



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CAMPUS DE CHAPADINHA/ MA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA**  
**COLEGIADO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**AGRÍCOLA**



**ISABELA ARAUJO MELO**

**Aplicação localizada de herbicida com base em imagens obtidas por Drone.**

Chapadina – MA

Dezembro de 2023



**ISABELA ARAUJO MELO**

**Aplicação localizada de herbicida com base em imagens obtidas por Drone.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Título de Engenheiro Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Washington da Silva Sousa  
Coorientador: Prof. Dr. Marcus Willame Lopes Carvalho

Chapadinha – MA

Dezembro de 2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

ARAUJO MELO, ISABELA.

Aplicação localizada de herbicida com base em imagens  
obtidas por Drone / ISABELA ARAUJO MELO. - 2023.  
36 f.

Coorientador(a): MARCUS WILLAME LOPES CARVALHO.

Orientador(a): WASHINGTON SILVA SOUZA.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do  
Maranhão, CHAPADINHA, 2023.

1. CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS. 2. DRONE. 3. ÍNDICE  
DE VEGETAÇÃO. I. LOPES CARVALHO, MARCUS WILLAME. II.  
SILVA SOUZA, WASHINGTON. III. Título.

ISABELA ARAUJO MELO  
APLICAÇÃO LOCALIZADA DE HERBICIDA COM BASE EM IMAGENS OBTIDAS POR  
DRONE.

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para a obtenção do título de Bacharel em Engenheiro Agrícola.

Nota: 10.

Defendido e aprovado em 22 de Dezembro de 2023, pela comissão examinadora constituída pelos professores:

---

Orientador: Prof. Dr. Washington da Silva Sousa

---

Coorientador: Prof. Dr. Marcus Willame Lopes Carvalho

---

Prof. Dr. Jocélio dos Santos Araujo

---

Prof. Dr. Patrício Gomes Leite

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado a todos que me ajudaram positivamente a concluir esse ciclo de minha vida. Em especial aos meus pais que me apoiaram, e aos novos amigos conquistados em minha graduação acadêmica vou levar todas as memórias boas comigo.

## ÉPIGRAFE

Não tenha medo de sonhar. Os sonhos movem você mesmo que demore tente.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gratidão a Deus que me abençoou e me protegeu durante toda essa jornada, ele que permitiu que eu estivesse aqui para realizar esse sonho, me guiar nas escolhas da vida, sempre me ajudar nas horas mais difíceis e por permitir que meus objetivos fossem alcançados durante todos os meus anos de estudos.

Aos meus pais, irmãos, sobrinha e companheira, João Craveiro Melo, Raimunda de Araujo Melo, Joao Victor Araujo Melo, Rafaela Araujo Melo, Clene Reis por acreditarem no meu sonho e todo o incentivo que me deram e pelo amor mais verdadeiro.

A todos os meus amigos, principalmente, àqueles que sempre estão comigo nos melhores e piores momentos, pelo companheirismo, amizade, força durante o período de faculdade e todos os momentos de alegria.

Aos meus amigos que foram minha segunda família da Universidade Amanda Miranda, Dara, Milena, Genilce Aguiar, Breno, Miguel Sergio, Vitória, Sheyla, Joao Victor, Kaua Teixeira, Mayara.

A todos que me incentivaram, principalmente meus colegas de estágio Thais Rhana, Rosana dos Santos, Gracilne dos Santos, Recimara.

Em especial as Repúblicas que participei: As meninas Super Poderosas e Lisossomos, na qual me acolheram e me fizeram criar novos amigos e ciclos que vivi.

Ao meu Orientador Washington da Silva Sousa e Coorientador Marcus Willame Lopes Carvalho, por ter tido paciência e compreensão durante a realização deste trabalho.

A todos os professores de Graduação em Engenharia Agrícola principalmente Jocélio dos Santos Araujo por toda ajuda e acreditar no meu potencial.

**MUITO OBRIGADA**

## SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
RESUMO .....	12
ABSTRACT.....	13
1. INTRODUÇÃO .....	14
2. Revisão Bibliográfica .....	15
2.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	15
2.2 USO DO DRONE NA AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	17
2.3 INDICE DE VEGETAÇÃO.....	18
2.4 APLICAÇÃO LOCALIZADA DE HERBICIDA .....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	21
3.1 Caracterização da área de estudo.....	21
3.2 Coleta e Processamento de imagens.....	21
3.3 Identificação e quantificação de plantas daninhas.....	25
3.4 Aplicação Localizada com Pulverizador .....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
5. CONCLUSÃO .....	32
REFERÊNCIA.....	33

## LISTA DE SIGLAS

AP	Agricultura de Precisão
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IV	Índices de Vegetação
MIPD	Manejo Integrado de Plantas Daninhas
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
RED	Reflectância na Banda do Vermelho
RGB	Red, Green e Blue
TICs	Tecnologias da Informação e da Comunicação
VANT	Veículos Aéreos não Tripulados
VARI	Índice Resistente à Atmosfera na Região Visível

## **LISTA DE FIGURAS**

**Figure 1:** Drone DJI Mavic Air 2, Controle, carregador e 3 baterias

**Figure 2:** Plano de voo do software DroneDeploy

**Figure 3:** Mosaico gerado no software DroneDeploy

**Figure 4:** NDVI índice de estado da vegetação e indica a produção primária (produção de clorofila) e umidade local por meio de um indicador numérico obtido por sensoriamento remoto.

**Figure 5:** Índices possuem variação nos limites de -1 a +1, por serem normalizados.

**Figure 6:** Pontos e trajetória realizada no monitoramento de planta daninha

**Figure 7:** Pulverizador STARA modelo Imperador 3.0

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 1:** Família, Gênero e Nome comum das plantas daninhas

**Tabela 2:** Diferença entre aplicação localizada e aplicação total.

**Tabela 3:** Dados das plantas daninhas Frequência, Densidade e Abundância

**Tabela 4:** Após aplicação do herbicida dados das plantas daninhas Frequência, Densidade e Abundância

## RESUMO

**Resumo:** Os drones são equipamentos empregados na agricultura nas últimas décadas, principalmente no monitoramento da variabilidade das culturas, além da identificação de plantas invasoras, também conhecida como plantas daninhas. Neste trabalho, apresenta-se o uso de imagens de Drone para geração do mapa de índices vegetação e identificação de plantas daninhas gerado pelo software *DroneDeploy e Cropwise Protector* na realização da aplicação localizada pelo pulverizador. A aplicação do herbicida foi realizada na produção de soja localizada em Sapezal-Mt na fazenda Iracema-Scheffer. A aplicação com base em imagens de Drone mostrou resultados promissores para mapeamento e aplicação localizada do herbicida onde pode reduzir significativamente os custos de aquisição de herbicidas usados no controle das plantas daninhas e também reduzir os custos operacionais de aplicação. A otimização do uso de herbicidas proporcionada pelo mapeamento de plantas daninhas pode ocasionar redução dos danos ambientais implicados no uso de agrotóxico

**Palavras-chaves:** Drone; Controle de plantas daninhas; Índices de vegetação

## ABSTRACT

### **Abstract:**

Drones have been employed in agriculture in recent decades, primarily for monitoring crop variability and identifying invasive plants, commonly known as weeds. This study explores the use of drone imagery to generate vegetation index maps and identify weeds through the DroneDeploy and Cropwise Protector software, applied in localized spraying. Herbicide application was conducted in a soybean production area in Sapezal-MT at Iracema-Scheffer farm. The application based on drone images showed promising results for mapping and localized herbicide application, potentially significantly reducing herbicide acquisition costs for weed control and operational application costs. The optimization of herbicide use facilitated by weed mapping can lead to a reduction in environmental damage associated with herbicide use.

**Keyword:** Drone, Application, NDVI.

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão é uma forma mais precisa de monitoramento das atividades agrícolas, que utiliza novas tecnologias disponíveis na era da informação cujo objetivo é trazer uma produção agrícola com maior eficiência e uso mais sustentável dos recursos econômicos e ambientais (OLIVEIRA et al., 2020). A agricultura de precisão (AP) auxilia na tomada de decisões sendo uma ferramenta no gerenciamento do manejo na cultura com o máximo retorno econômico e reduzir o impacto ambiental (INAMASU AL, 2011).

Uma das principais ferramentas integradas à agricultura é o uso de drones. Antes que os drones ganhassem espaço no mercado já se conhecia e utilizava-se técnicas como imagens de satélite. Essa tecnologia tem sido aplicada na agricultura com o objetivo de otimizar alguns processos e aumentar a eficiência (PIX FORCE, 2019).

Os drones trazem benefícios significativos para os produtores, constituindo uma ferramenta de gestão que fornece informações precisas e que podem ser relacionadas a outros indicativos, favorecendo a tomadas de decisão mais assertiva por meio da análise dos dados obtidos por esta ferramenta (FUNDAÇÃO ROGE, 2022). A sua versatilidade de uso, justifica o investimento, pois podem desempenhar diversas funções na fazenda como detecção de falhas de plantio, contagem de plantas, estimativa de biomassa, vigor e identificação de plantas daninhas entre outras finalidades e têm custo relativamente baixo, variando de acordo com modelo e tecnologias utilizadas (DA SILVA, J.C.T.R, 2020).

Um dos exemplos da utilização das imagens obtidas por drone é o monitoramento de plantas invasoras em uma área aonde o mapeamento das plantas daninhas realizando a aplicação localizada de herbicida traz uma redução de 30 a 72% de produto trazendo uma grande economia e diminuição no uso desnecessário de herbicida, dados que foram obtidas na Europa em lavouras de soja (Christensen et al., 1999).

Os índices de vegetação, associados a aplicação localizada de herbicidas, tornaram-se ferramentas úteis no monitoramento das lavouras. Com auxílio do sensoriamento remoto, as imagens obtidas por drone podem ser utilizadas para a estimativa da biomassa de plantas daninhas, e realizar a elaboração de mapas com

precisão e qualidade. Logo, as imagens em NDVI podem ajudar o produtor na economia de aplicação de herbicidas. (RODRIGUES; BARROSSO, 2018).

O objetivo deste estudo verificar a economia na aplicação localizada de herbicida no cultivo de soja utilizando índice de vegetação obtido por imagens do drone.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO**

A ideia de agricultura de precisão surgiu antes mesmo do período da Revolução Industrial como uma técnica de tratar a cultura em busca do seu melhor rendimento, levando em conta os aspectos de localização, fertilidade do solo, entre outros fatores. Os fundamentos para a agricultura de precisão moderna, como conhecemos hoje, vem do início do século XX, porém somente na década de 1980, na Europa e nos EUA, com o desenvolvimento de microcomputadores, sensores e softwares é que a agricultura de precisão se tornou viável para os produtores. (EMBRAPA,2022)

Vários conceitos têm sido utilizados para definir a Agricultura de Precisão, entre eles destaca-se o que define como um conjunto de tecnologias que permite o enfoque sistêmico da produção agrícola, conciliando a necessidade de obter elevadas produtividades com a manutenção da qualidade do produto e com o retorno econômico, tudo isso aliado com as preocupações quanto ao impacto ambiental (AMADO et al, 2017).

A agricultura de precisão é um conjunto de inovações organizacionais e de processo que conjugam mecanização com as TICs, permitindo singularização da unidade de produção agrícola, ao considerar a variabilidade espacial, temporal potencializando áreas antes pouco produtivas; reduzindo o consumo de combustíveis, água, energia, alimento e o impacto no solo. (Pamplona, J. B., & Rodrigues Silva, M. A. 2019) Agricultura de precisão (AP) tem o objetivo de maximizar a eficiência e eficácia das áreas agrícolas, através de maior precisão, utilizando tecnologia de ponta para ajustar as deficiências nas zonas de manejo. (PONTES,2019)

De acordo com Leonardo et al. (2019 p. 1) a agricultura de precisão (AP) tem o objetivo de maximizar a eficiência e eficácia das áreas agrícolas, através de maior precisão na aplicação de insumos, preparo do solo dentre outras atividades, utilizando tecnologia de ponta para ajustar as deficiências nas zonas de manejo.

Agricultura de precisão é um modo mais preciso de monitorar as atividades agrícolas, esta que utiliza novas tecnologias disponíveis na era da informação, cujo

propósito é de levar a produção agrícola com maior eficiência e maior uso sustentável dos recursos econômicos e ambientais, (OLIVEIRA et al., 2020).

Com a utilização de novas tecnologias, juntamente com boas práticas de cultivo, a Agricultura de Precisão (AP) tem propiciado o melhoramento dos sistemas produtivos na agricultura, otimizando recursos e mitigando efeitos no ambiente (OLIVEIRA, A. J.,2023)

Atualmente, a inovação é o grande motor do desenvolvimento econômico e dos ganhos de produtividade e sustentabilidade. A capacidade de inovar é importante para a obtenção e manutenção da competitividade em um mercado global. Isso é particularmente verdade no setor agropecuário, no qual novas tecnologias têm proporcionado aumentos importantes de produtividade com sustentabilidade. (BASSOI,2019).

No Brasil, a AP é um tema bastante atual e apresenta grande potencialidade. Hoje produtores que adotaram essa tecnologia estão maximizando o cultivo e tornando as áreas de plantio mais eficientes produtivamente, realizados através de estudos utilizando ferramentas e novas tecnologias disponíveis no mercado. (OLIVEIRA, A. J.,2023)

O uso das ferramentas oferecidas pela agricultura de precisão tem refletido na produção agrícola nacional, visto que o Brasil tem aumentado a produção de grãos como a soja por exemplo, o que pode ser verificado no relatório de safras segundo o 12º Levantamento divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) no qual o Brasil produziu em torno em 322,8 milhões de toneladas, o volume representa um crescimento de 18,4% de soja na safra de grãos no ciclo 2022/23 que encerrou e atingiu um novo recorde (CONAB, 2023). Sua ampliação favorece o negócio agrícola nacional através da otimização dos investimentos de recursos na produção. (PONTES,2019)

Agricultura de Precisão é uma tecnologia com objetivo de aumentar a eficiência na agricultura. Com base no gerenciamento de áreas diferenciadas, seu principal propósito não deve ser simplesmente aplicar tratamentos que variam de uma região para outra, mas deve ser visto como uma capacidade de monitorar e acessar a atividade agrícola em nível local (MANTOVANI et al., 1998; LEITE, 2021).

Dessa forma, a agricultura de precisão (AP) é uma ferramenta que auxilia os produtores na tomada de decisões gerenciais no manejo das culturas, levando em conta a

variabilidade espacial e temporal da lavoura para obter máximo retorno econômico e reduzir o impacto ambiental (Inamasu et al., 2011). É, portanto, uma cadeia de conhecimentos, na qual máquinas, dispositivos, equipamentos e softwares são ferramentas para a coleta de dados, os quais devem ser organizados e interpretados, gerando informações para apoiar a gestão (Inamasu; Bernardi, 2014).

Agricultura de Precisão se tornou uma ferramenta da agricultura que garante padronização com eficiência na área de cultivo, assim otimizando a produção e diminuindo variações no plantio (OLIVEIRA et al., 2020). Portanto a AP permite um planejamento mais elaborado e eficiente do manejo de nutrientes, doenças, pragas e plantas daninhas, através da utilização de coordenadas georreferenciadas que delimitam a área de cultivo.

## 2.2 USO DO DRONE NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Há a necessidade do aumento da eficiência de todos os setores da economia globalizada para manter a competitividade na agricultura não poderia ser diferente. (TSCHIEDEL, FERREIRA, 2019). A Agência Embrapa de Informação Tecnológica - AGEITEC (2022), afirma que o uso de ferramentas adequadas de agricultura de precisão contribuirá para a redução de perdas na agricultura.

Conseqüentemente, o processo de produção deve integrar o conhecimento agrônomo, grandes bancos de dados agrícolas, tecnologias inovadoras de sensores, satélites, veículos aéreos não tripulados, máquinas e robôs autônomos, software e plataformas em nuvem (em geral, a disponibilidade de recursos de computação, em particular armazenamento e processamento, que que suprime o gerenciamento ativo direto do usuário final) (BASSOI,2019).

Uma das principais ferramentas aliada a agricultura de precisão é a utilização de drone onde muito antes dos drones ganharem espaço no mercado já se conhecia e utilizava-se técnicas de sensoriamento para obtenção de dados do alvo de interesse. Esta tecnologia vem sendo aplicada à agricultura de precisão, visando otimizar alguns processos e aumentar a produtividade (PIX FORCE, 2019).

O drone é uma ferramenta de gestão que fornece informações precisas e que podem ser relacionadas a outros indicativos, a análise destes dados favorece a tomada de decisão mais assertiva (FUNDAÇÃO ROGE, 2022). Sua versatilidade vale o investimento, já que podem desempenhar diversas funções na fazenda e têm custo

relativamente baixo, variando de acordo com modelo e tecnologias utilizadas (DA SILVA, J.C.T.R, 2020). O uso corporativo de drones tem se tornado cada vez mais comum em todo o mundo. Empresas de diferentes setores encontram nos veículos aéreos não tripulados (VANT) aliados tecnológicos e estratégicos para o desenvolvimento de suas atividades (GHELLER, 2021).

Hoje, a tecnologia dos drones oferece uma grande variedade de possibilidades como detecção de falhas de plantio, contagem de plantas, estimativa de biomassa, vigor e identificação de plantas daninhas e de monitoramento da safra por um menor custo, e pode ser integrada em todas as fases do ciclo de vida da lavoura. (VEIGA; PECHARROMÁN, 2019). Esta tecnologia vem sendo aplicada à agricultura de precisão, visando otimizar alguns processos e aumentar a produtividade. Os VANTs possuem a capacidade de produzir imagens de altíssima qualidade. (GONÇALVES,2023)

A utilização de imagens pelo drone diminui o amassamento de plantas com a passagem de maquinários em quantidade desnecessária, entre outros gastos que se teriam desnecessariamente sem o uso do monitoramento através de drones. Portanto, os drones trazem grande benefício para o produtor rural. (OLIVEIRA, 2022).

Segundo a instituição Roge (2020), podemos considerar o drone como uma ferramenta de gestão que fornece informações precisas que podem ser vinculadas a outros indicadores. A análise desses dados ajuda a tomar decisões mais diretas. Com a ajuda de drones podem aumentar a capacidade de produção, economizar recursos e garantir o sucesso dos investimentos agrícolas. Anteriormente, demorava mais tempo para analisar as plantações ou a produção agrícola, os dados e os recursos eram insuficientes, o que não garantia a precisão dos dados.

### 2.3 INDICE DE VEGETAÇÃO

O sensoriamento remoto pode ser definido com um conjunto de técnicas que permite obter informações acerca da superfície terrestre, ou seja, obtenção de dados a distância por meio de sensores. Utilizando os sensores acoplados nos drones é possível a quantificação e análise da energia eletromagnética refletida, absorvida e transmitida, podendo correlacionar os dados radiométricos com parâmetros da vegetação.

A classificação dos alvos para identificação é essencial, por isso utiliza-se os Índices de Vegetação (IV) nos estudos para auxiliar nessa classificação, como discriminar

a vegetação alvo, identificar pragas, identificar áreas com deficiências nutricionais na vegetação/solo, entre outros (Andrade, Hott, Magalhães Junior, D'oliveira & Oliveira, 2019).

Os índices de vegetação (IV) são combinações matemáticas de diferentes bandas espectrais, utilizados para identificação de estresse pela cultura, monitorando e quantificando as condições reais da vegetação. Os cálculos dos índices de vegetação são realizados a partir de combinações matemáticas dos valores da refletância, sendo esses associados às características fisiográficas da vegetação (PEZZOPANE et al., 2019).

Os índices de vegetação (IV) são medidas quantitativas usadas para estimar a quantidade e qualidade da vegetação em uma determinada área, com dados obtidos com qualquer plataforma de SR, sendo atualmente mais comum as imagens de satélites e RPA, bem como dados de sensores proximais. São usados para estimar ou correlacionar clorofila presente nas plantas, a quantidade de folhagem ou biomassa, a sanidade das mesmas, cobertura do solo por vegetação (GAOetal.,2021).

Desta forma, o VARI se torna um índice interessante para estimar a fração da vegetação verde, a partir do espectro do visível, podendo ser utilizado para analisar a cultura em todos seus estádios de desenvolvimento (ANDRADE et al., 2019).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada -NDVI, é calculado a partir de equação matemática que envolve duas faixas da Radiação Eletromagnética (REM): Infravermelho próximo (NIR) com comprimento de onda entre 0,76 e 0,90nm e o Vermelho (RED) com comprimento de onda entre 0,63 e 0,74. Este índice é o mais utilizado na agricultura devido as fortes correlações com vigor de plantas, status hídrico, nutrição vegetal e produtividade de grãos e biomassa (CARVALHO, 2021).

Os valores atribuídos ao NDVI variam de -1 a 1, apresentando a vantagem de ser linearmente mais proporcional à biomassa (RODRIGUES; BARROS, 2019). É o IV mais utilizado na agricultura, sendo um indicador numérico que varia de -1 a 1, a variação é baseada no vigor da vegetação, enquanto mais verde, nutrida, sadia e bem suprida maior será a absorção do vermelho e maior será a refletância do infravermelho (BASSOIetal.,2019).

A aquisição de sensores multiespectrais que trabalhem na faixa do infravermelho e do visível ainda representa um alto custo. Em função disso, passou-se a utilizar, para o monitoramento da vegetação, as câmeras RGB de alta resolução que trabalham na faixa do visível e, a partir delas foi possível desenvolver vários Índices de Vegetação (COSTA; NUNES; AMPATZIDIS, 2020).

## 2.4 APLICAÇÃO LOCALIZADA DE HERBICIDA

A agricultura de precisão permite uma melhoria do manejo de produção agrícola, com práticas dentro do campo, e requer uma avaliação precisa das variações espaciais em escalas finas de resolução (Jurado et al., 2019).

O domínio da tecnologia de aplicação é fundamental para assegurar a correta aplicação, com segurança ambiental, social e humana, bem como a obtenção de resultados econômicos positivos. Para que isso ocorra, torna-se necessário que técnicos e produtores conheçam bem os parâmetros relacionados com as pulverizações. (FRÖHLICH, 2022)

A necessidade de minimizar o uso de insumos é um desafio constante. Principalmente em defensivos agrícolas cada vez mais se tornam um problema econômico e ambiental. Uma das alternativas viáveis seria o manejo de plantas daninhas com a aplicação localizada de herbicidas, que diminui a quantidade aplicada de produtos sobre o solo e no ambiente (Manandhar et al., 2020).

O mapeamento das plantas daninhas realizando a aplicação localizada de herbicida traz uma redução de 30 a 72% de produto trazendo uma grande economia e diminuição no uso desnecessário de herbicida, dados que foram obtidas na Europa em lavouras de soja (Christensen et al., 1999).

Com base nisso, a soja (*Glycine max*) é uma das plantas mais cultivadas no mundo, sendo uma das culturas mais importante do agronegócio brasileiro, em que vem crescendo tanto do mercado interno como do mercado internacional. Assim, pela alta demanda dos produtos desta oleaginosa, os produtores vêm procurando meios mais eficientes de cultivo e de produção (CONAB, 2020).

As plantas daninhas são comumente conhecidas como indesejadas, e podem crescer nos campos em meio a lavoura, competindo pelos principais recursos para manutenção das plantas, como luz, água e espaço. Elas se desenvolvem e interferem

diretamente no crescimento saudável das culturas. (Spandana et al., 2020; Colbach et al., 2021; Shah et al., 2021).

Isso pode levar a mudanças no tamanho da população e na distribuição de espécies dentro de cada talhão. Dessa forma, é imprescindível definir quais espécies de plantas daninhas se encontram na área, a fim de determinar a estratégia de controle mais eficaz e de mitigar as perdas causadas pela presença dessas plantas daninhas nos sistemas de cultivo (Chauhan, 2012; Albuquerque et al., 2013; Lopes et al., 2021). Uma das maneiras mais utilizadas para controlar plantas daninhas e utilização de herbicidas. Logo, as imagens em NDVI podem ajudar o produtor na economia de aplicação de herbicidas, principalmente quando utiliza a taxa variável como parâmetro (RODRIGUES; BARROSSO, 2018).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O trabalho foi realizado nas safras 2022/2023 (Dezembro a Maio) em lavoura de produção agrícola, na região de Sapezal-MT na Fazenda Iracema, Brasil. A área de estudo possui aproximadamente 127,8 hectares sob coordenadas geográficas 13°32'33" sul de latitude e longitude de 58°48'51" oeste.

O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013). O clima da região é Aw, conforme a classificação de Köppen, tropical com inverno seco (ALVARES et al., 2013).

Procedimento adotado no estudo:

O trabalho consistiu basicamente em três etapas o processamento das imagens coletadas pelo drone, a identificação e quantificação de plantas daninhas e aplicação localizada com pulverizador.

#### **3.2 COLETA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS**

Primeiramente realizou-se o planejamento e execução de voo do VANT para coleta das imagens, posteriormente foi realizado o processamento das imagens obtidas, a

geração do mapa de aplicação, por fim, a utilização do software para detecção das plantas daninhas.

Utilizou-se um Drone modelo DJI Mavic 2 Pro embarcado com uma câmera comum, com sensor Multiespectral de 48mp e termal de 640x512 peso de 907 gramas, velocidade máxima de 72 km/h e autonomia de voo por bateria de cerca de 25 minutos voo (Figura 1).

**Figure 1:** Drone DJI Mavic Air 2, Controle, carregador e 3 baterias

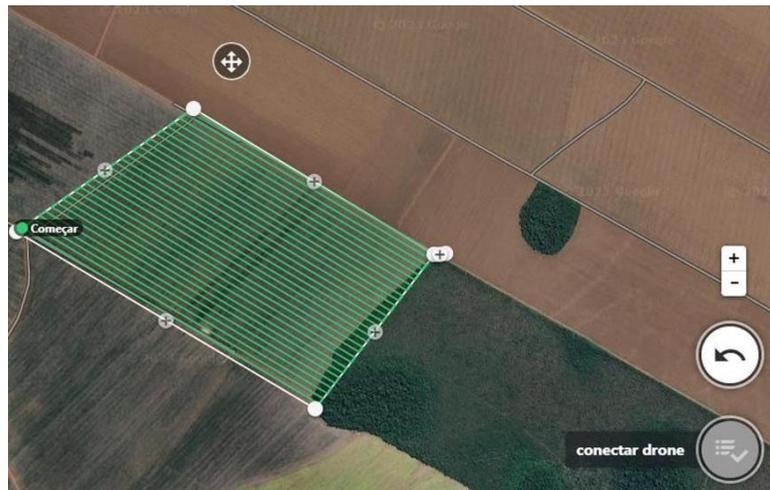


**Fonte:** Autor

Drone sobrevoou uma área de plantio de soja TMG 4182 a uma altura de 120 metros, com 80 % de sobreposição lateral e longitudinal das fotografias.

Antes foi realizado o planejamento das linhas de voo onde em um plano de voo deverão ser informadas a percentagem de sobreposição lateral e frontal das tomadas, configuradas com base na altitude relativa do equipamento em relação à superfície do terreno e com as características do relevo o plano de voo foi elaborado no software DroneDeploy (Figura 2).

**Figure 2:** plano de voo do software DroneDeploy

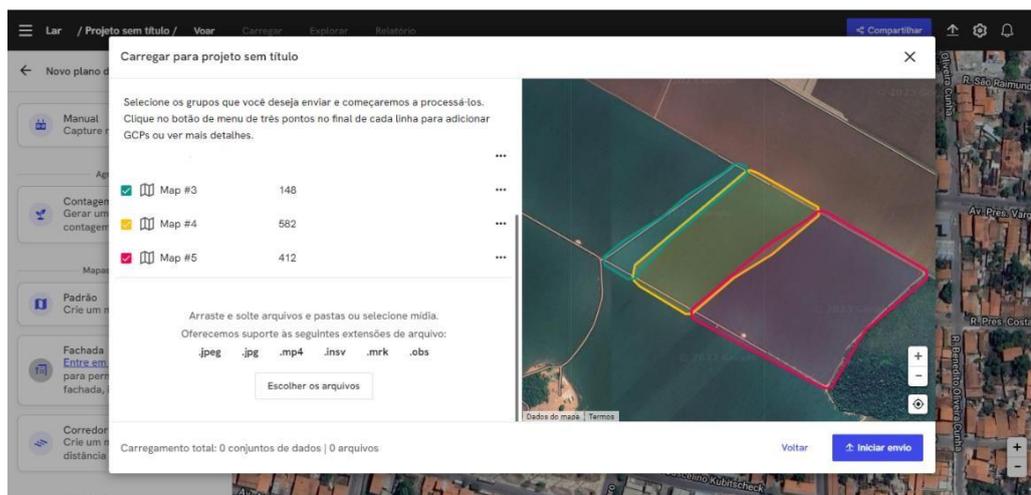


**Fonte:** DroneDeploy

Os voos foram realizados entre as 08h00 e as 12h00, para evitar efeitos da sombra gerados pela inclinação do sol sobre os objetos. Condições de ausência de nuvens é essencial para a obtenção de futuros resultados estatísticos condizentes com a real situação das plantas analisadas nas imagens.

No processamento das imagens para geração do Ortomosaic utilizou o WEBODM® (OpenDroneMap, 2020), um software para auxílio do mapeamento com imagens de drones com as nuvens de pontos, modelos digitais de elevação (Figura 3).

**Figure 3:** Mosaico gerado no software DroneDeploy

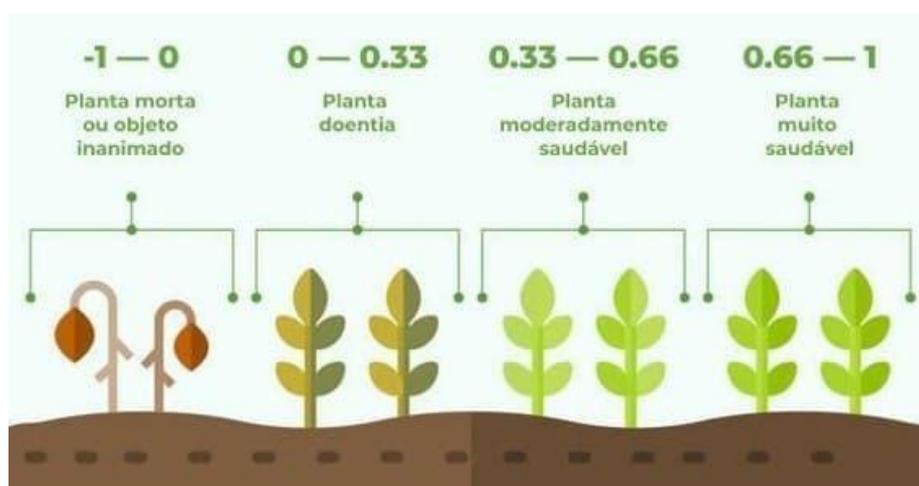


**Fonte:** DroneDeploy

Para o mapeamento das plantas daninhas se utilizou o NDVI elaborado através do mosaico que foi gerado pelo DroneDeploy com as imagens obtidas pelo drone no CropWise Software da Syngenta que auxilia produtores no processamento de imagens.

Este software é uma ferramenta potencial para o monitoramento e identificação de plantas daninhas na cultura da soja bem como pode auxiliar na detecção de anomalias fisiológicas e potenciais limitadores de produção causados por essas plantas indesejáveis na cultura de interesse, na qual se gerou a classe de solo exposto e de plantas daninhas em função da biomassa de forma simplificada, o NDVI é uma medida da refletividade das plantas, ou seja, mede a saúde das plantas com base em como elas refletem a luz (geralmente a luz solar) em frequências específicas (Figura 4).

**Figura 4:** NDVI índice de estado da vegetação e indica a produção primária (produção de clorofila) e umidade local por meio de um indicador numérico obtido por sensoriamento remoto.



Fonte: Cropwise

Por característica da tecnologia, o NDVI caracteriza-se como um indicador numérico adimensional. Ele utiliza a diferença entre as reflectâncias do infravermelho próximo e vermelho, do espectro eletromagnético e produz valores que variam de -1 a 1.

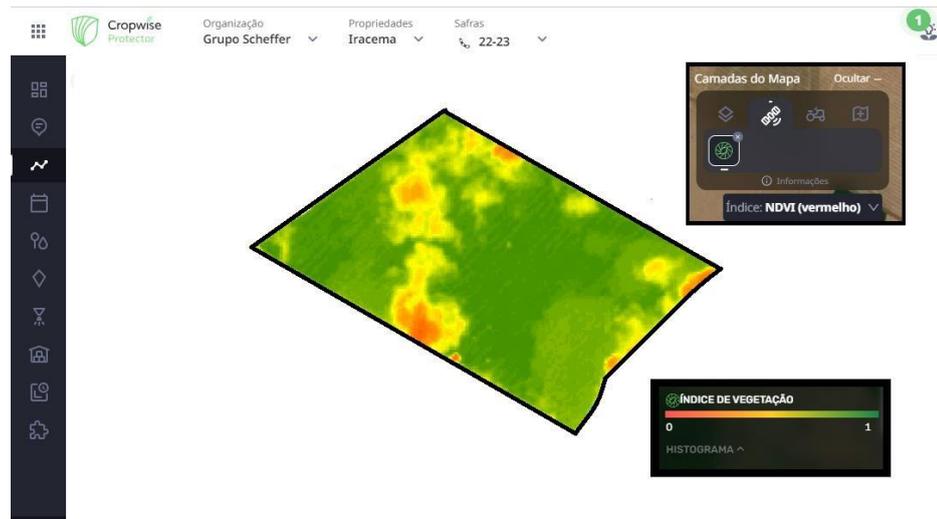
Seu cálculo se faz com a seguinte fórmula utilizada para calcular o Índice por Diferença Normalizada (NDVI) (ROUSE et al., 1974) que considera a radiação refletida pelo alvo na faixa do Infravermelho próximo (NIR) e vermelho (RED):

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Em que:

NDVI –Índice de vegetação por diferença normalizada;  
NIR – Reflectância na banda do infravermelho próximo;  
Red – Reflectância na banda do vermelho.

**Figure 5:** índices possuem variação nos limites de -1 a +1, por serem normalizados.



**Fonte:** Cropwise

### 3.3 Identificação e quantificação de plantas daninhas

Para verificação de quais plantas daninhas estavam no experimento e então realizar a melhor escolha de herbicida foi feito um monitoramento em campo para auxiliar no eficiente controle do manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) sendo este considerado a principal ferramenta para reduzir o impacto ambiental dos herbicidas.

Com Cropwise Protector software utilizado no monitoramento de lavoura, que consegue identificar quais daninhas estão presentes em cada pedaço da lavoura, isso graças aos monitoramentos georreferenciados com a utilização do tablet onde é realizado monitoramento em formato de M onde a cada 200m é realizado um ponto de 2m em 3 linhas identificando e quantificando as plantas daninhas nessa área de avaliação, as informações coletadas e inseridas no Cropwise Protector (Figura 8).

**Figure 6:** Pontos e trajetória realizada no monitoramento de planta daninha



**Fonte:** Software Cropwise

Com os dados coletados e possível realizar a identificação das plantas daninhas presente no experimento (tabela 1).

**Tabela 1:** Família, Gênero e Nome comum das plantas daninhas

Família	Gênero	Nome científico	Nome comum
Convolvulaceae	Ipomoea	<i>Ipoea purpurea</i>	Corde de viola
Amaranthaceae	Amaranto	<i>Amaranthus viridis</i>	Caruru
<u>Leguminosae</u>	Senna	<i>Senna obtusifolia L. H. S.</i>	Fedegoso

**Fonte:** Autor

Para quantificar as plantas daninhas e mensura as variáveis foram utilizadas as seguintes fórmulas: Frequência (F) = no de quadrados que contêm a espécie ÷ no total de quadrados obtidos (área total). Os resultados obtidos permitem avaliar a distribuição das espécies nas parcelas. Densidade (D) = no total de indivíduos por espécie ÷ no total de quadrados obtidos (área total). Permite gerar dados sobre a quantidade, de plantas de cada espécie por unidade de área. Abundância (A) = no total de indivíduos por espécie ÷ no total de quadrados que contêm a espécie. Informa sobre a concentração das espécies da área.

$$Densidade = \frac{\text{densidade de espécies} * 100}{\text{densidade total de espécies}} \quad \text{Eq. 1}$$

$$Frequência = \frac{\text{frequência de espécies} * 100}{\text{frequência total de espécies}} \quad \text{Eq. 2}$$

$$Abundancia = \frac{\text{especie abundante} * 100}{\text{total de espécies Abundantes}} \quad \text{Eq. 3}$$

$$\text{Controle de plantas daninhas} = \frac{(D)\text{sem aplicação} - (D)\text{com Aplicação} * 100}{Densidade} \quad \text{Eq. 4}$$

### 3.4 APLICAÇÃO LOCALIZADA COM PULVERIZADOR

Após a elaboração do mapa de NDVI e com os dados coletados com a identificação de quais plantas daninhas estavam presente no talhão, utilizou-se o Herbicida Roundup Original DI com a dose de 1,5 (L/100 L água) ideal para o combate do *Ipoea purpurea* (corda de viola), *Amaranthus viridis* (Caruru), *Senna obtusifolia* L. *H. S.* (Fedegoso) as principais plantas daninhas identificadas no lote.

Para a realização da aplicação foi exportado o mapa de aplicação no pulverizador STARA, modelo IMPERADOR 3.0 (Figura 9) com rendimento operacional de 40 ha/h. O equipamento detém barras com comprimento total de 27 a 30 m. Capacidade para 2.400 l de calda. O bico utilizado nesta aplicação foi do tipo leque com indução de ar (Marca: MAGNUM e Modelo: MUG 03), que é mais apropriado justamente para a aplicação de herbicidas, pois ajuda evitar deriva, dispersa gotas grossas e tem melhor eficiência na aplicação.

**Figure 7:** Pulverizador STARA modelo Imperador 3.0



**Fonte:** Stara

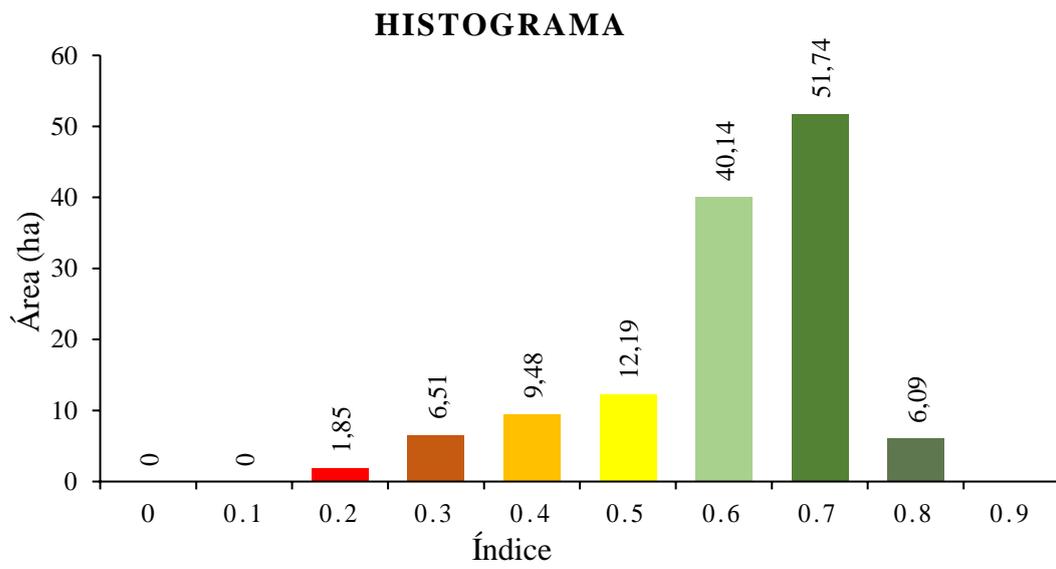
#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Através da imagem gerada pelo NDVI foi possível analisar alguns parâmetros para a identificação das plantas daninhas como danos causados na cultura de interesse.

No caso da soja, as plantas daninhas irão se sobressair em relação a cultura de interesse econômica, absorvendo os nutrientes e luminosidades com isso, a soja no estado sensível de desenvolvimento não vai absorver em quantidades adequadas água, nutrientes e luz que são essenciais para o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo aonde o mapa de NDVI ajuda nessa identificação sendo diretamente ligado à produção de biomassa vegetal, observa-se que tanto baixas quanto altas produções de biomassa impactam negativamente na produtividade da soja.

Se os valores do índice foram de médio a alto (0,6-0,9), provavelmente não haverá grandes problemas nesta parte do campo. Se o índice for baixo, provavelmente há problemas específicos (Gráfico 1)

**Gráfico 1:** Histograma com índices de NDVI



**Fonte:** Sotware Cropwise

Totalizando uma área de 97,97 hectares com valores do NDVI próximos de (0,6-0,9), onde a vegetação está saudável na cultura de interesse relativamente, sem interferência das plantas daninhas.

Os resultados obtidos apontam para uma redução nos custos financeiros provenientes da aplicação de herbicida na lavoura de soja com a finalidade de controlar *Ipoea purpurea* (corda de viola), *Amaranthus viridis* (Caruru), *Senna obtusifolia L. H. S.* (Fedegoso), visto que, quando comparado a aplicação do herbicida de forma convencional na lavoura, em que se baseia a aplicação em área total, foi observada uma redução da área na qual foi aplicado o herbicida com base em imagens do drone.

Destacando que com o uso da tecnologia, ocorre a aplicação pontual do herbicida apenas nas reboleiras onde estão as plantas daninhas, e, sendo assim, essa aplicação ocorreu em apenas 29,7 hectares de uma área total de 127,64 hectares correspondente da lavoura de soja analisada (Tabela 2).

É importante destacar que no sistema convencional de aplicação do herbicida, haveria uma aplicação na área total de 127,64 hectares correspondente a toda a lavoura de soja. Ou seja, aplica-se o herbicida tanto em locais de incidência ou não das plantas daninhas.

**Tabela 2:** Diferença entre aplicação localizada e aplicação total.

<b>APLICAÇÃO TOTAL</b>					
Produto	Dose	Área total	Quantidade	Valor 1L	Valor Total
Roundup	1,5	127,64	192 L	45,00	8.640,00
<b>APLICAÇÃO LOCALIZADA</b>					
Produto	Dose	Área total	Quantidade	Valor 1 L	Valor Total
Roundup	1,5	29,7	44,55 L	45,00	2.004,75
<b>Redução de produto</b>		<b>132,45 L</b>	<b>Redução do preço</b>		<b>6.635,25</b>

**Fonte:** Software Protector

Houve uma redução média de (76,64%) na utilização de produto comercial, ou seja, do herbicida Roundup utilizado, proporcionando uma economia total de R\$6.635,25 na aplicação de herbicida. O custo do produto no momento dessa avaliação foi de R\$45,00 por litro.

Após o período de carência do herbicida foi realizado outro manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) onde foi encontrado uma pequena porcentagem no Cropwise Protector de acordo com os pontos realizado (Tabela 3)

**Tabela 3:** Dados das plantas daninhas Frequência, Densidade e Abundância

Espécie	Frequência	Densidade (plantas $m^2$ )	Abundância
<u><i>Ipoea purpurea</i></u>	14	5,29	6,42
<u><i>Amaranthus viridis</i></u>	14	5,76	7,01
<u><i>Senna obtusifolia L. H. S.</i></u>	14	4,82	5,85

Fonte: Autor

Desse modo, foi observado uma eficiência no controle de plantas daninhas levando em consideração o primeiro monitoramento (Tabela 4) demonstrando assim, a boa eficiência quanto ao controle na lavoura de soja com a finalidade de controlar *Ipoea purpurea* (corda de viola), *Amaranthus viridis* (Caruru), *Senna obtusifolia L. H. S.* (Fedegoso).

**Tabela 4:** Após aplicação do herbicida dados das plantas daninhas Frequência, Densidade e Abundância

Espécie	Frequência	Densidade (plantas $m^2$ )	Abundância
<u><i>Ipoea purpurea</i></u>	4	0,10	1,25
<u><i>Amaranthus viridis</i></u>	3	0,05	1
<u><i>Senna obtusifolia L. H. S.</i></u>	4	0,07	1,25

Fonte: Autor

Outros benefícios também foram observados na utilização do sistema: houve a otimização das operações, obtendo grande economia de tempo, principalmente, na redução de reabastecimentos reduzindo o transporte de água e embalagens. Além de contribuir positivamente na minimização dos impactos ambientais causados pelo uso de defensivo, em virtude da redução do destes.

## **5. CONCLUSÃO**

Com este trabalho e as discussões apresentadas pode se ver o potencial do uso de imagens de drones na aplicação localizada de herbicida mostrando o potencial dos softwares *DroneDeploy* e *Cropwise Protector* na eficiência dos dados para identificar e gerar o NDVI as plantas daninhas presente no talhão de soja.

Foi comprovado uma redução média de (76,64%) na utilização de herbicida Roundup, proporcionando uma economia na aplicação e um melhor controle das plantas indesejáveis realizando um melhor manejo da área de interesse e a otimização proporcionada pelo mapeamento de plantas indesejáveis por Drone ocasionou uma redução dos danos ambientais implicados no uso de agrotóxico.

## REFERÊNCIA

ADEGAS, Fernando Storniolo; GAZZIERO, DLP. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. 2020.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial – RBAC-E nº 94. Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil, Resolução nº 419, 2 de maio de 2017. Disponível em: <[https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e94/@@display-file/arquivo\\_norma/RBACE94EMD00.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e94/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf)>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

Andrade, R. G., Hott, M. C., Magalhães Junior, W. C. P. M., D'oliveira, P. S., Oliveira, J. S. (2019). Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) como plataforma para monitoramento da produção agropecuária: estudo de caso para o milho forrageiro. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leito. 20p.

ARANTES, Bruno Henrique Tondato et al. Drone aplicado na agricultura digital. **Ipê Agronomic Journal**, v. 3, n. 1, p. 14-18, 2019.

AZEREDO, Eduardo. O uso de veículo aéreo não tripulado na agropecuária. *Animal business Brasil*, 22 out 2017. Disponível em: <https://animalbusiness.com.br/colunas/zootecnia/o-uso-de-veiculo-aereo-naotripulado-na-agropecuaria/>. Acesso em 10 ago. 2023.

BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. BERNARDI, A.C.C.; VAZ,C.M.P.; SPERANZA, E.A.;CRUVINEL, P.E. Agricultura de precisão e agricultura digital. In: **TECCOGS– Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n.20, p.17-36, 2019

BASSOI, Luís Henrique et al. Agricultura de precisão e agricultura digital. **TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 20, 2019.

BORGES, Lino Carlos; DOS REIS NASCIMENTO, Abadia; MORGADO, Cristiane Maria Ascari. Agricultura de precisão: ferramenta de gestão na rentabilidade e produtividade de grãos. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 3, 2022.

BRASIL. Produção de grãos crescerá 27% nos próximos dez anos. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/07/producao-de-gras-crescera-27-nos-proximos-dez-anos>>. Acesso em 20 nov. 2023.

CARVALHO, L. Índices de vegetação obtidos por sensor proximal e embarcado em aeronave remotamente pilotada e sua relação com a produtividade do milho. 2019. 91p. Doutorado em Ciências do Solo—Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

DALBEM, Délis Moletta et al. Índice de digitalização e tecnologias de produtores de soja brasileiros. 2023.

DE OLIVEIRA, Altacis Junior et al. Potencialidades na utilização de drones na agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.

DO NASCIMENTO, D. A.; DIAS, R. C.; GORRI, J. E. R.; TEDESCO, F. G. Drones na agricultura. **CAMPO & NEGÓCIOS**. Uberlândia, 29 ago. 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/drones-na-agricultura/>. Acesso em 11 nov. 2023.

FELDMANN, Neuri Antonio et al. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO BASEADO NO ESPECTRO VISÍVEL PARA MONITORAMENTO DE CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO. *Revista Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio*, v. 2, p. 227-254, 2023.

FERNANDES, Sabrina Cassia et al. Índices de vegetação para diagnóstico nutricional de nitrogênio na cultura do milho a partir de imagens geradas por drone. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

FRÖHLICH, Marlo. Tecnologia de aplicação localizada para capim amargoso (*digitaria insularis*) resistente ao glifosato. 2021.

GONÇALVES, João Vitor Ferreira. Impacto do uso do drone na agricultura e pecuária: Revisão Bibliográfica. 2023.

GRIESANG, Fabiano; FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação para herbicidas. **Matologia: Estudos sobre plantas daninhas. 1ª ed. Jaboticabal-SP: Fábrica da Palavra**, p. 428-449, 2021.

LIMA, Jadson Passos. Uso das técnicas da agricultura de precisão em pequenas propriedades rurais. 2023.

LOPES, Arthur Pereira; FIEDLER, Silas; CORTEZ, Jorge Wilson. Capítulo I Classificação supervisionada de imagens aéreas com drones para identificação de plantas daninhas. *Pesquisas agrárias e ambientais Volume XVII*, p. 6.

MANANDHAR, A., ZHU, H., OZKAN, E. SHAH, A. Techno-economic impacts of using a laser-guided variable-rate spraying system to retrofit conventional constant-rate sprayers. *Precision Agriculture*, v. 21 p. 1156–1171, 2020.

MOZAMBANI, C. I. et al. Adoção da agricultura de precisão por produtores de cana-de-açúcar fornecedores para indústria no estado de São Paulo. 2021.

OLIVEIRA, A. J. et al. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.

PAMPLONA, João Batista; SILVA, Miguel Augusto Rodrigues. Adoção da agricultura de precisão na América do Sul: o estado da arte em Argentina, Brasil e Colômbia. **Gestão & Regionalidade**, v. 35, n. 105, 2019.

PUSCH, M.; MACHADO, T.P.; AMARAL, L.R. Introdução a Agricultura de Precisão, 03/2019. Disponível em: <[www.feagri.unicamp.br/gitap](http://www.feagri.unicamp.br/gitap)>. Acesso em: 08 nov. 2023

SILVA, Henrique Ramos. Redução de herbicidas de pré-emergência na cultura do milho

(Zea mays L.) combinando estratégias de aplicação em faixa com meios mecânicos numa ótica de agricultura de precisão 2021.

THEODOROVICZ, Marcos Henrique et al. Identificação da Mucuna Preta em canaviais com a utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT). 2022.

TOMAZINI, Luiz; MOSCON, Eder. O USO DE DRONE PARA OBTENÇÃO DE MAPAS DE APLICAÇÃO DE PRECISÃO EM SOJA. **Repositório Institucional**, v. 2, n. 1, 2023.

TOMAZINI, Luiz; MOSCON, Eder. O USO DE DRONE PARA OBTENÇÃO DE MAPAS DE APLICAÇÃO DE PRECISÃO EM SOJA. **Repositório Institucional**, v. 2, n. 1, 2023.

ZANIN, ALEX ROGERS AGUIAR. Redução de defensivos em áreas extensivas de soja e milho pela aplicação localizada em tempo real. 2021.