Curso de:
Agronomia

Trabalho de Conclusão de Curso:

Estudo do uso de imagens aeronaves pilotadas remotamente (RPA's) na cultura da soja no Brasil: abordagem 2010 a 2022

Autor:
Flayo Matos Lopes

Orientador:

Cesar Augusto Costa Nascimento

Palmas - TO

2022

UniCatólica

ESTUDO DO USO DE IMAGENS AERONAVES PILOTADAS REMOTAMENTE (RPA´S) NA CULTURA DA SOJA NO BRASIL: ABORDAGEM 2010-2022

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia do Centro Universitário Católica do Tocantins (UniCatólica), como requisito para aprovação da disciplina TCC II.

Orientador do TCC: Prof° Cesar Augusto Costa Nascimento

PALMAS-TO
2022

UniCatólica

Centro Universitário Católica do Tocantins

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

Aos 02 (dois) dias do mês de dezembro de 2022, no centro Universitário Católica do Tocantins – Unidade II às 14:00 hs realizou-se a Defesa de Trabalho de TCC do (a) aluno (a) **FLAYO MATOS LOPES** , do Curso de Agronomia, intitulada: **"ESTUDO DO USO DE IMAGENS AERONAVES PILOTADAS REMOTAMENTE (RPA'S) NA CULTURA DA SOJA NO BRASIL: ABORDAGEM 2010 A 2022"**, realizada sob a orientação do(a) Professor(a) orientador(a) **Me Cèsar Augusto Costa Nascimento** e tendo como banca avaliadora, os professores relacionados abaixo.

Pelo trabalho, tendo sido considerado (a) Aprovado. Nada mais tendo a constar, assinam esta Ata o (a) professor (a) orientador (a) e os demais componentes da banca examinadora.

Prof. Me. César Augusto Costa Nascimento
Professor (a) Orientador (a)

Profa. Me. Thadeu Teixeira Junior
Professor (a) Avaliador (a)

Profa. Dra. Valdirene Cassia da Silva
Professor (a) Avaliador (a)

AGRADECIMENTO

A Deus, pelo amor e misericórdia derramada sobre minha vida, bem como por iluminar a minha mente no decorrer desses 5 anos, que foram os mais difíceis de toda minha existência, concedendo-me fé e coragem para nunca desistir;

A meus pais, Sebastião Matos e Maria Joaquina que, com humildade e perseverança, fizeram-me melhor. A vocês, todo o meu amor e minha eterna gratidão;

Aos meus irmãos Lannay, Layanna e Paulo Ricardo por me ensinarem, constantemente, a amar, dividir e nunca desistir;

Aos meus sobrinhos Rafael, Maria Eduarda e Manuela, que cada um com suas particularidades sempre fizeram meus dias melhores;

Presto meus sinceros agradecimentos a todos os professores da Universidade Católica do Tocantins, em especial ao Mestre César Augusto Costa Nascimento, por toda paciência em ter me orientado durante esse último ano de graduação. E sou grato por tê-lo como meu orientador do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e por todos os ensinamentos e compartilhamentos. Eles foram fundamentais para o encerramento deste ciclo e o início de outros que estão por vir;

Renata, é em seu nome que agradeço aos demais familiares e amigos, por tudo e por tanto que fizestes por min nessa árdua caminhada. Você representa o real significado da palavra amizade

Por fim, mesmo que distantes um do outro fisicamente, e ao mesmo tempo tão perto; através da fé, esperança e do amor. Você que ainda és tão pequenino, com apenas 2 anos, 6 meses e 10 dias de idade mas que ocupa um espaço gigantesco dentro do meu ser. E desde a sua concepção tudo mudou em minha vida, muitos momentos difíceis e dolorosos com tudo, todos eles foram superados pelo simples fato de você existir. E se hoje estou findando mais um ciclo, e é graças a fé que tenho em Deus, em um dia poder tê-lo em meus braços, chamá-lo de filho e te dizer o quanto o papai te ama VICENTE MATOS!!!!

RESUMO

A cultura da soja é uma das mais importantes dentro do contexto social e econômico para o Brasil, para elevar sua produtividade devido a demanda maior por alimentos, é necessário o implemento de tecnologias que dentre essas está o uso de imagens aéreas extraídas de VANTs (veículo aérea não tripulável). Diante desse cenário o objetivo dessa pesquisa: é descrever o uso de imagens aéreas de drones na cultura da soja no brasil: abordagem 2010-2021. A metodologia usada foi de uma revisão bibliográfica as informações coletadas foi por meio de consulta em publicações de autores de referência na área de estudo com posterior leitura crítica acerca do assunto e filtragem dos melhores trabalhos encontrados. Será usada bibliografia com os critérios e inclusão de: escrita em português ou inglês, além de trabalho que forem publicados em revista com qualis mínimo B5 e trabalhos finais de teses e dissertações. É possível concluir que a tecnologia do drone, abrange diversas áreas agronômicas na cultura da soja, como: fitossanidade, fertilidade, índices de biomassa, melhoramento genético, estudo dos estádios fenológicos. Os estudos mostraram a importância dos índices para melhorar o processamento e interpretação dos mapas, com grande usos do índices NDVI utilizados em diversos trabalhos.

Palavras chaves: Investigação. Aplicação. *Glycine Max*.

ABSTRACT

The soybean crop is one of the most important within the social and economic context for Brazil, to raise its productivity due to the greater demand for food, it is necessary to implement technologies that among these are the use of aerial images extracted from UAVs (vehicle unmanned aircraft). In view of this scenario, the objective of this research is to describe the use of aerial images from drones in soybean cultivation in Brazil: 2010-2021 approach. The methodology used was a bibliographical review the information collected was through consultation in publications of reference authors in the study area with subsequent critical reading about the subject and filtering of the best works found. Bibliography will be used with the criteria and inclusion of: written in Portuguese or English, in addition to work that will be published in a magazine with a minimum qualis B5 and final works of theses and dissertations. It is possible to conclude that drone technology covers several agronomic areas in soybean cultivation, such as: phytosanitary, fertility, biomass indexes, genetic improvement, study of phenological stages. The studies showed the importance of the indices to improve the processing and interpretation of the maps, with great use of the NDVI indices used in several works.

Keywords: Research. Application. Glycine Max.

LISTA DE FIGURA

Figura 1- Níveis de aquisição de dados por Sensoriamento..... 18
Figura 2- Comportamento da vegetação em relação ao NDVI..... 20
Figura 3- Faixas espectrais do NDVI..... 21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação dos estádios vegetativos e reprodutivos do desenvolvimento da soja..... 15
Tabela 2- Produção e exportação mundial da soja em milhões de toneladas..... 16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9
2 METODOLOGIA 11
3 DESENVOLVIMENTO 12
3.1. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA 12
3.2 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICO DA SOJA 14
3.3 SENSORIAMENTO REMOTO 15
3.4 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NA AGRICULTURA 17
3.5 VEÍCULO ÁEREO NÃO TRIPULADO-VANT 19
3.5.1 Uso de VANT na cultura da soja 20
3.5.1.1 Nos estádios fenológicos 21
3.5.1.2 No melhoramento genético 22
3.5.1.3 No manejo nutricional 22
3.5.1.4 No manejo fitossanitário 23
3.5.1.5 Na estimativa de produtividade 24
3.5.1.6 Na pulverização 24
3.5.1.7 Na colheita 25
4 CONCLUSÃO 26
REFERÊNCIAS 27

1 INTRODUÇÃO

A atividade da agricultura é de grande importância para a satisfação de diversas inúmeras necessidades do homem, sendo a mais antiga atividade econômica do mundo. No Brasil essa atividade econômica têm crescido em ritmo acelerado, e dessa forma atendando a demanda por alimentos, isso devido a elevação da renda e no países desenvolvidos de diversas camadas econômicas (SCHADECK, 2015)

Inúmeras transformações ao longo dos anos, entre elas a de agricultura de precisão (AP) surgi com um proposta de usar tecnologia para aumentar a produtividade. A AP surgi na década de 1980 e traz o desafio de adaptar o gerenciamento das peculiaridade do local, do tipo de cultura e do ambiente. Dentre essas ferramentas se encontra o Veículo Aéreo Não Tripulado com a proposta de usar conjunto de sensores, câmeras e GPS, trazendo informações atualizadas e em tempo real das feições do Terreno, lidando então com as heterogeneidades de áreas produtivas, como a soja (BOHN, 2015).

A soja é uma das oleaginosas mais cultivadas no mundo e no Brasil devido ao seu potencial de produtividade, valor nutricional, sua composição química, que confere diversas aptidões de aplicações no mercado de alimentação humana e animal. 40% de sua massa são proteínas, 34% carboidratos e 21% óleo, com um alto valor nutricional (FIESP, 2022).

A relevância desse tema pautou-se no crescimento da produtividade da cultura da soja nos últimos anos. Este crescimento é devido as condições climáticas, investimento em tecnologias, levando o Brasil ao posto de maior produtor de soja do mundo. Dentre essas tecnologias destaca-se o uso de Drones, com sensores embarcados, utilizados para o monitoramento das culturas e regiões produtoras de grãos, como é o caso da soja (HUNT, DAUGHTRY, 2018).

Além do favorecimento à minimização de custos, quando comparado os métodos mais tradicionais para extração de dados providos de satélites, o uso de VANT apresenta ainda os potenciais de vantagens: imageamento sob demanda e possibilidade de usar sensores com diversas configurações, como as de bandas RGB (espectro visível); amostragem em altitudes baixas, possibilitando dados com maior resolução espacial e sem interferência de sombreamento por nuvens (JANNOURA et al. 2015).

Uma das maiores dificuldades da agricultura atualmente é o monitoramento de pragas, doenças e deficiências na lavoura, uma vez que culturas estão cada vez mais dinâmicas e requerem maior atenção técnica para identificação de anormalidades logo que elas ocorram (BOHN, 2015).

Entre as grandes desvantagens podemos colocar a pequena cobertura espacial (talhões e fazendas), alto custo computacional de processamento, demanda por mão de obra especializada e problemas associados a calibração radiométrica das câmeras a bordo do drone (GARRET; ANDERSON, 2018).

A cultura da soja, assim como outras commodities agrícolas, possuem limitações quanto a recursos e insumos cada vez mais caros e importados, com a desvalorização da moeda local, tornando o custo de produção maior, safra após safra, fazendo com que o produtor busque alternativas que retornem lucratividade. Existem também as dificuldades em obter informações relacionadas às adversidades que prejudicam o desenvolvimento das culturas, bem como a necessidade em tomar decisões eficientes e viáveis economicamente em tempo hábil. Diante disso, surge a seguinte pergunta-problema: De que forma o drone pode ser ferramenta capaz de contribuir para o avanço da produção da cultura da Soja no Brasil?

Assim, o objetivo desse trabalho foi descrever o uso de imagens aéreas de drones na cultura da soja no Brasil: abordagem 2010-2022.

2 METODOLOGIA

De acordo com Fontelles et al., (2009) a pesquisa é do tipo revisão bibliográfica na qual, tecnicamente busca os resultados baseada em material já publicado, que visa, através do uso de métodos explícitos, realizar uma pesquisa bibliográfica abrangente e avaliar criticamente os estudos individuais em uma revisão documental, literária, de livros, revistas, artigos de jornal, artigos acadêmicos, artigos científicos, teses de mestrado e doutorado, assim como sites oficiais.

A técnica de pesquisa empregada é a bibliográfica descritiva e exploratória. As informações coletadas foi por meio de consulta em publicações de autores de referência na área de estudo com posterior leitura crítica acerca do assunto e filtragem dos melhores trabalhos encontrados.

Além disso, foi coletado publicações dos anos de 2011 a 2022, que abordavam o tema focado para o estado do Tocantins, para identificar as principais dificuldades sobre a produção da soja nesse período e classificar os riscos de rompimento. Será usada bibliografia com os critérios e inclusão: escrita em português ou inglês, trabalhos que forem publicados em revista com qualis mínimo B5 e trabalhos finais de teses e dissertações.

As palavras-chaves e frases definidos inseridos para realização da busca bibliográfica, foram: “geoprocessamento na agricultura”, “geoprocessamento no agronegócio”, “drones na agricultura”, “agricultura digital”, “agricultura 4.0” “agricultura de precisão”, “índices de vegetação”, “drones na soja” “a cultura da soja”. “tipos de satélites para agricultura”, “imagem de satélites e de drones”. Com os trabalhos e dados obtidos, foi e possível atingir o objetivo apresentado.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA

A soja é uma planta que originou na região conhecida como Manchúria, localizada no nordeste da China. Veio da Europa no século XVII, onde acontecia as navegações, a qual permaneceu por mais de 200 anos, como uma curiosidade botânica, nos jardins das cortes da Europa. A cultura nas américas, surgiu no final do século 19 onde era cultivada como forragem. Na década de 1940 a soja chegou ao Paraguai e na década de 50 no México e Argentina (EMBRAPA, 2017).

Segundo Cunha; Cruz (2017) a soja foi a grande cultura responsável pelo aparecimento da agricultura comercial em larga escala brasileira, acelerando ao processo de mecanização das lavouras, modernizando o transporte, expandindo a fronteira agrícola, colaborando para a tecnicidade e produção de outras culturas, além de promove o crescimento da avicultura e da suinocultura brasileira. A geração de tecnologias contribuiu para que o Brasil aumentasse sua produção de soja, passando a ocupar o segundo lugar entre os maiores produtores de soja do mundo.

No Brasil, a soja começou a ser cultivada em 1941 no estado do Rio Grande do Sul, com uma área de 702 hectares. Mas foi a partir da década de 50 que se expandiu para as regiões Sudeste, Norte e Nordeste. A soja é uma cultura que pertence à família das Fabaceae, sendo uma espécie autógama, que possui folhas perfeitas, sistema radicular com raiz principal e secundárias. Seu crescimento é iniciado na germinação, permanecendo até a fase de maturação fisiológica. Possui órgãos masculinos e femininos dentro da corola, com coloração da flor branca ou púrpura, dependendo do genótipo da cultivar utilizada (ARAÚJO, 2016).

Popularmente conhecido como vagem, o seu fruto é tido como um legume. Sua fecundação ocorre no desenvolvimento, as vagens são resultado do ovário que necessita está completamente desenvolvido, podendo conter de 1 a 5 sementes. Seu porte médio varia de 60 a 120 cm com as variedades comercializadas aqui no Brasil. O seu florescimento varia de 3 a 5 semanas, já o tamanho é totalmente dependente da cultivas (genótipo) e das condições do meio em que se desenvolverá (fenótipo) (TEJO et al., 2019).

De acordo com Farias et al. (2007), o ciclo de desenvolvimento da soja pode ser dividido em vegetativo e reprodutivo (Tabela 1). O período vegetativo inclui emergência e abertura desenvolvimento completo do cotilédone e da planta antes da floração. Já o período reprodutivo é caracterizado pela, floração, desenvolvimento de vagens, desenvolvimento de grãos e maturação de plantas.

Tabela 1- Classificação dos estádios vegetativos e reprodutivos do desenvolvimento da soja.

Estádio Vegetativo	**Denominação**	**Descrição**
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo
VC	Cotilédone	Cotilédones completamente abertos
V1	Primeiro nó	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas
V2	Segundo nó	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V3	Terceiro nó	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida
V4	Quarto nó	Terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V5	Quinto nó	Quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida
Vn	Enésimo nó	Ante-enésima folha trifoliada completamente desenvolvida
Estádio Reprodutivo	**Denominação**	**Descrição**
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó do caule
R2	Florescimento Pleno	Uma flor aberta num dos 2 últimos nós do caule com folha completamente desenvovida
R3	Início da formação da vagem	Vagem com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R4	Vagem completamente desenvolvida	Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R5	Início do enchimento de grãos	Grão com 3mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R6	Grão cheio ou completo	Vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R7	Início da maturação	Uma vagem normal do caule com coloração de madura
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração madura

Fonte: adaptado de Farias et al. (2007)

O estágio vegetativo é representado pela letra "V" seguida da letra "E" ou 'C' e números, e o reprodutivo composto pela letra “R” seguida de algarismos. No estágio reprodutivo, o R5 pode ser subdividido, seguido por um número de 1 a 5, que é equivalente à porcentagem de formação de grãos, de 0 a 100%.

A cultura da soja possui requisitos climáticos específicos para o seu desenvolvimento, variando de 450 a 800 mm de água. É uma oleaginosa que se adapta a temperaturas de 20 a 30ºC, sendo essa última, a temperatura ideal para seu desenvolvimento (EMBRAPA, 2011).

3.2 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICO DA SOJA

A produção mundial da soja, na safra 2022/2023, foi estimada em 391,0 milhões de toneladas, significando um aumento de 1,2 milhões de toneladas quando comparado com a safra 2021/2022. As exportações globais da soja em 2022/2023 aumentaram 1,0 milhões de toneladas, indo para 168,8 milhões, com maiores exportações para Argentina e Brasil, que foram parcialmente compensadas com menores exportações para Estados Unidos e Paraguai (FIESP, 2022).

No Brasil, a soja, configura-se como o principal produto agrícola da pauta das exportações brasileiras e o maior responsável pelo aumento da colheita nacional de grãos. O país está em 1° lugar no ranking de produção de soja, logo depois, vem Estados Unidos e Argentina. Para a safra 2022/2023 a USDA prevê uma produção de 152 milhões de toneladas no país, e para exportação 89,5 milhões de toneladas. Sendo o maior exportador mundial (FIESP, 2022), conforme Tabela 2.

Tabela 2- Produção e exportação mundial da soja em milhões de toneladas

Países	**Safras**		**Variação**	
	2021/2022	**2022/2023**	**Abs.**	**(%)**
Produção				
Brasil	**127,0**	**152,0**	**25,0**	**19,7%**
EUA	121,5	117,4	-4,1	-3,4%
Argentina	44,0	51,0	7,0	15,9%
China	16,4	18,4	2,0	12,2%
Demais	46,8	52,2	5,4	11,7%
Mundo	**355,7**	**391,0**	**35,3**	**9,9%**

Exportação				
Brasil	79,6	89,5	10,0	12,5%
EUA	58,7	55,7	-3,1	-5,2
Argentina	2,8	7,0	4,2	150,0%
Paraguai	2,3	5,8	3,5	150,0%
Demais	10,8	10,9	0,1	1,2%
Mundo	154,2	168,8	14,7	9,5%

Fonte: Fiesp (2022)

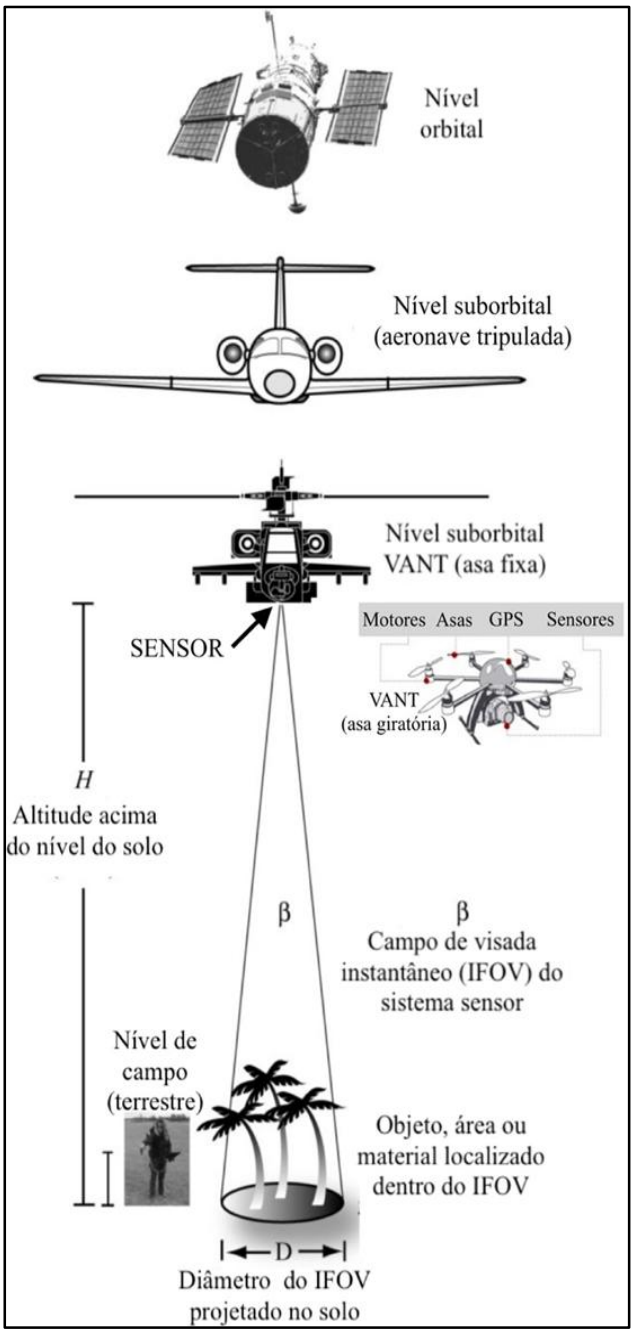
A importância socioeconômica da soja para o Brasil está relacionada ao movimento de um grande número de agentes e organizações ligados aos mais diversos setores socioeconômicos como: fornecedores de insumos, empresas de pesquisa e desenvolvimento, indústrias de máquinas e equipamento, cooperativas agropecuárias, produtores rurais, processadoras, cooperativas agroindustriais, fabricantes de ração e usinas de biodiesel, produtores de óleo, dentre outras (PICCOLO, 2018).

3.3 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de tecnologias que podem estudar objetos dispostos na superfície da terra por meio da interação com a radiação eletromagnética-REM, sem contato direto com eles (NOVO, 2010). A principal fonte de REM é o sol. No entanto, atualmente, diferentes fontes de luz são usadas como transmissores REM para pesquisas de sensoriamento remoto. A interação do REM com o alvo de interesse se deve principalmente à sua absorção, transmissão e reflexão, podendo-se obter as grandezas denominadas absorção, transmitância e refletância respectivamente (MOREIRA, 2011).

Para obter informações sobre o alvo de interesse, é necessário quantificar a interação REM-alvo de interesse, para poder utilizar o valor de refletância. O coeficiente de reflexão de um determinado objeto é dado pela causa do fluxo REM (denominado radiação) emitido pelo objeto, que é derivado do fluxo REM emitido por uma superfície de referência padrão (MOREIRA, 2011) (Figura 1). Os satélites são a fonte mais tradicional de coleta de dados SR. No entanto, o uso de imagens obtidas a partir dessas plataformas tem algumas limitações, como o alto custo de colocar essas plataformas em órbita e os problemas inerentes à atmosfera terrestre.

Figura 1- Níveis de aquisição de dados por Sensoriamento



Fonte: Jensen (2009)

No que diz respeito aos sensores ópticos, esses problemas estão relacionados à absorção e propagação da radiação eletromagnética emitida pelo sol e da radiação eletromagnética refletida por alvos na superfície terrestre devido à presença de componentes atmosféricos como nuvens, aerossóis, gases e partículas em suspensão. Para "plataformas de detecção baseadas em terra" (como tripés, torres e guindastes), ao se mover de um local para outro, o mesmo não permite a geração em

"tempo real", de mapas de superfície e é impossível medir os parâmetros da planta de vários mapas de uma só vez. No contexto atual, para superar essas limitações, além de câmeras digitais aprimoradas ou true color (RGB) embutidas em drones, sensores terrestres (portáteis ou conectados a equipamentos como implementos agrícolas) ou sensores multiespectrais também têm sido usados (SPERANZA et al., 2018).

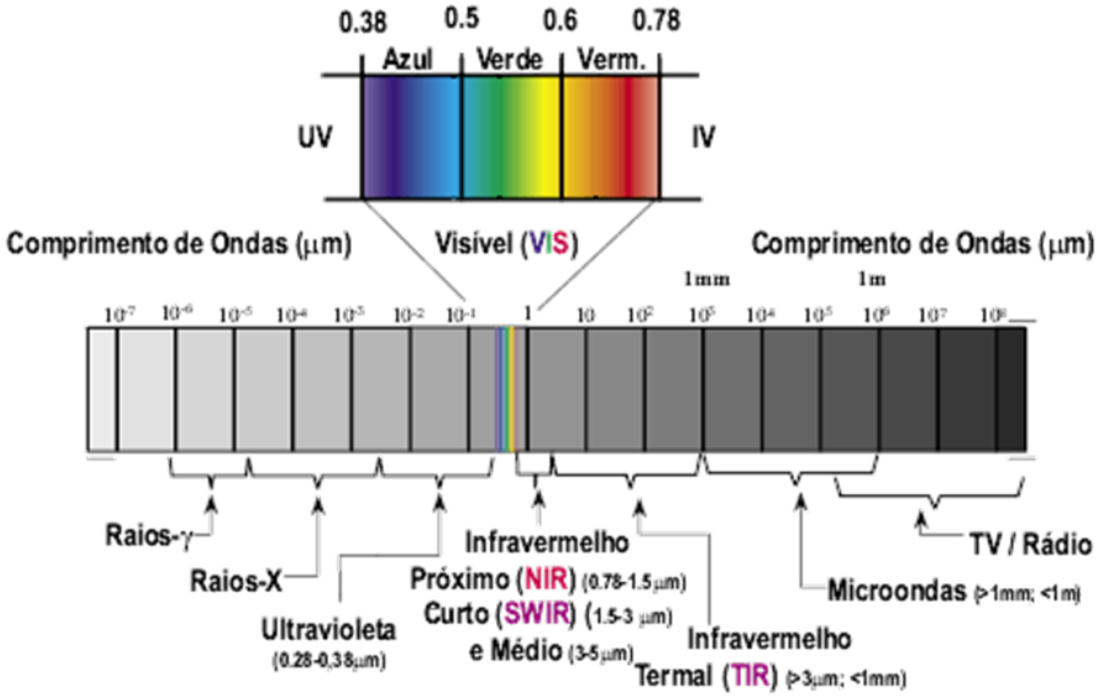
A utilização de tecnologias de inovação em áreas de produção agrícola vem aumentando nas últimas décadas, devido a uma crescente demanda por alimentos, e a busca por uma produção que contribua com a diminuição de impactos ambientais. Entre as tecnologias encontra-se a Agricultura de precisão (AP), que consiste em uso de processos agrícolas eficiente e sustentáveis, que promovam produtividade e ao mesmo tempo otimize custos (BASSOI et al., 2019).

A AP se caracteriza no gerenciamento de uma fazenda que combina e une tecnologias de informação, sistemas de informação geográfico, tecnologias de sensores, que podem auxiliar na detecção de patógenos, nas aplicações de defensivos e no mapeamento para identificação de variabilidade espacial. Assim, o sensoriamento remoto tem impulsionado o desenvolvimento atual e recente de técnicas de amostragem que possuem resoluções espaciais e temporais maiores quando comparadas a metodologias mais tradicionais usadas para as pragas na agricultura (MARTINS; GALO, 2015).

3.4 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NA AGRICULTURA

A estimativa, mensuração e resposta espectral é um abordagem realizada sem a necessidade de contato físico com a planta, promissora para a estimativa de biomassa das culturas. O índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) baseia-se na reflectância, como forma de assinatura espectral, de uma vegetação verde e sem doenças, que evidencia o contraste entre a combinação e interpolação das bandas do vermelho e do infravermelho. (PADOLFI et al., 2018). As faixas espectrais estão em esquema na figura 2.

Figura 2- Comportamento da vegetação em relação ao NDVI



Fonte: Cordeiro et al., (2017)

Observando o perfil de evolução do tempo do NDVI de uma determinada região, suas alterações têm sido usada para monitorar as condições de crescimento e desenvolvimento das culturas, detecção de estresse hídrico, nutricional, estimativa de rendimento das culturas. O índice varia de -1 a 1, quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura de vegetação e em situações de solo descoberto ou áreas sem presença de material vegetal terá um NDVI (Figura 3) de 0 ou próximo de -1. Obtido pela equação 1 (CORDEIRO et al., 2017).

$$\text{NDVI} = (NIR - RED)\ (NIR + RED)$$

Em que:

NIR: valor de reflectância na faixa do infravermelho próximo

RED: valor de reflectância na faixa do vermelho.

Figura 3- Faixas espectrais do NDVI



Fonte: Giongo, 2020

O NDVI é o índice mais recomendado quando se precisa realizar comparações em séries temporais de uma mesma área, pois é esperado estar menos suscetível às variações climatológicas da atmosfera. De acordo com Speranza et al., (2018), diferentes métodos de manejo, e propriedades do solo, estabelecimento de lavouras, cultivares utilizadas e outros parâmetros afetam a correlação entre NDVI, o que pode enfraquecer seu potencial como variável de mapeamento de propriedades edáficas. O NDVI possui correlação satisfatória com a biomassa em áreas que apresente boas coberturas vegetais. Em cultura como do amendoim, observou-se que o sensor óptico ativo GreenSeeker® pode ser utilizado para estimar a produtividade e as populações de plantas (ALMEIDA et al., 2019).

3.5 VEÍCULO ÁEREO NÃO TRIPULADO-VANT

Veículo Aéreo Não Tripulado - UAV, comumente conhecido como drone, refere-se ao nome de uma aeronave sem piloto. Na bibliografia internacional, algumas variantes deste termo podem ser encontradas, dependendo de seu uso e aplicação.

De acordo com Genilhu (2021), existem inúmeros drones disponíveis no mercado, porém basicamente todos eles cumprem uma mesma função, a de transportar o sensor. Por isso existem diversos tipos de sensores no mercado, sendo que os mais usuais voltados a agricultura, são: termais, multiespectrais, hiperespectrais e RGB. Em contribuição ao sensoriamento remoto orbital tem aumentado, porém o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) 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.

Inicialmente, essas aeronaves podem ser utilizadas para levantamentos e captação de imagens em geral em áreas de produção agrícola e florestal. Avanços

recentes na qualidade de câmeras e sensores mostraram que eles podem ser usados para diagnosticar o estresse da cultura e controlar ervas daninhas. Dentre algumas das características promissoras dos VANTs 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 (SEREJO et al., 2021).

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 no AP, as principais vantagens do uso de drones podem ser listadas: i) amostragem de baixa altitude; ii) a possibilidade de usar luz incidente para calibrar o sensor e iii) com base no movimento Structure (Motion Structure-SfM) cria um modelo de altura do dossel a partir de uma nuvem de pontos (HUNT; DAUGHTRY, 2018).

3.5.1 Uso de VANT na cultura da soja

Genilhu (2021) analisou o uso de tecnologia de agricultura de precisão no sudoeste goiano e constataram que 100% dos produtores de soja pesquisados utilizam alguma forma de agricultura de precisão. O autor também observou que o uso de VANT e de sistemas de orientação GPS manuais utilizando barras de luz, pilotos automáticos e amostragem de solo em grade, são as principais técnicas utilizadas na agricultura de precisão.

O sensoriamento remoto por sensores embutidos em satélites ou aeronaves (tripuladas ou não) pode gerar índices de radiação visível (VIS), infravermelho próximo (NIR), infravermelho de ondas curtas refletidas e radiação infravermelha emitida por culturas como a soja, para estimar a rendimento potencial. Essas reflectâncias são muito eficazes na estimativa de biomassa, produtividade, cobertura do dossel, índice de área foliar (IAF), conteúdo de clorofila e senescência da planta (HUNG et al., 2018).

Dentre as tecnologias utilizadas no plantio de soja no Brasil, destacam-se o uso do índice de vegetação (principalmente NDVI) e o uso de sensoriamento remoto por drones. Crusiol et al., (2017) descreveram o índice NDVI de variedades de soja com deficiência hídrica, e observaram que o índice pode ser usado para distinguir

variedades de soja que apresentam diferentes respostas à seca. Devido à disponibilidade de diversos produtos, como mapas e gráficos de imagens, o uso da tecnologia de imagens de VANTs pode ser uma ferramenta para auxiliar no monitoramento e planejamento de atividades em áreas de produção agrícola. Fornece uma avaliação e identificação das características presentes na área de estudo.

3.5.1.1 Nos estádios fenológicos

Na soja, o valor de refletância representa todos os aspectos da planta de acordo com a cor de sua refletância em cada estado de maturação. A cor verde é reduzida devido ao amarelecimento das folhas e redução da área fotossintética ativa. Isso ocorre no estágio R6, que é caracterizado pela fase final de enchimento do grão, ou seja, a vagem. Ainda existem grãos verdes, mas a cavidade foi totalmente preenchida. No estágio R7, a planta apresenta características de maturação precoce, principalmente devido ao amarelecimento das vagens, neste caso, a planta passa a refletir mais de 30% da cor vermelha. Quando pelo menos uma vagem normal do caule apresenta cor madura, é considerado o início da fase R7 (EMBRAPA, 2011).

Santos et al. (2022) apontou que a estimativa da biomassa acima do solo medida e o índice de vegetação NDVI e EVI (Índice de Vegetação Aprimorado) no início do período de florescimento da soja, é um método econômico para delinear o manejo da cultura e áreas de manejo. O mapa obtido pode ajudar a orientar e prever intervenções locais antes do plantio e colheita, e pode ser ainda mais refinado por meio de análises mais detalhadas de solo e cultura quando necessário, reduzindo o custo e o tempo de amostras e dados válidos.

O desenvolvimento das plantas está diretamente relacionado ao aumento de sua biomassa até o estágio R5, pois maiores áreas verdes apresentam maior refletividade do verde na faixa de luz visível. Uma biomassa maior leva a um aumento na taxa fotossintética, que por sua vez aumenta a absorção de CO^2 atmosférico. Nesse sentido, a tecnologia de sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta com grande potencial para fornecer informações específicas e confiáveis sobre o estado da cultura, e reduzir erros de avaliação na previsão do estágio de nutrição das plantas. Para fornecer informações sobre a cultura, é criado um modelo de avaliação do estágio fenológico das plantas para prever a época de colheita, usando um índice que representa a resposta espectral da vegetação no espectro visível (CRUSIOL et al., 2017).

Nesse sentido, trabalho de Ferreira (2020) objetivando avaliar os grupos de maturação da soja por imagens de VANT, mostrou que o melhor modelo entre os avaliados foi o stepwise. Entretanto ainda se faz necessário a realização de mais estudos a fim de garantir maior confiabilidade no estabelecimento de modelo para a previsão os diferentes grupos de maturação em plantas de soja. Trabalho de Santos et al., (2022) mostrou que o estádio fenológico R5 possui mais alta correlação com o nível de severidade da ferrugem asiática da soja utilizando uma câmera RGB.

3.5.1.2 No melhoramento genético

O melhoramento genético da soja é um processo caro e demorado em si mesmo, exigindo grande quantidade de mão de obra bem treinada e qualificada. Portanto, o uso de índice de vegetação para facilitar o processo de seleção de variedades é muito popular, mas a literatura ainda é limitada. Portanto, esses índices de vegetação e comprimentos de onda provaram ser excelentes características secundárias para predizer as características de rendimento de grãos e eficiência fotossintética, pois possuem alta herdabilidade e correlação genética com características agronômicas de rendimento, e são fáceis de medir remotamente em um grande número de culturas. Indivíduos (MOREIRA, 2020).

No trabalho de Moreira (2020) buscando estimar a diversidade espectral de variedades de soja mostrou que os comprimentos de onda que mais ajudaram a diferenciar as cultivares foram BLUE, NIR, GREEN, REDEDGE e RED, respectivamente e se mostraram promissores. A utilização de VANT’s neste processo, demonstra ter um grande potencial, já que se destaca devido ao menor custo e maior agilidade no processo em relação aos demais métodos. Nesse trabalho ainda foi possível determinar diversos grupos de maturação da soja e suas respectivas variação espectral.

3.5.1.3 No manejo nutricional

A tecnologia de sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta com grande potencial para fornecer informações específicas e confiáveis sobre as condições da cultura, e reduzir erros nas previsões do estágio de nutrição das plantas. Sensores espectrais possuem diferentes comprimentos de onda, cobrindo as regiões do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas. Com a ajuda desses sensores, os cálculos podem ser realizados em conjunto com diferentes

bandas que fornecem índices de vegetação, que podem ser correlacionados com as condições da vegetação status nutricional das plantas, cobertura do solo, produtividade e deficiência nutrientes (SEREJO et al., 2021).

Nesse sentido em uma pesquisa realizada por Almeida et al., (2019), que teve o intuito de avaliar os índices de vegetação obtidos com câmera multiespectral relacionados com adubação nitrogenada e produtividade na soja, foi possível verificar que a alteração de diferentes doses de nitrogênio resultou em mudanças no conteúdo de nitrogênio nas folhas do milho. O índice de vegetação obtido pelo sensor multiespectral acoplado ao VANTS pode detectar mudanças nas diferentes doses de N aplicadas ao milho.

3.5.1.4 No manejo fitossanitário

Bandas espectrais e índices de vegetação são usadas amplamente dentro da agricultura e em áreas de cultivo de soja para estimar o estado fisiológico de plantas, devido essas assinaturas espectrais poder ser relacionado a algum tipo de sintoma e doença. Diante disso, trabalho de Campos (2022) mostrou a RPA´s possuem grande potencial de aplicação na detecção de doenças como a ferrugem asiática da soja que leva ao amarelecimento foliar e desfolha.

Para tornar o sensoriamento remoto (veículos aéreos não tripulados, satélites e espectrômetros) úteis para o manejo de doenças, é necessário avaliar os efeitos dos fungicidas na refletância das plantas, incluindo as alterações fisiológicas causadas por fungicidas e os efeitos residuais dos produtos na superfície das folhas. Os inseticidas afetam a resposta espectral ao nível da folha (BASSETO FILHO et al., 2021).

Nesse sentido em investigações de Santos et al., (2022) que teve o intuito de resposta espectral de soja a nível de dossel pós-aplicação de fungicidas foliares, apontaram que esses defensivos comumente usados para controlar a ferrugem asiática não afetam a refletividade das plantas de soja no nível do dossel, indicando que os drones podem ser uma estratégia de coleta de dados viável, independente das aplicações de fungicidas.

Serejo et al., (2021) descreve que a identificação de percevejos marrons na cultura da soja por meio de uma técnica chamada pano de batedura, que é uma técnica tradicional na qual produtor deve inspecionar as safras para identificar e localizar pragas que existir, porém esse método pode ser dispendioso e caro, sendo

então o drone como uma alternativa mais viável e não destrutivo. Nesse sentido esse autor objetivou usar um VANT para identificação do percevejo marrom em lavouras de soja usando técnicas de reconhecimento de padrões uma metodologia de captura das imagens de uma propriedade agrícola, estabelecendo uma altura de captura de metros da copa da planta, permitindo ao produtor ter acesso às informações de toda sua propriedade, trazendo maiores resultados e precisão na busca do percevejo marrom, mostrando uma assertividade de 93,33% com uso da técnica de regressão logística. Com a metodologia desenvolvida foi possível identificar apenas as áreas com o foco de infestação, permitindo assim uma ação focalizada, minimizando assim o uso de inseticidas, diferentemente do método tradicional do pano de batida.

3.5.1.5 Na estimativa de produtividade

No ciclo fenológico das lavouras, principalmente da soja *(Glycine Max* L.) Existem vários fatores que afetam o seu desenvolvimento e Produção, como propriedades químicas e físicas do solo, manejo e condições Meio Ambiente. Neste caso, o índice de vegetação pode auxiliar na análise da distribuição espacial dos fatores que afetam o desenvolvimento. Soja, permitindo intervenções e correções locais, Alcançar um desenvolvimento homogêneo (SEREJO et al., 2021).

Outra opção para monitoramento agrícola é usar o conceito de índice de vegetação com base no espectro ou canal visível vermelho (R), verde (G) e azul (B), denominado sensor RGB e verificar o propósito do desenvolvimento da vegetação. Pode ser usado para estimativa de produtividade e monitoramento das mudanças fenológicas de várias espécies de plantas (MOREIRA, 2020).

3.5.1.6 Na pulverização

Os drones pulverizadores habitualmente utilizam baixo volume de calda/ha, em torno de 10 L/ha, com uma velocidade de deslocamento entorno de 10 a 20 km/h, com uma combinação de pressão e ponta de trabalho que produz finas gotas. Além disso, as hélices produzem efeitos que impulsiona a calda de pulverização para baixo, movimentando as folhas do topo das plantas, levando a uma melhoria da deposição de calda para os estratos inferiores da planta. Os drones de pulverização agrícola, são tecnologias que podem ser interligadas a outros métodos de aplicação e que demanda estudos para embasar seu correto uso (OLIVEIRA et al., 2021).

Bassetto Filho et al., (2021) conduziram um trabalho objetivando estudar o

controle do percevejo Euschistus heros em soja com inseticida químico pulverizado com drone, comparativamente a diferentes tecnologias como aplicação tratorizada e costal e constataram que a pulverização com drone, utilizando 10 L de calda/ha apresenta desempenho de controle de percevejos equivalente a pulverização com trator utilizando volumes de calda de 36 L e 80 L/ha e costal com 200 L/ha. Para os autores o desempenho de controle de percevejo obtido com diferentes tecnologias de aplicação não depende do volume de calda utilizado, mas da combinação adequada de ponta de pulverização e pressão de trabalho, além de condições ambientais favoráveis.

Schlemer (2022) avaliou a qualidade de deposição de defensivos agrícolas na cultura da soja, levando em conta os volumes de calda (10, 15 e 20 L ha-1) e os modelos de pontas para aplicação (1- TXA8001vk tjet cone vazio e o 2- XR11001vs leque). Ao final o autor verificou que não houve diferença estatística entre as pontas de bicos de pulverização, e entre os volumes de calda de 10 e 15 L ha-1. Porem quando se aumentou o volume de pulverização para 20 L ha-1, obteve-se maior porcentagem de cobertura e maior deposição de gotas no dossel da cultura da soja.

3.5.1.7 Na colheita

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em conjunto com técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) vem contribuindo para grandes avanços e melhorias para a agricultura nestas grandes áreas de plantio, possibilitando maior controle de produção e prevenindo danos provenientes de pragas ou de falhas de plantio, desde a fase inicial de brotamento até a colheita da safra (BASSOI et al., 2019).

Fernandes (2016), a partir do levantamento realizado com VANT, possibilitou a geração de mosaico das imagens multiespectrais e mapa do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) com resolução espacial de 0,7 metros. Observou-se também dados de produtividade com valor médio igual a 9.921,8kg. E por fim, o resultado estatístico do cruzamento de dados demonstrou que era possível determinar a produtividade da colheita com base nos dados do NDVI e da banda do infravermelho termal, inclusive onde não havia disponibilidade de monitores de colheita.

4 CONCLUSÃO

Verificou-se que os Drones podem auxiliar em diversos aspectos do meio agrícola, sendo esses equipamentos capazes de avaliar a produtividade da lavoura, além de avaliar aspectos de operações agrícolas como plantio, controle de plantas daninhas, presença de pragas e doenças, estado nutricional da lavoura e manejo das lavouras. Isso é possível devido aos sensores infravermelhos, imagem multiespectral e imagens e filmagens da lavoura.

Entre as grandes desvantagens pode-se citar pequena cobertura espacial (talhões ou fazendas), alto custo computacional de processamento, demanda por operadores especializados e, problemas associados a calibração radiométrica das câmeras a bordo do drone.

As imagens de sensores remotos podem ser obtidas a partir de diversas plataformas, como satélites, aeronaves, veículos aéreos não tripulados (VANTs), máquinas agrícolas auto propelidas, dentre outros.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. L. H.; CARNEIRO, F. M.; SILVA, R. P.; ZERBATO, C. **Sensoriamento remoto na cultura do amendoim**. In: Novas tecnologias da engenharia para aproveitamento do amendoim. AREA. Associação Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Jaboticabal. 1ª edição, dezembro de 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rouverson-Silva/publication/338372238_NOVAS_TECNOLOGIAS_DA_ENGENHARIA_PARA_APROVEITAMENTO_DO_AMENDOIM/links/5e0f684792851c8364afd6dd/NOVAS-TECNOLOGIAS-DA-ENGENHARIA-PARA-APROVEITAMENTO-DO-AMENDOIM.pdf#page=60. Acesso em: 24 Nov. 2022

ARAÚJO, B. M. S. **Mosca-branca Bemisia tabaci (Genn., 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) como agente transmissor de Begomovírus em soja (Glycine max):** aspectos gerais e principais métodos de controle. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agonomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, Paragominas-PA, 2016. Disponível em: http://www.bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1530/1/Mosca%20-branca%20Bemisia%20tabaci%20%28Gen.%2c%201889%29%20bi%c3%b3tipo%20B%20%28Hemiptera%20aleyrodidae%29%20como%20agente%20transmissor%20de%20Begoov%c3%adrus%20em%20soja%20%28Glycine%20max%29%20aspectos%20gerais%20e%20principais%20m%c3%a9todos%20de%20controle..pdf. Acesso em: 24 Nov. 2022

BASSETTO FILHO, J. J.; ESTABELE, D. L.; OLIVEIRA, T. L.; GOMES, L. R. O.; PINHO, C. A.; MATULAITIS, A. K. Y.; ADEGAS, F. S.; SOARES, R. M.; ROGGIA, S. Controle do percevejo *Euschistus heros* em soja com inseticidas químicos pulverizados com drone. **Jornada Acadêmica da Embrapa Soja.** Londrina Embrapa Soja, 2021. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1139094/1/PGS-124-130-n.pdf. Acesso em: 24 Nov. 2022

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. **Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 20, p. 17-36, 2019. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1121544/1/AgriculturaPrecisaoAgriculturaDigital.pdf. Acesso em: 24 Nov. 2022.

BOHN, R. **Avaliação econômica da recomendação do uso de calcário utilizando ferramentas de agricultura de precisão comparado ao método tradicional**. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão). Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), Santa Maria, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/19119/DIS_PPGAP_2019_BOHN_ROGER.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 24 Nov. 2022

CAMPOS, W. D. **As principais tecnologias da agricultura 4.0 na produção de soja**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronegócio). Faculdade Vale do Aço, Açailândia, 2022. Disponível em: http://repositorio.favale.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/109. Acesso em: 24 Nov. 2022

CORDEIRO, A. P. S.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; MELO, R. W.; SHIMABUKURO, Y. E.; FIOR, C. S. Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade de NDVI. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 883-896, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cflo/a/xQSkhQC3g7LLMfBqTWpC3kP/abstract/?lang=pt. Acesso em: 24 Nov. 2022

CRUSIOL, L. G. T.; CARVALHO, J. de F. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; NEIVERTH, W.; RIO,A. do; FERREIRA, L. C.; PROCÓPIO, S. O. NDVI variation according to the time of measurement, sampling size, positioning of sensor and water regime in different soybean cultivars. **Precision Agriculture**, v. 18, p. 470-490, 2017. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-016-9465-6. Acesso em: 24 Nov. 2022

CUNHA, R. C. C.; CRUZ, W. L. M. Aspectos geoeconômicos da cadeia produtiva da soja no estado de Santa Catarina: produção e circulação. **Geo UERJ.,** n. 31, p. 745-769, 2017. Disponível em: https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/26863/23070. Acesso em: 24 Nov. 2022

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de Produção de Soja** – Região Central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261 p

EMBRAPA SOJA. **História soja**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia 2017 Acesso em: 24 Nov. 2022

FERNANDES, P. **Estimativa da produtividade de milho (Zea Mays L.) através de imagens obtidas por veículo aéreo não tripulado**. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão)-Universidade Federal de Santa Maria, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/4842/FERNANDES%2c%20PABLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 08 Dez, 2022

FERREIRA, J. C. S. **Grupos de maturação da cultura da soja avaliados por imagens aéreas obtidas por VANT**. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1526/3/disserta%c3%a7%c3%a3o_Jo%c3%a3o%20Ferreira.pdf. Acesso em: 24 Nov. 2022

FIESP. **Safra mundial de soja 2022/23**-6º levantamento do USDA. Informativo outubro de 2022. Disponível em: https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-soja/attachment/file-20221013220642-boletimsojaoutubro2022/. Acesso em: 18 Nov. 2022

FONTELLES, M. J.; SIMÕES, M. G.; FARIAS, S. H.; FONTELLES, R. G. S. Scientific research methodology: Guidelines for elaboration of a research protocol. **Revista Paraense de Medicina**, v. 23, n. 3, 2009

GARRETT, B; ANDERSON, K. Drone methodologies: Taking flight in human and physical geography. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 43, n. 3, p. 341-359, 2018. Disponível em: https://rgs-ibg.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/tran.12232. Acesso em: 24 Nov. 2022

GENILHU, M. R. J. **Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) na agricultura**: revisão de literatura. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA, Ariquemes, 2021. Disponível em: https://repositorio.faema.edu.br/bitstream/123456789/3113/1/Uso%20de%20Vant%c2%b4s%20na%20Agricultura%20%20Maik%20Robson%20%281%29%20%281%29%20%281%29.pdf. Acesso em: 24 Nov. 2022

HUNG, M.N.W.B.; SAMPAIO, T.V.M.; SCHULTZ,G.B.; SIEFERT,C.A.C.; LANGE,D.R.; MARANGON, F.H.S.; SANTOS, I. Levantamento com veículo aéreo não tripulado para geração de modelo digital do terreno em bacia experimental com vegetação florestal esparsa. **R. Ra'e Ga**. v.43 Temático de Geotecnologias, p. 215 - 231 , 2018. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/56621/34906. Acesso em: 24 Nov. 2022

HUNT, E. R.; DAUGHTRY, C. S. T. What good are unmanned aircraft systems for agricultural remote sensing and precision agriculture? **International Journal of Remote Sensing**, v. 39, n. 15–16, p. 5345–5376, 2018. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2017.1410300#:~:text=There%20are%20three%20advantages%20using,%2Dfrom%2Dmotion%20point%20clouds. Acesso em: 24 Nov. 2022

JANNOURA, R.; BRINKMANN, K.; UTEAU, D.; BRUNS, C.; JOERGENSEN, R. G. Monitoring of crop biomass using true colour aerial photographs taken from a remote controlled hexacopter. **Biosystems Engineering**, v. 129, p. 341–351, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511014001998. Acesso em: 24 Nov. 2022

MARTINS, G. D.; GALO, M. L. B. T. Caracterização espectral da cana-de-açúcar infectada por nematoides Migdolus fryanus por espectrorradiometria de campo. **Boletim de Ciências Geodésicas.,** v. 21, n. 4, p. 783-796, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bcg/a/r4r49y3xjmrdBZLysRZZjbm/?lang=pt. Acesso em: 24 Nov. 2022

MOREIRA, A. M. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçoca, MG: UFV, 4ª ed., 2011. 422p

MOREIRA, G. **Utilização de veículos aéreos não tripulados para estimar a diversidade espectral de variedade de soja**. Monografia (Graduação em Agronomia). Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2020. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1427. Acesso em: 24 Nov. 2022

OLIVEIRA, V. R.; BASSETTO FILHO, J. J.; ESTABELE, D. L.; OLIVEIRA, T. L.; GOMES, L. R. O.; PINHO, C. A.; MATULAITIS, A. K. Y.; ADEGAS, F. S.; SOARES,

R. M.; ROGGIA, S. Depósito de inseticidas em diferentes estratos de planta de soja obtido na pulverização com drone. **Jornada Acadêmica da Embrapa Soja.** Londrina Embrapa Soja, 2021. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1139097/1/PGS-157-163-n.pdf. Acesso em: 24 Nov. 2022

PADOLFI, A. S.; RAMALDES, G. P.; SANTOS, O. L. Análise de índice de vegetação através de imagens obtidas por Vant. **Revista Científica da FAESA**, v14, n1, p 145-165, 2018

PICCOLO, E. **A importância da soja para o agronegócio:** uma análise sob o enfoque do aumento da produção de agricultores no município de Santa Cecília do Sul. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração), FAT-Faculdade e Escola, Tapejara, RS, 2018. Disponível em: http://www.fatrs.com.br/faculdade/uploads/tcc/d464ec1e2f2c450aa33bb0e990b54878.pdf. Acesso em: 18 Nov. 2022

SANTOS, L. M. G.; PENATTI, N. C.; DELALIBERA, H. C.; GUIMARÃES, M. F. Relação entre os mapas dos índices vegetativos NDRE e EVI com um mapa de zonas de potencial produtivo para a soja. **LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola** - CONBEA 2022. 27 a 29 de outubro de 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Hevandro-Delalibera-2/publication/364939585_RELACAO_ENTRE_OS_MAPAS_DOS_INDICES_VEGETATIVOS_NDRE_NDVI_E_EVI_COM_UM_MAPA_DE_ZONAS_DE_POTENCIAL_PRODUTIVO_PARA_SOJA/links/635fc8478d4484154a4ee483/RELACAO-ENTRE-OS-MAPAS-DOS-INDICES-VEGETATIVOS-NDRE-NDVI-E-EVI-COM-UM-MAPA-DE-ZONAS-DE-POTENCIAL-PRODUTIVO-PARA-SOJA.pdf. Acesso em: 24 Nov. 2022

SCHADECK, F. A. **Fertilidade de solo e viabilidade técnica econômica da agricultura de precisão na região das missões RS**. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão). Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), Santa Maria, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/4829/SCHADECK%2c%20FLAVIO%20ANDRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 24 Nov. 2022

SCHLEMER, G. D. **Deposição de defensivos agrícolas na cultura da soja**: influência do volume de calda e modelos de ponta para aplicação com drone. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agronômica). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Frederico Westphalen/RS, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/26079/Schlemer_Gustavo_Dalcin_2022_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 24 Nov. 2022

SEREJO, G. L.; SANTOS, V. A.; GOMES, A. C. S.; SILVA, A. F. B. Estimativa da produção de uma lavoura de agricultura familiar através de imagens digitais capturadas por veículo aéreo não tripulado (VANT). **Anais do workshop de computação aplicada à gestão do meio ambiente e recursos naturais**

(WCAMA). p. 79-86, 2021. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/wcama/article/view/15739. Acesso em: 24 Nov. 2022

SPERANZA, E. A.; ANTUNES, J. F. G.; INAMASU, R. Y. Uso de imagens de sensoriamento remoto para identificação de variabilidade espacial em agricultura de precisão. **Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Jardim, MS, 20 a 24 de outubro 2018. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 283-292. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1099230/1/PLUsoimagensGeopantanal.pdf. Acesso em: 24 Nov. 2022

TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. S.; BURATTO, J. S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF.** v. 35, n. 1, p. 1-9, 2019. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/hw9EU5Lusw7rZZH_2019-6-19-14-11-1.pdf. Acesso em: 24 Nov. 2022