



ADEQUAÇÃO DE IMAGENS COM FILTRO INFRAVERMELHO UTILIZANDO DRONES NA AGRICULTURA

Marcelo Ribeiro da Silva*¹, Lorena Cristina Sauada Medeiros¹, Antônio Marcos Melo Medeiros¹, Bruno Quirino de Oliveira¹.

¹PUC – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Resumo- O trabalho desenvolvido apresentar um breve panorama da aplicação do Drone na agricultura com a finalidade de facilitar a agricultura no aspecto tecnológico, são inúmeras as possibilidades de aplicação dessa tecnologia. Foi desenvolvido um sistema para captura de imagens aéreas com uso de câmera com filtros infravermelho com 720nm em uma propriedade rural para análises do espectro de radiação de uma plantação. O trabalho mostra a utilização de drone, que vêm a cada ano conquistando mais espaço nas diversas áreas. Os resultados obtidos da pesquisa mostraram que o uso de drone com câmera e filtros infravermelhos poderá ser utilizado para levantamento de imagens com a finalidade de análise do espectro de radiação sobre a cultura afim de reduzir os custos dos produtores e diminuição dos impactos ambientais.

Palavras-Chave – agricultura, drones, baixo custo, infravermelho.

IMAGE MANIPULATION WITH INFRARED FILTER USING DRONES IN AGRICULTURE

Abstract – The work developed presents a brief overview of the application of Drone in agriculture in order to facilitate agriculture in the technological aspect, there are numerous possibilities for applying this technology. A system for capturing aerial images using a camera with infrared filters at 720nm was developed on a rural property for analysis of the radiation spectrum of a plantation. The work shows the use of drones, which have been gaining more space in different areas each year. The results obtained from the research showed that the use of a drone with a camera and infrared filters can be used to survey images for the purpose of analyzing the radiation spectrum on the crop in order to reduce costs for producers and reduce environmental impacts.

Keywords - agricultura, drones, baixo custo, infravermelho.

* marcelloribeiro.eng@gmail.com

I. INTRODUÇÃO

A agricultura passa por profundas transformações econômicas, culturais, sociais, tecnológicas, ambientais e mercadológicas – que ocorrem em alta velocidade e em diferentes direções, as quais impactam de forma substancial o mundo rural.

A produção agropecuária deixou o mundo rústico para o uso de novas tecnologias, na qual cada vez mais a agricultura vem utilizando tecnologias de precisão com o objetivo de melhorar a competitividade.

Dessa forma, para as próximas décadas, uma questão primordial relacionada ao planejamento estratégico das organizações públicas e privadas (CT&I) é analisar os principais sinais e tendências, antever transformações e contribuir para o delineamento estratégico da programação de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).

Isso é imprescindível para definir o ambiente e o foco de atuação para os próximos anos, no intuito de elevar ainda mais o protagonismo da agricultura brasileira. Com a preocupação de estar constantemente conectada a essas transformações e suas implicações em CT&I para a agricultura, a Embrapa tem aprofundado estudos de futuro por meio de uma rede interna de especialistas, vinculados ao Sistema de Inteligência Estratégica [1].

II. AGRICULTURA NO BRASIL

O Brasil nos últimos 40 anos, passou a ser um grande exportador de alimentos, pois houve aumentos significativos na produção e na produtividade agropecuárias, com a produção maior em cada hectare de terra. O avanço tecnológico foi um aspecto importantíssimo para esse aumento da produtividade, que se refere a quantidade produzida em uma determinada área [2].

Segundo dados do Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2018) o Brasil em 1977 tinha uma produção agrícola de 46 milhões de toneladas, ocupando uma área produtiva de 37 milhões de hectares, enquanto em 2017 a produção cresceu mais de seis vezes, atingindo 236 milhões, enquanto a área plantada apenas dobrou, ou seja, a tecnificação possibilitou o incremento de produtividade.

Em meados do século passado menos de 2% das propriedades rurais tinham máquinas agrícolas, era um

trabalho totalmente rudimentar, pois os agricultores sofriam com escassez de tecnologia e de informação.

Em 1968 o Brasil sofria com a escassez de alimentos, fazendo com que o governo instituisse políticas para aumentar a produção e a produtividade agrícolas, desde investimentos públicos em pesquisa e desenvolvimento, até extensão rural e linhas de crédito específicas aos agricultores. O qual seria o ponto de partida para o processo de modernização da agricultura brasileira [3].

A. Revolução na agricultura

Embora a revolução verde seja bastante criticada pelos seus impactos ambientais e pelo processo de concentração de terras que acompanhou a sua evolução, não se pode negar sua importância para o desenvolvimento da agricultura no mundo [4].

Inúmeros avanços estão sendo usados no meio agrícola desenvolvendo ganhos de produtividade, melhorando o gerenciamento e reduzindo custos. Tecnologias como Sistema de Posicionamento Global (GPS sigla em inglês) vieram para atender as necessidades e buscar melhores resultados, trazendo outras tecnologias nas máquinas controladas por computadores [5].

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 do rebanho. Isso é possível devido aos sensores infravermelhos, imagem multiespectral e imagens e filmagens da lavoura [6].

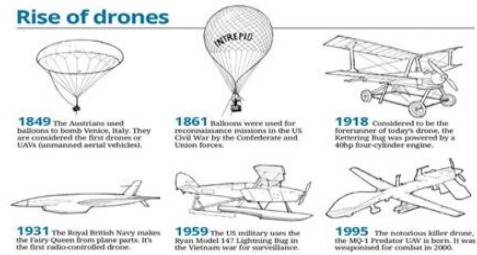
O interesse em novas tecnologias como o drone tem crescido muito ao redor do mundo. Esse aumento no desenvolvimento de drones é devido os avanços tecnológicos computacionais, desenvolvimento de novos softwares, materiais mais leves para sua fabricação, os sistemas globais de navegação, avançados de links de dados, sofisticados sensores e a miniaturização.

No Brasil, os primeiros relatos de drones ocorreram por volta da década de 80, quando o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) criou o projeto Acauã com fins militares especificamente. Na mesma época, o drone surgiu aplicado na agricultura por meio do projeto Aeronave de Reconhecimento Assistida por Rádio e Autônoma (ARARA), com objetivo de substituir as aeronaves convencionais utilizadas para obter fotografias aéreas, monitorando áreas agrícolas e áreas sujeitas a problemas ambientais [7] [8].

B. Drones

Os drones surgiram relatos no século 19, mais exatamente em 1849 como podemos notar na Figura 1 no túnel do tempo, com o intuito militar esses drone utilizados pelo exército austríaco, para atacar a cidade de Veneza, esses mesmos eram constituídos de uma estrutura rudimentar baseado em balões. Este sendo o primeiro uso encontrado na história de aeronaves não tripuladas (Drones) [9].

Figura 1: Túnel do tempo dos drone [21].



Diante das diversas tecnologias e serviços disponíveis no mercado, podem-se identificar ferramentas que sejam eficientes e ajustadas a cada tipo de sistema de produção [10].

A nomenclatura “drone” é uma expressão utilizada para descrever desde pequenas aeronaves rádio controladas compradas em lojas de departamento até (VANT, veículo aéreo não tripulado) de aplicação militar, autônomos ou não. Por este motivo, o termo utilizado na regulação técnica da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é aeromodelo, que os equipamentos para lazer, enquanto os VANT são aqueles empregados para usos econômicos nos mais diversos setores [11].

Conforme observa-se no regulamento da ANAC: O termo Aeronave Remotamente Pilotada (RPA sigla em inglês) denota um subgrupo de VANT destinado à operação remotamente pilotada. Pelo regulamento da ANAC, aeromodelos são as aeronaves não tripuladas remotamente pilotadas usadas para recreação e lazer e as RPA são utilizadas para outros fins como experimentais, comerciais ou institucionais [12]. Para realização da pesquisa foi utilizado o Drone DJI Phantom 4 PRO mostrado na Figura 2.

Figura 2: Drone Aeronave DJI Phantom 4 PRO utilizado na coleta dos dados. [20]



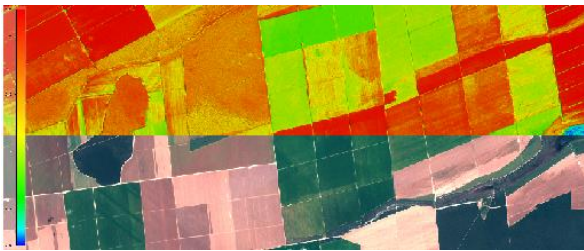
PROCESSAMENTO DA IMAGEM

O processamento digital de imagens é um importante desenvolvimento no campo da imagem, permitindo uma melhor interpretação e destacando diferentes aspectos com base na finalidade pretendida. O processamento digital de imagens refere-se ao processo de análise usando recursos do computador [12].

Ainda que no âmbito dos processamentos de imagem, as características do processamento de baixo nível operando no nível do pixel são entradas e saída, ambas imagens, e envolvem operações primitivas, como processamento de imagem para reduzir ruído, melhorar o contraste e suavizar cenário. O processo intermediário usa a inserção de imagem, mas a saída é composta de atributos extraídos dessas imagens (por exemplo, limites, contornos e identificação de objetos individuais) e envolve tarefas como segmentação, divisão da imagem. Por fim, o processamento avançado envolve a

interpretação do conteúdo da imagem para atingir funções cognitivas geralmente associadas à visão humana [13] como demonstrado na Figura 3.

Figura 3: Processamento de imagens NVDI [21]



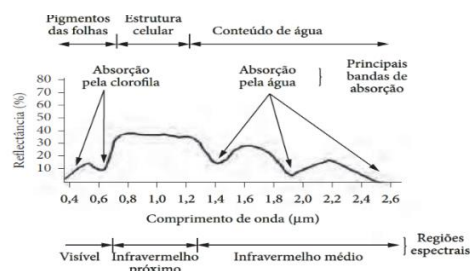
Um dos âmbitos do processamento de imagens foi na agricultura, tendo diversas técnicas sendo utilizadas, muitas utilizando só o espectro RGB, que são formadas pelas bandas vermelho, azul e verde, como também a onda infravermelha.

Esses estudos e tratamentos, formularam padrões que podem ser aplicados em um processamento de imagens e compreendidos por pessoas da área de agronomia, sendo os mapeamentos 3d por fotos, como também os índices de plantação, entre eles o índice de vegetação com diferença normalizada (NVDI sigla em inglês), que analisa a taxa de fotossíntese da planta, RI que estuda as vermelhidões de uma lavoura ou floresta [14].

O padrão espectral da vegetação prove uma série de padrões para identificar o estágio fisiológico e de saúde das plantas. Em comprimentos de onda na região visível do espectro eletromagnético, refletância (medida proporcional da radiação refletida por um objeto) da vegetação está relacionada com os pigmentos fotossintéticos como a clorofila a clorofila b, xantofilas, antocianinas e carotenoides [15].

Nos comprimentos de onda na região do infravermelho próximo do espectro eletromagnético, a refletância da vegetação é influenciada pela estrutura interna das folhas, em particular, o tamanho, a forma e a distribuição de ar e água no interior da folha, conforme Figura 4 [16].

Figura 4: Curva de refletância de uma planta [23]



III. MATERIAS E MÉTODOS

Para realizar a captura das imagens com qualidade é necessário um bom equipamento com um ótimo sensor, logo este é o responsável pela coleta dos dados que serão tratados em nosso estudo, neste estudo utilizaremos o Drone de modelo PHANTOM 4 PRO da marca DJI (Figura 5) com arquitetura fechada.

E este equipamento tem um grande diferencial que é sua estabilidade sendo essencial para captura das imagens aéreas com qualidade, e sendo capaz de resistir a ventos de até 10 m/s (36 km/h), além de ser capaz de chegar em velocidades de até 72 km/h com boas condições climáticas, com autonomia de voo de até 30 minutos apenas com uma única carga e podendo ter payload de até 800g já contando com peso da aeronave e bateria.

Figura 5: Drone DJI Phantom 4 PRO utilizado na coleta dos dados [20].



O drone do tipo multirotor com uma arquitetura fechada, com plataforma aérea com sofisticada eletrônica embarcada que permite diversos sistemas de captura de imagens e sistemas de controle permitem voos com alta estabilidade e precisão com ajuda do seu GPS embarcado. A seguir uma imagem tirada com o drone sem o filtro infravermelho na cidade Palmeiras de Goiás - Goiás, Figura 6.

Figura 6: Imagem via DJI Phantom 4 PRO.



A. Autorização para o uso de Drones

O termo “drone” é uma expressão genérica utilizada para descrever desde pequenos multirotores rádio controlados comprados em lojas de brinquedo, até drones de aplicação militar, autônomos ou não. Por este motivo, o termo não é utilizado na regulação técnica da ANAC. São chamados aeromodelos os equipamentos de uso recreativo, enquanto os drones são aqueles empregados em finalidades não recreativas [17].

Para operações civis de aeronaves não tripuladas (Drones) é fundamental ter a autorização da aeronave junto a ANAC, o regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017) da ANAC, porém ainda é necessário ter permissões a serem concedidas ao piloto do drone pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) onde o piloto informa seu plano de voo com data, hora, e local e altitude de sua operação e também Agência

Nacional de Telecomunicações (ANATEL) para uso de rádio frequência da aeronave e radio controle [18].

B. Orçamento de Materiais

Foi realizado o levantamento do quantitativo de materiais e valores dos componentes utilizados na captura das imagens conforme demonstrado na Tabela I.

Tabela I: Orçamento materiais

Quantidade	Materiais	Valor (R\$)
1	Phantom 4 PRO	12.270,00
2	Filtro infravermelho Zomei	75,99
Total		12.345,99

C. Filtro infravermelho

O filtro escolhido para análise foi o filtro infravermelho da marca Zomei, com raio de 37mm conforme mostra a Figura 7, coloração vermelha. Este filtro serve para bloquear as bandas RGB, permitindo que somente a banda infravermelha seja captada pela lente da câmera.

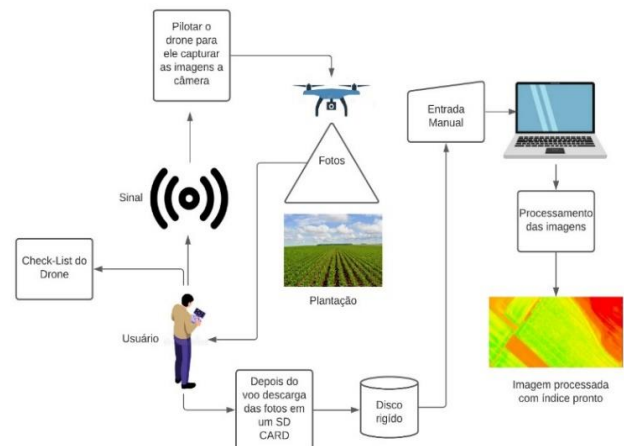
Ele foi escolhido por ter o tamanho do diâmetro aproximado da lente do drone e por estar no espectro de 720nm, que são as faixas que necessárias para capturar as imagens de infravermelho.

Figura 7: Filtro infravermelho Zomei. [19]



O Fluxograma da Figura 8 demonstra o processo de captura e processamento das imagens durante o voo do drone, depois no pós-pouso iremos coletar as fotos da memória dele, e as levar ao computador, disso conseguiremos fazer o processamento de imagem com essas fotos registradas. Para a seleção de dados de treinamento, entende se que é necessário filtrar eles possuindo em mente as variáveis de entrada do processo de tomada de decisão na predição da irrigação.

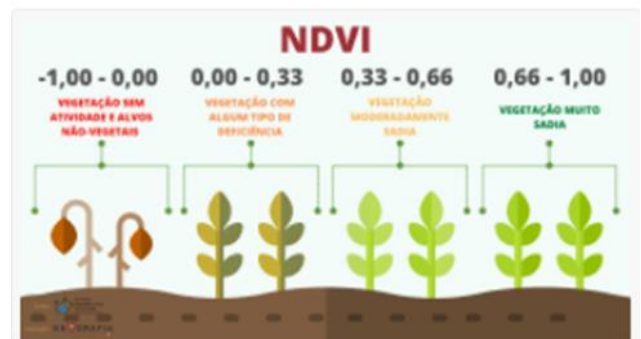
Figura 8: Fluxograma do processo de captura das imagens. [21]



Exemplo de aplicação com NDVI conforme mostra a Figura 9, onde se pode medir a densidade e o nível de saúde da vegetação estudada.

Na maior parcela dos casos os valores entre 0,2 e 0,4 corresponde a vegetação esparsa, valores entre 0,4 e 0,6 vegetação intermediária e valores classificados acima de 0,6 indica grande possibilidade de folhas verdes.

Figura 9: Valores NDVI consagrados na bibliografia para vegetação [25]



IV. CENÁRIO DE APLICAÇÃO

Um sistema inteligente desenvolvido com o propósito de estimar as necessidades garantindo as necessidades da plantação com responsabilidade ambiental, minimizando os desperdícios. Tradicionalmente, esta decisão é realizada por um experiente agricultor ou técnico agrícola especializado.

O sistema de manipulação de imagens com filtro infravermelho com drones aplicado a agricultura deve ser tão preciso quanto possível no processo de recomendação da rotina de em uma plantação.

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sistema inteligente desenvolvido com o propósito de estimar as demandas e necessidades da plantação

considerando a responsabilidade ambiental. Tradicionalmente, esta decisão é realizada por um experiente agricultor ou técnico agrícola especializado. O engenheiro eletricitista é responsável por analisar as informações de diferentes fontes, entre elas: estações meteorológicas localizadas próximo às plantações e registros fotográficos de características da cultura e do solo (tipo, idade, tamanho, ciclo, entre outros) conforme mostra a Figura 10. O processo de tomada de decisão pode ser realimentado com informações que podem ser coletadas em tempo real por drones, conforme mostra a Figura 11.

Figura 10 [21]. Imagens capturadas pelo drone em uma plantação de milho. Capturada para coletas de dados para o desenvolvimento do trabalho.



Figura 11 [21]. Imagens capturadas pelo drone em uma plantação de milho utilizando filtro infravermelho. Capturada para coletas de dados para o desenvolvimento do trabalho.



As imagens foram capturadas pelo drone usando somente a câmera nativa equipamento capturando o espectro RGB.

Feito para processar o índice de vermelhidão podendo identificar o qual exposto está o solo na vegetação.

Conhecido como Índice Resistente à Atmosfera na Região Visível (VARI) é utilizado para mensurar a variabilidade de vigor e estresse da planta, analisando sua quantidade de verde, contemplando assim o desenvolvimento ou não de uma cultura em uma determinada área conforme mostra a Figura 12.

Figura 12 – VARIgreen / RGB. [21]

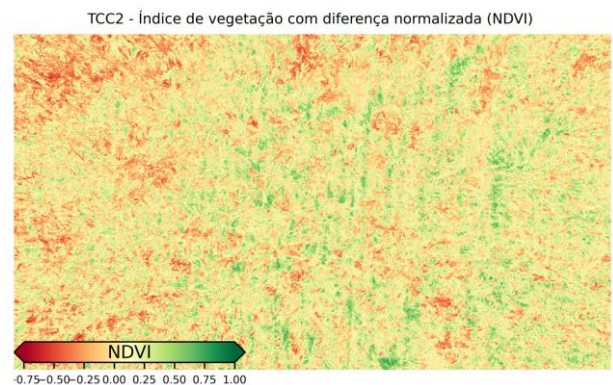


Foi utilizado o filtro sobre a câmera do drone, para que ela pudesse capturar imagens no espectro de infravermelho.

O NDVI ou também conhecido como Índice de Vegetação da Diferença Normalizada é uma das análises mais importantes feitas, ela detecta características específicas das plantas, sendo a mais comum o índice de clorofila na plantação, ou seja, o quanto a planta está fazendo de fotossíntese, comentado por PONZONI; SHIMABUKURO (2009). Os índices variam de -1 onde a planta está possivelmente morta ou morrendo, entre 0,33 a 0,66 onde a planta está com pouco clorofila ativa, logo doente, e 0,7 até 1 onde os níveis de clorofila estão ótimos.

O espectro NDVI foi analisado na Figura 13, seguindo as teorias sobre a prática e entendimento de NDVI, foram previamente processadas com o script desenvolvido em Python, usando alvo de calibração com os valores de refletâncias, os resultados dessa análise mostram plantas saudáveis com alto índice de clorofila com números de 0,75 a próximo de 1. É importante notar que os valores também foram encontrados nas proximidades de 0,25 indicando plantas com pouco índice de clorofila

Figura 13 – Imagem NDVI Processada. [21]



Comparando o NDVI pode-se notar que apresenta predominância de pixels amarelos em regiões de solo exposto, em outros pontos onde se encontra uma vegetação menos sadia com folhas amareladas.

VI. CONCLUSÕES

Buscou-se, neste trabalho, apresentar uso de Drones comerciais com câmeras comuns adaptando filtros infravermelhos de acordo com as necessidades de análise de imagens. Os resultados obtidos com uso de filtros infravermelhos mostraram a possibilidade de inúmeras possibilidades de sua aplicação.

Para trabalhos futuros, vislumbra-se a melhoria da qualidade das imagens e o tratamento utilizando ferramentas computacionais além da captura de imagens em diversos cenários:

- Estudo de campo, com coleta de dados reais, acrescida de uma base de dados robusta de todo o ciclo de planejamento do processo de plantio;
- Aplicação em diferentes plantações, com diferentes ciclos, sob várias condições e regiões de cultivo;
- Avaliação do impacto de se adicionar informações de previsão do clima da região de cultivo como variável de entrada. Vislumbra-se que isto seja relevante para aquelas regiões que possuem uma rotina irregular de chuvas.

Com o avanço tecnológico atual, o volume de produção de dados aumenta constantemente, tornando difícil a extração de informações relevantes. Nesse âmbito, a IA entra como uma alternativa para resolver esse problema, automatizando os processos de aplicação e tomada de decisões.

A relevância da utilização de drones nesse quesito é irrefutável, podendo ser utilizada na previsão de futuros cenários. Dessa forma, este trabalho apresenta um estudo da aplicação destas técnicas no processo de apoio à decisão para o planejamento da rotina em uma plantação.

REFERÊNCIAS

- [1] PENA, Rodolfo F. Alves. Evolução da agricultura e suas técnicas. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/evolucao-agricultura-suastecnicas.htm> Acesso em 28 de out. 2020.
- [2] DENVER, W. 2019. Tecnologia na agricultura: importância e principais inovações. Disponível em < [https://kallandra.com.br/tecnologia-agricola-que-move-mundo/HAYKIN, S. Redes neurais: princípios e práticas](https://kallandra.com.br/tecnologia-agricola-que-move-mundo/HAYKIN,S.Redes%20neurais%20princ%C3%ADpios%20e%20pr%C3%A1ticas). Tradução ENGEL, P.M. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 900p.
- [3] Embrapa Brasília, DF 2018Aqeel-ur-Rehman, A.Z. Abbasi, N. Islam and Z.A. Shaikh, 2014. A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. Comput. Standards Interfaces, 36: 263-270. DOI:
- [4] EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, 2018 Disponível em:<https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>.
- [5] GIRALDELI, Ana Lígia. **DRONES NA AGRICULTURA: COMO ELES TE AJUDAM A LUCRAR MAIS.** 2019. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/drones-na-agricultura/> Py MX. Sistemas especialistas: uma introdução. Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.2009;10(11).
- [6] JORGE, L. A. C. Determinação da cobertura de solo em fotografias aéreas do Projeto Arara. 2001. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação)- Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- [7] MEDEIROS, F. A. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- [8] OLIVEIRA, T. P. A.; PANTOJA, M. J.; BRISOLA, M. V. Plano ABC: Contribuições Teóricas para o Novo Paradigma da Agropecuária e uma Proposta de Avaliação. Maringá: Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, 2016.
- [9] ANAC. **Agência Nacional de Aviação Civil.** Drones. 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones#:~:text=Pelo%20regulamento%20da%20ANAC%2C%20aeromodelos,como%20experimentais%2C%20comerciais%20ou%20institucionais>
- [10] FERREIRA, SP; ROSALEN, DL. Elaboração de Projetos de Terraplenagem a partir de Recobrimento Aéreo Realizado por Aeronave Remotamente Tripulada. REGENT: Revista Eletrônica de Gestão, Engenharia e Tecnologia da Faculdade de Tecnologia de Piracicaba, v. 3, n. 1, 2018.
- [11] SANTIAGO, Wesley Esdrar et al. Identificação de plantas daninhas em cana-de-açúcar por meio de processamento de imagens.2015.av.
- [12] <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114264/1/CAP-8.pdf>.
- [13] Moreira, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. São José dos Campos, 2001. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 208
- [14] EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, 2018 Disponível em:<https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+->
- [15] SANTIAGO, Wesley Esdrar et al. Identificação de plantas daninhas em cana-de-açúcar por meio de processamento de imagens.2015.av
- [16] FERREIRA, SP; ROSALEN, DL. Elaboração de Projetos de Terraplenagem a partir de Recobrimento Aéreo Realizado por Aeronave remotamente Tripulada. REGENT: Revista Eletrônica de Gestão, Engenharia e Tecnologia da Faculdade de Tecnologia de Piracicaba, v. 3, n. 1, 2018.
- [17] EOS – EARTH OBSERVING SYSTEM. NDVI FAQ: All you need to know about NDVI. Artigo de 30 ago. 2019. Disponível em: <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>. Acesso em: 12 mai. 2021.
- [18] https://www.bibliotecaagritea.org.br/agricultura/culturas_anuais/artigos/CULTIVO%20DO%20MILHO%20EMBRAPA.pdf. Acesso em 05 out.2021.
- [19] ANACONDA. The Word's Most Popular Data Science Platform. Disponível em: <<https://www.anaconda.com/>>. Acesso em: 17 nov. 2020
- [20] EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, 2018 Disponível em:<https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>.
- [21] Autor,2021
- [23] M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. São José dos Campos, 2001. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 208