

Uso de inteligência artificial na detecção de plantas daninhas

Alcidino Rosa Ferreira Neto¹, Murilo Cruvinel Rosa¹ & Daniel Noe Coaguila Nuñez¹

¹Centro Universitário UniBRAS do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil

Correspondência: Murilo Cruvinel Rosa, Centro Universitário UniBRAS do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil. E-mail: murilo.cruvinelrv@outlook.com

Recebido: Maio 28, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v3i1.439

Aceito: Julho 03, 2023

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v3i1.439>

Resumo

Atualmente as técnicas utilizadas têm surtido resultados positivos para o sensoriamento remoto devido ao baixo custo, pois tem provido soluções de mapeamento com alta resolução espacial e temporal, tendo seu grande potencial em áreas como agricultura de precisão, monitoramento ambiental, na construção civil, mineração dentre outras. Apesar dos baixos custos em relação a um aerolevante realizado por uma aeronave tripulada ou aquisição de uma imagem orbital com resolução espacial semelhante, o processamento de dados obtidos por Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente (SAPR) costumam ser executados em programas comerciais. O presente trabalho, utilizou dados de um mapeamento com drone multirrotor da marca DJI modelo Phantom 4 *Standard* foi realizado numa propriedade comercial do município de Rio Verde, distrito de Ouroana no dia 05 de Outubro de 2022 antes da semeadura da safra de soja. A propriedade está localizada nas coordenadas geográficas (-18.147623°S e -50.663644°W) e elevação de 674 m. Foi utilizado o aplicativo *DroneDeploy* com altura de voo de 120 m e sobreposição frontal e lateral de 80 e 75%, respectivamente. O mapeamento foi realizado em um dia parcialmente nublado, sendo estas, as melhores condições meteorológicas da época. O classificador *RandomForest* demonstrou-se eficiente para classificar a vegetação indesejada dentro da lavoura, porém isso foi possível a partir de uma base consistente de dados amostrais de treinamento. O uso de tecnologias com veículo aéreo não tripulado (VANT), fotogrametria, geoprocessamento e inteligência artificial de forma adequada para gerenciar a propriedade rural traz melhorias no uso de insumos agrícolas.

Palavras-chave: sensoriamento, aeronaves, monitoramento, mapeamento, drones.

Use of artificial intelligence in weed detection

Abstract

Currently, the techniques used have yielded positive results for remote sensing due to their low cost, as they have provided mapping solutions with high spatial and temporal resolution, with great potential in areas such as precision agriculture, environmental monitoring, civil construction, mining, among others. Despite the low costs compared to an aerial survey carried out by a manned aircraft or acquisition of an orbital image with similar spatial resolution, the processing of data obtained by Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) is usually performed in commercial programs. The present work used data from a multicopter drone mapping of the brand DJI model Phantom 4 *Standard* was carried out, in a commercial property in the municipality of Rio Verde, district of Ouroana on October 5, 2022 before the sowing of the soybean crop. The property is located at geographic coordinates (-18.147623°S and -50.663644°W) and elevation of 674 m. *DroneDeploy* application was used with a flight height of 120 m and frontal and lateral overlap of 80 and 75%, respectively. The mapping was carried out on a partially cloudy day, these being the best weather conditions at the time. *RandomForest* classifier proved to be efficient for classifying unwanted vegetation within the crop, but this was possible based on a consistent base of training sample data. The use of technologies with unmanned aerial vehicle (UAV), photogrammetry, geoprocessing and artificial intelligence in an adequate way to manage the rural property brings improvements in the use of agricultural inputs.

Keywords: remote sensing, aircraft, monitoring, mapping, drones.

1. Introdução

A história dos drones vem desde a Segunda Guerra Mundial com a presença do conceito de lançamento remoto com projéteis explosivos criados pelos alemães através do lançamento de bombas V-1 Buzz Bomb. Após isso, em 1973 este conceito foi tomando corpo e sendo desenvolvido para aplicação em aeronaves por meio do projeto Aquila da Força Aérea Americana, este, porém, não alcançou as expectativas necessárias de sucesso, então nasce o drone como conhecemos hoje através do engenheiro aeroespacial Abraham E. Karem, conhecido como pai dos drones, o qual projeta o drone Albatross e mais tarde uniu-se ao governo norte-americano (Whittle, 2013). Desde então, vem se buscando melhores resultados e precisão nas informações geradas por esses dispositivos não tripulados e controlados remotamente.

Os drones são aeronaves não tripuladas de diversos tamanhos que inicialmente possuíam usos militares, mas que atualmente possuem uma grande variedade de utilizações, desde capturação de imagens para eventos, transmissões de imagens para atividades jornalísticas, entrega de objetos por lojas e claro, diversão. Essa tecnologia vem ganhando muito espaço atualmente devido sua agilidade e precisão nas informações obtidas. No Brasil, os drones também podem ser chamados de VANTs, veículos aéreos não tripulados (Tecnoblog, 2020).

Observa-se que, essa tecnologia fascinante segue um padrão semelhante entre o desenvolvimento técnico e científico à *Internet*. Inicialmente, os drones foram desenvolvidos com fins militares como discutido, e posteriormente sua tecnologia foi disponibilizada para uso civil, com perspectivas comerciais e avanços tecnológicos. Os drones estão constantemente sendo aprimorados tanto para aplicações militares quanto civis. Isso despertou grande interesse por parte de diversos atores, tanto do setor público quanto privado, na exploração desses dispositivos. Essa exploração tem gerado um amplo impacto e impulsionado diversos setores da sociedade, com o aeronáutico, científico, acadêmico, econômico, comercial, social e até mesmo cultural (Monteze, 2018).

Segundo informações, a agência nacional de aviação civil (ANAC) do Brasil, diz que o objetivo é tornar viáveis as operações desses equipamentos, preservando-se a segurança das pessoas. Cada vez mais a ANAC busca maneiras de aprimorar e melhorar as operações realizadas através de seus equipamentos a fim de obter maior segurança para a sociedade. A instituição das regras também contribuirá para promover o desenvolvimento sustentável e seguro para o setor (Anac, 2017, p. 1).

Logo, surge real necessidade de haver regulamentações aeronáuticas consistentes a fim de se evitar operações desordenadas tanto no âmbito civil quanto pelos órgãos de governo e entidades públicas. O quadro exposto conduziu os órgãos reguladores a atualizarem suas regulamentações aeronáuticas a fim de atender os anseios da sociedade e comunidades diversas interessadas no aproveitamento da multidiversidade oferecida pelos drones. Frente a isso, outros órgãos reguladores como o departamento de controle do espaço aéreo (DECEA) também estão atuando a fim de contribuir com um espaço aéreo mais seguro, bem como a agência nacional de telecomunicações (ANATEL) frente à segurança das redes de telecomunicações (Anac, 2017) RBAC-E nº 94, Preâmbulo.

Embora a regulamentação dos drones no Brasil seja algo recente, tendo em vista que se iniciou em 2017, foi algo necessário para definir padrões, leis e regras que envolvam o uso desses aparelhos, seja para atividades profissionais ou lazer. No Brasil, a regulamentação dos drones é feita principalmente através de três órgãos discutidos anteriormente: ANAC, ANATEL e DECEA. Cada órgão é responsável por área que envolve a operação dos drones.

A ANAC a fim de estabelecer regras básicas para a operação de drones, implantou regras para que esses dispositivos aéreos possuíssem mais segurança para pessoas e proteção de bens privados e públicos. Uma das medidas tomadas pela ANAC foi dividir as aeronaves remotamente pilotadas para fins experimentais, comerciais ou institucionais em três categorias, baseadas na massa estrutural dos aparelhos. Por isso, se o drone se enquadra em algumas da Classe III (250 g – 25 kg) será necessário fazer um cadastro no SISANT (Sistema de aeronaves não tripuladas) (Anac, 2017). Sendo assim a medida favorece condições adequadas para o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos, nos quais atualmente tem ganhado espaço atualmente.

A ANATEL estabeleceu o cadastro de equipamentos em 2017, onde solicita que todos os usuários de drones efetuem a homologação dos aparelhos importados, pois tanto aeronave quanto o controle, utilizam frequências de rádio e podem causar interferência em outros dispositivos de aeronaves tripuladas. Métodos que garantem mais liberdade e segurança para tais operações. Para realizar o processo de homologação de um drone existem algumas etapas que estão informadas no site referente à homologação de produtos de telecomunicações na ANATEL (Anac, 2017).

O DECEA tem como objetivo principal regulamentar o espaço aéreo. Para realizar uma operação de voo é necessário solicitar uma autorização de voo junto a esse órgão, através do sistema Sarpas. Na solicitação, o operador deve informar dados relacionados ao local do voo, aeronave utilizada, período, altura e outros dados básicos que o departamento utilizará para avaliar se é possível conceder a liberação do voo, de acordo com as regras vigentes (Anac, 2017). Há algumas informações indispensáveis para uma operação de voo na qual há alguns documentos necessários para operar um drone com fins profissionais sendo eles: Selo de homologação da Anatel, no rádio e no drone, Manual de voo do Drone, Documento de avaliação de Risco, Documento com a liberação de voo do DECEA e apólice de seguro, responsabilidade civil do explorador ou transportador aéreo (RETA).

Embora pilotar um drone pareça simples e divertido, é necessário cumprir uma série de exigências feitas pelos órgãos competentes, para que a atividade seja feita de forma correta e segura por todos os envolvidos.

A cartografia é um conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo como base os resultados de observações diretas ou a análise de documentação já existente, visa a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressões gráficas ou representações de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como sua utilização. O levantamento topográfico consiste na obtenção de informações no campo, capazes de descrever a região da superfície terrestre a ser estudada. A partir destas informações, é gerada uma representação fiel da área de estudo e dos seus elementos constituintes (Erba et al., 2003).

Para a efetivação do processo de regularização fundiária urbana de interesse social, são necessárias várias etapas dentre elas, podemos citar o levantamento planialtimétrico, essencial para descrever as características físicas e topográficas da área. É a partir desse levantamento que será feito o detalhamento da gleba, indispensável para verificação de viabilidade da regularização (Lima et al., 2016).

Em seguida, é utilizada a fotogrametria que basicamente é uma disciplina que tem como objetivo a criação de mapas e cartas topográficas de áreas de interesse. Ela utiliza técnicas de registro, medição e interpretação de imagens para coletar dados dos objetos em questão. A fotogrametria teve origem na França em 1849, quando foi reconhecida a viabilidade de uso da fotografia para mapeamento topográfico. Embora geralmente associemos a fotogrametria a aviões e drones, ela inicialmente era realizada de maneira simples, utilizando apenas equipamentos terrestres ou mesmo balões (Giovanini, 2020).

A fotogrametria pode ser dividida em fotogrametria métrica, que envolve trabalho quantitativo, como a determinação da posição de pontos do terreno, determinação de distâncias, de diferenças de nível, áreas, volumes, entre outros, e a fotogrametria interpretativa ou fotointerpretação, em que as imagens são analisadas qualitativamente, com vista à identificação de objetos (Silva; Costa, 2010).

Os drones desempenham um papel crucial na obtenção de dados e levantamentos topográficos, pois possuem a capacidade de caracterizar de forma quantitativa e qualitativa as características regulares e irregulares do terreno. Eles são amplamente utilizados no aerolevanteamento, uma das principais atividades da fotogrametria. A fotogrametria, por sua vez, consiste na criação do espaço-objeto, que está relacionado ao espaço tridimensional, por meio do uso do espaço-imagem, que é composto por um conjunto de imagens bidimensionais. Após a definição desses dois sistemas, um conjunto de pontos de controle é selecionado e mapeado tanto no espaço-objeto quanto no espaço-imagem, a fim de estabelecer uma correspondência entre eles. Esses pontos de controle fornecem os dados de entrada necessários para realizar a transformação entre os dois sistemas (Silva; Costa, 2010).

Segundo Giovanini (2020), a fotogrametria tem diferentes aplicações, tais como: projetos de estradas, Arqueologia, automação de processos industriais, mapeamento, geração de modelos digitais de terreno e elevação, planejamento de superfícies, realidade aumentada, identificação de objetos presentes na superfície física, robótica. A fotogrametria pode ser utilizada para diferentes aplicações e obtenção de dados precisos e com grande seguridade.

Uma das principais vantagens da fotogrametria é a utilização no sensoriamento remoto (Figura 1), onde de certa maneira, o objeto a ser mensurado não precisa ser tocado. Com isso, a obtenção de informações da área de interesse é feita de maneira rápida e com grande detalhamento (Giovanini, 2020).



Figura 1. Sensoriamento remoto para obtenção de imagens de uma determinada área para análise estereoscópica. Fonte: Elaborado por Giovanini, (2020).

Web ODM – open drone map - Segundo Duarte (2022), o programa desenvolvido pela comunidade OpenDroneMap é um *Open Source* (código aberto), apesar disso, para facilitar sua instalação o usuário pode optar pela compra do instalador a um valor único de USD 57 (cotação atual) ou instalar o mesmo de forma gratuita e manual em tela de comando, procedimento esse que é um pouco complicado, mas a própria desenvolvedora disponibiliza em seu site o tutorial no idioma em Inglês. Por esse motivo, torna esse programa o mais complicado de se instalar em comparação ao Metashape PhotoScam e Pix4d.

Após instalação, o programa é muito amigável ao usuário e de fácil utilização. Diferente do Metashape PhotoScam e mais semelhante ao Pix4d, a etapa de todas as configurações do processo e inserção de pontos de controle, ocorre antes do início do processo. Ressalta-se que a etapa de inserção dos pontos de controle é a mais difícil entre os programas analisados e necessita de um conhecimento básico de computação e formatos de coordenadas.

Os usuários relatam que após todas as configurações feitas, o processo ocorre de forma automatizada sem nenhuma interação com o usuário, o programa processa cerca de 73 imagens em 8 minutos gerando ao final do processo, os modelos digitais de terreno e superfície e o ortomosaico, todos em formato GeoTiff, e o relatório de processamento em formato PDF. Apesar do tempo de processamento ser menor que do Metashape PhotoScam e semelhante ao Pix4d, o Web ODM ainda não está otimizado como programa, pois não utiliza os recursos da placa de vídeo do computador no processamento, sobrecarregando assim o processador e as memórias RAM, dado esse inclusive divulgado pela própria comunidade desenvolvedora.

Há relatos nas comunidades desenvolvedoras de que o mesmo não foi capaz de processar cerca de 1.600 imagens, já que o mesmo sobrecarregou a memória RAM do computador e os programas comerciais conseguiram finalizar o processo na mesma estação de trabalho, outro relato corriqueiro de usuários é que o programa também apresentou problemas em não reconhecer arquivos no formato *.txt com as GeoTag das imagens, pois alguns RPAS como o brasileiro Arator 5B, fabricado pela empresa Xrobots não disponibilizam imagens com GeoTag inseridas, mas um arquivo no formato *.txt com as informações de coordenadas geográficas para todas as imagens (Duarte, 2022).

Google Earth Engine ou GEE é uma plataforma gratuita de análise e visualização de dados espaciais para fins científicos, acadêmicos, empresariais ou governamentais. Com hospedagem em nuvem fornecida pela Google através de fotos por satélite (Figura 2), o GEE pode ser operado diretamente pelo Google Chrome e você pode acessar gratuitamente um grande conjunto de dados espaciais armazenados na Google Cloud. Disponibilizando gratuitamente uma grande variedade de imagens de satélite, o GEE vem trazendo muitas possibilidades de trabalho para profissionais das áreas de geoprocessamento e sensoriamento remoto (Geosense, 2021).

Além de permitir o *download* e visualização de dados espaciais, ainda é possível realizar operações complexas de análise geoespacial e exportar os resultados para o Google Drive ou compartilhá-los com outros usuários pelo próprio GEE (Geosense, 2021).



Figura 2. Imagem via satélite. Fonte: Elaborado por Giovanini, (2020).

Quando se utiliza classificação não supervisionada, primeiro agrupa os pixels em “clusters” (Figura 3) com base em suas propriedades. Logo após, você classifica cada cluster com uma classe de cobertura do solo (Gisgeography, 2022). Geralmente, a classificação não supervisionada é a técnica mais básica. Já que você não precisa de amostras para classificação não supervisionada, é uma maneira fácil de segmentar e entender uma imagem (Gisgeography, 2022). Os dois passos básicos para a classificação não supervisionada são: Gerar clusters e atribuir classes.

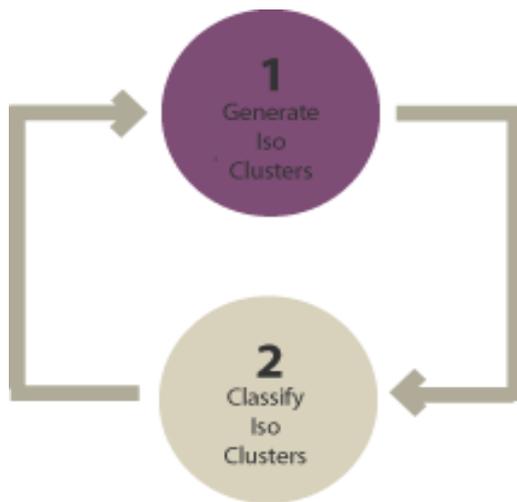


Figura 3. Passos básicos para a classificação não supervisionada. Fonte: Elaborado por Gisgeography, (2022).

Usando programa de sensoriamento remoto, primeiro criamos “clusters”. Alguns dos algoritmos comuns de agrupamento de imagens são: Exemplo de classificação não supervisionada (Figura 4).

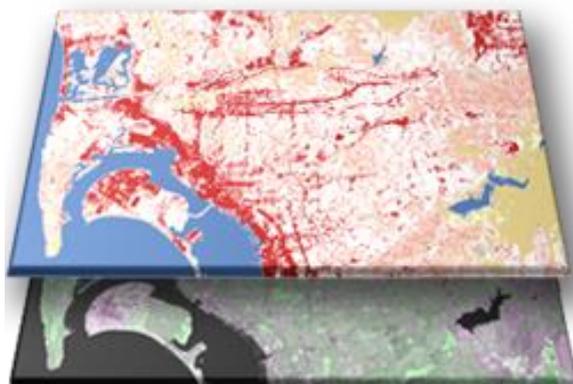


Figura 4. Exemplo de classificação não supervisionada. Fonte: Elaborado por Gisgeography, (2022).

Após escolher um algoritmo de agrupamento, você identifica o número de grupos que deseja gerar. Por exemplo: você pode criar 8, 20 ou 42 *clusters*. Menos *clusters* têm *pixels* mais parecidos dentro de grupos. Mas mais *clusters* aumentam a variabilidade dentro dos grupos. Para ser claro, estes são *clusters* não classificados. O próximo passo é atribuir manualmente as classes de cobertura do solo para cada cluster. Por exemplo: se você deseja classificar vegetação e não vegetação, você pode selecionar os agrupamentos que melhor os representam (Gisgeography, 2022).

A classificação supervisionada foi realizada no programa InterIMAGE de acesso livre que permite a análise de dados orientada a objetos, através da interpretação automática de imagens (Laboratório de Visão Computacional, 2012). É um produto da cooperação do Laboratório de Visão Computacional do Departamento de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e das divisões de Processamento de Imagens e de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Laboratório de Visão Computacional, 2012). O InterIMAGE não suporta um número muito grande de segmentos, desta forma, os recortes da bacia sofreram um processo de redução de resolução com o auxílio do programa de edição de fotos GIMP versão 2.8 livre de manipulação e edição de imagens.

A rede semântica empregada na classificação orientada a objeto foi constituída de duas classes Vegetação e Diversos, sendo a classe Vegetação composta pelas classes Vegetação Natural e Cana, a classe diversos foi composta apenas pela classe outros usos. A imagem pré-processada foi inserida no interIMAGE em que se realizou a segmentação através do operador TA_Baatz_Segmenter com os seguintes parâmetros: *Compactness Weight* igual a 0.5, *Color Weight* igual a 0.5, *Scale Parameter* igual a 10, *Euclidean Distance Threshold* igual a 20, *Reliability* igual a 0.2 e *Use Optimization* - Yes. Foram gerados 140.224 segmentos utilizando esses parâmetros, foi determinado o *TopDown Decision* que foi responsável em identificar os objetos da classe para a classificação, utilizando brilho (brightness), média de valores das bandas espectrais (L1 - R, L2 - G e L3 - B) e *ratio* (L1 - R, L2 - G e L3 - B).

Foi realizada a classificação supervisionada, no programa Spring, feita com treinamento (atividade que consiste na identificação de amostras das classes) usando-se o classificador de regiões Bhattacharya com aceitação de 99,9%. Ao final do processo de classificação foi realizada uma avaliação da exatidão por meio do índice Kappa Cohen (1960) e Nery et al. (2013), para verificar a confiabilidade do mapa gerado no Spring (Cohen, 1960; Almeida et al, 2014).

É um algoritmo de aprendizagem de máquina baseado em árvore de decisão. Uma árvore de decisão classifica uma instância baseada em variáveis decisórias seguindo o caminho da raiz até as folhas (Breiman, 2001). Variáveis decisórias (ou atributos) são usadas para tomar decisões, e suas respostas formam caminhos específicos em uma árvore.

O método *Random Forest* consiste em um conjunto de árvores de decisão geradas dentro de um mesmo objeto. Cada objeto (conjunto de árvores) passa por um mecanismo de votação (*bagging*), que elege a classificação mais votada (Cho et al., 2021). A classificação encontra-se nos nós terminais das mesmas (Dantas, 2015).

2. Material e Métodos

2.1 Area de estudo

O mapeamento com drone multirrotor da marca DJI modelo Phantom 4 Standard foi realizado em propriedade comercial do município de Rio Verde, distrito de Ouroana no dia 05 de Outubro de 2022 antes da semeadura da safra de soja. A propriedade esta localizada nas coordenadas geográficas (-18.147623°S e -50.663644°W) e elevação de 674 m.

2.2 Plano de voo

Foi utilizado o aplicativo DroneDeploy com altura de voo de 120 m e sobreposição frontal e lateral de 80 e 75%, respectivamente, com câmera posicionada em -90°. O mapeamento foi realizado em dia com situação climática parcialmente nublado.

2.3 Processamento e imageamento

As fotos obtidas no mapeamento foram processadas no programa WebODM de acesso livre. Ao todo foram produzidas 820 fotos. Utilizando as configurações *High Resolution* e Sem Redimensionamento sobre as fotos. Sendo necessárias pouco mais de 6h 20min para finalizar o processamento e obtenção da orthofoto.

2.4 Classificação supervisionada

A orthofoto obtida no WebODM foi subida à nuvem do Google Earth Engine para a posterior escrita do código para classificação *pixel a pixel*. Assim, utilizando *pixels* de aprendizado para vegetação (verde) e para todas as outras superfícies não vegetadas (vermelho) com o posterior auxílio do classificador *Random Forest* foi possível realizar a classificação de uma área em estudo (Quadro 1).

Quadro 1. *Script* utilizado na classificação supervisionada de orthofoto produto do mapeamento com o Phantom 4 Standard, na plataforma Google Earth Engine.

```
//Adicionar o mapa no GEE
Map.addLayer(image.clip(region), imageVisParam, 'Ortomosaico', 1)
Map.centerObject(image)

//Adicionar as classes criadas (vegetação e não vegetação)
var classes = Verde
    .merge(NaoVerde)
print(classes)

//Adicionar as classes
var entrenamiento = image.select(['b3','b2','b1']).sampleRegions({
  collection: classes,
  properties: ['LC'],
  scale: 3})

//Colocar os parâmetros no RandomForest
var bandas = ['b1', 'b2', 'b3']
var clasificador = ee.Classifier.smileRandomForest(100).train(entrenamiento, 'LC', bandas)
```

```
//Random Forest
var clasify = clasificador.train({
  features: entrenamiento,
  classProperty: 'LC',
  inputProperties: ['b3', 'b2', 'b1']})

var clasificacion = image.classify(clasify)
print(clasificacion)

//Adicionar o mapa no visualizador
Map.addLayer(clasificacion.clip(region), {palette: ['green', 'yellow'],
min:1,
max:2}, 'Clasificação')

var nombre = ['Vegetação', 'Solo/Palhada']
var renombre = clasificacion.eq([1,2]).rename(nombre)

var area = renombre.multiply(ee.Image.pixelArea().divide(10000))

var areaporclase = area.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: region,
  scale: 3})

var areatotal = ee.Number(areaporclase)
print(areatotal)

var a = ee.Array(areaporclase.get('Vegetação'))
var b = ee.Array(areaporclase.get('Solo/Palhada'))
var array = ee.List([a,b])

var Nombres = ee.List(nombre)
```

Fonte: Autores, 2023.

3. Resultados e Discussão

Na Figura 5 apresenta-se o ortomosaico obtido na área em estudo. Observa-se a presença de vegetação nativa ao redor da área de interesse e algumas espécies arbóreas distribuídas pela área utilizada para a lavoura. A imagem analisada foi obtida a partir de uma câmera do tipo RGB a visualização de algumas espécies indesejadas na área a cultivar se torna um processo oneroso pelas limitações do próprio sensor a bordo do VANT.



Figura 5. Orthofoto da área de estudo em área rural localizada no município de Rio Verde, Goiás, Brasil. Fonte: Autores, 2023.

Conforme Andrade (1998), a ortofoto digital é definida como uma imagem digital submetida à projeção cartográfica, podendo esta ser gravada em mídia digital ou impressa em papel. São portanto, imagens que podem ser tratadas com as inúmeras ferramentas disponíveis nos softwares de processamento digital de imagens (PDI). Portanto, o ortomosaico é o resultado do processamento das imagens ortoretificadas e georreferenciadas a partir da sobreposição lateral e longitudinal das imagens de toda a área mapeada.

Na Figura 6 está a apresentado o Índice de Vegetação exagerado do verde (EXG) que trabalha apenas com comprimentos de onda da luz visível (RGB), onde é possível visualizar a presença de vegetação na área (cor verde) e ausência da mesma (cor amarela a vermelho). Porém, o EXG ainda tem certa dificuldade para encontrar a vegetação indesejada na área, vegetação que deveria ser controlada com a aplicação de algum tipo de dessecante antes da semeadura da soja (Padolfi et al., 2018).

Conforme estudo de Pott et al. (2019), utilizaram dois bancos de dados começando na cidade de Santa Maria na Universidade Federal de Santa Maria, na safra de 2016/2017, logo em seguida foram usados os dados de agricultores nas cidades de: Não-Me-Toque, Lagoa dos Três Cantos, Tapera, Cruz Alta e Itaara do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Utilizando *Linear Discriminant Analysis* (LDA) com todos os comprimentos de onda foi

possível constatar que os sensores ópticos têm capacidade de diferir alvos através de diferenciação em curvas espectrais, essa distinção consegue serem feitas utilizando das bandas espectrais para sua construção, dessa maneira facilitando o controle de plantas daninhas, esses sensores ópticos favorecem na questão de identificar e manejar plantas daninhas desta forma terá uma maior precisão e eficácia reduzindo de forma gradual os custos com herbicidas e colhendo melhores resultados.

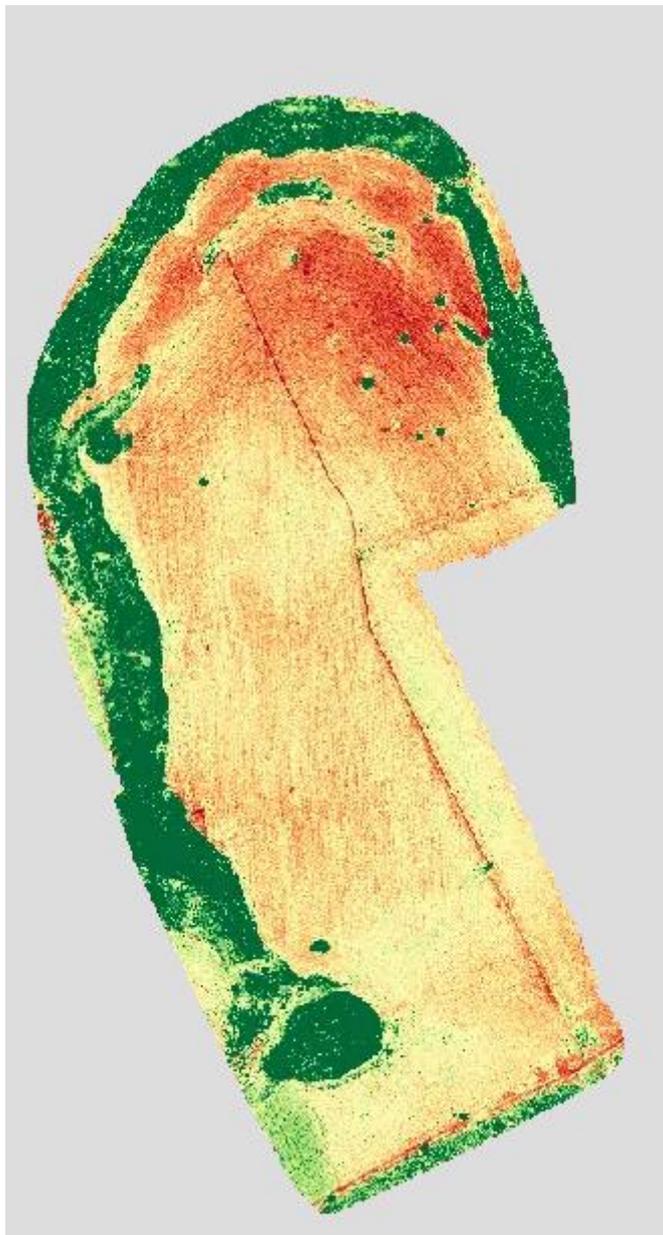


Figura 6. Índice de vegetação exagerado do verde (EXG) para realçar cobertura vegetal. Fonte: Autores, 2023.

Índices de Vegetação (IV) são modelos matemáticos – ou algoritmos – baseados no sensoriamento remoto, que avaliam e caracterizam a cobertura vegetal em uma determinada área de acordo com a sua refletância, isto é, na sua capacidade de refletir a luz solar de acordo com as características do seu desenvolvimento. Eles são utilizados para a interpretação de uma série de fatores da vegetação, como o seu desenvolvimento, a cobertura do solo, sua biomassa, ausência de determinados nutrientes, entre outros. Dentre as principais vantagens ao utilizar IV, estão à praticidade e a assertividade das análises (Padolfi et al., 2018; Mappa, 2022).

Observa-se na Figura 7 após o uso do classificador *Random Forest*, um tipo de classificador supervisionado, identificar de forma, mas eficiente quando comparado ao índice de vegetação EXG. Realçando assim a presença de algumas plantas indesejadas no campo destinado a lavoura de soja. Podendo inclusive a partir de a

classificação gerada realizar um gerenciamento mais adequado dos insumos aplicados em campo (dessecante), desta forma poderia ser até possível aplicar o produto em taxa variada o que traria uma economia para o produtor.

No estudo de Cho et al. (2021), os pesquisadores geraram análise por meio sensoriamento remoto, sobre a degradação de solo no domínio Cerrado, e o monitoramento do uso de cobertura no solo, por meio do algoritmo de classificação de imagens *Random Forest*. Os municípios selecionados foram Natividade, Chapada da Natividade e São Valério da Natividade, localizados no estado do Tocantins, Brasil. As imagens multiespectrais obtidas do satélite LandSat-8 *operational land imager*, analisadas na plataforma Google Earth Engine. Onde o autor destaca e demonstra através de comparações, as vantagens das pesquisas usando dados multiespectrais comparado aos métodos convencionais, com ênfase na rapidez no processamento dos dados e a ausência de custos financeiros para sua execução, o *Random Forest* se tornando uma ferramenta versátil e de alto potencial.

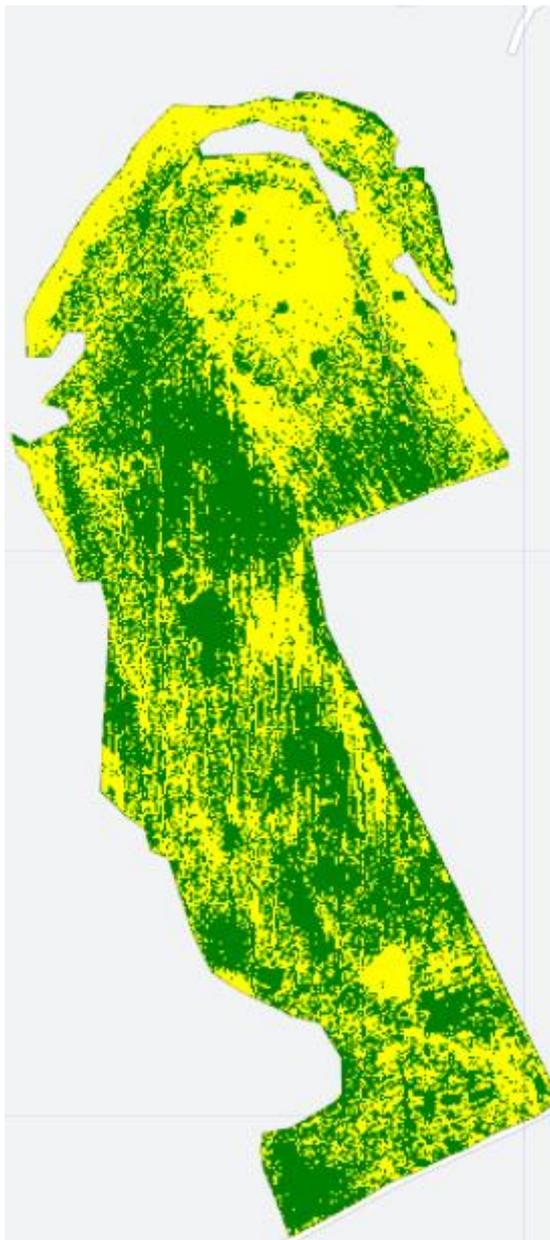


Figura 7. Imagem espectral produzida após a utilização do classificador *Random Forest*, na procura de superfície vegetada. Nota: Em verde, a superfície com vegetação e em amarelo, qualquer outra superfície que não seja vegetação. Fonte: Autores, 2023.

A classificação automatizada mostrou-se uma alternativa interessante para auxiliar no estudo de áreas extensas e de difícil acesso, economizando assim esforço do operador bem como, o tempo de processamento computacional. Destaca-se que as metodologias testadas são aplicáveis, além de ter contribuído para uma avaliação comparativa de ferramentas disponíveis gratuitamente para a classificação das imagens com algoritmos avançados (Sothe et al., 2017).

Como discutido no estudo realizado por Padolfi et al. (2018), as técnicas de sensoriamento remoto se tornaram ferramentas acessíveis e baratas, se tornando peça-chave na agricultura de precisão. Em sua pesquisa realizada no município de Jaguaré - ES, utilizando o VANT Phantom 3 Advanced da fabricante chinesa DJI, equipado com GPS/GLONASS, Ground Station pelo aplicativo DJI GO, câmera de 12.1 Megapixels RGB foi possível detectar anormalidade como doenças ou pragas através da pigmentação azulada e esverdeada, representando média a alta densidade de vegetação. Também foi possível, utilizando-se de pigmentação avermelhada e alaranjado, verificar a ausência de vegetação ou solo e uma terceira imagem com algoritmos identificando pigmentação avermelhada e alaranjado com valores -1 e valores próximos a 0 para cores esbranquiçadas e amareladas, representando baixa densidade de vegetação enquanto valor próximos de 1, com pigmentação azulada e esverdeada, demonstrando média e alta densidade de vegetação.

4. Conclusões

O classificador *Random Forest* demonstrou-se eficiente para classificar a vegetação indesejada dentro da área de plantio avaliada, porém, isso foi possível a partir de uma base consistente de dados amostrais de treinamento. O uso de tecnologias (VANT, fotogrametria, geoprocessamento e inteligência artificial) compartilhadas nessa avaliação, com adequações tornou-se possível o gerenciamento sobre a propriedade rural analisada, onde com isso, traz melhorias no uso de insumos agrícolas e avaliação do índice vegetativo principalmente de plantas daninhas, sendo possível guiar o uso de herbicidas sobre o controle dessas plantas daninhas em determinado ponto estratégico, evitando assim, gastos dentro da propriedade rural.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao orientador e Prof. Dr. Daniel Noe Coaguila Nuñez, pelo apoio e incentivo a pesquisa e pela oportunidade de poder desfrutar um pouco de seus conhecimentos. Aos Professores por ter cedido todos os conhecimentos e experiências vivenciadas no decorrer do curso e por todo ensinamento transmitido a nós, alunos, ao longo do curso. Aos colegas de sala pelos anos de experiência que passaram juntos nesses últimos cinco anos e, ao Centro Universitário UniBRAS do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil.

6. Contribuições dos autores

Alcidino Rosa Ferreira Neto: delineamento do estudo, análise espectral, escrita científica. *Murilo Cruvinel Rosa*: delineamento do estudo, voos com drone e análise espectral de imagens, submissão e publicação. *Daniel Noe Coaguila Nuñez*: orientador, análises dos dados de voo, imageamento espectral, correções científicas e publicação.

7. Conflitos de interesses

Não há conflitos de interesses.

8. Aprovação ética

Não aplicável.

9. Referências

Aero. (2017). Drones - A História por traz desta nova era tecnológica como surgiram os Drones. Disponível em: <<https://aeroengenharia.com/drones-historia-por-traz-desta-nova-era-tecnologica/>>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

Anac. (2017). Governo Federal. Regras da ANAC para uso de drones entram em vigor. Informativa web. Disponível em: <

- https://www.anac.gov.br/acl_users/credentials_cookie_auth/require_login?came_from=https%3A//www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf/. Acesso em: 18 de Abril de 2023.
- Anac. (2017). Quantidade de Cadastros. Drones. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/quantidade-de-cadastros>>. Acesso em: 18 abril de 2023.
- Andrade, J. B. (1998). Fotogrametria. SBEE, Curitiba, 259 p.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Cho, D. F., Schwaida, S. F., Cicerelli, R. E., Almeida, T., Ramos, A. P. M., & Sano, E. E. (2021). Desempenho do algoritmo de classificação de imagens Random Forest para mapeamento do uso e cobertura do solo no Cerrado brasileiro. *Anuário do Instituto de Geociências*, 44, 1-11. https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_37979
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Dantas, G. V. (2015). Utilização de classificador Random forest na detecção de falhas em máquinas rotativas. Trabalho de Conclusão em Engenharia Eletrônica e de Computação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 79 f. Disponível em: <https://www02.smt.ufrj.br/~sergioln/theses/bsc30guilhermedantas.pdf> Acesso em: 26 de junho de 2023.
- Duarte, R. T. (2022). Avaliação da qualidade de produtos obtidos por RPAS tipo asa fixa e processado em software livre e comercial. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil, 46 f. <http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/960>
- Erba, D. A., Thum, A. B., da Silva, C. A. U., Souza, G. C., Veronez, M. F., Leandro, R. F., & Maia, T. C. (2003). Topografia para Estudantes de Arquitetura, Engenharia e Geologia. 1ª ed., [S.l.]: Unisinos.
- Geosense. (2023). O que é e como funciona o Google Earth Engine? Disponível em: <<https://geosense.net.br/2021/10/25/o-que-e-e-como-funciona-o-google-earth-engine/>> Acesso em: 20 de Maio de 2023.
- Giovanini, A. (2020). Fotogrametria: o que é e para que serve. Disponível em: <<https://adenilsongiovanini.com.br/blog/fotogrametria-o-que-e-e-para-que-serve/>> Acesso em: 20 de maio de 2023.
- Gisgeography. (2022). Técnicas de classificação de imagens em sensoriamento remoto. Disponível em: <<https://gisgeography.com/image-classification-techniques-remote-sensing/>> Acesso em 20 de maio de 2023.
- Laboratório de Visão Computacional. (2012). InterImage – Interpreting Images Freely. Disponível em: <http://www.lvc.ele.puc-rio.br/projects/interimage/> Acesso em 26 de junho de 2023.
- Lima, C. (2013). Exército e Força Aérea dos EUA interceptam mísseis com AMRAAM guiado pelo JLENS. Defesa Aérea & Naval. Disponível em: <<http://www.defesaaereanaval.com.br/exercito-e-forca-aerea-dos-eua-interceptam-misseis-decruzeiro-com-amraam-guiado-pelo-jlens/>> Acesso em: 18 abril de 2023.
- Lima, D. F., Júnior, A. M. S., Neto da Silva, M. M., Carvalho, C. C. A., & Neto, M. F. (2016). Utilização de VANT (drone) para fins de regularização fundiária urbana de interesse social. *In: CONTECO - Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*, Foz do Iguaçu, Parana, Brasil, 29 de agosto a 1 de setembro, 1-5.
- Lins, B.O.L. (2019). A utilização do VANT (Drone) como alternativa para atualização de regularização urbana. Monografia de Graduação em Engenharia de Agrimensura. Trabalho de Conclusão de Curso, pela Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, Alagoas, Brasil, 54 f. <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/5665>
- Mappa. (2022). Índices de Vegetação. Disponível em: <<https://mappa.ag/blog/indices-de-vegetacao-ivf-vari-ndvi-e-ndre/>> Acesso em: 13 de junho de 2023.
- Nery, C. V. M., Fernandes, F. H. S., Moreira, A. A., & Braga, F. L. (2013). Avaliação das técnicas de classificação MAXVER, MAXVER – ICM e distância mínima euclidiana de acordo com índice Kappa. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6(2), 320-328.

- Padolfi, A. S., Ramaldes, G. P., & dos Santos, O. L. (2018). Análise de índice de vegetação através de imagens obtidas por VANT. *Revista Científica FAESA*, 14(1), 145-165. <https://doi.org/10.5008/1809.7367.143>
- Pott, L. P. (2019). Detecção de plantas daninhas em pré-semeadura com base em dados espectrais de campo. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, 48 f. <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/19101>
- Silva, D., C., & Costa, G. C. (2010). Aerofotogrametria em Projetos de Estradas. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, Pernambuco, Brasil, 27 a 30 de julho de 2010, 1-12 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277288616_AEROFOTOGAMETRIA_EM_PROJETOS_DE_ESTRADAS> Acesso em 26 de junho de 2023.
- Sothe, C., Liesenberg, V., Almeida, C. M., & Schimalski, M. B. (2017). Abordagens para classificação do estágio sucessional da vegetação do parque nacional de São Joaquim empregando imagens Landsat-8 e Rapideye. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 23(3), 389-404. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702017000300026>
- Tecnoblog. (2023). O que são drones e quais regras você precisa seguir para pilotar no Brasil. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/tudo-sobre-drones/>> Acesso em 20 de maio de 2023.
- Temba, P. (2000). Fundamentos da fotogrametria. Disponível em: <<http://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/fotogrametria.pdf>> Acesso em: 20 de maio de 2023.
- Whittle, R. (2013). The man who invented the predator. *Air & Space Magazine*. Disponível em: <<https://www.airspacemag.com/flight-today/the-man-who-inventedthe-predator-3970502/>>. Acesso em: 18 de abril de 2023.

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).