



COMPARAÇÃO ENTRE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO OBTIDOS POR SENSORES ORBITAIS E RPAS APLICADOS À CONSERVAÇÃO DE PRECISÃO

Ana Júlia da Silva Santos¹, Arthur Geraldo Leão Sanches Jorge¹, Iara Rezende Souza¹, Alisson Neves Harmyans Moreira²

¹Bachareis em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Campus Samambaia, Goiânia – GO.

²Professor Adjunto da área de Engenharia de Biosistemas do curso de Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Campus Samambaia, Goiânia – GO.
E-mail: anajulias@icloud.com

Recebido em: 15/08/2022 – Aprovado em: 15/09/2022 – Publicado em: 30/09/2022
DOI: 10.18677/EnciBio_2022C4

RESUMO

Muitos produtores rurais têm buscado na Agricultura de Precisão (AP) a grande solução para aumentar a produtividade de suas lavouras gastando menos recursos. Existe por parte de pesquisadores e profissionais da área das ciências da terra uma preocupação da aplicação de técnicas consideradas AP sem nenhuma validação, podendo desencadear consideráveis impactos ambientais. O presente trabalho traz uma abordagem diferente de AP, a Conservação de Precisão que preza pelo âmbito conservacionista antes de tratar outros fatores do sistema de produção. Para tanto, foi realizado o monitoramento de uma lavoura de soja durante a safra 2018/2019 utilizando *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS) e dois satélites orbitais, o OLI/Landsat-8 e o Sentinel-2A, confeccionando mapas de Índice Vegetativo (IV), NDVI para as imagens de satélite e MPRI para as fotos do RPAS, e mapas de classificação de uso de solo com duas macroclasses: solo e soja, utilizando o Semi-automatic Classification Plugin (SCP). Foi avaliado a eficiência de cada método na identificação de irregularidades na região de estudo (ROI) por análises visual e quantitativa. Apenas pela análise visual percebe-se que o uso do satélite OLI/Landsat-8, para monitoramento agrícola, somente se justifica pela sua gratuidade e resolução temporal. Os produtos advindos do satélite Sentinel-2A tem um bom desempenho na identificação de irregularidades em lavouras, mas é por meio dos mapas provenientes das fotos do RPAS que se obtém alto nível de detalhamento. A classificação utilizando o método SCP possui resultado satisfatório em todos os tratamentos, bem como a utilização do MPRI no monitoramento agrícola utilizando RPAS.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de Precisão; Conservação do Solo; RPAS.

COMPARISON BETWEEN REMOTE SENSING PRODUCTS OBTAINED BY ORBITAL SENSORS AND RPAS APPLIED TO PRECISION CONSERVATION ABSTRACT

Many farmers have sought in Precision Agriculture (AP) the great solution to increase the productivity of their crops by spending less resources. There is a concern for the researchers and professionals in the field of earth science for the use of AP techniques without any validation, which can trigger considerable environmental impacts. This paper brings a different approach to AP, the Precision Conservation

that values the conservation scope before treating others production system factors. For this purpose, a soybean crop was monitored during the 2018/2019 harvest using Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) and two orbital satellites, the OLI/Landsat-8 and the Sentinel-2A, generating Vegetative Index (IV) maps, NDVI for the satellite images and MPRI for the photos of the RPAS, and soil use classification maps with two categories: soil and soybean using the Semi-automatic Classification Plugin (SCP). The efficiency of each method was evaluated in the identification of irregularities in the region of study (ROI) by visual and quantitative analyses. By visual analysis alone, the use of the OLI/Landsat-8 satellite, for agricultural monitoring, is only justified by its gratuitousness and temporal resolution. The products derived from the Sentinel-2A satellite perform well in the identification of irregularities, but it is through the maps from the RPAS photos that a high level of detail is obtained due to the resolution of the image, and different types of information on each map. The classification using the SCP method has satisfactory results in all treatments, as well as the use of MPRI in agricultural monitoring using RPAS.

KEYWORDS: Precision Agriculture; Soil Conservation; RPAS.

INTRODUÇÃO

A Agricultura de Precisão (AP) tem sido uma ferramenta importante para a agricultura moderna, cuja função é otimizar o monitoramento e gerenciamento das propriedades a fim de obter um aumento de lucratividade sem expandir a área agricultável. Portanto, é empregada no estudo da área, na implantação do sistema produtivo, no manejo adequado de insumos e em máquinas e implementos modernos. Essa aplicação permite que os produtores rurais diminuam seus custos médios de produção e otimizem suas produções sem causar danos ao meio ambiente (MOLIN *et al.*, 2020).

O uso de Sensoriamento Remoto tem sido muito utilizado no estudo de uso e cobertura das terras, na caracterização da vegetação e como subsídio de tomada de decisões na agricultura por considerar fatores cuja variabilidade espacial impacta a produção agrícola. Atualmente é possível obter produtos de SR a partir de sensores embarcados em satélites (algumas fontes gratuitas), *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS), máquinas agrícolas, entre outros (BERNARDI *et al.*, 2014).

Ainda segundo Bernardi *et al.* (2014), um dos produtos de SR mais utilizados na agricultura são os Índices Vegetativos (IV) que são definidos por equações aritméticas de bandas espectrais que medem a atividade da vegetação por meio do comportamento da reflectância em cada faixa do espectro eletromagnético.

O IV Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), proposto por Rouse *et al.* (1973), é o mais conhecido e utilizado na agricultura. Para este, usa-se duas bandas: vermelho (RED) e infravermelho próximo (NIR). Os valores calculados variam de -1 a +1, sendo que: valores mais próximos de 1 representam maior atividade fotossintética e podem ser relacionados às áreas com vegetação (ex: pastagens, áreas agrícolas, florestas), valores mais próximos de 0 podem ser utilizados para identificar solos expostos e valores menores que 0 para água.

Segundo Linhares *et al.* (2013), Gonçalves *et al.* (2017) e Sampaio *et al.* (2020), o IV *Modified Photochemical Reflectance Index* (MPRI), proposto por Yang *et al.* (2008), utiliza as informações espectrais obtidas nas regiões do verde (*green*) e do vermelho (*red*) para o cálculo da diferença normalizada, possui potencial promissor. Embora seja ineficaz para representação de corpos d'água, este apresenta bons resultados para análise de culturas agrícolas e cobertura vegetal, além de ser interessante devido a crescente utilização de RPAS acoplados com

câmeras capazes de capturar informações apenas na região espectral denominada visível (RGB – red, green e blue), reduzindo os custos com câmeras equipadas com o sensor de infravermelho como indicador de vegetação.

Muitos produtores rurais têm buscado na AP a grande solução para aumentar a produtividade de suas lavouras gastando menos. Segundo Resende *et al.* (2010), existe por parte de pesquisadores e profissionais da área das ciências da terra uma preocupação do emprego de técnicas consideradas AP aplicadas sem nenhuma validação e que, ainda, podem desencadear consideráveis impactos ambientais.

A tecnologia dos RPAS tem se tornado uma importante ferramenta para o exercício do Sensoriamento Remoto por apresentar voos cada vez mais estáveis, praticidade na automação e pelo porte de câmeras de alta resolução que são compatíveis com *softwares* para captura de fotos (SANTOS *et al.*, 2018). Em estudo realizado por Bernardi *et al.* (2021) foi verificado que os IV MPRI e NDVI apresentaram os maiores valores de correlação com o pigmento da clorofila.

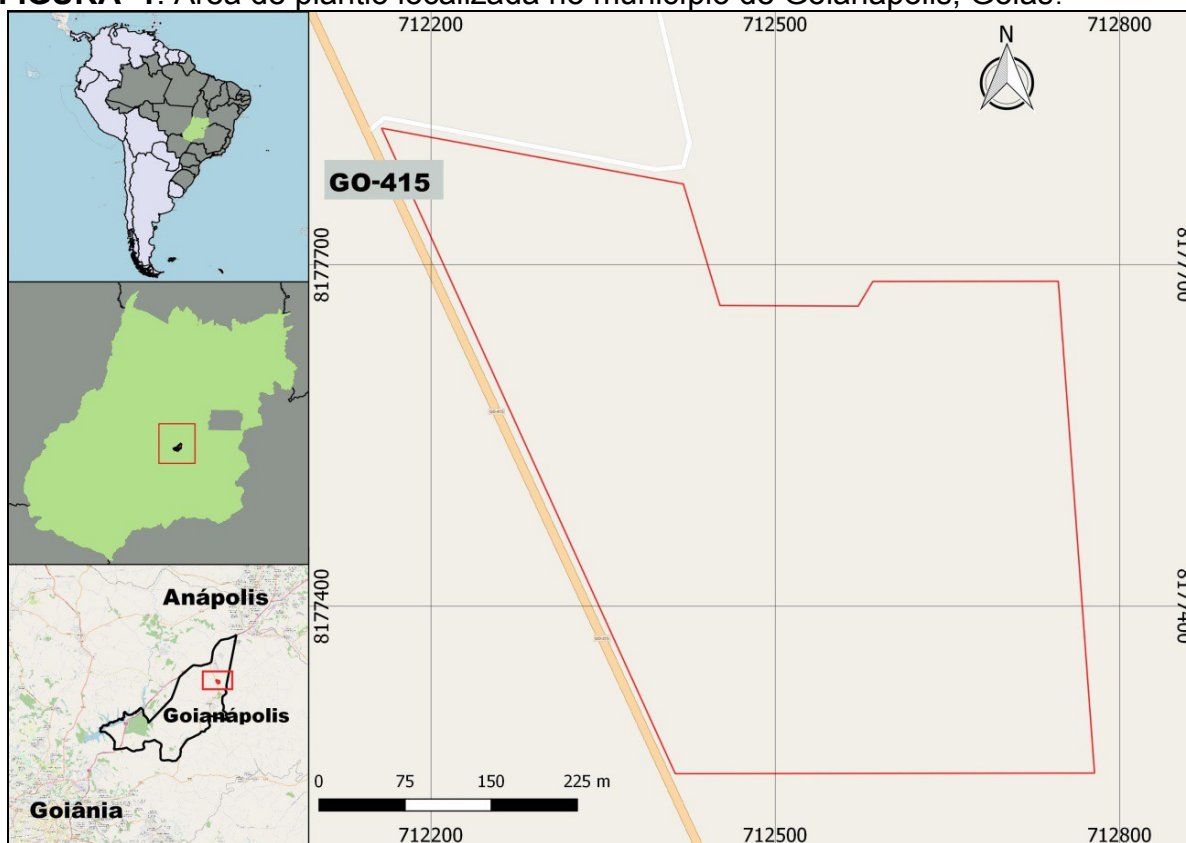
O presente trabalho traz uma abordagem diferente de AP, a Conservação de Precisão, que utiliza de tecnologias espaciais integradas e preza pelo âmbito conservacionista aliado a outros fatores de um sistema de produção agrícola, conforme abordado por Alba *et al.* (2011). Trata-se de um assunto de bastante impacto para a produção agrícola e possui poucos trabalhos publicados no Brasil, contudo, o tema já vem sendo abordado em publicações internacionais nas últimas duas décadas (BERRY *et al.*, 2005; DELGADO *et al.*, 2011; CAPMOURTERES *et al.*, 2018; BASSO, 2021).

O objetivo foi realizar comparações entre os índices vegetativos NDVI e MPRI e entre a classificação de uso e cobertura do solo utilizando a extensão Semi-automatic Classification Plugin (SCP) de imagens orbitais e de fotos obtidas por RPAS em questão de eficácia na identificação de irregularidades na lavoura de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área de produção de soja em estágio fenológico R6/R7, totalizando 21 hectares, no período da safra 2018/2019. O plantio foi realizado no dia 17 de outubro de 2018 e a colheita, 29 de janeiro de 2019. A área monitorada localiza-se nas margens da rodovia GO - 415 no município de Goianópolis, Goiás, com coordenadas geográficas, latitudes 16° 27' 33,20" S e 16° 27' 41,49" S e longitudes 48°59'53,54"O e 49°00'18,28"O (Figura 1). Conforme a caracterização de Koppen, o clima é classificado como Aw, do tipo tropical e a precipitação média anual é de 1407 mm (CARVALHO, H. C. de S et al., 2019). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), Goianópolis possui extensão territorial de 169,013 km² e população estimada de 11.224 pessoas. Dentre os motivos para a escolha da área de estudo, destaca-se a relevância socioeconômica do município, caracterizada pela produção agrícola (grãos e hortifrúti) e a proximidade de Goiânia, onde se localiza a quinta maior Central de Abastecimento e Sociedade Anônima do país (CEASA-GO, 2019).

FIGURA 1. Área de plantio localizada no município de Goianópolis, Goiás.



Fonte: Autores

As imagens do sensor OLI/Landsat-8, correspondente a data 10 de janeiro de 2019 e do sensor Sentinel-2A da data 13 de janeiro de 2019 foram adquiridas por meio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Optou-se pelo uso dessas imagens orbitais devido as aplicações usuais em áreas agrícolas, tendo em vista que são disponibilizadas gratuitamente desde 2013 e 2016, respectivamente e a resolução espacial de 30 m (OLI/Landsat-8) e 10 m (Sentinel-2A) por pixel.

Durante a fase de campo, utilizou-se o receptor GPS geodésico para realizar o georreferenciamento da área com o intuito de obter melhor precisão ao levantamento. Para isso, foram definidos seis pontos de controle, determinados por duas estacas de madeira e placas de PVC no formato “L”, com dimensões de 100 centímetros x 100 centímetros e 20 centímetros de largura. Em cada um dos pontos o receptor GPS geodésico *rover* permaneceu por quinze minutos realizando as observações.

Os dados foram coletados com coordenadas planas, projetados em UTM na zona 22K, no *datum* WGS84 e posteriormente foram convertidos para o *datum* oficial SIRGAS 2000 no processamento dos dados. O modelo de RPAS utilizado foi o DJI Mavic Pro. No aerolevanteamento, as etapas seguiram as indicações propostas por Bernardi *et al.* (2014). Sendo assim, definiu-se o plano de voo por meio do aplicativo DroneDeploy[®] com altura de 80 m, conferindo a precisão de 20 cm por pixel e sobreposição de fotos de 70% tanto horizontal quanto verticalmente.

Elaborou-se o mosaico com o auxílio do *software* Agisoft PhotScan Pro[®] e o alinhamento de fotos e o processo de triangulação junto aos pontos de controle previamente inseridos, cujo produto é a nuvem de pontos. No *software* livre QGIS[®], o dado do aerolevanteamento foi submetido ao índice de vegetação MPRI (Equação 1)

e as imagens dos sensores orbitais OLI/Landsat-8 e Sentinel-2A ao índice NDVI (Equação 2).

$$MPRI = \frac{G - R}{G + R} \quad (1)$$

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2)$$

Sendo:

“R” as informações para a região do vermelho; e

“G” para a faixa espectral do verde e “NIR” para os dados do infravermelho próximo.

As imagens dos sensores orbitais foram classificadas pelo método da distância Euclidiana (menor distância). Assim, como os índices de vegetação, a classificação supervisionada foi empregada para verificar as irregularidades na área de plantio, principalmente aquelas relacionadas aos processos erosivos.

Nesse processo, utilizou-se o complemento para o *software* QGIS denominado Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), desenvolvido por Congedo (2018). Com o auxílio desse recurso, realizou-se a correção atmosférica e a escolha de pontos aleatórios para cada macroclasses (soja e solo), caracterizando a seleção de amostras e o treinamento na fase de pré-processamento. O algoritmo utilizado é representado pela equação a seguir:

$$\text{Distância euclidiana} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o processamento das imagens de satélite OLI/Landsat-8, Sentinel-2A e as fotos captadas pelo RPAS, originaram-se os dados da Figura 2. Nesse sentido, foi possível a análise e constatações de problemas na área de plantio por meio de composições de bandas espectrais e índices de vegetação NDVI e MPRI.

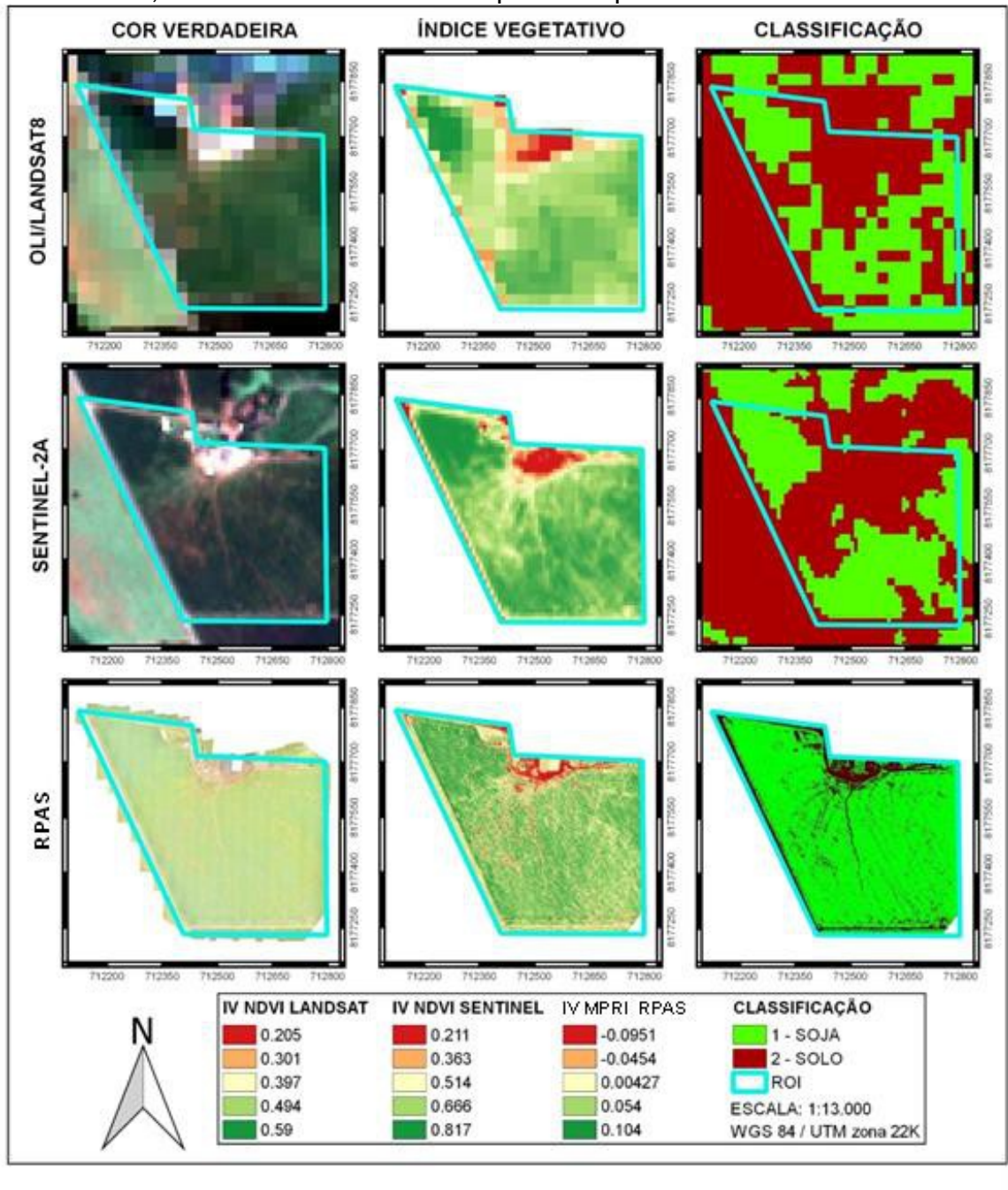
Na composição de bandas na cor natural (4,3,2 RGB) da imagem do sensor orbital OLI/Landsat-8 não foi possível caracterizar nenhuma ocorrência de algum problema na área de estudo. No Sentinel-2A, nota-se que os pixels de coloração amarronzada em linhas, mas não é presumível a sua natureza e, ainda, se analisada por alguém sem conhecimento da área, podem ser interpretados como carreadores. Já no mosaico (produto derivado do RPAS), é possível reconhecer com precisão que há um problema na área e que se trata de uma erosão em sulcos.

Ao analisar os mapas de índices vegetativos (IV), neste produto o OLI/Landsat-8 apresentou algumas manchas de tonalidade amarela, contudo, não se pode determinar o motivo, uma vez que a cultura já se encontrava no terço final de seu estágio fenológico e as mesmas poderiam ser associadas à maturação fisiológica ou por haver parte da sede da propriedade rural na região de estudo.

No IV oriundo da imagem do Sentinel-2A, consegue-se notar manchas amareladas que formam linhas bem definidas e espalhadas por toda a área. Por mais que a situação de início do estágio maturação predominasse, justificáveis pelas manchas espalhadas pela área, a formação nítida de um “caminho” ao centro da

imagem já é um forte indicativo de algum problema. No caso do índice vegetativo vinculado ao mosaico, fica nítida a região acometida pelo processo erosivo da área, não somente no tocante ao escoamento, mas também em relação às áreas de alagamento.

FIGURA 2. Resultados dos processamentos digitais das imagens dos satélites OLI/Landsat-8, Sentinel-2A e das fotos capturadas pelo RPAS.



Fonte: Autores.

A melhor desenvoltura do mosaico obtido pelo RPAS em todas as análises já é esperada em virtude da resolução espacial e composição dos pixels, conforme observado por Sampaio *et al.* (2020) e Santos *et al.* (2021).

Segundo Gonçalves *et al.* (2017), os estudos que utilizam o IV MPRI e sua variabilidade espacial são escassos. Estes e Barbosa *et al.* (2019) obtiveram

resultados satisfatórios e utilizaram o MPRI em área cultivada com grama. Também é possível encontrar resultados utilizando o índice para a cultura do tomate, do milho (BERNARDI *et al.*, 2021), da ervilha e do trigo (SUKHOVA, 2022). No entanto, não há estudos que associem este índice MPRI com o tema de Conservação de Solo e Água (Conservação de Precisão).

CONCLUSÕES

O monitoramento utilizando imagens obtidas por satélites é eficiente para realizar o monitoramento de áreas ou propriedades rurais de grandes extensões e/ou difícil acesso, e trata-se de uma ferramenta de baixo custo que aponta a localização de possíveis problemas.

O mapa de índice vegetativo MPRI expressa de maneira satisfatória a região acometida pela passagem e de acumulação da água e sedimentos, sendo suficiente para o monitoramento agrícola e dispensa a aquisição de um sensor infravermelho para a produção do índice NDVI.

A classificação de uso e cobertura do solo utilizando o SCP possui um eficiente desempenho na identificação de processos erosivos.

REFERÊNCIAS

ALBA, P. J.; AMADO, T. J. C.; GIOTTO, E.; SCHOSSLER, D.; FIORIN, J. E. Agricultura de Precisão: Mapas de rendimento e de atributos de solo analisados em três dimensões. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, p.30-41, 2011. URL: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/agricultura%20de%20precisao.pdf>

BARBOSA, B. D. S.; FERRAZ, G.A.S.; GONÇALVES, L.M.; MARIN, D.B.; MACIEL, D.T.; et al. RGB vegetation indices applied to grass monitoring: a qualitative analysis. **Agronomy Research**, v.17, n.2, p.349-357, 2019. URL: <https://doi.org/10.15159/AR.19.119>

BASSO, B. Precision conservation for a changing climate. **Nature Food**, v.2, n.5, p.322–323, 2021. URL: <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00283-z>

BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 596p. URL: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002959/agricultura-de-precisao-resultados-de-um-novo-olhar>

BERNARDI, R. A.; ROSA, H. A.; BORSOI, A.; BORTOLINI, J. Correlação entre Índices de Vegetação e teor de clorofila avaliado na fase inicial da cultura do milho. **Revista Cultivando o Saber**, Edição Especial, p.41-52, 2021. ISSN 2175-2214. URL: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1129/1009>

BERRY, J. K.; DELGADO, J. A.; PIERCE, F.J.; KHOSLA, R. Applying spatial analysis for precision conservation across the landscape. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.60, n.6, p.363–370, 2005. URL: <https://www.jswconline.org/content/60/6/363/tab-article-info>

CAPMOURTERES, V.; ADAMS, J.; BERG, A.; FRASER, E.; SWANTON, C.; *et al.* Precision conservation meets precision agriculture: A case study from southern Ontario. **Agricultural Systems**, v.167, p.176–185, 2018. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.09.011>

CARVALHO, H. C. de S.; FERREIRA, J. L. S.; CALIL, F. N.; SILVA NETO, C. de M. Estoque de nutrientes na serrapilheira acumulada em quatro tipos de vegetação no Cerrado em Goiás, Brasil. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v.7, n.6, p.1-11, 2019. URL: <https://doi.org/10.5902/2316980X37296>

CEASA. Centrais de Abastecimento de Goiás S/A. **Ceasa-GO registrou movimentação superior a R\$ 2 bilhões em 2018**. 2019. URL: <https://www.ceasa.go.gov.br/noticias/744-a-ceasa-go-obteve-uma-movimentacao-superior-a-r-2-bilhoes-em-2018>

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. Release 6.0.1.1. 2018. URL: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>

DELGADO, J. A.; KHOSLA, R.; MUELLER, T. Recent advances in precision (target) conservation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.66, n.6, p.167A-170A, 2011. DOI: 10.2489/jswc.66.6.167A

GONÇALVES, L. M.; BARBOSA, B. D. S.; FERRAZ, G. A. e S.; MACIEL, D. T.; SANTOS, H. F. D. Variabilidade espacial e temporal do índice vegetação MPRI aplicado às imagens de grama São Carlos obtidas por aeronave remotamente pilotada. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.11, n.4, p.340-349, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2017v11n4p340-349>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Goianápolis**. 2020. URL: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goianapolis/panorama>

LINHARES, M. M. A.; ROCHA, N. C. C.; AMARAL, B. A. S. Análise do índice MPRI como indicador vegetativo através da correlação do mesmo com o índice NDVI. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu, São José dos Campos: INPE, 2013. p.8254-8260. URL: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1190.pdf>

MAGALHÃES, L. P. DE, BRICHI, L.; GOMES, T. M.; ROSSI, F. Índices vegetativos para detecção de deficiência de fósforo em tomateiro, 2017. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 46 (CONBEA), 2017, Jaboticabal: SBEA, 2017. URL: <https://conbea.org.br/anais/publicacoes/conbea-2017/anais-2017/giap-geomatica-instrumentacao-e-agricultura-de-precisao/822-indices-vegetativos-para-deteccao-de-deficiencia-de-fosforo-em-tomateiro/file>

MOLIN, J. P.; BAZAME, H. C.; MALDANER, L.; DE PAULA CORREDO, L.; MARTELLO, M.; CANATA, T. F. Agricultura de precisão e as contribuições digitais para a gestão localizada das lavouras. **Revista Ciência Agronômica**, v.51, n.5, p.1–10, 2020. DOI: 10.5935/1806-6690.20200088

RESENDE, A. V.; SHIRATSUCHI, L. S.; COELHO, A. M.; CORAZZA, E. J.; VILELA, M. F.; et al., Agricultura de Precisão no Brasil: avanços, dificuldades e impactos no manejo e conservação do solo, segurança alimentar e sustentabilidade. **In:** Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do solo e da água, 18, 2010, Teresina: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí, 2010. URL:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29842/1/Agricultura-precisao.pdf>

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **Proceedings of the Third ERTS Symposium**, NASA SP-351, NASA, Washington, DC, v.1, p.309-317, 1973. URL: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>

SAMPAIO, H. S.; BOURSCHEIDT, V.; SARRACINI, L. H.; JORGE, L. A. de C.; BETTIOL, G. M.; BERNARDI, A. C. de C. Comparação entre índices de vegetação obtidos por imagens aéreas com veículo aéreo não tripulado (VANT) e satélite. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.14, n.2, p.111-124, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2020v14n2p111-124>

SANTOS, C. V. B. DOS; MOURA, M. S. B. DE; GALVÍNCIO, J. D.; CARVALHO, H. F. de S. C.; MIRANDA, R. de Q.; et al. Comparação de imagens multiespectrais utilizando Satélites e VANT para a análise de mudanças estruturais em área de Floresta Seca. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.6, p.2510–2522, 2021. URL: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/251569/39624>.

SANTOS, O. L. DOS; PADOLFI, A. S.; RAMALDES, G. P. Análise de índice de Vegetação através de imagens obtidas por VANT. **Revista Científica FAESA**, [S.l.], v.14, n.1, p.145 - 165, 2018. URL: <http://revista.faesa.br/revista/index.php/Faesa/article/view/267>

SUKHOVA, E.; YUDINA, L.; KIOR, A.; KIOR, D.; POPOVA, A.; et al. Modified Photochemical Reflectance Indices as New Tool for Revealing Influence of Drought and Heat on Pea and Wheat Plants. **Plants**, v.11, n.10, 2022. URL: <https://doi.org/10.3390/plants11101308>

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image to Crop Classification Accuracy. **Proceedings of Pecora – The Future of Land Imaging... Going Operational**. 17. 2008, Denver, Colorado, USA. Maryland: (ASPRS): 2008. URL: <https://www.asprs.org/a/publications/proceedings/pecora17/0041.pdf>