

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RENOVAÇÃO DA CULTURA DE CANA-DE-
AÇÚCAR POR MEIO DE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E TÉCNICAS DE
SENSORIAMENTO REMOTO**

JOÃO GUILHERME LOPES LOVATO

Orientador: Prof. Dr. DAVID LUCIANO ROSALEN

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

JABOTICABAL - SP

1º semestre / 2022

L896i	<p>Lovato, João Guilherme Lopes</p> <p>Identificação de áreas de renovação da cultura de cana-de-açúcar por meio de índice de vegetação e técnicas de sensoriamento remoto / João Guilherme Lopes Lovato. -- Jaboticabal, 2022</p> <p>20 p. : tabs., mapas</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientador: David Luciano Rosalen</p> <p>1. Cana-de-açúcar. 2. Sensoriamento remoto. 3. Satélites artificiais em agricultura.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: Engenharia e Ciências Exatas

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO : Identificação de áreas de renovação da cultura de cana-de-açúcar por meio de índice de vegetação e técnicas de sensoriamento remoto

ACADÊMICO: João Guilherme Lopes Lovato

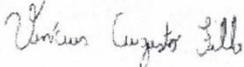
CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR: Prof. Dr. David Luciano Rosalen

COORDENADOR: -

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	(Assinaturas)
Presidente	Prof. Dr. David Luciano Rosalen	
Membro	Eng. Agro. MS. Anderson Prates Coelho	
Membro	Eng. Agro. MS. Vinicius Augusto Filla	

Jaboticabal 21 / 12 / 2021

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 14 / 3 / 2022, de forma "ad referendum".



Chefe do Departamento

Prof. Dr. Danisio Prado Munari

chefe e presidente do Conselho do Departamento de Engenharia e Ciências Exatas
FCAV/Unesp

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente à minha família, que não mediram esforços para a realização deste sonho, onde mesmo a distância, sempre estiveram presentes. Aos meus colegas de graduação, por todo apoio e companheirismo durante todos estes anos. Dedico também aos meus irmãos de república por toda ajuda, apoio e lições de vida que aprendemos ao conviver com as mais diversas personalidades, culturas e manias possíveis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente ao meu pai por me dar toda estrutura possível, sempre acreditar em mim e ser meu maior exemplo de dignidade e honestidade. Aproveito também para agradecer todos os professores e principalmente ao professor David Luciano Rosalen que, além de todo o suporte e conhecimento transmitido durante todos esses anos, sempre foi um grande exemplo de humanidade e sabedoria. Não poderia deixar também de agradecer a graduação e todos os responsáveis por nos ajudar tanto durante o curso.

Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUÇÃO.....	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
RESULTADO E DISCUSSÕES.....	14
CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS.....	19

Identificação de áreas de renovação da cultura de cana-de-açúcar por meio de índice de vegetação e técnicas de sensoriamento remoto

João Guilherme Lopes Lovato¹, David Luciano Rosalen²

RESUMO

A análise da variabilidade temporal de índices de vegetação, como o NDVI, pode auxiliar na identificação de áreas agrícolas mantidas sobre diferentes usos. Isso permite o levantamento de dados, por empresas e órgãos governamentais, que auxiliam na quantificação e monitoramento do vasto territorial nacional. Esse trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade da identificação remota de áreas onde a soja foi plantada na reforma de canaviais através da análise da variação dos valores do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) além de identificar a melhor época para isso. Dezoito talhões no Município de Dumont, Estado de São Paulo foram selecionados para o levantamento de dados desse trabalho. Para tanto, utilizou-se imagens da câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM) do satélite sino-brasileiro CBERS 04A, safra 20/21. Cinco datas foram selecionadas para aquisição das imagens da câmera WPM. Utilizou-se o Plugin Semi-Automatic Classification (SCP) do software livre QGIS para o processamento dos dados. Através dos dados gerados pelo índice de vegetação NDVI foi possível identificar diferenças significativas nos diferentes estágios do canavial que são eficientes para identificar e diferenciar a cultura em seus diferentes estágios.

Palavras-chave: CBERS, NDVI, Sensor óptico.

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: jg.lovato@unesp.br

² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: david.rosalen@unesp.br

Identification of Sugarcane's fallow areas through vegetation index and remote sensing techniques

João Guilherme Lopes Lovato³, David Luciano Rosalen⁴

ABSTRACT

The state of São Paulo is the largest producer of sugarcane of all Brazilian states. According to Conab (Compania Nacional de Abastecimento) São Paulo was responsible for 54% of all the crop land of the 2020/2021 sugarcane cycle. Sugarcane's production cycle, especially in Brazilian's southeast region, introduces soybean or peanut during its renewable cycle. The aim of this study is to analyze the viability of identifying remotely sugarcane's fallow areas through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) as well as define the best dates to identify it. NDVI values were generated from the third and fourth bands of the WPM sensor aboard the CBERS 04A satellite with five different stages of the referred agricultural cycle. The city of Dumont SP was the selected one to acquire these five images and then eighteen sugarcane plots were selected to analyze. The open software QGIS was then used to select and analyze all regions. The data generated confirmed that it is viable to differentiate sugarcane's fallow areas through the use of NDVI and remote sensing techniques. It was also concluded that months between november through march were the best time period for this.

Keywords: CBERS, NDVI, Optic Sensors.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o setor agropecuário adquiriu um leque de ferramentas tecnológicas que revolucionaram a forma de produzir alimentos, com grandes ganhos em termos de produtividade. Podemos citar, como uma dessas ferramentas, a incorporação das técnicas de Sensoriamento Remoto em diferentes aplicações, tornando evidente o potencial dessa tecnologia

³ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: jg.lovato@unesp.br

⁴ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: david.rosalen@unesp.br

em termos de benefícios proporcionados, principalmente para extrair informações em grandes extensões de áreas como ocorrem na agricultura. De acordo com o site da FAO Statistics Division (2020), a área agriculturável global é de, aproximadamente, cinco bilhões de hectares, cerca de 38% da área terrestre global. Com esses dados fica claro o tamanho da demanda por uma tecnologia que viabilize, de forma eficiente, o monitoramento dessas áreas, ainda mais quando consideramos a necessidade da otimização de processos estratégicos de fornecimento de insumos, exportação de alimentos e sustentabilidade ambiental.

Destaca-se que, a produção de cana-de-açúcar hoje, é drasticamente diferente da maneira que esta era produzida na última década do século passado. Com sua mecanização relativamente atrasada, quando comparada à outras culturas economicamente relevantes, as duas últimas décadas marcaram a irreversível integração da colheita mecanizada, a qual teve profundos impactos em vários aspectos da cultura.

Destaca-se que a mecanização no setor sucroenergético teve um reflexo negativo na duração dos canaviais, ou seja, na diminuição na média de cortes. Segundo Reis (2009), são avaliados os danos às soqueiras após a colheita da cana-de-açúcar pela máquina, bem como o arranquio dessas. Esse fato, resulta em um aumento da área anual destinada à renovação e, por consequência, aumento da área destinada ao plantio de adubação verde pelo setor.

A adubação verde na reforma do canavial é prática obrigatória para o equilíbrio do sistema, por proporcionar diversos efeitos, como a proteção da camada superficial do solo, ser fonte de nutrientes entre outros (Santos & Borém 2016). Nas áreas de reforma de canaviais, geralmente, são utilizadas as culturas da soja e do amendoim como opções de adubação verde economicamente rentáveis. A época de renovação dos canaviais e, conseqüentemente, a época de plantio da adubação verde em São Paulo ocorre no final do ano, aproveitando-se o início do período chuvoso na região.

Tendo em conta as dimensões do território nacional, a distribuição e a dinâmica com que se dão as diversas atividades agropecuárias, é importante que o país disponha e utilize-se das melhores e mais avançadas tecnologias de estudo e monitoramento das culturas e atividades agropecuárias. Sem dúvida, o uso de satélites para o monitoramento de grandes extensões

territoriais é fundamental, especialmente quando os satélites se aliam aos meios de georreferenciamento espacial (Formaggio & Sanches 2017).

De acordo com Jensen (2007), sensoriamento remoto é o registro das informações do espectro eletromagnético como o infravermelho, micro-ondas, ultravioleta e visível, de maneira remota, através de instrumentos como câmeras, sensores etc localizados em plataformas como satélites, aeronaves, e a análise das informações adquiridas podem ser por meio visual ou processamento digital. E o comportamento espectral da vegetação é descrito por Ponzi (2019), o qual explica que a baixa refletância das folhas na região do visível é decorrente da absorção da radiação solar pela ação dos pigmentos fotossintetizantes enquanto a alta reflectância na região do infravermelho próximo é decorrente do espalhamento (reflectância e transmitância) da região no interior das folhas em função de sua estrutura celular. Portanto, a reflexão da radiação eletromagnética pelas folhas depende de sua composição química e estrutura internas. No caso de dosséis vegetais, a variação da reflectância da cobertura vegetal em diferentes bandas espectrais depende, principalmente, da quantidade de folhas e da arquitetura d dossel

Proposto por Rouse (1973), o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) é utilizado como ferramenta para o monitoramento da vegetação. O perfil temporal do NDVI tem sido utilizado para detectar atividades sazonais e fenológicas, duração do período de crescimento, pico verde, mudanças fisiológicas das folhas e períodos de senescência (Ponzoni et al. 2019).

Dentro deste contexto, esse trabalho teve como objetivo principal identificar áreas onde a soja foi plantada em áreas de reforma de canavial, utilizando o NDVI e imagens orbitais de Sensoriamento Remoto.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo deste trabalho situa-se no Município de Dumont, Estado de São Paulo (SP), a qual é delimitada pelas seguintes coordenadas geográficas: Latitude 21°14'17"S, Longitude: 47°58'29"W. Localizado na Região Metropolitana de Ribeirão Preto, Dumont é um município do interior do Estado de São Paulo com, aproximadamente, 11.000 hectares de

extensão e que segue o padrão dos municípios da mesorregião de Ribeirão Preto, que é possuir forte ligação com o setor sucroenergético. Dezoito talhões agrícolas foram selecionados para esse trabalho, sendo seis de cana planta, ou seja, talhões onde o canavial foi plantado no ano de 2020, seis de cana soca que são canaviais plantados em 2019 ou anteriormente, e seis talhões de reforma de canavial onde a soja foi plantada como adubo verde (figura 1). A definição desses talhões foi baseada em visitas técnicas na região, realizadas em novembro de 2020 e em janeiro de 2021.

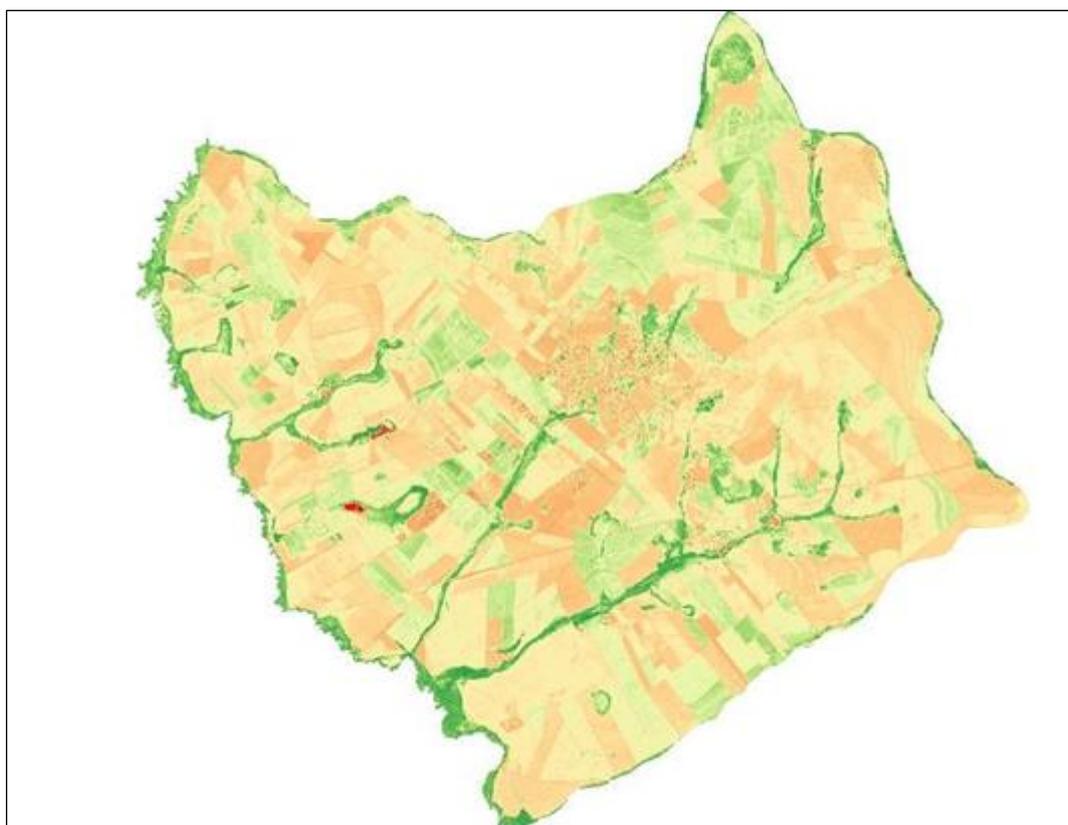


Figura 1. Imagem NDVI referente à 18/06/2020 referente ao município de Dumont SP.

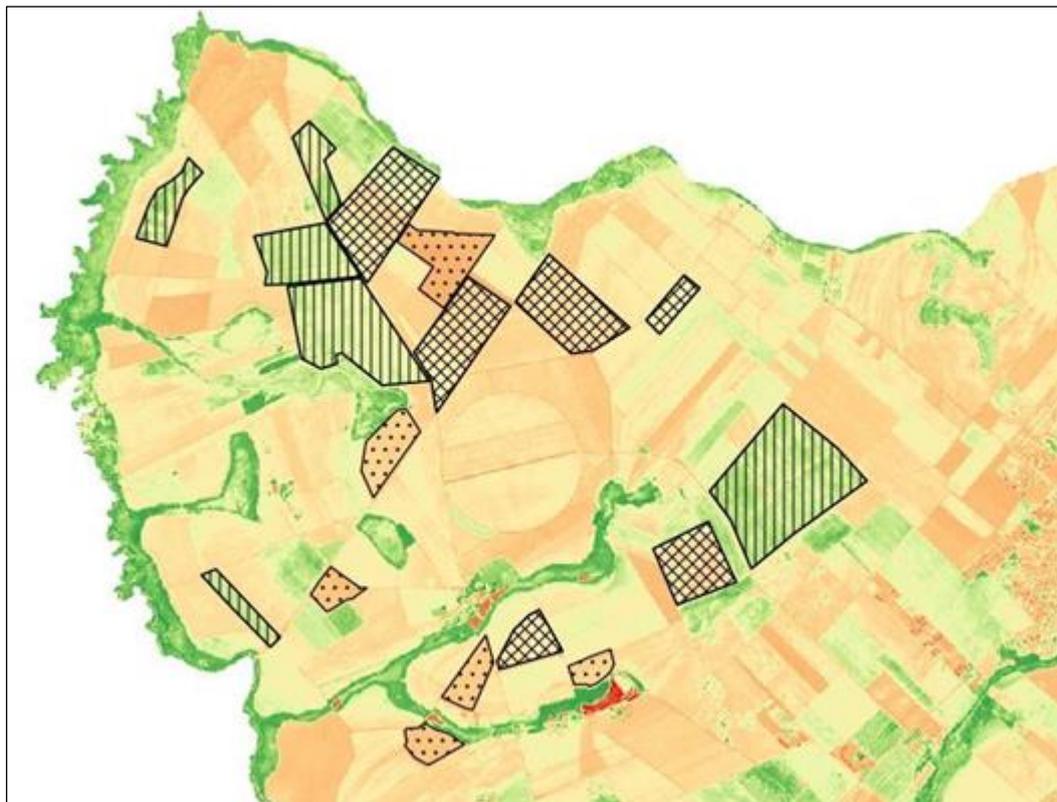


Figura 2. Área de estudo onde dezoito talhões foram selecionados para análise. Talhões com Linhas verticais: Cana planta. Talhões com Linhas cruzadas: Cana soca. Talhões com pontos: Reforma de canavial.

O material de base consistiu das imagens obtidas a partir do satélite Sino-Brasileiro CBERS 04A, lançado em 2019 na China. Destaca-se que este é o sexto satélite da família CBERS a entrar em serviço. O CBERS 04A é equipado com câmeras para observações ópticas de todo o globo terrestre, auxiliando no monitoramento e na coleta de dados ambientais. A escolha deste satélite, especificamente das imagens de sua Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM), justifica-se pela sua ótima resolução espacial (8 m na multiespectral), boa resolução radiométrica (16 bits) e adequada resolução temporal (31 dias).

As imagens foram baixadas através do catálogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), escolhendo-se sempre as imagens ortorretificadas do Nível 4 (L4). Nesse sentido foi definido o quadrante “*Path 205 e Row 140*”, por englobar a área total do município selecionado. O próximo passo foi selecionar as imagens mais relevantes e separar as não utilizáveis por elevada quantidade de nuvens. Dessa forma, selecionou-se cinco datas a para extração das imagens utilizadas no trabalho (Tabela 1).

Tabela 1. Imagens utilizadas do catálogo CBERS 04A.

Nome das imagens	Data
CBERS_4A_WPM_20200618_205_140_L4_BAND(0-4)	18/06/2020
CBERS_4A_WPM_20201120_205_140_L4_BAND(0-4)	20/11/2020
CBERS_4A_WPM_20210121_205_140_L4_BAND(0-4)	21/01/2021
CBERS_4A_WPM_20210324_205_140_L4_BAND(0-4)	24/03/2021
CBERS_4A_WPM_20210525_205_140_L4_BAND(0-4)	25/05/2021

Os dados espaciais utilizados como referência para delimitar o município de Dumont, foram extraídos da infraestrutura de dados espaciais ambientais do Estado de São Paulo conhecido como DataGEO. Com a delimitação municipal extraída do catálogo de informações do DataGEO, em formato Vector, foi possível recortar a área do Município em questão do resto de cada imagem adquirida através do *Software* livre QGIS, versão 3.16.6 Hannover.

O Índice Vegetativo escolhido foi o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI), dado pela equação abaixo:

$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V}$$

Onde: ρ_{IVP} : é a reflectância no infravermelho próximo e ρ_V : é a reflectância no vermelho.

Através do *Software* livre QGIS a calculadora Raster foi utilizada para gerar uma imagem NDVI para cada data e, posteriormente, utilizar a ferramenta de extração para fazer o recorte apenas da área do município de Dumont.

O próximo passo foi utilizar o Plugin Semi-Automatic Classification (SCP) versão 7.8.34, que é uma ferramenta open source para o software QGIS. Destaca-se que este oferece uma série

de recursos para o pós processamento de arquivos no formato raster. Um dos recursos oferecidos por esse plugin é a classificação supervisionada, mais especificamente pelo algoritmo de máxima verossimilhança (Maximum Likelihood algorithm). A definição de classes e consequentemente grupos de pixels, ou clusters, é de central importância para que o plugin defina as Regiões de Interesse (Region of Interest – ROI) e assim faça um registro do valor NDVI máximo, médio e mínimo de cada classe e em cada imagem, de cada mês. (Luca 2020). No caso desse trabalho as classes foram cana plana, cana soca, e reforma aonde o canavial foi reformado na safra 2020/2021 e a soja foi plantada como adubo verde.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para entendermos os resultados obtidos devemos primeiro considerar a situação vegetativa esperada de cada cultura e em cada época da safra, para assim, conseguirmos interpretar melhor os dados obtidos. A primeira data corresponde ao dia 18/06/2020 onde a safra de cana-de-açúcar está a pleno andamento. Isso significa que tanto as áreas que serão reformadas no final do ano, quanto as áreas de cana soca ou já foram cortadas ou estão próximas do seu corte, resultando em uma diferença muito grande dos valores máximos e mínimos de NDVI (Figura 3).

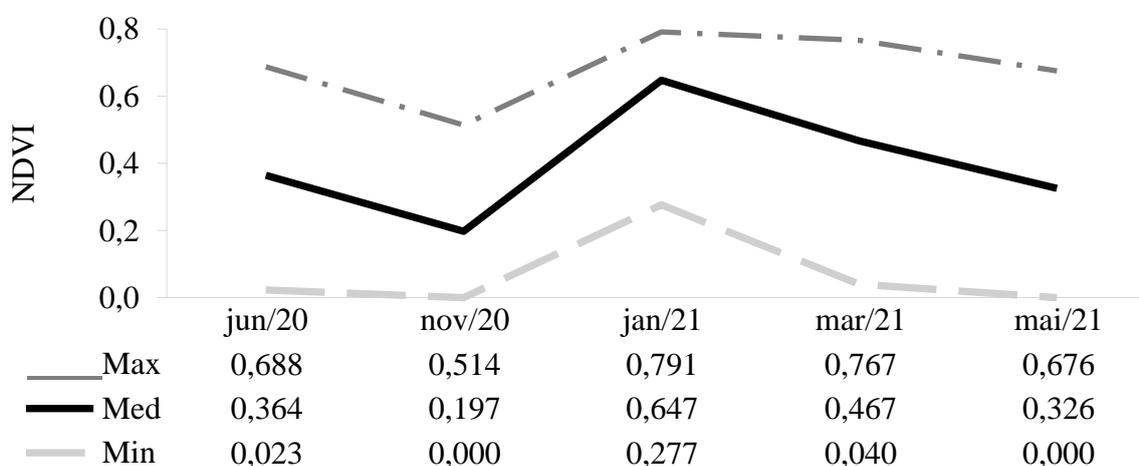


Figura 3. NDVI médio, máximo e mínimo de todos os dezoito talhões analisados.

Já nas áreas de cana planta, ou seja, aonde a cana foi plantada no começo do ano, é esperada uma variação muito menor da área foliar o que nos reflete em uma menor amplitude de NDVI nesse período (Figura 5).

A data 20/11/2020, corresponde praticamente ao final da safra e aos últimos dias do plantio de soja, indicando que quase todos os talhões de cana soca já foram colhidos e os talhões que foram colhidos, meses antes, já estão em desenvolvimento, resultando em uma média de valores NDVI mais baixa que a de junho (Figura 3). As áreas de cana planta, por outro lado contam com aproximadamente 6 meses de desenvolvimento, refletindo em um valor médio de NDVI maior do que a da cana soca, para esse mesmo período (Figura 6). As áreas de reforma já foram plantadas ou estão na eminência do plantio de soja e contam com o solo exposto devido aos processos de aração e gradagem que precedem o plantio da adubação verde (soja e amendoim). Sendo assim, espera-se que a média do valor NDVI, nessa situação, fique próxima de zero.

A terceira data, 20/01/2021, corresponde ao pico do desenvolvimento vegetativo de todas as áreas. Nessa data todas as áreas tiveram pelo menos um mês de desenvolvimento vegetativo em um dos meses mais chuvosos do ano (Figura 7). Já na quarta data, 24/03/2021, próximo ao final da safra da soja, podemos contar com uma queda brusca na área foliar das lavouras de soja, pois, mesmo as áreas que não foram colhidas, tiveram queda quase total das folhas por conta do processo natural de senescência. Por outro lado, as áreas de cana planta e soca continuaram se desenvolvendo durante esses dois meses, porém, também devemos considerar que algumas áreas podem ter sido cortadas afim de serem plantadas após a colheita das áreas de reforma, que acontecem nesse período (Figura 7).

Em 25/05/2021, pode-se esperar um padrão muito similar ao da primeira data analisada (18/06/2020) que corresponde a junho do ano anterior (Figura 3). Nas áreas reformadas contamos com uma recuperação da área foliar refletindo em uma elevação do NDVI (Figura 4), enquanto que as áreas de cana planta e soca variam muito por terem sido cortadas, tanto para a indústria, como para o plantio ou, ainda, estão vegetando no campo refletindo em uma grande amplitude de valores NDVI (Figura 6).

Através dos dados gerados pelo plugin SCP, foi possível gerar um gráfico para cada classe de cultivo. A Figura 4 representa graficamente a variação temporal dos valores NDVI das áreas de reforma de canavial.

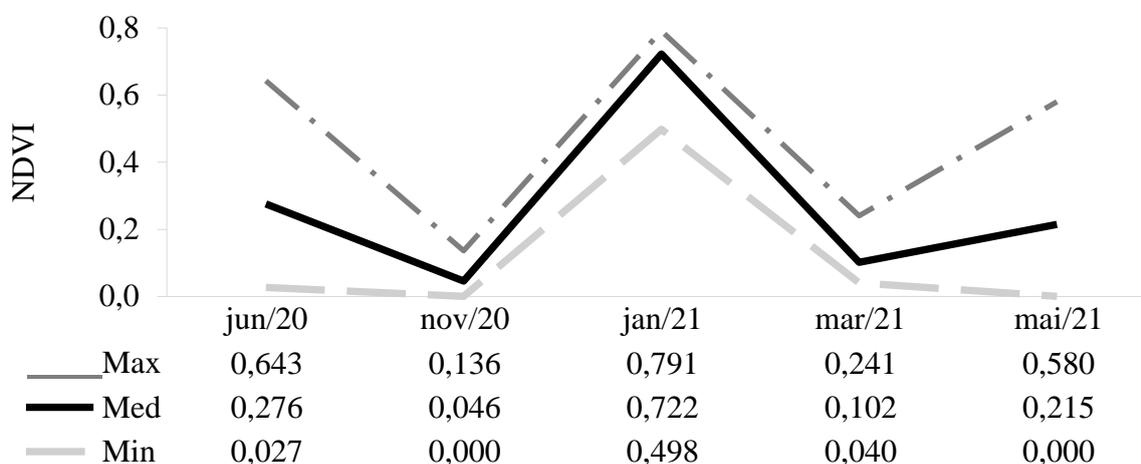


Figura 4. NDVI máximo, médio e mínimo dos talhões de onde o canavial foi reformado na safra 2020/2021.

A Figura 7 mostra, em destaque, a grande amplitude dos valores NDVI na época da safra, entre abril e novembro, aproximadamente. Essa diferença nos valores de NDVI de um talhão para outro é reflexo da grande flexibilidade de época de colheita que o setor sucroenergético tem como característica.

A Figura 5 exibe a variação temporal dos valores NDVI das áreas onde a cana-de-açúcar foi plantada no ano de 2020.

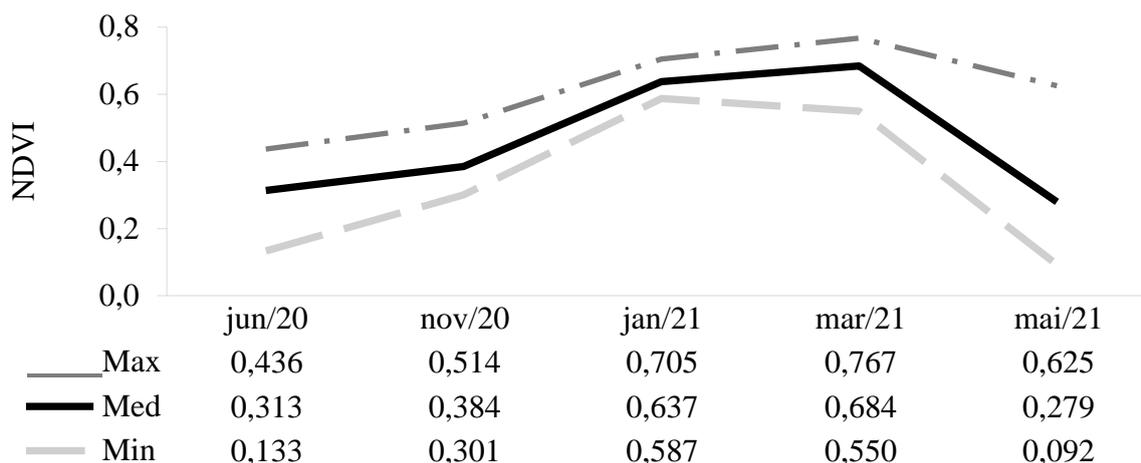


Figura 5. NDVI máximo, médio e mínimo dos talhões de cana planta ou seja, onde acana-de-açúcar foi plantada no ano de 2020.

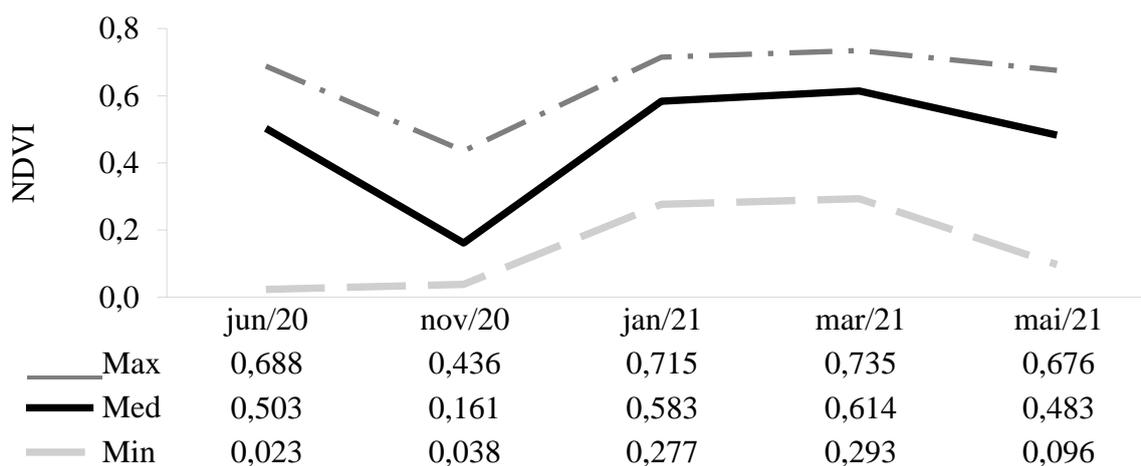


Figura 6. NDVI máximo, médio e mínimo dos talhões de cana soca ou seja, onde acana-de-açúcar foi plantada no ano de 2019 ou anteriormente.

Destaca-se que a variação dos valores NDVI do mês de janeiro para os próximos meses é crucial para a diferenciação dessas culturas. Nota-se, também, que o mês de novembro pode ser um período significativo para essa diferenciação porém, é importante notar que os canaviais colhidos podem ter sofrido incêndios, os quais refletiriam em um valor de NDVI menor do que em uma área apenas com palhada proveniente do corte mecanizado.

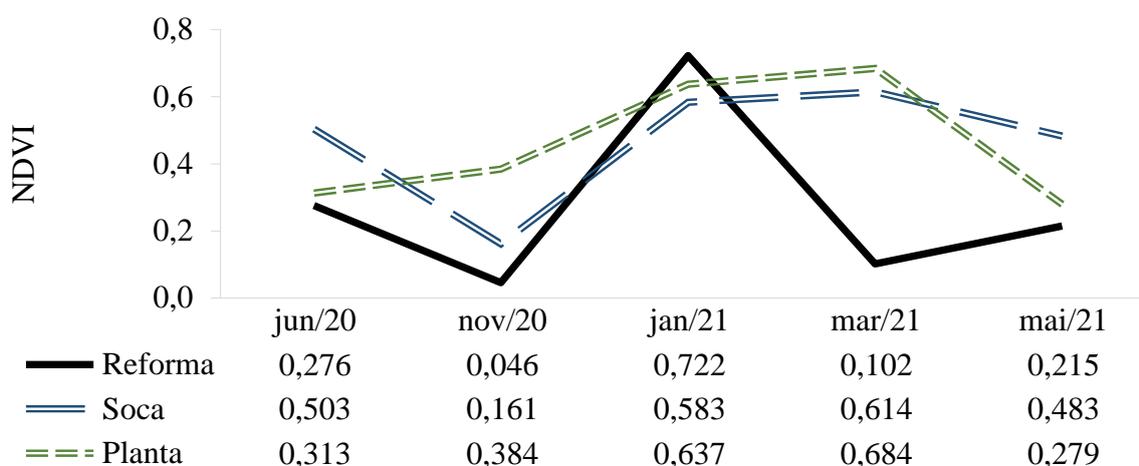


Figura 7. NDVI médio das áreas de reforma de canavial, cana soca e cana planta durante a safra 2020/2021.

Podemos notar então que a época de safra é a menos recomendada para a diferenciação dos tipos de canaviais devido a baixa variação das médias dos tratamentos (Figura 7).

CONCLUSÕES

A identificação de áreas onde a soja foi plantada na reforma de canaviais através do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) é possível desde que a análise dos valores seja temporal, ou seja, não só de um período, mas de pelo menos dois anos. Os períodos mais indicados para avaliação são de novembro à março e o menos indicado para essa finalidade, de março à novembro (safra da cana-de-açúcar).

REFERÊNCIAS

- ADAMI, M.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T.; FREITAS, C. da C.; FARIA, R. T. de; DEPPE, F. Painel amostral para estimativa de áreas agrícolas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 1, p. 81–88, 2007.
- BARBOSA, A. I. G.; REIS, C. H.; MENDONÇA, J. C.; LÄMMLE, L. O uso de Sensoriamento Remoto para estimar área plantada de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil. *Revista Cerrados*, v. 18, n. 2, p. 69-99, 2020.
- FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. A. Sensoriamento remoto em agricultura. *Oficina de textos*, v. 1, p. 6, 2017.
- JENSEN, J. R. *Remote sensing of environment: An Resource Perspective*. Department of Geography USC, p. 592, 2007.
- LUCA, C. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. *The Journal of Open Source Software*, p. 115-120, 2020.
- LEDA, V. C.; GOLÇALVES, A. K.; LIMA, N. da S. Sensoriamento remoto aplicado a modelagem de produtividade da cultura da cana-de-açúcar. *Energia na agricultura*, v. 34, n. 2, p. 263–270, 2019.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. Sensoriamento remoto da vegetação. *Oficina de textos*, v. 2, p. 67-68, 2015.
- REIS, G. N. *Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base*. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal, p. 1-20, 2009.
- RISSE, J.; RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, R. D. V. Índices de vegetação Modis aplicados na discriminação de áreas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 9, p. 1317–1326, 2012.

ROUSE, J., HAAS, R., SCHELL, J., DEERING, D. & HARLAN, J. *Monitoring the Vernal Advancement of Retrogradation of Natural Vegetation*. NASA/GSFC, 1974.

SANTOS, F.; BORÉM, A. Cana-de-açúcar do plantio à colheita. Editora UFV, v. 1, p. 67-68, 2016.

SCHULTZ, B.; FORMAGGIO, A. R.; EBERHARDT, I. D. R.; SANCHES, I. D.; OLIVEIRA, J. C. de; LUIZ, A. J. B. Classificação orientada a objetos em imagens multitemporais Landsat aplicada na identificação de cana-de-açúcar e soja. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 68, n. 1, 2016.

SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; VARVEL, G. E.; WILHELM, W. W.; TRINGE, J. M.; SCHLEMMER, M. R.; MAJOR, D. J. Use of Remote-Sensing Imagery to Estimate Corn Grain Yield. *Agronomy Journal*, v. 93, p. 583-589, 2001.