

COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO IMAGENS SENTINEL-2

Alexandre Roberto de Oliveira Júnior¹, Eduardo Pinheiro de Freitas²

¹ Graduando em Agronomia, IFSP câmpus Barretos, alexandre.oliveira@aluno.ifsp.edu.br;

² Professor, IFSP câmpus Barretos, eduardo.freitas@ifsp.edu.br.

RESUMO

Importante à economia brasileira, a cana-de-açúcar demanda pesquisas relacionadas às técnicas de agricultura de precisão para um gerenciamento eficiente e sustentável, empregando características espectrais da cultura. Este trabalho, com o objetivo de caracterizar o comportamento espectral de um cultivo de cana-de-açúcar, utilizou imagens da missão Sentinel-2, sensor MSI, processadas no ambiente interativo Code Editor da plataforma Google Earth Engine, empregando uma rotina em JavaScript que possibilitou obter matrizes envolvendo geoposicionamento, data e valor de refletância para cada banda espectral, utilizadas no estudo das variabilidades espacial e temporal destas bandas a partir de análises de medidas de tendência central e de dispersão, além de semivariogramas e correlações. A conclusão é a de que tal variabilidade pôde ser adequadamente caracterizada e o comportamento da refletância concordou com o espectro da cana-de-açúcar, sendo observada uma homogeneidade no padrão de cobertura do solo ao longo da safra.

Palavras-chave — agricultura de precisão, bandas espectrais, Google Earth Engine, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Important for the Brazilian economy, sugarcane demands research related to precision agriculture techniques for efficient and sustainable management, employing spectral characteristics of the crops. This work, with the aim of characterizing the spectral behavior of a sugarcane crop, used images from the Sentinel-2 mission, MSI sensor, processed in the Code Editor interactive environment of the Google Earth Engine platform. A JavaScript routine was used to obtain matrices involving geopositioning, date and reflectance value for each spectral band, used in the study of spatial and temporal variability of these bands from the analysis of measures of central tendency and dispersion, in addition to semivariograms and correlation. The conclusion is that such variability could be adequately characterized and the reflectance behavior agreed with the sugarcane spectrum, being observed a homogeneity in the soil cover pattern throughout the season.

Key words — precision agriculture; spectral bands; Google Earth Engine; remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar traz, na intensificação e na sustentabilidade de seu sistema de produção, desafios nos aspectos agrônômico, econômico, social, cultural e para as políticas públicas [1], tendo na agricultura de precisão a possibilidade de identificar locais de produção mais adequados quanto à produtividade e necessidades de manejo.

Sensores remotos têm facilitado o monitoramento e otimização do manejo das lavouras a partir de índices espectrais, sendo que a abordagem espectro-temporal traz vantagens sobre o emprego de conjuntos restritos de imagens [2], permitindo inferir sobre as diferenças e as características espectrais de cada cultura [3].

Missões espaciais têm disponibilizado suas bases de dados gratuitamente, destacando a Sentinel-2 e seu sensor MSI pelas resoluções temporal de 5 dias e espacial de 10 m, para as bandas do visível (R, G, B) e infravermelho proximal (NIR) e de 20 m para as bandas *Red Edge* e infravermelho de ondas curtas (SWIR) [4], sendo que a utilização desses dados tem sido facilitada pela computação em nuvem, com destaque para a plataforma Google Earth Engine (GEE) [5].

Do contexto acima e tendo como hipótese que o comportamento espectral de um cultivo de cana-de-açúcar, registrado espacialmente e ao longo do tempo, pode ser utilizado como ferramenta gerencial pela agricultura de precisão, foi definido que este trabalho tem o objetivo de empregar dados espectrais, obtidos por sensoriamento remoto orbital pela missão Sentinel-2 sensor MSI, no processamento dos mesmos na plataforma GEE, para a caracterização da variabilidade espacial e temporal do comportamento espectral de um cultivo de cana-de-açúcar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A seleção da área explorada com cana-de-açúcar foi realizada no software Google Earth Pro e o GEE. A primeira utilizada na identificação e mensuração das áreas e a segunda na confirmação do tempo de cultivo e o número de safras.

Selecionada a área, foram obtidos os contornos dos talhões utilizando o Google Earth Pro, importados a posterior no GEE, no qual foi observada a aderência do traçado às imagens de satélite e a definição da malha amostral, com células hexagonais de 1 ha cada, geoposicionadas pelas coordenadas UTM do respectivo centro de gravidade (CG).

Uma rotina em JavaScript permitiu, no Code Editor do GEE, selecionar a missão espacial, carregar a coleção de imagens, filtrar a coleção para o período de tempo referente à safra mais recente nos limites definidos pelos talhões e para a cobertura de nuvens, extrair os dados espectrais da coleção filtrada, além de permitir exportar tais dados.

Como fonte de dados espectrais foi utilizada a missão Sentinel-2, sendo que as bandas do sensor MSI analisadas e os comprimentos de onda (nm) para os satélites 2A e 2B foram, respectivamente: B2 (496,6/492,1), B3 (560/559), B4 (664,5/665), B5 (703,9/703,8), B6 (740,2/739,1), B7 (782,5/779,7), B8 (835,1/833), B8A (864,8/864), B11 (1613,7/1610,4) e B12 (2202,4/2185,7). As imagens são do produto tipo nível-2A, com correção geométrica (cartográfica) e espectral (radiância ao nível do solo).

Ainda no GEE, cada célula foi relacionada aos valores de refletância resultando em uma matriz para cada banda, tendo com dimensões as coordenadas UTM do CG, a mediana dos valores de refletância e a data da imagem, que foram utilizadas na análise da variabilidade espacial e na obtenção da assinatura espectral da cultura para três datas da coleção, a primeira referente ao estágio de crescimento de colmos e as outras duas referentes à fase intermediária e final do estágio de maturação. Foram obtidos as medianas e os quartis, além dos semivariogramas e das krigagens no software QGIS 3.16 e *plugin* Smart-Map – Sistema de Suporte a Decisão para Agricultura de Precisão [6].

Para a variabilidade temporal, cada matriz foi trabalhada em um único CG por vez, envolvendo o emparelhamento de valores de refletância da banda em consideração nas respectivas datas. Esta análise avaliou medidas de medianas e de quartis, além das correlações de Spearman para as três datas consideradas na análise da variabilidade espacial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área selecionada, com 376 ha, tem seu centro localizado nas coordenadas UTM 22 K, 751904 m E, 7718260 m S.

Um total de 37 imagens satisfaz a condição de ausência de nuvens, com início em 29/04/2020 (término do corte da primeira safra) e final em 24/04/2021 (início do segundo corte), sendo que oito dessas imagens foram selecionadas para as análises, espaçadas entre si de cerca de 1 mês.

Para as matrizes, as datas de 30/11/2020, 23/02/2021 e 24/04/2021 foram selecionadas, representando 215, 300 e 360 dias após o corte da primeira safra. Nestas, a análise das medianas e dos quartis resultou em 3 gráficos como a Figura 1, onde é observada a aderência da mediana ao intervalo interquartil, sendo que a Figura 2 apresenta as medianas de cada uma dessas datas, destacando a maior refletância pela

pouca cobertura do solo em 30/11/2020 e maior concordância das outras datas, destacando um possível efeito das maiores presenças de água e de biomassa na data de 24/04/2021.

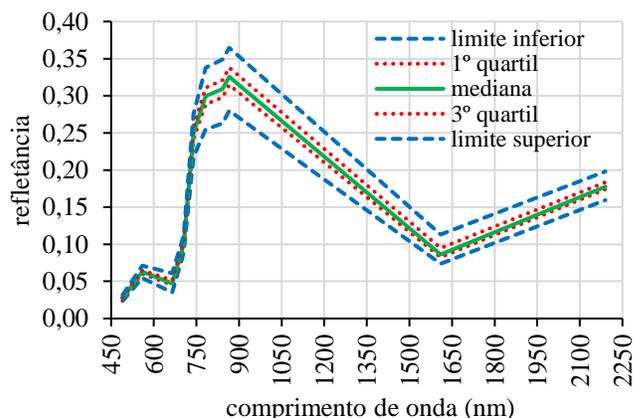


Figura 1. Mediana e quartis para 24/04/2021.

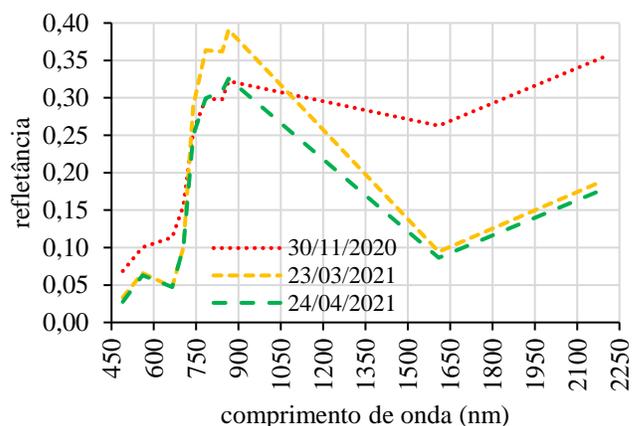


Figura 2. medianas para as três datas selecionadas.

O padrão observado na Figura 2 é compatível ao obtido por Souza et al. [7] trabalhando com espectrorradiômetro em amostras de folha de cana-de-açúcar, que obtiveram maiores valores em todo o espectro, possivelmente pela correção espectral aplicada às imagens Sentinel-2 aqui utilizadas.

Contudo, este padrão é semelhante ao obtido por Villareal e Tongco [8] na faixa do visível utilizando um mini espectrômetro em condição de campo para diferentes estádios da cultura, bem como ao de Montibeller et al. [3] obtido a partir de imagens Landsat-8, que observaram maior dispersão para as bandas do infravermelho comparativamente às da região do visível, concordando com a Figura 1.

Os semivariogramas tiveram no modelo exponencial o melhor ajuste e alcances de 259 m a 1622 m, com os maiores para as bandas B6, B8A e B2 e os menores para as bandas B4, B11 e B5.

A Figura 3, mostrando a variabilidade espacial da refletância na área, representa a krigagem da banda B3 para 30/11/2021, momento no qual a área estava com seu solo parcialmente coberto pela cultura, resultando em uma variação relativamente grande dos valores das refletâncias em

comparação às Figuras 4 e 5. Quanto às Figuras 4 e 5, que trazem os resultados das krigagens para 23/02/2021 e 24/04/2021, caracterizam um dossel vegetativo relativamente mais denso que o apresentado na Figura 3, visto a menor variação dos valores das refletâncias.

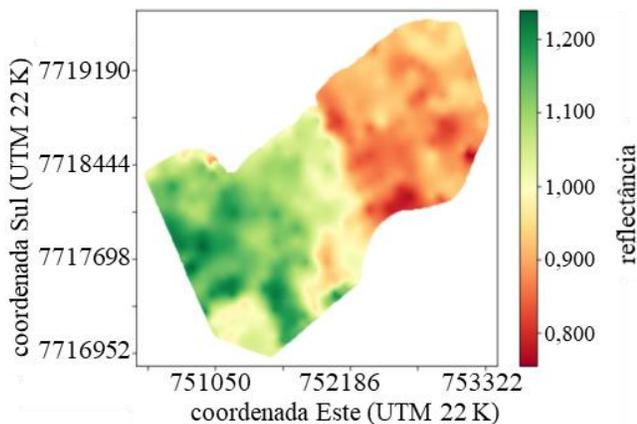


Figura 3. Variabilidade espacial da banda B3 em 30/11/2020.

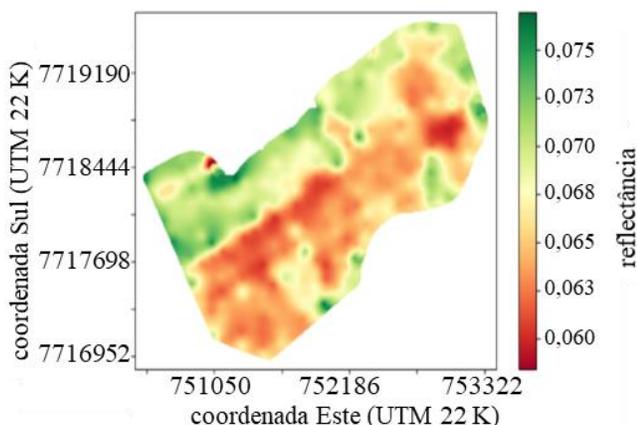


Figura 4. Variabilidade espacial da banda B3 em 23/02/2021.

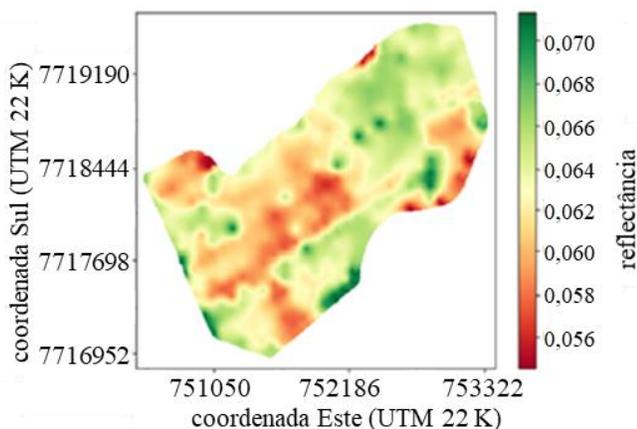


Figura 5. Variabilidade espacial da banda B3 em 24/04/2021.

A análise da variabilidade temporal resultou em gráficos como os das Figuras 6, 7 e 8, onde se verifica o intervalo interquartil (1° ao 3° quartis) aderente à mediana e pouca

dispersão, fato comum às demais bandas e em especial ao longo dos últimos meses.

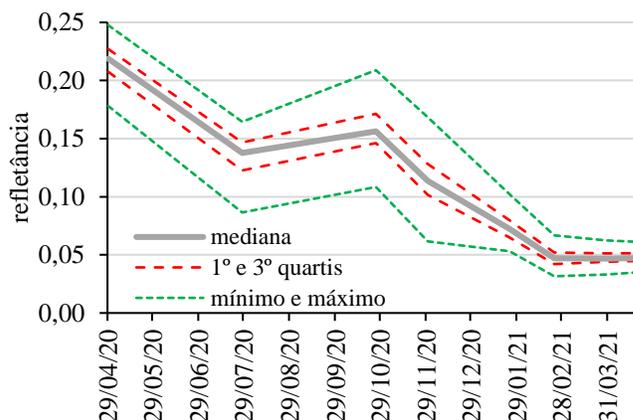


Figura 6. Variabilidade temporal da banda B4 (Red).

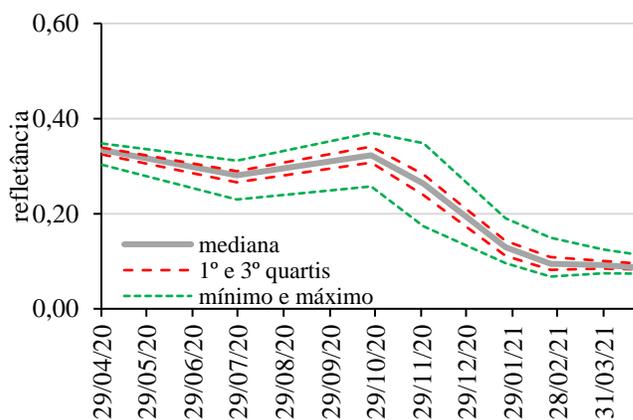


Figura 7. Variabilidade temporal da banda B11 (SWIR).

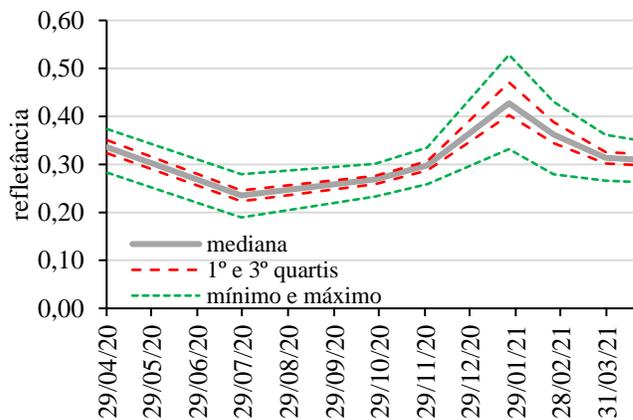


Figura 8. Variabilidade temporal da banda B8 (NIR).

Tal padrão se repete nas outras bandas, sendo que Montibeller et al. [3] relatam que as refletâncias nas bandas equivalentes à B4 e B11 têm redução de valores e a equivalente à B8 tem aumento ao longo do ciclo da cana-de-açúcar e com um pico de máximo próximo da fase final, o que pode ser confirmado nas supracitadas figuras.

datas e estádios	23/02/2021 maturação		24/04/2021 maturação	
30/11/2020 crescimento de colmos	B2: 0,559 (0)	B7: 0,175 (0)	B2: 0,222 (0)	B7: 0,337 (0)
	B3: 0,161 (0)	B8: 0,225 (0)	B3: -0,266 (0)	B8: 0,390 (0)
	B4: 0,666 (0)	B8A: 0,238 (0)	B4: 0,406 (0)	B8A: 0,421 (0)
	B5: 0,581 (0)	B11: 0,648 (0)	B5: 0,150 (0)	B11: 0,334 (0)
	B6: -0,359 (0)	B12: 0,604 (0)	B6: -0,089 (0,06)	B12: 0,170 (0)
23/02/2021 maturação			B2: 0,378 (0)	B7: 0,669 (0)
			B3: 0,461 (0)	B8: 0,687 (0)
			B4: 0,734 (0)	B8A: 0,685 (0)
			B5: 0,503 (0)	B11: 0,719 (0)
			B6: 0,634 (0)	B12: 0,529 (0)

Tabela 1. Correlação de Spearman e p-valores para as bandas espectrais.

Quanto às correlações de Spearman, seus valores e respectivos p-valores foram obtidos conforme a Tabela 1, onde se observam concordâncias moderadas a boas nas datas de maturação e muito fracas a boas entre as datas de crescimento de colmos e da maturação, porém todas significativas ao nível de 5%.

4. CONCLUSÕES

As variabilidades espaciais e temporais da refletância do cultivo da cana-de-açúcar, para os comprimentos de onda analisados, podem ser adequadamente caracterizadas a partir de dados espectrais da missão Sentinel-2, sensor MSI, processados na plataforma Google Earth Engine.

O comportamento da refletância quanto ao comprimento de onda está conforme ao espectro da cana-de-açúcar, com menores valores nas regiões do visível e infravermelho de ondas curtas.

Os baixos valores de intervalo interquartil, comparativamente aos respectivos valores das medianas, indica uma homogeneidade no padrão de cobertura do solo que se mantém ao longo da safra analisada, o que é confirmado pela correlação de Spearman.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) pela bolsa de iniciação científica e tecnológica no âmbito do PIBIFSP.

6. REFERÊNCIAS

[1] EMBRAPA. *Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira*. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 20 set. 2022.

[2] MASSRUHÁ, S. M. F. S. *et al.* (ed.). *Agricultura Digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Brasília: Embrapa, 2020. 406 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218131/1/LV-Agricultura-digital-2020.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

[3] MONTIBELLER, B. *et al.* Spectral-temporal profile analysis of maize, soybean and sugarcane based on OLI/LANDSAT-8 data. *Brazilian Journal of Agriculture*, v. 94, n. 3, p. 242-258, 2019. DOI: <https://doi.org/10.37856/bja.v94i3.3612>

[4] EUROPEAN SPACE AGENCY. *Sentinel-2 user handbook*. Paris: ESA, 2015. 64 p. (Technical Report). Disponível em https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook. Acesso em: 20 set. 2022.

[5] GORELICK, N. *et al.* Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18-27, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

[6] PEREIRA, G. W. *et al.* Smart-Map: an open-source QGIS plugin for digital mapping using machine learning techniques and ordinary kriging. *Agronomy*, v. 12, n. 6, art. 1350, 20 p., 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061350>

[7] SOUZA, M. F de *et al.* Spectral differentiation of sugarcane from weeds. *Biosystems Engineering*, v. 190, p. 41-46, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.11.023>

[8] VILLAREAL, M. K.; TONGCO, A. F. Sugarcane classification using spectral signature and object-based image analysis (OBIA) in LiDAR data sets. *SSRG International Journal of Agriculture & Environmental Science*, v. 6, n. 4, p. 9-16, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14445/23942568/IJAES-V6I4P103>