

## **XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA**

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

*Campus Itapetininga*

### **EMPREGO DE IMAGENS SENTINEL-2 PARA CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA REFLETÂNCIA ESPECTRAL DO DOSSEL DE SERINGAIS COM DIFERENTES IDADES**

João Victor Françoso da Silva – bolsista PIBIFSP<sup>1</sup>

Prof. Dr. Eduardo Pinheiro de Freitas - IFSP<sup>2</sup>

#### **Introdução**

Com uma área colhida de 182.006 hectares em 2022 no Brasil e uma produção de 416.964 toneladas de látex (líquido e coagulado), a seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg., Euphorbiaceae) tem no estado de São Paulo seu principal centro de produção e área plantada, evidenciando sua relevância econômica regional. A produtividade média nacional, de 2,29 toneladas de látex por hectare, indica margem para avanços nas técnicas de cultivo (IBGE, 2022). Assim como em outras culturas vegetais, a intensificação sustentável da produção da seringueira impõe desafios agrônômicos, econômicos, sociais e culturais à pesquisa, à extensão rural e às políticas públicas (Embrapa, 2018). Nesse cenário, práticas de agricultura de precisão, como o uso de imagens de satélite de alta resolução, permitem identificar áreas mais adequadas para o cultivo, avaliar a produtividade e orientar manejos específicos nos talhões. Massruhá *et al.* (2020) destacam que dados obtidos por sensores remotos ampliam as possibilidades de monitoramento e manejo das lavouras por meio de índices espectrais de vegetação, que refletem condições como época de plantio, vigor vegetativo e área cultivada, sendo as séries temporais dessas imagens cada vez mais utilizadas. A abordagem espectro-temporal, ao explorar a alta frequência de aquisição de sensores orbitais, supera limitações de análises baseadas em imagens pontuais. Montibeller (2018), ao analisar o perfil espectro-temporal de culturas como soja, milho e cana-de-açúcar na mesorregião de Campinas (SP) com imagens OLI/Landsat-8, evidenciou que cada cultura apresenta características espectrais próprias, relacionadas aos seus atributos físicos, químicos e biológicos. Especificamente para a seringueira, Hazir *et al.* (2023) constataram, ao estudarem nove clones plantados na Malásia em 2010, que embora as bandas RGB apresentem pouca variação entre os clones, as faixas red-edge e infravermelho próximo mostram diferenças mais acentuadas, evidenciando a singularidade espectral de cada clone. Entre os programas de satélites com dados públicos, destacam-se CBERS, LANDSAT e Sentinel, sendo o Sentinel-2 notável por sua resolução temporal de cinco dias e espacial de 10 metros nas bandas do visível e infravermelho proximal, além de contar com quatro bandas red-edge e duas de infravermelho de ondas curtas com resolução de 20 metros (European Space Agency, 2015). Apesar das exigências computacionais impostas por esses dados, a computação em nuvem, especialmente com a plataforma Google Earth Engine (GEE), tem viabilizado seu uso em larga escala. O GEE, integrado à Google Cloud Platform, oferece um serviço de processamento geoespacial robusto com um extenso catálogo de imagens e dados geoespaciais (Gorelick *et al.*, 2017), incluindo a missão Sentinel-2.

<sup>1</sup>Estudante do curso de bacharelado em Agronomia, IFSP – Barretos/SP. joao.francoso@aluno.ifsp.edu.br

<sup>2</sup>Doutor em Agronomia. IFSP – Barretos/SP. eduardo.freitas@ifsp.edu.br

## **XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA**

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

*Campus Itapetininga*

### **Objetivo**

Objetivo geral: caracterizar a variabilidade temporal da refletância espectral do dossel de seringais com diferentes idades. Objetivos específicos: identificar e delimitar áreas com seringais nos principais municípios produtores dos estados em consideração; criar uma rotina em JavaScript para a obtenção e o tratamento das imagens Sentinel-2; obter as matrizes referentes a cada banda espectral utilizada; analisar a variabilidade temporal da refletância espectral das áreas selecionadas, discriminadas quanto à idade dos seringais.

### **Metodologia**

A metodologia deste estudo foi dividida em seis etapas. Primeiramente, selecionaram-se áreas nos principais municípios produtores de seringueira das regiões intermediárias de Campo Grande (MS), Uberaba e Uberlândia (MG), e Araçatuba, São José do Rio Preto e Ribeirão Preto (SP), com identificação e delimitação realizadas no Google Earth Pro. Os contornos foram desenhados com a ferramenta “caminho” e exportados em formato KML, posteriormente convertidos para Shapefile para uso em softwares como o QGIS, onde se gerou uma grade com células de 1 hectare. Três células foram aleatoriamente selecionadas por área para representar a variabilidade local e utilizadas nas análises no GEE, no qual as células foram validadas quanto ao alinhamento com as imagens da missão Sentinel-2, sendo selecionado o período de outubro de 2023 a outubro de 2024, para capturar a sazonalidade. A rotina de processamento em JavaScript incluiu filtros temporais e de cobertura de nuvens (<1%), com extração das bandas B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B11 e B12. Os dados foram exportados em CSV e organizados em matrizes, com linhas representando observações e colunas os valores de refletância por data. Foram analisadas 54 amostras divididas em três grupos etários (5–10, 10–20 e 20–30 anos) e em diferentes estádios fenológicos (enfolhamento, folhas maduras e desfolha), refletindo os estágios de desenvolvimento dos seringais. O software utilizado nas análises estatísticas foi o Real Statistics Resource Pack – Release 8.9.1 (Copyright 2013-2023), suplemento gratuito para o Microsoft Excel (Zaiontz, 2023), incluindo medidas descritivas e o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, adequado à ausência de normalidade e homogeneidade. A rotina desenvolvida no GEE permitiu o processamento automatizado das imagens Sentinel-2, organizando os dados por célula e aplicando redutores para calcular mediana, média e desvio padrão das bandas espectrais, otimizando o tempo e a uniformidade das análises. A organização em matrizes facilitou a identificação de padrões espectrais e a comparação direta entre os grupos etários ao longo do ano agrícola.

### **Resultados**

A rotina desenvolvida atendeu satisfatoriamente às demandas do projeto, estruturada em etapas que incluíram a importação do shapefile com as áreas de interesse, definição do intervalo de análise, aplicação de redutores estatísticos e filtragem por cobertura de nuvens. Os dados extraídos mensalmente das bandas espectrais foram organizados em matrizes e tratados estatisticamente, com destaque para a análise descritiva das medianas, quartis e amplitude interquartil. Testes de normalidade indicaram que a maioria das distribuições não era normal ( $p < 0,05$ ), motivando o uso do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0,05$ ) para avaliar diferenças na refletância espectral entre faixas etárias de seringais. Apesar da expectativa, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos etários analisados, tampouco variações expressivas entre os meses, ainda

## **XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA**

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

*Campus Itapetininga*

que os gráficos apontassem pequenas variações visuais nos perfis de refletância. Esses achados sugerem um comportamento espectral uniforme entre as idades, indicando que as variações estão mais associadas aos processos fenológicos e às condições ambientais do que à idade das plantas. Tais resultados estão em consonância com Fan *et al.* (2015), que também observaram assinaturas espectrais semelhantes em seringais de diferentes idades, destacando que a dinâmica fenológica, como a desfolha e o enfolhamento, é mais relevante para a diferenciação espectral do que a idade propriamente dita. O estudo atual confirmou esse padrão ao identificar, especialmente nos meses de junho, julho e agosto — período de desfolha segundo Silva (2012) e Sambugaro (2007) —, maior variabilidade nas bandas do vermelho (B4), red-edge (B5, B6, B7), infravermelho próximo (B8, B8A) e SWIR (B11, B12), enquanto os meses de dezembro a fevereiro, com folhas maduras, apresentaram estabilidade espectral. Os achados também se alinham aos de Montibeller *et al.* (2018), que destacaram as bandas NIR e SWIR como relevantes na diferenciação de espécies, e aos de Hazir *et al.* (2023), que descreveram padrões de refletância consistentes entre clones, com baixa resposta nas bandas azul e vermelha, e maior refletância na banda verde, associada à cor das folhas. Assim, a análise espectro-temporal reforça a importância de considerar o ciclo fenológico das plantas no monitoramento por sensoriamento remoto, oferecendo subsídios para a compreensão dos padrões espectrais ao longo do tempo e para a distinção dos seringais em relação a outras coberturas do solo, mesmo na ausência de separação por idade.

### **Conclusão**

A variabilidade temporal da refletância do dossel de seringais, analisada por meio das bandas espectrais da missão Sentinel-2, pôde ser eficientemente caracterizada com o uso de dados multiespectrais processados na plataforma Google Earth Engine. A rotina desenvolvida em JavaScript mostrou-se eficaz na obtenção e no tratamento das imagens, resultando em matrizes organizadas por banda espectral e período analisado. Os baixos valores de intervalo interquartil, em comparação às respectivas medianas, indicaram uma homogeneidade nos padrões espectrais do dossel, independentemente da idade dos seringais. Assim, os resultados reforçam que a análise de séries temporais é uma ferramenta valiosa para o monitoramento e a caracterização fenológica da cultura da seringueira.

### **Referências**

- 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: 25 abr. 2025.
- 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](https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook). Acesso em: 25 abr. 2025.
- FAN, H.; FU, X.; ZHANG, Z.; WU, Q. Phenology-based vegetation index differencing for mapping of rubber plantations using Landsat OLI data. **Remote Sensing**, Basel, v. 7, n. 5, p. 6041-6058, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs70506041>.

## **XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA**

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

*Campus Itapetininga*

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

HAZIR, M. H. M. et al. Canopy reflectance spectra's variability, physical traits' uniqueness and the prediction of rubber clones (*Hevea brasiliensis*). **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, v. 201, art. 116930, 13 p., Oct. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116930>.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**: produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 25 abr. 2025.

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: 25 abr. 2025.

MONTIBELLER, B. **Análise espectro-temporal das culturas de milho, soja e cana-de-açúcar com dados do sensor OLI/LANDSAT-8**. 2018. xxii + 94 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018. Disponível em: <http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2018/04.05.12.40/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2025.

SAMBUGARO, Rosana. **Estágios foliares, fenologia da seringueira (*Hevea spp.*) e interação com *Microcyclus ulei* (mal das folhas)**. 2007. 94 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/ecca75db-cb2d-4ad4-b9c6-3ff858218952>. Acesso em: 25 abr. 2025.

SILVA, Juliano Quarteroli. **Sazonalidade da produção e características da borracha natural de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*) em diferentes estádios fenológicos**. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/0d0f/839091a84182daeb520100e81901e03050b9.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2025.

ZAIONTZ, C. **Real Statistics Using Excel**. @ 2013-2023. Disponível em: <https://real-statistics.com>. Acesso em: 25 abr. 2025.