



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



SENSORIAMENTO REMOTO: UMA PERSPECTIVA PARA DETECÇÃO DE DOENÇAS NA CAFEICULTURA

VINICIUS SILVA WERNECK ORLANDO¹, BRUNO SÉRGIO VIEIRA², MARIA DE
LOURDES BUENO TRINDADE GALO³, GEORGE DEROCO MARTINS⁴, FERNANDO
VASCONCELOS PEREIRA⁵, GLECIA JÚNIA DOS SANTOS CARMO⁶

RESUMO

A cafeicultura possui relevância no setor econômico brasileiro, mas alguns fatores, bióticos e abióticos, podem prejudicar a produtividade cafeeira. Uma alternativa para avaliar diversos parâmetros vegetativos da cultura é o Sensoriamento Remoto, que permite detectar e quantificar doenças do cafeeiro, viabilizando um controle mais preciso, específico e não destrutivo, permitindo a reprodutibilidade da avaliação. O presente estudo tem o objetivo de levantar material bibliográfico e analisar o potencial dos dados adquiridos por Sensoriamento Remoto no monitoramento das condições de sanidade do cafeeiro. Os estudos apresentados mostram que o Sensoriamento Remoto é uma tecnologia que pode ser utilizada na detecção e monitoramento de doenças na cafeicultura, de forma rápida e eficiente, por meio de diferentes sensores. Porém, de forma geral, ainda persistem desafios neste monitoramento e a busca por soluções moldarão as tendências/perspectivas futuras.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. *Coffea arabica*. Doença de plantas.

1 INTRODUÇÃO

Cafeicultura desempenha um importante papel na economia brasileira, sendo o Brasil o maior produtor e exportador do produto beneficiado mundialmente (CONAB, 2021). Além do setor produtivo, as comercializações cafeeiras movimentam inúmeras pessoas e recursos financeiros, bem como, de profissionais especializados que atuam nesta área.

Mediante a importância econômica da produção cafeeira, muitos esforços têm sido empregados na busca de melhor qualidade e produtividade na produção do café. Nessa perspectiva, os fatores ambientais, bem como as práticas agrícolas de cultivo e colheita, influenciam diretamente na qualidade do café (BARBOSA, 2011).

¹ Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, vinicius.werneck@unesp.br

² Universidade Federal de Uberlândia, brunovieira@ufu.br

³ Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, trindade.galo@unesp.br

⁴ Universidade Federal de Uberlândia, deroco@ufu.br

⁵ Centro Tecnológico Paula Pasquali, nandovasconcelosp@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Uberlândia, gleciajscarso@hotmail.com



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



A cultura cafeeira, assim como outros tipos de cultura, está exposta a diversos distúrbios fisiológicos, pragas e doenças que afetam a planta e resultam em prejuízos tais como: perda da produtividade, desgaste e deformação das plantas, perda de qualidade pela redução dos grãos ou grãos defeituosos e a morte da planta em alguns casos (MATIELLO et al., 2010).

Nesse sentido, o monitoramento da cultura cafeeira é essencial no controle de doenças, para que as lavouras não atinjam um nível de dano econômico (MATIELLO et al., 2010). No entanto, o monitoramento de ataques de pragas, doenças e plantas invasoras é uma operação onerosa e que demanda tempo, além de acompanhamento periódico e especializado (VIEIRA; MARCATTI, 2019).

Uma das tecnologias que vêm sendo empregadas na detecção e monitoramento de pragas e doenças em cultura agrícolas é o Sensoriamento Remoto. Essa tecnologia parte do princípio básico da extração de informações geradas a partir de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais, com base no comportamento da reflectância espectral dos diferentes objetos da superfície terrestre, em diferentes regiões do espectro eletromagnético (LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 2015; FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

Os sensores captam a radiação eletromagnética refletida pelos alvos, gerando uma imagem que permite a identificação de variabilidades ou feições da lavoura, que servem de base para determinar o manejo de determinadas áreas nas culturas por meio de processamento digital de imagens (SILVA; ALVES, 2013).

O uso de novas tecnologias para obtenção informações e dados sobre esse sistema produtivo se torna necessário considerando que o agrossistema cafeeiro é complexo quando utilizado métodos convencionais, o que o torna uma atividade extensa e de difícil desenvolvimento. Dessa forma, o uso do sensoriamento remoto, entre outras técnicas se torna uma das abordagens mais indicadas para a coleta de dados sobre a cafeicultura (MOREIRA et al., 2007).

Assim, o presente estudo tem o objetivo de levantar estudos da literatura e analisar o potencial dos dados adquiridos por sensoriamento remoto, no monitoramento das condições de sanidade de plantas de café.

2 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A DOENÇAS DO CAFEIEIRO

Para que haja uma avaliação automatizada, objetiva e reproduzível de doenças de plantas existem múltiplas oportunidades, soluções e técnicas, bem como métodos



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



facilitadores, até mesmo inovadores, em que informações adquiridas podem contribuir para detecção e quantificação (MAHLEIN, 2016).

De acordo com Vieira Júnior e Fernandes (2015) a ocorrência de diversas doenças do cafeeiro estão distribuídas em todas as regiões produtoras do Brasil. Muitas dessas doenças podem inviabilizar economicamente o cultivo. Nesse sentido, o Sensoriamento Remoto possui várias aplicabilidades na agricultura (WEISS; JACOB; DUVEILLERC, 2020), sendo uma delas a detecção e monitoramento de doenças de plantas, por meio de diferentes sensores (GOGOI; DEKA; BORA, 2018).

De acordo com West et al. (2010), as doenças de plantas podem ocasionar modificações fisiológicas na taxa transpiratória, forma e coloração das folhas, além de mudanças na morfologia e densidade do dossel. Como as propriedades espectrais da vegetação são determinadas por atributos bioquímicos, modificações nessas características podem ocasionar mudanças na resposta espectral (SAHOO; RAY; MANJUNATH, 2015), assim como alterações de valores de índices de vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012), contribuindo com a detecção de estresse vegetal.

Marin et al. (2018), demonstraram o potencial das imagens Landsat 8 OLI/TIRS para identificar e monitorar mancha bacteriana do café causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. Dentre os índices de vegetação utilizados o MCARI1 (First Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index) apresentou maior correlação tanto com a incidência quanto com a severidade da doença. Com o auxílio da temperatura de brilho das imagens, áreas com temperatura ótima para a ocorrência da doença puderam ser mapeadas.

Katsuhama et al. (2018), a partir de imagens do satélite Landsat 7, também demonstraram a possibilidade de discriminação de áreas infectadas com ferrugem do café (*Hemileia Vastatrix*) usando o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). O método de monitoramento desenvolvido permite auxiliar na tomada de medidas preventivas em estágios iniciais da infecção.

Pires, Alves e Pozza (2020), por meio dos sensores orbitais Landsat-7/ ETM + e Landsat-8 / OLI-TIRS, também exploraram os sensores multiespectrais para o monitoramento da incidência da ferrugem na cultura do cafeeiro sob diferentes sistemas de irrigação (seca, autopropelido, gotejamento e pivô central). Os resultados apontaram que a maior variação espectral e temporal da ferrugem foi no sistema de irrigação por pivô central quando comparado aos demais sistemas de manejo de irrigação. Além disto, foi evidenciado que, quanto maior a incidência da ferrugem, menor a refletância na banda do infravermelho-



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



próximo (NIR) para todas as áreas avaliadas, independentemente do sistema de manejo de irrigação.

O aprendizado de máquina é uma ferramenta que proporciona várias contribuições na análise de dados de Sensoriamento Remoto (SCHEUNDERS; TUIA; MOSER, 2018), e na agricultura de precisão, inclusive na detecção de doenças de plantas a partir de dados radiométricos (LIAKOS et al., 2018). Na cafeicultura não é diferente.

Com o objetivo de explorar a utilidade das características do Sentinel-2 MSI na detecção e discriminação de níveis de ferrugem do cafeeiro, Chemura, Mutanga e Dube (2016) utilizaram dois algoritmos de classificação: Random Forest e análise discriminante de mínimos quadrados parciais (PLS-DA). Foram realizadas medições de reflectância de folhas usando um espectrômetro e reamostradas para simular bandas espectrais do sensor MSI (*MultiSpectral Instrument*) do Sentinel-2. Os resultados permitiram a discriminação dos níveis de infecção (saudáveis, moderados e graves) com alta precisão. As bandas derivadas do sensor e os índices de vegetação calculados usando informações espectrais localizadas na borda do vermelho, demonstraram sua utilidade na detecção das doenças. Assim como índices de vegetação otimizados, as bandas espectrais relacionadas ao RedEdge tiveram melhor desempenho na discriminação de ferrugem.

De forma similar ao trabalho anterior, porém utilizando espectrorradiômetro portátil, Chemura et al. (2018) avaliaram a utilidade das bandas do Sentinel-2 MSI na avaliação e modelagem da ferrugem do café. Modelos derivados do algoritmo de regressão de mínimos quadrados parciais de função de base radial (RBF-PLS) foram considerados satisfatórios para descrever a gravidade da ferrugem do café, assim como quatro bandas (B2: 490nm, B4: 665nm, B5: 705nm e B7: 783nm) de MSI do Sentinel-2 podem aumentar a estimativa de severidade ao nível de folha.

Miranda et al. (2020) propuseram a definição do algoritmo capaz de melhorar a discriminação da incidência de “necrose da baga do café” (*Colletotrichum* spp.) em imagens Landsat 8 OLI com diferentes métodos de correção atmosférica. As imagens foram classificadas pelos algoritmos Random Forest, Multilayer Perceptron e Naive Bayes, sendo os dois últimos definidos como os melhores classificadores, para detectar a incidência utilizando a correção atmosférica ATCOR (*Atmospheric and Topographic Correction for Satellite Imagery*).

Sabendo que nematóides parasitam e causam doenças em plantas hospedeiras, Oliveira et al. (2019) propuseram detectar a presença do fitopatógeno na cultura do café.



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



Por meio de um Veículo aéreo não tripulado (UAV), foram obtidas imagens no espectro do visível e feito um processo de segmentação das plantas saudáveis e doentes por meio de técnicas de aprendizado de máquina (*K-Nearest Neighbour Random Forest* e *Convolutional Network Network* (U-net)). A metodologia proposta mostra que a média da medida F, usada para avaliar o desempenho, foi maior para a rede U com segmentação manual, porém ainda há a necessidade de obter-se um maior conjunto de dados rotulados para melhorar a fase de aprendizado do modelo.

Ainda com a contribuição de algoritmos de aprendizado de máquina, Velásquez et al. (2020) propuseram um experimento que inclui um modelo de diagnóstico do estágio de desenvolvimento de ferrugem na folha do café, por meio da integração tecnológica de Sensoriamento Remoto (câmeras multiespectrais (RGB, infravermelho-próximo e Red Edge embarcadas em drones), Redes de Sensores sem Fio (abordagem multisensor) e técnicas de Deep Learning (Multi-Layer Perceptron (MLP) e Redes Neurais Convolucionais (CNNs)). A avaliação da doença foi semelhante pelo método visual e pela integração tecnológica, podendo-se afirmar que foi possível diagnosticar o estágio de desenvolvimento da ferrugem.

Portanto, como visto nos estudos relatados anteriormente, a pesquisa contínua em todos os níveis (solo, aeronave e satélite), e de forma interdisciplinar, potencialmente levará a avanços nos sistemas de detecção de estresse, colaborando assim, para a quebra das barreiras existentes entre Sensoriamento Remoto e a patologia vegetal (HEIM; CARNEGIE; ZARCO-TEJADA, 2019).

3 PERSPECTIVAS FUTURAS

A agricultura tem causado grandes impactos ao meio ambiente, necessitando cada vez mais de insumos para a produção, sendo que os recursos naturais são finitos. Assim, são necessárias novas formas sustentáveis de convívio com a natureza. Para o futuro uso racional dos recursos naturais, o sensoriamento remoto e as geotecnologias podem ser uma solução eficiente para compor as metodologias não destrutivas, menos onerosas e mais sustentáveis (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

Um ponto que merece destaque é a necessidade de obter dados sobre padrões espaciais das principais doenças em lavouras. Esses dados devem permitir a identificação de doenças de plantas e os estágios de doenças, com o intuito de potencializar as atividades de controle no tempo e espaço. Para tanto, faz-se necessário sensores de baixo custo, que possam detectar essas doenças (OERKE, 2020).



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



Além disso, Oerke (2020) afirma que identificar novas doenças no campo pode exigir novos sensores ou a adaptação de sensores existentes para receber novos sinais em espectros que capturem a resposta de compostos orgânicos voláteis. Por exemplo, sensores moldáveis a variáveis tais como: tecido da planta hospedeira, genótipos de patógenos, sintomas de doenças e condições ambientais.

É importante ressaltar que a detecção de uma doença nas plantas não é o suficiente para a proteção das culturas. São indispensáveis novos sensores, capazes de diferenciar doenças ou identificar tipos de doenças em infecções mistas, como por exemplo, o oídio e o míldio, que apresentam sintomas semelhantes na mesma cultura. Estudos voltados a essa área são mínimos, o que torna necessários mais estudos e novos sensores e dados, que serão cruciais na avaliação e comparação entre outros estudos (OERKE, 2020).

Zhang et al. (2019), também corroboram com os desafios anteriores, principalmente quanto a detecção em estágio inicial e também a detecção com precisão de uma doença específica sob condições realistas de campo. Para esta detecção precisa, é necessário, estabelecer uma base de conhecimento (dados) que possa ajudar a diminuir a incerteza no monitoramento. É necessário explorar a possibilidade de transferir modelos de monitoramentos. Para isso, alguns algoritmos de última geração, como algoritmos de aprendizado profundo, podem desempenhar um papel importante nesse processo.

O monitoramento contínuo da dinâmica das doenças ou pragas é outro problema. Para isso, a tendência é a busca de sinergia entre imagens de satélite de alta resolução com imagens de UAV para construir uma série de dados de Sensoriamento Remoto sucessivos. Outro desafio é o compartilhamento de dados e também informações. Para isso, sugere-se mobilizar a coleta de dados durante os processos de cultivo. Assim, é fundamental que os dados agrupados sejam facilmente acessíveis para suportar mineração de dados eficiente e treinamento de modelo com algoritmos sofisticados. Logo, espera-se a configuração de projetos internacionais correspondentes e redes de observação que permitem experimentos, coleta de dados, modelagem e ideias compartilhadas em uma escala continental ou global (ZHANG et al., 2019), para melhoria da detecção de doenças.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sensores remotos possuem diversas finalidades na cafeicultura, mas é na detecção de doenças que esta ciência e técnica pode ser utilizada para prever de forma precoce possíveis danos à cultura, otimizando o rendimento sem depender do uso de



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



defensivos (ALI et al., 2019).

Portanto, o presente trabalho demonstrou por meio de alguns estudos da literatura, o potencial do Sensoriamento Remoto em estudos de doenças na cafeicultura. Porém, a pesquisa requer interdisciplinaridade para acompanhar as tendências/perspectivas e solucionar os desafios impostos.

REFERÊNCIAS

ALI, M. M. et al. Non-destructive techniques of detecting plant diseases: A review”. **Physiological and Molecular Plant Pathology**. 2019.

BARBOSA, F. D. **Avaliação de métodos para o monitoramento da qualidade do café**. 2011. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2011.

CHEMURA, A. et al. Machine learning prediction of coffee rust severity on leaves using spectroradiometer data. **Tropical Plant Pathology**, v. 43, p.117-127, 2018.

CHEMURA, A.; MUTANGA, O.; DUBE, T. Separability of coffee leaf rust infection levels with machine learning methods at Sentinel-2 MSI spectral resolutions. **Precision Agriculture**, v. 18, n. 5, p. 859-881, 2016.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 2, maio. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cafe> . Acesso em: 01 de ago. de 2021.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento Remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de textos, 2017. 288 p.

GOGOI, N. K.; DEKA, B.; BORA, L.C. Remote sensing and its use in detection and monitoring plant diseases: A review. **Agricultural Reviews**, v. 39, p. 307-313. 2018.

HEIM, R. H. J.; CARNEGIE, A. J.; ZARCO-TEJADA, P. J. Breaking down barriers between remote sensing and plant pathology. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, p. 398-400. 2019.

KATSUHAMA, N. et al. Discrimination of areas infected with coffee leaf rust using a vegetation index. **Remote Sensing Letters**, v. 9, n.12, p. 1186-1194. 2018.

LIAKOS, K. Machine Learning in Agriculture: A Review. **Sensors**, v. 18, n. 8, p. 2674. 2018.



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



LILLESAND T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 7. ed. USA: Wiley, 2015. 736 p.

MAHLEIN, A. K. Plant disease detection by imaging sensors—parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. **Plant Disease**, v. 100, n. 2, p. 241-251, 2016.

MARIN, D. B. et al. Multispectral radiometric monitoring of bacterial blight of coffee. **Precision Agriculture**, 2018.

MATIELLO, B. et al. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro-RJ; Varginha-MG: SARC/PROCAFÉ, 2010. 280 p.

MIRANDA, J. R. *et al.* Detection of coffee berry necrosis by digital image processing of landsat 8 oli satellite imagery. **International Journal Of Applied Earth Observation**, v. 85, p. 1-10. 2020.

MOREIRA, M. A. et al. **Uso da geotecnologia para avaliar e monitorar a cafeicultura brasileira**: fase I - Estado de Minas Gerais. São José dos Campos: INPE, 2007.

OERKE, E. C. Remote Sensing of Diseases. **Annual Review of Phytopathology**, v. 58 p. 225-252, 2020.

OLIVEIRA, A. J et al. Segmenting and detecting nematode in coffee crops using aerial images. In: **International Conference on Computer Vision Systems**, Thessaloniki, Greece, 2019, p. 274-283.

PIRES, M. S. O.; ALVES, M.C.; POZZA, E. A. Multispectral radiometric characterization of coffee rust epidemic in different irrigation management systems. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 86, p. 102016. 2020.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176 p.

SAHOO, R. N.; RAY, S. S; MANJUNATH, K. R. Hyperspectral remote sensing of agriculture. **Current Science**, v. 108, p. 848-859. 2015.

SCHEUNDERS, P.; TUIA, D.; MOSER, G. Contributions of Machine Learning to Remote Sensing Data Analysis. In: Shunlin Liang et al. (Eds). **Comprehensive Remote Sensing**. Amsterdam, *Netherlands*, 2018. p. 199-243.

SILVA, F. M.; ALVES, M. C. **Cafeicultura de Precisão**. Lavras-MG: Editora UFLA, 2013. 227 p.



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



VELÁSQUEZ, D. et al. A Method for Detecting Coffee Leaf Rust through Wireless Sensor Networks Remote Sensing, and Deep Learning: Case Study of the Caturra Variety in Colombia. **Applied Sciences**, v. 10, n. 2, p. 697, 2020.

VIEIRA JUNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F. **Doenças do cafeeiro**. Porto Velho, Embrapa Rondônia, p. 281-307. 2015.

VIEIRA R. P. H.; MARCATTI, G. E. Detecção de anomalias na cultura do café utilizando imagens do satélite Sentinel-2. In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, SP, 2019.

WEISS, M.; JACOB, F.; DUVEILLERC, G. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. **Remote Sensing of Environment**, v. 236, p. 111402. 2020.

WEST, J. S. et al. Detection of Fungal Diseases Optically and Pathogen Inoculum by Air Sampling. In: Oerke, E. C. et al. (Eds). **Precision Crop Protection - the Challenge and Use of Heterogeneity**. London, 2010, p. 135-149.

ZHANG, J. et al. Monitoring plant diseases and pests through remote sensing technology: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 165, p. 104943. 2019.