

## SISTEMA DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS NA QUANTIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE LAVOURA CAFEEIRA

NICOLE LOPES BENTO<sup>1</sup>, MIRIAN DE LOURDES OLIVEIRA E SILVA<sup>2</sup>, GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERRAZ<sup>3</sup>, ROSALRA MARIA ALVES DE MORAIS<sup>1</sup>, AMARA LANA ABREU<sup>4</sup> E GISLAYNE FARIAS VALENTE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Escola de Engenharia (EENG), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras – MG.

<sup>2</sup> Pós Doutoranda Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Escola de Engenharia (EENG), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras – MG.

<sup>3</sup> Professor Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Escola de Engenharia (EENG), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras – MG.

<sup>4</sup> Mestranda Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Escola de Engenharia (EENG), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras – MG.

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** A cafeicultura é considerada uma commodity de significativa relevância mundial. Com isso, faz-se necessário compreender e monitorar as variabilidades existentes nas grandes lavouras pelo mundo. Para tanto, as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR), direcionadas ao monitoramento de uma cultura agrícola torna possível mapear e estudar as variabilidades espaciais e os fatores limitantes da produção. Este trabalho objetivou o mapeamento do Índice de Área Foliar (IAF) de uma cultura cafeeira localizada nas proximidades do município de Santo Antônio do Amparo - MG. Diante deste cenário, este trabalho analisou as diferenças estatísticas entre as potencialidades de imagens de alta resolução, geradas por dados de sensoriamento remoto multiespectral, obtidos a partir de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) e entre dados de campo. Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os valores da variável de estudo, considerando os dois métodos analisados, efetivando, portanto, a aplicação e estimativa do IAF por sensoriamento remoto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de Precisão e Digital. *Coffea arabica*. Veículo aéreo não tripulado (VANT).

## REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEM IN QUANTIFICATION OF THE LEAF AREA INDEX OF COFFEE CROP

**ABSTRACT:** Coffee growing is considered a commodity of significant global relevance. Therefore, it is necessary to understand and monitor the variability that exists in large crops around the world. To this end, Remote Sensing (SR) techniques, aimed at monitoring an agricultural crop, make it possible to map and study spatial variability and production limiting factors. This work aimed to map the Leaf Area Index (LAI) of a coffee crop located near the municipality of Santo Antônio do Amparo - MG. Given this scenario, this work analyzed the statistical differences between the potential of high-resolution images, generated by multispectral remote sensing data, obtained from Remotely Piloted Aircraft (RPA) and between field data. No statistically significant differences were detected between the values of the study

variable, considering the two methods analyzed, therefore implementing, and estimating the LAI by remote sensing.

**KEYWORDS:** Precision and Digital Agriculture. Coffee arabica. Unmanned aerial vehicle (UAV).

**INTRODUÇÃO:** A importância da área foliar de uma cultura é amplamente conhecida por ser um parâmetro indicativo de produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e a sua conversão em energia química (FAVARIN, et al., 2002; POCOCK et al., 2010; WHITE et al., 2010; BARBOSA et al., 2012). De acordo com WATSON (1952) a eficiência fotossintética depende da taxa fotossintética por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar, as quais, entre outros aspectos, são influenciadas pelas características da arquitetura da copa e da dimensão do sistema foto assimilador. Assim sendo, a superfície foliar de uma planta é a base do rendimento potencial da cultura. Além disso, o conhecimento da área foliar da planta permite a estimativa da perda de água, uma vez que as folhas são os principais órgãos que participam no processo transpiratório, responsável pela troca gasosa com o ambiente (COSTA et al., 2019). Dado o exposto, o conhecimento da variação temporal do índice de área foliar em culturas perenes poderá ser útil na avaliação de várias práticas culturais como poda, adubação, irrigação, espaçamento e aplicação de defensivos, entre outros. Os métodos utilizados para determinar a área foliar de uma cultura podem ser diretos ou indiretos e destrutivos ou não destrutivos. Os métodos diretos estão relacionados às medidas realizadas diretamente na planta já os métodos indiretos são baseados em medidas diretas e/ou difusas de transmissão de luz no dossel. Em contraste com as análises tradicionais, o sensoriamento remoto fornece uma estimativa rápida de parâmetros bioquímicos e biofísicos de plantas para grandes áreas (SANTOS et al., 2020; LI et al., 2014). Nos últimos anos, sensores remotos e técnicas de fotogrametria foram desenvolvidos, e os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS) são atualmente mais acessíveis e mais frequentemente usados para monitoramento remoto de culturas agrícolas. As RPAS podem ser utilizadas em áreas menores com facilidade na aquisição de dados em menor tempo para monitorar o crescimento de diversas culturas e podem gerar informações com modelos digitais de elevação e modelos digitais de terreno. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) de maneira direta, por meio de dados coletados em campo, e indireta, por meio dados calculados por intermédio das imagens áreas obtidas por Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (RPAS).

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área de estudo está contida na Fazenda Samambaia, que possui área total de 275.000 hectares, entre os meridianos 506.000 e 508.000 m W, e paralelo 7.680.000 e 7.690.000 m S, na zona UTM de projeção 23 S e referência geodésica Sirgas 2000 no município de Santo Antônio do Amparo, zona dos Campos das Vertentes, Minas Gerais, Brasil. A lavoura em estudo está cultivado com *Coffea Arabica* L. da cultivar Catucaí (2SL), transplantada em dezembro de 2018 com espaçamento entre linhas de 3,80 m, entre plantas de 0,50 m, altitude média de 1.022,00 m e presença de braquiária nas entrelinhas. O levantamento das imagens nas áreas de estudo foi realizado por uma Aeronave Remotamente Pilotada Matrice 100 (DJI, Shenzhen, China) com sensor embarcado Parrot Sequoia multiespectral com valores de captura de refletância descritos nas bandas espectrais de verde (550 a 590 nm), vermelho (660 a 700 nm), vermelho limítrofe (735 a 745 nm), infravermelho próximo (760 a 820 nm) e RGB (380 a 720 nm). O plano de voo foi realizado no software Precision Flight (versão 1.3.2, Precision Hawk, Raleigh, NC, EUA) com altura de voo definida em 50 m, velocidade de voo de 8 m/s, sobreposição de 80% × 80% e direção de voo do tipo transversal à linha de plantio. O processamento das imagens ocorreu no software PIX4D Mapper (PIX4D SA, Prilly, Suíça) com todos as etapas do processamento definidos em alta resolução. Procedeu-se a estimativa

do Índice de Área Foliar (IAF) de maneira direta por dados coletados em campo e estimativa indireta por dados calculados por intermédio das imagens áreas obtidas por Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (RPAS) nas datas de 8, 12 e 16 meses pós-transplântio conforme equação desenvolvida por Favarin et al. (2002):  $IAF = 0,0134 + 0,7276 \times D^2 \times h$ , onde IAF é o índice de área foliar (adimensional), D é o diâmetro da copa da planta (m) e h é a altura das plantas (m). O IAF calculado com as informações em campo se baseou na medição de altura das plantas e diâmetro da copa foram realizadas com régua convencional. Já o IAF via sensoriamento remoto foi calculado com base na obtenção das variáveis de altura e diâmetro de copa em ambiente GIS no software ArcGIS 10.4 (ESRI). A variável altura das plantas foi obtida pela subtração entre o Modelo Digital de Superfície por Modelo Digital de Terreno através do conjunto de funções do AcrToolbox na ferramenta 'Álgebra de Mapas' e a variável diâmetro da copa das plantas foi obtido medindo-se o maior eixo horizontal com base na ferramenta régua para medição de distâncias. O estudo das diferenças estatísticas consistiu em verificar diferenças entre com base em dados de campo (estimativa direta) e os dados das imagens aéreas/sensoriamento remoto (estimativa indireta). A normalidade dos dados foi testada por meio do teste estatístico de Anderson-Darling, e como foi verificada a normalidade dos dados, a análise das diferenças estatísticas foi realizada com base no teste paramétrico de Tukey a 5% de probabilidade no software R (R Development Core Team, projeto R, Nova Zelândia).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Foi observada a proximidade entre os dados medidos em campo e os dados calculados com base nas imagens aéreas, sendo as diferenças estatísticas para os dados de IAF para as três épocas de estudo apresentadas na Figura 1. Na Figura 1 está apresentado um gráfico de barras da média dos valores medidos em campo e das informações obtidas pelas imagens aéreas. Considerou-se a hipótese estatística que as estimativas do IAF pelos dois métodos testados seriam as mesmas. Os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade para a variável de estudo e períodos de estudo não foram significativos, indicando que não há diferença significativa entre os dois métodos para determinação do IAF, demonstrando conseqüentemente, a capacidade de estimativa adequada pelo método indireto via sensoriamento remoto e processamento digital de imagens.

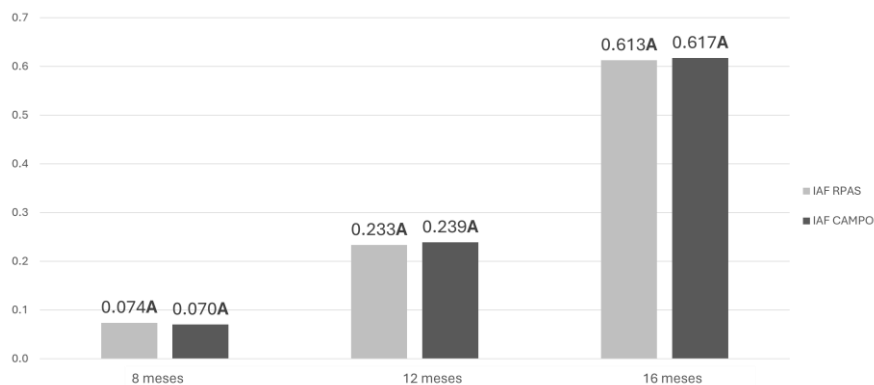


FIGURA 1. Diferenças estatísticas entre IAF medidos em campo e por imagens aéreas para os três períodos de estudo.

O método de estimativa digital é, portanto, eficiente para descrever o comportamento do IAF em campo, ressaltando-se ainda a aplicabilidade de uma maior abrangência de plantas de estudo, não restringindo apenas poucos pontos amostrais, fato normalmente considerado em medições em campo, resultando em dados de amostragem da cultura mais significativos ao passo que promove otimização do tempo de medição manual em campo, destacando portanto eficácia da aplicação da tecnologia, assim como evidenciado em estudos propostos por Bento et al. (2022), Santos et al. (2020) e Bendig et al. (2014).

**CONCLUSÕES:** Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os valores da variável de estudo considerando os dois métodos analisados, efetivando, portanto, a aplicação e estimativa do IAF por sensoriamento remoto.

**AGRADECIMENTOS:** UFLA, CNPq (projeto 305953/2020-6 e 310186/2023-4), FAPEMIG (projeto PPE-00118-22), EMBRAPA Café - Consórcio Pesquisa Café (projeto 10.18.20.041.00.00), CAPES e PPGEA/UFLA.

## **REFERÊNCIAS:**

- BARBOSA, G. A. MARTINS, R. T. FERREIRA, J. P. PENNACCHI, V. F. D. SOUZA, A. M. SOARES. Estimativa do IAF de cafeeiro a partir do volume de folhas e arquitetura da planta. **Coffee Science**, vol. 7, pp. 267-274, 2012.
- BENDIG, J.; BOLTEN, A.; BENNERTZ, S.; BROSCHEIT, J.; EICHFUSS, S.; BARETH, G. Estimating Biomass of Barley Using Crop Surface Models (CSMs) Derived from UAV-Based RGB Imaging. **Remote Sens.** 2014, 6, 10395–10412.
- BENTO, N.L.; FERRAZ, G.A.E.S.; BARATA, R.A.P.; SOARES, D.V.; SANTANA, L.S.; BARBOSA, B.D.S. Estimate and Temporal Monitoring of Height and Diameter of the Canopy of Recently Transplanted Coffee by a Remotely Piloted Aircraft System. **AgriEngineering**, 2022, 4, 207-215.
- COSTA, JÉFFERSON DE OLIVEIRA et al. Leaf area index and radiation extinction coefficient of a coffee canopy under variable drip irrigation levels. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, p. e42703, 2019.
- FAVARIN, D. J. L. DOURADO NETO, N.A.V. NOVA, M.D.G.G.V. FAVARIN. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, vol. 37, pp. 769-773, 2002.
- LI, L.; ZHANG, Q.; HUANG, D. A review of imaging techniques for plant phenotyping. **Sensors**, v. 14, n. 11, p. 20078-20111, 2014.
- POCOCK, MICHAEL JO; EVANS, DARREN M.; MEMMOTT, JANE. The impact of farm management on species-specific leaf area index (LAI): farm-scale data and predictive models. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 135, n. 4, p. 279-287, 2010.
- SANTOS, L.M.; BARBOSA, B.D.D.S.; DIOTTO, A.V.; MACIEL, D.T.; XAVIER, L.A. Biophysical parameters of coffee crop estimated by UAV RGB images. **Precis. Agric.** 2020, 21, 1227–1241. 2020.
- SANTOS, L. M. d. et al. Use of remotely piloted aircraft in precision agriculture: A review. **Dyna**, v. 86, n. 210, p. 284-291, 2019.
- WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in agronomy**, v. 4, p. 101-145, 1952.
- WHITE, DONALD A. et al. Observed and modelled leaf area index in Eucalyptus globulus plantations: tests of optimality and equilibrium hypotheses. **Tree Physiology**, v. 30, n. 7, p. 831-844, 2010.