

IMAGEM TERMOGRÁFICA OBTIDA POR AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA PARA ANÁLISE DE CAFEEIROS SUBMETIDOS A DIFERENTES TRATAMENTOS

LUANA M. D. SANTOS¹, GABRIEL A. E S. FERRAZ², LETÍCIA A. G. XAVIER³, PEDRO M. NETTO⁴, MARINA S. VILELA⁴, MILENE A. D. F. CARVALHO⁵

¹ Engº Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras - MG, (35) 3829-1362,

luanna_mendess@yahoo.com.br

² Engº Agrícola, Prof. Departamento de Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras - MG, gabriel.ferraz@ufla.br

³ Estudante de Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras - MG.

⁴ Engº Agrônomo, Mestre em Agronomia/Fitotecnia, UFLA, Lavras - MG

⁵ Engº Agrônoma, Doutora, Pesquisadora, Embrapa Café, Brasília - DF.

Apresentado no

L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2021

08 a 10 de novembro de 2021 – Congresso On-line

RESUMO: Câmeras termais tem uma grande aplicabilidade na agricultura. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de sensor termal acoplado a uma Aeronave Remotamente Pilotada (RPA-Remotely Piloted Aircraft) para o monitoramento da temperatura de cafeeiros. O estudo foi realizado em uma lavoura experimental situada na Universidade Federal de Lavras- UFLA, em Lavras-MG. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso. Nas parcelas, foram casualizados três manejos do solo, dois tipos de fertilizantes e cinco condicionadores de solo. Utilizou-se uma câmera termal FLIR DUO acoplada a uma RPA. A temperatura máxima encontrada foi maior nas plantas testemunhas independente do tipo de cobertura do solo e tipo de fertilizante. O mesmo resultado foi encontrado nos tratamentos na qual utilizou-se o Fertilizante Convencional (FC) e nos cafeeiros sob manejo convencional. Os condicionadores casca de café e composto orgânico apresentaram os menores valores de temperatura, assim como os Fertilizante de Liberação Controlada (FLC) e cafeeiros sob o manejo com mulching, seguido do manejo com braquiária. Foi possível utilizar câmera termal acoplada a uma RPA e obter dados consistentes com a literatura, constatando que este tipo de câmera apresenta elevado potencial para o monitoramento de cafeeiros submetido a diferentes tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., sensoriamento remoto, drone.

THERMOGRAPHIC IMAGE OBTAINED BY REMOTELY PILOTED AIRCRAFT FOR ANALYSIS OF COFFEE SUBMITTED TO DIFFERENT TREATMENTS

ABSTRACT: Thermal cameras have wide applicability in agriculture. This study aimed to evaluate the use of a thermal sensor coupled to a Remotely Piloted Aircraft (RPA) for monitoring the temperature of coffee trees. The study was carried out in an experimental field located at the Federal University of Lavras- UFLA, in Lavras-MG. A randomized block design was used. In the plots, three soil managements, two types of fertilizers, and five soil conditioners were randomized. A FLIR DUO thermal camera coupled to an RPA was used. The maximum temperature found was higher in the control plants regardless of the type of soil cover and type of fertilizer. The same result was found in the treatments in which the Conventional Fertilizer (FC) was used and in the coffee plants under conventional management. The conditioners of coffee husk and organic compost presented the lowest temperature values, as well as the Controlled Release Fertilizer (FLC) and coffee plants under management with mulching, followed by management with brachiaria. It was possible to use a thermal camera coupled to an RPA. Data consistent with the literature were obtained, and this type of camera has a high potential for monitoring coffee plants submitted to different treatments.

KEYWORDS: *Coffea arabica* L., remote sensing, drone.

INTRODUÇÃO: A produção brasileira de café desempenha papel fundamental na agricultura nacional e internacional com impactos diretos na economia global. Para manter o padrão de qualidade e quantidade a produção do grão requer certos cuidados. Segundo Voltolini et al. (2019), diversos são os fatores que interferem na produtividade e qualidade dos frutos, como a nutrição, as relações hídricas da planta, as características do solo, e muitos outros. Assim, segundo Castanheira et al. (2018) o uso de coberturas de solo, sejam elas vegetais como o capim braquiária ou artificiais como o filme de polietileno, em áreas com cafeeiros tem mostrado efeito positivo, tanto para as características do solo, quanto para as plantas. Diante disso, o sensoriamento remoto apresenta elevado potencial para o monitoramento das condições hídricas dos cultivos agrícolas, configurando-se em avaliações de baixo custo, de forma rápida e não destrutiva (CRUSIOL et al., 2018). Os autores Viana et al. (2018) pontuam que o uso de câmeras termais na agricultura tem uma grande aplicabilidade que vai desde avaliar o estresse hídrico a danos em frutas. Além disso os autores concluem que o Brasil ainda carece de avanço em pesquisa que use sensores termais na agricultura, tendo capacidade de expansão e desenvolvimento. Assim, estudos com este tipo de tecnologia devem ser explorados para que as discussões sejam geradas e as lacunas preenchidas. Com isso, sensores aerotransportados, como câmeras visível, infravermelho e termal acopladas a RPA permitem avaliar a condições hídricas de cafeeiros, possibilitando melhor manejo e tomada de decisões em relação às práticas culturais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de sensor termal acoplado a uma RPA para o monitoramento da temperatura de cafeeiros submetidos a diferentes coberturas do solo, tipos de fertilizante e condicionadores de solo.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em uma lavoura experimental do Setor da cafeicultura do Departamento de Agricultura-DAG, na Universidade Federal de Lavras- UFLA, em Lavras-MG. Com a cultivar “Mundo Novo 379-19”, espaçamento de 3,6 metros nas entrelinhas de plantio e 0,75 metros entre as plantas. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso. Nas parcelas, foram casualizados três manejos do solo: pós retirada do Mulching (PM) (Data retirada: 23 março de 2019), braquiária (B) e solo exposto (SE). Nas subparcelas, foram alocados os dois tipos de fertilizantes: fertilizante convencional (FC) e fertilizante de liberação controlada(FLC). Nas subparcelas, foram distribuídos os cinco condicionadores de solo: casca de café (CC), gesso agrícola (GA), polímero hidrorretentor (PH), composto orgânico (CO) e testemunha (T). Assim os fatores foram dispostos em esquema fatorial 3x2x5, perfazendo um total de 30 tratamentos. Cada unidade experimental foi composta por seis plantas, sendo consideradas como plantas úteis as quatro centrais. Entre as linhas de tratamento, utilizou-se uma linha de bordadura, de forma a evitar interferência. As imagens foram coletadas no dia 26 de novembro de 2019, no horário entre 9h30 e 11h30, utilizando uma câmera termal FLIR DUO, com espectro variando de 7,5 a 13,5 μm , acoplada a uma RPA com plataforma de asa rotativa com quatro hélices (quadricóptero), com decolagem e aterrissagem vertical, com autonomia de voo de até 23 minutos, controlada por controle remoto a uma altura de 10 m acima das plantas. Cada unidade experimental foi demarcada com uma placa de controle na cor branca e alumínio para serem destacadas nas imagens. As imagens capturadas foram armazenadas em um Cartão SD e a temperatura das unidades foi analisada utilizando-se o software FLIR Tools (Figura 1).



FIGURA 1. Software FLIR Tools utilizado para as análises das imagens térmicas. **FLIR Tools software used for thermal images analysis.**

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na Figura 2 observa-se a imagem RGB e a imagem termal processada no software FLIR Tools. Observa-se ainda que nas entrelinhas do cafeeiro, onde há solo exposto, a coloração foi mais alaranjada, evidenciando os maiores valores de temperatura. Já nas linhas dos cafeeiros observa-se uma coloração azulada, ou seja, apresentando temperaturas mais baixas quando comparado com solo exposto.

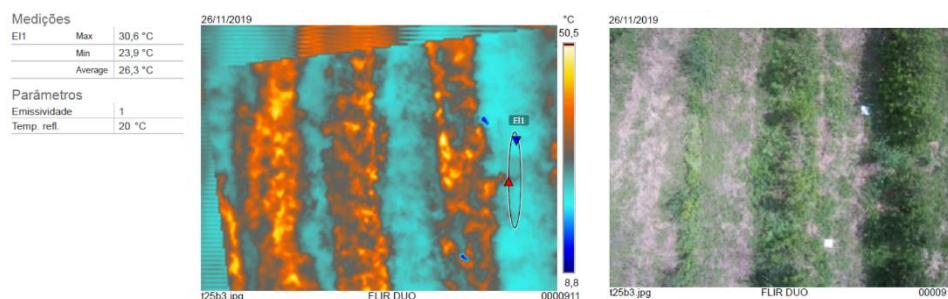


FIGURA 2. Resultado da termografia dos cafeeiros. **Result of thermography of coffee trees.**

Este estudo foi realizado com um tipo de câmera termal mais simples, que permite obter dados de temperatura em software próprio da câmera, sem a possibilidade de trabalhar com as imagens em outros softwares. Além disso, não foi realizada calibração da câmera como o estudo de Crusiol et al. (2017), no entanto os dados encontrados neste estudo foram coerentes e semelhantes aos da literatura. Na tabela 1 observa-se que a temperatura máxima encontrada foi maior nas plantas na qual não havia condicionadores, ou seja, as testemunhas apresentaram maiores valores de temperatura independentemente do tipo de cobertura do solo e tipo de fertilizante. Os condicionadores: casca de café e composto orgânico, apresentaram os menores valores de temperatura. Estudos realizado por Castanheira et al. (2019) encontraram resultados semelhantes, na qual as plantas cultivadas com casca de café apresentaram maiores estimativas do potencial hídrico foliar, seguidas de plantas cultivadas com composto orgânico. Os autores afirmam que a casca de café e composto orgânico são fontes de matéria orgânica, que permitem maior retenção de água e melhoram propriedades do solo. Com isso tem-se menores valores de temperatura ao utilizar estes condicionadores. Comparando os tipos de Fertilizantes, o FLC se destacou em todos os tratamentos com a menor temperatura, independente do condicionador e da cobertura. Já a maior temperatura foi encontrada nos tratamentos na qual utilizou-se o FC. Analisando o manejo da cobertura do solo, verifica-se a menor temperatura no cafeeiro sob o manejo pós a retirada do Mulching, seguido do manejo com braquiária. Ressalta-se que a maior temperatura foi encontrada no cafeeiro sob manejo convencional (Tabela 1). Resultados semelhantes foi encontrado nos estudos realizados por Voltolini et al. (2019), na qual a umidade do solo nos manejos com a utilização do filme de polietileno e do capim braquiária foram iguais entre si e superiores aos valores encontrados nos solos com o manejo da cobertura de solo com a vegetação espontânea. Assim percebe-se que o Mulching proporciona maior retenção da umidade no solo favorecendo temperatura mais baixas para os cafeeiros. Neste estudo, encontramos bons resultados mesmo 8 meses após a retirada do Mulching, isso deve-se ao fato das plantas que receberam o filme Mulching tiveram um desenvolvimento foliar superior aos outros tratamentos devido a umidade proporcionada pelo filme, assim após a retirada do filme as plantas apresentavam um maior enfolhamento que favoreceu a baixa temperatura.

TABELA 1. Resultado das Temperatura máxima, mínima e média obtidas no software FLIR Tools. **Result of the maximum, minimum and average temperature obtained in the FLIR Tools software.**

T	M	m	$\bar{x}$	T	M	m	$\bar{x}$
PM-FC-CC	27,4	23,6	24,6	B-FLC-CC	28	23,5	23,8
PM-FC-GA	27,4	23,3	24,4	B-FLC-GA	29	24,9	27,1
PM-FC-PH	27,8	23,9	25	B-FLC-PH	29,1	25,3	27,7
PM-FC-CO	26,9	23,5	24,6	B-FLC-CO	28	23,6	25,2
PM-FC-T	28,3	24	25,1	B-FLC-T	29,2	26,9	28

PM-FLC-CC	25,8	23,1	24,3	SE-FC-CC	28,9	24	25,3
PM-FLC-GA	26,7	23,5	24,8	SE-FC-GA	29,4	23,9	25,7
PM-FLC-PH	26,7	23,9	25	SE-FC-PH	25,2	24,1	24,7
PM-FLC-CO	26,2	24	24,8	SE-FC-CO	26,2	23,9	24,7
PM-FLC-T	26,8	23,2	24,9	SE-FC-T	30,6	23,9	26,1
B-FC-CC	29,6	26,9	27,8	SE-FLC-CC	27,4	23,7	25,1
B-FC-GA	29,6	26,2	27,7	SE-FLC-GA	27,1	23,6	25
B-FC-PH	28,4	24,4	26,6	SE-FLC-PH	28,2	23,8	25,1
B-FC-CO	26,8	25,1	25,7	SE-FLC-CO	27,2	23,2	24,4
B-FC-T	29,9	27,1	28,3	SE-FLC-T	29,7	24,1	25,5

T- tratamento, M- Temperatura Máxima (°C), m- Temperatura Mínima (°C), $\bar{x}$ -Temperatura média (°C)

Estudos realizados por Crusiol et al. (2018) utilizando imagem termal acoplada a uma RPA observaram que plantas submetidas à maior disponibilidade hídrica apresentaram as menores temperaturas do dossel. Já plantas que receberam apenas precipitação pluviométrica apresentaram temperaturas intermediárias, sendo que aquelas submetidas ao déficit hídrico apresentaram as maiores temperaturas do dossel. Tais resultados corroboram com este estudo.

CONCLUSÃO: Foi possível utilizar câmera termal acoplada a uma RPA. Os dados obtidos são consistentes com a literatura e este tipo de câmera apresenta elevado potencial para o monitoramento de cafeeiros submetido a diferentes tratamentos.

AGRADECIMENTOS: À UFLA e ao PPGEA pelo apoio ao estudo. A CAPES pela bolsa de estudo dos autores, à FAPEMIG pelo auxílio financeiro para participação na divulgação científica do trabalho, ao SISU/MEC/PET, ao Consórcio Pesquisa Café e ao Inovacafé.

REFERÊNCIAS

CASTANHEIRA, D. T.; BARCELOS, T. R.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, M. A. D. F.; REZENDE, T. T.; BASTOS, I. D. S.; CRUVINEL, A. H. Agronomic techniques for mitigating the effects of water restriction on coffee crops. **Coffee Science**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 104 - 115, 2019.

CRUSIOL, L. G. T.; NANNI, M. R.; SILVA, G. F. C.; FURLANETTO, R. H.; GUALBERTO, A. A. da S.; GASPAROTTO, A. de C.; PAULA de M. N. Semi professional digital camera calibration techniques for Vis/NIR spectral data acquisition from an unmanned aerial vehicle. **International Journal of Remote Sensing**, [S.l.], v. 38, n. 8-10, p. 2717-2736, 2017.

CRUSIOL, L.; NANNI, M.; FURLANETTO, R.; SIBALDELLI, R.; MERTZ-HENNING, L. M.; NEPOMUCENO, A.; FARIAS, J. NDVI e imagem termal obtidos por VANT aplicados ao monitoramento da condição hídrica da cultura da soja. In Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

VIANA, L. A.; ZAMBOLIM, L.; SOUSA, T. V.; TOMAZ, D. C. POTENTIAL USE OF THERMAL CAMERA COUPLED IN UAV FOR CULTURE MONITORING. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, [S.l.], v.12, n.3, 286-298, 2018.

VOLTOLINI, G. B.; GUIMARÃES, R. J.; CASTANHEIRA, D. T.; DA SILVA, L. C.; RESENDE, L. S., DE OLIVEIRA ALECRIM, A.; REGINA, S. D. S. P. Características químicas e físicas do solo e morfologia de cafeeiros em função de diferentes técnicas agrônomicas. X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2019.