

IMAGENS MULTIESPECTRAIS NA AVALIAÇÃO DE DANOS POR GEADA EM PLANTIO DE CAFEIROS COM VARIAÇÕES DE RISCO CLIMÁTICO

GISLAYNE FARIAS VALENTE ¹, GABRIEL ARAUJO E SILVA FERRAZ ², FELIPE SCHWERZ ³, RAFAEL DE OLIVEIRA FARIA⁴, MIRIAN DE LOURDES OLIVEIRA E SILVA ⁵, NICOLE LOPES BENTO ⁶

¹ Pós doutoranda, Programa de Pós Graduação de Engenharia Agrícola (PPGEA), Universidade Federal de Lavras (UFLA), gisllaynefv@hotmail.com.

² Professor Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Escola de Engenharia (EENG), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras – MG.

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

⁴ Professor Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Escola de Engenharia (EENG), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras – MG

⁵ Pós doutoranda, Programa de Pós Graduação de Engenharia Agrícola (PPGEA), Universidade Federal de Lavras (UFLA).

⁶ Doutoranda, Programa de Pós Graduação de Engenharia Agrícola (PPGEA), Universidade Federal de Lavras (UFLA).

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

RESUMO: Os danos ocasionados por geada podem reduzir a área plantada e a produção de café. A intensidade desses danos pode variar dentro de uma determinada área devido a diferenças nas zonas climáticas. Compreender essa disparidade é essencial para desenvolver estratégias de manejo e mitigação eficazes. Este estudo teve como objetivo avaliar a diferença de danos provocados pela geada em diferentes zonas climáticas em uma lavoura cafeeira, utilizando imagens multiespectrais obtidas por aeronave remotamente pilotada. O estudo foi realizado em lavoura comercial em Minas Gerais, Brasil, onde foram feitas avaliações visuais de danos e voo com aeronave remotamente pilotada três dias após o evento geada. As análises visuais dos danos revelaram três distintas áreas de risco climático dentro da lavoura cafeeira, classificadas como alto, baixo e médio risco. Por meio da aquisição e análise de imagens, especialmente ao utilizar o índice de vegetação NDVI, os danos foliares causados pela geada nas três áreas de risco foram claramente identificados. Os resultados sugerem que o uso de sensoriamento remoto pode ajudar os produtores a avaliar e reduzir os danos causados pela geada, minimizando as perdas na produção.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, cafeicultura de precisão, agricultura de precisão e digital.

MULTISPECTRAL IMAGES IN THE EVALUATION OF FROST DAMAGE IN COFFEE PLANTATIONS WITH CLIMATE RISK VARIATIONS

ABSTRACT: Frost damage can reduce the planted area and coffee production. The intensity of these damages may vary within a certain area due to differences in climatic zones. Understanding this disparity is essential for developing effective management and mitigation strategies. This study aimed to assess the difference in frost damage across different climatic zones in a coffee plantation using multispectral images obtained by a remotely piloted aircraft. The study was conducted in a commercial plantation in Minas Gerais, Brazil, where visual assessments of damage and flights with a remotely piloted aircraft were conducted three days after the frost event. Visual analyses of the damages revealed three distinct climatic

risk areas within the coffee plantation, classified as high, low, and medium risk. Through the acquisition and analysis of images, especially when using the NDVI vegetation index, foliar damage caused by frost in the three risk areas was clearly identified. The results suggest that remote sensing can assist producers in assessing and reducing frost damage, minimizing production losses.

KEYWORDS: remote sensing, precision coffee growing, digital and precision agriculture.

INTRODUÇÃO: A geada em plantações de café é um fenômeno microclimático que ocorre quando a temperatura desce abaixo do ponto de congelamento da água. Em terrenos inclinados, o ar frio tende a se acumular nas partes inferiores da encosta, como depressões ou vales, intensificando os efeitos da geada nessas áreas (CAMARGO; CAMARGO, 2004). Portanto, a topografia do terreno desempenha um papel crucial na variabilidade climática, resultando em diferentes níveis de risco climático nas áreas de plantio (KUMHÁLOVÁ; MOUDRÝ, 2014). Os danos causados pela geada nas plantas de cafeeiros podem ter um impacto significativo na redução da qualidade e produtividade da lavoura. Um dos principais efeitos da geada nas plantas é a redução da área foliar, bem como pelos processos de necrose e senescência das folhas. Isso resulta na redução da absorção de radiação solar e da taxa de fotossíntese (MARIN, et al., 2021).

Após a ocorrência da geada, os produtores precisam quantificar os danos para ajustar o plano de manejo e intervenção, podendo até mesmo considerar a substituição de plantas ou de toda a lavoura. Tradicionalmente, os prejuízos são avaliados pela área afetada na propriedade e pela intensidade dos danos nos cafeeiros, com uma espera de 30 a 60 dias para uma avaliação mais precisa, o que pode resultar em intervenções tardias (ANDRADE et al., 2021). No entanto, a avaliação do impacto da geada nos cafezais ainda depende de métodos convencionais, que são caros, subjetivos e demorados, muitas vezes levando à especulação no mercado de café devido à falta de uma avaliação precisa e rápida dos danos (RAFAELLI; MOREIRA; FARIA, 2006).

Em estudo recente, Marin et al. (2021), avaliaram o potencial de uso de imagens multiespectrais obtidas por veículo aéreo remotamente pilotado e índices de vegetação para analisar e identificar danos causados por geadas em plantas de café. Os resultados demonstraram que os índices de vegetação tiveram uma forte relação e alta precisão com os danos causados pela geada. No entanto, estudos do impacto da geada em plantios de café com índices de vegetação baseados em RPA ainda é incipiente. Nesse contexto, o objetivo principal deste estudo foi investigar o impacto das geadas na cultura do café, utilizando índices de vegetação, em uma lavoura cafeeira com oito anos de idade.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado na Fazenda Bom Jardim, situada em Santo Antônio do Amparo, na região do Oeste de Minas Gerais, Brasil. As coordenadas geográficas da fazenda são 21°00'58.9"S de latitude e 44°55'24.9"W de longitude, com uma altitude de 950 metros. A geada ocorreu no dia 19 de julho de 2021, a temperatura mínima observada em termômetro localizado na área de estudo foi de -1,7°C. A área experimental utilizada para o plantio de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) possuía 8 anos de idade na data do evento geada e abrangia 35.176 m². A elevação máxima medida foi de 942 metros e a mínima foi de 925 metros. A inclinação média da área foi de 8,5%, e os cafeeiros cultivados pertenciam a cultivar Catucaí vermelha IAC 144. No inverno, o sul de Minas Gerais enfrenta temperaturas extremamente baixas, frequentemente chegando a 0°C ou abaixo, o que favorece a formação de geadas. A topografia da região, com suas altitudes elevadas e planícies, contribui para esse fenômeno. Cada área foi subdividida com base na metodologia de Marin et al. (2021) para classificar o grau de risco de danos nas plantas como baixo (B) ou alto (A)

(Figura 1). Essa classificação considerou critérios que avaliam a variação de altitude e topografia, levando em conta variações na inclinação do terreno e, principalmente a configuração do terreno. A designação de "Alto Risco" abrange a área de baixada, caracterizado por altitudes mais baixas, enquanto a classificação de "Baixo Risco" compreende a encosta do terreno. Essa categorização busca refletir a influência da topografia na exposição das áreas de riscos específicos à severidade de dano da geada.



FIGURA 1. Divisão da área experimental em função das zonas de risco climático.

A avaliação visual de danos causados por geada (DG) em cafeeiros foi realizada de acordo com metodologia descrita por e Marin et al. (2021). As imagens foram obtidas utilizando uma aeronave pilotada remotamente (RPA) com uma câmera multiespectral acoplada. A RPA utilizada foi a 3DR Solo (3D Robotics, Berkeley, CA, EUA). As imagens foram capturadas pela câmera multiespectral Parrot Sequoia. As imagens georreferenciadas foram processadas no software Pix4Dmapper, versão estudante (PIX4D, Lausanne, Suíça). O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) das imagens foi calculado usando o software QGIS 3.4.14-Madeira (QGIS Development Team, 2018). Os dados visuais de DG foram analisados pela análise de variância e teste de médias Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados da análise de tukey para os dados causados por geada (DG) nas áreas de risco climático estão apresentados na Tabela 1. Os maiores danos foram observados nas áreas de alto risco climático (A) com valores próximos a 39%. Isso demonstra a influência da topografia no escoamento do ar frio no terreno que vai ser acumulado na área mais baixa, no vale. Ou seja, independente da direção dos ventos, a massa de ar frio irá se acumular no fundo do vale.

TABELA 1. Síntese dos valores do teste de médias para o dano por geada nas áreas de Baixo Risco (B), Médio Risco (M) e Alto risco (A). DG: Danos ocasionados por geada e D.P.: desvio padrão.

	Áreas de favorabilidade climática		
	Baixo risco (B)	Médio risco (M)	Alto risco (A)
DG (%)	4,06 a	28,22 b	38,61 c
DP	3,55	7,34	10,54

Já as plantas na área de baixo risco climático (B) e médio risco (M) apresentaram valores de 4 e 28, respectivamente. O fato de os cafeeiros com oito anos de idade apresentarem um maior DG na zona de risco A sugere uma influência significativa da localização das plantas no vigor vegetativo e na resistência estrutural dos tecidos da planta. Esta observação destaca a importância das condições climáticas favoráveis e a idade da planta na severidade dos danos causados pela geada nos cafeeiros. Em estudos semelhantes, Marin et al. (2021), também observaram o maior valor de dano por geada em cafeeiros localizados na zona de alto risco climático para ocorrência de geadas. O mapa de índice de vegetação foi gerado para visualização dos danos das plantas após a geada. Na Figura 2 está apresentado o mapa do índice de vegetação NDVI.

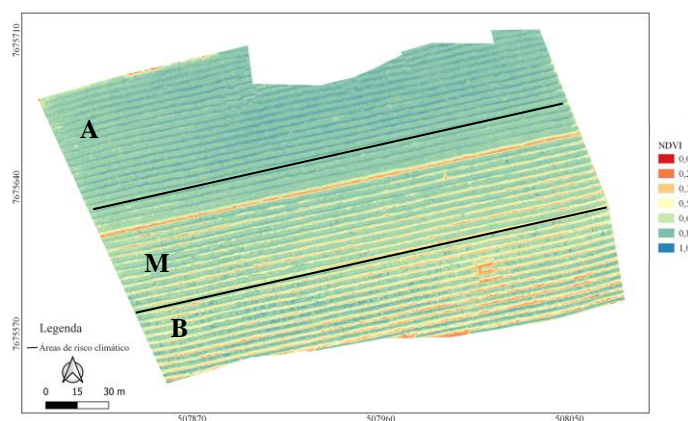


FIGURA 2. Mapa de índice vegetativo NDVI em área com lavoura de café com oito anos de idade nas áreas de alto (A), médio (M), e baixo (B) risco climático.

O NDVI revelou ser sensível ao evidenciar as diferenças entre as plantas afetadas pelas zonas de alto e baixo risco logo após a geada. Após a geada a refletância na região NIR é reduzida, provavelmente devido à combinação de mudanças na concentração de pigmento e teor de água (DUDDU et al., 2018). Gabbrielli et al. (2022), avaliaram o potencial dos índices de vegetação para detectar danos após eventos de geada em plantas de cobertura. Constataram que tanto o Índice de Vegetação (NDVI) foi bem sucedido em fornecer informações sobre os danos causados nas folhas. De modo geral, o índice de vegetação avaliado neste estudo demonstrou ser semelhante aos dados do número de folhas avaliados em campo, indicando o grande potencial do uso de imagens obtidas por RPA.

CONCLUSÕES: Os danos observados pela geada na cultura do cafeeiro foram influenciados pela zona de risco climático. O uso de RPA se mostrou uma ferramenta eficaz para avaliar os danos causados pela geada em plantas de café por meio da análise e mapeamento do NDVI.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem o apoio financeiro das agências de fomento CNPq (projeto 305953/2020-6), FAPEMIG (projeto PPE-00118-22), EMBRAPA Café - Consórcio Pesquisa Café (projeto 10.18.20.041.00.00) e CAPES, e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFLA pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS: ANDRADE, V. T; CARVALHO, G. R; FERREIRA, A. D. Geada do café de 2021 - impactos na cafeicultura e o que o produtor pode fazer. **Site Epamig**, 2022.

AMARGO, P.; CAMARGO, M. B. Frost in Coffee Crops: Frost Characteristics, Damaging Effects on Coffee and Alleviation Options. In: COFFEE: Growing, Processing, Sustaining Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers. 1. ed. [Ebook]. Capítulo 11, p. 355-369. 2004.

GABBRIELLI M, et al. Satellite-Based Frost Damage Detection in Support of Winter Cover Crops Management: A Case Study on White Mustard. **Agronomy**. V. 12, n. 9, p. 2025, 2022.

KUMHÁLOVÁ, J.; MOUDRÝ, V. Topographical characteristics for precision agriculture in conditions of the Czech Republic. **Applied Geography**, v. 50, p. 90-98. 2014.

MARIN, D. B. et al. Mul-sensoriamento remoto espectral na identificação e mapeamento de variáveis bióticas e abióticas do cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 66 n. 2, p. 142–153, 2019.

MARIN, D. B. et al. Unmanned aerial vehicle to evaluate frost damage in coffee plants. **Precision Agriculture**, v. 22, p.1845–1860, 2021.

Pix4dmapper Software Manual Pix4D Support. **Lausanne, Suíça: Pix4D SA**.2013b. Disponível em: <https://support.pix4d.com/forums/22655307-Manual>.

Qgis Development Team. QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project: Beaverton, OR, USA**, 2018.

RAFAELLI, D. R., et al. Análise do potencial de dados MODIS para monitorar o impacto de geada em nível estadual e em lavouras de café. **Agricultura em São Paulo**, v. 53, n. 1, p. 5-15, 2006.