AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Efeito da chuva de granizo em variedades do café arábica por meio de índices de vegetação

Effect of hailstorm on Arabica coffee varieties by means of vegetation indices

Sonia Armbrust Rodrigues
Egressa da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
E-mail: sonia.armbrust09@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0535-7255

Jorge Wilson Cortez
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
E-mail: jorgecortez@ufgd.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-1120-719X

Hermano Jose Ribeiro Henriques
Egresso da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
E-mail: hermano.henriques.hh@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2878-2115

Data de recebimento: 24/02/2021
Data de aprovação: 16/07/2021
DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v14i54.13940

Resumo: Dados obtidos por Sensoriamento Remoto podem auxiliar no monitoramento, identificação e mapeamento de características relacionadas às culturas, principalmente por meio de índices de vegetação (IV). Nesse sentido, objetivou-se avaliar índices de vegetação nas variedades de café arábica Mundo Novo e Catuaí, antes e após a chuva de granizo. As avaliações ocorreram em janeiro de 2019 nas datas antes e após a ocorrência do fenômeno por meios dos índices de vegetação NDVI e NDRE. Os dados dos IVs foram submetidos à análise estatística descritiva e a análise espacial por meio dos mapas temáticos nas datas avaliadas. Verificou que os índices de vegetação foram maiores após a precipitação de granizo, demonstrando que não foram capazes de detectar a desfolha, provavelmente em virtude de tratamento fitossanitário aplicado em sequência à chuva de granizo. O índice NDRE é mais sensível que o NDVI para captar as variações nos IVs nas variedades do café arábica.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Agricultura de Precisão. NDVI.

Abstract: Data obtained by Remote Sensing can help in the monitoring, identification and mapping of crop-related characteristics, mainly through vegetation indexes (IV). In this sense, this study aimed to evaluate variety indexes in the Arabica coffee varieties Mundo Novo and Catuaí, before and after the hailstorm. The stories occurred in January 2019 on the dates before and after the occurrence of the phenomenon using the NDVI and NDRE vegetation indices. The data from the IVs were analyzed using descriptive statistical analysis and spatial analysis using thematic maps on the evaluated dates. He found that the vegetation indexes were higher after hail transformation, demonstrating that they were not able to detect defoliation, probably due to phytosanitary treatment applied in sequence

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

to hail rain. The NDRE index is more sensitive than the NDVI to capture variations in IVs in Arabica coffee varieties.

Keywords: Remote Sensing. Precision Agriculture. NDVI.

1 Introdução

O café é uma das *commodities* mais importantes do agronegócio brasileiro, pois o Brasil é o maior produtor e exportador mundial da cultura. Devido ao relevo e a elevadas altitudes de alguns municípios, são afetados por fenômenos agrometeorológicos como a ocorrência de chuvas de granizo, geadas e ventos frios, que prejudicam o cultivo devido aos danos ocasionados ao cafezal, como desfolha e queima das plantas (Pinto Neto *et al.*, 2014).

Dessa forma, a Agricultura de Precisão (AP) pode auxiliar no monitoramento dessa cultura por meio do Sensoriamento Remoto, possibilitando identificar e mapear parâmetros da cultura, por meio de imagens obtidas por sensores embarcados em satélites. Assim, os sensores medem a refletância emitida pela planta e a partir desses dados é possível gerar índices como, por exemplo, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) que é o mais conhecido e se correlaciona com a quantidade de massa vegetal, assim esses mapas gerados pela AP ajudam na gestão da lavoura (Molin *et al.*, 2015).

O NDRE é o índice de vegetação por diferença normalizada da borda do vermelho que também é utilizado da detectar o estresse nas plantas (Lowe *et al.*, 2017), mostrando maior sensibilidade como indicador de biomassa apresentando melhores resultados (Amaral *et al.*, 2015), entretanto possui poucos estudos com esse índice. Putra & Soni (2017) verificaram que novas faixas da banda na área de borda vermelha são propostas como bandas alternativas na estimativa do teor de clorofila.

Os índices vegetativos indicam características da cultura como, por exemplo, vigor da planta, que está relacionado ao estresse hídrico (Crusciol *et al.*, 2017) e, também do ambiente, como a alta dependência da geometria de incidência da radiação e sua interação com as características da arquitetura dos dosséis vegetativos (Kanke *et al.*, 2016).

Assim, o uso de imagens de satélite pode ser utilizado para monitoramento das culturas, como a do café. Além disso, os dados utilizados por meio de imagens de satélites possuem fácil acesso e baixo custo. Neste contexto, objetivou-se avaliar o desempenho ou comportamento de índices de vegetação (NDVI e NDRE) em café arábica utilizando imagens de satélites antes e após a chuva de granizo.

2 Materiais e Métodos

O estudo foi realizado em área comercial localizada nas coordenadas geográficas de latitude S 18°49'" e longitude W 47°35'", situado no município de Romaria no estado de Minas Gerais (Figura 1). O solo é classificado como Latossolo Vermelho e o clima segundo classificação de Köppen é do tipo Cwa, caracterizado como temperado úmido com inverno seco e verão quente.

A precipitação pluviométrica durante o período de condução do experimento foi proveniente do ponto pluviométrico 13.108, localizado no município de Romaria, estado de Minas Gerais, às coordenadas de Latitude S 18°50'24.40" e longitude W 47°34'01.10" (Figura 2). A temperatura e umidade foram oriundas da estação meteorológica da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda (Cooxupé), dados em plataforma Web (SISMET).

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Figura 1. Área Experimental no municipio de Romaria - MG.

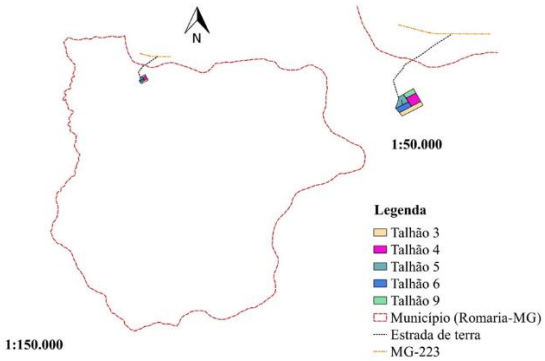
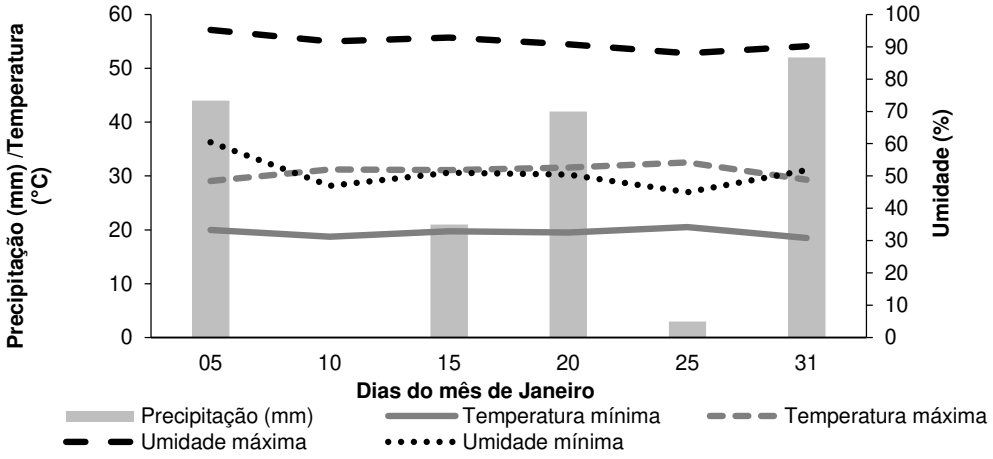


Figura 2. Dados de precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima (Cº), umidade máxima e mínima (%) do mês de janeiro de 2019. Fonte: Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé (Cooxupé).



O estudo foi conduzido na cultura do café, estando alocadas as espécies do café arábica, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Talhões, área amostral e variedade da área experimental.

Talhão	Variedade	Área (ha)
3	Mundo Novo	6,24
4	Mundo Novo	8,43
5	Catuaí	6,48
6	Mundo Novo	6,20
9	Catuaí	3,86

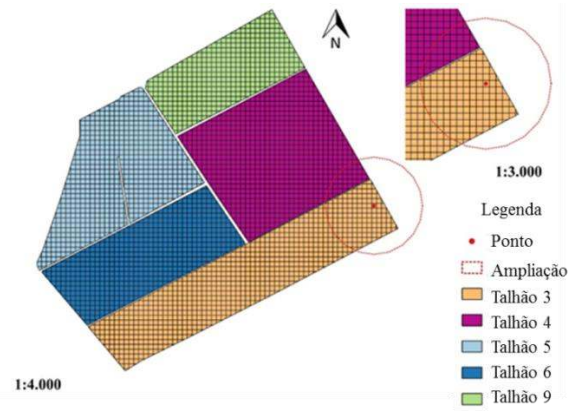
No dia 18 de janeiro de 2019, início da manhã, ocorreu na região uma chuva de granizo que provocou desfolha e também a derrubada de frutos de café na área indicada, totalizando 31 hectares (Figura 1). Assim, optou-se por avaliar o dano causado pela chuva de granizo por meio de uma análise temporal dos índices de vegetação nas datas antes e após a ocorrência desse fenômeno. Após a chuva de granizo o produtor procedeu com uma aplicação de cobre na área, uma vez que o mesmo tem a função de inibir a entrada de doenças nos machucados causados pelo granizo.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Definiu-se então as datas de 15/01/2019 por ser anterior à chuva de granizo e de 20/01/2019, 25/01/2019 e 30/01/2019 como datas posteriores a ocorrência, sendo utilizadas várias datas para analisar a recuperação ou desfolha provocada pelo fenômeno.

O esquema amostral utilizado foi constituído por 853 parcelas correspondente ao talhão 3, 832 parcelas ao talhão 4, 690 ao talhão 5, 606 ao talhão 6, e 455 ao talhão 9, sendo cada parcela constituída por um pixel de dimensões 10 x 10 m, perfazendo uma área de 100 m^2 (Figura 3).

Figura 3. Área experimental e as parcelas experimentais.



As imagens orbitais para a determinação dos índices de vegetação (IVs) foram obtidas por meio do site de Serviços Geológicos dos Estados Unidos, USGS (United States Geological Survey). Os instrumentos imaginadores selecionados para o levantamento foram Sentinel-2A e Sentinel-2B.

Para a obtenção dos IVs foram utilizadas as bandas: B4, referente ao comprimento de onda vermelho, B8, ao infravermelho próximo, e B5, ao vermelho da borda (Tabela 2).

Tabela 2. Componentes dos instrumentos imageadores Sentinel-2A e Sentinel- 2B.

Resolução	Banda	Nome da banda	Comprimento de onda (nm)
10	B4	Vermelho	665
	B8	Infravermelho Próximo	842
20	B5	Vermelho da Borda	705

Obs.: Resoluções espaciais em metros (m), comprimentos de ondas em nanômetros (nm).

De posse das imagens, com o auxílio do software geoestatístico em plataforma livre QGIS, foram realizadas as correções atmosféricas pelo complemento Semi Automatic Classification Plugin, complemento que permite a classificação supervisionada de imagens de sensoriamento remoto. O índice de refletância das bandas B4, B8, e B5, foi corrigido realizando a transformação da Reflectância no Topo da Atmosfera (Top Of Atmosphere Reflectance - TOA) para Reflectância na Base da Atmosfera (Bottom Of Atmosphere Reflectance – BOA). A resolução espacial da banda B5 foi redimensionada automaticamente para 10 m no processo correção. As imagens corrigidas encontram-se no formato Raster, sendo este um conjunto de células com espaçamento regular, onde cada célula é representada por valor numérico específico e com intensidade radiométrica em nanômetros (nm), sendo denominada PIXEL (Molin *et al.*, 2015).

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Os IVs foram calculados com o auxílio do software geoestatístico em plataforma livre QGIS sendo utilizado a Calculadora Raster, algoritmo com a capacidade de realizar os cálculos referentes às expressões matemáticas de cada índice de vegetação (IV), sendo estes: IV por diferença normalizada (NDVI), Vian *et al.* (2018), Equação (1); IV por diferença normalizada da borda vermelha (NDRE), Fitzgerald *et al.* (2006) Equação (2).

NDVI = (Nir – Red) / (Nir+Red) (1)

NDRE = (Nir- Red Edge) / (Nir + Red Edge) (2)

Em que:

Nir - infravermelho próximo;

Red - vermelho;

Red Edge - vermelho da borda;

Por fim, todos os IV_S foram agrupados em cinco classes, sendo estas: alta, média alta, média, média baixa, e baixa intensidade.

Os IVs foram submetidos à análise estatística descritiva e a análise espacial por meio dos mapas temáticos dos IVs nas datas avaliadas.

3 Resultados

Os dados dos IV apresentaram baixa variabilidade (Tabela 3 e 4) para os talhões com a variedade Catuai e Mundo Novo, constatado pelos baixos valores de amplitude, desvio-padrão e coeficiente de variação (Pimentel-Gomes, 1985), resultando na aproximação entre a média e a mediana e indicando que houve uniformidade dos indices de vegetação.

Tabela 3. Estatística descritiva dos índices de vegetação (IV) para o Talhão 5 e 9 da variedade Catuaí.

IV	M	DP	CV	MIN	MED	MAX	A
NDVI – Talhão 5							
15/01/2019	0,50	0,01	1,32	0,40	0,50	0,60	0,20
20/01/2019	0,59	0,03	5,23	0,50	0,60	0,70	0,20
25/01/2019	0,64	0,05	7,90	0,50	0,60	0,70	0,20
30/01/2019	0,63	0,06	8,88	0,40	0,60	0,70	0,30
NDRE – Talhão 5							
15/01/2019	0,40	0,01	1,65	0,30	0,40	0,40	0,10
20/01/2019	0,48	0,04	8,61	0,40	0,50	0,50	0,10
25/01/2019	0,48	0,04	8,19	0,40	0,50	0,50	0,10
30/01/2019	0,49	0,03	6,63	0,40	0,50	0,50	0,10
NDVI – Talhão 9							
15/01/2019	0,50	0,01	2,79	0,40	0,50	0,60	0,20
20/01/2019	0,60	0,04	7,01	0,50	0,60	0,80	0,30
25/01/2019	0,67	0,05	7,12	0,60	0,70	0,70	0,10
30/01/2019	0,68	0,05	6,74	0,50	0,70	0,80	0,30
NDRE – Talhão 9							
15/01/2019	0,40	0,00	0,00	0,40	0,40	0,40	0,00
20/01/2019	0,49	0,04	7,50	0,40	0,50	0,60	0,20
25/01/2019	0,49	0,03	6,10	0,40	0,50	0,50	0,10
30/01/2019	0,52	0,05	9,03	0,40	0,50	0,60	0,20

M - Média; DP - Desvio Padrão, CV – Coeficiente de Variação (%); MIN: mínimo; MED: mediana; MAX: máximo; A: amplitude.

Os valores das médias do NDVI de 0,5 a 0,7 para o Catuaí (Tabela 3) e de 0,6 a 0,8 o Mundo Novo (Tabela 4) se mantiveram com valores acimas das do NDRE que foi entre 0,4 a 0,5 para a variedade Catuaí (Tabela 3) e 0,5 a 0,6 para a variedade Mundo

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Novo (Tabela 4), considerando a mesma data. As médias dos índices de vegetação foram menores antes da chuva de granizo, após a mesma os valores aumentaram.

Tabela 4. Estatística descritiva dos índices de vegetação (IV) para o talhão 3, 4 e 6 com variedade Mundo Novo.

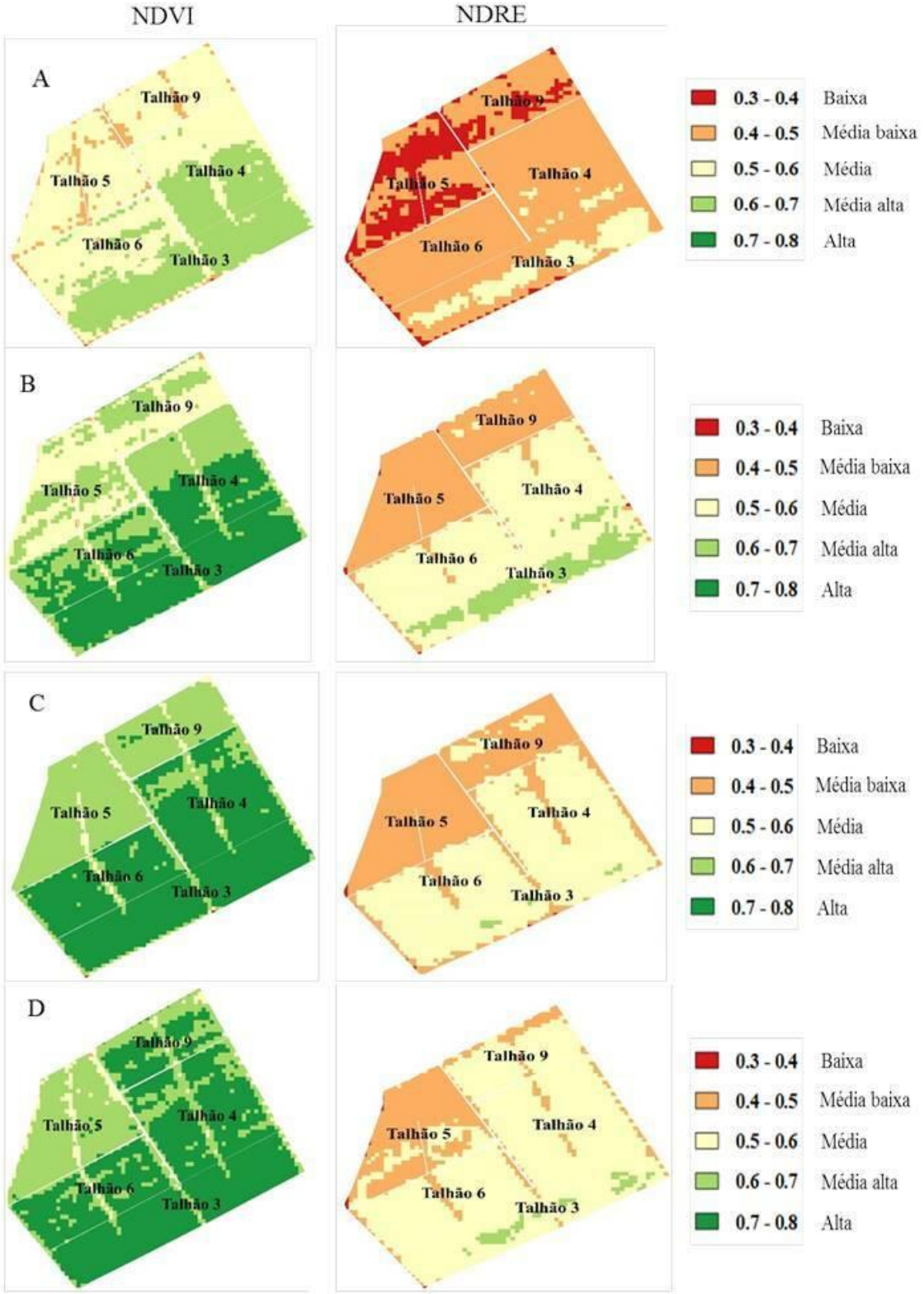
IV	M	DP	CV	MIN	MED	MAX	A
NDVI - Talhão 3							
15/01/2019	0,62	0,05	8,61	0,34	0,63	0,69	0,35
20/01/2019	0,74	0,06	7,46	0,46	0,75	0,82	0,36
25/01/2019	0,76	0,07	9,50	0,39	0,78	0,87	0,48
30/01/2019	0,76	0,05	6,94	0,51	0,77	0,83	0,32
NDRE - Talhão 3							
15/01/2019	0,48	0,04	7,82	0,28	0,49	0,54	0,26
20/01/2019	0,58	0,04	7,21	0,37	0,58	0,65	0,28
25/01/2019	0,55	0,05	8,48	0,29	0,56	0,62	0,33
30/01/2019	0,56	0,04	6,42	0,33	0,57	0,63	0,30
NDVI - Talhão 4							
15/01/2019	0,59	0,03	5,76	0,50	0,60	0,70	0,20
20/01/2019	0,69	0,05	7,48	0,50	0,70	0,80	0,30
25/01/2019	0,71	0,05	7,01	0,60	0,70	0,80	0,20
30/01/2019	0,70	0,04	5,83	0,60	0,70	0,80	0,20
NDRE -Talhão 4							
15/01/2019	0,48	0,04	8,05	0,40	0,50	0,50	0,10
20/01/2019	0,55	0,05	9,43	0,40	0,50	0,60	0,20
25/01/2019	0,52	0,04	8,36	0,40	0,50	0,60	0,20
30/01/2019	0,54	0,05	8,96	0,50	0,50	0,60	0,10
NDVI - Talhão 6							
15/01/2019	0,59	0,03	5,73	0,40	0,60	0,60	0,20
20/01/2019	0,68	0,05	6,66	0,50	0,70	0,70	0,20
25/01/2019	0,70	0,04	5,96	0,50	0,70	0,80	0,30
30/01/2019	0,69	0,04	5,17	0,50	0,70	0,80	0,30
NDRE Talhão 6							
15/01/2019	0,47	0,04	9,14	0,40	0,50	0,50	0,10
20/01/2019	0,55	0,05	9,69	0,40	0,60	0,60	0,20
25/01/2019	0,50	0,02	4,29	0,40	0,50	0,60	0,20
30/01/2019	0,52	0,05	8,90	0,40	0,50	0,60	0,20

M - Média; DP - Desvio Padrão, CV – Coeficiente de Variação (%); MIN: mínimo; MED: mediana; MAX: máximo; A: amplitude.

Quando se compara a análise espacial dos índices de vegetação antes da chuva de granizo (Figuras 3A), observa-se que o talhão 5 e 9 apresentaram menor intensidade dos índices de vegetação para a variedade Catuaí. Os demais talhões com a Mundo Novo tiveram maiores valores de índices de vegetação. Após a chuva de granizo com a aplicação de cobre a intensidade do índice NDVI aumentou ao longo dos dias chegando da classe média a alta para o NDVI (Figuras 3B). As datas intermediárias 20/01/2019 e 25/01/2019 mostraram a evolução dos índices de vegetação e a recuperação do café.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Figura 3. Área experimental com os índices de vegetação NDVI e NDRE antes e após a incidência de chuva de granizo. A – 15/01/2019; B – 20/01/2019; C – 25/01/2019; D – 30/01/2019.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

4 Discussão

Após a chuva com granizo ocorreu aumento do índice de vegetação com o passar dos dias (Tabela 3, Tabela 4, Figura 3), contrariando o esperado, uma vez que normalmente ocorre a diminuição dos valores dos IVs pela desfolha, porque as plantas sofreram estresse causado pelo granizo, que reduz a aréa foliar e provoca a desfolha. Provavelmente a aplicação fitossanitária com cobre tenha prejudicado a discriminação da perda de folha por ser um componente de cor verde, mas permitiu a recuperação da planta a ponto dos IVs serem maiores após a chuva de granizo.

A diferença observada entre os índices de vegetação NDVI e NDRE da variedade Catuai (Tabela 3 e Figura 3) para o Mundo Novo (Tabela 4) pode ser atribuida às plantas que apresentaram maior porte e diâmetro de copa, resultando em maior biomassa. Kanke *et al.* (2016) relatam sobre a importância de se analisar a geometria do dossel e o efeito entre variedades, pois a estrutura da copa pode ser diferente, influenciando diretamente na refletância espectral.

Após a chuva de granizo o mapa de NDRE (Figura 3) também apresentou aumento da classe, mas com menor intensidade em comparação com o NDVI, e foi mais sensível em detectar os efeitos da variação dos valores do IV, isso indica aumento na refletância e transmitância, e redução na absorção, na faixa de comprimento de onda do vermelho da borda de 695–725 nm, que são respostas altamente consistentes e gerais da óptica foliar ao estresse da planta (Carter & Knapp, 2001).

5 Conclusão

Os índices de vegetação calculados por meio das imagens de satélites são eficientes para identificar as variações de reflectância.

O NDRE é mais sensível que o NDVI em demostrar a variação nos valores dos índices de vegetação nas diferentes variedades do café arábica.

Não se verificou redução dos IVs de vegetação após a chuva de granizo, provavelmente devido a ação fitossanitária realizada pelo produtor após a ocorrência do fenômeno.

6 Declaração de conflito de interesse

Nós declaramos que não há conflito de interesse.

7 Agradecimentos

Este estudo teve apoio com bolsas de Doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) para o primeiro e terceiro autor.

8 Referências

Amaral, L.R., Molin, J.P., Portz, G., Finazzi, F.B., & Cortinove, L. (2015). Comparison of crop canopy reflectance sensors used to identify sugarcane biomass and nitrogen status. *Precision Agriculture, 16*(1), 15-28. https://doi.org/10.1007/s11119-014-9377-2

Carter, G.A., & Knapp, A.K. (2001). Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *American Journal Of Botany, 88*(4), 677-684. https://doi.org/10.2307/2657068

Crusiol, L.G.T., Carvalho, J.D.F.C., Sibaldelli, R.N.R., Neiverth, W., Rio, A., Ferreira, L.C., Procópio, S.O., Mertz-Henning, L.M., Nepomuceno, A.L., Neumaier, N., & Farias, J.R.B.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

(2017). NDVI variation according to the time of measurement, sampling size, positioning of sensor and water regime in different soybean cultivars. *Precision Agriculture, 8*(4), 470-490. https://doi.org/10.1007/s11119-016-9465-6

Fitzgerald, G.J., Lesch, S.M., Barnes, E.M., & Luckett, W.E. (2006). Directed sampling using remote sensing with a response surface sampling design for site-specific agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture, 53*(2), 98-112. https://doi.org/10.1016/j.compag.2006.04.003

Kanke, Y., Tubaña, B., Dalen, M., & Harrell, D. (2016). Evaluation of red and red-edge reflectance-based vegetation indices for rice biomass and grain yield prediction models in paddy fields. *Precision Agriculture, 17*(5), 507-530. https://doi.org/10.1007/s11119-016-9433-1

Lowe, A., Harrison, N., & French, A.P. (2017). Hyperspectral image analysis techniques for the detection and classification of the early onset of plant disease and stress. *Plant Methods, 13*(1), 80. https://doi.org/10.1186/s13007-017-0233-z

Molin, J.P., Amaral, L.R., & Colaço, A.F. (2015). Agricultura de precisão. São Paulo: Oficina de Textos.

Pinto Neto, J.N., Alvarenga, M.I.N., Corrêa, M.D.P., & Oliveira, C.C.D. (2014). Efeito das variáveis ambientais na produção de café em um sistema agroflorestal. *Coffee Science, 9*(2),187-195. https://doi.org/10.25186/cs.v9i2.597

Pimentel-Gomes, F. (1985). *Curso de Estatística Experimental*. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel. 467p.

Putra, B.T.W., & Soni, P. (2017). Evaluating NIR-Red and NIR-Red edge external filters with digital cameras for assessing vegetation indices under different illumination. *Infrared Physics & Technology, 81*(2), 148-156. https://doi.org/10.1016/j.infrared.2017.01.007

Vian, A.L., Bredemeier, C., Silva, P.R.F., Santi, A.L., & Giordano, C.P.D.S. (2018). Limites críticos de NDVI para estimativa do potencial produtivo do milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 17(1), 91-100. https://doi.org/10.18512/1980-6477/RBMS.V17N1P91-100

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.