

DETECÇÃO DE ANOMALIAS NA CULTURA DO CAFÉ UTILIZANDO IMAGENS DO SATÉLITE SENTINEL-2

Raphael Pontes Hosken Vieira¹ Gustavo Eduardo Marcatti¹

¹Universidade Federal de São João Del-Rei - UFSJ/CSL, Rodovia MG 424 – Km 47, Sete Lagoas - MG, Brasil; raphaelphv@gmail.com; gustavomarcatti@ufsj.edu.br

RESUMO

O Brasil assume papel de destaque na produção mundial de café, produto este que fortalece o agronegócio nacional. Tradicionalmente o monitoramento do ataque de pragas, doenças, plantas invasoras e deficiências nutricionais é realizada com amostragens periódicas no campo. Esse processo de amostragem tradicional é caro e muito oneroso ao produtor. Uma alternativa para melhorar esse processo seria o uso de imagens de sensores remotos, que possibilitam cobrir extensas áreas, periodicamente. O índice de vegetação NDVI derivado dessas imagens, pode ser utilizado para avaliação e diagnóstico visual de fatores associados às culturas agrícolas. Porém, a detecção visual é um tanto subjetiva, sendo recomendado procedimento sistemático. Neste contexto, o referente estudo visa identificar anomalias na cultura do café usando algoritmo específico para identificação de situações atípicas na lavoura (outliers).

Palavras-chave — monitoramento, NDVI, outliers, sensoriamento remoto, estatística focal.

ABSTRACT

Brazil assumes a prominent role in the world production of coffee, a product that adds the national agribusiness. Traditionally monitoring the attack of pests, diseases, invasions and nutritional deficiencies is carried out with periodic samples in the field. This traditional sampling process is expensive and very costly to the producer. An alternative to the process would be the use of remote sensing images, which enable extensive areas, periodically. The NDVI vegetation index derived from these images can be used for evaluation and visual diagnosis of characters associated with agricultural crops. However, a visual detection is somewhat visible, being supported by the systematic system. In this context, the study aims to identify anomalies in the coffee crop in the specific algorithm to identify atypical situations in the outliers.

Key words — monitoring, NDVI, outliers, remote sensing, focal statistics.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, maior produtor, exportador e 2º maior consumidor de café do mundo, detém uma área cultivada de 2,2 milhões de hectares. Da área total 84% são de áreas já produtivas, os outros 16% são de cafezais em formação [1]. Atualmente a cafeicultura é uma fonte de renda relevante, responsável por mais de 8 milhões de empregos, sendo um setor de grande importância na geração de empregos na agricultura nacional [2].

Tradicionalmente o monitoramento do ataque de pragas, doenças, plantas invasoras e deficiências nutricionais nos cafezais é realizada no campo, necessitando um acompanhamento periódico e especializado para realização de amostragens. Esta operação demanda tempo, além de ser onerosa, pois necessita de análises químicas e físicas.

Uma alternativa para auxiliar o manejo e o monitoramento da cafeicultura é o uso de sensores remotos, que permitem o registro de informações, sem a necessidade de estar in-loco. [3]. As imagens podem ser captadas por sensores acoplados em aeronaves e satélites, mas o sensoriamento orbital apresenta vantagens, como uma cobertura temporal frequente, repetitiva, de extensas áreas e de custo reduzido [4]. Uma grande gama de imagens de sensores orbitais nas diferentes resoluções espaciais e temporais estão disponíveis de forma gratuita.

Para análise de imagens se faz necessário o uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Esse sistema proporciona a manipulação das imagens e dos dados geográficos através de algoritmos. Ao processar os dados é possível criar vários índices de vegetação, como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) [5], índice este, empregado há muito tempo na agricultura, possibilitando identificar variações no vigor da vegetação. Porém a identificação visual é subjetiva, o que pode tornar a avaliação ineficiente. Neste contexto, o referente estudo visa identificar anomalias na cultura do café usando algoritmo específico para identificação de situações atípicas na lavoura (*outliers*).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em área cafeeira localizada no município de Capelinha, importante região produtora de café do estado de Minas Gerais. Para determinação da área, a seleção foi feita de forma visual com o auxílio do *Google Earth*, que totalizou uma área de 6 hectares.

2.2. Sensor Orbital

No estudo foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2/MSI, sensor este que apresenta 13 faixas espectrais, algumas apresentando uma resolução espacial de 10 metros e uma resolução temporal de 10 dias [6]. As imagens foram obtidas através do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), no endereço: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Buscou-se coletar as imagens no período de janeiro a março, período que coincide com o maior crescimento vegetativo da cultura do café [7]. Além disso, imagens com interferência de nuvens na área de estudo foram evitadas. As imagens adotadas no presente estudo são do dia 23/02/2018.

2.3. Processamento Digital

Para realização do processamento e interpretação das informações foi utilizado o *software* QGIS 2.18 combinado com algumas funções do *software* R. As bandas utilizadas para criação de imagens compostas (RGB) e o índice de vegetação (NDVI) foram as de número 02 (Blue - Azul), 03 (Green - Verde), 04 (Red-Vermelho) e 08 (NIR -Infra-Vermelho Próximo). As bandas 04, 03 e 02 foram combinadas formando uma imagem composta (Figura 1a), também com o objetivo de observar a área na região do espectro visível.

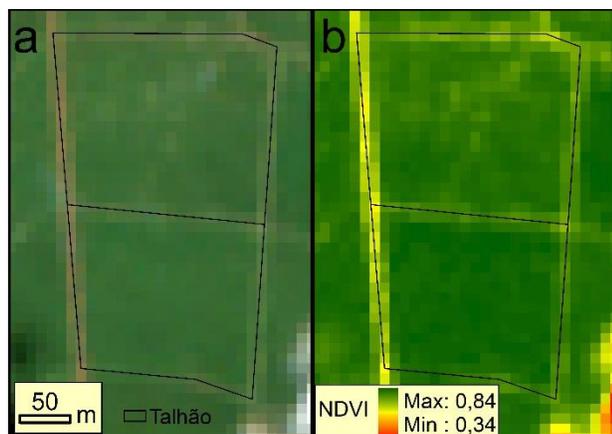


Figura 1. Composição colorida RGB (a). Índice de vegetação NDVI para a área de estudo (b).

2.3.1. Procedimento para calcular NDVI

Para a realização dos cálculos de NDVI foram utilizadas as bandas 04, 08 e a equação proposta na equação 1. O produto final foi representado na Figura 1b.

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (1)$$

2.3.2. Recorte do NDVI de acordo com os talhões

Após a criação do NDVI, o contorno da área de estudo foi usado como referência para eliminar as regiões de fora dos talhões. Além disso, os pixels de borda foram eliminados para evitar a interferência das estradas na detecção de anomalias.

2.3.3. Utilização algoritmo para detecção de outlier espacial

O algoritmo para detecção de anomalias, usa a ferramenta: estatística focal (“moving window”), disponível na biblioteca raster [8] do *software* R, que tem em seu princípio a criação de uma relação dos valores originais de reflectância do pixel de análise, com o de seus vizinhos, em uma matriz de vizinhança, que pode ser 3x3 ou 5x5. De acordo com a implementação atual essas duas matrizes já estão disponíveis, porém outras estruturas de vizinhança podem ser adotadas. A média final dos vizinhos (MV) é obtida pela soma de todos os valores de reflectância dos pixels da matrix, dividido pelo número total de vizinhos. Em seguida foi realizado o procedimento de normalização do erro, onde novos valores são gerados para cada pixel, levando em consideração os valores da média dos vizinhos e os valores originais de reflectância. No presente estudo foi adotada uma matriz 5x5, porém para facilitar o entendimento, o método foi exemplificado adotando-se uma matriz 3x3 (Figura 3).

Matriz 3x3

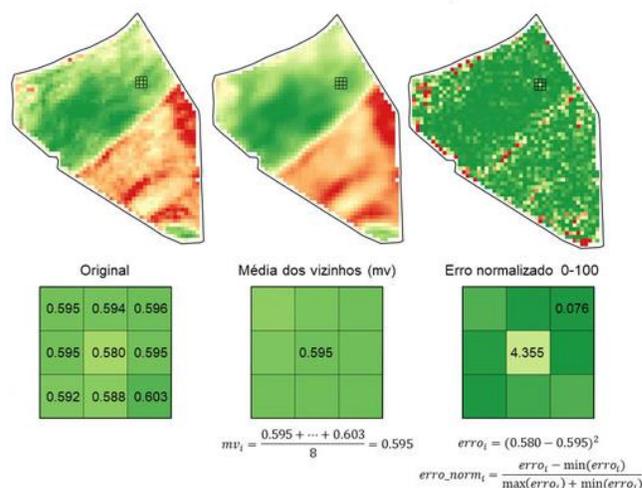


Figura 3. Representação da estatística focal e normalização do erro em imagens NDVI.

Os valores encontrados no erro normalizado foram submetidos à estatística de boxplot, assim foi possível identificar valores (pixels) que apresentam discrepância na amostra (área de estudo), onde os *outliers* foram identificados usando o limite superior mais um valor de limiar de 1,5 vezes a amplitude entre quartil (IQR) (Figura 4). De acordo com a implementação, o valor de limiar pode ser alterado para ser mais ou menos rigoroso na determinação de anomalias. Quando o valor do índice é menor que 1,5 a rigorosidade é

maior. Já quando o índice é maior que 1,5 a rigorosidade é menor.

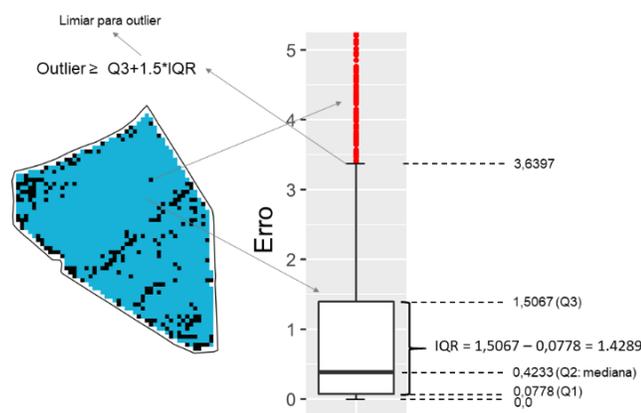


Figura 4. Representação da detecção de anomalias baseada em outliers.

3. RESULTADOS

É possível observar que quanto maior a heterogeneidade da variável NDVI dentro do talhão, maior é a quantidade de anomalias detectadas, isso fica evidenciado ao observar o desvio padrão (DP) dos talhões. O talhão representado na parte superior da imagem o DP foi igual 0,014 (Figura 4a) e foram detectadas 47 anomalias de um total de 307 pixels possíveis (15,3%) (Figura 4b). Já o outro talhão, o DP foi igual a 0,007 (Figura 4a) e foram detectadas 12 anomalias de um total de 235 pixels possíveis (5,1%) (Figura 4b).

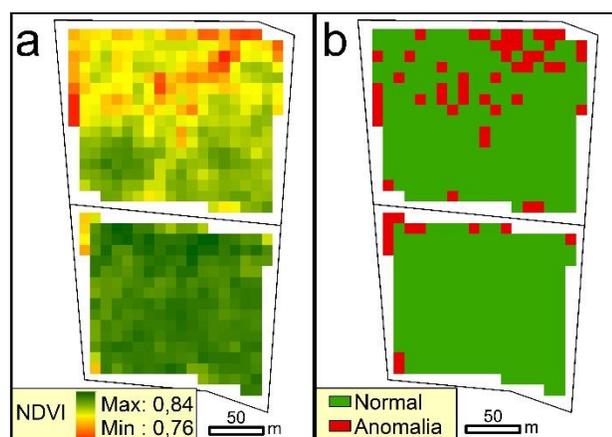


Figura 4. Índice de vegetação NDVI para os talhões de café (a). Anomalias detectadas (b)

4. DISCUSSÃO

O índice de vegetação NDVI é amplamente utilizado para uma infinidade de aplicações relacionadas a avaliação e diagnóstico de fatores associados ao desenvolvimento e produtividade de culturas agrícolas [9]. Diversos autores já demonstraram a relação entre o NDVI e anomalias presentes

na cultura, tais como deficiência nutricional, mortalidade de indivíduos, ataque de pragas e doenças, dentre outras [10; 11; 12]. Assim, o NDVI pode ser considerado uma boa opção para análise espacial da área, possibilitando assim detectar visualmente áreas que apresentam alguma anormalidade. Porém, a detecção visual é um tanto subjetiva, sendo necessário procedimento sistemático, tal como o algoritmo proposto no presente estudo, para identificar pontualmente (em nível de pixel) a presença de anomalias.

O algoritmo usado para determinar *pixels* fora da normalidade, tem a vantagem de apresentar uma metodologia que considera os valores não só de um indivíduo (pixel), mas sim de toda a vizinhança, possibilitando utilizar diferentes matrizes de vizinhança (3x3, 5x5, nxn), o que aumenta a flexibilidade do processo de detecção. Outra vantagem do algoritmo é a possibilidade de alterar o valor limiar da equação, usada para detectar os *outliers*. Essa flexibilidade permite ao usuário aumentar ou diminuir o rigor de detecção de anomalias.

As imagens do sensor orbital Sentinel-2 apresentam imagens consideradas de média resolução espacial (10x10m), mesmo assim, apesar da reduzida área de estudo, foi possível identificar a heterogeneidade dos talhões e consequentemente detectar anomalias. Uma possibilidade para melhorar a qualidade dos resultados seria o uso de imagens de alta resolução espacial, tais como as derivadas de satélites comerciais. Outra alternativa seria o uso de sensores acoplados em aeronaves, sobretudo as não tripuladas (*drones*), possibilitando a coleta de imagens de alta resolução espacial e temporal. Imagens que apresentam essa característica permitem que o algoritmo apresente um maior refinamento dos resultados, principalmente para anomalias em que a rápida detecção é essencial para o processo de tomada de decisão, como ataque de pragas e doenças.

5. CONCLUSÕES

O método proposto combina procedimentos simples de processamento digital de imagens e de detecção de outliers para identificar, com elevado nível de detalhe, locais com presença de anomalias em talhões de café. O método apresenta elevada quantidade de aplicações, podendo ser utilizado para identificar pragas, doenças, deficiência nutricional, mortalidade, dentre outros. Além disso, pode ser aplicado em outras culturas agrícolas e até mesmo em espécies florestais nativas e plantadas. O procedimento foi testado em imagens de média resolução espacial (10x10m), porém pode ser aplicado em imagens de alta resolução, tais como aquelas derivadas de drones. Inclusive, quanto maior a resolução maior será o nível de refinamento dos resultados.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Companhia nacional de abastecimento (Conab). Acompanhamento da safra brasileira de café – 4º levantamento – Dezembro de 2017. Disponível em: <https://conab.gov.br/info-agro/safra/cafes/boletim-da-safra-de-cafes/item/download/16106_945205b3373e7ca8e09270a79fad36e9> Acesso em: 03 de outubro de 2018.
- [2] Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa). Café no Brasil. Disponível em: <<https://agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafes/cafecultura-brasileira/>> Acesso em: 03 de outubro, 2018.
- [3] Jensen, J. R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. V.2. Ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2007. 592 p.
- [4] Formaggio, A. R. Sanches, I. D. Sensoriamento Remoto em agricultura, Oficina de textos, São Paulo, pp.49, 2017.
- [5] Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. Proceedings...Washington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.
- [6] Agência espacial europeia (ESA). Introduzindo o Sentinel-2. [2018]. Disponível em: <https://esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel2/Introducing_Sentinel-2>. Acesso em: 03 outubro. 2018.
- [7] Camargo, A.P.; Franco, C.F. Clima e fenologia do cafeeiro. In: Cultura de café no Brasil: manual de recomendações. 5.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, Ministério da Indústria e Comércio, 1985. p.19- 50.
- [8] Hijmans, R.J. (2016). raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.5-8.
- [9] Antunes, M.A.H.; Assad, E.D.; Batista, G.T. Variação das medidas espectrais ao longo do ciclo da soja (Glicine Max (L.) Merrill.). simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto, , 7, 1993, Curitiba. Anais...Curitiba: INPE, 1993.p.1-9.
- [10] Rodrigues, L. V.; Roggia, S.; Crusiol, L. G.; Cavallari, L. S.; Pereira, J. P. V.; Ferrari, F.. Teor de clorofila e NDVI de soja em resposta ao ataque do percevejo-marrom, *Euschistus heros*. Jornada acadêmica da Embrapa soja., 8., 2013, Londrina. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2013. p. 129-132. (Embrapa Soja. Documentos, 339).
- [11] Brandão, Z. N.; Sofiatti, V.; Sana, R. S.; Resende, A. V. de; Medeiros, J. da C. Suplementação nitrogenada para o algodoeiro usando dados hiperespectrais obtidos por espectrorradiometria e imagens do sensor AWiFs do ResourceSat-1. Bernardi, A. C. de C.; Naime, J. de M.; Resende, A. V. de; Bassol, L. H.; Inamasu, R. Y. (Ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 32, p. 338-346
- [12] Lima, A. O.; Silva A, F. H.; Rocha, P. H.; Bortolon, L.; Camargo, F. P.; Bortolon, E. S. O.; Conceição, W. S. S.; Souza, O. R.; Pereira, M. H. M.; Souza, J. P. Teor de clorofila e índice de vegetação diferencial normalizada em cultivares de soja em sistema de sucessão soja-milho. Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 32,; Reunião brasileira sobre miorrizas, 16.; Simpósio brasileiro de microbiologia do solo, 11., 2016, Goiânia. Rumo aos novos desafios: [anais]. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.