UTILIZAÇÃO DE SENSORES ÓPTICOS ATIVOS NA IDENTIFICAÇÃO DA VARIABILIDADE ENTRE OS DOIS LADOS DA PLANTA DE CAFÉ

L. F. Meirelles[1,*], M. Martello[2], P.G. Molin[1], J. P. Molin[2]

[1] *Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189 - Aracaçu, Buri - SP, 18290-000*
[2] *Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ/USP, Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP*
[*] *Autor correspondente, e-mail: luarafmeirelles@hotmail.com*

Resumo: Com destaque no setor do agronegócio, a produção cafeeira possui um importante papel socioeconômico no Brasil, pela sua liderança em exportações mundiais. A busca pela otimização da produção do café exige a utilização de métodos de monitoramento mais eficientes. Buscou-se neste trabalho utilizar sensores ópticos ativos para verificar, por meio de índice de vegetação, a variabilidade de lados opostos das plantas em uma lavoura de café. A área experimental localiza-se em Patos de Minas – MG, em uma parcela de 12,5 ha. Utilizando-se dois sensores ativos que realizam a leitura do índice diferença normalizada pelo "*Red-Edge*" (NDRE) e um receptor de sistema de navegação global por satélite (GNSS) montados em um trator agrícola. Os dados foram processados e filtrados conforme o sentido da máquina e com o lado da planta. Os resultados indicam que a face Sudoeste das fileiras de plantas possui maior valor de NDRE quando comparada com a face Nordeste, constatando que os sensores permitiram identificar diferentes comportamentos no índice de vegetação em lados opostos das fileiras, além de destacar a variabilidade do índice ao longo da lavoura.

Palavras-chave: índices de vegetação, NDRE, variabilidade espacial, sensores ópticos ativos.

USING ACTIVE OPTICAL SENSORS IN IDENTIFYING VARIABILITY BETWEEN TWO SIDE COFFEE PLANTS

Abstract: In the agribusiness sector, coffee production has an important socioeconomic role in Brazil, due to its leadership in world exports. The search for the optimization of coffee production requires the use of more efficient monitoring methods. The objective of this work was to use active optical sensors to verify through vegetation index, the variability of opposite sides of plants in a coffee plantation. The experimental area is located in Patos de Minas - MG, in a plot of 12.5 ha. Using two active sensors that read the Red-Edge normalized difference index (NDRE) and a global navigation satellite system (GNSS) receiver installed on a farm tractor. The data were processed and filtered according to the machine direction and the plant side. The results indicate that the Southeast has higher NDRE value when compared to the Northwest side, noting that the sensors allowed to identify different behaviors of vegetation index on opposite sides of the rows, besides highlighting the variability of the index over the crop.

Keyword: vegetation index, NDRE, spatial variability, active optical sensors.

1. Introdução

A cultura cafeeira assume um importante papel socioeconômico, já que o Brasil lidera as exportações mundiais, representando 30% do mercado internacional. O País é também o maior produtor e o segundo maior consumidor do produto (ABIC, 2019).

Estudos mostram que em uma lavoura de café é possível identificar comportamentos morfofisiológicos diferentes de lados opostos de uma mesma planta. Esse fator pode estar relacionado com as condições climáticas, condições edáficas, declividade, dentre outros

(BICALHO *et al.*,2005, OLIVEIRA *et al*., 2012). Compreender um sistema complexo de produção, como o cafeeiro, exige a utilização de métodos para monitoramento mais eficientes do que os usados convencionalmente. Diante disso, o uso de sensores em campo pode auxiliar no entendimento da variabilidade espacial na cultura do café, além de permitir o monitoramento e o gerenciamento dessas áreas (MOREIRA et al., 2007). Sensores ópticos ativos são capazes de realizar avaliações de comportamento espectral de uma forma não invasiva, gerando alta densidade de dados quando coletados de maneira cinemática (DELLINGER; SCHMIDT; BEEGLE, 2008).

Nesse sentido o objetivo do trabalho foi utilizar sensores ópticos ativos acoplados em um trator agrícola para coleta de dados em uma lavoura comercial de café, visando inicialmente verificar, com o uso de índices de vegetação, a possibilidade em diferenciar a resposta da cultura em ambos os lados das plantas.

2. Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no cerrado brasileiro, Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, na microrregião de Patos de Minas, MG. Segundo Alvares (2013), o clima do local é classificado como Cwb, sendo um clima subtropical com altitude, onde os invernos são secos e os verões amenos, sua precipitação e temperatura média são de 1.165 mm e 22,8°C respectivamente.

A área em estudo possui 12,5 ha de produção de café comercial Catuí 144 com espaçamento de 4 m entre fileiras e 0,5 m entre planta, sentido de fileiras de cultivo de leste-oeste, com 13 anos de idade, o sistema de irrigação é por gotejamento e a colheita dos grãos é realizada de forma mecanizada. Foram utilizados dois sensores optícos ativos *Crop Circle* ACS 430 (*Holland Scientific*, Lincoln, NE, EUA), embarcados em um trator agrícola para a obtenção de dados, à altura de 1,37m em relação ao solo, em lados opostos, em uma estrutura na traseira do trator (especificações na Tabela 1).

Na mesma estrutura foi embarcado um receptor de Sistema de Navegação Global por Satélite - GNSS (*Global Navigation Satellite System*) responsável por determinar a posição geográfica de cada dado coletado para cada um dos sensores. A esquematização da montagem dos sensores está apresentada na Figura1.

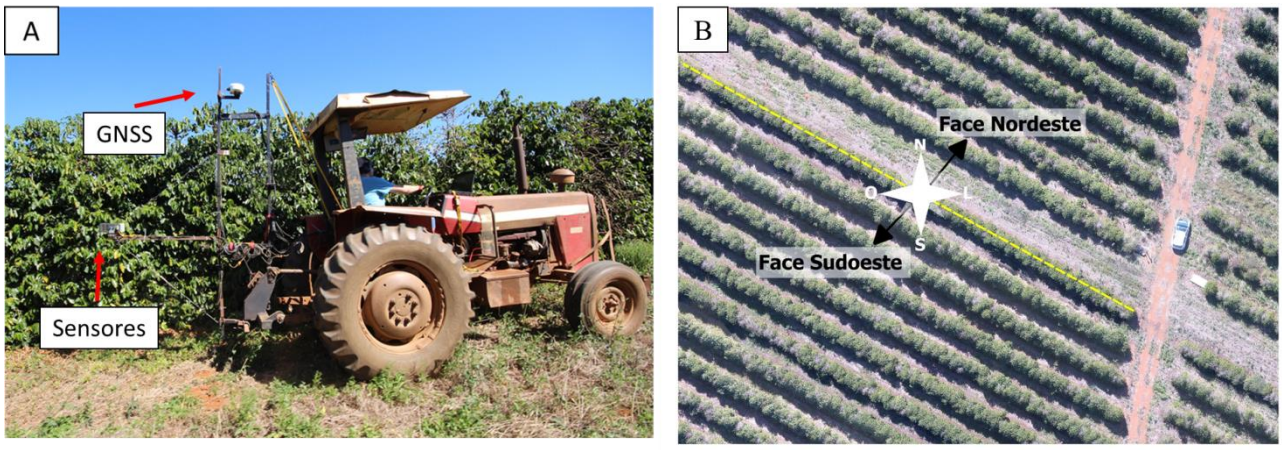

Figura 1. A) Sensores montados no trator, B) Sentido de posição das plantas de acordo com a sua face.

Os sensores coletaram dados a uma frequência de 5Hz e considerando que o trator se deslocou a uma velocidade de 1,5 a 1,6 m s^{-1}, obteve-se aproximadamente 1 ponto a cada 0,3 m. As características dos sensores utilizados são especificadas na Tabela 1.

Tabela 1. Informações sobre os sensores

Especificação	Crop Circle ACS 430
Fabricante (local)	Holland Scientific (Lincoln, NE, EUA)
Fonte Luminosa	Matriz de LED policromática modulada
Bandas Espectrais	670 nm (RED) 730 nm (Red-Edge) 780 nm (NIR)
Altura do sensor	1,37 m
Posição no trator	Vertical
Faixa sensoriada	0,5 – 1,00 m

Os dados gerados pelos sensores possibilitaram a obtenção de índices de vegetações, como o NDRE (*Normalized Difference Red-Edge* - diferença normalizada pelo "*Red-Edge"*), que avalia a atividade de clorofila na planta, podendo ser obtida conforme a equação 1.

$$NDRE = \frac{NIR - REDEDGE}{NIR + REDEDGE} \quad \text{(eq. 1)}$$

Sendo:
NIR: Reflectância no infravermelho próximo;
RED-EDGE: Reflectância na banda do *Red-Edge.*

Todos os dados coletados de NDRE foram, filtrados, a fim de organizá-los de acordo com a posição dos sensores e o lado correspondente da planta, conforme o sentido de deslocamento do trator entre as fileiras da cultura, excluindo pontos de carreadores e manobras de cabeceira, após a filtragem os dados foram interpolados. Os lados direitos e esquerdos das plantas, foram denominados como sendo Nordeste e Sudoeste respectivamente, esses nomes foram atribuídos para direcionamento das fileiras.

3. Resultados e Discussão

A partir da estatística descritiva dos dados obtidos tanto do lado sudoeste como o nordeste através dos sensores, foi possível observar que a variável analisada apresenta comportamentos diferentes nos lados opostos. Como se pode verificar na Tabela 2, os resultados mostram que o lado Sudoeste das plantas é o que apresentou os maiores valores de média, com diferença significativa em comparação ao lado Nordeste.

Tabela 2. Estatística descritiva dos dados obtidos pelos sensores, para cada lado da planta.

	N	Mínimo	Máximo	Média[1]	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
Nordeste	37919	0,029	0,721	0,356 (a)	0,045	0,127
Sudoeste	36910	0,001	0,728	0,433 (b)	0,047	0,110

[1] *Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).*

Na Figura 2 apresentam-se os valores de NDRE, do lado nordeste (Figura 2A) e sudoeste (Figura 2B) da lavoura, com valor de escala baseado no lado com menor média (nordeste), sendo possível observar a diferença de variabilidade nas respostas do índice de vegetação em cada lado. Observa-se que o lado sudoeste apresentou os maiores valores de NDRE, quando comparado com o lado nordeste, sendo assim é notável a diferença dentro de uma mesma área com as mesmas plantas. Na Figura 3 apresentou-se em outra escala de valores com base no lado de maior média (sudoeste), o que mostra a variabilidade presente.