

## CORRELAÇÃO ENTRE OVOS E JUVENIS DE *Meloidogyne exigua* E ÍNDICES DE VEGETAÇÃO OBTIDOS POR ARP

DAYANE BATISTA BEZERRA <sup>1</sup>, JOÃO PEDRO JOSÉ FIGUEREDO SILVA <sup>2</sup>,  
MARCO ANTONIO ZANELLA <sup>3</sup>, LUANA MENDES DOS SANTOS<sup>4</sup>, DANIELE DE  
BRUM <sup>5</sup>, GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERRAZ<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRPE, Recife/PE, dayane.batista@ufrpe.br

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRPE, Recife/PE, joao.pedrofigueredo@ufrpe.br

<sup>3</sup> Eng. Agrícola, Professor Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife/PE, marco.zanella@ufrpe.br

<sup>4</sup> Eng. Agrícola, Professora no Instituto Federal Farroupilha, IFFAR, Jaguarí/RS, luanna\_mendess@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Agrônoma, Doutoranda em Fitopatologia, UFLA, Lavras/MG, daniele.brum@estudante.ufla.br

<sup>6</sup> Eng. Agrícola, Professor Depto. de Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras/MG, gabriel.ferraz@ufla.br

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

**RESUMO:** A presença de nematóides em plantas pode causar sérios danos às culturas agrícolas, afetando diretamente sua produtividade. Utilizando técnicas de análise espectral, como índices de vegetação, é possível obter informações sobre a sanidade das plantas. Neste estudo, foram correlacionados o número de ovos e juvenis de segundo estágio (J2) do nematóide das galhas, *Meloidogyne exigua*, em área de café, e dois índices de vegetação, NDVI e NDRE, obtidos por ARP (Aeronave Remotamente Pilotada). Os resultados revelaram correlação significativa entre a quantidade de ovos e J2 de *Meloidogyne exigua* e os índices de vegetação estudados, para o índice NDRE a correlação foi de -0,45 e R<sup>2</sup>: 0,19 e para o índice NDVI o valor foi de -0,24 e R<sup>2</sup>: 0,05. Os resultados fornecem informações importantes para o monitoramento e manejo de infestações do nematóide das galhas em lavouras de café, permitindo uma intervenção precoce e eficaz para mitigar os danos causados por esses organismos. Este estudo destaca a importância de técnicas de sensoriamento remoto e análise de campo, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo de doenças e otimização da produção agrícola.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura de precisão, imagens orbitais, nematóide das galhas.

### CORRELATION BETWEEN EGGS AND JUVENILES OF *Meloidogyne exigua* AND VEGETATION INDECES OBTAINED BY ARP

**ABSTRACT:** The presence of nematodes in plants can cause serious damage to agricultural crops, directly affecting their productivity. Using spectral analysis techniques, such as vegetation indices, it is possible to obtain information about plant health. In this study, the number of eggs and second-stage juveniles (J2) of the root-knot nematode, *Meloidogyne exigua*, in a coffee area, and two vegetation indices, NDVI and NDRE, obtained by ARP (Remotely Piloted Aircraft) were correlated. The results revealed a significant correlation between the number of eggs and J2 of *Meloidogyne exigua* and the vegetation indices studied, for the NDRE index the correlation was -0.45 and R<sup>2</sup>: 0.19 and for the NDVI index the value was -0.24 and R<sup>2</sup>: 0.05. The results provide important information for monitoring and managing root-knot nematode infestations in coffee crops, allowing early and effective intervention to mitigate the damage caused by these organisms. This study highlights the importance of remote sensing and

field analysis techniques, contributing to the development of sustainable disease management strategies and optimization of agricultural production.

**KEYWORDS:** precision agriculture, orbital images, root knot nematodes

**INTRODUÇÃO:** O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo e, de acordo com relatório de exportações do grão, as exportações brasileiras de café totalizaram 4,293 milhões de sacas de 60 kg em março de 2024, o que representa um incremento de 37,8% frente ao apurado em idêntico período do ano passado (CECAFÉ, 2024). Os produtores de café, frequentemente, enfrentam desafios causados por fitonematóides, principalmente do gênero *Meloidogyne*, popularmente conhecidos por nematóide das galhas. Esses microrganismos parasitam as raízes das plantas, alimentando-se de seu conteúdo causando murcha, amarelamento, a queda progressiva de folhas, redução de crescimento e, conseqüentemente, prejudicando a produtividade da planta. Medidas de manejo podem ser mais eficientes com a identificação inicial desses patógenos, no entanto sintomas geralmente são detectáveis em estágios avançados de infestação (PAN et al., 2014). O sensoriamento remoto é uma importante ferramenta para a análise em estudos da saúde das lavouras, podendo detectar males como os fitonematóides ainda em estágio inicial, onde o olho humano não consegue identificar. A utilização de índices de vegetação, pode contribuir no mapeamento de variáveis de interesse das plantas na área de produção, auxiliando na praticidade e na assertividade das análises das lavouras. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a correlação entre a infestação do nematóide das galhas, *Meloidogyne exigua*, em lavoura de café e dois índices de vegetação, NDVI e NDRE, obtidos por aeronave remotamente pilotada (ARP).

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado em uma área experimental da Universidade Federal de Lavras, situada em Lavras, Minas Gerais. As imagens foram capturadas em duas datas distintas: 03 de fevereiro de 2021 utilizando uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) Matrice 100 da marca DJI. Foram coletados dados de um total de 20 plantas de café da cultivar Topázio, com espaçamento de 1,80 metros entre as linhas e 0,70 metros entre as plantas. As plantas apresentavam boa condição de sanidade, sem ataque de insetos praga e a análise de solo demonstrou ausência de deficiência nutricional. Imagens aéreas foram obtidas utilizando uma câmera multiespectral Parrot Sequoia™ (MicaSense, Seattle, WA, EUA) com cinco sensores de imagem; esses cinco sensores incluíam um sensor visível de 16 MP (RGB) e quatro sensores de 1.2 MP, a saber, verde (G) (530-570 nm), vermelho (R) (640-680 nm), borda vermelha (RE) (730-740 nm) e infravermelho próximo (NIR) (770-810 nm). O processamento das imagens foi realizado no programa computacional Pix4Dmapper Pro, versão educacional, de acordo com a metodologia descrita por (SANTOS et al., 2022). Posteriormente, as bandas foram georreferenciadas no QGIS software versão 3.10 (Quantum GIS) e utilizadas para obter os índices de vegetação NDVI e NDRE conforme descritos nas equações 1 e 2. Após foi utilizado a ferramenta *point sampling tool* para extrair os valores dos índices de vegetação em cada uma das 20 plantas amostradas. Para determinar a quantidade de ovos e J2 de nematóides, foram obtidos cerca de 300 gramas de raízes de plantas de café, na área de projeção da copa e a uma profundidade de 0-20 cm. As amostras foram encaminhadas ao laboratório de nematologia da Universidade Federal de Lavras. As raízes foram lavadas com água da torneira e os ovos e J2 foram extraídos das raízes pela técnica de Coolen e D'Herde. Após, os juvenis e ovos foram quantificados em Câmara de Peters com microscópio óptico. Os dados do número de ovos e J2 foram associados aos dados dos índices de vegetação NDVI (do inglês *Normalized difference vegetation index*) e NDRE (do inglês *Normalized difference red edge*), usando correlação de Pearson (R). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico R (R Core Team, Viena, Áustria).

TABELA 1. Equação dos índices de vegetação utilizados e respectivos e autores.

Equação	Autores
$NDRE = \frac{NIR - RE}{NIR + RE}$	Gitelson e Merzlyak (1994)
$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$	Rouse et al. (1973)

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 2 são apresentados os valores de correlação entre ovos e J2 de *Meloidogyne exigua* obtidos em cada planta analisada para os valores de índices de vegetação e as bandas espectrais utilizadas. O índice de vegetação NDRE demonstrou maior valor de correlação com ovos e juvenis do nematóide (-0,45) e de R<sup>2</sup> (0,19), quando comparado com o índice NDVI (-0,24 e R<sup>2</sup>: 0,05). Estudos mostram que os índices de vegetação podem estar correlacionados com vários fatores bióticos e abióticos das plantas. A banda do vermelho é sensível à clorofila, já a banda infravermelho próxima é sensível à estrutura e à densidade da vegetação. A diagnose precoce de doenças em plantas é um dos principais desafios para a agricultura. Detectar o patógeno quando a planta já se encontra em condições avançadas de infestação implica em maiores gastos com aplicações de produtos fitossanitários e, em algumas situações, até mesmo no abandono da lavoura. Por outro lado, com o avanço dos estudos em sensoriamento remoto para o monitoramento de plantas, surgem oportunidades de manejo de doenças causadas por fitonematóides de forma sustentável.

TABELA 2. Análise de correlação entre ovos e J2 de *Meloidogyne exigua*, índices de vegetação e as bandas espectrais utilizadas.

	Ovos e J2	NDRE	NDVI	NIR	RedEdge	Red
Ovos e J2	1					
NDRE	-0,45*	1				
NDVI	-0,24 <sup>NS</sup>	-0,10 <sup>NS</sup>	1			
NIR	-0,04 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,46*	1		
RedEdge	0,35 <sup>NS</sup>	-0,87*	0,26 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>	1	
Red	0,23 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	-0,75*	0,24 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	1

\* Não significativo e \*\* significativo ao nível de confiança de 95 % (p < 0,05).

**CONCLUSÕES** Houve correlação entre os índices NDVI e NDRE e os ovos e juvenis do nematóide das galhas, *Meloidogyne exigua*. Este estudo destaca a importância das técnicas de sensoriamento remoto e análise de campo, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo de doenças e otimização da produção agrícola.

**AGRADECIMENTOS:** Gostaríamos de agradecer ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), à Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia (DFP) da UFLA pelo apoio a este estudo, ao Consórcio Embrapa Pesquisa Café pelo financiamento da pesquisa (projeto 10.18.20.041.00.00), ao Conselho Nacional Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) (projeto 305953/2020-6), à Fundação Mineira de Amparo à Pesquisa (FAPEMIG) (projetos PPE-00118-22 e BPD-00040-22), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e Fundação Mineira de Amparo à Pesquisa (FAPEMIG) pela bolsa de doutorado da quinta autora.

## REFERÊNCIAS:

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. Disponível em <https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>. Acesso em 10 de abril de 2024.

GITELSON, A.; MERZLYAK, M. N. Quantitative estimation of chlorophyll-a using reflectance spectra: Experiments with autumn chestnut and maple leaves. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 22, n. 3, p. 247-252, 1994.

PAN, J.; JU, Y.; WANG, X., AND ZHANG, H. Detection of *Bursaphelenchus xylophilus* infection in *Pinus massoniana* from hyperspectral data. **Nematology** v.16, n.10, p.1197-1207, 2014.

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 Symposium**, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1973. v.1, p.309-317.

SANTOS, L.M. DOS; FERRAZ, G.A. E. S.; CARVALHO, M.A. DE F.; TEODORO, S.A.; CAMPOS, A.A.V.; MENICUCCI NETO, P. Use of RPA Images in the Mapping of the Chlorophyll Index of Coffee Plants. **Sustainability**. v.14, n.20, 2022.