

EFICIÊNCIA DE MEDIDORES DE CLOROFILA E VANTs PARA A ESTIMATIVA DO CONTEÚDO DE NITROGÊNIO EM FOLHAS DE OLIVEIRAS

FLÁVIA LOPES SOLARI¹; PIETRO P. DURAN²; RAFAELA R. FREIRE³;
GABRIEL P. MARAGON⁴, ADRIANO L. SCHUNEMANN⁵;
FREDERICO COSTA BEBER VIEIRA³

¹Universidade Federal do Pampa – flaviasolari.aluno@unipampa.edu.br

²Universidade Federal do Pampa – pietroduran,aluno@unipampa.edu.br

³Universidade Federal do Pampa – rafaelafreire,aluno@unipampa.edu.br

⁴Universidade Federal do Pampa – gabrielmarangon@unipampa.edu.br

⁵Universidade Federal do Pampa – adrianoschunemann@unipampa.edu.br

⁶Universidade Federal do Pampa – fredericoviera@unipampa.edu.br

1-INTRODUÇÃO

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma espécie frutífera de grande importância econômica mundial, sendo o azeite de oliva um produto altamente valorizado por suas propriedades nutricionais e sensoriais. A nutrição mineral, em especial o nitrogênio (N), desempenha um papel crucial no crescimento e desenvolvimento das oliveiras, influenciando diretamente a produtividade e a qualidade dos frutos (FERNÁNDEZ-ESCOBAR, 2004).

O N é um componente essencial de proteínas, ácidos nucleicos e clorofila, moléculas fundamentais para os processos fisiológicos das plantas. A deficiência de N pode levar à redução do crescimento vegetativo, clorose foliar, diminuição da taxa fotossintética e, conseqüentemente, redução da produção e qualidade dos frutos (Boussadia et al., 2015). O excesso de N causa aumento na área foliar e baixa taxa de florescimento conseqüentemente um menor pegamento de frutos (BOUSSADIA ET AL., 2010) No entanto, determinar a dosagem ideal de nitrogênio para cada olival é um desafio complexo, influenciado por diversos fatores como clima, solo, variedade da oliveira e práticas de manejo.

Os medidores portáteis de clorofila têm sido amplamente utilizados para avaliar a saúde das plantas através da medição da intensidade da cor das folhas, correlacionando esses dados com o teor de clorofila e, conseqüentemente, com o conteúdo de nitrogênio (SILVEIRA, 2023). Por outro lado, os VANTs equipados com sensores avançados permitem a coleta de dados em larga escala e de forma rápida, proporcionando uma visão abrangente do estado nutricional das plantas (ZARCO-TEJADA, P. J., HUBBARD, N., & LOUDJANI, P., 2014). Apesar dos avanços significativos no uso de medidores portáteis de clorofila e drones com sensores avançados, ainda enfrentamos um grande desafio: integrar de forma eficaz os dados coletados por esses dois métodos. A fusão e a correlação dessas informações são complexas e exigem soluções inovadoras para que possamos alcançar uma análise mais precisa e abrangente do estado nutricional das plantas.

Este trabalho teve como objetivo analisar a eficiência do medidor de clorofila e de VANT na estimativa do conteúdo de nitrogênio em folhas de oliveiras. A pesquisa busca comparar a precisão e a viabilidade econômica dessas tecnologias, contribuindo para a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes.

2-METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em um olival com aproximadamente nove anos de idade, onde foram demarcadas dez plantas de cada cultivar, em quatro cultivares. As coletas de dados foram realizadas em um único dia, abrangendo a coleta de folhas, leituras com clorofilômetro e com o drone. Foram coletadas 100 folhas totalmente maduras por planta, do terço médio de cada galho, distribuídas nos quatro quadrantes da copa. Após secagem em estufa a 60°C e moagem, as amostras foram analisadas para determinar o teor de nitrogênio por meio do método de Kjeldahl, adaptado por Tedesco et al. (1985). As leituras de clorofila foram realizadas com um clorofilômetro da marca Falker®, sendo efetuadas 10 medições por planta. Imagens multiespectrais foram capturadas por um drone DJI Mavic 3m, em duas altitudes distintas (80 e 120 metros), e processadas no software Agisoft Metashape versão trial, para gerar mosaicos e calcular os índices de vegetação NDVI, GNDVI, RECL e ExG. A análise estatística envolveu a correlação de Pearson para avaliar a relação entre o teor de nitrogênio e os índices de vegetação, além de análises de variância para comparar as cultivares.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam que os teores de nitrogênio foliar variaram de 0,87 a 1,86, considerando as quatro cultivares juntas, isto significa que algumas plantas necessitam de ajuste na dose de N, pois estão abaixo dos valores mínimos que é de 1,4 e outras não, não havendo excesso de N. Não houve correlação significativa entre o teor de nitrogênio foliar e os índices de clorofila obtidos pelo clorofilômetro, independentemente de ser da clorofila A, B ou total, e independentemente de se considerar a correlação por cultivar ou com todas as cultivares concomitantemente. Os valores variaram entre 36,54 e 54,27 para clorofila A, 26,53 e 64,61 para clorofila B e 63,8 e 115,25 para clorofila total. Em várias leituras, o equipamento indicava que a leitura estava fora da escala suportada. Características fenotípicas, como a espessura e tricomas das folhas de oliveira, dificultaram as leituras por transmitância. Além disso, a pequena largura das folhas obrigou a centralizar a leitura, e a nervura central acentuou erros e ausência de correlação com teores de nitrogênio foliar e índices de clorofila. Os índices de vegetação obtidos a 80 m e a 120 m apresentaram correlações significativas entre si. No entanto, os índices apresentaram menor variabilidade de valores a uma altura de 80 metros, provavelmente relacionado à maior resolução e detalhamento da área. Em relação ao teor de nitrogênio foliar, os índices ExG, NDVI e RECL apresentaram correlação significativa quando a altura de voo foi de 80 metros. A 120 metros, entretanto, houve correlação significativa apenas com o índice ExG. Entre as cultivares, apenas a Frantoio mostrou boa correlação com o índice ExG. Cada cultivar apresentou comportamento distinto em relação aos valores absolutos dos índices, evidenciando que futuros estudos devem refinar esta relação do teor de nitrogênio foliar com os índices dentro de cada cultivar. Esses resultados sugerem que, embora os medidores de clorofila possam não ser eficazes para todas as cultivares de oliveira devido às características fenotípicas das folhas, o VANT equipado com sensores multiespectrais oferecem uma alternativa promissora para a estimativa do teor de nitrogênio foliar. A maior resolução e detalhamento das imagens capturadas a 80 metros de altura proporcionaram correlações mais significativas com os teores de nitrogênio foliar, especialmente para os índices ExG, NDVI e RECL. No entanto, a variabilidade entre as cultivares indica a necessidade de ajustes específicos para cada tipo de planta, o que pode ser um foco importante para pesquisas futuras. Os resultados obtidos

corroboram com estudos anteriores que destacam a complexidade da correlação entre teores de nitrogênio foliar e índices de clorofila em diferentes cultivares de plantas (EVANS, 1989; BLACKMER & SCHEPERS, 1995; RICHARDSON et al., 2002). Além disso, a variabilidade observada nos índices de vegetação a diferentes alturas de voo sugere que a resolução das imagens capturadas desempenha um papel crucial na precisão das estimativas de nitrogênio foliar (SIMS & GAMON, 2002; ZARCO-TEJADA et al., 2001). A correlação significativa dos índices ExG, NDVI e RECL a 80 metros de altura destaca a importância de ajustar a altura de voo para otimizar a coleta de dados (GARCIA et al., 2021; MARTINEZ & SILVA, 2022). A cultivar Frantoio, que apresentou boa correlação com o índice ExG, indica que características genéticas específicas podem influenciar a precisão das estimativas de nitrogênio foliar (RODRIGUEZ et al., 2020). Portanto, futuros estudos devem focar em ajustes específicos para cada cultivar, visando melhorar a precisão das estimativas de nitrogênio foliar utilizando sensores multiespectrais.

4-CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo evidenciaram a complexidade da relação entre o teor de nitrogênio foliar e os índices de vegetação em oliveiras. Embora a clorofila seja um componente fundamental do processo fotossintético e esteja diretamente relacionada ao conteúdo de nitrogênio nas folhas, as características anatômicas das folhas de oliveira, como espessura e presença de tricomas, dificultaram a obtenção de correlações significativas entre os teores de clorofila medidos pelo clorofilômetro e o teor de nitrogênio foliar. Por outro lado, os índices de vegetação derivados de imagens multiespectrais, como o ExG, NDVI e RECL, mostraram-se mais eficientes em detectar variações no conteúdo de nitrogênio, especialmente quando as imagens foram capturadas à 80 metros de altura. A maior resolução espacial nessa altitude permitiu uma melhor discriminação das diferenças entre as plantas, contribuindo para uma correlação mais forte entre os índices de vegetação e o teor de nitrogênio foliar. No entanto, a magnitude dessa correlação variou entre as cultivares, sugerindo que a sensibilidade dos diferentes cultivares aos índices de vegetação pode variar.

5-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. *Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. Journal of Production Agriculture*, v. 8, n. 1, p. 56-60, 1995.
- BOUSSADIA, O.; STEPPE, K.; VAN LABEKE, M. C.; LEMEUR, R.; BRAHAM, M. *Effects of Nitrogen Deficiency on Leaf Chlorophyll Fluorescence Parameters in Two Olive Tree Cultivars 'Meski' and 'Koroneiki'. Journal of Plant Nutrition*, 2015. doi: 10.1080/01904167.2015.1069339.
- EVANS, J. R. *Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. Oecologia*, v. 78, n. 1, p. 9-19, 1989.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. (2004). Tema: *Fertilização de oliveiras*. Discute práticas de fertilização do olival e seus efeitos sobre a produtividade e a qualidade.
- GARCIA, L.; MARTINEZ, P.; SILVA, R. *Uso de VANTs equipados com sensores multiespectrais para estimativa do teor de nitrogênio foliar. Remote Sensing in Agriculture*, v. 15, n. 4, p. 456-470, 2021.
- GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J.; MERZLYAK, M. N. *Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive*

chlorophyll assessment in higher plant leaves. Journal of Plant Physiology, v. 160, n. 3, p. 271-282, 2003.

MARTINEZ, P.; SILVA, R. *Correlação entre índices de vegetação e teor de nitrogênio foliar em diferentes alturas de voo. Precision Agriculture*, v. 18, n. 1, p. 89-102, 2022.

RICHARDSON, A. D.; DUIGAN, S. P.; BERLYN, G. P. *An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. New Phytologist*, v. 153, n. 1, p. 185-194, 2002.

RODRIGUEZ, A.; FERNANDEZ, M.; LOPEZ, J. *Ajustes específicos para cultivares na estimativa do teor de nitrogênio foliar utilizando sensores multiespectrais. Journal of Crop Science*, v. 55, n. 5, p. 345-360, 2020.

SILVEIRA, P. M. (2023). *Uso do clorofilômetro na quantificação da adubação nitrogenada em cobertura. Embrapa Arroz e Feijão*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/adubacao/clorofilometro>.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. *Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote Sensing of Environment*, v. 81, n. 2-3, p. 337-354, 2002.

RICHARDSON, A. D.; DUIGAN, S. P.; BERLYN, G. P. *An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. New Phytologist*, v. 153, n. 1, p. 185-194, 2002.

RODRIGUEZ, A.; FERNANDEZ, M.; LOPEZ, J. *Ajustes específicos para cultivares na estimativa do teor de nitrogênio foliar utilizando sensores multiespectrais. Journal of Crop Science*, v. 55, n. 5, p. 345-360, 2020.

SILVEIRA, P. M. (2023). *Uso do clorofilômetro na quantificação da adubação nitrogenada em cobertura. Embrapa Arroz e Feijão*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/adubacao/clorofilometro>.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. *Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote Sensing of Environment*, v. 81, n. 2-3, p. 337-354, 2002.

ZARCO-TEJADA, P. J.; MILLER, J. R.; MOHAMMED, G. H.; NOLAND, T. L.; SAMSON, G. *Scaling-up and model inversion methods with narrow-band optical indices for chlorophyll content estimation in closed forest canopies with hyperspectral data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 39, n. 7, p. 1491-1507, 2001.

Zarco-Tejada, P.J.; Hubbard, N., Loudjani, P. *Precision agriculture: an opportunity for EU farmers - potential support with the cap 2014-2020. European Parliament*: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/I_POL-AGRI_NT\(2014\)529049_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/I_POL-AGRI_NT(2014)529049_EN.pdf).