

## ANÁLISE ESPACIAL INTEGRADA PARA CARACTERIZAR A VARIABILIDADE EM VINHEDO

ANDERSON DE JESUS PEREIRA<sup>1</sup>, ISRAEL DE OLIVIERA JUNIOR<sup>2</sup>, LARISSA GODARELLI FARINASSI<sup>3</sup>, BRUNO RICARDO SILVA COSTA<sup>3</sup>, LÚCIO ANDRÉ DE CASTRO JORGE<sup>4</sup>, LUIS HENRIQUE BASSOI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual Paulista (UNESP), e-mail: anderson.j.pereira@unesp.br.

<sup>2</sup> Professor, Doutor, Universidade do Estado da Bahia, e-mail: iojjunior@gmail.com.

<sup>3</sup> Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem), UNESP, e-mail: larissa\_godarelli@hotmail.com, bruno.ricardo@unesp.br

<sup>4</sup> Pesquisador, Doutor, Embrapa Instrumentação, e-mail: lucio.jorge@embrapa.br, luis.bassoi@embrapa.br

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** A demarcação de zonas análogas no vinhedo necessita de uma avaliação precisa para entender as relações entre as variáveis do solo e das videiras. Em vista disso, este estudo tem como objetivo integrar medidas referentes a atributos do solo e das plantas para delimitar zonas de manejo (ZM) em um vinhedo irrigado em Ribeirão Preto-SP. Mapas de condutividade elétrica aparente do solo (CEa), umidade volumétrica ( $\theta$ ) e índice da diferença normalizada do vermelho limítrofe (NDRE) foram elaborados, e foram integrados mediante o método de padronização para gerar as zonas de manejo. O índice relativo do teor total de clorofila ( $a$  e  $b$ ) na folha foi obtido por meio de sensor portátil. A ZM seguiu o mesmo padrão comportamental dos planos de informação de origem, e a distribuição da classe de menor valor concentrou no nordeste e oeste do vinhedo. A integração de planos de informações possibilitou a definição das ZM, o que comprovou a confiabilidade do método empregado, pois houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o índice de clorofila adotado para validar a delimitação das ZM. Essas ZM são importantes para viabilizar o manejo diferenciado no vinhedo.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura de precisão, viticultura, sensoriamento remoto.

## INTEGRATED SPATIAL ANALYSIS TO CHARACTERIZE VINEYARD VARIABILITY

**ABSTRACT:** The definition of analogous zones in a vineyard requires a precise assessment to understand the relationships between soil and grapevines. Hence, this study aims to integrate measurements related to soil and plant attributes to delimit management zones (MZ) in an irrigated vineyard in Ribeirão Preto, state of São Paulo, Brazil. Maps of soil apparent electrical conductivity (ECa), volumetric moisture ( $\theta$ ) and normalized difference red edge index (NDRE) were constructed and integrated using the standardization method to generate MZ. Total chlorophyll relative index ( $a$  and  $b$ ) on leaf - TCRI were obtained using a hand held sensor. MZ followed the same pattern as the source information plans, and the distribution of lowest value class was concentrated in the northeast and west of the vineyard. The integration of information plans made it possible to define MZ, in which the reliability of the method employed was confirmed by the significant difference ( $p < 0.05$ ) between TCRI adopted to validate the delimitation of MZ. These MZ are important to enable differentiated management in a vineyard.

**KEYWORDS:** precision agriculture, viticulture, remote sensing.

**INTRODUÇÃO:** A agricultura de precisão pode ser um procedimento de gestão da variabilidade espacial em vinhedos, e assim estabelecer zonas de manejo para a realização de práticas agrícolas de modo diferenciado (OLDONI et al., 2021). Um dos caminhos para a aplicação da viticultura de precisão pode ser o da adoção do sensoriamento remoto. Para tanto, é preciso uma avaliação rigorosa para que a informação fornecida pelo sensoriamento corresponda com a realidade do vinhedo. Um dos grandes desafios consiste na delimitação da variabilidade das videiras e de parâmetros do solo de forma precisa (URRETAVIZCAYA et al., 2017), para promover um manejo especializado para cada parcela identificada. Anteriormente a demarcação de zonas análogas fundamentava apenas em um plano de informação, comumente o índice de vegetação, ou as zonas homogêneas eram estabelecidas pela identificação da condutividade elétrica aparente do solo para a aplicação da irrigação (RODRÍGUEZ-PÉREZ et al., 2011). Esses modelos desconsideravam as relações em campo e se distanciavam das concepções holísticas no desenvolvimento da agricultura (ANASTASIOU et al., 2019). Assim, a fusão de dados tem buscado fornecer ferramentas para solucionar essas problemáticas. Nesse sentido, o estudo tem como objetivo integrar planos de informações baseados em atributos da planta e do solo para gerar zonas de manejo em um vinhedo irrigado no estado de São Paulo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os dados foram adquiridos em um vinhedo comercial, localizado no município de Ribeirão Preto-SP (21°17'24,53" S 47°50'46,83" O), com área de 1,1 ha. As videiras cv. Syrah sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e IAC 572 são conduzidas no sistema de sustentação em espaldeira, no espaçamento entre fileiras de 2,8 m e entre plantas de 1 m, irrigado por gotejamento e com adoção do manejo de dupla poda para a colheita de uvas de inverno para vinificação. Os dados de condutividade elétrica aparente do solo (CEa) foram adquiridos por meio do medidor portátil desenvolvido pela Embrapa Instrumentação. Os dados foram coletados em maio de 2021, na camada de solo de 0,0-0,4 m, em fileiras alternadas e em a cada 6 m em uma mesma fileira, resultando em uma malha amostral de 5,5 x 6 m, com 311 pontos. Mediante o uso do sensor portátil Hydrosense 2 (Campbell Scientific, Utah, USA), realizaram-se as leituras de umidade volumétrica do solo ( $\theta$ ) na camada do solo de 0,0-0,2 m, concomitante com a coleta de dados de CEa. Utilizou-se o medidor portátil não destrutivo ClorofiLOG, modelo CFL 1030 (Falker Automação Agrícola, Porto Alegre, Brasil), para aferir indiretamente o índice relativo de clorofila total ( $a$  e  $b$ ) - IRCT. Foram selecionadas cinco folhas em cada planta para análise, em 44 pontos amostrais. Empregou-se a aeronave remotamente pilotada (ARP), modelo DJI Inspire 2, e o sensor multiespectral RedEdge-M, para capturar os dados de refletância de forma suborbital. O plano de voo foi projetado para alcançar uma sobreposição frontal e lateral de 75 % e altura de voo em 30 m. Essa configuração resultou em imagens com resolução espacial de 0,02 m. Elaborou-se o ortomosaico por meio do *software* Agisoft™ MetaShape, versão 1.5.3 (Agisoft LLC, São Petersburgo, Rússia). A segmentação do dossel e o cálculo do índice de vegetação por diferença normalizada do vermelho limítrofe (NDRE) ocorreu utilizando-se o *software* QGIS (versão 3.16.14, Hannover). Os procedimentos geoestatísticos foram desenvolvidos no *software* Vesper 1.6 Variogram Estimation and Spatial Prediction plus Error. A escolha do método do semivariograma pautou-se nos critérios estabelecidos por Oliveira (2015). A definição das classes foi fundamentada pelo método de quebras naturais. Para a delimitação das zonas de manejo (ZM), foram integrados os mapas temáticos de CEa, e NDRE por meio do método de padronização. A validação das classes de zonas homogêneas foi realizada ao comparar os dados do índice relativo de clorofila total mediante o teste t de Student ( $p \leq 0,05$ ) utilizando-se o *software* R-Studio (CORE TEAM, 2017).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A ZM 1 representa 38 % da área, enquanto a ZM 2 detém a maior proporção, 62 % (Figura 1). A ZM 1 assemelha-se as zonas análogas de menor valores de  $\theta$  e NDRE, e em pontos específicos da CEa (Figura 2). Este índice de vegetação é eficiente para caracterizar a variabilidade em vinhedos com plantas com alto vigor vegetativo (COSTA, 2021), e usa a refletância na região do vermelho limítrofe (700 nm), um indicador sensível do conteúdo foliar de clorofila. Nesses planos de informações, houve a concentração dos menores valores no nordeste e oeste, com exceção da CEa em que há, também, uma pequena concentração da classe baixa ao sul do vinhedo.

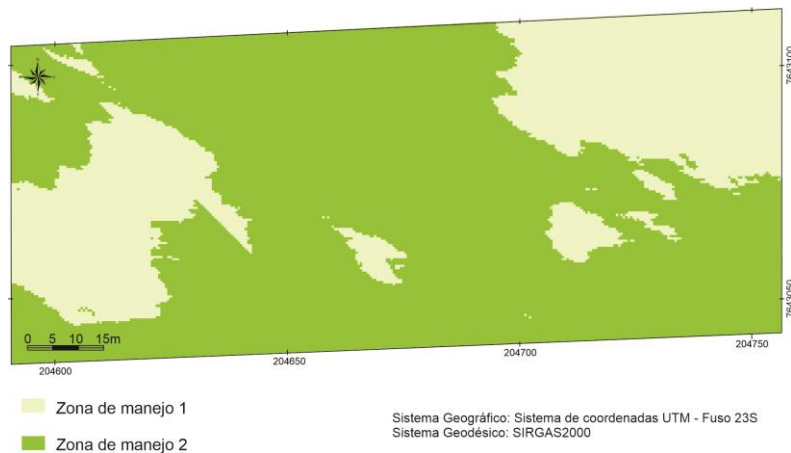


FIGURA 1. Distribuição espacial das zonas de manejo do vinhedo.

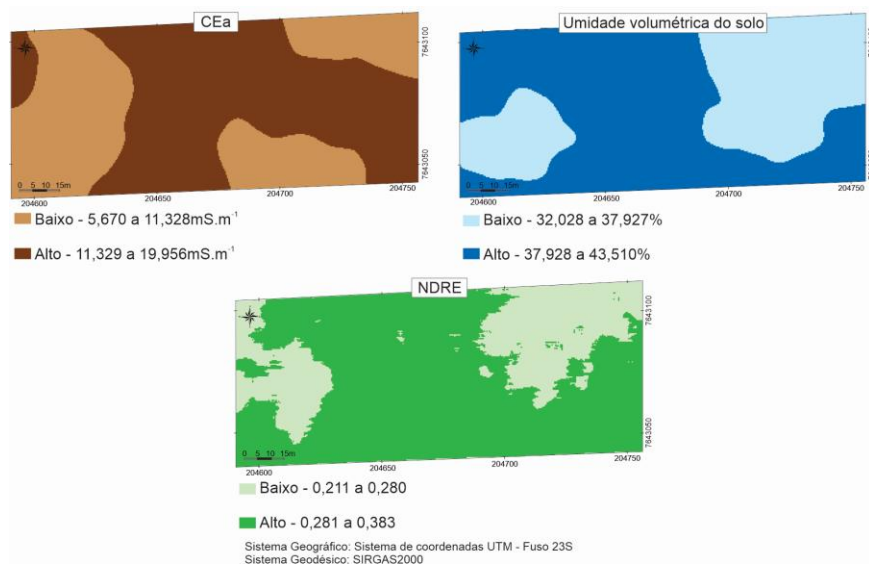


FIGURA 2. Distribuição espacial da condutividade elétrica aparente do solo (CEa), da umidade do solo ( $\theta$ ) e do índice de diferença normalizada do vermelho limítrofe (NDRE) no vinhedo.

A fusão dos mapas possibilitou diferenciar estatisticamente o IRTC entre as duas ZM, ao nível de confiança de 95 % ( $p < 0,05$ ) entre as classes. Os maiores valores de IRTC referem-se a ZM 2, e o padrão de espacialização é similar ao mapa do NDRE. A diferença significativa nos dados de pigmento fotossintetizante é justificável em virtude da correspondência do dossel com as bandas do vermelho e do vermelho limítrofe utilizado no

cálculo do NDRE. O manejo nutricional diferenciado pode ser adotado no vinhedo, especialmente do nitrogênio, que atua na formação dos pigmentos fotossintetizantes como a clorofila, carotenoide e as ficobilinas (TAIZ; ZEIGER, 2008).

**CONCLUSÕES:** A integração de planos de informações possibilitou elaborar zonas de manejo que fornecem uma visão abrangente sobre a variabilidade espacial do vinhedo. A metodologia propicia o desenvolvimento de um plano de gestão para aplicar práticas diferenciadas em cada zona.

**AGRADECIMENTOS:** À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo ao primeiro autor; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro, e à Vinícola Terras Altas, pela cessão do vinhedo para realização do experimento.

#### **REFERÊNCIAS:**

ANASTASIOU, E.; CASTRIGNANÒ, A.; ARVANITIS, K.; FOUNTAS, S. A multi-source data fusion approach to assess spatial-temporal variability and delineate homogeneous zones: A use case in a table grape vineyard in Greece. **Science of the Total Environment**, v. 684, p. 155-163, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.324.

COSTA, B. R. S. **Zonas de vigor vegetativo para colheita seletiva em viticultura irrigada com base em sensoriamento proximal**. 2021. Tese (doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Programa de Pós-graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2021.

OLIVEIRA, R.P. Modelagem de variogramas. In: OLIVEIRA, R.O., GREGO, C.R., BRANDÃO, Z.N. (Ed). **Geoestatística aplicada na Agricultura de Precisão utilizando o Vesper**. Brasília: Embrapa, 2015. cap.5. p.83-92.

OLDONI, H.; COSTA, B. R. S.; BOGNOLA, I. A.; SOUZA, C. R.; BASSOI, L. H. Homogeneous zones of vegetation index for characterizing variability and site-specific management in vineyards. **scientia agricola**, v. 78, p.1-11, 2021. DOI: 10.1590/1678-992X-2019-0243.

RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. R.; PLANT, R. E.; LAMBERT, J. J.; SMART, D. R. Using apparent soil electrical conductivity (ECa) to characterize vineyard soils of high clay content. **Precision Agriculture**, v. 12, n. 6, p. 775-794, 2011. DOI: 10.1007/s11119-011-9220-y.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

URRETAVIZCAYA, I.; ROYO, J. B.; MIRANDA, C.; TISSEYRE, B.; GUILLAUME, S.; SANTESTEBAN, L. G. Relevance of sink-size estimation for within-field zone delineation in vineyards. **Precision Agriculture**, v.18, n. 2, p. 133-144, 2017. DOI: 10.1007/s11119-016-9450-0.