

Zonas homogêneas de atributos de solo e de planta na produção de uvas colhidas no inverno

Homogeneous zones of soil and plant attributes in the production of grapes from winter harvest.

Luís Henrique Basso¹, Henrique Oldoni², Bruno Ricardo Silva Costa³, Thassio Monteiro Menezes da Silva⁴, Larissa Godarelli Farinassi⁵, Anderson de Jesus Pereira⁶

¹ Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos (SP), Brasil, luis.basso@embrapa.br

² Pós-graduando, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Botucatu (SP), Brasil, henriqueoldoni@gmail.com,

³ Pós-graduando, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Botucatu (SP), Brasil, bruno.ricardo.silva@hotmail.com

⁴ Pós-graduando, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Botucatu (SP), Brasil, thassio_monteiro@hotmail.com

⁵ Pós-graduando, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Botucatu (SP), Brasil, larissa_godarelli@hotmail.com

⁶ Pós-graduando, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Botucatu (SP), Brasil, agroandersonn@gmail.com

RESUMO

A delimitação de zonas homogêneas de atributos de solo e de planta para a caracterização da variabilidade espacial em vinhedos é apresentada neste capítulo. São apresentados alguns procedimentos para a medida desses atributos e obtenção das zonas homogêneas, com o enfoque em vinhedos para colheita de uva no inverno do Sudeste do Brasil para vinificação.

Palavras-chave: variabilidade espacial; condutividade elétrica aparente do solo; vigor vegetativo; índice de vegetação; viticultura de precisão.

ABSTRACT

This chapter discusses the delimitation of homogeneous zones of soil and plant attributes for characterizing vineyard spatial variability. It presents some procedures for measuring attributes and obtaining homogeneous zones, with a focus on vineyards for winter grape harvesting in Southeast Brazil for winemaking.

Keywords: spatial variability; apparent soil electrical conductivity; vegetative vigor; vegetation index; precision viticulture.

1 INTRODUÇÃO

A variabilidade espacial de fatores físicos, químicos e biológicos de um vinhedo pode causar uma variação espacial na qualidade e rendimento da uva dentro da mesma área, e as decisões de manejo do vinhedo podem considerar tal situação para a obtenção de um produto de maior qualidade e valor. No entanto, essas decisões dependem da disponibilidade de dados precisos e confiáveis que caracterizem a variabilidade espacial em descritores de videira relevantes (Hall et al., 2002).

O desenvolvimento e a aplicação de sistemas de sensoriamento para obtenção de dados relativos à biomassa, índice de área foliar, rendimento e qualidade da uva podem fornecer informações com uma resolução nunca antes alcançada na viticultura, bem como desenvolver métodos para quantificar a variabilidade em um vinhedo e ferramentas de processamento de dados para auxiliar os viticultores a

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000033>

 Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.

manipular, analisar e tomar decisões a partir dessas informações. Todavia, existem desafios. Como tomar decisões sensatas a partir dos dados obtidos por meio dessas tecnologias e metodologias? Para isso, é necessária uma maior compreensão se tais dados se relacionam com a fisiologia da videira. Outro desafio é o da capacitação para fornecer as habilidades, treinamento e orientação para que se tenha o uso da viticultura de precisão (VP) em larga escala (Tisseyre et al., 2007).

A prática da VP justifica-se por várias razões: as videiras crescem em linhas e com uma distância fixa entre plantas, e os pontos de amostragem podem ser aplicados às videiras individuais e georreferenciadas; as coletas de dados realizadas ano após ano podem originar séries históricas importantes para a gestão do vinhedo; a sua natureza perene sugere que a variação espacial do rendimento manterá algum padrão de comportamento de um ano para o outro, uma característica essencial caso se deseje realizar um manejo diferenciado ou sítio-específico no vinhedo e houver interesse por informações sobre a qualidade da uva entre as zonas de um vinhedo (Arnó et al., 2009).

Quatro etapas podem sucintamente exemplificar o emprego da VP. A primeira é a observação das características de um vinhedo, onde diversas fontes de dados são obtidas, tendo em comum uma localização geográfica à qual a informação está vinculada. A segunda etapa é a interpretação, que implica criar saídas utilizáveis (mapas de superfície) a partir das fontes de dados obtidas na etapa anterior, baseada em interpolação de dados georreferenciados e sensoramento remoto. A avaliação da interpretação é a terceira etapa, onde há a análise dos mapas e a criação de zonas de manejo ou zonas de tratamento diferenciado no vinhedo para examinar a variabilidade que existe na área. A quarta e última etapa explora a variabilidade dentro do vinhedo, por meio do manejo diferenciado, e ano após ano a coleta, a interpretação e a avaliação dos dados possibilitam ajustes neste manejo (Mathews, 2013).

Assim, este texto apresenta uma discussão sobre conceitos e práticas para a determinação de zonas homogêneas de atributos do solo e da planta, para a adoção da AP em vinhedos destinados à produção de vinhos, ou, especificamente, vitivinicultura de precisão. O enfoque é o sistema de produção de uvas para vinhos de inverno, com base na adoção do sistema de “dupla poda” da videira no Sudeste do Brasil (Galaz et al., 2020).

2 ZONAS HOMOGÊNEAS DE ATRIBUTOS DO SOLO E DA PLANTA

A zona homogênea de um atributo pode ser entendida como uma subárea onde uma medida não difere de outra medida nessa mesma subárea, ou seja, ambas podem representar o comportamento desse atributo, mas difere da medida em outra zona homogênea na mesma área, caracterizando assim a sua variabilidade.

A variabilidade espacial dos vinhedos tem sido avaliada por meio de atributos do solo (parâmetros físicos e químicos, CEa), da planta (reflectância do dossel, vigor, qualidade e produtividade da uva), altitude e declividade (Tardaguila et al., 2011; Rossi et al., 2013; Urretavizcaya et al., 2017). Esses atributos têm suas particularidades com base no método utilizado, no tempo e no custo envolvido na aquisição dos dados. Quanto maior o número de atributos considerados, melhor poderá ser a caracterização da variabilidade espacial de um vinhedo ou entre vinhedos.

A variabilidade espacial das frações granulométricas (areia, silte e argila) do solo de um vinhedo pode definir as zonas homogêneas, as quais podem orientar o local de instalação de sensores para a medida da umidade do solo (Figura 1). Em Espírito Santo do Pinhal (SP), em um vinhedo “Chardonnay” irrigado por gotejamento e com sistema de sustentação de plantas em espaldeira, as zonas identificadas segundo esse critério apresentaram diferenças significativas entre os valores médios de água disponível no solo e de água prontamente disponível no solo. Isto demonstra que a utilização limitada de atributos físicos do solo na delimitação de zonas homogêneas pode ser uma alternativa na redução de custos iniciais na adoção da VP sem comprometer a confiabilidade dos resultados (Oldoni et al., 2018a).

A determinação da CEa tem sido utilizada para caracterizar a variabilidade espacial do solo, pois este atributo se correlaciona com diversas propriedades físicas e químicas do solo cujas aquisições são mais trabalhosas e demoradas (Corwin; Lesch, 2005; Molin; Castro, 2008). Portanto, a CEa pode descrever a variabilidade do solo em vinhedos (Bramley et al., 2011) e, conseqüentemente, parâmetros como vigor vegetativo da videira, produção e composição da uva, que dependem diretamente da variabilidade de vários atributos do solo (Tardaguila et al., 2011).

No mesmo vinhedo “Chardonnay” da Figura 1, Oldoni (2019) avaliou o uso da CEa na determinação de zonas para o monitoramento da umidade do solo (θ , $m^3 m^{-3}$). Para isso, utilizou um medidor portátil (Rabello et al., 2011) para medida de CEa (Figura 2, esquerda). A textura do solo foi classificada como argilosa. O uso apenas de CEa deve ser limitado quan-

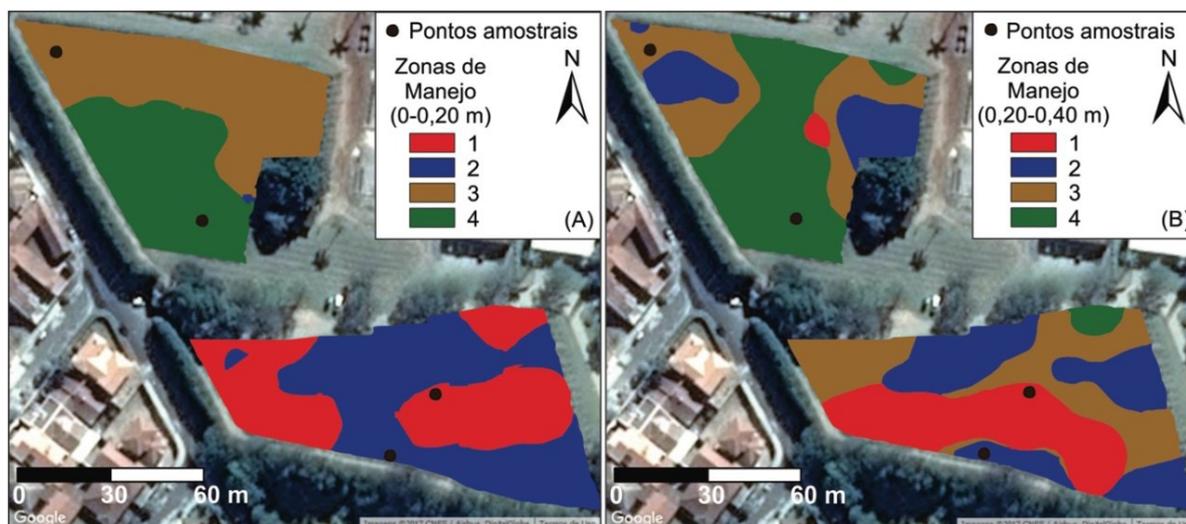


Figura 1. Zonas homogêneas de frações granulométricas do solo nas camadas de 0-0,20 m (A) e 0,20-0,40 m (B), com pontos de instalação de sensores de umidade do solo. (Fonte: Oldoni et al., 2018a).



Figura 2. Medidor portátil de condutividade elétrica aparente do solo – CEa (esquerda) e localização das medidas de CEa e da umidade do solo (θ) nas áreas 1 e 2 do vinhedo (direita) (Fonte: Oldoni, 2019).

do apresentar alta correlação com o conteúdo de água disponível no solo (AD). A inclusão da granulometria do solo (areia, silte e argila) auxiliou na determinação dessas zonas, e a sua contribuição foi maior quando a CEa não apresentou alta correlação com AD. A inclusão de valores de θ na camada de solo de 0-0,2 m, medidos por um TDR quando da realização da medida de CEa (Figura 2, direita), pouco contribuiu para a delimitação das zonas para o monitoramento da umidade do solo.

Ainda em relação ao vinhedo “Chardonnay”, as medidas georreferenciadas de CEa na camada superior de solo de 0,4 m deram origem a mapas com duas e três zonas homogêneas desse atributo do solo (Figura 3), e por meio de análise de variância e de comparação en-

tre médias, verificou-se a diferença significativa dos atributos da planta (número de cachos por planta, peso total do cacho por planta, massa média do cacho e massa fresca dos ramos podados) entre zonas de CEa. O rendimento e a massa dos cachos e dos ramos aumentaram com o aumento de CEa quando três e duas zonas homogêneas de CEa foram consideradas, indicando que elas podem ser usadas como orientação para avaliar a variabilidade da produção e das plantas no vinhedo (Oldoni et al., 2019a).

Um questionamento que ocorre é o relacionado à configuração amostral de medidas de CEa em um vinhedo com medidor portátil manual, pois a sua determinação consome tempo e mão de obra consideráveis. A redução do número de pontos amostrais permite

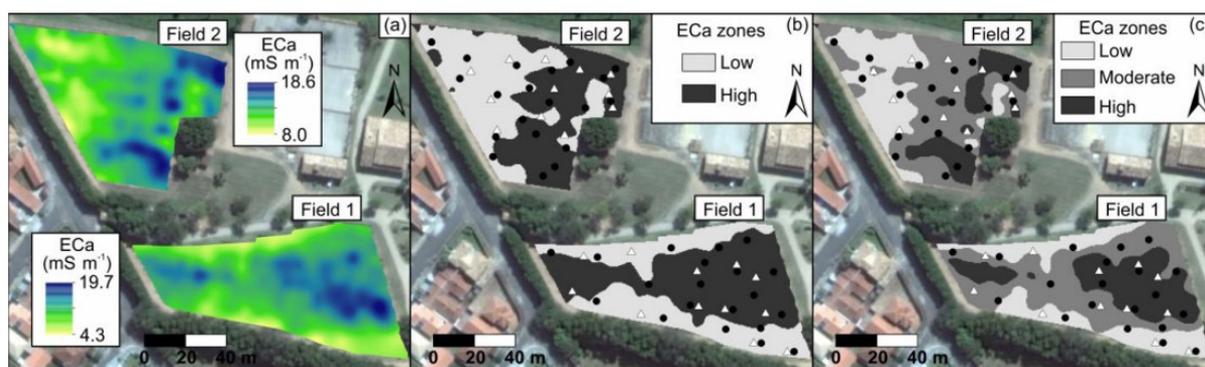


Figura 3. Mapas de distribuição espacial da condutividade elétrica aparente do solo (CEa, mS m^{-1}) na camada superior de 0,4 m (a) e mapas com duas (b) e três (c) zonas homogêneas de CEa delimitadas nos campos 1 e 2 no vinhedo “Chardonnay”. Os círculos pretos e os triângulos brancos indicam as plantas onde foram medidos os dados de produção e o vigor vegetativo, respectivamente (Fonte: Oldoni et al., 2019a).

minimizá-los, mas pode resultar em aumento da incerteza dos mapas interpolados. Em três vinhedos cultivados com “Cabernet Franc” (1,5 ha), “Cabernet Sauvignon” (0,9 ha) e “Chardonnay” (0,6 ha), irrigados por gotejamento em Espírito Santo do Pinhal (SP), Oldoni et al. (2019b) avaliaram o melhor espaçamento e número de medidas de CEa obtidas pelo medidor portátil (Figura 2), para que a qualidade dos mapas gerados em três vinhedos fosse preservada (Figura 4). Um limite mínimo de 100 pontos amostrais deve ser considerado para o planejamento amostral para geração de mapas de distribuição espacial da CEa, com uma abordagem mais conservadora quanto ao aumento do espaçamento na direção do declive do terreno.

Medidas de CEa nas camadas de 0-0,20 m, 0-0,40 m, 0-0,50 m e 0-1,00 m foram feitas em dois vinhedos localizados em Ribeirão Preto (SP) e Itobi (SP), utilizando um medidor portátil (Rabello et al., 2011) e o sensor EM38-MK2. A CEa apresenta variabilidade espacial ao longo do perfil do solo, porém o padrão de distribuição de zonas homogêneas desse atributo nos vinhedos é variável conforme o intervalo de profundidade e a área avaliada. A maior concordância entre os mapas categóricos de CEa correspondentes às camadas de 0-0,20 m e 0-0,40 m (Figura 5) indicam que essas camadas podem apresentar semelhança quanto aos seus atributos físico-químicos (Costa et al., 2022).

Os índices de vegetação (IV) são medidas quantitativas usadas para descrever a distribuição e variabilidade espacial da cobertura vegetal de áreas naturais ou cultivadas. Uma das dificuldades encontradas no emprego da AP é a grande quantidade de amostras e coletas de dados no campo, que acaba dificultando a agilidade da operação, desmotivando a adoção desta. Tendo em vista essa limitação, trabalhos são realizados de forma a minimizar esse problema e aumentar a operacionalidade das práticas de AP e

a sua adoção. No entanto, deve-se ressaltar que diferentes procedimentos no sensoriamento podem interferir na estimativa de IV.

Em Espírito Santo do Pinhal (SP), em dois vinhedos (“Cabernet Franc” – 1,5 ha, e “Cabernet Sauvignon” – 0,6 ha, com sustentação de plantas em espaldeira e condução dos ramos em cordão Royat unilateral), a redução da densidade amostral do NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index* (Figura 6), por diferentes combinações de caminhamentos para o sensoriamento proximal com o sensor ativo Crop Circle ACS-430, interferiu na qualidade dos mapas gerados (Oldoni et al., 2018b).

Para ambos os vinhedos, a redução de até 33% do número de fileiras amostradas garantiu uma moderada concordância dos mapas em relação aos mapas gerados utilizando todas as fileiras de plantas (Figuras 7 e 8). Dependendo do detalhamento necessário do mapa, menores densidades amostrais podem ser consideradas. Diferentes combinações de caminhamentos para as leituras de NDVI, ainda que mantendo a mesma densidade amostral, promovem alterações significativas na distribuição espacial dos dados (Oldoni et al., 2018b).

O monitoramento de IVs pode sofrer influência do desponte dos ramos de videira de vinho. Em Espírito Santo do Pinhal (SP), mapas de NDVI foram gerados a partir de duas coletas de dados de refletância das folhas, com o sensor óptico ativo Crop Circle ACS-430 posicionado no topo do dossel. As medidas foram realizadas em um intervalo de 15 dias, sendo uma antes e outra depois do desponte dos ramos de três cultivares de videira de vinho (“Cabernet Franc” – vinhedo 1; “Cabernet Sauvignon” – vinhedo 2; e “Chardonnay” – vinhedo 3), sustentadas por espaldeira. A prática do desponte alterou consideravelmente a distribuição do conjunto de dados de NDVI, com aumento da média

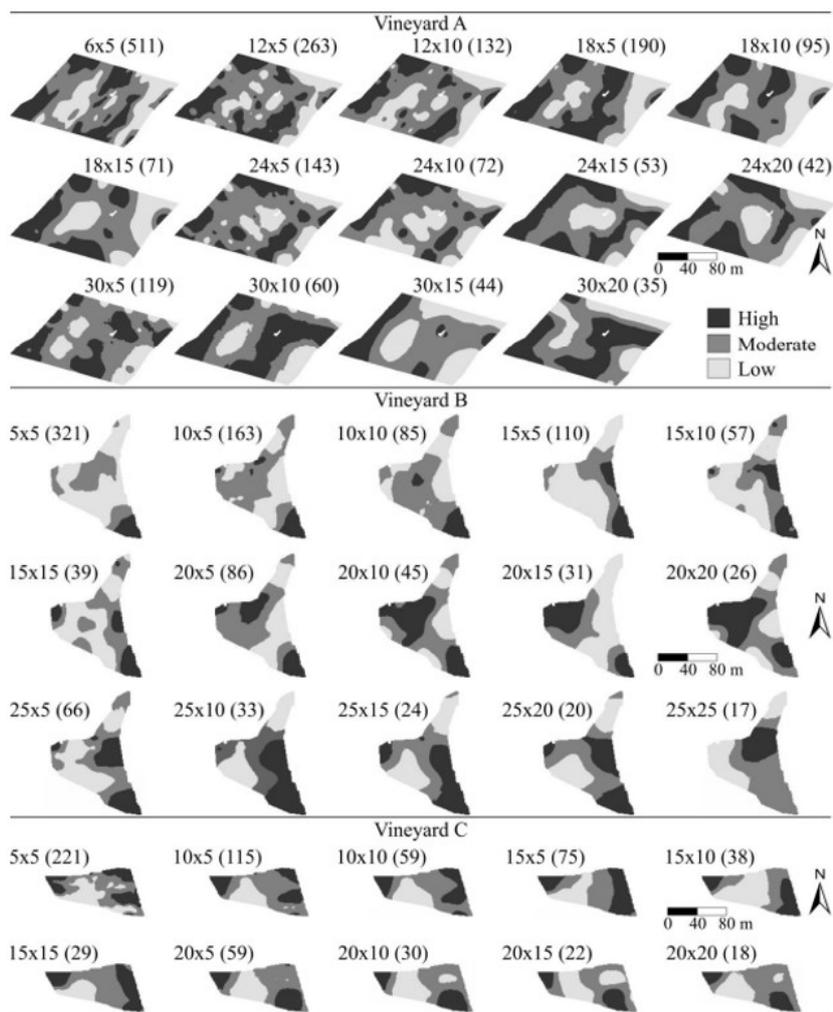


Figura 4. Distribuição espacial da CEA em três categorias de valores provenientes de medições de diferentes grades amostrais e com diferentes números de pontos (entre parênteses), nos vinhedos “Cabernet Franc” (A), “Cabernet Sauvignon” (B) e “Chardonnay” (C) (Oldoni et al., 2019b).

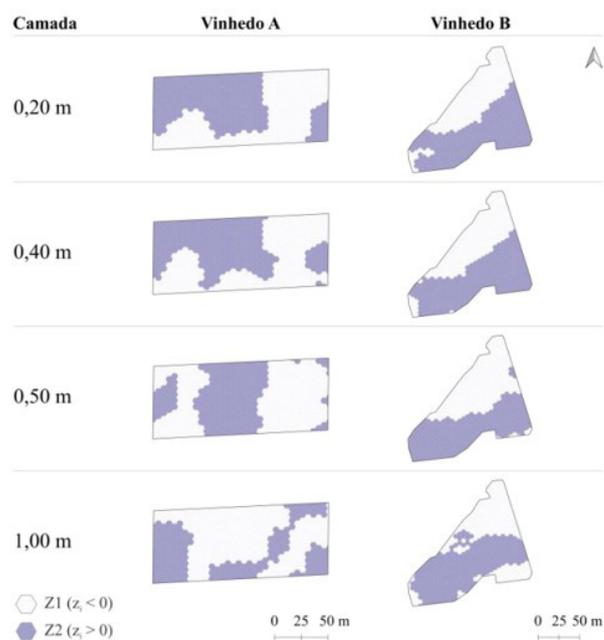


Figura 5. Mapas categóricos de valores interpolados normalizados da CEA do solo medida em diferentes camadas de solo em um vinhedo em Ribeirão Preto - vinhedo A e em Itobi - vinhedo B (Costa et al., 2022).

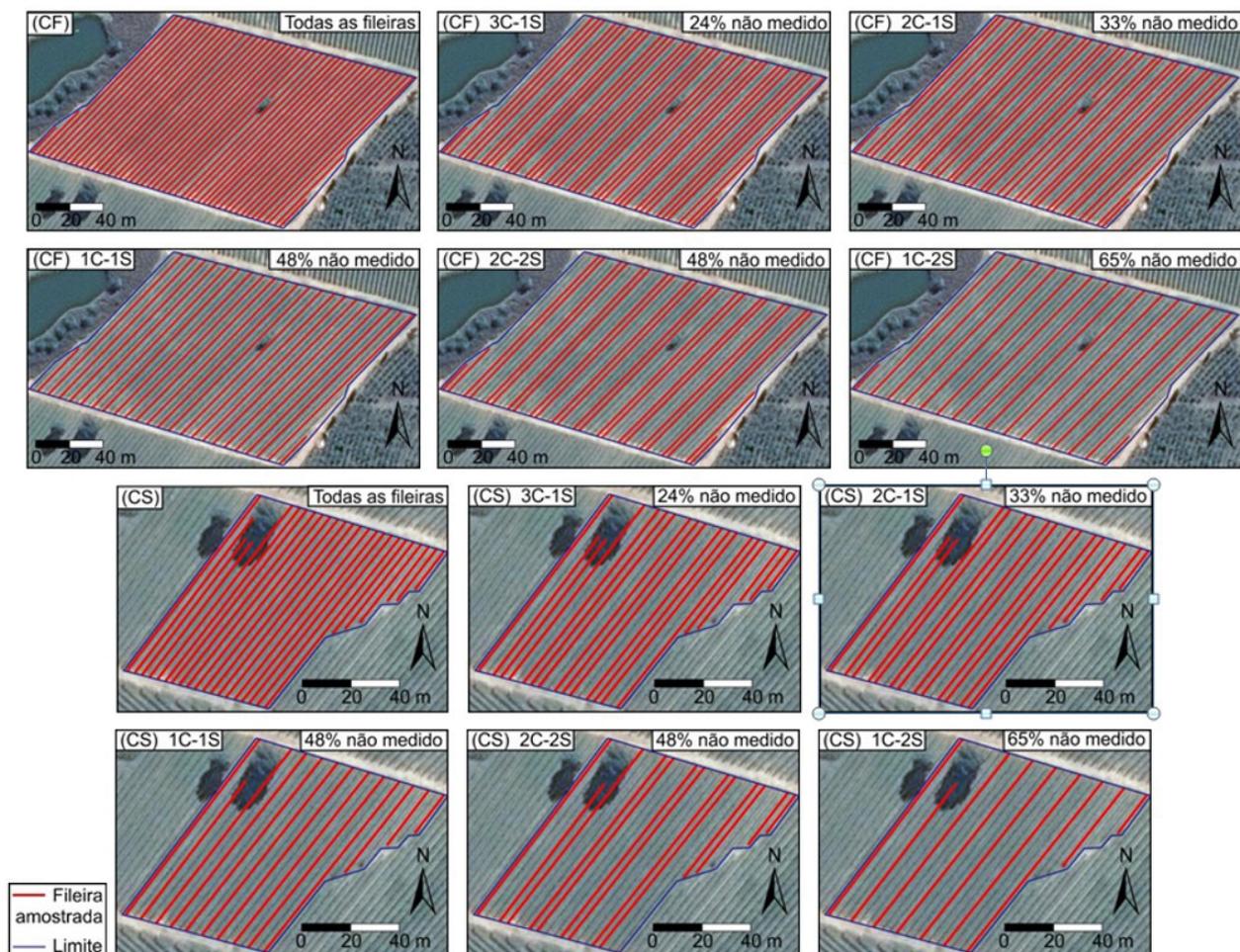


Figura 6. Representação das combinações de caminhamentos com diferentes porcentagens de fileiras não medidas, realizados nos pomares do cv. “Cabernet Franc” (CF) e “Cabernet Sauvignon” (CS), para as leituras do NDVI. Todas as fileiras: caminhada em todas as fileiras de plantas; 3C-1S: caminhada intercalado em três fileiras com e uma sem caminhada; 2C-1S: duas fileiras com e uma sem caminhada; 1C-1S: uma fileira com e uma sem caminhada; 2C-2S: duas fileiras com e duas sem caminhada; 1C-2S: uma fileira com e duas sem caminhada (Oldoni et al., 2018b).

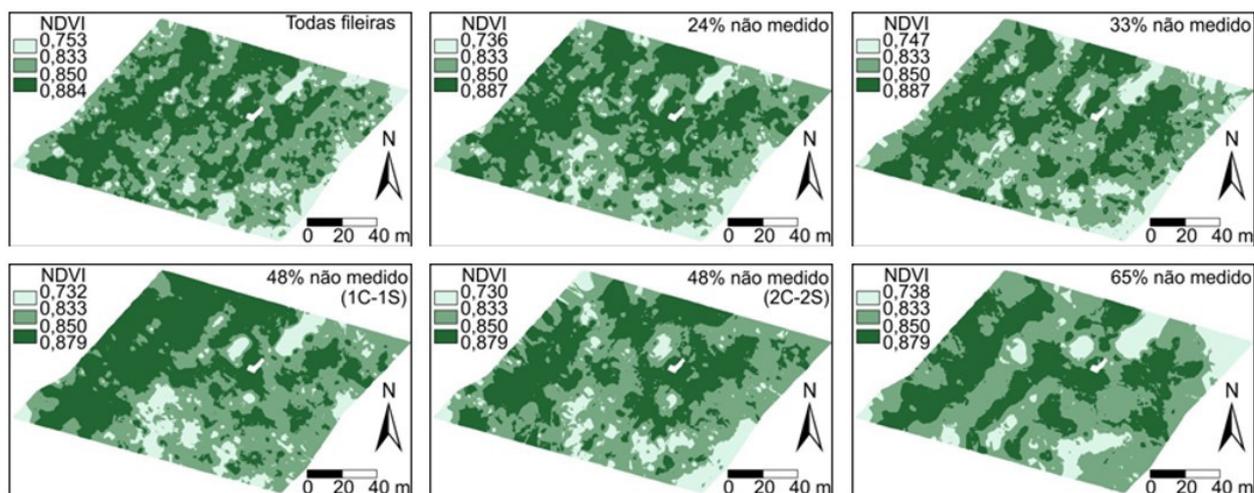


Figura 7. Mapas de distribuição espacial do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), para as diferentes combinações de caminhamentos nas fileiras de plantas de videira cv. “Cabernet Franc”. 1C-1S, medidas intercaladas com uma fileira de planta sim e outra não; 2C-2S, medidas intercaladas com duas fileiras de plantas sim e duas não (Oldoni et al., 2018b).

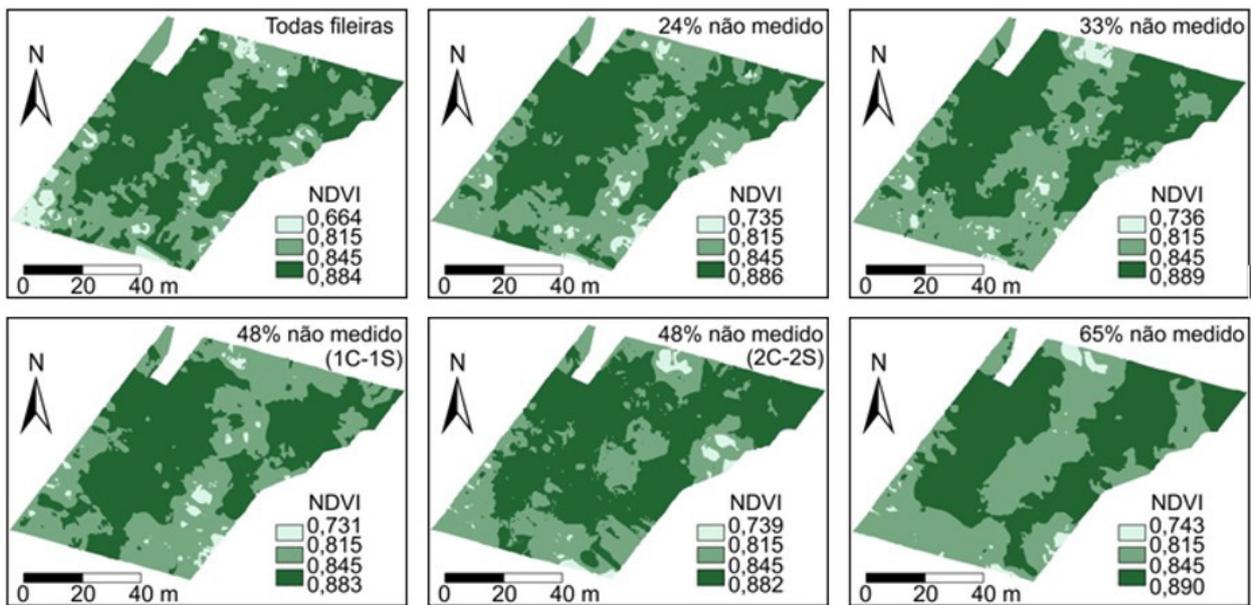


Figura 8. Mapas de distribuição espacial do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), para as diferentes combinações de caminhamentos nas fileiras de plantas de videira cv. “Cabernet Sauvignon”. 1C-1S, medidas intercaladas com uma fileira de planta sim e outra não; 2C-2S, medidas intercaladas com duas fileiras de plantas sim e duas não (Oldoni et al., 2018b).

e diminuição da amplitude dos valores em todos os pomares avaliados (Figura 9). O desponte também alterou a distribuição espacial dos mapas de NDVI, principalmente nos pomares 1 e 2, onde os cultivares apresentavam maior volume de dossel em comparação ao pomar 3. A eliminação das folhas jovens nas pontas dos ramos pode justificar os resultados encontrados. Avaliações temporais de NDVI em pomares de videira devem ser realizadas com cautela, levando-se em conta a prática do desponte durante o ciclo de produção. Leituras realizadas após o desponte podem garantir uma melhor representatividade do dossel (Oldoni et al., 2018c).

A identificação de padrões de vegetação em vinhedos “Cabernet Franc” e “Cabernet Sauvignon” foi realizada por Costa et al. (2019a), em Espírito Santo do Pinhal (SP), Brasil. A refletância (ρ) foi medida em três comprimentos de onda do espectro eletromagnético (670 nm, 730 nm e 780 nm) na altura do dossel em pontos georreferenciados ao longo das linhas de videiras usando o sensor ativo Crop Circle ACS-430. Nove IVs foram calculados com base nas razões entre os valores de ρ (Figura 10). Apesar das variações nos padrões de distribuição espacial dos IVs, a análise multivariada resultou na categorização representativa do vigor vegetativo das videiras e na delimitação de zonas homogêneas para esta característica. Isso foi validado de acordo com as diferenças significativas observadas entre os IVs.

Em Ribeirão Preto (SP), foi observada uma discrepância no mapeamento do NDRE – *Normalized Difference Red Edge* – e NDVI estimados em um vinhedo “Syrah”,

irrigado por gotejamento e com sustentação de plantas em espaldeira, a partir de duas posições distintas do sensor ativo ACS-430 (sensoriamento proximal) para a medida da ρ das folhas: posicionamento do sensor no topo do dossel, distanciado a 0,30 m deste, a qual proporcionou um ângulo θ_v correspondente a 0° (nadir) e um sentido paralelo às fileiras de plantas quanto à projeção do feixe de luz emitido pelo equipamento; e posicionamento do sensor na lateral do dossel a uma distância de 0,80 m, o que resultou em ângulo θ_v de 90° (off nadir) e proporcionou um posicionamento perpendicular do feixe luminoso em relação ao dossel das videiras. Ambos os procedimentos de medida de ρ produziram estimativas dos IV com uma reduzida dispersão relativa em torno da média (Figura 11). O NDRE demonstra maior concordância quanto à sobreposição de zonas homogêneas do vigor vegetativo em cada um dos posicionamentos do sensor. Contudo, medidas de ρ realizadas no topo do dossel resultam em maior semelhança no mapeamento e delimitação de zonas homogêneas de NDRE e NDVI (Farinassi et al., 2022).

Outro atributo da planta que pode ser utilizado para caracterizar a variabilidade espacial do vinhedo é o teor foliar de clorofila. A variação na sua distribuição, associada à progressão do ciclo fenológico da videira, pode ocorrer em vinhedos em decorrência da variabilidade das condições ambientais e das propriedades intrínsecas das plantas. A tendência de variação e a estabilidade temporal dos índices de clorofila *a*, *b* e clorofila total (*Chla*, *Chlb* e *Chlt*, respectivamente) e a caracterização da dis-

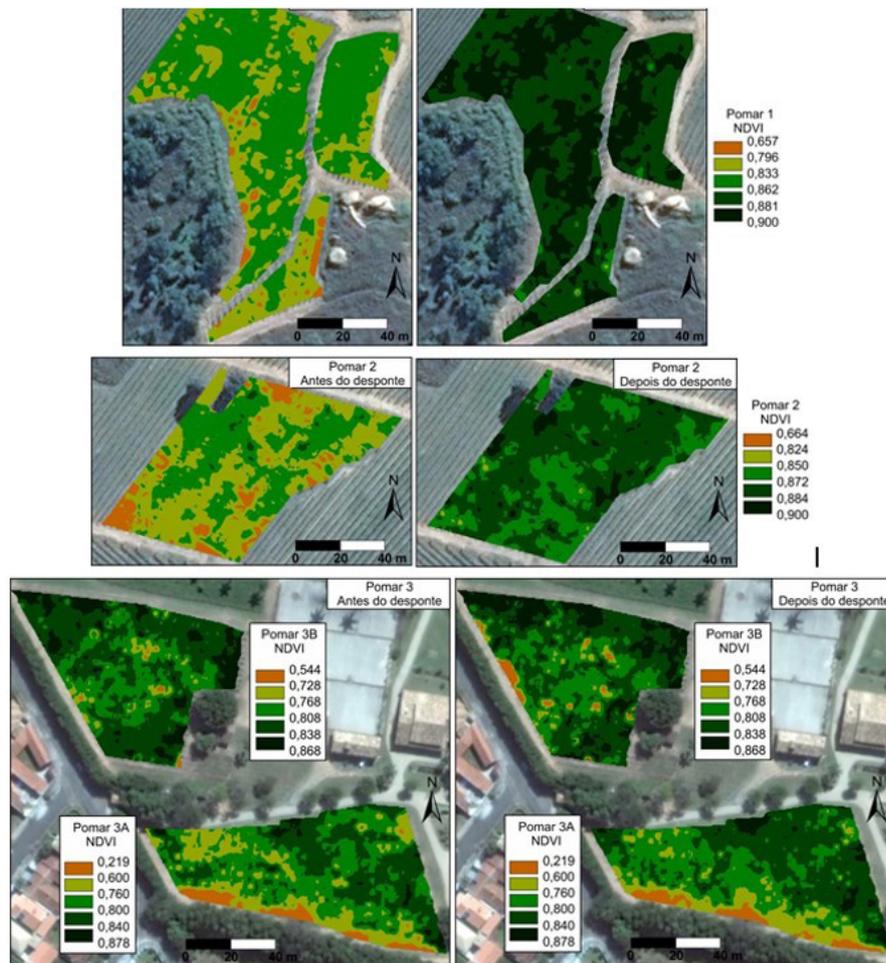


Figura 9. Distribuição espacial do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), antes (esquerda) e depois (direita) do desponte da videira. Fonte: Oldoni et al. (2018c).

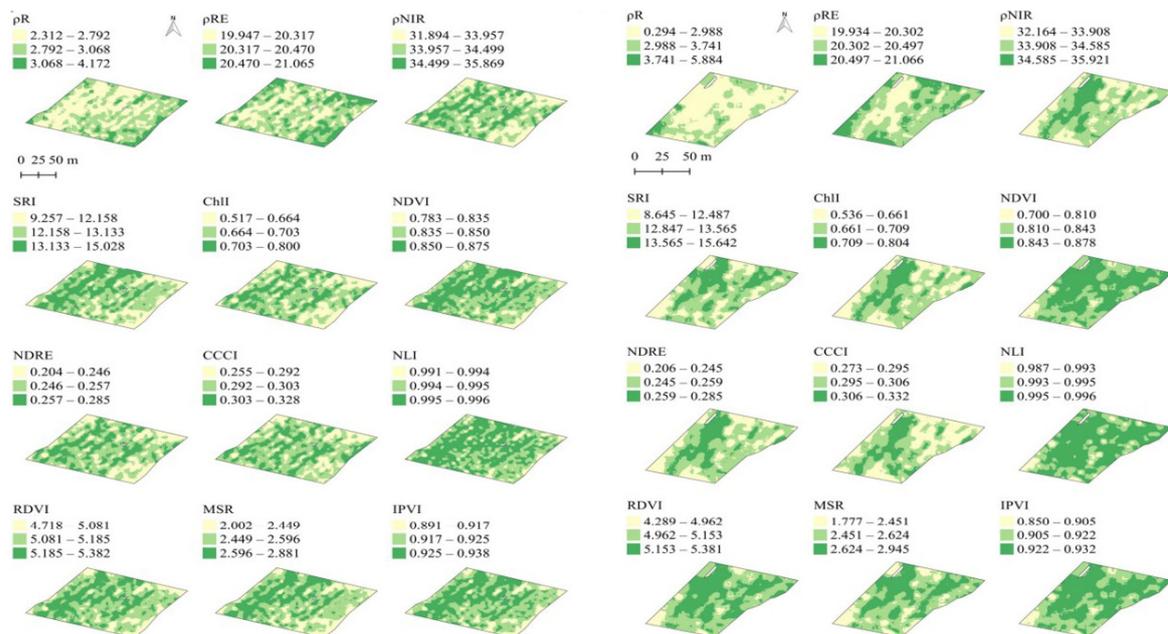


Figura 10. Distribuição espacial de zonas homogêneas da reflectância nas bandas vermelho (ρ_R), vermelho próximo (ρ_{RE}) e infravermelho próximo (ρ_{NIR}) e índices de vegetação (SRI - simple ratio index; ChII - chlorophyll index; NDVI - normalized difference vegetation index; NDRE - normalized difference red edge; CCCI - canopy content chlorophyll index; NLI - non-linear vegetation index; RDVI - re-normalized difference vegetation index; MSR - modified simple ratio; IPVI - infrared percentage vegetation index) em vinhedo "Cabernet Franc" (esquerda) e "Cabernet Sauvignon" (direita) (Costa et al., 2019a).

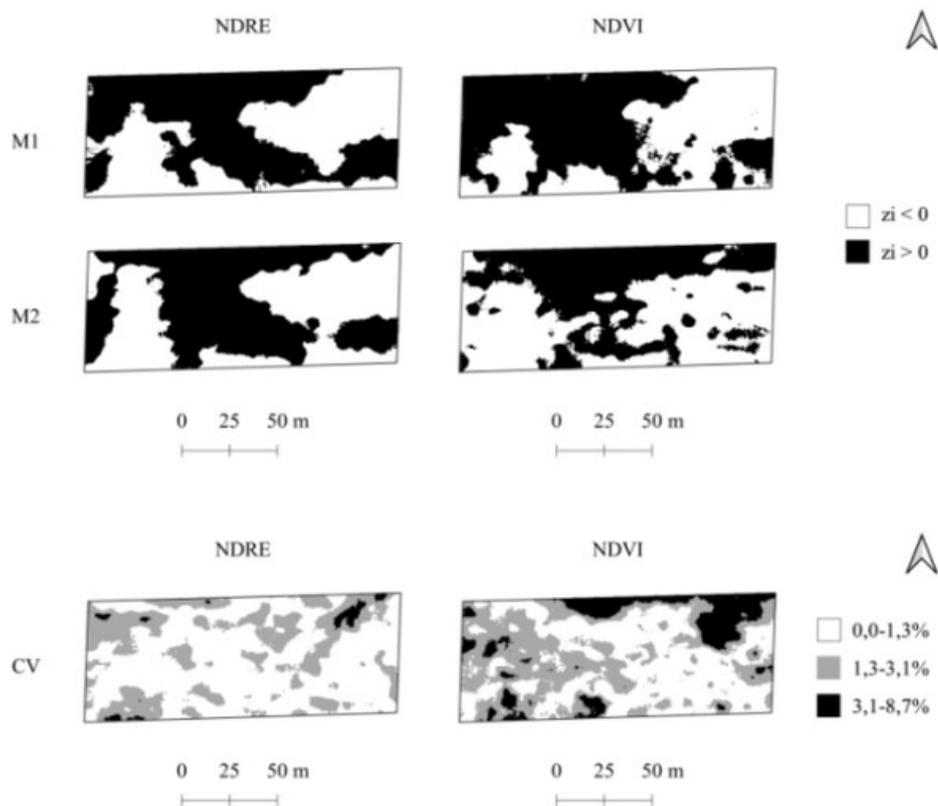


Figura 11. Mapas temáticos representativos da categorização de valores interpolados normalizados correspondentes ao NDVI e NDRE e do coeficiente de variação (CV), obtidos pela adoção de dois posicionamentos para medida da reflectância ρ no topo (M1) e na lateral (M2) do dossel de videiras (Farinassi et al., 2022).

tribuição espacial de $Chlt$ entre a floração e a maturação dos frutos da videira “Chardonnay” foram avaliadas por Costa et al. (2019b) em Espírito Santo do Pinhal (SP). Os índices foram obtidos por meio de um medidor portátil ClorofiLog 130. A variação média dos índices $Chlb$ e $Chlt$ nas folhas da videira “Chardonnay” ao longo de seu ciclo pode ser representada pela tendência quadrática utilizada para estimar a redução do teor de clorofila b e clorofila total após o início da maturação dos frutos. Em contraste, altos valores médios do índice $Chla$ ainda são detectados após o início desse estágio. O índice $Chlt$ apresentou baixa estabilidade temporal e espacial no período entre a floração e a plena maturação dos frutos em dois vinhedos geograficamente próximos, sob condições de cultivo e manejo semelhantes. No entanto, o período que precedeu o início da maturação dos frutos foi associado a uma maior estabilidade temporal das medidas indiretas do teor de clorofila total, com maior similaridade entre mapeamentos categóricos consecutivos dessa variável (Figura 12).

A calibração de medidores portáteis de clorofila é outro aspecto a ser considerado para que possamos ter não somente a distribuição espacial do ín-

dice relativo de clorofila em um vinhedo, mas também estimativa do teor foliar desse pigmento e do nitrogênio. Silva et al. (2022) propuseram um procedimento para definir as equações de calibração e validação do medidor portátil de clorofila ClorofiLOG CFL 130 com base nas zonas homogêneas do NDVI, determinada em um vinhedo “Chardonnay” irrigado por gotejamento em Espírito Santo do Pinhal (SP). Foi demonstrado que o dispositivo é capaz de estimar os níveis de $Chla$, $Chlb$ e $Chlt$ com um coeficiente de determinação de 0,68, 0,60 e 0,72 para modelo de calibração, e de 0,75, 0,67 e 0,76 para modelo de predição, respectivamente. Além disso, foram encontrados erros de 0,98, 0,58 e 1,47 $\mu\text{g ml}^{-1} \text{cm}^{-2}$ para o modelo de calibração, e 1,03, 0,67 e 1,49 $\mu\text{g ml}^{-1} \text{cm}^{-2}$ para o modelo de predição, respectivamente. Quanto ao teor foliar de N, o coeficiente de determinação foi de 0,67 para o modelo de predição e 0,26 para o modelo de calibração, enquanto o erro foi de 1,49 e 3,39 g kg^{-1} , respectivamente. Mesmo diante de suas limitações, o medidor portátil é capaz de fornecer ao usuário a estimativa do estado de N da folha, especialmente quando opera em amplitudes maiores de N.

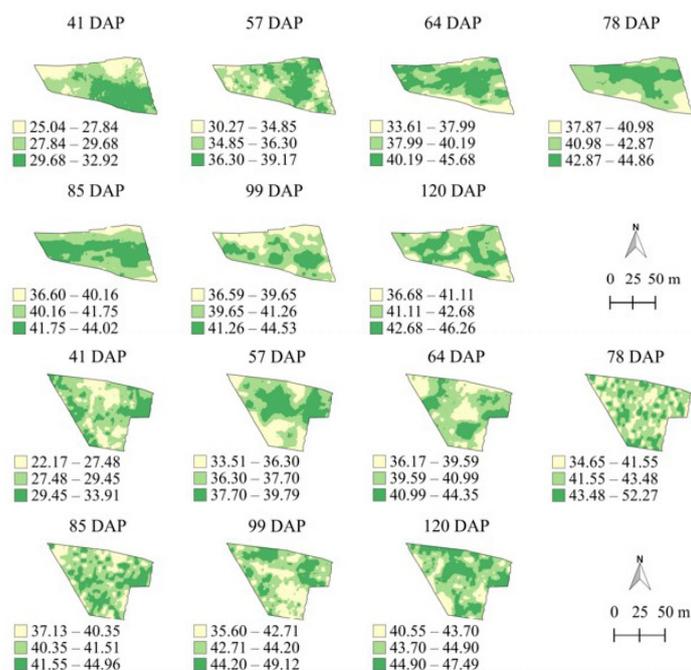


Figura 12. Distribuição espacial do índice de clorofila total (Chlt) nas folhas da videira “Chardonnay” estimada em diferentes dias após a poda (DAP) nos vinhedos 1 (acima) e 2 (abaixo) e agrupada em três categorias (Costa et al., 2019b).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A delimitação de zonas homogêneas em um vinhedo pode ser feita com base na determinação da variabilidade espacial de atributos do solo e da planta. Diversos procedimentos podem ser utilizados, cabendo ao viticultor ou técnico definir o atributo que melhor represente a variabilidade espacial do vinhedo, bem como o procedimento que melhor se adequa às características da sua área de produção e ao seu conhecimento técnico sobre a prática da viticultura de precisão.

AGRADECIMENTOS

Às vinícolas Guaspari (Espírito Santo do Pinhal, SP), Terras Altas (Ribeirão Preto, SP) e Casa Verrone (Itobi, SP), pela disponibilização de seus vinhedos e infraestrutura para a realização de experimentos no modelo *on winery research*. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudo, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) processo 2021/07915-0 pelo apoio financeiro à realização do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARNÓ, J.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A.; RIBES-DASI, M.; ROSELL, J.R. Review. Precision Viticulture. Research to-

pics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.7, p.779-790, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2009074-1092>.

BRAMLEY, R. G. V.; TROUGHT, M. C. T.; PRAAT, J. P. Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: characterizing variation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 17, n. 1, p. 72-78, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00119.x>.

CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 46, n. 1-3, p. 11-43, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2004.10.005>.

COSTA, B. R. S.; OLDONI, H.; ROCHA JÚNIOR, R.; BASSOI, L. H. Delimitation of homogeneous zones in vineyards using geostatistics and multivariate analysis of different vegetation indices. **Engenharia Agrícola**, v. 39, Espe, p.13-22, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39nep13-22/2019>.

COSTA, B. R. S.; FARINASSI, L. G.; RABELLO, L. M.; VAZ, C. M. P.; BASSOI, L. H. Variabilidade espacial da condutividade elétrica aparente ao longo do perfil do solo de vinhedos comerciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO E INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 2022, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: AsBraAP, 2022. p. 204-208.

COSTA, B. R. S.; OLDONI, H.; SILVA, W. A.; MARTINS, R. L.; BASSOI, L. H. Temporal variation and spatial distribution of relative indices of leaf chlorophyll in grapevine cv. Vhardonnay. **Engenharia Agrícola**, v. 39, Espe, p.74-84, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39nep74-84/2019>.

- FARINASSI, L. G.; OLDONI, H.; BASSOI, L. H.; COSTA, B. R. S. Diferentes métodos de sensoriamento proximal do dossel de videiras promovem divergências no mapeamento de índices de vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO E INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 2022, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: AsBraAP, 2022. p. 196-203.
- GALAZ, B.; REGINA, M. A.; CÂMARA, F. M. M.; LUCA, O. F. Histórico e situação atual da produção de vinhos de inverno no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 41, n. 312, p. 7-13, 2020.
- HALL, A.; LAMB, D.; HOLZAPFEL, B.; LOUIS, J. Optical remote sensing applications in viticulture - A review. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 8, p. 36-47, 2002.
- MATHEWS, A. J. Applying geospatial tools and techniques to viticulture. **Geography Compass**, v. 7, n. 1, p. 22-34, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/gec3.12018>.
- MOLIN, J. P.; CASTRO, C. N. Establishing management zones using soil electrical conductivity and other soil properties by the fuzzy clustering technique. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 6, p. 567-573, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000600001>.
- OLDONI, H.; MARTINS, R. L.; VAZ, C. M. P.; BASSOI, L. H. Delineamento de zonas de manejo de irrigação em vinhedo com base na granulometria do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2018a, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: AsBraAP, 2018a. p. 52-58.
- OLDONI, H.; COSTA, B. R. S.; RABELLO, L. M.; BASSOI, L. H. Apparent soil electrical conductivity as a guidance for canopy management in vineyards. In: 5th GLOBAL WORKSHOP ON PROXIMAL SOIL SENSING, 2019a, Columbia. **Proceedings...** Columbia: USDAARS/University of Missouri, 2019a. p. 105-110.
- OLDONI, H.; MARTINS, R. L.; RABELLO, L. M.; BASSOI, L. H. Distribuição espacial do NDVI de videiras de vinho em função do desponde de ramos. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN, 1., 2018, Santiago. **Anais [...]**. Santiago: Sociedade Chilena de Agricultura de Precisión, 2018c. p.1-8.
- OLDONI, H.; COSTA, B. R. S.; ROCHA JUNIOR, R. C.; RABELLO, L. M.; BASSOI, L. H. Effects of size and sampling grid on the quality of apparent soil electrical conductivity maps. **Engenharia Agrícola**, v. 39, Espe, p. 1-12, 2019b. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39nep1-12/2019>.
- OLDONI, H.; ROCHA JUNIOR, R. C.; MARTINS, R. L.; RABELLO, L. M.; BASSOI, L. H. Impacto da redução da densidade amostral na qualidade de mapas de NDVI em pomares de videira de vinho. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN, 1., 2018b, Santiago. **Anais [...]**. Santiago: Sociedade Chilena de Agricultura de Precisión, 2018b. p.1-9.
- OLDONI, H. **Zonas homogêneas de atributos de planta e do solo em vinhedo irrigado**. 2019. 104 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Unesp, Botucatu, 2019.
- RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; MOLIN, J. P. Mapeamento da condutividade elétrica do solo – sistema protótipo. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C (eds.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 41-45.
- ROSSI, R.; POLLICE, A.; DIAGO, M. P.; OLIVEIRA, M.; MILLAN, B.; BITELLA, G.; AMATO, M.; TARDAGUILA, J. Using an automatic resistivity profiler soil sensor on-the-go in precision viticulture. **Sensors**, v. 13, n. 1, p. 1121-1136, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/s130101121>.
- SILVA, T. M. M.; COSTA, B. R. S.; OLDONI, H.; MITSUYUKI, M. C.; BASSOI, L. H. Calibration of chlorophyll hand-held meter based on vineyard NDVI zones for estimation of leaf N content. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 46, p. e006222, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246006222>.
- TARDAGUILA, J.; BALUJA, J.; ARPON, L.; BALDA, P.; OLIVEIRA, M. Variations of soil properties affect the vegetative growth and yield components of “Tempranillo” grapevines. **Precision Agriculture**, v.12, p.762-773, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-011-9219-4>.
- TISSEYRE, B.; OJEDA, H.; TAYLOR, J. New technologies and methodologies for site-specific viticulture. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 41, n. 2, p. 63-76, 2007.
- 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, p. 133-144, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9450-0>.