

Métodos de Mapeamento Digital do Solo para monitorização de parâmetros edáficos (Sentinel-2 e VANT) de suporte à conservação do solo e gestão hídrica em parcelas de vinha

Digital Soil Mapping methods for monitoring edaphic parameters (Sentinel-2 and UAV) to support soil conservation and water management in vineyard plots

Tânia Gonçalves-Rodrigues^{1,2,*}, Renato Silva^{1,2}, Nuno Mouta^{1,2}, Cristiano Barros^{1,2}, Susana Mendes^{1,3}, Cláudio Paredes^{1,2}, Isabel Valín^{1,3}, Lourenço Charters⁴ & Joaquim Alonso^{1,2}

¹ Escola Superior Agrária de Ponte de Lima - Instituto Politécnico de Viana do Castelo (ESA/IPVC), Ponte de Lima, Viana do Castelo, Portugal

² proMetheus, Unidade de Investigação & Desenvolvimento em Materiais, Energia e Ambiente para a Sustentabilidade, Ponte de Lima, Viana do Castelo, Portugal

³ Císis, Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Agroalimentares e Sustentabilidade, Ponte de Lima, Viana do Castelo, Portugal

⁴ Quinta do Ameal - Esporão, S.A., Ponte de Lima, Viana do Castelo, Portugal

(*E-mail: tarodrigues@ipvc.pt)

<https://doi.org/10.19084/rca.28535>

RESUMO

O solo constitui um recurso natural complexo e central para a produção agrícola e a qualidade ambiental dos agroecossistemas. O mapeamento e modelação detalhada das propriedades do solo por deteção remota permitem desenvolver ferramentas e conhecimento úteis para uma agricultura sustentável e responsável. Neste contexto, recolheram-se dados multiespectrais a partir do Sentinel-2 e de um veículo aéreo não tripulado (VANT), com sensor multiespectral RedEdge-MX acoplado. Desenvolveu-se um modelo digital de elevação (3D) para uma parcela de vinha na Região Demarcada dos Vinhos Verdes (Ponte de Lima, NW Portugal). A análise da superfície 3D e das bandas permitiu a produção de índices microtopográficos, litológicos, micro(bio)climáticos e edáficos especialmente explícitos. Estes índices permitem, entre outros, representar e analisar a altitude, declive, exposição ao vento, carga térmica, evaporação de água do solo, albedo, carbonatos, óxidos de ferro e tipo de rocha. A integração dos dados obtidos neste trabalho com as análises ao solo realizadas pelo Institut Français de la Vigne et du Vin (2022), permitem a validação dos resultados e auxiliam nas decisões e ações operacionais de conservação do solo e de gestão hídrica em parcelas de vinha.

Palavras-chave: propriedades do solo, mapeamento, agricultura sustentável, VANT, Sentinel-2

ABSTRACT

Soil is a complex and central natural resource for agricultural production and the environmental quality of agroecosystems. The mapping and detailed modeling of soil properties by remote sensing allow the development of useful tools and knowledge for sustainable and responsible agriculture. In this context, multispectral data were collected from Sentinel-2 and from an unmanned aerial vehicle (UAV), with a RedEdge-MX multispectral sensor coupled. A digital elevation model (3D) was developed for a vineyard plot in the Demarcated Region of Vinhos Verdes (Ponte de Lima, NW Portugal). The analysis of the 3D surface and the bands allowed the production of spatially explicit microtopographic, lithological, micro(bio)climatic and edaphic indices. These indices allow, among others, to represent and analyze altitude, slope, exposure to wind, thermal load, soil water evaporation, albedo, carbonates, iron oxides and rock type. The integration of the data obtained in this work with the soil analyzes carried out by the Institut Français de la Vigne et du Vin (2022), allows the validation of the results and helps in the decisions and operational actions of soil conservation and water management in vineyard plots.

Keywords: soil properties, mapping, sustainable agriculture, UAV, Sentinel-2

INTRODUÇÃO

As condições ambientais e práticas culturais nas parcelas de vinha modificam as propriedades e variabilidade pedológica do solo (Costantini *et al.*, 2015). As alterações físico-químicas e biológicas dos materiais geológicos originais, como resultado de adições e intervenções humanas, influenciam os processos biogeoquímicos, como sejam a lixiviação e a erosão, promovendo a degradação dos solos (Garcia *et al.*, 2018; Fayolle *et al.*, 2019).

As propriedades do solo influenciam o crescimento radicular da videira, permitindo a absorção de nutrientes, água e um regime de temperatura específico na zona radicular, contribuindo para o desenvolvimento fisiológico e fenológico da planta (van Leeuwen *et al.*, 2018).

Neste contexto, verifica-se a necessidade de desenvolver técnicas responsáveis, sustentáveis e economicamente viáveis de caracterização e monitorização dos solos, que permitam estabelecer ferramentas eficientes de apoio à decisão e ação. O mapeamento digital do solo com elevada escala e resolução que represente a variabilidade local, suporta o conhecimento das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo na sua relação com a geomorfologia, fisiografia e relevo bem como, capacidade de retenção de água e disponibilidade de nutrientes. O conhecimento espacialmente explícito pode contribuir para os itinerários produtivos, técnicas e tecnologias de produção sustentáveis dos solos e da vinha através da análise de funcionamento do sistema solo-planta, condicionado pela mudança e adaptação climática local (Morlat & Jacquet, 1993; White, 2003; Castaldi *et al.*, 2016; USDA, 2021).

Este trabalho visa testar e desenvolver técnicas de aquisição e avaliação de imagens para geração de superfícies e índices de caracterização e monitorização de solos em viticultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta investigação desenvolveu-se na Região dos Vinhos Verdes (sub-região do Lima, NW Portugal), numa parcela de vinha de 4 ha, plantada em 2021 com a casta Loureiro (Figura 1). As imagens foram recolhidas por um veículo aéreo não tripulado (VANT) associado a um sensor multiespectral RedEdge-MX (02 de fevereiro de 2022), complementados com uma imagem SENTINEL-2 (a 05 de maio de 2021, aquando da preparação do terreno para plantação). O Modelo Digital de Elevação (MDE), criado a partir das imagens VANT, permitiu a produção de vários índices de ordem topográfica (Figura 2) (declive, exposição ao vento (WEI) e carga térmica), através de modelação morfológica e hidrográfica (GRASS e SAGA; QGIS, 2021). A partir da imagem SENTINEL-2, foi possível calcular índices (Figura 2) (CaCO_3 , Fe_2O_3 e Albedo) e analisar as bandas que refletem as propriedades físico-químicas do solo. Para avaliar a variabilidade local da litologia, recorreu-se a uma análise de componentes principais (PCA), onde foi possível obter um mapa com os tipos de rocha existentes na parcela (Figura 2) (Kamel *et al.*, 2016). Os produtos foram validados pela realização e resultados das diferentes análises dos solos a dois perfis, efetuadas na parcela pela equipa de Cartografia de Terroirs Vitícolas do Institut Français de la Vigne et du Vin (2022) (Quadro 1).

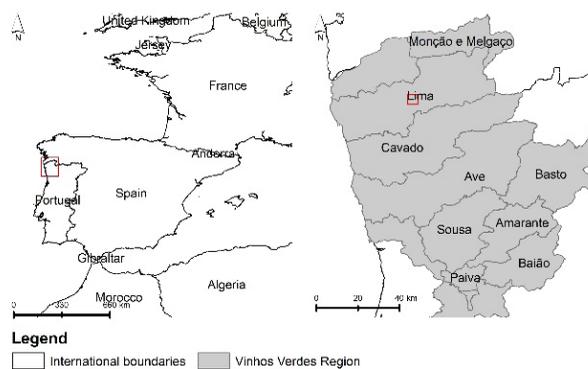


Figura 1 - Enquadramento da área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados validados pelas análises ao solo (Quadro 1) indicam duas unidades de terroir (UT) compostas por granitos (rocha dura e areia) e colúvios arenoso-argiloso/areia granítica, com propriedades e comportamentos do solo diferenciados. A microtopografia influencia a interceptação da luz solar, a exposição aos ventos, a drenagem da água e os fluxos atmosféricos e os microclimas locais. A camada superficial do solo influencia as propriedades de transferência e armazenamento da água (Maschmedt *et al.*, 2002) e o comportamento térmico relaciona-se com o albedo e a radiação emitida pelo material rochoso da superfície (Evet, 2001). Por sua vez, os resultados mostram que a textura e a composição influenciam a capacidade de retenção de água do solo e a água disponível para as videiras (Carey, 2001).

Quadro 1 - Resultado das análises a dois perfis do solo (Institut Français de la Vigne et du Vin, 2022)

| Unidades de Terroir | Colúvio arenoso-argiloso / Arena granítica | Granito (Rocha dura e areia) | |
|---------------------|--|------------------------------|--------|
| Horizonte | 0-80 cm | 0-40 cm | |
| % | Argila (< 2 µm) | 8,16 | 5,02 |
| | Limo Fino (2-20 µm) | 16,98 | 6,08 |
| | Limo Grosso (20-50 µm) | 16,54 | 11,19 |
| | Areia fina (50-200 µm) | 17,51 | 11,16 |
| | Areia Grossa (200-2000 µm) | 37,62 | 65,23 |
| | % | M.O. | 2,77 |
| N total | | 0,17 | 0,07 |
| g kg ⁻¹ | | K ₂ O | 286,00 |
| | P ₂ O ₅ | 65,00 | 120,00 |
| | MgO | 63,00 _{ww} | 96,00 |
| | CaO | 854,00 | 533,00 |
| | CTC (Cmol (+) kg ⁻¹) | 13,50 | 6,00 |

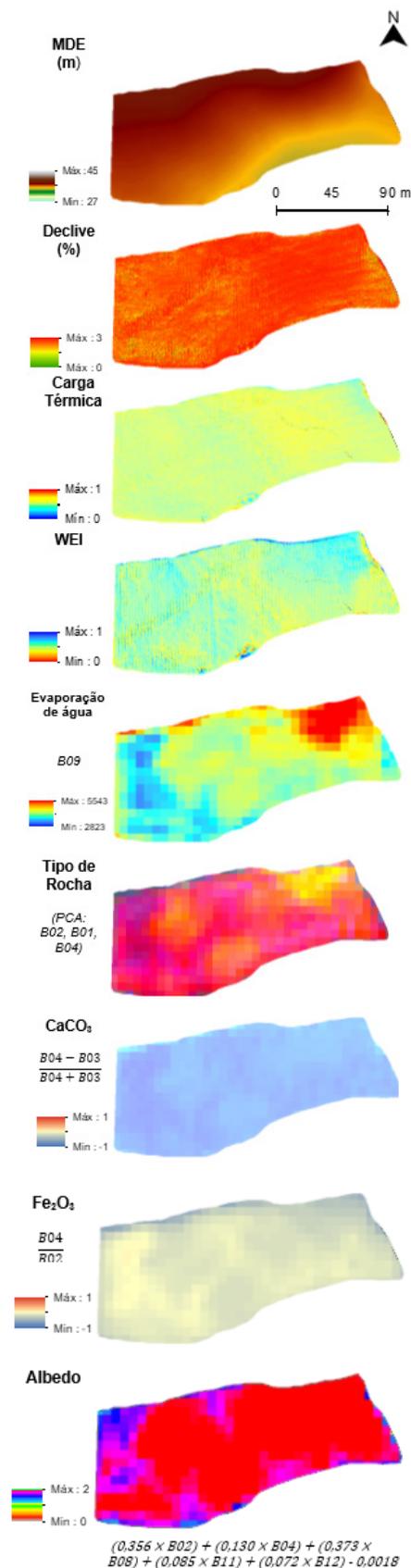


Figura 2 - Mapeamento de características físico-químicas, topográficas, litológicas e comportamento térmico do solo.

CONCLUSÕES

A recolha e a integração de dados obtidos por imagem e análise de solos permitem prever e mapear a distribuição de propriedades do solo relevantes para a tomada de decisão operacional em viticultura.

Os mapas obtidos para a parcela em estudo, são úteis para prever certas propriedades e comportamentos do solo e apresentam relação com os resultados das análises efetuadas a dois perfis. A variabilidade topográfica, ou microtopografia, pode influenciar a hidrologia e as propriedades físico-químicas, influenciando o equilíbrio dos nutrientes disponíveis para as plantas. A evaporação da água do solo pode ser relacionada com a capacidade de retenção de água promovida pela concentração de argilas e profundidade do solo (Kosmas *et al.*, 1998).

Esta investigação indica que o conhecimento espacial das diferentes características e comportamentos do solo, capazes de prever o funcionamento solo-planta (Hannah *et al.*, 2013), permitem ao viticultor otimizar as práticas culturais, desde a escolha do material vegetal (Fayolle *et al.*, 2019), o planeamento de setores de rega e gestão hídrica (Droogers & Bastiaanssen, 2002), a seleção da cobertura vegetal do solo, a identificação de zonas de erosão, escorrência e lixiviação de nutrientes (Ma *et al.*, 2019) bem como, no suporte a fertilizações de precisão (Hounkpatin *et al.*, 2022).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo Esporão e ao Institut Français de la Vigne et du Vin pela disponibilidade e colaboração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carey, V.A. (2001) - *Spatial characterisation of natural terroir units for viticulture in the Bottelaryberg-Simonsberg-Helderberg winegrowing area*. MSc thesis, Stellenbosch University.
- Castaldi, F.; Palombo, A.; Santini, F.; Pascucci, S.; Pignatti, S., & Casa, R. (2016) - Evaluation of the potential of the current and forthcoming multispectral and hyperspectral imagers to estimate soil texture and organic carbon. *Remote Sensing of Environment*, vol. 179, p. 54–65. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2016.03.025>
- Costantini, E.A.C.; Agnelli, A.E.; Fabiani, A.; Gagnarli, E.; Mocali, S.; Priori, S.; Simoni, S. & Valboa, G. (2015) - Short-term recovery of soil physical, chemical, micro- and mesobiological functions in a new vineyard under organic farming. *Soil*, vol. 1, n. 1, p. 443–457. <https://doi.org/10.5194/SOIL-1-443-2015>
- Droogers, P. & Bastiaanssen, W. (2002) - Irrigation Performance using Hydrological and Remote Sensing Modeling. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 128, n. 1, p. 11–18. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2002\)128:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2002)128:1(11))
- Evet, S.R. (2001) - Water and energy balances at soil-plant-atmosphere interfaces. In: Warrick, A.W. (Ed.) - *Soil Physics Companion*, p. 127–188. CRC Press.
- Fayolle, E.; Follain, S.; Marchal, P.; Chéry, P. & Colin, F. (2019) - Identification of environmental factors controlling wine quality: A case study in Saint-Emilion Grand Cru appellation, France. *Science of The Total Environment*, vol. 694, art. 133718. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.133718>
- Garcia, L.; Celette, F.; Gary, C.; Ripoche, A.; Valdés-Gómez, H. & Metay, A. (2018) - Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 251, p. 158–170. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2017.09.030>
- Hannah, L.; Roehrdanz, P.R.; Ikegami, M.; Shepard, A.V.; Shaw, M.R.; Tabor, G.; Zhi, L.; Marquet, P.A. & Hijmans, R.J. (2013) - Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 110, n. 17, p. 6907–6912. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1210127110>
- Hounkpatin, K.O.L.; Bossa, A.Y.; Yira, Y.; Igue, M.A. & Sinsin, B.A. (2022) - Assessment of the soil fertility status in Benin (West Africa) – Digital soil mapping using machine learning. *Geoderma Regional*, vol. 28, art. e00444. <https://doi.org/10.1016/J.GEODRS.2021.E00444>

- Kamel, M.; Youssef, M.; Hassan, M. & Bagash, F. (2016) - Utilization of ETM+ Landsat data in geologic mapping of wadi Ghadir-Gabal Zabara area, Central Eastern Desert, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, vol. 19, n. 2, p. 343–360. <https://doi.org/10.1016/J.EJRS.2016.06.003>
- Kosmas, C.; Danalatos, N.G.; Poesen, J. & van Wesemael, B. (1998) - The effect of water vapour adsorption on soil moisture content under Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*, vol. 36, n. 2, p. 157–168. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(97\)00050-4](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(97)00050-4)
- Ma, Y.; Minasny, B.; Malone, B.P. & Mcbratney, A.B. (2019) - Pedology and digital soil mapping (DSM). *European Journal of Soil Science*, vol. 70, n. 2, p. 216–235. <https://doi.org/10.1111/EJSS.12790>
- Maschmedt, D.; Fitzpatrick, R. & Cass, A. (2002) - *Key for identifying categories of vineyard soils in Australia*. CSIRO Land and Water.
- Morlat, R. & Jacquet, A. (1993) - The soil effects on the grapevine root system in several vineyards of the Loire valley (France). *Vitis*, vol. 32, n. 1, p. 35–42. <https://doi.org/10.5073/vitis.1993.32.35-42>
- QGIS (2021) - *Welcome to the QGIS project!* <https://qgis.org/en/site/>
- USDA (2021) - *Digital Soil Mapping (DSM)*. NRCS Soils. <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/geo/?cid=stelprdb1254424>
- van Leeuwen, C.; Roby, J.P. & de Rességuier, L. (2018) - Soil-related terroir factors: a review. *OENO One*, vol. 52, n. 2, p. 173–188. <https://doi.org/10.20870/OENO-ONE.2018.52.2.2208>
- White, R.E. (2003) - *Soils for Fine Wines*. Oxford University Press.