

Legado de informação de solos e novas tecnologias na antevisão de delimitação de “terroirs”

Soil information legacy and new technologies in the foresight of terroirs

António Lourenço¹, Manuel Botelho² & Manuel Madeira^{3,*}

¹ Agro Analítica, Avenida Infante Santo 23 4º A 1350-177 Lisboa, Portugal

² LEAF, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda 1349-017 Lisboa, Portugal

³ Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda 1349-017 Lisboa, Portugal

(*E-mail: mvmadeira@isa.ulisboa.pt)

<https://doi.org/10.19084/rca.33464>

Recebido/received: 2023.07.31

Aceite/accepted: 2023.10.16

RESUMO

O conceito de *terroir* em viticultura associa-se à variação de fatores ambientais que influenciam o comportamento da vinha e maturação das uvas. Em especial, o solo afeta a variação espacial de recursos (e.g. água e nutrientes). Os avanços tecnológicos, como a tecnologia computacional, permitem estudar em detalhe o ambiente, mormente a variabilidade espacial do solo e do relevo. Numa área para instalação de uma vinha, foi analisada a variabilidade espacial do solo e respetivas características. Primeiramente, identificaram-se os tipos de solos, a partir de cartografia na escala 1:25000. Face à heterogeneidade da área avaliou-se a condutividade elétrica aparente do solo (sensor EM38-MK2, *Geonics Limited*, dados recolhidos em linhas contíguas de 10 em 10 m e frequência de recolha de segundo a segundo) a 0-50 e 50-100 cm de profundidade, para conhecer a variabilidade espacial de características do solo – mapeamento na escala 1:4000. Este mapeamento orientou a observação de perfis de solos, a amostragem e a análise detalhada, quanto à textura e contrastes texturais e outras características relevantes para a instalação e gestão da vinha. O mapeamento detalhado das características do solo, desenvolvido em SIG, e o modelo digital do terreno (MDT) definiram a variabilidade espacial do terreno, constituindo suporte para planear a vinha: delimitar blocos para alocar castas, seleção de porta-enxertos, esquematizar o sistema de instalação, e a gestão do solo e água.

Palavras-chave: sistemas vitícolas, condutividade elétrica aparente, textura, Planossolos, Arenossolos

ABSTRACT

The terroir concept in viticulture deals with the influence of environmental factors on vine behaviour and grape ripening. Especially, soils affect the spatial variability of resources (e.g. water and nutrients). Advances in technology, as computer technology, allow a more in-depth study of the environment for viticultural zoning, namely the soil and relief spatial variability. Within an area selected for a vineyard installation, we analyzed the spatial variability of soil types and respective characteristics. Firstly, soil types were identified from national soil maps (1:25000 scale). Given the soil heterogeneity in the area, the soil apparent electric conductivity was measured (EM38-MK2 sensor, *Geonics Limited*, data collection in contiguous lines every 10 m and a frequency of points collection every second) at 0-50 and 50-100 cm depth, to obtain indication on the spatial variability of soil characteristics – mapped at 1:4000 scale. This map oriented the location of soil profiles observation, sampling collection and detailed analysis, regarding texture and textural contrasts, and other relevant characteristics for the installation and management of the vineyard. The detailed mapping of the soil characteristics, developed in SIGs, and digital terrain model (DTM) allowed specify the variability of terrain units, constituting a tool for the vineyard planning: identification and delimitation of blocks, to allocate varieties, rootstocks selection, installation system, and soil and water management.

Keywords: viticultural systems, electrical conductivity, texture, *Planosols*, *Regosols*.

INTRODUÇÃO

O solo, a par do clima e da topografia, determina a produtividade das videiras e a qualidade das uvas, constituindo uma importante variável dos “terroirs” (Ghilardi *et al.*, 2023). As videiras podem prosperar numa enorme variedade de solos (Van Leeuwen & Seguin, 2006), mas a relação entre uma ou mais características destes e o carácter do vinho de um dado *terroir* apenas tem sido observada para a disponibilidade de água, nas vinhas não regadas (White, 2015). Entre nós, as áreas vitícolas ocorrem numa grande variedade de solos, mas o conhecimento, à escala da exploração ou da parcela, da relação entre as suas características e o desempenho das videiras é muito reduzido. É, por isso, essencial conhecer a variação espacial das características do solo para planear a instalação e gestão de vinhas e alocar castas ou porta-enxertos a locais específicos (Vaudour & Shaw, 2005).

A informação cartográfica tradicional tem pouca utilidade para suporte de decisões inerentes à condução dos sistemas vitícolas à escala local, dado não ostentar a necessária resolução espacial das características dos solos em áreas de reduzida dimensão (Madeira, 2021). A cartografia à escala local terá de ser pormenorizada e detalhada e considerar as características do solo mais relevantes (e.g., profundidade e textura) para o desempenho da vinha e a quantidade e qualidade das uvas (Payares *et al.*, 2023). Para isso, além das técnicas tradicionais de cartografia de solos, pode recorrer-se a novas tecnologias para aumentar o rigor e reduzir os custos (Van Leeuwen & Bois, 2018), destacando-se os sistemas de informação geográfica, os modelos de elevação do terreno, as técnicas geofísicas (por exemplo, sensores baseados na indução eletromagnética – medição da condutividade elétrica do solo), a deteção remota e as técnicas estatísticas que convertam dados pontuais em distribuições contínuas de características a considerar (White, 2015). Os resultados de sensores geofísicos, por exemplo, podem originar mapas de alta resolução que expressem a variabilidade espacial dos solos de uma dada área, permitindo “orientar” as observações e amostragens do solo para identificar a(s) causa(s) da variabilidade detetada (Van Leeuwen & Bois, 2018).

Neste contexto, numa área destinada à instalação de uma nova vinha recorreu-se à indução

eletromagnética para antever a variabilidade das características dos solos e, naturalmente, para contribuir para a delimitação de áreas homogêneas que possam futuramente consubstanciar futuros “terroirs”.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo abrangeu uma área de 7,2 ha, localizada na Herdade do Martinel, freguesia de Canha, concelho do Montijo (coordenadas ETRS89 -39321.87324,-106254.1021), previamente ocupada por um povoamento de eucalipto com 40 anos de idade (Figura 1). O clima da área (classificação de Köppen) é do tipo Csa (Mediterrânico de verão quente) e a precipitação média anual atinge cerca de 700 mm. A paisagem apresenta relevo pouco ondulado e insere-se em formações pliocénicas – Complexo Greso-Argiloso de Pegões (Zbyszewski & Veiga Ferreira, 1968), a que correspondem areias e arenitos, associados a leitões de argilas. De acordo

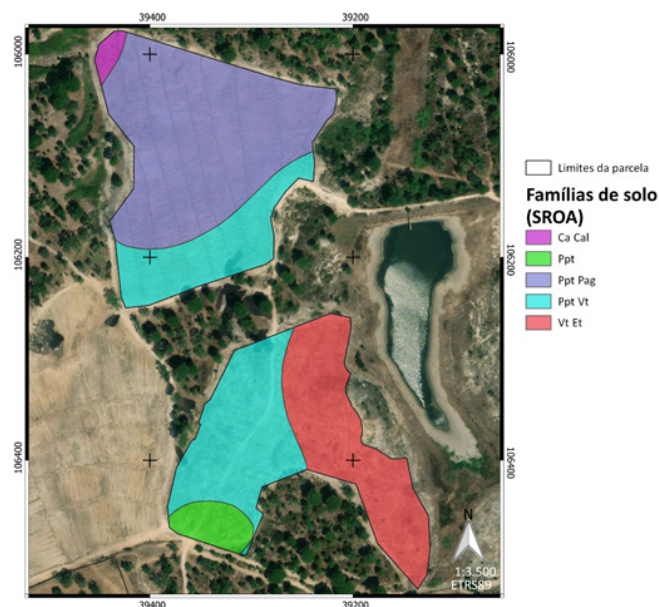


Figura 1 - Área de estudo e as unidades de solo (SROA/CNROA) que nela ocorrem. Ppt - **Podzóis com surraipa** de ou sobre arenitos; Vt - **Solos Litólicos Não-Húmicos** de arenitos; Pag - **Solos Argiluvados Para-Solos Hidromórficos** de arenitos ou conglomerados argilosos; Et - **Litossolos** de arenitos; Ca, Cal – **Solos Hidromórficos Para-Aluviossolos** de textura ligeira e mediana, respetivamente.

com a Carta de Solos de Portugal (SROA/CNROA), na escala 1:25000 (DGADR-SNIS, 2022), os solos dominantes correspondem a associações de *Podzóis com surraipa* de ou sobre arenitos com *Solos Argiluvitados Para-Solos Hidromórficos* de arenitos ou conglomerados argilosos ou com *Solos Litólicos Não-Húmicos* de arenitos, e a associações dos últimos com *Litossolos* de arenitos (Figura 1). Em áreas reduzidas ocorrem *Solos Hidromórficos Para-Aluviossolos*.

Mapeamento da condutividade elétrica aparente do solo

Dada a heterogeneidade das unidades de solos presentes e o desconhecimento da distribuição espacial de cada uma delas, mapeou-se a área em apreço com recurso à técnica geofísica da indução eletromagnética (EMI) para medição da condutividade elétrica aparente do solo (CEa) - que se relaciona com a textura, a mineralogia, o teor de humidade e a concentração de sais solúveis no mesmo (Ylagan *et al.*, 2022) -, a 0-50 e 0-100 cm de profundidade. Utilizou-se um sensor EM38-MK2, da *Geonics Limited*, instalado num motociclo de quatro rodas, tendo os dados sido recolhidos em linhas contíguas de 10 em 10 m e com uma frequência de recolha de segundo a segundo. Os dados foram obtidos em 19 de novembro de 2021, quando a humidade do solo estaria aproximadamente a 2/3 da capacidade de campo. O mapa da CEa foi obtido por krigagem com blocos de 10 x 10 m e variograma com modelo exponencial.

Observação e amostragem dos solos

O mapeamento da CEa permitiu orientar devidamente a localização da observação dos perfis dos solos, em covas abertas (por retroescavadora) até pelo menos 150 cm, que representassem os tipos de solos ou as características associadas às diferenças de CEa. Foram observados e amostrados seis perfis de solos (Figura 2). Os solos foram descritos de acordo com FAO (1990) e foram colhidas amostras no horizonte superficial e no horizonte subsuperficial; além disso, fizeram-se sondagens até 50 cm de profundidade. As amostras foram caracterizadas analiticamente no Laboratório de Solos e Plantas da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) pelas metodologias padrão seguidas no mesmo.

Outra informação

Através do modelo digital do terreno (MDT) avaliaram-se outras variáveis consideradas importantes para a instalação de uma vinha, tais como a dinâmica hidrológica (linhas de drenagem e zonas de acumulação de água), o declive, a orientação do declive e a exposição solar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área em estudo apresentou uma forte variação espacial de valores da CEa, tanto a 0-50 como a 0-100 cm de profundidade (Figura 2). Essa variação de CEa permitiu antever diferenças substanciais quanto aos tipos de solos e às respetivas características.

Consequentemente, foram abertos perfis de solos tanto nas áreas de elevada como de baixa CEa (Figura 2). Os solos representativos das áreas de elevada CEa revelaram um perfil com diferenciação textural abrupta a menos de 100 cm de profundidade e cujo teor de argila pode atingir mais de 50% (Figura 3, Quadro 1); trata-se, então, em geral, de solos denominados por *Planossolos* (IUSS Working Group WRB, 2015) – equivalentes em geral aos *Solos Argiluvitados Para-Solos Hidromórficos* (DGADR-SNIS, 2022) - e que se caracterizam por má drenagem e hidromorfismo temporário e que estão em correspondência com “formação argiláceas”. Os solos das áreas com CEa mais baixa correspondem, por seu turno, a solos que apresentam textura muito grosseira a grosseira (arenosa a franco-arenosa) ao longo do perfil, correspondendo genericamente, conforme a textura, a *Arenossolos* ou *Regossolos* (IUSS, 2015) e que, em geral, apresentam boa drenagem, estando em correspondência com as formações de materiais arenáceos não consolidados e consolidados (arenitos) – “formações arenáceas”. Tal variabilidade de solos determina decerto diferenciação no comportamento das videiras (Gatti *et al.*, 2022).

Os resultados do presente estudo indicam que é de grande interesse considerar o legado de informação de solos. De facto, alguns dos tipos de solos considerados nesse legado (DGADR-SNIS, 2022) prefiguram as diferenciações de perfil obtidas através da variação dos valores da CEa. Porém, a

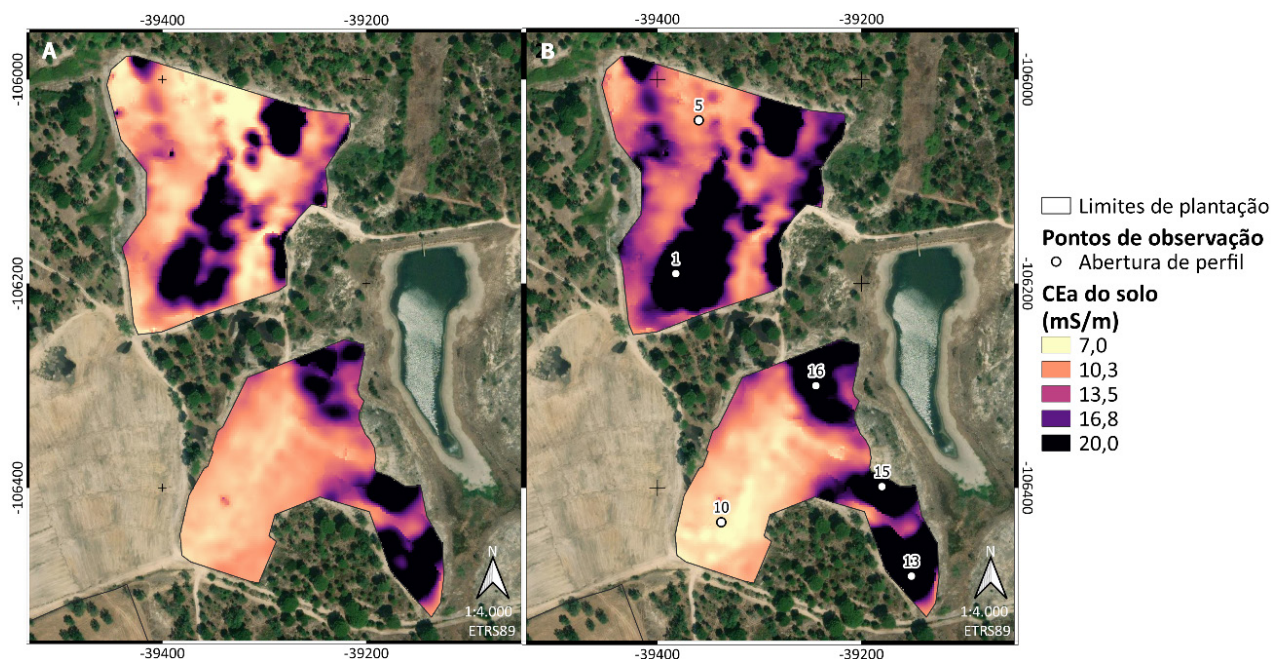


Figura 2 - Variação espacial da CEa a (A) 0-50 e a (B) 0-100 cm de profundidade e localização de observação de perfis de solos.

informação do legado de informação é manifestamente insuficiente para a rigorosa espacialização das diferentes características do solo, o que só foi possível com recurso aos valores da CEa.

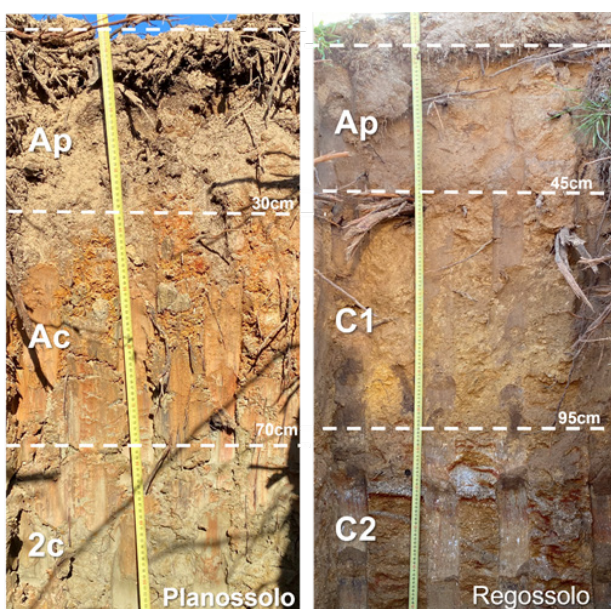


Figura 3 - Perfis representativos dos solos de áreas com valores de CEa contrastantes. **Planossolo** (perfil 1) nas áreas consideradas argiláceas e **Regossolo** (perfil 10) nas áreas consideradas arenáceas.

Além das diferenças morfológicas mencionadas, os solos da área de estudo apresentam outras características que deverão ser devidamente consideradas. Com efeito, os dados analíticos indicam que as camadas argiláceas dos *Planossolos* apresentam elevado teor de Fe e de K extraíveis (Quadro 1), mas um baixíssimo ratio Ca/Mg. Por seu turno, os solos arenáceos apresentam um elevado grau de saturação em alumínio e baixíssimos teores de Ca e Mg de troca, mormente na camada superficial.

A variação espacial evidenciada pela CEa expressa inequivocamente que a área de estudo se caracteriza por forte variação de características e de tipos de solos. Com efeito, essa variação apresenta-se, por um lado, associada à textura ou, melhor, à grande diferenciação da textura observada ao longo do perfil do solo e, por outro, a tipos de solos diferentes quanto à drenagem e ao potencial enraizamento das videiras. Assim, a partir da carta de CEa do solo delimitaram-se todas as zonas com CEa do solo superior 15 mS/m, representando locais onde existe descontinuidade textural em profundidade e que representam condicionantes importantes à instalação da vinha. Estas áreas passaram a designar-se por argiláceas e as outras (com CEa inferior

Quadro 1 - Classificação e algumas características de perfis dos solos representativos na área de estudo. AG, AF, LM e AR - areia grossa, areia fina, limo e argila, respectivamente; CTC - capacidade de troca catiônica a pH 7; GSA - grau de saturação em alumínio; P_{ER} e K_{ER}, respectivamente fósforo e potássio extraídos pelo método de Egnér-Rihem; Fe_{ED} - ferro extraído pelo EDTA

| Prof. cm | AG | AF | LM | AR | pH H ₂ O | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | CTC | Al ³⁺ | GSA % | Ca/Mg | P _{ER} | K _{ER} | Fe _{ED} | |
|---|----|----|----|----|---------------------|------------------------------------|------------------|----------------|-----------------|------|---------------------|-------|-------|-----------------|-----------------|------------------|--|
| | | | | | | cmol _c kg ⁻¹ | | | | | mg kg ⁻¹ | | | | | | |
| Perfil 1 [<i>Eutric Planosols (Ochric, Magnesic, Raptic)</i>] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | 68 | 20 | 5 | 8 | 5,1 | 1,2 | 0,6 | 0,2 | 0,1 | 2,6 | 0,6 | 22 | 2,0 | 4,0 | 76 | 81 | |
| >30 | 4 | 16 | 23 | 57 | 4,6 | 1,7 | 7,5 | 0,4 | 1,3 | 14,5 | 3,7 | 25 | 0,2 | 2,0 | 226 | 216 | |
| Perfil 10 [<i>Dystric Regosols (Loamic, Ochric)</i>] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-45 | 68 | 23 | 5 | 4 | 5,50 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,9 | 0,5 | 58 | 0,9 | 1,0 | 50 | 51 | |
| >45 | 71 | 9 | 5 | 15 | 5,20 | 0,2 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 2,2 | 1,3 | 59 | 0,5 | 1,0 | 67 | 18 | |

Quadro 2 - Estatística da CEa (mS/m) nas áreas consideradas arenáceas e argiláceas

| Prof. (cm) | Média | Mediana | DP | Mín | Máx | Amplitude | Variância | CV(%) |
|------------------|-------|---------|------|------|------|-----------|-----------|-------|
| Áreas arenáceas | | | | | | | | |
| 0-50 | 9,2 | 9,1 | 1,3 | 6,4 | 21,4 | 14,9 | 1,6 | 13,6 |
| 0-100 | 10,6 | 10,4 | 2,1 | 6,3 | 15,0 | 8,7 | 4,5 | 20,1 |
| Áreas argiláceas | | | | | | | | |
| 0-50 | 19,4 | 17,1 | 8,8 | 9,2 | 70,0 | 60,8 | 76,6 | 45,1 |
| 0-100 | 27,4 | 23,3 | 13,4 | 15,0 | 99,1 | 84,1 | 179,9 | 48,9 |

a 15 mS/m) por arenáceas. No Quadro 2 mostra-se a estatística de cada uma dessas áreas quanto aos valores da CEa do solo.

A informação obtida sobre os tipos e as características dos solos, mediante o prévio mapeamento da CEa, considerou-se ainda insuficiente para o planejamento da vinha (Fayolle *et al.*, 2019). Recorreu-se, pois, a outras camadas de informação obtidas a partir do MDT (drenagem, declive, exposição solar) para possibilitar delimitar zonas homogêneas e a partir daí o encepamento da futura vinha (Figura 4).

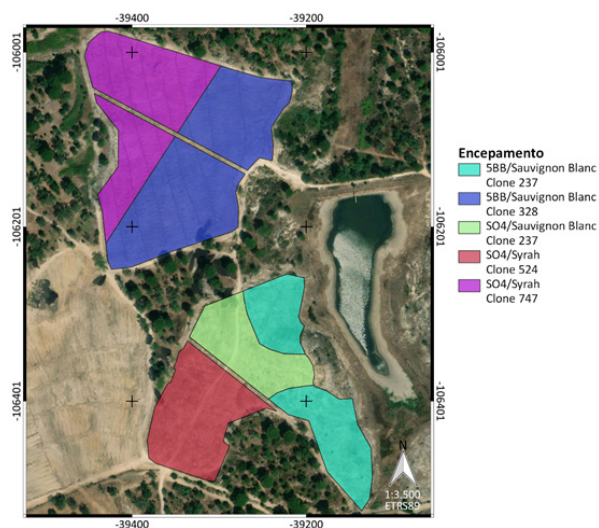


Figura 4 - Planejamento final da vinha (e do sistema de rega) e com a distribuição de porta enxertos, castas e clones.

CONCLUSÕES

O mapeamento da CEa constitui um instrumento adequado para especificar a variação espacial de características do solo, bem como para a identificação dos tipos de solos, mas o recurso aos legados de informação pode ser um complemento de grande interesse. Essa informação e outra, respeitante à dinâmica hidrológica, ao declive, à orientação do declive e à exposição solar, permite fornecer as bases essenciais para o planejamento e gestão de vinhas a instalar: delimitar parcelas homogêneas (possíveis "terrois"), alocar castas e porta-enxertos e planejar a gestão da vinha

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DGADR-SNIS (2022) – *Sistema Nacional de Informação do Solo*. Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. <https://snisolos.dgadr.gov.pt/>
- FAO (1990) - *Guidelines for soil description, 3rd edition revised*. Soil Resources, Management and Conservation Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome, Italy.
- 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>
- Gatti, M.; Garavani, A.; Squeri, C.; Diti, I.; DE Monte, A.; Scotti, C. & Poni, S. (2022) - Effects of intra-vineyard variability and soil heterogeneity on vine performance, dry matter and nutrient partitioning. *Precision Agriculture*, vol. 23, p. 150-177. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09831-w>
- Ghildardi, F.; Virano, A.; Prandi, M. & Borgogno-Mondino, E. (2023) - Zonation of a viticultural territorial context in Piemonte (NW Italy) to support *Terroir* identification: the role of pedological, topographical and climatic factors. *Land*, vol. 12, n. 3, art. 647. <https://doi.org/10.3390/land12030647>
- IUSS Working Group WRB (2015) - *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Madeira, M. (2021) - Considerações sobre o solo nos sistemas vitícolas. Associação Portuguesa de Enologia e Viticultura. *Enologia*, n. 69, p. 5-16.
- Payares, L.K.A.; Turquis, A.M.; Peralo, R.H.; Cano, J.; Cámara, J.; Nowack, J. & Campo, M.G. (2023) - Multispectral and thermal sensors onboard UAVs for heterogeneity in Merlot vineyard detection: contribution to zoning maps. *Remote Sensing*, vol. 15, art. 4024. <https://doi.org/10.3390/rs15164024>
- Van Leeuwen, C. & Bois, B. (2018) - Update in unified terroir zoning methodologies. *XII Congreso Internacional Terroir* (18-22 de junio). E3S Web of Conferences 50, 01044. Zaragoza, España, 2018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001044>
- Van Leeuwen, C. & Seguin, G. (2006) - The concept of terroir in viticulture. *Journal of Wine Research*, vol. 17, n. 1, p. 1-10. <https://doi.org/10.1080/09571260600633135>
- Vaudour, E. & Shaw, A.B. (2005) - A worldwide perspective on viticultural zoning. *South African Journal of Enology and Viticulture*, vol. 26, n. 2, p. 106-115. <https://doi.org/10.21548/26-2-2125>
- White, R. (2015) - *Understanding Vineyard Soils*. Second Edition. Oxford University Press, 264 p.
- Ylagan, S.; Brye, K.R.; Ashworth, A.J.; Owens, P.R.; Simith, H. & Poncet, A.M. (2022) - Using apparent electrical conductivity to delineate field variation in a Agroforestry system in the Ozark Highlands. *Remote Sensing*, vol. 14, n. 22, art. 5777. <https://doi.org/10.3390/rs14225777>
- Zbyszewski, G. & Veiga Ferreira, O. (1968) - *Carta Geológica de Portugal, Escala 1:50000. Notícia Explicativa da Folha 35C – Santo Isidro, Pegões*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 23 p.