

4. VITICULTURA DE PRECISÃO: UM CASO DE ESTUDO NA FUNDAÇÃO EUGÉNIO DE ALMEIDA, ÉVORA

José R. Marques da Silva (1), Adélia Sousa (1), Paulo Mesquita (1), Luís Leopoldo Silva (1), João Serrano (1), João Roma (1), Pedro Baptista (2), João Torres (2), Mariana Torres (2), Ana Simões (2), José Maria Terrón López (3), Daniel Becerra Traver (3), Francisco J. Moral Garcia (4), Custódio Alves (1), José Condeças (1)

(1) ICAAM, Departamento de Eng. Rural, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora.

(2) Fundação Eugénio de Almeida

(3) Centro de Investigación La Orden-Valdesequera, Junta de Extremadura

(4) Departamento. de Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura

4.1. Introdução

O nível de maturação da uva é o principal factor, e um dos mais decisivos, na qualidade do vinho. O processo de maturação da uva é o resultado de um conjunto de complexos fenómenos fisiológicos e bioquímicos, cujo bom desenvolvimento e intensidade está intricadamente relacionado com as castas e com as condições ambientais tais como o solo e o clima. Este processo é amplamente influenciado por factores externos, tais como a disponibilidade de água, a luminosidade e o solo, o que se traduz numa grande heterogeneidade entre os bagos de talhões de uma mesma vinha e entre os bagos de cepas de um mesmo talhão (Ribéreau-Gayon, 2006). O acompanhamento da maturação é usualmente feito parcela a parcela, através da recolha de amostras de bagos de uva. As amostras são posteriormente transformadas em mosto onde são analisados parâmetros físico-químicos, representativos de cada parcela.

O presente estudo, acompanhou a maturação da uva na vinha do Monte do Casito, gerida pela Fundação Eugénio de Almeida durante os meses de Agosto e Setembro de 2008. O estudo incidiu sobre os talhões com as castas mais representativas da vinha (Aragonês, Trincadeira e Syrah), e de forma mais detalhada sobre um talhão, denominado por talhão 2, constituído pelas castas

Cabernet Sauvignon, *Tempranillo* e *Aragonês*. Foram acompanhados os parâmetros físico-químicos pH e álcool provável de cada amostra. Foram também recolhidas as assinaturas espectrais no intervalo 350-1300 nm de bagos de uva, mosto e folhas.

O termo assinatura espectral, está associado ao comportamento que determinado objecto tem face ao espectro electromagnético. A ciência que estuda estes aspectos é a detecção remota (DR), representando esta a tecnologia de recolha de informação sobre a superfície terrestre e atmosfera, utilizando sensores colocados em aviões, satélites ou plataformas. A Radiação Electromagnética (REM) é uma forma de energia que é transferida num certo período de tempo, de um ponto para o outro e representa em DR o correio de informação entre o sensor e o alvo de estudo (Navalgund *et al.*, 2007). Os sensores utilizados em DR podem ser passivos ou activos. Os sensores passivos detectam radiação natural, reflectida ou emitida pela superfície terrestre. Os sensores activos possuem a sua própria fonte de radiação.

O espectraloradiómetro portátil é um aparelho que permite a caracterização *in situ* da reflectância, radiância, irradiância e transmitância de superfícies naturais (Milton *et al.* 2007). Distingue-se dos demais aparelhos utilizados em detecção remota pela sua relativa mobilidade e pela menor distância entre o objecto de estudo e o sensor, que se traduz na medição de uma área muito mais pequena (Milton *et al.*, 2007). Neste estudo foi utilizado um espectraloradiómetro hiperespectral sensível nas bandas do visível e do infravermelho reflectivo e foram registadas as reflectâncias de bagos de uva intactos, mosto e folhas.

As assinaturas espectrais dos bagos de uva e mosto têm como potencialidade a avaliação de ingredientes de produtos orgânicos. Frutos como maçãs, cerejas, kiwis e pêsegos já foram estudados na região do infravermelho próximo. Liu *et al.* (2008) relacionou com sucesso as absorvâncias espectrais de peras intactas nas regiões do visível e infravermelho próximo com o seu conteúdo de sólidos solúveis. Em relação ao estudo da uva foram já efectuadas tentativas para determinar alguns parâmetros, utilizando dispositivos portáteis para recolher informação na região do infravermelho próximo do mosto de uva assim como em uvas intactas. Herrera *et al.* (2003), demonstrou ser possível

determinar o conteúdo de sólidos solúveis da uva com recurso à resposta espectral de uvas intactas.

As assinaturas espectrais da folha foram utilizadas como forma de caracterizar o estado fisiológico das plantas. O teor de clorofila relaciona-se directamente com o potencial fotossintético e, em última análise, com a produtividade da planta (Xue *et al.*, 2008). Como alternativa aos métodos de química analítica, que implicam a destruição da folha, têm vindo a ser desenvolvidos vários índices de vegetação que pretendem quantificar os teores de clorofila de forma precisa e não destrutiva. Os índices de vegetação baseiam-se sobretudo nas reflectâncias espectrais de copas ou folhas de uma planta. Gammon *et al.* (1997) demonstrou que o *photochemical reflectance index* (PRI) pode servir de indicador da actividade fotossintética entre espécies, tipos funcionais e condições de nutrição.

O objectivo central deste trabalho passou pela utilização de sensores remotos no estudo da variabilidade espacial e temporal da qualidade da uva, numa óptica de segmentação dessa qualidade, de forma a obter produtos finais distintos.

4.1.1. Área de estudo

A área de estudo é a vinha do Monte do Casito, gerida pela Fundação Eugénio de Almeida localizada nas proximidades da cidade de Évora. Na Figura 35 poderemos observar a carta da vinha onde constam os talhões e as diferentes castas existentes.

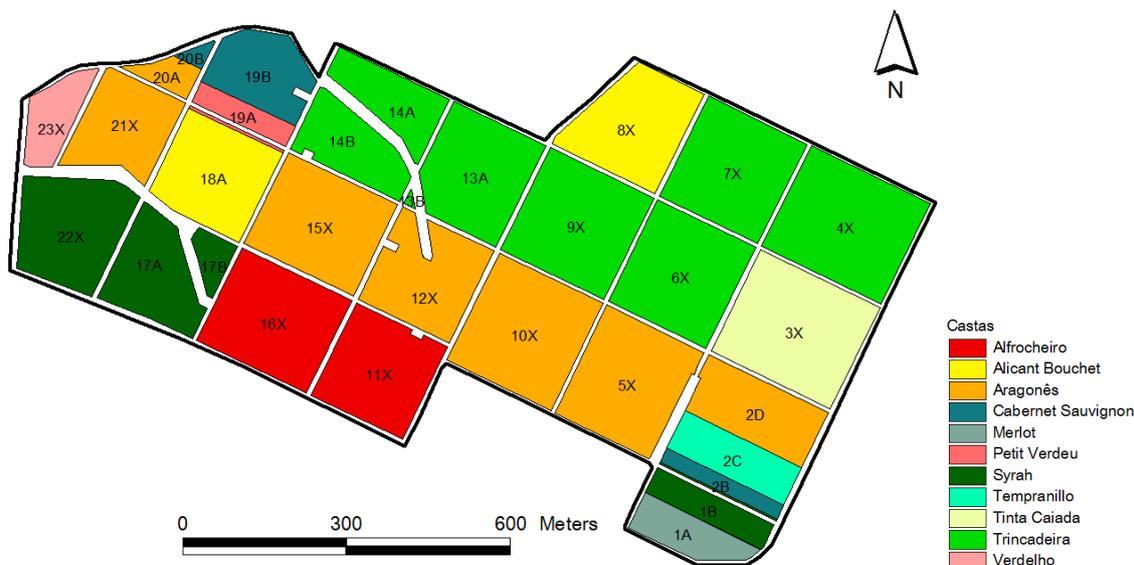


Figura 35 - Talhões e castas da vinha

Foi efectuada a caracterização da área de estudo com a realização de um levantamento topográfico de toda a vinha que foi a base para a criação da carta de altimetria (Figura 36) e da carta de declives (Figura 37). A partir da carta dos talhões podemos constatar que a mesma casta aparece em talhões diferentes e em situações topográficas diferentes. O relevo da vinha é pouco acidentado e situa-se entre as cotas 240m e 260m. Os pontos de cota mais elevada encontram-se na metade Este, zona a partir da qual o relevo decresce no sentido Oeste.

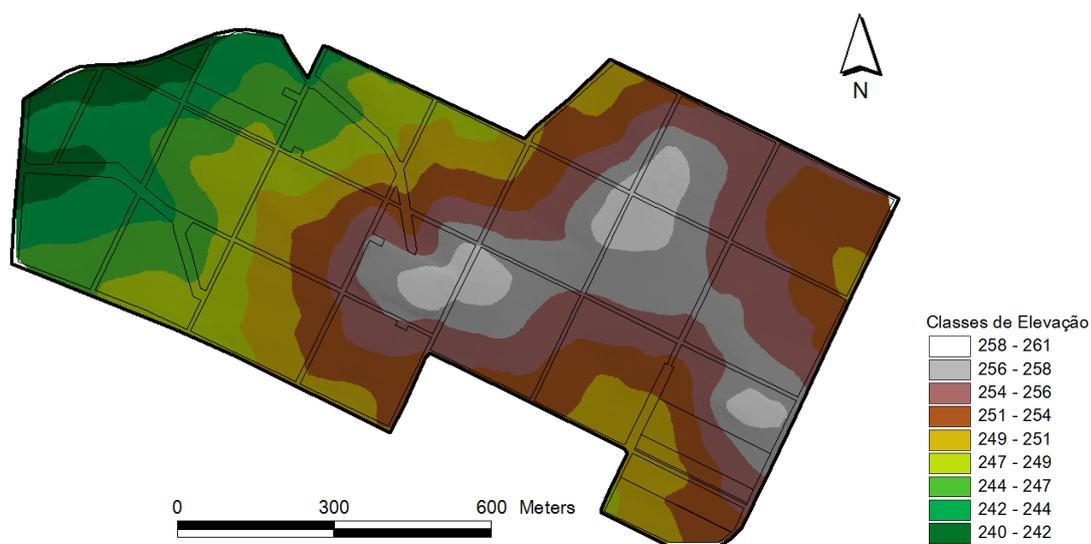


Figura 36 - Altimetria da área da vinha

A grande maioria dos declives presentes na vinha situa-se entre os 2 e os 5%. Os declives até 2% são a segunda categoria mais representada e localizam-se na sua maioria no quadrante Noroeste. A categoria de 5 a 10% ocorre em terceiro lugar e encontra-se sobretudo nos talhões 2, 8 e 12, próximo das localizações com cotas mais elevadas.

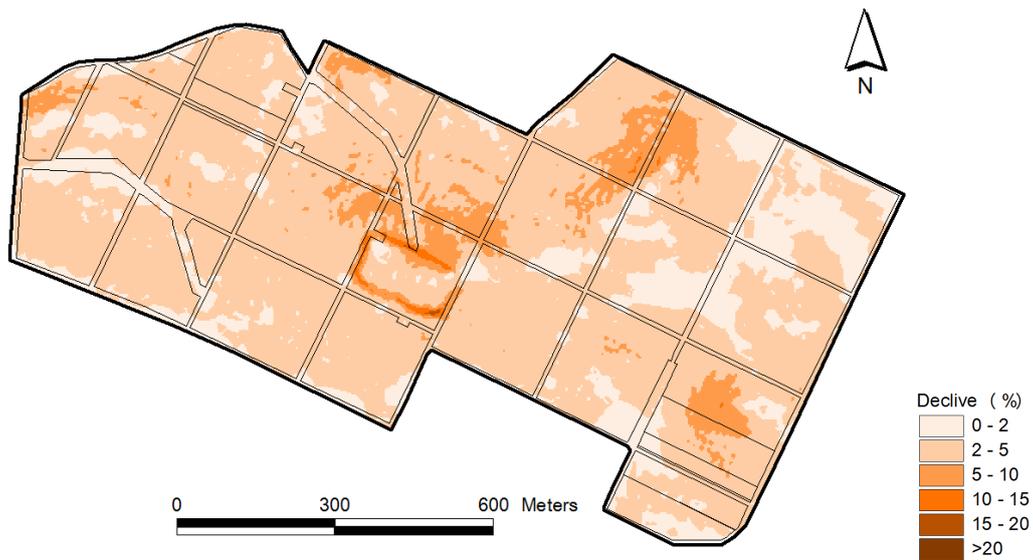


Figura 37 - Carta de Declives da área da vinha

Na Figura 38 encontramos o caso particular em que um mesmo talhão (Talhão 2) contém várias castas identificadas através das parcelas 2B, 2C e 2D, onde foram geo-referenciados 50 pontos de amostragem. Neste caso tentamos perceber se o talhão poderia ser tratado como uma unidade independente e homogênea.

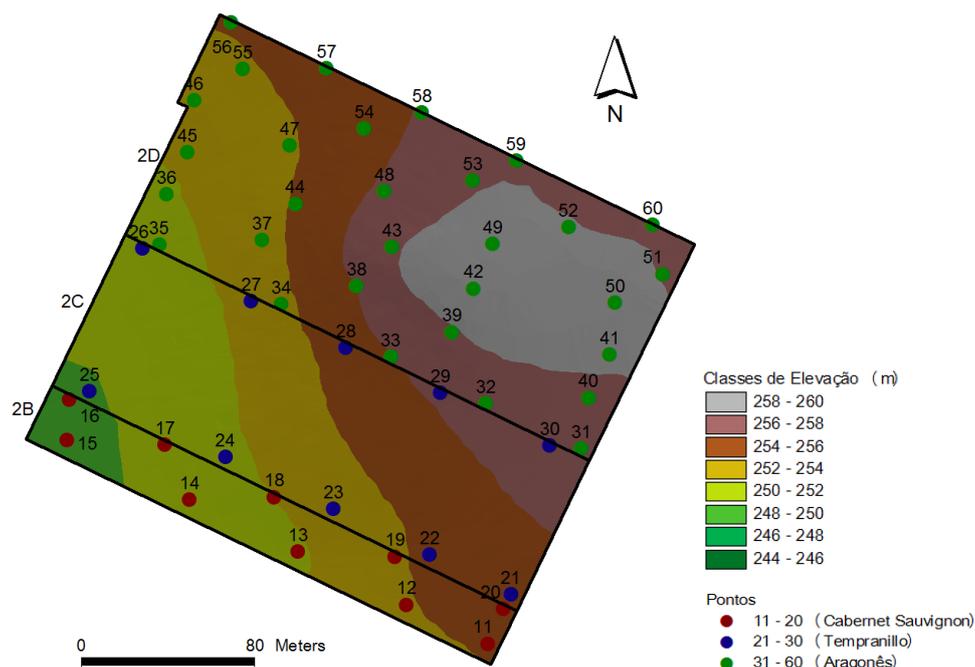


Figura 38 – Distribuição dos 50 pontos de amostragem nas parcelas 2B, 2C e 2D do talhão 2

4.1.2. Metodologia

Foram recolhidas, com uma periodicidade semanal, amostras em cada um dos talhões da vinha e em cada um dos 50 pontos do talhão 2. Posteriormente, em laboratório, foram determinados os parâmetros físico-químicos e as assinaturas espectrais dos bagos de uva intactos e respectivo mosto. A recolha das assinaturas espectrais das folhas foi realizada no campo, em cada um dos 50 pontos de amostragem do talhão 2. Para isso foi utilizado um suporte para o sensor denominado por *leaf-clip* (Figura 39) que apresenta características específicas para medições no campo. É constituído por uma mola, fonte de iluminação e base para calibração, ficando a folha presa entre a fonte de iluminação e a base, sem qualquer influência de fontes de luz externas. Como forma de caracterizar o estado fisiológico das plantas foi utilizado o índice PRI, através da formula $(R_{531} - R_{570}) / (R_{531} + R_{570})$ onde R_{531} e R_{570} representam, respectivamente, as reflectâncias para os comprimentos de onda 531nm e 570nm.



Figura 39 – Medição das reflectâncias de uma folha no campo (esquerda); Perfil do *Leaf-Clip* (direita)

A Figura 40 ilustra a montagem experimental utilizada no registo das assinaturas espectrais em laboratório. A Figura 41 representa a medição da assinatura espectral do mosto filtrado.



Figura 40 – Instalação para a medição das reflectâncias. (1) Espectroradiómetro; (2) Cabo de fibra óptica; (3) Sensor; (4) Placa de calibração; (5) Computador; (6) Fonte de iluminação (halogéneo - 75W)

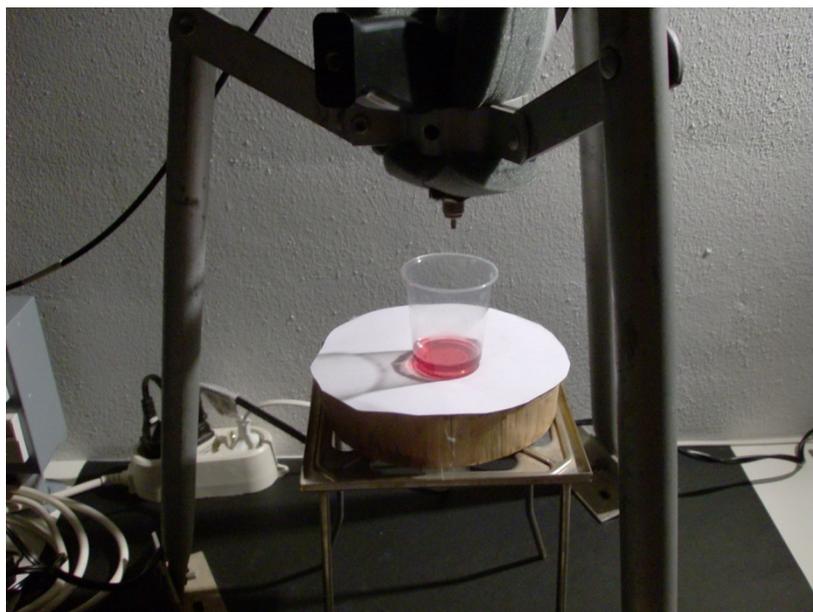


Figura 41 – Medição da reflectância do mosto filtrado em laboratório

As assinaturas espectrais dos bagos de uva e do mosto podem ter muitas potencialidades no que toca à caracterização expedita e rápida da qualidade de certos parâmetros, importantes na qualidade do vinho. Se através deste tipo de sensores e dos comprimentos de onda adequados, pudéssemos inferir parâmetros que permitissem fazer a segmentação da colheita, obteríamos com certeza diferentes tipos de vinhos e, conseqüentemente, diferentes tipos de valor associados aos mesmos. Estas técnicas têm sido utilizadas na avaliação de produtos orgânicos, nomeadamente nos sólidos solúveis de frutas e torna-se, por isso, premente experimentar as mesmas na vitivinicultura.

4.2. Assinaturas espectrais

4.2.1. Mosto

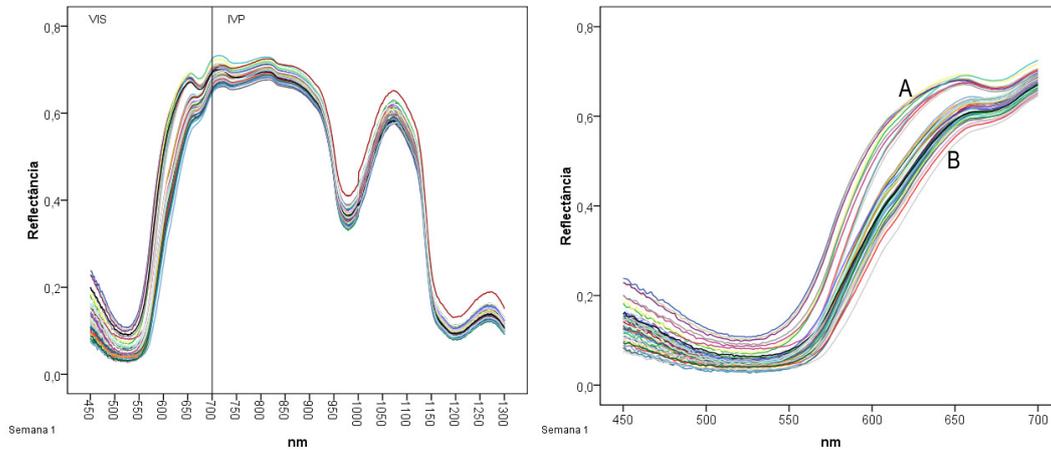


Figura 42 - Reflectâncias do mosto de 50 amostras do talhão 2 obtidas na primeira semana (esquerda); Detalhe para a região do visível (direita)

A Figura 42 ilustra as assinaturas espectrais do mosto de 50 amostras colhidas em cada um dos pontos do talhão 2 na primeira semana. De forma geral, todas as amostras apresentam um comportamento semelhante, no entanto, na região dos 580nm até aos 700nm, existe diferenciação entre dois grupos de amostras, onde um apresenta reflectâncias um pouco mais elevadas do que o outro. As amostras do grupo A correspondem à casta *Cabernet Sauvignon*, as do grupo B representam as castas *Aragonês* e *Tempranillo*. O facto de a diferenciação ocorrer na região do espectro correspondente ao vermelho revela que a capacidade de diferenciação das assinaturas espectrais se encontra directamente relacionada com a cor do mosto.

4.2.2. Folha

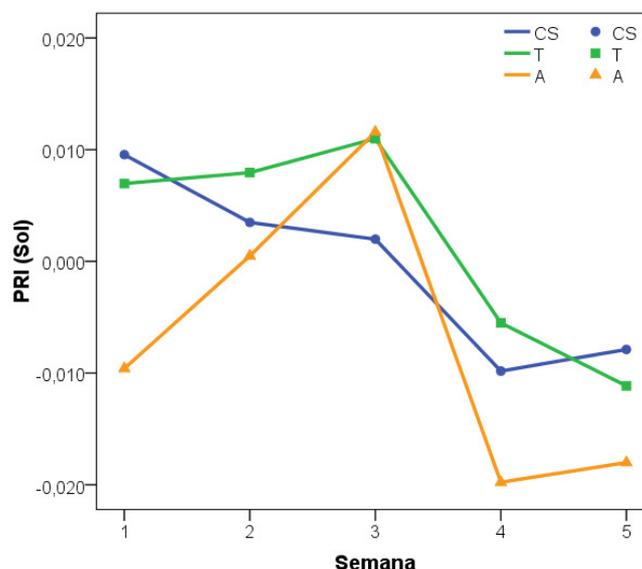


Figura 43 – Valores de PRI médios para cada casta ao longo do tempo (CS) *Cabernet Sauvignon*; (A) *Aragonês*; (T) *Tempranillo*

Como sabemos a cor do vinho é também um dos parâmetros importantes na definição da sua qualidade, como tal, temos aqui também a hipótese de explorar a possibilidade de diferenciar mostos pelas características da sua cor, de forma a obter vinhos com padrões de cor distintos.

A Figura 43 mostra a evolução dos valores do PRI ao longo do tempo para cada uma das três castas presentes no talhão 2. Na terceira semana, existe uma descida nos valores do PRI para as três castas; é possível que esta descida esteja relacionada com a interrupção da rega. A descida mais acentuada ocorre na casta *Aragonês*; as castas *Tempranillo* e *Cabernet Sauvignon* apresentam quebras semelhantes entre si, no entanto o PRI decresce mais para a casta *Tempranillo*. Apesar da disponibilidade de água poder estar relacionada com a diminuição dos valores de PRI a partir da terceira semana, é possível que esta esteja também relacionada com as diferenças observadas entre castas. Se o factor genético tivesse expressão nos valores de PRI obtidos, seria de esperar uma maior semelhança entre as castas *Aragonês* e *Tempranillo*, dado que esta última é um clone da primeira.

Estes índices de vegetação (PRI), poderão ter utilidade por exemplo na gestão

da rega, tentando perceber diferentes comportamentos vegetativos face à presença ou à ausência de humidade no solo e que implicações é que isso tem na qualidade do produto final.

4.3. Variabilidade entre talhões da mesma casta

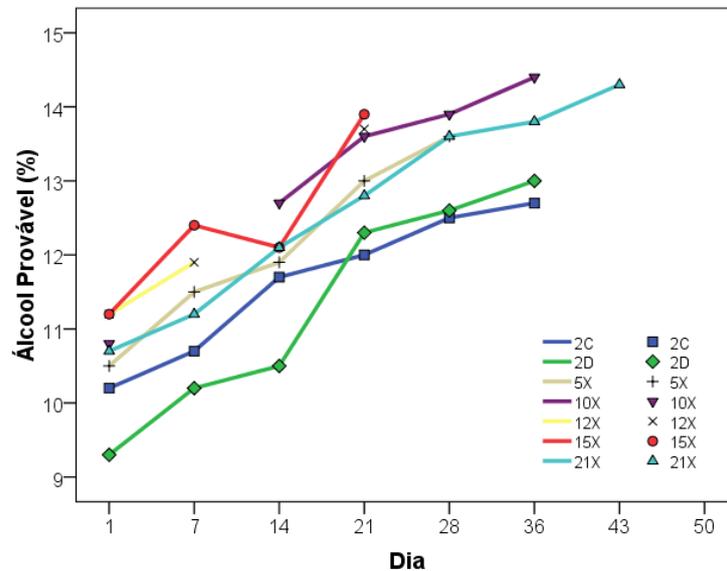


Figura 44 - Evolução dos valores de álcool provável ao longo do tempo para os talhões da casta Aragonês

A Figura 44, ilustra a evolução dos valores de álcool provável ao longo do tempo nos talhões da casta Aragonês. É perceptível a diferença entre talhões, sobretudo nos valores de partida, onde a diferença entre os talhões 2D e 15 ronda os 2%. O talhão 15 atinge também valores na ordem dos 14% de álcool provável ao fim de 21 dias quando a maioria dos restantes talhões, com mais 2 semanas de maturação, não o atinge. Será esta informação relevante para a gestão diferenciada? Tratar de forma diferente aquilo que é diferente? Este tipo de comportamento da mesma casta em diferentes talhões não merecerá uma reflexão séria sobre a oportunidade da rega, a oportunidade das operações culturais, a oportunidade da fertilização, etc? Obtemos da mesma casta produtos com características diferentes ao longo do tempo da campanha. Tal diferença deverá ou não ser aproveitada e potenciada?

A variabilidade temporal destes fenómenos só poderá ser analisada nas próximas campanhas. Caso a estabilidade temporal destes fenómenos seja elevada, teremos uma ferramenta de apoio à decisão muito útil; caso tal não se verifique, a tecnologia tem que evoluir para dar respostas em tempo real a este tipo de instabilidade temporal.

4.4. Variabilidade espacial (pH)

Foi efectuada uma análise geo-estatística à distribuição espacial da variável pH do mosto no talhão 2. Foram utilizados os valores da última semana de medição dado que estes representam o culminar do processo de maturação. A Tabela 4.1 contém os parâmetros do variograma ajustado, e a Figura 45 o mapa de pH para as parcelas 2C e 2D.

Tabela 1 – Parâmetros do variograma para a variável pH

Variável	Modelo	Efeito de Pepita (C0)	Patamar (C0 + C)	Alcance (a)	IDE (%)	R2
pH	Gaussiano	0,0020	0,0340	226,1	8	0,657

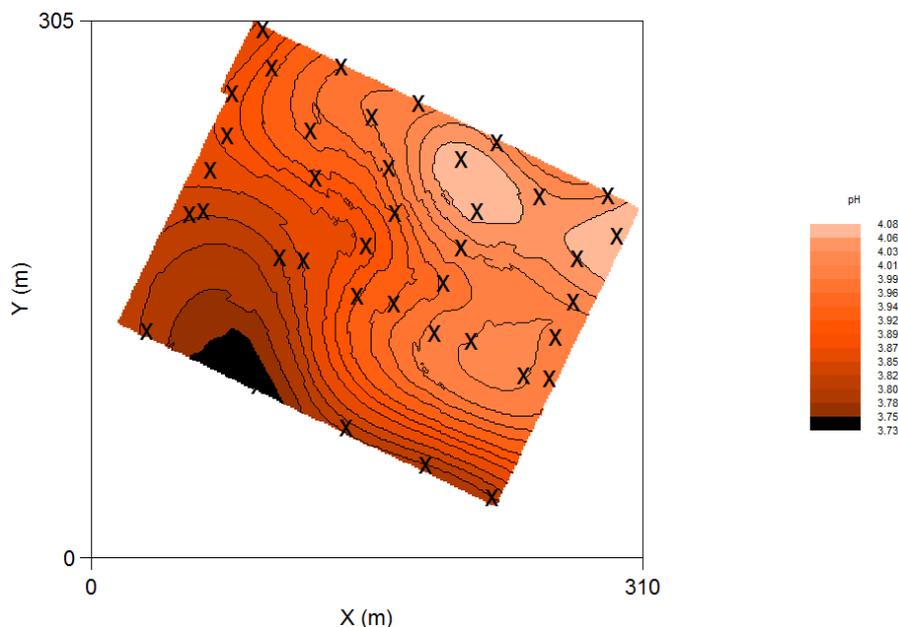


Figura 45 – Mapa da variável pH para as parcelas 2C e 2D, interpolado por krigagem normal

O índice de dependência espacial (IDE) de Cambardella *et al.* (1994) define a dependência espacial em função do efeito de pepita expresso em percentagem da semivariância total, através da fórmula $(C_0/C+C_0) \times 100$. Se o rácio for $\leq 25\%$ a variável é considerada com forte dependência espacial; se o rácio estiver entre 25% e 75% a variável é considerada com moderada dependência espacial e se o rácio for $\geq 75\%$ a variável é considerada com fraca dependência espacial.

Os resultados obtidos para a variável pH indicam um IDE de 8% que representa forte dependência espacial. Observando a Figura 45 é possível verificar que o quadrante Este do talhão apresenta valores de pH do mosto mais elevados; enquanto no quadrante Oeste se situam os valores mais baixos. Esta distribuição aparenta estar relacionada com a morfologia do talhão, ilustrada na Figura 38; aos maiores valores de pH correspondem as cotas mais elevadas. Analogamente, a menores cotas correspondem os valores mais baixos de pH. Este resultado indica que a variabilidade espacial pode mesmo ocorrer dentro de uma unidade de gestão, como tal, a instalação de uma vinha e a selecção das suas unidades de gestão são outros aspectos que os empresários deverão ter em conta na sua tomada de decisão.

Por vezes não são estes aspectos, mas sim outros, como a instalação do sistema de rega, que determinam a organização e delineamento das unidades de gestão.

4.5. Condutividade eléctrica

A condutividade eléctrica aparente de um solo (ECa) mede a capacidade de um solo em conduzir uma corrente eléctrica. Nas aplicações agronómicas, medir a ECa é particularmente útil para obter mapas de variações de propriedades intrínsecas de um solo como a profundidade do perfil, a textura, a presença de sais, a humidade do solo, etc. Em termos simplistas poderemos dizer que conseguimos obter um mapa das características intrínsecas do solo com um detalhe que não conseguimos encontrar na carta de solos portuguesa.

A ECa tem aplicações potenciais ao nível da Agricultura de Precisão, delimitando unidades homogéneas de tratamento ou produção, permitindo dessa forma ajudar o empresário agrícola na tomada de decisão aquando da

instalação de uma vinha ou aquando da gestão da sua parcela. A carta de classes de ECa permite ainda a realização de amostras de solo inteligentes, ou seja, permite direccionar a amostragem para classes homogéneas de ECa, conseguindo dessa forma conhecer melhor em termos espaciais a fertilidade da sua parcela. A Figura 46 apresenta a carta de condutividade eléctrica aparente da vinha do Casito, onde poderemos constatar a variabilidade deste parâmetro ao longo das diferentes parcelas e será a partir desta que direccionaremos a estratégia de amostragem de qualquer variável que tenha a ver com o solo.

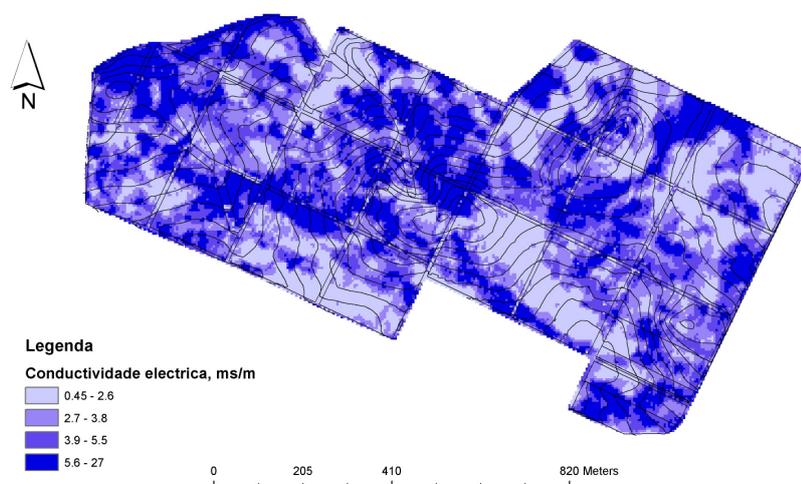


Figura 46 – Mapa da condutividade eléctrica aparente da vinha do casito

4.6. Conclusões

Num futuro, que se prevê recente, o uso da terra para fins meramente agrícolas deixará de estar associado a uma estrutura produtiva de base familiar e passará a estar associado a estruturas empresariais altamente profissionalizadas, onde o conhecimento e a base de dados que o empresário e os seus colaboradores conhecem se torna num factor fundamental para o sucesso e rentabilidade do sistema, bem como para a sua sustentabilidade. Conhecer e aproveitar esta variabilidade passará a ser um factor determinante nos vários sectores agro-industriais, nomeadamente no sector vitivinícola.

Este artigo apresenta vários tipos de tecnologias que, de uma forma ou de outra, poderão contribuir para a criação de conhecimento ao nível da parcela agrícola e, conseqüentemente, a respectiva criação de valor.

Agradecimentos

Agradecemos ao Professor José Miguel Cardoso Pereira, do Instituto Superior de Agronomia e à Investigadora Maria José Vasconcelos do Instituto de Investigação Científica Tropical, a disponibilidade de utilização do espectralradiómetro neste estudo.

4.7. Referências

- Cambardella, C., Moorman, T., Novak, J., Parkin, T., Karlen, D., Turco, R. & Konopka, A.** (1994) Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58, 1501-1511.
- Castro-Esau, K.L., Sánchez-Azofeifa, G.A. & Rivard, B.** (2006) Comparison of spectral indices obtained using multiple spectroradiometers. *Remote Sensing of Environment*, 103, 276-288.
- Dias, J.** (2006) Fase da Maturação da Uva. Centésimo Curso Intensivo de Vinificação. *DRABL, Ministério da Agricultura de Desenvolvimento Rural e das Pescas*.
- Gammon, J., Serrano, L. & Surfus, J.** (1997) The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. *Oecologia*, 112, 492-501.
- Herrera, J., Guesalaga, A. & Agostin, E.** (2003) Shortwave-near infrared spectroscopy for non-destructive determination of maturity of wine grapes. *Measurement Science and Technology*, 14, 689-697.
- Liu, Y., Chen, X. & Ouyang, A.** (2008) Nondestructive determination of pear internal quality indices by visible and near-infrared spectrometry. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1720-1725.
- Milton, E.J., Schaepman, M.E., Anderson, A., Kneubühler, M. & Fox, N.** (2007) Progress in field spectroscopy, *Remote Sensing Environment*, doi:10.1016/j.rse.2007.08.001.
- Navalgund, R., Jayaraman, V. & Roy, P.S.** (2007) Remote Sensing applications: An overview. *Current Science*, 3(12).

- Ribereau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, D. & Lonvaud, A. (2006)** Handbook of Enology, Volume 1 -The Microbiology of Wine and Vinifications. *John Wiley & Sons, Lta, England.*
- Sousa, A. & Silva, J. (2007)** Conceitos teóricos de Detecção Remota. *Departamento de Engenharia Rural, Universidade de Évora.*
- Xue, L. & Yang, L. (2008)** Deriving leaf chlorophyll content of green-leafy vegetables from hyperspectral reflectance. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, doi:10:1016/j.isprsjprs.2008.06.002