



Utilização de técnicas de termografia para a avaliação do estado hídrico da *Vitis vinifera* cv Loureiro

Valín, M.I.¹, Araújo-Paredes C.², Alonso, J.², Rodrigues, A.S.¹, Mendes, S.¹

- ¹ Centre for Research and Development in Agrifood Systems and Sustainability, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima (ESA), Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC), Viana do Castelo, Portugal
- ² Research Unit in Materials, Energy and Environment for Sustainability, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima (ESA), Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC), Viana do Castelo, Portugal

Resumo: Nos últimos anos a tendência de aumento da temperatura e redução da precipitação na estação seca do ano, associada à introdução de novas técnicas de viticultura, nomeadamente o aumento do número de plantas/ha, tornam necessário a adoção de práticas de rega em regiões vitivinícolas onde não existia essa tradição. Para realizar uma boa programação e condução da rega é necessário determinar o estado hídrico da planta. A videira, ao longo de todo o seu ciclo vegetativo, necessita de disponibilidade hídrica no solo, sendo especialmente importante em determinados estados fenológicos. A monitorização do estado hídrico da videira mediante a utilização de técnicas não destrutivas (termografia) permitirá avaliar de forma rápida e potencialmente precisa o estado da videira. O presente trabalho tem como objetivos: i) calcular os índices de stress hídrico da videira, nomeadamente o CWSI (Crop Water Stress index) e o IG (index of relative stomatal conductance) mediante a utilização de uma câmara térmica portátil; e ii) correlacionar os valores de potencial hídrico de ramo com os índices de stress. O estudo desenvolveu-se durante o ano de 2018 numa parcela de *Vitis vinifera* cv. Loureiro de 5,5 ha, situada no concelho de Ponte de Lima, Viana do Castelo, Norte de Portugal (41°40'32.16"N 8°32'6.21"W, altitude 175 m). A textura do solo é franca, e a vinha apresenta uma idade superior a 15 anos e um compasso de 2mx3m (1666 plantas/ha), conduzida em cordão simples ascendente. Durante os meses de julho a setembro foram implementadas 3 estratégias de rega (100% ETc, 50% ETc, sem rega), realizando-se uma monitorização semanal do potencial hídrico de ramo, do teor de água no solo e das temperaturas da canópi. Ao longo do ano 2018, foram registados parâmetros meteorológicos utilizados para o cálculo da evapotranspiração cultural (ETc). Como resultado, identificou-se uma forte correlação entre o CWSI e o IG ($R^2=0,89$) e entre o potencial hídrico de ramo (-1,2 MPa a -0.4 MPa) e os dois índices de stress, CWSI ($R^2=0,73$) e IG ($R^2=0,72$), quando calculamos a correlação para as estratégias 50% ETc e sem rega. Estes resultados indicam a termografia como uma técnica apropriada para avaliar o estado hídrico da casta Loureiro, atendendo à forte correlação entre os índices calculados e o potencial hídrico de ramo.

Palavras-chave: Estratégias de rega, Crop Water Stress Index, index of relative stomatal conductance, potencial hídrico de ramo

1. Introdução

A região dos Vinhos Verdes (RVV) caracteriza-se por ser uma região de elevadas precipitações e temperatura suaves, onde a viticultura é considerada uma cultura de sequeiro. Nos últimos anos o registo de eventos extremos (altas temperaturas e baixas precipitações) com maior frequência, junto com a intensificação das práticas culturais, tem vindo a contruir para a necessidade de aplicar dotações de regar em momentos determinados do ciclo vegetativo. Neste novo desafio para a RVV a utilização de sensores terrestre no âmbito da monitorização solo-planta-clima apresenta-se como uma importante ferramenta para auxiliar ao produtor na tomada de decisões.

A ciência e a investigação, e o consequente desenvolvimento tecnológico, têm facilitado a rapidez de armazenamento, gestão, edição, transferência e análise de dados. A possibilidade de adquirir informação, a partir de sensores, sobre objetos e fenómenos à superfície da terra é uma realidade na atualidade, sendo os sensores de captação de imagem os mais usuais, pela sua capacidade de espacializar e modelar a variabilidade dos fenómenos. A agricultura, tem recebido estas tecnologias de forma sustentada, existindo na atualidade diversos trabalhos com o seu uso em variadíssimas culturas e em particular na viticultura.

Nestas novas abordagens, a aquisição de dados é realizada por sensores remotos, que possuem distintos filmes fotográficos, em distintos comprimentos de onda espectral, onde se destacam as imagens na região do visível e infravermelhos [1, 2]. Nestes comprimentos de onda, a obtenção de imagens termográficas, tem-se evidenciado, pela capacidade não destrutiva e não invasiva das plantas [3, 4], permitindo trabalhar a distintas escalas, com a obtenção de dados quantitativos em tempo real, sendo a termografia terrestre uma técnica em crescente utilização.

Estes sensores acoplados a veículos aéreos não tripulados (Drone), têm sido testados em viticultura de precisão ([5, 6]), oferecendo vantagens em relação às medições em campo, pelo seu desempenho e alta flexibilidade de uso, baixos custos operacionais, resoluções espaciais muito altas, na base centimétrica [7, 8], bem como na capacidade de espacialização dos dados. Imagens de satélite também têm sido usadas em estudos de videira para avaliar o stress hídrico [9] e intra-variabilidade no vigor e expansão foliar [7] e [10]. Com sensores terrestres fixos, nomeadamente sensores térmicos, torna-se possível estimar o estado hídrico da videira através da obtenção da temperatura da cânopia [11], bem como indicadores de apoio à sanidade vegetal da videira.

O presente trabalho tem como objetivos: i) calcular os índices de stress hídrico da videira, nomeadamente o CWSI (Crop Water Stress index) e o IG (index of relative stomatal conductance) mediante a utilização de uma câmara térmica portátil; e ii) correlacionar os valores de potencial hídrico de ramo com os mesmos índices.

2. Material e métodos

O ensaio desenvolveu-se durante o ano 2018 numa parcela de *Vitis vinífera* cv. Loureiro de 5,5 ha situada no concelho de Ponte de Lima Viana do Castelo, Norte de Portugal (41°40'32.16"N 8°32'6.21"W, altitude 175 m). O clima destas regiões apresenta influência atlântica, caracterizado como Csb, classificação de Köppen-Geiger [12], com temperaturas e amplitudes térmicas moderadas e pluviometria elevada (varia entre os 1400 e os 1800 mm) concentrando-se a maior parte nos meses de inverno. O solo apresenta uma textura franca, próxima da franco-arenosa (50 % areia, 31 % limo e 19 %), uma profundidade de 1 m, um conteúdo de matéria orgânica de 2,65 % e um pH de 5,4. Os valores dos parâmetros hídricos do solo, obtidos por métodos laboratoriais, utilizando painéis de pressão, foram de 0,231 m³.m⁻³ para a capacidade de campo (pF 2; 10 kPa) e de 0,121 m³.m⁻³ para o coeficiente de emurchecimento (pF 4.2; 1,55 MPa).

A vinha da casta Loureiro, porta-enxertos 1103P, foi plantada no ano 2001, orientação Norte-Sul, com um compasso de 2 m x 3 m (1666 plantas ha⁻¹), conduzida em cordão simples ascendente. O sistema de rega é gota a gota, com gotejadores auto-compensantes de débito 4 L.h⁻¹ separados

1 m, entre si. As necessidades de rega foram estimadas semanalmente, utilizando os valores da evapotranspiração cultural (ET_c), calculada seguindo a metodologia apresentada pelo manual FAO 56 [13], utilizando dados meteorológicos registados numa estação agrometeorologia, instalada na parcela em estudo, sendo o coeficiente cultural utilizado (K_c) de 0,7 [14].

A partir do estado fenológico da floração foram monitorizados semanalmente os seguintes parâmetros: i) o teor de água no solo (mm), utilizando uma sonda capacitiva; ii) o potencial hídrico de ramo (MPa), com uma câmara de pressão do tipo Scholander; e a iii) a temperatura da canópia utilizando uma câmara térmica manual. Foram implementadas duas estratégias de rega: Rega Completa (RC; 100 ET_c) e Rega Deficitária (RD, 70% da ET_c) e um controlo sem rega (SR). Cada estratégia apresenta dois blocos formados por 4 filas. Nas filas centrais foram realizadas as medições, 7 videira por fila, e as filas extremas funcionaram como bordadura.

As imagens térmicas, foram obtidas com uma câmara térmica de infravermelha (FLIR e75), com uma lente de 42°, resolução de 320 x 240 pixels, frequência de 30 Hz, faixa espectral de 0,7 – 1,4 μm , tendo uma gama de temperaturas de -20 a 1000 °C. Cada pixel da imagem possui uma leitura de temperatura em graus Celsius. As imagens foram obtidas em locais pré-definidos, meio dia solar, a uma distância de 2 metros perpendicular à direção da linha. Todas as imagens, foram adquiridas em dias de céu limpo, com condições mínimas de vento, avaliados no local de recolha.

As temperaturas de referencia, (T_{wet} e T_{dry} ; °C), foram obtidas pela seleção de duas folhas saudáveis e próximas entre si. Na folha T_{dry} , foi aplicada vaselina em ambos os lados, 30 minutos antes, servindo para forçar artificialmente o fecho dos estomas, impedindo a evapotranspiração e consequentemente o aumento da temperatura da folha e na T_{wet} , foi pulverizada água, 2 minutos antes, para simular a taxa de evapotranspiração máxima.

O calculo do CWSI (índice de stress da cultura), foi usada a partir da equação proposta por [15] modificada por [11].

$$CWSI = \frac{(T_c - T_{wet})}{(T_{dry} - T_{wet})}$$

Onde T_c , é a temperatura da canópia, obtida a partir da imagem térmica e T_{dry} e T_{wet} , são as temperaturas de referencia (°C).

O IG (Índice de condutância estomática), foi obtido através da equação proposta por [10].

$$I_G = \frac{(T_{dry} - T_c)}{(T_c - T_{wet})}$$

Com o objetivo de avaliar a relação entre os índices de stress (CWSI e IG) e o potencial hídrico de ramo, foi calculada uma correlação de Pearson e uma regressão linear.

3. Resultados e discussão

Durante o ano 2018 foram registados os estados fenológicos para a casta Loureiro segundo a escala de Baggiolini [16]. Na Figura 1, apresenta-se o conteúdo de água no solo. para os diferentes estados vegetativos ao longo do ciclo cultural. A floração foi atingida no dia 06 de junho (DOY 157), bago de ervilha a 26 de junho (DOY 177) e pintor no dia 9 de agosto (DOY 221). As três estratégias de rega apresentam valores muito próximos, não existindo diferenças significativas, até ao estado fenológico do pintor, evidenciando-se após esse período um aumento de água no solo na estratégia de rega (RC), até à ultima rega (DOY 241), convergindo novamente as três estratégias até á vindima.

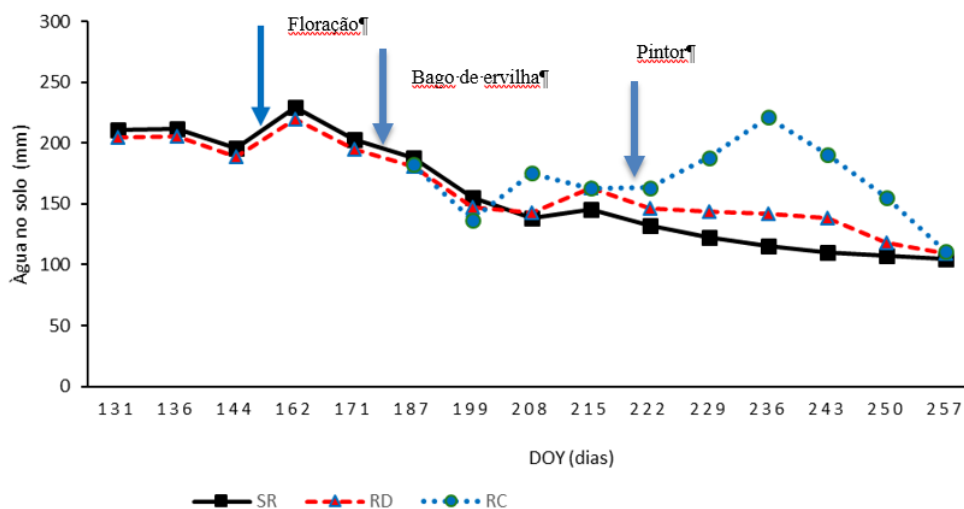


Figura 1. Teor de água no solo (mm) durante o ciclo vegetativo da casta loureiro para as diferentes estratégias de rega (Sem Rega, SR; Rega Deficitária, RD e Rega Completa, RC).

No quadro 1, apresentam-se os índices de stress hídrico CWSI e o IG, nas distintas estratégias de rega implementadas. Os referidos índices não registam diferenças significativas entre si, que permitam concluir que alguma das estratégias implementadas, provocou stress hídrico na cultura pelo facto de ao longo do ciclo vegetativo o teor de água no solo ter sido elevado.

Quadro 1. Valores médios dos índices de stress (CWSI e Ig) e potencial de ramo registados nas distintas estratégias de rega

	CWSI	IG
SR	0,60	0,81
RD	0,61	0,81
RC	0,54	1,08

A forte correlação de Pearson obtida entre os índices CWSI e IG (0,94) poderá justificar uma simplificação destes métodos, através da obtenção do CWSI, e posterior estimativa do IG por regressão linear (0,89) (Figura 2), atendendo a que torna redundante para este efeito, o cálculo dos dois índices em simultâneo.

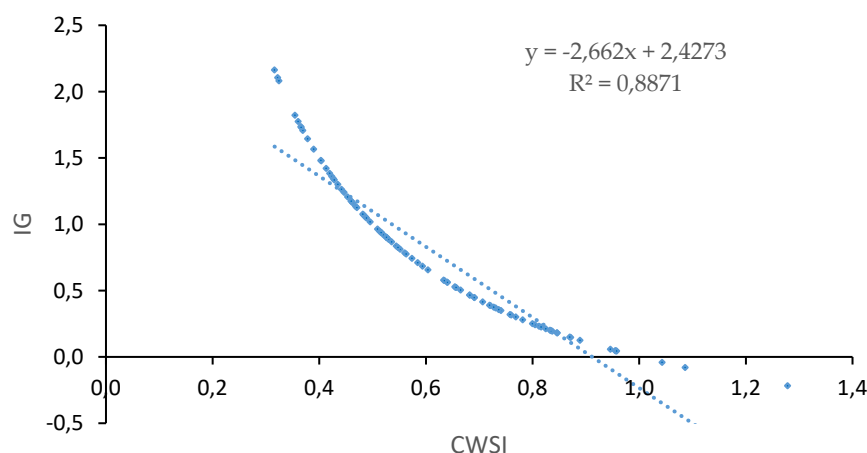


Figura 2. Regressão Linear entre o CWSI (Crop Water Stress índice) e o IG (index of relative stomatal conductance)

Nas restantes correlações, em ambos os casos, verificam-se de igual forma fortes correlações entre as variáveis intervenientes, 0,73 na relação CWSI/ Ψ (MPa) e 0,72 na relação IG/ Ψ (MPa) (Figura 3a e Figura 3b). O que denota que estes índices poderão ser relevantes no apoio à determinação de stress hídrico da cultura da vinha.

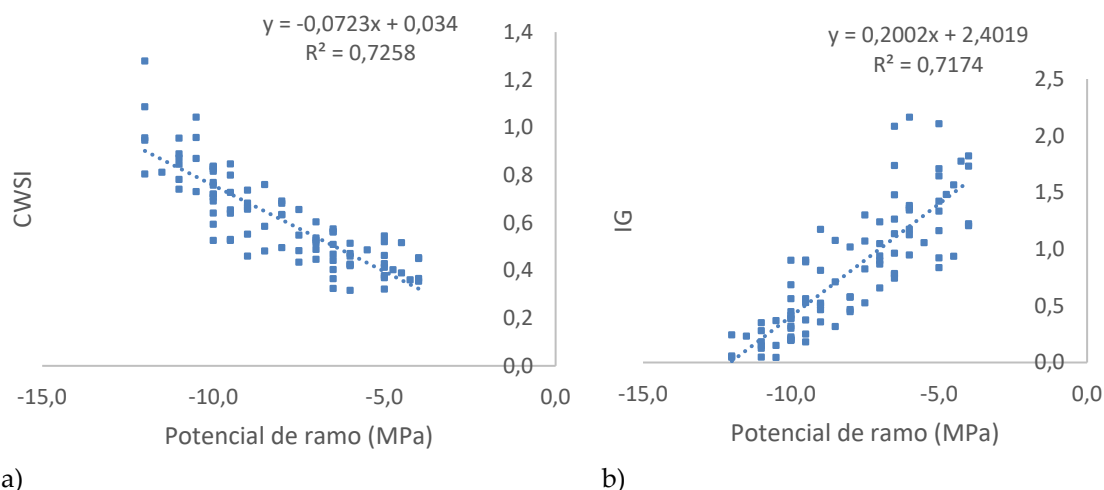


Figura 3. Regressão Linear entre o os índices de stress e o potencial de ramo (MPa): a) CWSI (Crop Water Stress index) e b) IG (index of relative stomatal conductance)

4. Conclusões

A utilização de sensores terrestres de proximidade configura-se como uma boa solução para o acompanhamento dos parâmetros vegetativos da videira. No estudo apresentado, verifica-se que a monitorização do teor de água no solo permite afirmar que as estratégias de rega implementadas, devido às condições climáticas do ano, não manifestaram diferenças significativas no teor de água no solo até o estado fenológico do pintor.

Os índices de stress, podem ser indicadores viáveis para estimar o potencial hídrico do ramo, na casta Loureiro, pela sua forte correlação entre ambos, mas também por se obterem de forma não destrutiva para a planta. O forte coeficiente de correlação, obtido entre os dois índices CWSI e IG, apenas vem justificar a sua utilização, simplificando o processo com o uso de apenas, em função da necessidade no local.

5. Agradecimentos

Este trabalho contou com a participação dos alunos de final de Licenciatura Rodrigo Cardoso, Filipe Fernandes, Rui Silva e João Silva e à coordenação dos trabalhos de campo de Carlos Marques. Foi financiado pelo projeto Terr@eno - Terroir e zonagem agro-ecológica como fator crítico de competitividade e inovação dos Vinhos Verdes (NORTE-02-0853-FEDER-000113).



Referências

1. Fuentes, S., Bei, R., Pech, J., Tyerman, S., 2012. Computacional wáter stress índices obtained from thermal image analysis of grapevine canopies. *Irrig Sci*, 30:523-536.
2. Rustioni, L., Rocchi, L., Guffanti, E., Cola, G., Faila, O., 2014., Characterization of Grape (*Vitis vinifera* L.) Berry Sunburn Symptoms by Reflectance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62(14)
3. Jones, H.G., 1992, Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University. Press, Cambridge

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

4. Grant, O.M, Ochagavia, H., Baluja, M.P., Diago, M.P., tardáguila, J., 2016, Thermal imaging to detect spatial and temporal variation in the water status of grapevine (*vitis vinifera* L.). The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, Vol. 91, Taylor & Francis.
5. Zarco-Tejada. P.J., Gonzalez-Dugo, V., Berni, J.A., 2012. Fluorescence, temperature and narrow-band indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a micro-hyperspectral imager and a thermal camera. Remote Sensing of Environment, Volume 117, 322-337.
6. Gago, J., Douthe, C., Coopman, R.E., gallego, P.P., Ribas-Carbo, M. Flexas, J., Escalona, J., Medrano, H., 2015, UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture. Agricultural Water Management, Volume 153, 9-19.
7. Matese, A., Toscano, P., Gennaro, S.F., genesio, L., Vaccari, F.P., Primicerio, J., Belli, C., Primacerio, J., Belli, C, Zaldei, A., Bianconi, R., Gioli, B., 2015, Intercomparison of UAV, Aircraft and satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture. Remote Sens, 7(3), 2971-2990.
8. Gago, J., Douthe, C., Coopman, R.E., gallego, P.P., Ribas-Carbo, M. Flexas, J., Escalona, J., Medrano, H., 2015, UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture. Agricultural Water Management, Volume 153, 9-19.
9. Consoli, S., Barbagallo, S., 2012, Estimating Water Requirements of an Irrigated Mediterranean Vineyard Using a Satellite-Based Approach. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Volume 138 Issue 10
10. Jones, H.G., Grant, O.M., 2016. Remote sensing and other imaging technologies to monitor grapevine performance. In: Gerós, H., Chaves, M., Medrano, H., Delrot, S. (Eds.), Grapevine in a Changing Environment: A Molecular and Eco-physiological Perspective. Wiley Blackwell, pp. 179–201
11. Garcia-Tejero, I.F., Costa, J.M., Egipto, R., Durán-Zuazo, V.H., Lima, R.S.N., Lopes, C.M., Chaves, M.M., 2016. Thermal data to monitor crop-water status in irrigated Mediterranean viticulture. Agricultural Water management 176, 80-90.
12. Kotték, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, 15(3), 259-263.
13. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., e Smith, M. (1998), Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements, Irrigation and Drainage Paper No, 56, FAO, (56), pp,300,
14. Fandiño M., Cancela J.J., Rey B.J., Martínez E.M., Rosa R.G. and Pereira L.S., (2012). Using the dual-Kc approach to model evapotranspiration of Albariño vineyards (*Vitis vinifera* L. cv. Albariño) with consideration of active ground cover. Agric. Water Manage., 112, 75-87.
15. Idso 1982, Non-water-stressed baselines: a key to measuring and interpreting plant water stress. Agric Meteorol 27(1-2):59-70
16. Baggiolini M., (1952). Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. Revue Romande d'Agriculture de Viticulture, 8 4-6