

Estimação da transpiração da videira a partir da medição da temperatura da superfície da sebe com termómetro de infravermelhos.

Rodrigues, P.¹; Pedroso, V.²; Gouveia, J.P.¹; Martins, S.²; Lopes, C.³; Alves, I.³.

¹ Escola Superior Agrária de Viseu, Quinta da Alagoa, Viseu
prodrigues@pres.ipv.pt

² Centro de Estudos Vitivinícolas do Dão, Quinta da Cale, Nelas

³ Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Lisboa

RESUMO

Com o objectivo de validar um modelo para estimar a transpiração da videira a partir da medição da temperatura radiativa da superfície da sebe, instalou-se um ensaio numa vinha da casta Touriga Nacional, localizada na região do Dão no centro de Portugal. O modelo usado tem por base o princípio da partição do balanço energético entre os componentes do coberto do vegetal (videiras, solo e relvado) admitindo-se que, do ponto de vista energético, a sebe e o substrato (solo+relvado) actuam separadamente e em paralelo. Assim, os fluxos de calor latente para atmosfera a partir da sebe (λE_c) são determinados a partir dos valores do balanço de radiação da sebe (R_{nc}) e dos fluxos de calor sensível (H_c). Além de permitir caracterizar a evolução diurna dos componentes do balanço energético da sebe da vinha, conclui-se que o modelo permite uma boa estimação dos valores diários da transpiração.

Palavras-chave: balanço energético, fluxos de calor da sebe, balanço de radiação da sebe, videira, Touriga-Nacional.

INTRODUÇÃO

A medição dos consumos hídricos da vinha é fundamental em estudos de relações hídricas, de identificação de factores limitantes, de condução da rega ou de selecção de variedades com base no uso eficiente da água (Silvestre, 2003). Com efeito, somente uma correcta monitorização do regime hídrico da vinha permitirá uma verdadeira avaliação do seu efeito na produtividade e na qualidade dos mostos. A medição da evapotranspiração envolve muitas vezes metodologias complexas com custos associados bastante elevados e de elevada tecnicidade. Assim o recurso a modelos de estimação da evapotranspiração, menos exigentes do ponto de vista instrumental e consequentemente com menores custos de implementação, tem uma importância fulcral. O presente trabalho enquadra-se num estudo de avaliação do efeito do regime hídrico e da rega da vinha na casta Touriga Nacional na região do Dão, no centro de Portugal. Pretende-se validar um modelo para estimar a transpiração da videira a partir da medição da temperatura radiativa da superfície da sebe, e da medição de variáveis meteorológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo usado para a estimar a transpiração da sebe da vinha tem por base o princípio da partição do balanço energético entre os componentes do coberto do vegetal (videiras, solo e relvado) admitindo-se que, do ponto de vista energético, a sebe e o substrato (solo+relvado) actuam separadamente e em paralelo. Partindo deste pressuposto, os fluxos de calor latente para a atmosfera a partir da sebe (λE_c) podem ser determinados como a partir de valores do balanço de

radiação (Rn_c) e do fluxo de calor sensível (H_c). A partição do balanço de radiação do coberto vegetal (Rn) entre o substrato (Rn_s) e a sebe de vinha (Rn_c) é efectuada recorrendo ao princípio da extinção exponencial da radiação, lei de Beer, com a modificação proposta por Anderson *et al.* (1997), na qual o coeficiente de extinção é corrigido através de um termo dependente do ângulo solar zenital (φ) de modo a reproduzir a variação diurna da partição do balanço de radiação entre os componentes. Sendo a vinha um coberto heterogéneo, o índice de área foliar (LAI) é corrigido através do factor de agrupamento $\Omega(\varphi)$ ("clumping factor") proposto por Campbell e Norman (1998). A estimação dos fluxos de calor sensível da sebe (H_c), a partir da temperatura da mesma (T_c), obtida através de termómetros de infravermelhos, é efectuada tendo como base o princípio de independência dos fluxos de cada componente do coberto vegetal (Norman *et al.*; 1995) e assumindo a existência de duas resistências em série para os fluxos de calor sensível a partir das folhas das videiras: a resistência da camada limite das folhas (r_{aHc}) e a resistência aerodinâmica do coberto (r_{aH}) (Lhomme e Monteny; 1993). Esta simplificação corresponde, na prática, à reformulação da equação geral de determinação dos fluxos de calor sensível de um coberto vegetal, na qual a substituição da temperatura aerodinâmica (T_0) pela temperatura da sebe (T_c) é acompanhada da introdução de uma resistência adicional (r_{aHv}) determinada pela equação proposta por Choudhury e Monteith (1988). Os valores diários de transpiração da sebe foram determinados por integração dos valores instantâneos correspondentes ao período em que $Rn > 0$. O trabalho experimental foi realizado no Centro de Estudos Vitivinícolas do Dão, em Nelas, Portugal, com a casta Touriga Nacional, na região do Dão (latitude $40^\circ 31' N$, longitude $7^\circ 51' W$ e altitude 440 m). Nos anos 2004 e 2005 o ensaio foi conduzido na parcela 1-A. Nos anos 2006 e 2007 o ensaio realizou-se na parcela 5-A. As características de cada parcela são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características das parcelas de vinha

Ano	Parcela	Textura do solo	Ano de plantação	Porta-enxerto	Densidade de plantação (vid/ha)	Sistema de condução	Sistema de poda	Altura do tronco (m)	Altura da sebe (m)
2004 e 2005	1-A	Franco-Arenoso	1989	SO4	3636	Monoplano vertical ascendente	Guyot duplo	0,6	1,3
2006 e 2007	5-A	Franco-Arenoso	2000	110 R	4545	Monoplano vertical ascendente	Cordão Royat bilateral	0,6	1,2

O ensaio foi estabelecido num sistema de blocos casualizados com repetições de quatro modalidades correspondentes a diferentes regimes de rega. Cada unidade experimental era constituída por 2 linhas num total de doze videiras. Nas modalidades com rega, esta foi realizada com o sistema gota-a-gota. Em cada unidade experimental a monitorização de humidade do solo foi efectuada com sonda capacitiva, em dois perfis, um na linha (perfil 2), entre duas plantas, junto ao gotejador, e o outro na entre linha, a meia distância entre duas linhas de videiras (perfil 1).

Numa das unidades experimentais de cada modalidade foi medida, em intervalos de 10 minutos, a temperatura da sebe através de termómetros de infravermelhos colocados a uma distância do topo determinada de modo a que a largura de medição fosse ligeiramente inferior à largura da sebe. Uma vez que as medições foram efectuadas após a sebe ter atingido a sua altura máxima, tendo em conta a altura da sebe e a densidade de folhas do seu interior, a temperatura registada diz respeito exclusivamente a folhas e caules de videira, nomeadamente folhas exteriores expostas à radiação solar. Com a mesma periodicidade, os valores das variáveis meteorológicas (temperatura e humidade

do ar, velocidade do vento, radiação solar incidente, balanço de radiação e precipitação) foram medidos numa estação automática localizada no centro das parcelas. A área foliar foi determinada através da metodologia descrita em Lopes e Pinto (2005), a partir das medições efectuadas em lançamentos de videiras seleccionadas e em várias fases do ciclo vegetativo. O coeficiente de extinção da radiação (k_e) foi determinado através do ajustamento do modelo de partição do balanço de radiação anteriormente descrito à relação entre a radiação fotossinteticamente activa (PAR) medida ao nível do solo e a PAR no topo da sebe. As medições da PAR foram realizadas ao meio dia solar, momento em que a área de ensombramento do solo pela sebe é mínima, nas mesmas datas e nas mesmas plantas das medições para a determinação do LAI, usando para o efeito um ceptómetro, posicionado perpendicularmente às linhas de videiras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução diurna do balanço de radiação da sebe de vinha (R_{nc}) apresenta grandes diferenças relativamente à evolução de R_n e R_{ns} . Ao longo do dia a R_{nc} atinge um primeiro máximo a meio da manhã, decresce até ao meio dia solar e atinge novamente um máximo a meio da tarde (Figura 1).

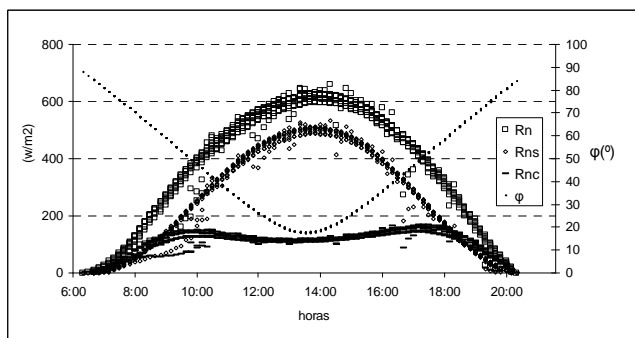


Figura 1 – Evolução diurna da radiação líquida do coberto (R_n) medida, da radiação líquida da sebe (R_{nc}) e do substrato (R_{ns}) estimadas, com $k_e=0,5$, para a modalidade não rega (NI) no período entre os dias 160 e 167 do ano de 2004 (LAI entre 1,3 a 1,6).

De um modo geral, durante o período diurno, a evolução dos fluxos de calor latente da sebe acompanha a evolução da R_{nc} . Tal como esta, a λE_c apresenta um máximo a meio da manhã e outro ao final da tarde e um patamar inferior ao meio do dia. Em plantas com grande disponibilidade em água, a partir do meio da manhã, em determinadas condições meteorológicas, a λE_c pode ser mesmo superior a R_{nc} (Figura 2). Heilman *et al.* (1996) verificaram que nos dias em que λE_c é superior a R_{nc} , ocorriam fluxos de calor sensível da sebe negativos ($H_c < 0$) e fluxos de calor sensível do solo positivos ($H_s > 0$) o que significa que a sebe recebe energia do solo, usando-a na transpiração.

Para avaliar a qualidade das estimativas de λE_c obtidas através da metodologia descrita compararam-se os integrais diários (para $R_n > 0$) com a variação diária do armazenamento de água no solo, até 200 cm de profundidade (ΔW_{200}), em dias sem precipitação, na modalidade não regada (NI). Na figura 3 apresenta-se a evolução sazonal dos valores diários do λE_c , da variação de armazenamento de água no solo até 200 cm de profundidade (ΔW_{200}), da evapotranspiração de referência (ET_0) e da precipitação (P) no ano de 2004 da modalidade não regada (NI). Tomando apenas os períodos em que se concluiu que a extração radicular pela videira se verifica principalmente acima da profundidade monitorizada (200 cm) e em que o relvado é praticamente inexistente, verifica-se que a transpiração diária estimada da sebe é significativamente correlacionada com ΔW_{200} (Figura 4).

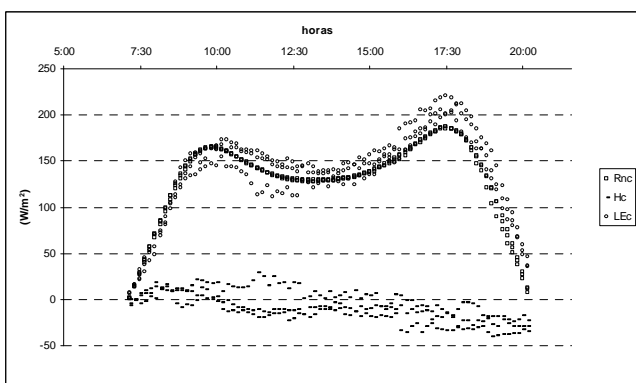


Figura 2- Evolução diurna dos componentes de balanço energético da sebe, nos dias 194 a 196 de 2004, na modalidade com rega plena (FI -100% da ETc).

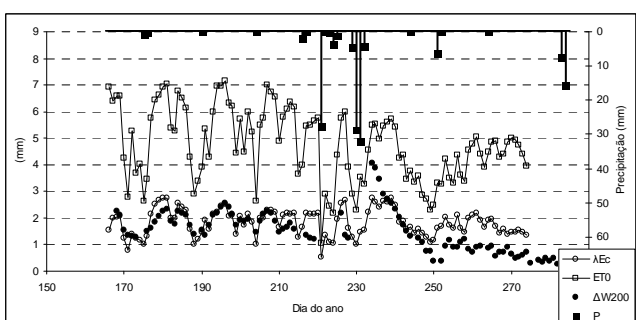


Figura 3- Evolução sazonal dos valores diários de λE_c , ΔW_{200} , ET_0 e P no ano de 2004 da modalidade NI

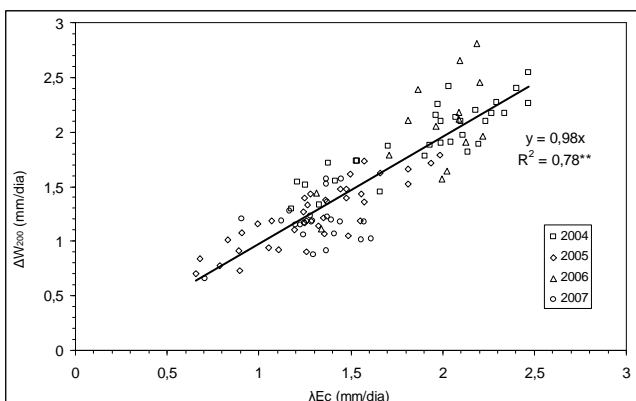


Figura 4 – Relação entre os valores diários de λE_c e ΔW_{200} na modalidade NI nos anos 2004, 2005, 2006 e 2007

Lopes, C.M., Pinto, P.A., 2005. Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models. *Vitis*, 44(2): 55-61.

Norman, J., Kustas, W. e Humes, K.(1995), Source approach for estimating soil and vegetation energy fluxes in observation of directional radiometric surface temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*. 77:263-293.

Silvestre, J. (2003) *Evapotranspiração e funcionamento hídrico em Vitis vinífera L.* Dissertação de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa. 219pp.

CONCLUSÕES

Além de permitir caracterizar a evolução diurna dos componentes do balanço energético da sebe da vinha, conclui-se ainda que o modelo usado no presente trabalho permite uma boa estimação dos valores diários da transpiração.

AGRADECIMENTOS

Estes estudos foram realizados no âmbito do Projecto POCTI/AGG/38506/2001, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia e enquadram-se no trabalho de doutoramento de um dos seus autores apoiado pelo Instituto Politécnico de Viseu.

BIBLIOGRAFIA

Anderson, M., Norman, J., Diak, G., Kustas, W., Mecikalski, J. (1997), A two-source model for estimating surface fluxes using thermal infrared remote sensing. *Remote Sens. Environ.* 60:195-216.

Campbell e Norman (1998), *An Introduction to Environmental Biophysics*. Springer Science Business Media, Inc., USA.

Choudhury, B. e Monteith, J. (1988), A four-layer model for the heat budget of homogeneous land surface. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 114:373-398

Heilman, J., McInnes, K.; Gesh, R. Lascano, R. e Savage, M. (1996); Effects of trellising on the energy balance of a vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*. 81:79-93.

Lhomme, J. e Monteny, B.(1993), Estimates of convective fluxes over sparse canopy from infrared temperature. *In: proceedings of the Yokohama Symposium on Exchange processes at the land surface for a range of space and time scales*. IAHS Publ.212, pp437-443.