

ESTIMATIVA DA TRANSPIRAÇÃO MÁXIMA DE MACIEIRAS EM POMARES PELO MODELO DE PENMAN-MONTEITH E COMPARAÇÃO COM O FLUXO DE SEIVA MEDIDO PELO MÉTODO DE BALANÇO DE CALOR

Luiz R. ANGELOCCI¹, Charles VALANCOGNE², Nilson A. VILLA NOVA¹, Antonio R. PEREIRA¹

RESUMO

São comparados fluxos diários de transpiração máxima, estimados pelo modelo de Penman-Monteith adaptado, com os fluxos de seiva determinados pelo método do balanço de calor, em macieiras em pomares em renque, em dois locais no SW da França. Em determinadas situações, houve boa concordância entre os métodos, e noutras não. São discutidas as possíveis causas das discrepâncias.

INTRODUÇÃO

A partir da década dos 80 ganhou impulso o método de balanço de calor (MBC) para determinação de fluxo de seiva no caule, tanto em herbáceas como em lenhosas de pequeno porte. Ele tem a vantagem de não necessitar calibração, de ser pouco invasivo e não-destrutivo. Sob condições hídricas ideais, o fluxo de seiva pode ser considerado como igual ao fluxo de transpiração.

A estimativa da perda de água de árvores a partir de suas características morfológicas, de geometria de plantio e condições micrometeorológicas pode ser vantajosa em relação à medida direta, se forem utilizados modelos simples, precisos, com variáveis de fácil determinação. O modelo de Penman-Monteith (Monteith, 1965) foi aplicado com certo sucesso para estimativa da transpiração de macieiras (Thorpe, 1978), mas a validação dos resultados não foi completa. Além disso, as variáveis de entrada dificultam o uso do modelo. Neste trabalho foi utilizado o modelo de P-M na forma proposta por Thorpe (1978), com estimativa simplificada de variáveis de entrada, para cálculo transpiração máxima de macieiras em pomares em renque, a qual foi comparada com o fluxo de seiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Modelo de Penman-Monteith: utilizou-se a equação para folhas hipoestomáticas (Thorpe, 1978):

$$\lambda \cdot T = (\Delta \cdot Rn_f + 0,93 \cdot \rho \cdot c_p \cdot D \cdot g_f) / ((\Delta + 0,93 \cdot \gamma \cdot (2 + g_a/g_f))) \quad (1)$$

em que λ é o calor latente de vaporização da água, T a densidade de fluxo de transpiração (por unidade de área foliar), Δ a declividade da curva de pressão saturante do vapor à temperatura do ar, Rn_f o saldo de radiação na copa (por unidade de área foliar), ρ a densidade do ar, c_p o calor específico à pressão constante, D o déficit de pressão de vapor do ar, γ constante psicrométrica, g_a é a condutância da camada-limite da folha, e g_f a condutância foliar à difusão de vapor. A equação foi ajustada para cálculo de valores horários no período diurno que foram multiplicados pela área foliar de cada árvore, para dar o fluxo diário.

Épocas, locais e pomares: as medidas foram feitas em julho de 1988 e de 1989, em dois pomares em renque no SW da França, irrigados por gotejo, respectivamente em: a) Castang (44°51'N, 0°30'E), renques no sentido N-S, com espaçamento 4,0 m X 1,0 m, com plantas de 6 anos, em área com 66 ha de cultivo com macieiras; b) Lalanne (44°50'N, 0°14'W) em pomar de 2,2 ha, renques com azimute de 50°, espaçamento 4,7m X 1,6 m, tendo metade das árvores com 5 anos e metade com 3 anos, alternadas na linha de plantio; salvo pomar contíguo de 2,35 ha, o restante da área era cultivada com plantas baixas. Em 1988, foram selecionadas 6 árvores representativas, com área foliar (AF) entre 4,7 e 11,3 m². Em 89, foram usadas 5 árvores com 3 anos (AF entre 3,42 e 7,33 m²) e 5 árvores com 5 anos (AF entre 15,27 e 20,16 m).

Medidas meteorológicas: Foram medidas: a) temperatura e umidade do ar entre 1,0 e 13,55 m acima do solo em 1988 e 2,0 e 5,12 m em 1989; em 1988, o psicrômetro aspirado de termopar somente foi instalado em agosto, sendo estimados valores para julho no pomar a partir das observações em

¹ Departamento de Física e Meteorologia, E. S. A. "Luiz de Queiroz" - USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP. E-mail: lrangelo@carpa.ciagri.usp.br. Bolsistas do CNPq.

² Laboratoire de Bioclimatologie, INRA, Centre de Bordeaux, BP 81, 33883 Villenave D'Ornon, France.

uma estação meteorológica a 12 km de distância; b) o saldo de radiação a 9.0 m acima do solo, em 1988, com saldo-radiômetro na direção da linha de plantio, e a 4.62 e 4.72 m do solo em 1989; c) irradiância solar global e refletida, com piranômetro-albedômetro de termopilha, a 6.5 m acima do solo em 1988 e a 5.42 m em 1989; d) velocidade do vento com anemômetros elétricos de caneca, de 4.09 m a 17.0 m acima do solo em 1988 e 3.20 e 5.12 m em 1989.

Determinação das variáveis do modelo de Penman-Monteith: O déficit de pressão de vapor foi obtido em 1989 através das medidas no pomar; em 1988, ele foi estimado a partir das medidas da estação meteorológica, com uso de uma equação de regressão estabelecida com os dados de agosto, entre o déficit no pomar e na estação. As outras variáveis de entrada foram estimadas como descrito a seguir:

a) Saldo de radiação da copa: foi utilizada a seguinte relação, obtida por Riou et al. (1994) para vinhedo no SW da França e utilizada por Valancogne et al. (1993) para os pomares estudados:

$$Rn_a/Rn = Rg_a/Rg (1-r) \quad (2)$$

em que Rg é a irradiância solar global, r é o albedo do pomar, Rn é o saldo de radiação medido pelo saldo-radiômetro na horizontal sobre o pomar, Rn_a é o saldo de radiação na copa (por unidade de área de terreno) e Rg_a é a radiação solar absorvida pela folhagem por unidade de área de terreno, a qual foi estimada por um modelo de interceptação proposto por Riou et al (1989) para vinhedos e testada por Valancogne et al. (1993) para os pomares em questão. Na equação (2), assumiu-se que Rn_a representa Rn_f para os índices médios de área foliar dos pomares (1.94 em 1988 e 1.60 em 1989). Como isso é uma aproximação, foram também feitas estimativas pelo modelo P-M utilizando Rn_a/IAF para cada pomar, usando-se a equação (3):

$$(Rn_a/IAF)/Rn = Rg_a/Rg (1-r) \quad (3)$$

b) Condutância da camada limite da folha (g_a): utilizou-se o modelo de Landsberg e Powell (1973):

$$1/g_a = 58 \cdot p^{0.56} \cdot (d/v)^{0.5} \quad (4)$$

em que p é a razão entre a área foliar e as dimensões da silhueta frontal de cada árvore na direção da linha de plantio, d é a dimensão característica da folha (adotada com a raiz quadrada da área média das folhas) e v é a velocidade do vento na altura média da folhagem. Em 1988, a medida do vento foi feita no limite superior da folhagem e v foi calculado para o nível médio pelo procedimento descrito em Angelocci (1996).

c) Condutância foliar (g_f): foi adaptado o modelo proposto por Thorpe et al. (1980) para folhas de macieira:

$$g_f = g_r [(1 - \alpha \cdot D)/(1 + \beta/R_{par})] \quad (5)$$

em que g_r é um valor de referência de condutância, α um coeficiente de sensibilidade para o déficit de saturação de vapor do ar D , β um coeficiente de sensibilidade para a radiação fotossinteticamente ativa da folha R_{par} , sendo esta última adotada por um valor médio para a folhagem em função da área foliar A_f da árvore e da área média de projeção do terreno A_t , pela equação $R_{par} = Rg_a (0,5 A_f / 0,2155 A_t)$. Os valores de g_r , α e β são variáveis e fez-se uma simulação com 8 combinações desses tres parâmetros, com valores de 7 e 10 $mm \cdot s^{-1}$ para g_r , 0.2 e 0.3 kPa^{-1} para α e 59 e 79 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ para β . Pode-se, assim, estimar os fluxos de transpiração com a combinação que permitiu a melhor concordância com os fluxos de seiva.

Determinação do fluxo de seiva: foi realizada conforme descrito em Angelocci (1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 mostra a comparação entre os valores de transpiração estimados pelo modelo e o fluxo de seiva com utilização da combinação de valores de g_r , α e β que permitiu a melhor concordância entre os métodos, respectivamente 10; 0.3 e 59 para 1988, e 10; 0.2 e 59 para 1989. Para 1988, as combinações 10; 0.3; 79 e 7; 0.2; 59 também permitiram estimativas com concordância excelente entre os tipos de medida.

As estimativas do fluxo diário de transpiração pelo modelo de P-M, com emprego de Rn_f calculado sem uso do IAF médio do pomar, foram mais concordantes com os valores de fluxo de seiva, em relação aos valores estimados a partir de Rn_f com uso de IAF. Em 1988, sem o uso de IAF, a concordância foi excelente em toda a gama de valores observados. Em 89, a concordância foi boa na gama de 0 a 30 $kg \cdot d^{-1}$, com e sem a utilização do IAF: para as árvores de 3 anos, de menor porte e área foliar, a concordância foi excelente. Para as árvores de 5 anos em 1989, a transpiração estimada em dias de alta demanda atmosférica foi cerca de 20% menor do que o fluxo de seiva, para a melhor combinação de g_r , α e β .

Essas discrepâncias podem ser decorrentes de três conjuntos de causas e hipóteses que precisam ser melhor averiguadas:

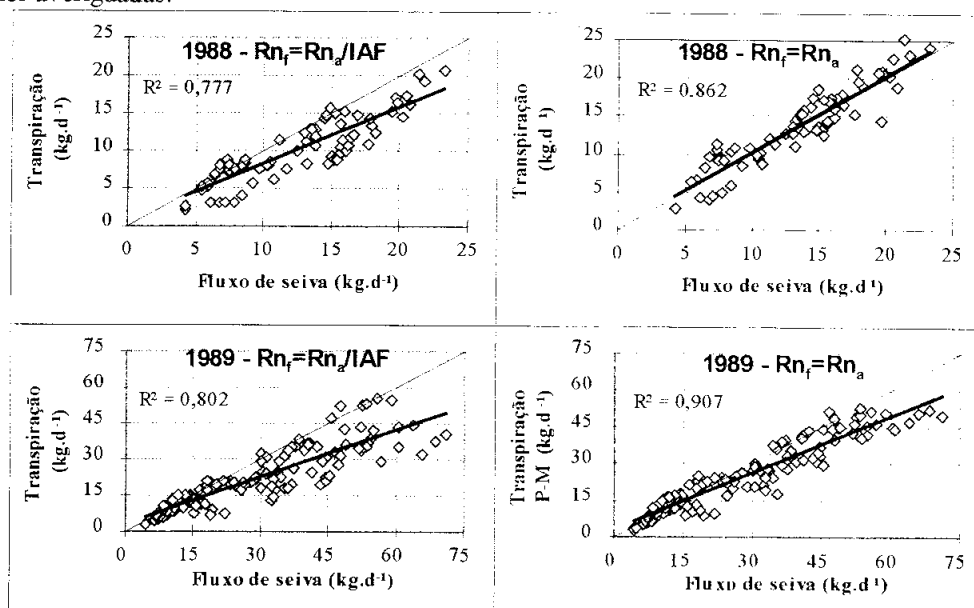


Figura 1. Comparação entre os valores de transpiração estimada pelo modelo de P-M e de fluxo de seiva para cada árvore nos dois anos, sendo Rn_f estimado pelas formas indicadas (IAF: índice de área foliar).

a) Erros na estimativa do fluxo de seiva, pois o método de balanço de calor não foi testado definitivamente no campo para macieiras com dimensões de troncos como os utilizados no presente estudo;

b) Pode ter ocorrido advecção de calor nas condições do pequeno pomar irrigado em 1989 e o modelo de P-M não teve sensibilidade em avaliar o aumento de perda de água decorrente desse fato;

c) Poderiam ter ocorrido erros nas estimativas modelo P-M devido às aproximações do próprio modelo ou à problemas nas estimativas das variáveis de entrada pelos submodelos utilizados ou, também, às simplificações adotadas em alguns parâmetros desses submodelos, como por exemplo a estimativa de R_{PAR} . Por exemplo, assumindo serem reais as ordens de grandeza dos valores de Rn_f , g_f e g_a estimados neste trabalho, uma simulação mostrou que o modelo de P-M adaptado é altamente sensível a Rn_f e g_f , mas pouco sensível a g_a . A simulação mostrou, também, que na maioria dos casos, o modelo tem sensibilidade pequena ou média ao déficit de saturação de vapor do ar, pois o aumento do valor dessa variável, que poderia contribuir para o aumento da transpiração, faz também com que g_f diminua (equação 5), contrabalanceando aquele aumento.

BIBLIOGRAFIA

- ANGELOCCI, L.R. Estimativa da transpiração máxima de macieiras (*Malus spp.*) pelo modelo de Penman-Monteith. Tese de Livre-Docência, E.S.A. Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 103 pp. 1996.
- LANDSBERG, J. J. ; POWELL, D.B.B. Surface characteristics of leaves subject to mutual interference. **Agricultural Meteorology**, v. 12, p.169-184, 1973.
- MONTEITH, J. L. Evaporation and environment. **Symposium Soc. Exper. Biol.**, v. 19, p. 205-234, 1965
- RIOU, C.; VALANCOGNE, C.; PIERI, P. Un modèle simple d'interception du rayonnement solaire par la vigne- vérification expérimentale. **Agronomie**, v. 9, p. 441-450, 1989.
- RIOU, C.; PIERI, P.; Le CLECH, B. Consommation d'eau de la vigne en conditions hydriques non limitantes. Formulation simplifiée de la transpiration. **Vitis**, v. 33, p. 109-115, 1994.
- THORPE, M. R. Net radiation and transpiration of apples trees in rows. **Agric. Meteor.** v.19, p.41-57,1978
- VALANCOGNE, C.; AMEGLIO, T.; ANGELOCCI, L. ; CRUIZIAT, P. Evaluation of transpiration of apple trees and measurement of daily course of water flow within the main branches of walnut trees. In : BORGHETTI, M.; GRACE, J; RASCHI, A. (eds.). **Water transport in Plants under Climatic Stress**. Cambridge University Press, 219-227, 1993.