

MÉTODO PARA ESTIMATIVA DA RESISTÊNCIA FOLIAR À DIFUSÃO DE VAPOR DE COBERTURAS VEGETAIS

Fábio R. MARIN¹, Luiz R. ANGELOCCI¹ & Evandro Z. RIGHI¹

1. INTRODUÇÃO

A equação de Penman-Monteith (Monteith, 1965) tem sido largamente utilizada nos últimos anos para determinação das necessidades hídricas de plantas isoladas e mesmo de culturas agrícolas, já que essa é uma informação essencial no planejamento e no manejo da irrigação.

Para o uso dessa equação, um complexo arranjo de resistências estomatais de folhas individuais e suas respectivas resistências aerodinâmicas associadas é substituído por um sistema constituído por uma única folha hipotética com uma única resistência foliar à difusão de vapor (rc) e uma resistência aerodinâmica (ra) (Stewart, 1988). Essa abordagem, conhecida como "big leaf model", mesmo que simplificada, necessita ainda que sejam determinadas rc e ra , além das variáveis meteorológicas envolvidas no processo de evaporação da água.

Devido à dificuldade em se determinar rc , nas últimas décadas, grande esforço tem sido feito no sentido de modelá-la, destacando-se os modelos de Thorpe et al. (1980) e de Green & McNaughton (1997), ambos desenvolvidos para macieiras. Porém, esses modelos são empíricos e de difícil aplicação em termos práticos, principalmente em superfícies vegetais com elevada variabilidade espacial e com estratos vegetativos submetidos a condições radiativas muito variáveis.

Tendo em vista esse contexto, propõe-se neste trabalho um método para a estimativa de rc de plantas sem restrição hídrica, para aplicação da equação de Penman-Monteith, que pode ser utilizado tanto em plantas isoladas como também para dosséis vegetativos uniformes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Essa proposição baseia-se no enfoque utilizado por Monteith (1965) na descrição do Modelo da Grande Folha ("Big-leaf model") que considera a cobertura vegetal como uma única grande folha com um regime médio único de temperatura, de déficit de pressão de vapor e de vento. A partir disso, pode-se descrever o balanço de energia dessa cobertura a partir da equação (1):

$$Rn_{ef} = H + \lambda E \quad (1)$$

em que Rn_{ef} é o saldo de radiação disponível para a cobertura vegetal ($W.m^{-2}$ de folha); H é a densidade de fluxo de calor sensível entre a cobertura e a atmosfera ($W.m^{-2}$ de folha); dado pela equação (2):

$$H = \frac{\rho cp (T_f - T_{ar})}{ra} \quad (2)$$

sendo T_f temperatura da "grande folha" ($^{\circ}C$); T_{ar} a temperatura do ar ($^{\circ}C$); ra a resistência aerodinâmica ($s.m^{-1}$); λE é a densidade de fluxo de calor latente proveniente da "grande

folha" ($W.m^{-2}$ de folha), dado pela equação (3):

$$\lambda E = \frac{\rho cp (e_f - e_{ar})}{\gamma(rc + ra)} \quad (3)$$

sendo e_f a pressão atual de vapor na cavidade estomática, considerada igual à pressão de saturação de vapor à temperatura da folha devido ao valor de umidade relativa da cavidade ser muito próximo de 100%, (kPa); e_{ar} é a pressão atual de vapor do ar (kPa); γ é a constante psicrométrica ($kPa.^{\circ}C^{-1}$); rc é a resistência à difusão de vapor da "grande folha" ou simplesmente a resistência da cobertura ($s.m^{-1}$).

Substituindo as equações (2) e (3) na equação (1) e admitindo-se que sob condições hídricas ideais a temperatura média da grande folha seja igual a do ar, obtém-se a equação (4):

$$rc = \frac{\rho cp \Delta e}{\gamma Rn_{ef}} - ra \quad (4)$$

A equação (4), portanto, fornece uma estimativa de rc a partir de variáveis meteorológicas e da resistência aerodinâmica. Considere-se, no entanto, que o valor de rc assim determinado é referente à situação em que não há desequilíbrio hídrico na planta, ou seja, que a evapo(transpi)ração ocorra potencialmente, para que a diferença entre a temperatura do ar e das folhas não sejam demasiadamente grandes e que não haja efeito do déficit hídrico em rc .

Em espécies hipostomáticas, uma correção deve ser feita à equação (4) já que ra é estimada para ambos os lados da folha e, de acordo com as proposições feitas por Thorpe et al (1981), deve ser multiplicada por dois para que haja coerência física na proposição.

Para avaliação do desempenho do modelo, dados porométricos obtidos em 1998 em uma árvore de lima ácida "Tahiti" com 8 anos de idade e 4,5m de altura, em Piracicaba, SP, e em tomateiro cultivado em estufa plástica em S. Maria, RS, no ano de 1999, foram considerados como medidas de referência.

Em 1998, essas medidas foram feitas com dois porômetros de equilíbrio dinâmico, marca LI-COR, inc., modelo LI-1600. Em cada dia de medida, foram realizadas 7 ou 8 séries de medida, cada uma com duração média de 10 minutos, amostrando-se 30 folhas em cada sequência (15 folhas por porômetro). Tomaram-se medidas em cada um deles. Foram medidas folhas expostas à radiação direta e sombreadas, e folhas localizadas no centro da copa.

Um sistema automático de aquisição de dados Campbell Scientific Inc., Modelo CR10X realizava medidas a cada segundo e médias a cada 15 minutos dos seguintes elementos meteorológicos: saldo de radiação acima do nível médio das árvores, com saldo radiômetro marca Rebs, modelo Q7; velocidade do vento, medida por um anemômetro marca Young, modelo O14A; temperatura e umidade relativa do ar medidas por termistor e higrômetro, marca Vaisala Inc., modelo HTM45C.

¹ Depto. de Ciências Exatas, Setor de Agrometeorologia, C.P. 09, CEP 13418-900, Piracicaba-SP. e-mail: farmarin@esalq.usp.br

² Bolsistas da FAPESP, CAPES e CNPq respectivamente

A resistência aerodinâmica (r_a) da árvore ($s.m^{-1}$) foi estimada com o modelo de Landsberg & Powell (1973) e o saldo de radiação da copa foi obtido a partir do enfoque proposto por Ritchie (1972) para estimativa do saldo de radiação disponível ao processo de evaporação de água no solo. Considerou-se um coeficiente de extinção determinado por Marin (2000), de valor igual a 0,67.

No tomateiro, foram realizadas as medidas de resistência estomática com um porômetro de mesmo modelo em folhas marcadas de três plantas, com oito folhas amostradas em cada uma delas, sendo que cada série de medida durou entre 15 e 30min. Por não se dispor de sistema automatizado de aquisição de dados, utilizou-se valores médios diários de R_n e valores médios referentes ao período de realização das 24 medidas de r_c , da temperatura do ar e da folha e da umidade relativa do ar, considerando-se também r_c médio de cada série de medida e das folhas das três plantas consideradas. Para a estimativa de r_c pelo modelo proposto no trabalho, utilizou-se um valor de $r_a=150s m^{-1}$ constante (Jolliet & Bailey, 1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é mostrada a variação diária dos valores médios de r_c medidos e estimados na lima ácida "Tahiti". Os valores diários estimados pelo modelo proposto nesse trabalho apresentaram a mesma tendência daqueles medidos. Nos dias 54, 86 e 110, houve uma boa concordância dos dados, enquanto que nos dias 172, 275 e 319 existiu algum desvio entre os valores estimados e medidos. No dia 236 ocorreu um erro maior, com superestimativa de aproximadamente $400s m^{-1}$ (50%).

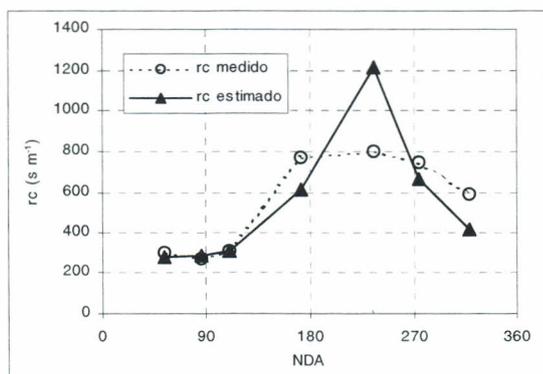


Figura 1 - Resistência foliar à difusão de vapor (r_c) medida e estimada em lima ácida "Tahiti"

No caso do tomateiro cultivado em estufa plástica, a avaliação ficou comprometida pela indisponibilidade de R_n referente aos períodos em que se realizaram as séries de medida de r_c , sendo que, dessa forma, utilizou-se seus valores médios para 12 horas diárias.

Verifica-se, na Figura 2, que o modelo tendeu a superestimar r_c em todos os dias de medida, sendo que os erros aumentaram sistematicamente no decorrer do

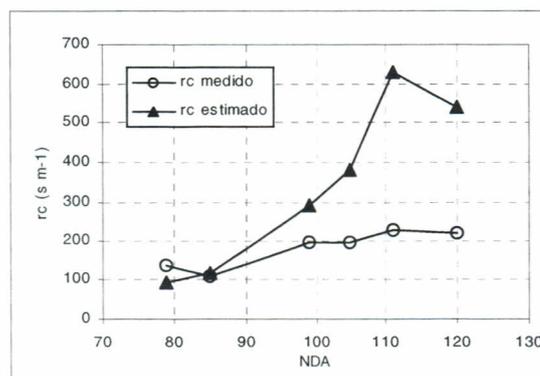


Figura 2 - Resistência foliar à difusão de vapor (r_c) medido e estimado em tomateiro cultivado em estufa plástica

período. Esse erro pode estar associado ao fato das plantas estarem em crescimento e, portanto, existir um aumento de r_a durante o ciclo, o que não foi considerado aqui. Ainda, há de se considerar as limitações encontradas para estimar-se r_c devido à falta de dados horários.

4. CONCLUSÃO

Nos dois experimentos, os erros de estimativa podem ser, em grande parte, devidos ao fato não se considerar H . Entretanto, devido a sua simplicidade, praticidade e boa fundamentação física, o modelo mostra-se com grande potencial para utilização no modelo de Penman-Monteith e mesmo em estudos ecofisiológicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GREEN, S.R.; MCNAUGHTON, K.G. Modelling effective stomatal resistance for calculating transpiration from apple tree. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.83, p.1-26. 1997.
- JOLLIET, O.; BAILEY, B.J. The effect of climate on tomato transpiration in greenhouses: measurements and models comparison. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.58, p.43-62, 1992.
- LANDSBERG, J.J.; POWELL, D.B.B. Surface exchange characteristics of leaves subject to mutual interference. **Agricultural Meteorology**, v.12, p.169-184, 1973.
- MARIN, F.R. Evapotranspiração, transpiração e balanço de energia em pomar de lima ácida "Tahiti". Piracicaba, ESALQ/USP. (Dissertação de Mestrado). 74p. 2000.
- MONTEITH, J.L. Evaporation and Environment. **Symposium of Society of Experimental Biology**. v.19, p.205-234. 1965
- RITCHIE, J.E. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. **Water resources research**, v.8, n.5, p.1204-1213. 1972.
- STWEART, J.B. Modelling Surface conductance of pine forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.43, p.19-35.
- THORPE, M.R.; WARRIT, B.; LANDSBERG, J.J. Responses of apple leaf stomata: a model for single leaves and a whole tree. **Plant, Cell and Environment**, v.3, p. 23-27, 1980.