

ESTIMATIVA DA TRANSPIRAÇÃO EM PLANTAS DE MANGABEIRA PELO MODELO DE PENMAN-MONTEITH ADAPTADO

MARCELO SACARDI BIUDES¹, JOSÉ HOLANDA CAMPELO JÚNIOR², FRANCISCO DE ALMEIDA LOBO², JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA³, ALESSANDRO FERRONATO⁴

¹ Engº Eletricista, Doutorando em Agricultura Tropical, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UFMT, Cuiabá-MT, Fone: (0xx65) 3615 8748, marcelo_biudes@yahoo.com.br.

² Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Deptº de Solos e Engenharia Rural, FAMEV/UFMT, Cuiabá-MT.

³ Físico, Prof. Doutor, Deptº de Física, ICET/UFMT, Cuiabá-MT.

⁴ Engº Agrônomo, Prof. MSc, Coordenador do Curso de Agronomia, UNIVAG, Várzea Grande-MT.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracajú - SE

RESUMO: O uso de práticas irrigacionistas visando o incremento na produção exige que esta seja feita no momento e na quantidade adequada, sendo que esses fatores variam para cada tipo de cultura. Uma forma de verificar as necessidades hídricas de uma planta é estudar a sua transpiração. O modelo de Penman-Monteith tem sido adaptado para estudo da transpiração de plantas isoladas e a sua validação depende de medidas realizadas de forma direta. Desta forma este trabalho teve como objetivo estimar a transpiração de plantas de mangabeira irrigada e não irrigada pelo modelo de Penman-Monteith adaptado para plantas isoladas relacionando-a com medidas de fluxo de seiva pelo método de balanço de calor no caule. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso no município de Santo Antônio de Leverger-MT. Os valores simulados apresentaram-se dentro da mesma faixa de variação dos valores de fluxo de seiva. Nos dias em que a planta irrigada pode absorver suficiente quantidade de água os valores simulados e medidos apresentaram a mesma tendência, já para a planta não irrigada o modelo subestimou a transpiração em alguns dias. No entanto, o modelo foi mais adequado para a planta não irrigada, apresentando um Bom desempenho, e para a planta não irrigada, apresentou um Mau desempenho.

PALAVRAS-CHAVE: transpiração, fluxo de seiva, mangabeira, willmott

ABSTRACT: The irrigation practices use aiming the increment in the production demands that this be done at the moment and in the adequate quantity, and these factors vary for each kind of culture. A form of verifying the hydric need of a plant is to study its transpiration. Penman-Monteith's Model has being adapted for transpiration study of isolated plants and its validation depends on measures performed of direct form. Thus this work had as objective esteem the plants transpiration of mangabeira irrigated and not irrigated by Penman-Monteith's Model adapted for isolated plants relating it with measured of sap flow by the heat balancing method in the stem. The experiment was performed in the Experimental Farm of the Universidade Federal de Mato Grosso in the municipal district of Santo Antônio de Leverger-MT. The simulated values they presented in the same band of values of sap flow variation. In days in which the irrigated plant can absorb enough quantity of water, the simulated and measured values presented the same tendency, for the not irrigated plant the model underestimated the perspiration in some days. However, the model was more adequate for the not irrigated plant, presenting a Good performance, and for the not irrigated plant, presented a Bad performance.

KEYWORDS: transpiration, sap flow, mangabeira, willmott.

INTRODUÇÃO: A água é um recurso fundamental no desenvolvimento e sustentabilidade em escala global. Uma quantidade significativa de alimentos é produzida recorrendo-se ao manejo irrigado, sendo que a sobrestimativa das necessidades de irrigação conduz a um desperdício de água e a elevação do custo de produção. Já a subestimativa pode penalizar a produção desejada e causar a salinização do solo. O estudo da transpiração é de fundamental importância para o dimensionamento das necessidades hídricas das plantas, no entanto, a sua determinação de forma direta é dificultosa em pomares descontínuos, pois esta variável depende das condições meteorológicas, do solo e da planta (VILLA NOVA et al., 2002). A medida da transpiração de um pomar descontínuo pode ser feita determinando-se o fluxo de seiva por técnicas de fornecimento de calor ao tronco, podendo ser verificada até mesmo na escala semi-horária em situações de solo bem suprido de água (BIUDES, 2006). Em vista de se estimar a perda de água por meio de dados meteorológicos, o modelo de Penman foi modificado por MONTEITH (1965), introduzindo a constante psicrométrica modificada, sendo que a partir de BUTTLER (1977) o modelo ganhou interesse em estimar a transpiração de plantas isoladas. Este trabalho teve como objetivo estimar a transpiração de plantas de mangabeira irrigadas e não irrigadas pelo modelo de Penman-Monteith adaptado para plantas isoladas, relacionando-a com medidas de fluxo de seiva obtidas pelo método do balanço de calor no caule.

MATERIAL E MÉTODOS: Realizou-se este experimento na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, com coordenadas geográficas de 15°47'11" de latitude Sul e 56°04'47" longitude Oeste e altitude de 140 m acima do nível do mar, situada no Município de Santo Antônio do Leverger – MT, distante 33 km de Cuiabá – MT. Foram analisadas duas plantas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gómez), uma localizada em uma parcela sob irrigação por microaspersores e uma planta em uma parcela sem irrigação, durante o período de 13 de maio a 07 de novembro de 2005. As plantas das duas parcelas estavam sob espaçamento de 3x3 m. A determinação do fluxo de seiva das duas plantas foi realizada segundo o método do balanço de calor no caule proposto por SAKURATANI (1981), sendo que algumas soluções de cálculos para a metodologia utilizada podem ser encontradas na literatura (STEINBERG *et al.*, 1989, GUTIÉRREZ *et al.*, 1994). Valores de radiação solar global foram obtidos através de um piranógrafo, a temperatura e a umidade do ar através de um termohigrógrafo, os quais estavam localizados na Estação Agroclimatológica Padre Ricardo Remetter, localizada a aproximadamente 1500 m do local do estudo. A estimativa da transpiração das plantas de mangabeira foi realizada empregando-se o modelo de Penman-Monteith adaptado para folhas hipoestomáticas, conforme a Equação 1, sendo que todos os procedimentos de cálculos para resolver esta equação estão descritos em MARIN et al. (2003).

$$T = AF \cdot \frac{s \cdot Rn_f + 900 \cdot \rho \cdot cp \cdot \frac{De}{ra}}{\lambda \cdot \left[s + \gamma \cdot \left(2 + \frac{rf}{ra} \right) \right]} \quad (1)$$

onde T é a transpiração (em $\text{kg} \cdot \text{arvore}^{-1} \cdot 30\text{min}^{-1}$), AF é a área foliar da árvore (em m^2), s é a tangente a curva de saturação (em $\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), Rn_f é a energia radiante absorvida pela planta expresso por unidade de área foliar (em $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ de folha $\cdot 30\text{min}^{-1}$), ρ é a densidade de ar seco ($1,225 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$), cp é o calor específico do ar seco ($1,01 \text{ MJ} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), De é o déficit de pressão de vapor do ar (em kPa), ra é a resistência aerodinâmica (em $\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$), λ é o calor latente de vaporização da água ($2,465 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$), γ é o constante psicrométrica ($0,074 \text{ kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) e rf é a

resistência foliar à difusão de vapor (em $s.m^{-1}$). A parametrização de uma equação da resistência foliar à difusão de vapor para as plantas de mangabeira do estudo foi realizada pela comparação com valores obtidos pela inversão do modelo de Penman-Monteith adaptado para plantas isoladas em que se admitiu que a transpiração fosse igual à taxa de fluxo de seiva. Os valores de transpiração estimados pelo modelo de Penman-Monteith foram comparados com os valores medidos pelo método do fluxo de seiva, considerando-se a precisão do modelo (r), a concordância de WILLMOTT (1982) (d) e a confiança ou consistência (c), conforme o apresentado por CAMARGO e SENTELHAS (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 1 representa a variação do fluxo de seiva (FS) medido pelo método de balanço de calor no caule e a transpiração ($T-PM$) estimada pelo modelo de Penman-Monteith adaptado para plantas isoladas durante dois dias de medida em uma planta sob irrigação e em uma não irrigada, respectivamente.

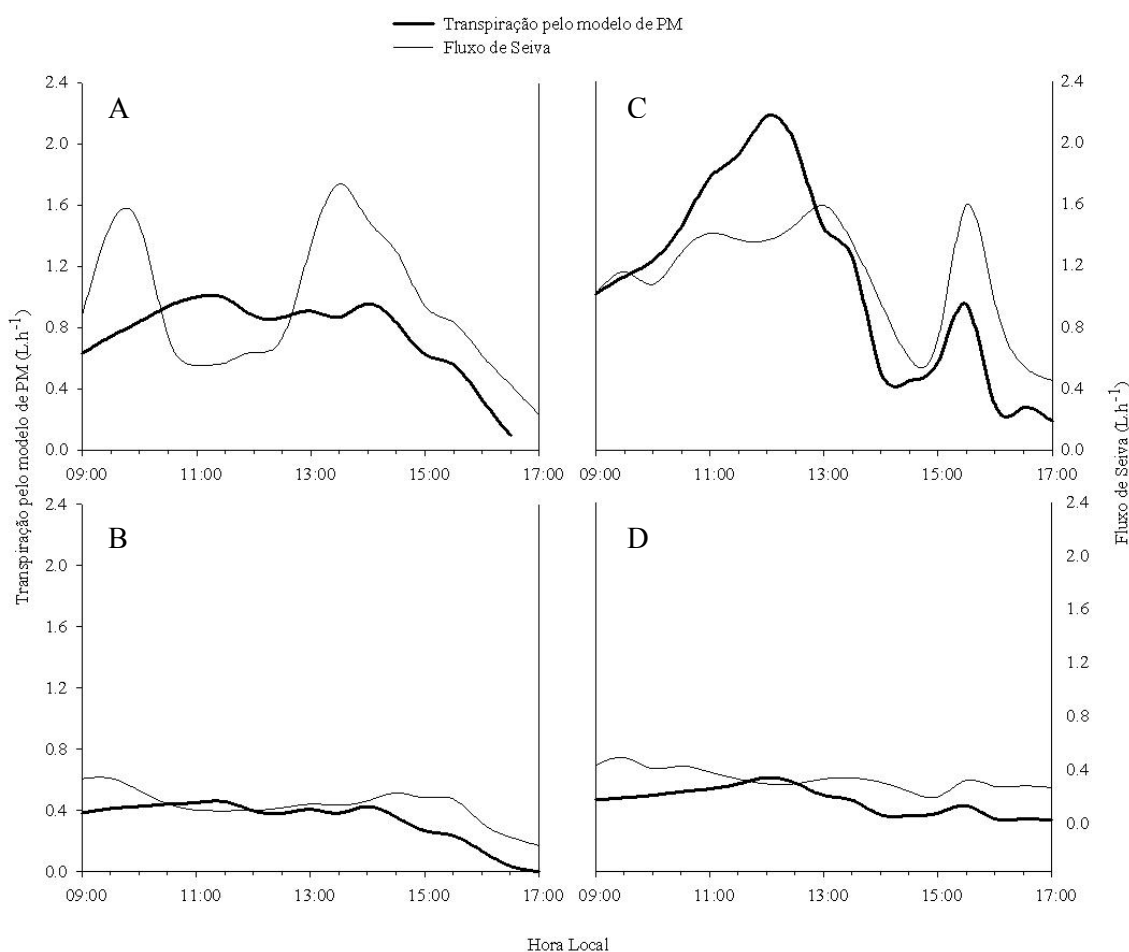


Figura 1 – Variação horária de Fluxo de Seiva e Transpiração-Penman-Monteith durante os dias 13 de maio de 2005 para a planta irrigada (A) e não irrigada (B) e 11 de outubro de 2005 para a planta irrigada (C) e não irrigada (D). Fazenda Experimental – UFMT.

Observou-se que para a planta sob irrigação a taxa de FS medida pelo método de balanço de calor no caule foi mais sensível às variações ambientais que a planta não irrigada. Isso ocorreu principalmente por influência da umidade do solo na planta sem irrigação, restringindo a absorção de água pela planta. Na Figura 1 observa-se que a taxa de FS medida

e a *T-PM* apresentaram-se dentro da mesma faixa de grandeza. As duas ascensões na taxa de fluxo de seiva medida na planta de mangabeira irrigada (Figura 1A) não foram observadas nos valores estimados pelo modelo. Já para o dia 11 de outubro (Figura 1C) esses dois valores distintos não foram observados, e durante esses dias a planta irrigada foi capaz de retirar água suficiente para as suas necessidades hídricas. Na Figura 2 são apresentadas as relações entre os totais diários de *T-PM* e *FS* diário medido com o método de balanço de calor no caule das duas plantas. Para a planta irrigada foram analisados 24 dias de medida e para a planta não irrigada 13 dias.

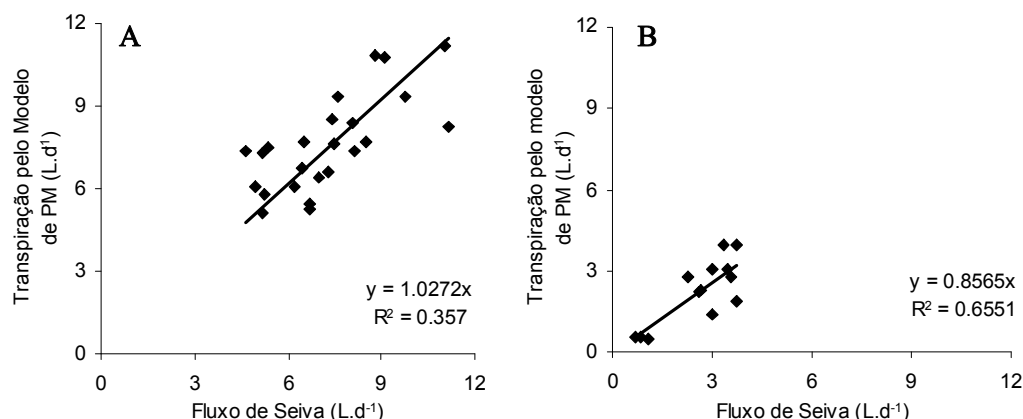


Figura 2 – Relação entre os valores diários de Fluxo de Seiva e Transpiração-Penman-Monteith para uma planta de mangabeira sob irrigação (A) e uma não irrigada (B). Fazenda Experimental – UFMT.

Para a planta de mangabeira sob irrigação a estimativa da transpiração pelo modelo apresentou uma superestimativa de 2,72% em relação ao *FS* totalizado para um dia medido pelo método de balanço de calor no caule, e para a planta não irrigada apresentou uma subestimativa de 14,35%. O valor de r^2 foi de 0,357 e 0,655 para a planta irrigada e não irrigada, respectivamente, e as análises estatísticas com o teste F indicaram que todas as regressões foram significativas ao nível de 1% de probabilidade, mas os coeficientes lineares não foram significativos. Para essa análise foram tomados os valores diurnos no período entre 9h e 17h, de fluxo de seiva e transpiração estimada. Esse procedimento foi utilizado considerando que os valores de *FS* são nulos nos períodos do início da manhã e no final da tarde. A dispersão dos dados pode ser atribuída à sensibilidade do modelo de *rfem* em resposta às variáveis ambientais e à umidade do solo. Marin et al. (2003) estudando a transpiração de lima ácida “Tahiti” encontrou valores de r^2 entre 0,819 e 0,485, observando que o modelo de Penman-Monteith adaptado para plantas isoladas estimou valores de transpiração coerentes com os valores de fluxo de seiva. Por meio da comparação entre os valores estimados e os medidos foi possível o cálculo do coeficiente de correlação (r), do índice de Willmott (d) e de confiança (c), apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do teste de precisão (r), de exatidão (d) e de confiança (c) referentes às comparações entre o Fluxo de Seiva (*FS*) e o modelo de Transpiração de Penman-Monteith (*T-PM*) em plantas isoladas para uma planta irrigada e uma não irrigada.

Tratamento	Índice (r)	Índice (d)	Índice (c)	Desempenho
Planta Irrigada	0,5975	0,8229	0,4917	Mau
Planta Não Irrigada	0,8094	0,8741	0,7075	Bom

De acordo com os valores da Tabela 1, pode-se observar que o pior desempenho do modelo de Penman-Monteith adaptado para plantas isoladas foi para a planta irrigada. O melhor

desempenho do método foi atribuído à planta não irrigada. A variável do modelo que pode ter causado erro na estimativa da transpiração foi a resistência foliar à difusão de vapor (r_f), visto que em alguns dias os valores estimados pelo sub-modelo e os valores de r_f determinados pela inversão do modelo de Penman-Monteith apresentaram discrepâncias na forma de variação ao longo do dia.

CONCLUSÃO: A estimativa de transpiração com o modelo adaptado de Penman-Monteith para plantas isoladas mostrou um Bom desempenho para os valores integrados durante o período diurno para a planta não irrigada. Já para a planta sob irrigação, apresentou um Mau desempenho. As estimativas dos valores de fluxo de seiva medidos pelo método de balanço de calor no caule e da transpiração estimada pelo modelo de Penman-Monteith adaptado para plantas isoladas apresentaram um resultado satisfatório do índice de Willmott.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BIUDES, M.S. **Estimativa da transpiração em plantas de mangabeira**. Cuiabá: ICET/UFMT, 2006, 83p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso.
- BUTTLER, D. R., Coffee leaf temperatures in a tropical environment. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 26, p. 129-140, 1977.
- CAMARGO, A. P., SENTELHAS, P. C., Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- GUTIÉRREZ, M. V., HARRINTON, R. A., MEINZER, F. C., FOWNES, J. C. The effect of environmentally induced stem temperature gradients on transpiration estimates from the heat balance method in two tropical woody species. **Tree Physiology**, v. 14, p. 179-190, 1994.
- MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; VILLA NOVA, N.A. Estimativa da transpiração máxima de lima ácida “tahiti” pelo modelo de Penman-Monteith. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.237-243, 2003.
- MONTEITH, J. L., Evaporation and environment. **Symposium of Society of Experimental Biology**, v. 19, p. 205-234, 1965.
- SAKURATANI, T., A heat balance method for measuring water sap flow in the stem of intact plant. **Journal of Agricultural Meteorology**, v. 39, n. 1, p. 9-17, 1981.
- STEINBERG, S. L., VAN BAVEL, C. H. M., McFARLAND, M. J. A gauge to measure mass flow rate of sap in stems and trunks of woody plants. **Journal of th American Society for Horticultural Science**, v. 114, p. 466-472, 1989.
- VILLA NOVA, N.A.; ANGELOCCI, L.R.; VALACONGNE, C.; SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R. Estimativa da transpiração máxima de macieiras, em pomares irrigados, pelo método de Penman adaptado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.2, p.245-250, 2002.
- Forest Meteorology**, v. 87, p. 155-169, 1997.
- WILLMOTT, C. J., Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 63, n. 11, p. 1309-1313, 1982.