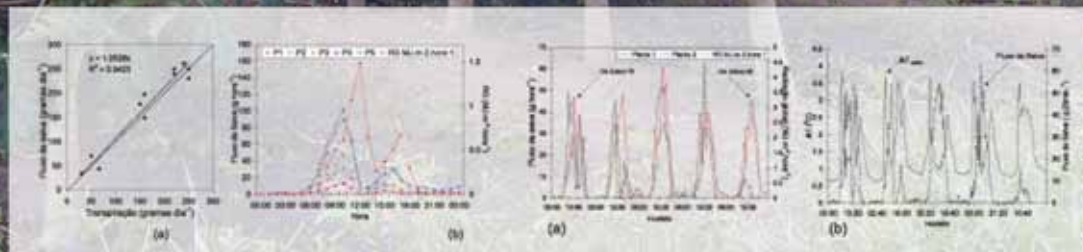


Transpiração Máxima de Plantas de Mamão (*Carica papaya* L.) em Pomar Fertirrigado, nas Condições de Cruz das Almas BA

$$Tr = K * ETo$$

$$F = \frac{P_{in} - Q_v - Q_r}{c_p \Delta T}$$



Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 39

Transpiração Máxima de Plantas de Mamão (*Carica papaya* L.) em Pomar Fertirrigado, nas Condições de Cruz das Almas BA

Maurício Antonio Coelho Filho
Manoel Teixeira de Castro Neto
Eugênio Ferreira Coelho

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical

Rua Embrapa, s/nº

Caixa Postal 007

CEP 44380-000, Cruz das Almas, Bahia

Fone: (75) 3621-8000

Fax: (75) 3621-8097

Homepage: <http://www.cnpmf.embrapa.br>

E-mail: sac@cnpmf.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Domingo Haroldo Reinhardt*

Vice-Presidente: *Alberto Duarte Vilarinhos*

Secretária: *Cristina Maria Barbosa Cavalcante Bezerra Lima*

Membros: *Adilson Kenji Kobayashi*

Carlos Alberto da Silva Ledo

Fernanda Vidigal Duarte Souza

Francisco Ferraz Laranjeira Barbosa

Getúlio Augusto Pinto da Cunha

Márcio Eduardo Canto Pereira

Supervisor editorial: *Domingo Haroldo Reinhardt*

Revisor de texto: *Jorge Luiz Loyola Dantas*

Normalização bibliográfica: *Sônia Maria Sobral Cordeiro*

Foto da capa: *Eugênio Ferreira Coelho*

Editoração eletrônica: *Maria da Conceição Pereira Borba dos Santos*

1ª edição

Publicado em CD / Tiragem: 10 unidades

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Coelho Filho, Maurício Antonio

Transpiração máxima de plantas de mamão (*Carica papaya* L.) em pomar fertirrigado nas condições de Cruz das Almas BA [recurso eletrônico] / Maurício Antonio Coelho Filho, Manoel Teixeira de Castro Neto, Eugênio Ferreira Coelho. - Dados eletrônicos. - Cruz das Almas : Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, ISSN 1809-5003; 39).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web: <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicações/boletim_pesquisa_39.pdf>.

Título da página Web (acesso em: 10/10/2007)

Editado originalmente em formato CD-ROM em 2006, ISSN 1808-0685.

1. Mamão. 2. Evapotranspiração. I. Coelho Filho, Maurício Antonio. II. Castro Neto, Manoel Teixeira. III. Coelho, Eugênio Ferreira. IV. Série.

CDD 634.651 (21. ed)

© Embrapa 2006

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	10
Conclusões	14
Referências Bibliográficas	14

Transpiração Máxima de Plantas de Mamão (*Carica papaya* L.) em Pomar Fertirrigado, nas Condições de Cruz das Almas BA

Maurício Antonio Coelho Filho¹
Manoel Teixeira de Castro Neto²
Eugênio Ferreira Coelho³

Resumo

O trabalho foi desenvolvido na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, com intuito de testar sensores comerciais do método do balanço de calor no caule (MBC) para estimativas de transpiração em mamoeiros. Em laboratório, o fluxo de seiva ($L\text{ dia}^{-1}$) foi comparado com a transpiração ($L\text{ dia}^{-1}$) medida em balança de precisão. Em campo, em pomar fertirrigado, foram escolhidas plantas (Tainung nº 1) ao longo de 4 meses e o fluxo de seiva estimado ($L\text{ dia}^{-1}$) foi padronizado pela área foliar ($L\text{ m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$) e correlacionado com a demanda atmosférica (ET_o : $mm\text{ dia}^{-1}$). Os resultados indicaram que os sensores comerciais (modelos SGB9, SGA13, SGA16 e SGA 19, Dynamax Inc.) estimaram a transpiração, com diferença média de 5% e R^2 de 0,94. A transpiração máxima padronizada ($L\text{ m}^{-2}\text{ folha dia}^{-1}$) variou de 0,26 a 3,06 e ajustou-se linearmente com a ET_o ($T = 0,56*ET_o$), sendo possível a estimativa da transpiração com base na ET_o e área foliar.

Palavras-chave: fluxo de seiva, balanço de calor no caule, evapotranspiração.

¹Engenheiro Agrônomo, DSc, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Caixa Postal 007, CEP 44380-000, Cruz das Almas, Bahia, E-mail: macoelho@cnpmf.embrapa.br

²Engenheiro Agrônomo, DSc, Professor, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, CEP 44380-000, Cruz das Almas, Bahia. E-mail: mtcastroneto@gmail.com

³Engenheiro Agrícola, PhD, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Caixa Postal 007, CEP 44380-000, Cruz das Almas, Bahia, E-mail: ecoelho@cnpmf.embrapa.br

Maximal Transpiration of Papaya Plants (*Carica papaya* L.) in Fertirrigated Orchard, Cruz das Almas, BA

Maurício Antonio Coelho Filho

Manoel Teixeira de Castro Neto

Eugênio Ferreira Coelho

Abstract

The work was carried at Embrapa Cassava & Tropical Fruits, Cruz das Almas, BA, with the scope of testing commercial sensors for the stem heat balance method (HBM) to estimate papaya transpiration. Sap flow (L day^{-1}) was compared with transpiration (L day^{-1}) that was measured by a precision scale. Some plants (Tainung # 1) were chosen along four months and the estimated sap flow (L day^{-1}) was assigned by the leaf area ($\text{L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) and correlated to atmospheric demand ($\text{ET}_o - \text{mm day}^{-1}$). Results indicated that the commercial sensors (SGB9, SGA13, SGA16 and SGA 19, Dynamax Inc. models) estimated well the transpiration with a mean difference of 5% and r^2 equal to 0.94. The maximal assigned transpiration TR ($\text{L m}^{-2} \text{ leaf day}^{-1}$) varied from 0,26 to 3,06 and was linear to ET_o ($\text{TR} = 0,56 * \text{ET}_o$).

Key-Words: sap flow, stem heat balance, evapotranspiration.

Introdução

O aumento dos conflitos de setores que utilizam os recursos hídricos disponíveis, a iminência da cobrança pelo uso de água e as exigências do mercado exterior por produtos certificados, decorrentes de uma atividade agrícola sustentável, incorporada no sistema de produção integrada de frutas – PIF, tem aumentado a importância da irrigação localizada. Com esse sistema de irrigação, o volume de água aplicado é reduzido e restrito a uma pequena parcela de solo ocupada por um sistema radicular ativo, reduzindo-se as perdas de água por evaporação e drenagem profunda; além disso, pode permitir a aplicação localizada de nutrientes via água de irrigação, minimizando o uso desses insumos.

O conhecimento do volume de água utilizado no processo de transpiração é fundamental para um bom manejo da irrigação localizada e fertirrigação. Porém, a quantificação da transpiração de fruteiras em nível de campo é difícil e depende de uma série de fatores, como da disponibilidade hídrica, das condições de demanda atmosférica e de fatores ligados à própria planta, como área foliar, geometria de copa e da disposição do plantio, que afetam a capacidade de interceptação da radiação solar e a interação com o vento (Angelocci, 1996; Valancogne et al., 2000). A utilização de equipamentos padrões, como lisímetros, para determinação da transpiração é limitada pelo alto custo, principalmente no caso de lisímetros de pesagem, o que dificulta a repetição dos estudos. Esses equipamentos podem, também, apresentar problemas de representatividade e qualidade das leituras, além de apresentarem dificuldades para avaliações em intervalos de tempo inferiores a 24 horas, em função da grande sensibilidade às rajadas de vento, principalmente em fruteiras com elevada rugosidade, como verificado por Coelho Filho (2002).

Nos últimos anos a determinação da transpiração de espécies herbáceas e arbóreas em nível de campo vem sendo, em grande parte, realizada por técnicas de fornecimento de calor ao caule, podendo ser na forma de pulsos de calor (Cohen et al., 1981), por sondas de dissipação térmica (Granier, 1985) ou por balanço de calor no caule (Sakuratani, 1981; Baker & van Bavel, 1987). Dentre eles, um dos mais usados é o método do balanço de calor, que apresenta as vantagens de ser não destrutivo, de ser absoluto, isto é, sem necessidade de calibração, de ser facilmente instalado e de permitir o monitoramento simultâneo de várias plantas. Pela característica de ser facilmente aplicado em

condições de pomares comerciais, sem interferir nas respostas das plantas às condições ambientais, grandes avanços foram conquistados em estudos envolvendo relações hídricas ao se utilizar esse sensor.

Entretanto, uma série de dificuldades, como sua relativa complexidade e os erros inerentes à técnica que tornam os resultados de difícil interpretação, tem restringido o seu uso em larga escala. Uma opção é a realização de estudos que relacionam o fluxo de seiva com a demanda atmosférica e a área foliar das plantas, de maneira que a partir das duas últimas, a transpiração seja estimada. Os resultados obtidos com esse procedimento têm sido satisfatórios, mostrando-o como uma boa opção no manejo de água em pomares, pois, ao integrar os efeitos das condições de demanda atmosférica e com as características das árvores (área foliar), tornam-se menos subjetivos do que os coeficientes de cultivo, pois incorporam em seu modelo essas duas principais variáveis que interferem diretamente nas trocas energéticas e gasosas (Coelho Filho, 2002).

No Brasil poucos estudos utilizando métodos que possuem como princípio o fornecimento de calor ao caule foram realizados em fruteiras. Em nível de campo, destacam-se os trabalhos de Marin et al. (2001) e Marin et al (2002) em árvores de lima ácida 'Tahiti' utilizando o método do balanço de calor, Delgado Rojas (2003) trabalhando no mesmo pomar só que utilizando o método das sondas de dissipação térmica (Granier) e Coelho Filho (2002) que realizou medidas de transpiração em pomar jovem de lima ácida 'Tahiti' utilizando o método do balanço de calor. Para a cultura do mamão, cita-se os estudos de Sousa et. al. (2001) que verificaram o desempenho do método da dissipação térmica em estimativas do fluxo de seiva em caules de mamoeiro.

Em função da importância de estudos em nível de campo e da carência de resultados para cultura do mamão, o presente trabalho teve como objetivos: (a) testar o desempenho de sensores comerciais com base no método do balanço de calor no caule em estimativas de fluxo de seiva, comparando o seu desempenho com medidas de transpiração obtidas com balanças de precisão; (b) estabelecer relação entre a transpiração máxima de mamoeiro, área foliar das plantas e a demanda atmosférica (ET_o).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical e foi dividido em duas fases. A primeira para a avaliação do desempenho de sensores com base no balanço de calor no caule (MBC), realizada no laboratório de irrigação. Nessa etapa, foram utilizadas quatro plantas de mamão, cultivadas em vaso. Em cada uma foi instalado um sensor comercial do MBC (modelos SGB9, SGA13, SGA16 e SGA 19, Dynamax Inc.) e o fluxo de seiva (litros.dia⁻¹) estimado com base na transpiração medida por diferença de massa, registrada em balança de precisão de 1,0 grama).

Os gradientes térmicos determinados e a potência dissipada foram transformados em fluxo de seiva (gramas 20min⁻¹) segundo Sakuratani (1981) e Baker & van Bavel (1987):

$$F = \frac{P_{in} - Q_v - Q_r}{c_p \Delta T} \quad (1)$$

na qual o total de calor fornecido (P_{in}) é repartido no volume de tronco amostrado em fluxos de calor (W) conduzidos pelo caule acima e abaixo do volume de controle (Q_v) e o fluxo de calor que sai radialmente através do sensor (Q_r). Os fluxos axiais (Q_v) foram estimados considerando-se a condutividade térmica do caule para plantas herbáceas (0,54 W m⁻¹K⁻¹) e os gradientes térmicos na extremidade inferior e superior do segmento de caule amostrado foram medidos com termopares posicionados acima e abaixo da secção aquecida e em contato com o caule. Os fluxos radiais foram estimados a partir do conhecimento da condutividade térmica do substrato de cortiça do qual é constituído o fluxímetro radial e da diferença de temperatura adjacente ao elemento aquecedor e da superfície externa da cortiça, calculada com uma termopilha com junções alternadas (fluxímetro), anexada ao aquecedor. O fluxo de seiva foi obtido dividindo-se o calor residual pelo calor específico da seiva ($c_p = 4,186, \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$) e pela diferença de temperatura da seiva entre os limites inferior e superior do segmento aquecido (ΔT).

A segunda fase do trabalho foi desenvolvida na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical em um pomar de mamão (Tainung N°1) fertilrigado e utilizando os mesmos sensores comerciais (modelos SGB9,

SGA13, SGA16 e SGA 19, Dynamax Inc.). Durante os meses de janeiro, março e abril de 2003 selecionaram-se plantas em fase de crescimento vegetativo, possuindo tamanhos variados (área foliar variando de 0,1 a 1,5 m²) nas quais foram instalados os sensores do MBC para medidas do fluxo de seiva (L 20 min⁻¹), considerado igual à transpiração das plantas (L.dia⁻¹) no período de 24 horas. A transpiração máxima diária estimada com o uso do MBC foi dividida pela área foliar da planta, obtendo-se a transpiração máxima padronizada Tr (L.m⁻².dia⁻¹) assim como realizado por Angelocci (1997) e Coelho Filho (2002). Após o escalonamento, os valores de TR foram correlacionados com a evapotranspiração de referência (ET_o) (mm.dia⁻¹):

$$Tr = K * ET_o \quad (2)$$

onde K é o coeficiente de ajuste que permite a estimativa da transpiração de plantas com a informação da área foliar e demanda atmosférica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento realizado em laboratório mostrou que o MBC foi adequado para medidas de transpiração em plantas de mamão. Pode ser observado na Figura 1a que os valores medidos de fluxo de seiva correlacionaram-se com os de transpiração medida em balança de precisão, apresentando pequena dispersão dos pontos à reta e coeficiente angular próximo de 1, indicando uma superestimativa de 5% do MBC em relação à lisimetria. Pode ser observado que o fluxo de seiva da planta 2 (Figura 2a) acompanha a disponibilidade energética (RG MJ m⁻² hora⁻¹), já na Figura 1b os fluxos de seiva de 4 plantas, determinados simultaneamente em um dia com chuva (nublado), apresentam comportamentos semelhantes e acompanham as variações de RG com boa resposta dinâmica; vale ressaltar, que ao meio dia ocorreu chuva e o fluxo de seiva das plantas tendeu a zero.

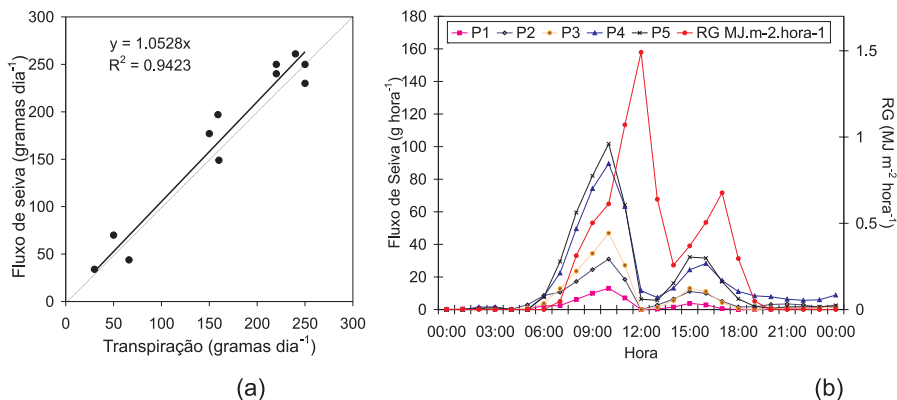


Fig. 1. Relação entre o fluxo de seiva (FS) determinado pelo método do balanço de calor ($L \cdot dia^{-1}$) em plantas de mamão e a transpiração medida em balanças de precisão T_L ($L \cdot dia^{-1}$) (a). Variação do fluxo de seiva em cinco plantas de mamão e da radiação global (RG) determinada sobre gramado (b).

Apesar do bom desempenho dos sensores, foi observado, quando realizadas as medidas em campo, ao longo de uma semana, a elevada sensibilidade das plantas de mamão ao calor aplicado à secção de caule isolado pelo sensor. Na primeira semana de análise, a aplicação contínua de calor resultou em morte de três das cinco plantas avaliadas. A sensibilidade pode ser atribuída, em se tratando de planta herbácea, ao elevado teor de água e à pequena quantidade de fibras nos caules das plantas.

Segundo os resultados obtidos, recomenda-se a aplicação contínua de calor em três dias consecutivos, necessária para os cálculos de K_{Sh} , e as estimativas do fluxo de seiva em, no máximo, cinco dias consecutivos e posterior remoção do sensor do caule das plantas, para evitar danos físicos às plantas. Como pode ser observado na Figura 2a, os valores de transpiração de uma das plantas avaliadas (Planta 1) acompanham a demanda atmosférica (RG) nos cinco primeiros dias de medidas, diminuindo a relação a partir do sexto dia, indicando que a mesma, a partir desse momento, passou a sofrer com os danos causados pelo sensor. Essa mesma análise pode ser realizada ao se comparar o fluxo de seiva das plantas 1 e 2. Verifica-se que a transpiração da planta 1 cai abruptamente no dia Juliano 80, o que não ocorre com a planta 2. Esta não sofreu significativamente com os efeitos do calor no quinto dia.

Um aspecto importante é sempre verificar se a potência aplicada é suficiente para a adequada partição de energia e medida de fluxo de seiva e se a mesma

está aquecendo o caule sem provocar danos ao mesmo (Coelho Filho, 2002). Por outro lado, a adoção de potências (P_{in}) muito baixas pode aumentar a suscetibilidade das medidas aos valores baixos de ΔT_{seiva} ($< 0,5$ °C) em horários de alta demanda atmosférica. Para minimizar os problemas nos horários de pico no fluxo de seiva, deve-se monitorar os valores de ΔT_{seiva} e manutenção destes não muito próximos de zero, com potências em níveis que não causem danos nos caules das plantas. Van Bavel et al. (1994) recomendaram que os valores de ΔT_{seiva} não atingissem 8 °C pela manhã e permanecessem acima de 0,3 °C nos horários de pico de fluxo de seiva. Analisando-se a Figura 2b, verifica-se que a temperatura do caule da planta 1, citada anteriormente, ficou dentro dos valores considerados adequados, mas que a potência poderia ser reduzida um pouco, pois os limites mínimos ficaram acima de 0,5 °C e os limites máximos se aproximaram de 4 °C. Esse procedimento foi realizado em novas medidas (plantas diferentes) com sucesso, quando os limites máximos ficara em 3 °C e os mínimos em 0,3 °C para todos os sensores utilizados.

Uma solução para minimizar os danos nos caules de plantas de mamão é cessar o fornecimento de energia noturno, reduzindo o período de aquecimento, principalmente no horário em que seu efeito é maior. Porém essa alternativa deve ser bem estudada, pois são necessários no mínimo três dias de leituras na madrugada, quando o fluxo de seiva é nulo, para a estimativa consistente de um valor médio de K_{Sh} .

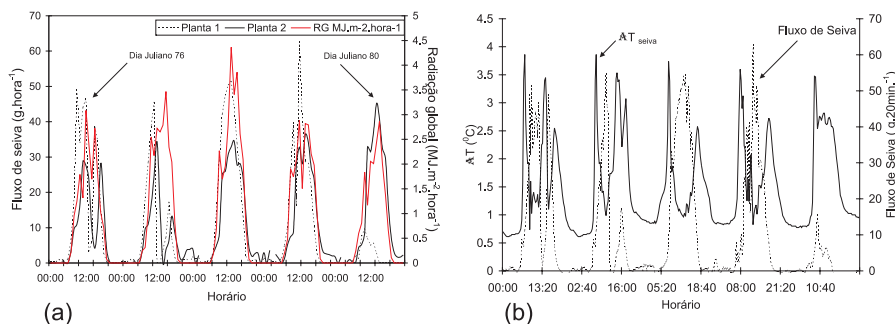


Fig. 2. Variação do fluxo de seiva de duas plantas de mamão (Planta 1 e 2) e da radiação global sobre gramado (RG), dos dias julianos 76 ao 80 (a). Variação da ΔT_{seiva} e do fluxo de seiva em planta de lima ácida 'Tahiti' (L1) dos dias julianos 331 ao 334 do ano de 2001 (b).

Como pode ser verificado mediante a Figura 3 o fluxo de seiva (transpiração máxima) das plantas ($Tr - L\ m^{-2}\ folha\ dia^{-1}$) teve um comportamento linear quando correlacionado à demanda atmosférica ($ET_o - mm\ dia^{-1}$). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Angelocci et al. (1997) para macieira e Coelho Filho (2002) para lima ácida 'Tahiti'. O coeficiente de ajuste (K) encontrado (0,56) para mamão foi superior aos observados em macieiras adultas e lima ácida jovem ($\cong 0,38$). Comparado-o aos resultados desta última, o valor de K está de acordo com as características fisiológicas de plantas cítricas, que apresentam baixa condutância estomática e eficiente mecanismo de regulação estomática. Sendo assim, as plantas de mamão transpiraram comparativamente mais por unidade folha.

Sob o aspecto prático desses resultados, como a TR irá ser modificada dependendo de fatores como idade das folhas, o auto-sombreamento, relação área foliar: sistema radicular, espaçamento de plantio, dentre outros, é de se esperar uma pequena modificação no coeficiente (redução) quando a análise for realizada em plantas adultas, devido o maior auto-sombreamento das folhas, apesar de se esperar que essa variável não seja muito modificada em plantas de mamoeiro em função da disposição das folhas ao longo do dossel. Como o estudo limitou-se a plantas jovens de mamão com área foliares até $1,5\ m^2$ e até 4 meses de idade, os resultados servem como base para o manejo de irrigação em pomares jovens, devendo ser validadas em nível de campo para plantas adultas. A partir da equação gerada, a estimativa da Transpiração T ($L\ dia^{-1}$) fica dependente do conhecimento da demanda atmosférica (ET_o) e da área foliar total da planta (AF, m^2), podendo ser estimada pela equação $T = 0,56 * ET_o * AF$.

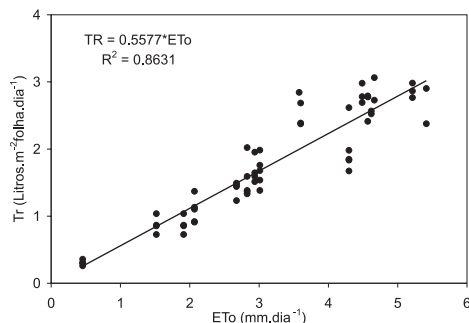


Fig. 3. Relação entre a transpiração máxima por unidade área foliar (Tr) de plantas de mamão com a evapotranspiração de referência, nas condições de um pomar fertirrigado em Cruz das Almas (BA).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que o método de balanço de calor mostrou-se adequado para a determinação da transpiração diária de plantas jovens de mamão (com área foliar de até 1,5 m²) em nível de campo, com as vantagens de não ser destrutivo, não perturbar o sistema e de ser relativamente prático, quando comparados com os outros métodos, constituindo-se uma boa alternativa a estes.

Deve-se evitar o fornecimento contínuo de calor além dos três dias necessários para o cálculo de Ksh, medida que pode contribuir para diminuir os riscos de danos ao caule da planta. Recomenda-se, também, para plantas jovens, que as medidas sejam realizadas em no máximo cinco dias consecutivos.

A transpiração máxima padronizada (L m⁻² folha dia⁻¹) variou de 0,26 a 3,06 e linearmente com a ETo sendo que o coeficiente de ajuste foi de aproximadamente 0,56.

A transpiração (L dia⁻¹) de plantas de mamoeiro pode ser estimada com base na ETo (mm.dia⁻¹) e área foliar (m²), mediante a equação $T = 0,56 * ETo * AF$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOCCI, L.R. et al. 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. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10. Piracicaba, 1997a. Anais. Piracicaba: SBA, 1997. p. 719-721.

BAKER, J.M.; van BAVEL, C.H.M. Measurement of mass flow of water in the stems of herbaceous plants. **Plant, Cell and Environment**, v.10, p.777-782, 1987.

COELHO FILHO, M.A. Determinação da transpiração máxima em um pomar jovem de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) e sua relação com a evapotranspiração de referência. Piracicaba, 2002. 91p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

COHEN, Y; FUCHS, M.; GREEN, G.C. Improvement of the heat pulse method for determining sap flow in trees. **Plant, Cell and Environment**, v.4, p.391-397, 1981.

DELGADO, J.S. Avaliação do uso do fluxo de seiva e da variação do diâmetro do caule e de ramos na determinação das condições hídricas de citros, como base para o manejo de irrigação. Piracicaba, 2003. 110p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

GRANIER, A. Une nouvelle methode pour la mesure du flux de seve brute dans le tronc des arbres. **Annales des Sciences Forestiers**, v.42, p.193-200, 1985.

HEILMAN, J.L.; HAM, J.M. Measurement of mass flow rate of sap in *Ligustrum japonicum*. **Hortscience**, v.25, n.4, p.465-467, 1990.

MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SENTELHAS, P.C. Sap flow and evapotranspiration in an irrigated citrus orchard. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p.219-226, 2001.

MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SENTELHAS, P.C. Balanço de energia e consumo hídrico em pomar de lima ácida ‘Tahiti’. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.2, p.219-228, 2002.

SAKURATANI, T. A heat balance method for measuring water flux in the stem of intact plants. **Journal of Agricultural Meteorology**, v.37, n.1, p.9-17, 1981.

SENOCK, R.S.; HAN, J.M. Heat balance sap flow gauge for small diameters stem. **Plant, Cell and Environment**, v.16, p. 593-601, 1993.

SHACKEL, K.A.; JOHNSON, R.S.; MEDAWAR, C.K. Substantial errors in estimates of sap flow using the heat balance technique on wood stems under field conditions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, n.2, p.351-356, 1992.

SOUSA, E.F.; CAMPOSTRINE, E.; REIS, F. O. Medição de fluxo de seiva xilemática em tronco de mamoeiro. (Compact disc) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8, Ilhéus, 2001, Anais. Ilhéus. SBFV, 2001. (CD-Rom).



Mandioca e Fruticultura Tropical

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

