

ISSN 0104-1347

Medidas de transpiração de um pomar de goiabeiras pelo método do balanço de calor caulinar

Measuring transpiration of a guava orchard with the stem heat balance method

Bernardo Barbosa da Silva¹, Magna Soelma Beserra de Moura², Pedro Vieira de Azevedo³ e José Monteiro Soares⁴

Resumo - O presente trabalho teve por objetivo a determinação das necessidades hídricas da goiabeira (*Psidium guajava* L.), variedade Paluma, segundo a técnica do balanço de calor caulinar. Para tanto, instalou-se um experimento de campo num pomar do Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho, num espaçamento de 6m entre plantas por 6m entre fileiras, no período de 21/07/2000 a 18/10/2000. Na área em estudo foram selecionadas duas plantas e instaladas duas sondas destinadas à determinação do fluxo de seiva pelo método do balanço de calor caulinar. Os sinais analógicos das referidas sondas foram coletados através de um sistema de aquisição de dados e placa multiplexadora. De acordo com os resultados obtidos a transpiração média diária por planta, durante o período de irrigações regulares no pomar, variou de 38,7 l/dia, na planta de maior área foliar, a 19,8 l/dia na planta de menor área foliar. Após a poda aplicada ao pomar, as transpirações diárias médias nas plantas de maior e menor área foliar foram reduzidas a 12,2 l/dia e 9,1 l/dia, respectivamente. O consumo hídrico de cada uma das plantas em todo o período estudado, correspondente apenas ao processo transpirativo, foi de 2.327,4 l/planta e 1.262,9 l/planta, correspondente às plantas de maior e menor área foliar, respectivamente, o qual foi afetado pela área foliar e demanda atmosférica local.

Palavras-chave: Fluxo de seiva, taxa de transpiração, balanço de calor caulinar, área foliar

Abstract - The main of this study was to determine the water requirements of guava (*Psidium guajava* L.) trees, using to the stem heat balance method. A field experiment was carried out in an orchard as part of the Senador Nilo Coelho Irrigation Project. Plants were spaced 6m between trees and 6m between rows, during the period from 21 July 2000 to 18 October 2000. Two sap flow gauges were installed in the stem of two selected plans for measuring the plants sap flow. Analogical signals were collected by a datalogger attached to a multiplexer. The results indicated that the mean daily transpiration per plant during the period of regular irrigation ranged from 38.7 l/day, in the plant with large leaf area, to 19.8 l/day, in the plant with small leaf area. After pruning, the mean daily transpiration per plant decreased to 12.2 l/day and 9.1 l/day in plants with large and small leaf area, respectively. The water consumption of each studied plant along the study period, associated with the transpiration process, was 2,327.4 l/plant and 1,262.9 l/plant in plants with large and small leaf area, respectively, which was affected by leaf area and environmental demand.

Key words: Sap flow, transpiration rate, stem heat balance, leaf area

¹Doutor em Agrometeorologia, Professor Adjunto IV, Departamento de Ciências Atmosféricas da UFPB, Campus II, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó. 58109-970 Campina Grande, PB. E-mail bernardo@dca.ufpb.br

²Estudante do Mestrado em Meteorologia da UFPB, Campus II, Campina Grande, PB.

³Doutor em Agrometeorologia, Professor Adjunto IV, Departamento de Ciências Atmosféricas da UFPB.

⁴Estudante de Doutorado em Recursos Naturais da UFPB, Campus II, Campina Grande, PB.

Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de goiaba, sendo superado apenas por Índia e Paquistão, estando as principais plantações comerciais localizadas nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco e Rio de Janeiro. Além do consumo *in natura*, a goiaba apresenta grande importância na indústria de doces, geléias, pastas, frutas em calda e sucos, e destaca-se, ainda, por seu valor nutricional, pois segundo MARANCA (1991) apresenta baixo teor calórico (60cal/100g do fruto) e elevado teor de vitamina C (200-300mg/100g do fruto).

Por se tratar de uma atividade frutícola que permite várias formas de aproveitamento dos frutos e por apresentar amplas possibilidades de consumo nos mercados interno e externo, o cultivo da goiabeira integra importantes projetos comerciais de fruticultura irrigada no Nordeste brasileiro (GONZAGA NETO, 1990).

O cultivo irrigado da goiabeira no semi-árido brasileiro, além de apresentar um nível de produtividade relativamente mais alto que o registrado em outras regiões do país, pode produzir até duas safras por ano, o que permite ao produtor comercializar seus frutos em centros consumidores do país e do exterior em diferentes épocas do ano. No entanto, é necessário o aprimoramento tecnológico, visando garantir um padrão de qualidade que só poderá ser alcançado em cultivos racionais, cuja produção é otimizada através do plantio de cultivares selecionadas, adoção de técnicas adequadas de manejo, sistemas de irrigação eficientes e do conhecimento de suas reais necessidades hídricas, o que permite regularidade, quantidade e qualidade aos frutos destinados ao mercado consumidor, principalmente de frutas *in natura* (GONZAGA NETO & SOARES, 1994).

No caso de plantios que cobrem de forma descontínua a superfície do solo, as plantas podem ser tratadas de forma individualizada, no que concerne ao seu consumo hídrico. A irrigação de pomares utiliza métodos de fornecimento localizado de água e, neste caso, o conhecimento da transpiração de cada árvore é fundamental, porque essa será a necessidade hídrica mínima da árvore.

Medidas diretas do consumo de água em plantas isoladas, sem que haja alteração no meio ambiente ou nos fatores fisiológicos que alteram a transpiração, têm sido possível desde as pesquisas de SAKURATANI (1981) e BAKER & VAN BAVEL

(1987). A partir daí, um grande número de estudos tem usado o método do fluxo de seiva para determinação da transpiração de plantas herbáceas como algodão (BAKER & VAN BAVEL, 1987; DUGAS, 1990; HAM *et al.*, 1990), girassol (SAKURATANI, 1981; BAKER & VAN BAVEL, 1987), soja (SAKURATANI, 1981;1987), e outras espécies, como *Acacia mangium* (CIENCIALA *et al.*, 2000), eucalipto (VERTESSY *et al.*, 1997), maçã (NADEZHDINA, 1999), lima ácida (MARIN *et al.*, 2000, ANGELOCCI *et al.*, 2000), videira (SILVA *et al.*, 2000), dentre outros.

Além de pesquisas com diferentes sensores, aquecedores e voltagens diferenciadas (HAM & HEILMAN, 1990; SENOCK & HAM, 1993; KJELDGAARD *et al.*, 1997), muitas pesquisas têm tido por objetivo a aplicabilidade do método para determinação da transpiração de diferentes espécies lenhosas (DUGAS, 1990; LASCANO *et al.*, 1992; GUTIÉRREZ & MEINZER, 1994; SILVA *et al.*, 2000).

Em virtude da carência de informações acerca do consumo hídrico de plantas individuais de goiabeira irrigada no Brasil e exterior, a presente pesquisa objetivou a determinação da transpiração da goiabeira nas condições edafo-climáticas da região polarizada por Petrolina, PE, no semi-árido nordestino.

Material e métodos

Um experimento de campo foi conduzido em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava* L.), variedade Paluma, no Projeto Irrigado Senador Nilo Coelho, Núcleo 09, lote número 1194, distante aproximadamente 8,5km da cidade de Petrolina-PE (09°09'S; 40°22'W; 365m). O pomar foi implantado em setembro de 1997, num espaçamento de 6,0m entre plantas por 6,0m entre fileiras, totalizando 532 plantas em 1,92ha. A coleta de dados teve início em 21/07/2000 e término em 18/10/2000.

Segundo a classificação de Köppen, a região do Vale do Submédio São Francisco apresenta clima do tipo BSw^h (REDDY & AMORIM NETO, 1993). A estação chuvosa compreende, em geral, os meses de janeiro a abril, com precipitação média anual em torno de 530,0mm, irregularmente distribuída. A temperatura do ar média anual é de 26,5°C, com pouca oscilação entre os meses e anos, apresentando os maiores picos entre outubro e dezembro, enquanto julho é o mês mais frio.

Os solos do Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho apresentam grande variabilidade na capacidade de armazenamento de água, drenagem e profundidade de camada impermeável. Em geral, são solos de textura arenosa com alta capacidade de infiltração, baixa capacidade de retenção de água, baixa fertilidade natural e acidez moderada, necessitando da aplicação de fertilizantes para o uso agrícola (QUAGLIA *et al.*, 1989). A análise do solo da área experimental, obtida nas profundidades de 0,30 m, 0,60 m, 0,90 m e 1,20 m, resultou em um solo de textura arenosa (90,67% de areia, 5,67% de argila e 3,67% de silte).

O pomar foi mantido livre de plantas daninhas através da realização da roçagem entre as plantas e fileiras, enquanto que nas duas plantas monitoradas foram feitas capinas manuais sob a copa. Foi observada a presença de ferrugem (doença) e de pragas, como o pulgão (*Aphis gossypii*) e o psílideo (*Trizoida* sp), os quais foram controlados através da aplicação de produtos com princípio ativo "Labdacyhalothrin" (Karate®, 10ml/litro, em duas aplicações), "Fenitrothion" (Sumithion®, 15ml/litro, em três aplicações) e "Sulfosate" (Zapp®, 1ml/litro, na linha e na projeção da copa).

A nutrição do pomar foi realizada via fertirrigação, com aplicação de 0,120kg de uréia e 0,060kg de KCl, por planta. Por ocasião da floração, a dosagem de uréia foi reduzida a 0,040kg/planta.

O experimento compreendeu um período de 90 (noventa) dias, com início em 21 de julho (dia Juliano, DJ = 202), e término em 18 de outubro de 2000 (DJ = 291). No período de 21 de julho a 04 de setembro o pomar foi irrigado por microaspersão durante três horas diárias, de segunda a sábado, sendo a irrigação dividida em dois turnos, de 1,5 hora pela manhã e 1,5 hora à tarde. O microaspersor utilizado apresentou vazão média de 67litros por hora e bulbo molhado com raio de 2,5m. Já no período de 05 de setembro a 18 de outubro as irrigações foram suspensas. A determinação da área foliar das plantas em análise se deu com base na integração de todas as folhas eliminadas com a poda, e através da contagem das folhas restantes. Considerou-se que a área média das folhas extraídas foi a mesma das remanescentes, e uma vez determinado o número de folhas de cada planta, obteve-se o valor da área foliar total de cada uma das duas plantas investigadas.

A determinação da taxa de transpiração das plantas selecionadas foi feita segundo o método do

balanço de calor caulinar proposto por SAKURATANI (1981), e que consiste na realização de um balanço de calor em uma seção do caule da planta a ser investigada. Para isso, um aquecedor flexível, de resistência elétrica bem definida, envolvendo totalmente a seção do caule a ser aquecida, fornece uma quantidade de calor constante (P_{in}). Parte desse calor é perdido verticalmente (Q_v) e radialmente (Q_r) por condução, e o restante (Q_f) é transportado verticalmente pela seiva que flui através da seção transversal do caule. Assim, o balanço de calor no caule pode ser expresso pela seguinte equação:

$$P_{in} = Q_v + Q_r + Q_f \quad (1)$$

Com os dados da voltagem aplicada ao aquecedor (V , em volts) e da sua resistência (R , em ohms) foi calculada a potência de calor aplicada ao caule (P_{in}) através da equação: $P_{in} = V^2/R$. A voltagem aplicada ao aquecedor foi de 7 V, enquanto que a resistência do aquecedor foi de 26Ω , portanto com $P_{in} = 1,88W$. Já a determinação de Q_v foi obtida segundo a expressão (SILVA *et al.*, 2000):

$$Q_v = \frac{K_{st} \times A \times (BH - AH)}{dX \times 0,040} \quad (2)$$

onde K_{st} é a condutividade térmica do caule, considerada igual a $0,42 W/m.K$ (BAKER & VAN BAVEL, 1987; STEINBERG *et al.*, 1989), A a área da seção transversal do caule (m^2), $0,040 (mV/K)$ um fator de conversão dos sinais analógicos BH e AH de mV para K (Figura 1), e dX a distância entre os termopares de cobre-constantan.

O fluxo radial de calor que é emitido para fora da seção aquecida foi calculado com uma termopilha, formada por dez termojunções construídas em série e fixadas a uma cortiça de 2mm, colocada entre o aquecedor e isolante de borracha. O calor radial foi obtido através da seguinte equação:

$$Q_r = K_{sh} \times CH \quad (3)$$

onde K_{sh} é a condutividade térmica da jaqueta (cortiça + isolante) (W/mV), determinada experimentalmente e CH (mV) a voltagem medida pela termopilha que circunda o caule. A determinação do valor da constante K_{sh} foi realizada entre 04 e 06h (tempo local), assumindo-se que o fluxo de seiva nesse intervalo de tempo é nulo e a equação fica transformada

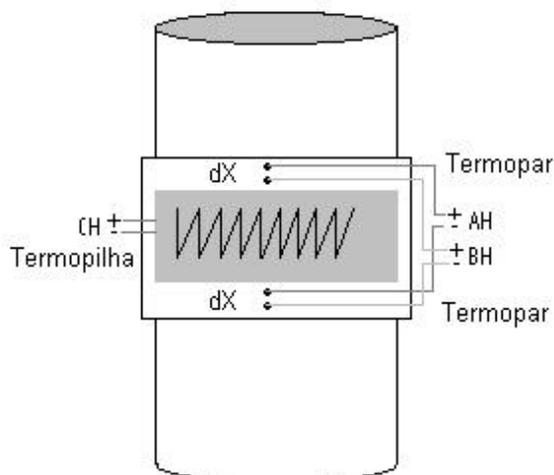


Figura 1 Representação esquemática da sonda utilizada e dos sinais analógicos correspondentes às leituras dos termopares (AH e BH) e termopilha (CH).

em $Q_r = P_{in} - Q_v$. Portanto, o valor de K_{sh} foi obtido segundo:

$$K_{sh} = \frac{(P_{in} - Q_v)}{CH} \quad (4)$$

Esse procedimento foi realizado com os dados coletados no mencionado horário do primeiro dia de funcionamento do sensor e a cada inspeção realizada quinzenalmente.

A subtração dos fluxos de calor Q_v e Q_r de P_{in} resulta no calor transportado pela seiva que atravessa a seção aquecida. Para calcular a taxa do fluxo de seiva através da referida seção, é necessário saber a diferença de temperatura (ΔT) entre a seiva que entra e que sai da porção aquecida do caule, que foi obtida através da equação:

$$\Delta T = \frac{(AH + BH)}{2 \times 0,040} \quad (5)$$

Então, ao dividir-se o fluxo de calor transportado pela seiva por esta diferença de temperatura, multiplicado pelo calor específico da água, resultou na taxa de fluxo de seiva (g/s), ou seja:

$$F = \frac{Q_f}{C_p \times \Delta T} \quad (6)$$

Considerou-se que a taxa de transpiração de cada uma das plantas correspondeu ao fluxo de seiva obtido segundo a equação acima. Foram selecionadas duas plantas de goiabeira, inicialmente na fase de crescimento dos frutos. O diâmetro médio da seção do caule das plantas escolhidas foi de 56,5mm. Após a medida do seu diâmetro, a seção do caule foi lixada, a fim de se remover excesso da casca morta e garantir melhor contato entre o caule e os sensores. A fixação dos sensores foi feita de maneira a garantir a máxima aderência com o caule (Figura 2). O isolamento térmico foi realizado através de placas de borracha sobrepostas, de 3mm e 8mm, e ainda por duas lâminas de papel alumínio (Figura 2c). Utilizou-se um alimentador de voltagem, que foi preparado para fornecer, constantemente, 7 V para cada sensor. Devido ao grande período de utilização, foram realizadas manutenções nos sensores quinzenalmente, a fim garantir seu bom funcionamento e a sanidade das plantas em estudo.

Os sensores foram conectados a um sistema de aquisição de dados (CR10X da Campbell Scientific Inc, Logan, USA) alimentado por uma bateria solar, no qual estava acoplada uma placa multiplexadora (AM416 da Campbell Scientific Inc, Logan, USA), que foi programado para armazenar médias a cada 30 minutos de leituras realizadas a cada minuto. Essas médias foram coletadas em um módulo de armazenamento e posteriormente transferidas ao computador, onde foram processadas em planilha eletrônica.

Resultados e discussão

Durante o período de observações ocorreram duas interrupções na coleta de dados, motivadas por problemas na fonte de alimentação do aquecedor das duas sondas utilizadas, entre o DJ = 270 e o DJ = 273, e entre o DJ = 278 e o DJ = 284.

Na Figura 3 estão representadas as taxas de transpiração semi-horárias obtidas nos dias 09 (DJ = 221), dia nublado, e 27 de agosto de 2000 (DJ = 239), dia de céu claro, para as duas plantas estudadas. No DJ = 221 a transpiração diária foi de 35,6 l/dia e 18,4 l/dia, para as plantas de maior e

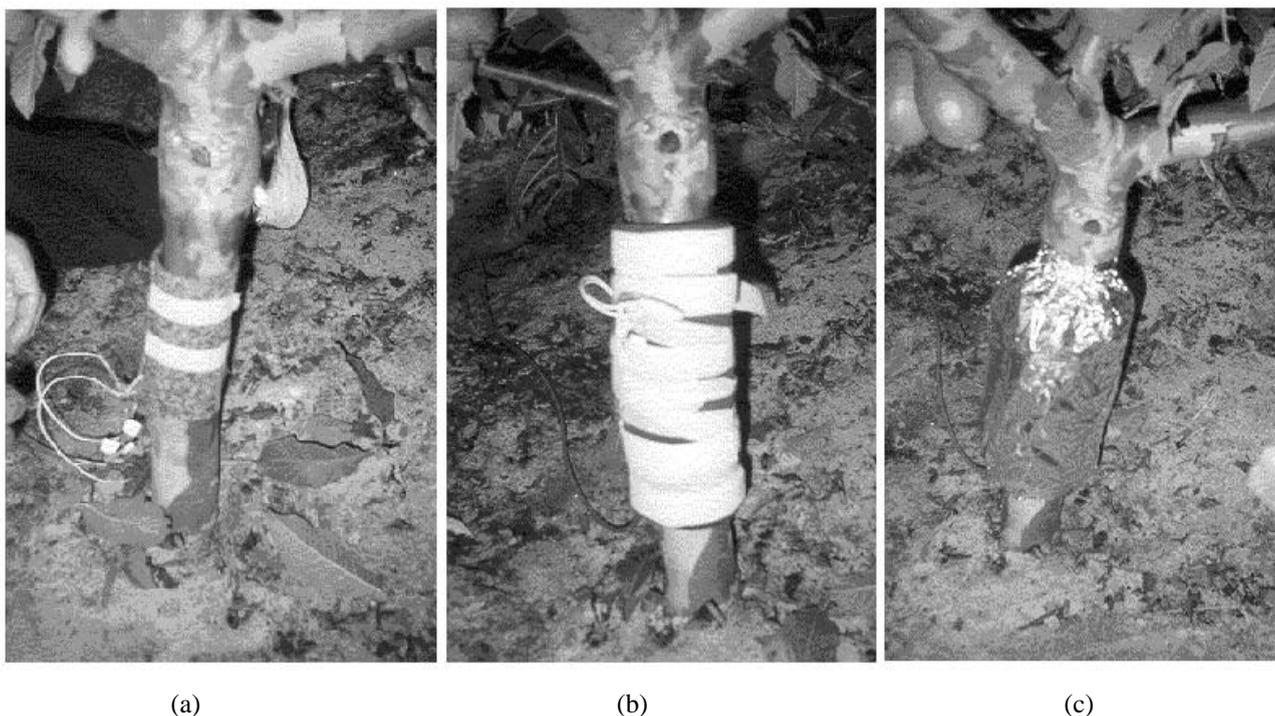


Figura 2. Etapas da instalação dos sensores do balanço de calor no caule em goiabeira (*Psidium guajava* L.), variedade Paluma, em Petrolina – PE: (a) fixação da termopilha e termopares, (b) isolamento com borracha e (c) isolamento com lâminas de papel alumínio.

menor área foliar, respectivamente. Nesse mesmo dia, a taxa de transpiração máxima das plantas de maior e menor área foliar foi aproximadamente igual a 4 l/hora e 2 l/hora, respectivamente. Já no DJ = 239 a transpiração diária da planta de maior área foliar foi de 53,7 l/dia, enquanto que na planta de menor área foliar chegou a 22,9 l/dia. As taxas de transpiração máxima das plantas de maior e menor área foliar foram respectivamente iguais a 9,0 l/hora e 2,6 l/hora. Conforme se depreende, há influência marcante da radiação solar no ciclo diurno da taxa de transpiração das plantas estudadas, mas as variações intra-horárias da radiação solar são mais acentuadas que aquelas verificadas na taxa de transpiração, e os correspondentes ciclos diurnos se encontram defasados em relação ao tempo (Figuras 3 e 4). Esse comportamento pode ser resultado da influência que o déficit de pressão de vapor exerce sobre a taxa de transpiração das plantas estudadas que, como observado na Figura 5, apresenta comportamento mais concordante com o ciclo diurno da transpiração. Isto indica que apesar da radiação máxima ocorrer em torno do meio-dia, isto para céu claro, a transpiração máxima da goiabeira ocorre duas a três horas após esse instante, estando mais concordante com o ciclo diário do déficit de pressão de vapor (Figura 5). Ademais, como as plantas de

goiabeira receberam irrigações com alta frequência, verificou-se que mesmo após a ocorrência do máximo da radiação solar, as plantas continuavam a transpirar a taxas da ordem, ou mesmo superior, àquelas observadas ao meio-dia. Ao estudar a regulação hídrica de quatro espécies arbóreas sempre-verdes dos Cerrados, MEINZER *et al.* (1999) observaram que após o meio-dia essas espécies apresentavam redução significativa na taxa de transpiração.

Na Figura 4 estão representadas as taxas de transpiração diária das plantas estudadas após a poda de frutificação do pomar. Observa-se que no DJ = 267 a transpiração diária nas plantas de maior e menor área foliar foi respectivamente igual a 17,4 l/dia e 9,1 l/dia. Ao mesmo tempo, as taxas de transpiração semi-horária máximas foram de 2,9 l/hora e 1,2 l/hora, para as plantas de maior e menor área foliar, respectivamente. Após a poda, a área foliar das plantas passou para 12,85m² e 10,06m², nas plantas de maior e menor área foliar, enquanto que no DJ = 221 as mesmas eram de 70,84m² e 48,20m². Fazendo uso da mesma técnica, TRAMBOUZE & VOLTZ (2000) obtiveram transpiração diária média de 2,2 l/dia, em parreiral no sul da França, enquanto que SILVA *et al.* (2000) observaram que a transpiração diária de duas variedades

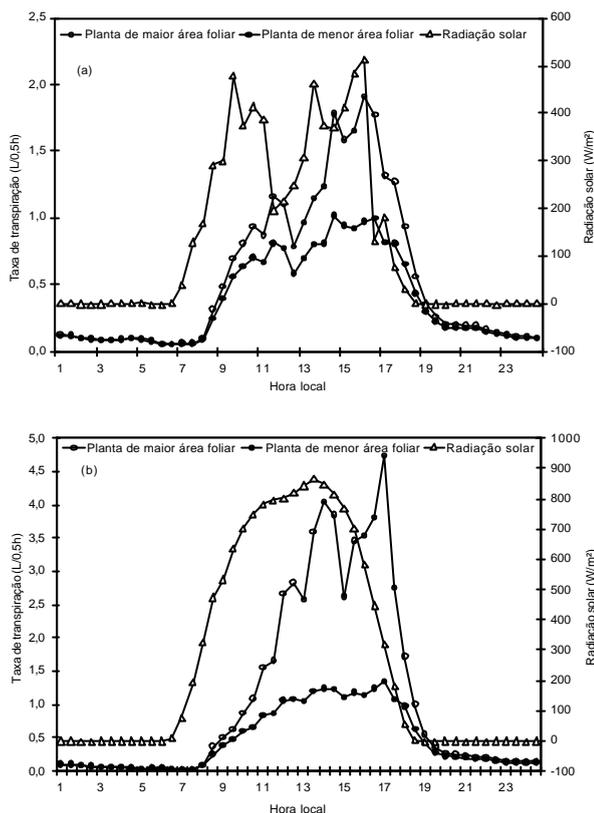


Figura 3. Taxa de transpiração semi-horária para um dia de céu nublado (09/08/2000, DJ = 221) (a) e de céu claro (27/08/2000, DJ = 239) (b), de duas plantas de um pomar de goiabeiras antes da poda. Petrolina – PE.

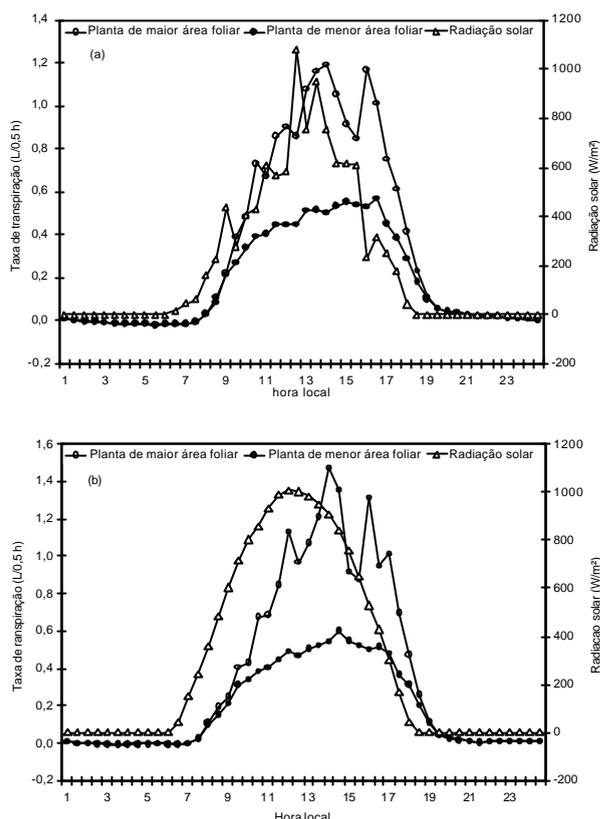


Figura 4. Taxa de transpiração semi-horária para um dia nublado (26/09/2000, DJ = 269) (a) e de céu claro (24/09/2000, DJ = 267) (b) de duas plantas de um pomar de goiabeiras após a poda. Petrolina – PE.

de videira chegou a representar cerca de 55% da sua evapotranspiração diária.

Observa-se, ainda, na Figura 4, a influência da radiação solar sobre a taxa de transpiração das plantas. Mais uma vez observa-se uma defasagem entre o ciclo diurno da radiação solar e o da transpiração. Em estudo com plantas de cereja, BERGEZ & DUPRAZ (1997) observaram boa concordância entre a taxa de transpiração daquela espécie e a radiação fotossinteticamente ativa. No entanto, aquela espécie não foi submetida ao regime hídrico verificado pelo pomar de goiabas em estudo.

Nos dias 09 (DJ = 221) e 27 (DJ = 239) de agosto de 2000 a evapotranspiração diária de plantas monitoradas no pomar, segundo o método do balanço de energia (MOURA, 2001), foi respectivamente de 2,87mm e 5,04mm, correspondendo a 40,79 litros e 76,19 litros, respectivamente, obtidos pelo produto da evapotranspiração das plantas monitoradas pela área

projetada pela copa das mesmas. A transpiração diária da planta de maior área foliar, nos referidos dias, foi respectivamente de 87,29% e 70,47% da evapotranspiração do pomar. Embora se trate de plantas com diferentes áreas foliares, pôde-se perceber que houve boa concordância da transpiração diária por unidade de área projetada, entre as duas plantas selecionadas. Em outro estudo, SILVA *et al.* (2000) observaram que as taxas de transpiração de duas variedades de videira representaram 55% e 60% da evapotranspiração do parreiral, e que a evaporação no solo foi da ordem de 40%. Já FERREIRA *et al.* (1996), ao utilizarem a técnica do balanço de calor caulinar com o pessegueiro em Portugal, observaram que a contribuição relativa da transpiração para a evapotranspiração diária do pomar foi de 87%.

Foi observado, ainda, que os valores horários da taxa de transpiração não seguem rigorosamente a variação diurna da radiação solar (Figuras 3 e 4).

Resultado semelhante foi observado por VALANCOGNE & NASR (1989) em plantas de macieira e por GUTIÉRREZ & MEINZER (1994) em pomar de café. Nesse último estudo, foi observado que a razão entre a transpiração determinada pelo fluxo de seiva e a evapotranspiração do pomar variou de 40% a 95%, correspondendo a uma variação no índice de área foliar de 1,4 a 6,7. Percebe-se também uma maior regularidade no fluxo de seiva da planta de menor área foliar, enquanto que a planta de maior área foliar apresentou valores com maiores flutuações, tanto para dias nublados como para dias de céu claro, antes e após a poda.

Os valores da transpiração diária obtida em todo o período estudado foram plotados na Figura 6. Conforme se observa, podem ser destacados três períodos bem distintos: do DJ = 202 ao DJ = 243, ou seja, no período de 21 de julho a 04 de setembro, em que as irrigações se processaram seis dias por semana, divididas em duas aplicações diárias; o período correspondente à suspensão das irrigações, ocorrida no período do DJ = 244 ao DJ = 258; e o terceiro e último período compreendendo os dias após a poda das duas plantas, ocorrida na tarde de 15 de setembro, DJ = 258.

No primeiro período, a transpiração diária média por planta, correspondente às plantas de maior e menor área foliar, foi respectivamente de 38,7 l/dia e 19,8 l/dia. No segundo período, ou seja, no da supressão das irrigações, essas médias foram reduzidas a 25,2 l/dia e 13,8 l/dia, correspondentes às plantas de maior e menor área foliar, respectivamente. Após a poda das plantas estudadas, a transpiração diária por planta foi reduzida a 12,2 l/dia e 9,1 l/dia, para as plantas de

maior e menor área foliar, respectivamente. As diferenças entre os valores da transpiração diária de plantas de uma mesma espécie estão relacionadas sobremaneira à diferença natural entre a área foliar total das plantas, ~~conforme registrado por~~ ASCANO *et al.* (1992) em estudo com videira, os quais verificaram que a transpiração diária de cada planta, dividida pela sua respectiva área foliar, apresentou pequena diferença. Para DUGAS (1990) a variabilidade nas medições do fluxo de seiva entre plantas de um mesmo pomar deve-se, principalmente, às diferenças no volume da copa das plantas.

O fluxo diário da seiva acumulada durante o período de 21/07/2000 a 18/10/2000, no pomar de goiabeiras, compreendendo os períodos de crescimento e maturação de frutos, estresse hídrico, poda de frutificação e brotação, é apresentado na Figura 7, para as plantas de maior e menor área foliar. Pode-se observar um rápido incremento do fluxo de seiva nas fases iniciais do período observado. Posteriormente, devido à poda de frutificação, houve uma tendência de estabilidade no fluxo de seiva, que voltou a aumentar na fase de brotação de novos ramos. O fluxo de seiva acumulado para a planta de maior área foliar, durante os 90 dias analisados foi de 2327,4 l/planta, enquanto que para a planta de menor área foliar, esse fluxo foi igual a 1262,9 l/planta.

Conclusões

Os resultados obtidos possibilitam concluir que: a) o comportamento diurno da taxa de transpiração da goiabeira, nas condições edafo-climáticas, de

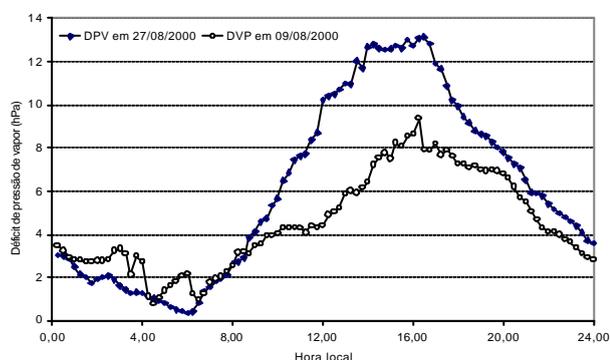


Figura 5. Déficit de pressão de vapor (hPa) nos dias 09/08/2000 (DJ = 221) e 27/08/2000 (DJ = 239) a 1,0 m acima da copa da goiabeira irrigada. Petrolina, PE.

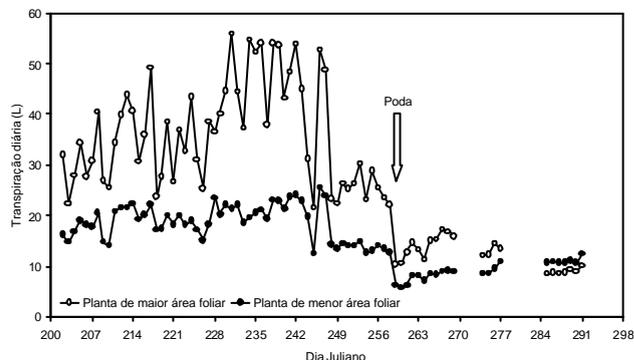


Figura 6 Variação sazonal da transpiração diária de duas plantas de um pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*). Petrolina, PE.

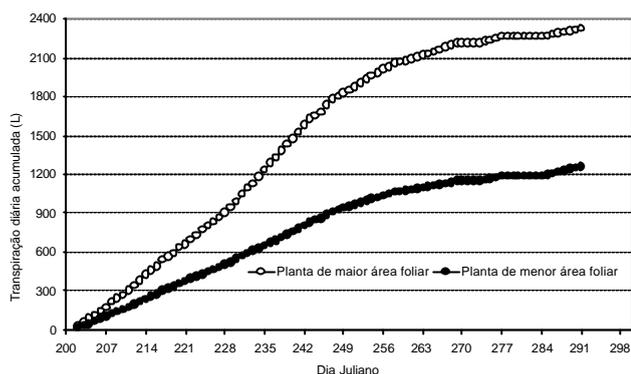


Figura 7. Transpiração diária acumulada de duas plantas, durante o período de DJ=202 (21/07/2000) a DJ=291 (18/10/2000), em pomar de goiabeiras. Petrolina – PE

configuração de plantio e de irrigação, utilizadas no pomar estudado, aproxima-se mais daquele do déficit de pressão de vapor e menos do ciclo diurno da radiação solar, embora seja muito afetado por esse último;

- b) a transpiração diária das plantas de goiabeira estudadas representa mais de 70 % da evapotranspiração do pomar.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa concedidas ao primeiro e terceiro autores; pela bolsa de Mestrado à segunda autora e apoio financeiro através do Projeto *Manejo das condições ambientais e de umidade do solo em áreas irrigadas com fruteiras no Nordeste do Brasil*, Processo AI-Nº 521.278/98-8. Ao proprietário do lote onde foi realizada a pesquisa, Eng. Civil Eurico dos Santos, e à Embrapa – Semi-árido pelo grande apoio laboratorial e de biblioteca oferecidos a todos os membros da equipe.

Referências bibliográficas

ANGELOCCI, L.R. et al. Estimativa da transpiração de lima-ácida "Tahiti" por modelos climatológicos e comparação com o fluxo de seiva determinado pelo método do balanço de calor. In: REUNIÓN ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGIA, 8., Mendoza, 2000. *Anais...*, Mendoza: Asociacion Argentina de Agrometeorologia, CD ROM.

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

BERGEZ, J.E.; DUPRAZ, C. Transpiration rate of *Prunus avium* L. seedlings inside as unventilated treeshelter. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 97. p. 255-264, 1997.

CIENCIALA, E.; KUCERA, J.; MALMER, A. Tree sap flow and stand transpiration of two *Acacia mangium* plantations in Sabah, Borneo. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 236, p. 109-120, 2000.

DUGAS, W. A. Comparative measurement of stem flow and transpiration in cotton. **Theoretical Applied Climatology**, Heidelberg, v. 42, p. 215-221, 1990.

FERREIRA, M.I., VALANCONGNE, C., DAUDET, F.A. Evapotranspiration and crop-water relation in a peach orchard. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVAPOTRANSPIRATION AND IRRIGATION SCHEDULING. San Antonio, November, 3-6, 1996. **Proceedings ...**, American Society of Agricultural Engineering and Irrigation Association: San Antonio, 1996. p. 61-68.

GONZAGA NETO, L. **Cultura da goiabeira**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1990. 26 p. (Circular Técnica, 23).

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J.M. **Goiaba para exportação: aspectos técnicos da produção**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1994. 26p. (EMBRAPA-CPATSA, Frupex).

GUTIÉRREZ, M V.; MEINZER, F.C. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. **Journal of American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 3, p. 652-657, 1994.

HAM, J. M.; HEILMAN, J. L. Dynamics of a heat balance stem flow gauge during high flow. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p. 147-152, 1990.

HAM, J.M.; HEILMAN, J.L.; LASCANO, R.J. Determination of soil water evaporation and transpiration from energy balance and stem flow measurements. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 52, p. 287-301, 1990.

KJELDGAARD, J.F. et al. Measuring sap flow with the heat balance approach using constant and variable heat inputs. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 85, p. 239-250, 1997.

LASCANO, R.J.; BAUMHARDT, R.L.; LIPE, W.N. Measurement of water flow in young grapevines using the stem heat balance method. **American Journal of Enology Viticulture**, Lockford, v. 43, n. 2, p. 159-165, 1992.

- MARANCA, G. **Fruticultura comercial: mamão, goiaba, abacaxi**. 5. ed., São Paulo: Nobel, 1991. 121 p.
- MARIN, F.R. et al. Balanço de energia e sua relação com a transpiração em pomar de lima-ácida "Tahiti". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000, CD ROM.
- MEINZER, F.C. et al. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian cerrado woody species. **Functional Ecology**, Bristol, v. 13, p. 272-282, 1999.
- MOURA, M.S.B.de. **Fenologia e consumo hídrico da goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada**. Campina Grande: DCA.CCT/ UFPB, 2001, 124 p. Dissertação (Mestrado em meteorologia - Universidade Federal da Paraíba).
- NADEZHDINA, N. Sap flow index as an indicator of plant status. **Tree Physiology**, Victory, v. 19, p. 885-891, 1999.
- QUAGLIA, A.M.L. et al. **Projeto de irrigação Vale do Massangano (Senador Nilo Coelho)**. Brasília, 1989. 154 p. (Relatório de Avaliação Ex-post).
- REDDY, S.J.; AMORIM NETO, M.S. **Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina-PE: EMBRAPA/ CPATSA, 1993, 280 p.
- SAKURATANI, T. A heat balance method for measuring water flux in the stem of intact plants. **Journal of Agricultural Meteorology**, Tokyo, v. 37, n. 1, p. 9-17, 1981.
- SAKURATANI, T. Studies on evapotranspiration from crops (2) Separate estimation of transpiration and evaporation from a soybean field without water shortage. **Journal of Agricultural Meteorology**, Tokyo, v. 42, n. 4, p. 309-317, 1987.
- SENOCK, R.S.; HAM, J.M. Heat balance sap flow gauge for small diameter stems. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 16, p. 563-601, 1993.
- SILVA, B.B. et al. Measurements of water requirements of table grapes in Arizona. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 175-183, 2000.
- STEINBERG, S.; 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 American Society of Horticultural Science**, Virginia, v. 114, n. 3, p. 466-472, 1989.
- TRAMBOUZE, W.; VOLTZ, M. Measurement and modelling of the transpiration of a Mediterranean vineyard. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 107, p. 153-166, 2000.
- VALANCOGNE, C.; NASR, Z. Measuring sap flow in the stem of small trees by a heat balance. **HortScience**, Alexandria, v. 24, n. 2, p. 383-385, 1989.
- VERTESSY, R. A. et al. Estimating stand water use of large mountain ash trees and validation of the sap flow measurements technique. **Tree Physiology**, Victory, v. 17, p. 747-756, 1997.