

Parâmetros fisiológicos de um pomar de mangueiras irrigado

Physiological parameters of an irrigated mango orchard

Vicente de Paulo Rodrigues da Silva¹, Pedro Vieira de Azevedo¹, Bernardo Barbosa da Silva¹, José Espínola Sobrinho², Antonio Heriberto de Castro Teixeira³, José Moacir Pinheiro Lima Filho³ e José Monteiro Soares³

Resumo - Um experimento de campo foi conduzido na Estação Experimental de Bebedouro (Embrapa Semi-Árido), no município de Petrolina, PE, no ano de 1999, objetivando analisar o comportamento de alguns parâmetros fisiológicos de um pomar de mangueiras irrigado, cv. Tommy Atkins, plantado em fevereiro de 1993 e irrigado por gotejamento. A radiação fotossinteticamente ativa, a condutância estomática, a transpiração e a temperatura foliar foram medidas com porômetro de difusão de estado estacionário LI 1600, LI-COR, Inc., e a superfície foliar determinada com integralizador de área LI 3000, LI-COR, Inc. Os resultados obtidos indicaram que a transpiração da mangueira é fortemente controlada pela resistência estomática, nos horários de alta e baixa demanda evapotranspiratória, em qualquer estágio de seu ciclo produtivo. A área foliar da mangueira (AFP) pode ser estimada, com considerável precisão, em função da largura (L) e do comprimento (C) das folhas, através de modelo linear. Para pomares de mangueiras irrigados na região do Submédio Rio São Francisco, a área foliar pode ser obtida pelo modelo: $AFP (m^2) = -82,59 + 16,25 L(m) + 3,72 C (m)$, com coeficiente de determinação de 0,94.

Palavras-chave: transpiração, resistência estomática, índice de área foliar

Abstract - A field experiment was carried out in the Bebedouro Experimental Station (Embrapa, Semi-Árido), located in Petrolina County, Brazil. The objective of this study was to evaluate the daytime behavior of some physiological parameters of a mango orchard, cv. Tommy Atkins, planted in February, 1993 and drip irrigated. The photosynthetically active radiation, stomatal conductance, transpiration and leaf temperature were measured with a steady state porometer LI 1600, LI-COR, Inc., Lincoln, NE and leaf area was determined with an area meter LI 3000, LI-COR, Inc., Lincoln, NE. The results showed that mango tree transpiration is strongly controlled by the stomatal resistance, both during high and low evapotranspiration demand and in any phase of the productive cycle. Mango tree leaf area (TLA) can be estimated as a function of the width (W) and length (L) of the leaves, with a linear model. For irrigated mango orchards in the middle San Francisco River region, the mango tree leaf area was obtained as: $TLA = -82.59 + 16.25W + 3.72L$, with $r^2 = 0.94$.

Key words: transpiration, stomatal conductance, leaf area index

Introdução

Regiões com temperaturas altas e baixa umidade relativa são favoráveis ao cultivo de diversas frutíferas. Neste particular, as condições edafoclimáticas

do semi-árido do Nordeste brasileiro são extremamente favoráveis à fruticultura irrigada, o que torna essa região a principal produtora de frutos tropicais do país, que, entretanto, oferece restrições quanto à disponi-

¹Professores, Doutores, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências Atmosféricas, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande, PB, CEP: 58 109 970, FONE: (83) 310 1202, FAX: (83) 310 1202, e-mail: vicente@dca.ufpb.br.

²Professor, Doutorando, Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), RN.

³Pesquisadores, Mestre, Embrapa Semi-Árido, Caixa Postal 23, CEP 56300-970, Petrolina, PE.

bilidade de recursos hídricos. LIMA FILHO & SILVA (1988), ao determinarem a resistência estomática, transpiração e temperatura foliar do umbuzeiro, na região do Submédio Rio São Francisco, no final da estação seca e após as primeiras chuvas, constataram que a resistência estomática começou a aumentar em torno das 7h, porém de forma mais brusca durante a seca, resultando em baixa transpiração. Observaram, ainda, baixo consumo de água das plantas e praticamente nenhuma diferença na temperatura foliar nos dois períodos analisados. STEWART (1984) observou que as plantas cultivadas com bom suprimento de água apresentam resistência ao fluxo de vapor d'água para a atmosfera menor do que as plantas de florestas. Por outro lado, BAILEY *et al.* (1993) comparando a transpiração de *Ficus benjamina*, obtida por medições porométricas em casa de vegetação, com valores obtidos pelo método de Penman-Monteith, observaram que o desvio médio entre os valores medidos e calculados foi de 3,2 mm/dia.

A taxa de fotossíntese e a transpiração das plantas dependem da área foliar, razão pela qual têm sido usadas em estudos da dinâmica da água e na assimilação de CO₂. Assim, o desenvolvimento das plantas cultivadas está estreitamente relacionado à sua altura e à sua área foliar (BENBI, 1994). Vários trabalhos de simulação do desenvolvimento de culturas têm sido descritos na literatura e, como são bastante detalhados, requerem grande e diversificada base de dados, o que nem sempre é possível experimentalmente, tornando-os de difícil aplicação prática (SAKAI *et al.*, 1997). Portanto, modelos de simulação do crescimento e do desenvolvimento vegetal mais detalhados devem ser implementados com menor número de dados de entrada.

A evolução da área foliar, expressa através do índice de área foliar (IAF), pode ser usada na determinação da taxa de variação da produção de matéria seca. Para ÁVILA NETTO (1997), em culturas de ciclo vegetativo curto, o IAF pode ser estimado com elevado grau de precisão em função do número de dias após a semeadura ou à poda. SAKAI *et al.* (1997) descreveram vários modelos de determinação do índice de área foliar em florestas e seu relacionamento com a resistência da superfície vegetada. No caso de culturas perenes, como as frutíferas, quase não há informações sobre a evolução da área foliar, principalmente ao longo do ciclo produtivo (MOHANAKUMARAN *et al.*, 1964; CHACXO *et al.*, 1982). Como os frutos utilizam carboidratos, produzidos pela fotossíntese das folhas ou armazena-

dos em alguma outra parte da planta, é importante o entendimento da relação entre a área foliar e o desenvolvimento dos frutos em frutíferas como a mangueira (CHACXO *et al.*, 1982). Os efeitos da cobertura incompleta do solo pelas plantas são traduzidos pela resistência estomática do dossel, que para folhas anfiestomáticas e índice de área foliar pequeno é ainda maior, provocando, assim, baixa taxa de transpiração (JAMIERSON *et al.*, 1995).

Apesar da grande importância econômica dos frutos da mangueira, particularmente para a região Nordeste do Brasil, essa frutífera tem sido pouco estudada. Neste contexto, o presente trabalho objetivou analisar a variação diurna da transpiração, resistência estomática, temperatura foliar, radiação fotossinteticamente ativa e índice de área foliar ao longo do ciclo produtivo de um pomar de mangueiras irrigado.

Material e métodos

Os dados deste trabalho foram coletados em experimento de campo instalado num pomar de mangueiras, situado na Estação Experimental de Bebedouro (Embrapa Semi-Árido), em Petrolina, PE, na região do Submédio Rio São Francisco (Latitude: 09°09'S, Longitude: 40°22'W; Altitude: 365,5m). O clima da região é classificado como semi-árido e apresenta os seguintes valores normais anuais: temperatura 26,5°C, umidade relativa do ar 67,8%, precipitação pluvial 400mm, insolação 3.000 horas, evaporação 2.000mm e velocidade do vento 2,3m/s. O regime de chuvas é bastante irregular, com a estação chuvosa compreendida entre os meses de janeiro a abril (REEDY & AMORIM NETO, 1993). A cultura estudada foi a mangueira (*Mangífera indica*, L), variedade *Tommy Atkins*, com aproximadamente sete anos de idade. A radiação fotossinteticamente ativa, a condutância estomática, a transpiração e a temperatura foliar foram obtidas com porômetro de difusão de estado estacionário LI 1600, LI-COR, Inc., e o cálculo da superfície foliar com integralizador de área LI 3000, LI-COR, Inc.

O pomar foi irrigado por gotejamento com duas linhas de emissores espaçadas 1,8 metros e vazão 4,1 litros/hora. A lâmina de água foi aplicada diariamente ao solo de forma contínua, metade pela manhã e metade à tarde, com base na evaporação do tanque "Classe A" e utilizando-se o coeficiente de cultivo de 1,0. No controle da floração aplicou-se

Cultar (*Paclobutrazol*) numa dosagem de 2ml diluídos em 20 litros de água e distribuídos em sulco, sob as copas das plantas. A indução floral foi efetuada mediante a aplicação de uma solução de 4%, de nitrato de potássio e de cálcio. No manejo nutricional foram aplicados 62,55 gramas de nitrogênio por planta e, nos tratos fitossanitários, os fungicidas Afugang (*pyrazophos*) e Rubigan (*fenarimol*), nas dosagens de 15 e 5ml por 20 litros de água, respectivamente.

O experimento foi conduzido durante o ciclo produtivo do pomar de mangueiras com área de 0,99ha e cultivado num espaçamento de 5 metros entre plantas por 8 metros entre fileiras. Foram estudados os seguintes estádios fenológicos do ciclo produtivo, compreendidos entre a indução floral e a colheita: floração, queda das pétalas, formação e maturação de frutos, com durações de 20, 40, 50 e 10 dias, respectivamente. A floração teve início em 10/06/1999 e o final da colheita ocorreu em 15/11/1999.

As medições da transpiração, condutância estomática, radiação fotossinteticamente ativa e temperatura foliar foram efetuadas em dias representativos dos estádios fenológicos de floração (22/06/1999), queda (15/07/1999), formação (05/08/1999) e maturação de frutos (06/10/1999) do ciclo produtivo do pomar de mangueiras. Essas medições foram efetuadas no período das 6 às 18h, em intervalos de duas horas, no quarto dia após a primeira irrigação da semana, na parte abaxial e no centro das folhas de duas plantas representativas do pomar, em quatro folhas sombreadas e quatro ensolaradas, sempre na quinta ou sexta folha a partir do ápice do ramo de cada planta.

A resistência estomática foi obtida pela relação inversa da condutância estomática. Por outro lado, para obtenção do índice de área foliar (IAF) foram selecionadas aleatoriamente cinco amostras de cem folhas de uma planta, de forma que contemplasse folhas de todos os tamanhos. O IAF foi avaliado três vezes durante o experimento, nos estádios fenológicos de floração (01/07/1999), queda de frutos (01/09/1999) e maturação de frutos (01/11/1999), medindo-se a largura e o comprimento das folhas selecionadas aleatoriamente na base, meio e topo do dossel de uma planta representativa do pomar. A variação do fator de recobrimento do solo pela área foliar da planta foi também determinada, com base no diâmetro médio da projeção da copa das árvores no solo.

As áreas das folhas de cada amostra foram colocadas em tabelas de distribuição de frequências,

através das quais obtiveram-se as frequências relativas de cada classe (f_j) de área (FR_j). O número total de folhas de cada classe (NFC_j) foi obtido como:

$$NFC_j = FR_j \cdot N \quad (1)$$

em que N é o número total de folhas da planta. Determinou-se a área foliar média de cada classe (AFC_j) pelo produto entre NFC_j e o ponto médio da classe. Assim, a área foliar total da planta (AFP) foi obtida em função do somatório das áreas foliares médias de todas as classes, da seguinte forma:

$$AFP = \sum_{j=1}^n AFC_j \quad (2)$$

em que n é o número total de classes. Para a mangueira selecionada, o índice de área foliar (IAF_p) foi obtido pela relação entre AFP e a área de projeção horizontal da copa da planta no solo (A_p), ou seja:

$$IAF_p = \frac{AFP}{A_p} \quad (3)$$

As medições do comprimento (C) e da largura (L) das folhas da mangueira e a área foliar (AFP), estimada de acordo com o procedimento descrito anteriormente, possibilitaram a determinação do modelo de estimativa da área foliar da planta (AFP_{est}), expresso em m^2 , através da equação:

$$AFP_{est} = A_0 + A_1 L + A_2 C \quad (4)$$

em que A_0 , A_1 e A_2 representam os coeficientes de regressão linear, obtidos pelo método dos mínimos quadrados. Essas informações foram incorporadas ao modelo, expresso pela Equação 4, para avaliar a evolução da área foliar ao longo do ciclo produtivo do pomar de mangueiras.

Resultados e discussão

A variação diurna da resistência estomática, transpiração e temperatura foliar do pomar de mangueiras, em dias representativos dos estádios fenológicos de floração, queda, formação, e maturação de frutos, é apresentada na Figura 1. A resistência estomática da mangueira em qualquer estágio fenológico do ciclo produtivo foi sempre superior ao do estágio subsequente, exceto no início e final do período diurno, quando atingiu os máximos valores, que variaram de acordo com o estágio fenológico,

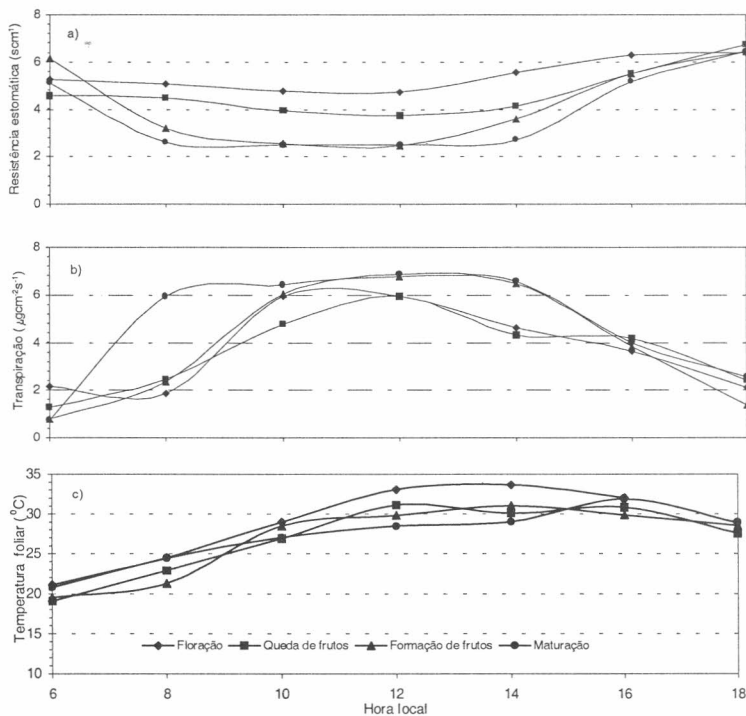


Figura 1. Variação diurna da resistência estomática, transpiração e temperatura foliar da mangueira nos estádios fenológicos de floração (22/06/1999), queda (15/07/1999), formação (05/08/1999) e maturação de frutos (06/10/1999), em Petrolina, PE.

entre 3,8 a 6 s cm^{-2} . Os valores mínimos ocorreram em torno do meio-dia e variaram, também de acordo com o estágio fenológico, entre 2,4 a 5,2 s cm^{-2} (Figura 1a). Como esperado, a variação diurna da transpiração da mangueira apresentou comportamento inverso ao da resistência estomática, com valores máximos entre 6 e 7 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ (5,2 e 6,1 mm dia^{-1}), ao meio-dia, e mínimos entre 0,6 e 2,6 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ (0,5 e 2,2 mm dia^{-1}), no início e final do período diurno, dependendo do estágio fenológico (Figura 1b). Em estudo do consumo hídrico da mangueira, SILVA (2000) observou picos máximos de evapotranspiração ao meio-dia, em todos os estádios do ciclo produtivo, e que a mesma é fortemente dependente da demanda evaporativa e do conteúdo de umidade do solo. Em todos os estádios do ciclo produtivo da mangueira, a redução da resistência estomática, a partir do início do período diurno, foi acompanhada pelo aumento da transpiração até ao meio-dia, e, em seguida, o aumento progressivo da resistência estomática provocou decréscimo da transpiração. Isso indica que a mangueira exerce forte controle da transpiração, através de seus estômatos, nos horários de alta e de

baixa demanda evapotranspiratória em qualquer estágio de seu ciclo produtivo. Resultados semelhantes foram obtidos por LIMA FILHO & SILVA (1988) em trabalho realizado com umbuzeiro na região de Petrolina, PE. Durante o ciclo produtivo do pomar de mangueiras, a temperatura foliar apresentou o mesmo comportamento em todos os estádios fenológicos, com valores máximos às 13h e mínimos no início e final do período diurno, às 6 e 18h, respectivamente, sendo que a temperatura ao pôr-do-sol foi aproximadamente 8 $^{\circ}\text{C}$ superior à das 6h (Figura 1c). Na maior parte do período diurno, a temperatura foliar de qualquer estágio fenológico foi também superior à temperatura do estágio fenológico subsequente, particularmente nos horários compreendidos entre às 10 e 15h, excetuando-se o estágio fenológico de formação de frutos. A menor temperatura foliar observada foi no estágio de queda de frutos (19 $^{\circ}\text{C}$), às 6h, e a maior no estágio de floração (36 $^{\circ}\text{C}$), às 13h.

A Figura 2 apresenta o comportamento da resistência estomática, transpiração e temperatura foliar, em função do número de dias após a floração (DAF), durante o ciclo produtivo do pomar de mangueiras. A primeira medição desses parâmetros foi realizada em 22/10/1999, dez dias após a floração. Observa-se que a resistência estomática decresceu rapidamente do valor de 5,5 s cm^{-2} , no 10 $^{\circ}$ DAF (floração), até atingir 4,3 s cm^{-2} no 50 $^{\circ}$ DAF (formação de frutos) e, em seguida, mais suavemente até atingir o valor mínimo de 3,8 s cm^{-2} , no final do ciclo produtivo (Figura 2a). Por outro lado, de acordo com a Figura 2b, a transpiração apresentou, como esperado, comportamento inverso ao da resistência estomática, ou seja, após aparente decréscimo até 30 $^{\circ}$ DAF (queda de frutos), quando atingiu aproximadamente 3,6 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ (3,1 mm dia^{-1}), aumentou linearmente até o valor máximo de 4,7 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ (4,1 mm dia^{-1}), no 117 $^{\circ}$ DAF (maturação de frutos). Neste particular, analisando o comportamento da resistência estomática e da transpiração da mangueira, a partir de dados obtidos em experimento realizado em 1998, em Petrolina, PE, SILVA *et al.* (1999) também

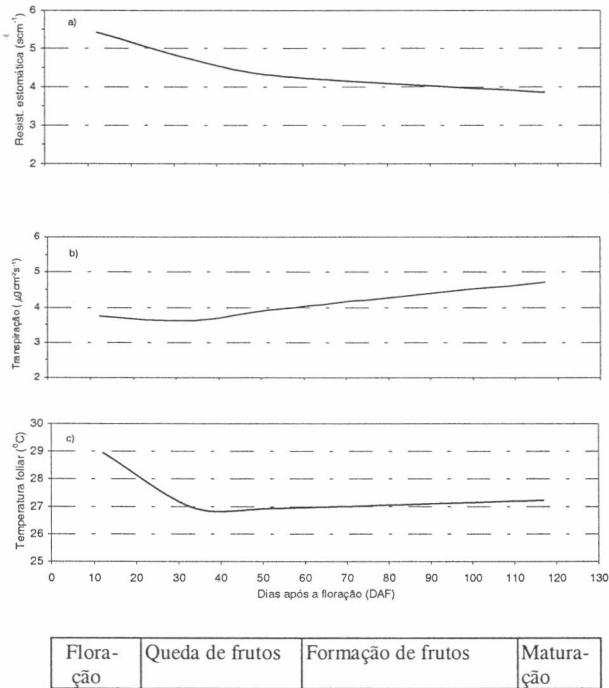


Figura 2. Comportamento da resistência estomática (a), transpiração (b) e temperatura foliar (c) durante o ciclo produtivo da mangueira irrigada, em Petrolina, PE.

observaram tendência decrescente da resistência estomática e crescente da transpiração ao longo do ciclo produtivo da mangueira. De acordo com a Figura 2c, a temperatura foliar decresceu do valor de 29°C, a partir do 10º DAF (floração), até atingir 26,9°C, no 40º DAF (queda de frutos), e, em seguida, manteve-se aproximadamente constante, em torno de 27°C, até o final do ciclo produtivo.

Com base na metodologia utilizada e no número total de folhas (58.232 folhas), obtido através da poda integral da planta selecionada como testemunha, obteve-se a área foliar da planta (AFP) de 532,6m², índice de área foliar da planta (IAF_p) de 15,1, índice de área foliar da parcela experimental (IAF_{exp}) de 13,3 e o seguinte modelo de estimativa da área foliar da mangueira: $AFP = -82,59 + 16,25L + 3,72C$, com coeficiente de determinação (r^2) de 0,94. Aplicando-se ao modelo a largura e o comprimento médio das folhas de todas as amostras coletadas, obteve-se a área foliar média da mangueira (AFP_{est}) de 538,3m². A relação entre o índice de área foliar, obtida pela metodologia apresentada (IAF_{obs}) e pelo modelo de estimativa (IAF_{mod}), evidencia excelente ajuste entre os dados (Figura 3), com coeficiente de determinação de 0,94. Esse resultado sugere que a

área foliar da mangueira pode ser modelada, com considerável precisão, em função da largura e comprimento das folhas. Assim, para determinação do índice de área foliar da mangueira (IAF), aplicou-se ao modelo as medições da largura e comprimento das folhas realizadas em 01/07, 01/09 e 01/11/1999, as quais resultaram em IAF de 12,9; 15,0 e 14,1, correspondentes, respectivamente, aos estádios fenológicos de floração, queda e maturação de frutos. A área média da projeção da copa da árvore no solo manteve-se praticamente constante, em de torno de 34 m², correspondendo a 85% da área ocupada pela planta, durante o ciclo produtivo da mangueira. Assumindo como circular o dossel do limoeiro, DAAMEN et al. (1999) encontraram a projeção da copa da árvore no solo na ordem de 39% da área disponível para a planta. Por outro lado, SILVA (2000), estudando as necessidades hídricas da mangueira, observou comportamento semelhante do coeficiente de cultivo ao longo do ciclo produtivo dessa cultura, ou seja, valores mínimos nos estádios fenológicos de floração e maturação de frutos e máximo no estágio de queda de frutos.

O ciclo diurno da radiação fotosinteticamente ativa, correspondente à média dos valores obtidos nos estádios fenológicos de floração, queda, formação e maturação de frutos do ciclo produtivo da planta, apresentou valores máximos no período compreendido entre às 10 e 15h, sendo o maior deles aproximadamente 800μmol/m²s e ocorreu em torno das 10h (Figura 4). Em pesquisa realizada com a cultura da videira na mesma área de realização desse experimento, TEIXEIRA et al. (1997), em dias de céu claro e com base em medições em folhas sombreadas, obtiveram fluxos de radiação fotossinteticamente ativa da ordem de 1200μmol/m²s em torno do meio-dia.

Conclusões

- 1 - Durante o ciclo produtivo da mangueira, a resistência estomática de qualquer estágio fenológico é sempre superior ao estágio fenológico subsequente; a transpiração é máxima no estágio fenológico de maturação e mínima no estágio de floração de frutos.
- 2 - A área foliar da mangueira na região do Submédio Rio São Francisco pode ser estimada, com considerável precisão, em função da largura e do comprimento das folhas, através de modelo linear.

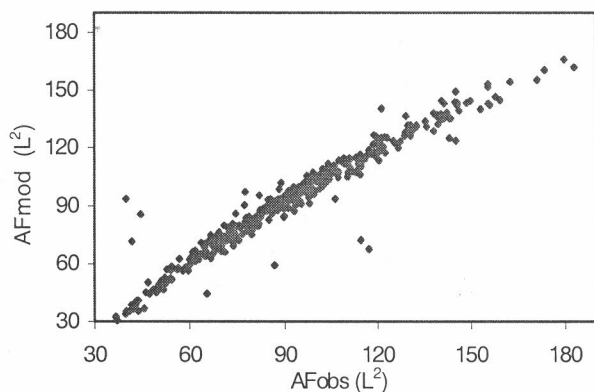


Figura 3. Relação entre as áreas foliares observada (AF_{obs}) e estimada (AF_{mod}) da mangueira, em Petrolina, PE, 1999.

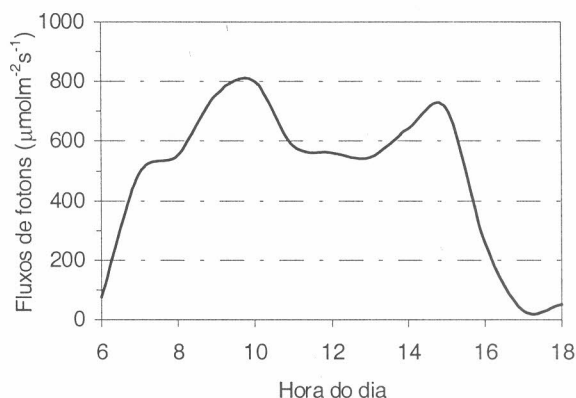


Figura 4. Comportamento diurno médio da radiação fotossinteticamente ativa, em Petrolina, PE, 1999.

Referências bibliográficas

ÁVILA NETTO, J. **Necessidades hídricas da videira na região do Submédio São Francisco**. Campina Grande: UFPB, 1997, 86 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal da Paraíba, 1997.

BAILEY, B.J. Transpiration of *Ficus benjamina*: comparison of measurements with predictions of the Penman-Monteith model and simplified version. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 229-243, 1993.

BENBI, D. K. Prediction of leaf area indexes and yield of wheat. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 122, n. 1, p. 13-20, 1994.

CHACXO, E.K.; REDDY, Y.T.N.; ANANTHANARAYANAN, T.V. Studies on the relationships between leaf number and area and fruit development in mango (*Mangifera indica* L.). **Journal of Horticultural Science**, Ashford-Kent, v. 57, n. 4, p. 483-492, 1982.

DAAMEM, C.C. et al. Energy flux measurements in a sheltered lemon orchard. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p. 171-183, 1999.

JAMIERSON, P.D. et al. Effects of water deficits on evapotranspiration from barley. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 76, n. 1, p. 41-58, 1995.

LIMA FILHO, J.M.P.; SILVA, C.M.S. Aspectos fisiológicos do umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 10, p. 1091-1094, 1988.

MOHANAKUMARAN, N.; KRISHNAMURTHY, S.; MODHAVA RAO, V.N. Influence of leaf area on the yield and quality of some varieties of grapes. **South Indian Horticulture**, Bangalore, v. 12, n. 1, p. 29-49, 1964.

REEDY, S.J.; AMORIM NETO, M. da S. **Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1983. 280 p.

SAKAI, R.K., FITZJARRALD, D.R., MOORE, K.E. Detecting leaf area and surface resistance during transition seasons. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 84, n. 1, p. 273-284, 1997.

SILVA, V.P.R. et al. Medições porométricas num pomar de mangueira irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, 1999. Florianópolis - SC. **Anais...**, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/IPAGRI, 1999, CD.

SILVA, V.P.R. **Estimativas das necessidades hídricas da mangueira**. Campina Grande: UFPB/CDRN. 129 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Curso de Doutorado em Recursos Naturais, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, 2000.

STEWART, J.B. Measurement and prediction of evaporation from forested and agricultural catchments. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 8, n.1, p. 1-28, 1984.

TEIXEIRA, A.H.C.; LIMA FILHO, J. M. P. Relações entre o índice de área foliar e radiação solar na cultura da videira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 143-146, 1997.