

CURSO DIÁRIO DAS PERDAS DE VAPOR D'ÁGUA, DA TEMPERATURA E DO POTENCIAL DA ÁGUA DA FOLHA EM GERMOPLASMA DE CARAMBOLA
(Averrhoa carambola L.)

Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira¹

Josué Francisco da Silva Júnior²

Elizamar Ciríaco da Silva³

Ildo Eliezer Lederman⁴

Recebido em 20/07/2000. Aceito em 14/01/2002.

RESUMO – (Curso diário das perdas de vapor d'água, da temperatura e do potencial da água da folha em germoplasma de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Este trabalho objetivou avaliar o curso diário das perdas de vapor d'água, da temperatura e do potencial da água foliares em dois acessos de caramboleiras na fenofase de produção de frutos. A pesquisa foi realizada no campo, utilizando-se dois acessos de caramboleiras (IPA-1.3 e IPA-25.1) e três horários de avaliação (7, 12 e 17 horas). As variáveis avaliadas foram temperatura foliar, resistência à difusão de vapor, transpiração, potencial da água foliar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação fotossinteticamente ativa. As plantas dos dois acessos não restringiram as trocas gasosas nas horas mais quentes do dia. O acesso IPA 25.1 mostrou-se mais sensível à baixa luminosidade que o IPA 3.1. Houve variabilidade genotípica entre os acessos, sobretudo em relação ao potencial da água da folha.

Palavras-chave – Transpiração, resistência difusiva, fruticultura tropical

ABSTRACT – (Daily course of water vapour exchange, leaf temperature and water potential on starfruit (*Averrhoa carambola* L.) germplasm). This work aimed to evaluate daily course of water vapour exchange, leaf temperature and water potential of the starfruit on fruit production phenophase. The research was carried out under field conditions, using two starfruit genotypes (IPA-1.3 and IPA-25.1) and three evaluation times (7, 12 and 17 hours). The variables analysed were leaf temperature, diffusive resistance, transpiration, leaf water potential, air temperature, relative humidity of air and photosynthetic active radiation (PAR). Both genotypes did not restrict water vapour exchanges on the warmer hours. IPA-25.1 was more sensible to low luminosity than IPA-3.1. There was genotypic variability between accessions, mainly in relation to leaf water potential.

Key words – Transpiration, diffusive resistance, tropical fruit crops

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Depto. Biologia; Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - Recife - PE; CEP 52171-900. e-mail: rmansur@hotmail.com.br.

² Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA/Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco - Facepe. CP 1022, CEP 50761-000, Recife, PE. e-mail: josuef@ipa.br.

³ UFRPE, Programa de Pós-Graduação em Botânica. e-mail: eciriaco@bol.com.br.

⁴ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa/IPA. e-mail: ildo@ipa.br.

Introdução

A caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), árvore de porte médio da família Oxalidaceae, é nativa do Sudeste asiático e requer condições de clima tropical ou subtropical quente para o seu cultivo (Gomes, 1989). Seus frutos têm conquistado nos últimos anos novos apreciadores e consumidores no mercado europeu, pelo sabor e forma exótica que possuem. A polpa é consumida fresca e na forma de geléias, molhos, com potas e picles, variando o seu sabor de doce a muito ácido (Donadio, 1998).

Em Pernambuco, a disseminação da caramboleira ocorre principalmente em sítios e pequenos pomares domésticos, tendo sido feita ao longo dos anos por meio de plantio de mudas originárias de sementes. Sendo assim, é grande a variabilidade genética entre plantas, expressa no porte, forma da copa, características de produção, tamanho e qualidade dos frutos (Lederman *et al.*, 2000). Embora a maior parte desse material ainda continue em estado silvestre ou não-domesticado, uma parte encontra-se “protegido” em bancos e coleções de germoplasma de diversas instituições de pesquisa e ensino do Brasil.

Nas condições edafoclimáticas nas quais a carambola é cultivada, é imprescindível o embasamento ecofisiológico para que se possa elucidar alterações metabólicas, principalmente aquelas relacionadas com a produtividade e qualidade dos seus frutos.

Os vegetais consomem uma grande quantidade de água, sendo que cerca de 98% do total transitado pela planta é perdido pelo processo de transpiração. Esse fluxo, entretanto, é necessário para o completo desenvolvimento do vegetal e quaisquer alterações poderão provocar danos irreparáveis na produção dos mesmos (Reichardt, 1978).

A taxa de transpiração em folhas de plantas mantidas nas condições naturais é determinada, principalmente, por duas variáveis físicas

– energia radiante e déficit de saturação de vapor do ar – e, por uma variável fisiológica – resistência difusiva (Santos Filho, 1984). Além disso, deve-se considerar o grau de disponibilidade hídrica do solo.

Vários autores têm tentado definir diferenças genotípicas em cultivares de diferentes espécies e estabelecer testes de seleção de germoplasma por meio de parâmetros fisiológicos (Nogueira, 1997; Nogueira *et al.*, 1998; Nogueira & Santos, 2000). A seleção de materiais adaptados aos diferentes ecossistemas e com características agronômicas superiores são fundamentais para o aumento das fronteiras agrícolas.

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar o curso diário das perdas de vapor d'água, da temperatura e o do potencial da água da folha em dois distintos acessos de caramboleira na fenofase de produção de frutos.

Material e métodos

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Itambé, pertencente à Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), localizada no Município de Itambé (7°24'50" S e 35°06'30" W), a uma altitude de 190m, na Zona da Mata Norte de Pernambuco, cujas características geoambientais anuais médias são: precipitação de 1.200 mm, temperatura de 24°C, umidade relativa do ar em torno de 80% e solo do tipo Podzólico vermelho-amarelo.

Foram utilizados indivíduos de dois acessos (IPA-1.3 e IPA-25.1) da Coleção de Germoplasma de Caramboleira do IPA, que é constituída por 70 acessos, representados cada um por uma planta propagada por meio de sementes. As plantas conduzidas em regime de sequeiro possuíam dez anos de idade e foram plantadas em espaçamento 7,0 x 7,0 m. Os dois acessos foram selecionados em função das diferenças agronômicas existentes entre os mesmos no tocante à produção ao longo de quatro anos (1994-1997) e, principalmente, às características fisiológicas.

co-químicas dos frutos, como teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez e relação °Brix/acidez (Lederman *et al.*, 2000). IPA-25.1 apresenta-se mais produtivo, com maiores SST e relação °Brix/acidez e menos ácido que IPA-1.3.

De cada acesso, foram selecionadas duas folhas maduras, completamente expandidas e expostas ao sol, nas direções norte, sul, leste e oeste, perfazendo um total de oito medidas por planta por dia. A transpiração (E) e a resistência difusiva do vapor d'água (Rs), foram avaliadas por meio de porômetro de equilíbrio dinâmico da LICOR, modelo LI-1600, às 7, 12 e 17 horas, em quatro dias consecutivos, claros e sem nuvens, durante o mês de maio de 1999. Simultaneamente, foram mensuradas a umidade relativa do ar da câmara porométrica (UR), as temperaturas das folhas (Tf) e do ar da câmara porométrica (Tar) e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) incidente na folha, mediante sensores quânticos e termopares acoplados ao referido equipamento. As condições de Tar e de UR do interior da câmara do porômetro foram próximas à do ambiente externo. O potencial da água foliar foi avaliado utilizando-se câmara de pressão de Scholander, modelo 3035, nos mesmos horários e nas mesmas folhas das medidas porométricas, conforme Nogueira *et al.* (2001). Para efeito de análise estatística considerou-se como uma repetição a média de duas folhas de cada ponto cardeal, totalizando 16 repetições para cada acesso, em cada horário de avaliação.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Também foi procedida a análise de correlações simples entre as variáveis climáticas e fisiológicas.

Resultados e discussão

A análise de variância demonstrou diferença significativa entre acessos, hora de avaliação

e sua interação, independente da variável fisiológica estudada (Tab. 1).

Durante o período de avaliação, a temperatura do ar variou de 26,0 a 32,6°C, a umidade relativa do ar de 49,4 a 72,7% e a radiação fotossinteticamente ativa de 14 a 1507 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Fig. 1A, 1C e 1E).

Em geral, os valores da Tf estiveram acima da Tar para ambos os acessos estudados, sendo a maior variação observada no horário de 12 horas, no acesso IPA 25.1 (3,5°C). Nogueira & Moraes (1996) encontraram diferenças de até 4,0°C em folhas de aceroleiras com oito meses de idade, durante a estação seca do ano. Em adição, Nogueira *et al.* (1999), trabalhando com quatro acessos de mangabeira encontraram diferenças de 1,0 a 2,5°C em folhas expostas ao sol. Comparando os acessos entre si, verificou-se que o IPA 25.1 apresentou valores de Tf significativamente mais elevados que o IPA 1.3 nos horários de 12 e 17 horas (Fig. 1B). É possível que essa diferença seja atribuída ao déficit hídrico do solo, já que as plantas foram conduzidas sob regime de sequeiro.

Os valores mais baixos de Rs foram observados pela manhã, os quais aumentaram progressivamente às 17 horas em ambos os acessos, sendo esse aumento mais pronunciado no acesso IPA 25.1, sugerindo uma maior sensibilidade do mesmo à condição de baixa luminosidade. Entre os acessos não houve diferença na Rs nos horários de 7 e 12 horas, diferindo significativamente apenas às 17 horas (Fig. 1D).

Nogueira & Moraes (1996), estudando três acessos de aceroleira, verificaram um aumento na Rs com o aumento na intensidade da radiação e decréscimo da UR. Em contraste, neste trabalho, não houve correlação da UR e PAR com Rs para os acessos de caramboleiras estudados.

Quanto à transpiração, os valores mais elevados foram observados às 12 horas, horário em que o déficit de pressão de vapor é máximo (Fig. 1F). Observaram-se também temperaturas foli-

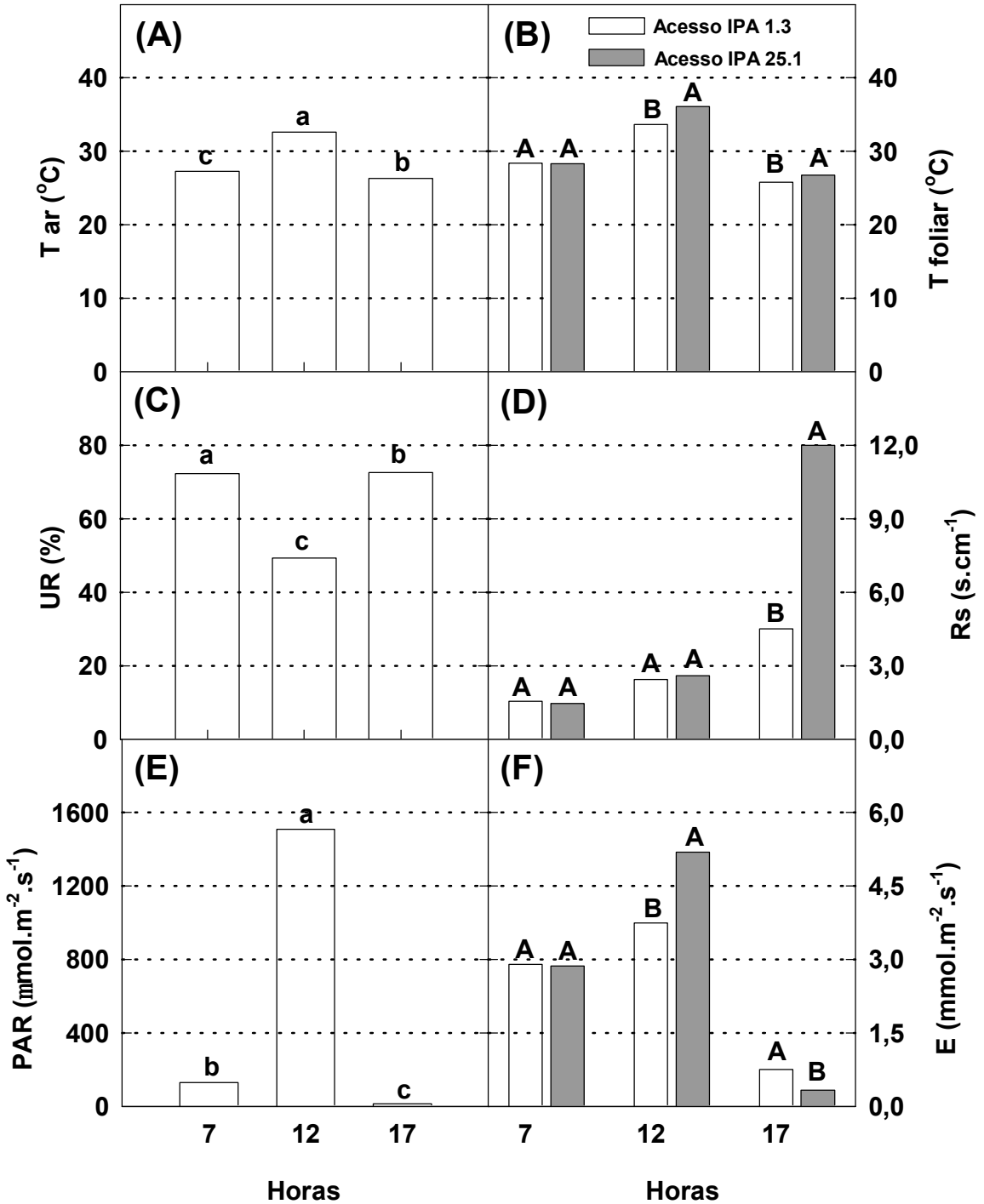


Figura 1. Valores nos diferentes horários da temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR), radiação fotossinteticamente ativa (PAR), temperatura foliar (Tf), resistência difusiva (Rs), e transpiração (E) em plantas jovens de dois acessos de caramboleiras, em condições de campo. Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas para horas e maiúsculas para acessos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Itambé, PE, maio/1999.

Tabela 1. Síntese da análise de variância para as variáveis fisiológicas estudadas (Tf – temperatura foliar, Rs – resistência difusiva, E – transpiração, Ψ_{fol} - potencial da água foliar) referente a dois acessos de caramboleiras.

Fonte de Variação	G.L	Quadrado Médio			
		Tf	Rs	E	Ψ_{fol}
		(°C)	(s.m ⁻¹)	(mmol.m ⁻² .s ⁻¹)	(MPa)
Acessos (A)	1	7,37**	37,87**	0,66**	0,76**
Horas (H)	2	160,77**	105,93**	31,17**	1,66**
A x H	2	3,03**	37,27**	1,94**	0,16**
Resíduo	18	0,10	0,11	0,05	0,00
C.V (%)		1,08	8,28	8,15	-1,55

** Significativo pelo teste F (P<0,01)

ares elevadas nesse período. Tal comportamento pode ser atribuído às características morfofisiológicas da folha da caramboleira (opaca, rugosa e com sintoma visível de perda rápida da turgescência). Por outro lado, as menores taxas transpiratórias foram obtidas às 17 horas, quando ocorreram os elevados valores de Rs e baixa intensidade de luz (Tab. 2). Com relação aos acessos, o IPA 1.3 diferiu significativamente do IPA 25.1 às 12 e 17 horas. Embora tenha havido essa diferença entre os acessos com relação à transpiração, não houve variação da Rs às 12 horas, significando que os estômatos apresentavam as mesmas condições de realização das trocas gasosas. É provável que a diferença observada às 17 horas tenha sido influenciada pela energia radiante que neste horário já apresenta-

va-se bastante reduzida. Nesse caso, os estômatos do acesso IPA-25.1 responderam mais rapidamente à ausência de luz do que o IPA-1.3.

No que diz respeito ao potencial hídrico foliar, os valores mais negativos foram observados às 12 horas, concordando com o horário de maior demanda evaporativa. Tanto IPA 1.3 quanto IPA 25.1 apresentaram diferenças significativas no potencial de água foliar entre os horários observados, como mostra a Tab. 3. Os decréscimos do Ψ_{fol} no horário de maior demanda evaporativa podem estar associados à defasagem entre a taxa transpiratória e a taxa de absorção de água pelas raízes (Ehrler *et al.*, 1978), ou relacionados com a falta temporária de água no solo (Carlson *et al.*, 1979), o que ocasionou aumento da Tf, indi-

Tabela 2. Matriz de correlação entre as variáveis climáticas (temperatura do ar - T ar, umidade relativa - UR e radiação fotossinteticamente ativa - PAR) e as variáveis fisiológicas (temperatura foliar - Tf, resistência difusiva - Rs, transpiração - E e potencial da água foliar - Ψ_{fol}) em dois acessos de caramboleira.

	UR	T ar	PAR
Tf	-0,9648**	0,9871**	0,9770**
Rs	0,2537 ^{NS}	-0,3086 ^{NS}	-0,3049 ^{NS}
E	-0,7451**	0,7801**	0,6933**
Ψ_{fol}	0,8791**	-0,8511**	-0,8373**

** Significativo pelo teste F (P<0,01)

^{NS} Não significativo

Tabela 3. Valores médios do curso diário do potencial da água foliar (Ψ_{fol}) em dois acessos de caramboleira, Itambé, PE.

Horários de avaliação	Ψ_{fol} (MPa)	
	IPA 1.3	IPA 25.1
7	-0,2aA	-1,6aB
12	-2,02bA	-2,17bB
17	-1,24cA	-1,48cB

Médias seguidas de mesma letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

cando que a planta estava sob estresse de água temporário.

Comparando os acessos, o Ψ_{fol} do IPA-1.3 diferiu significativamente do IPA-25.1, independente dos horários de avaliação estabelecidos, apresentando este último, valores mais negativos do que o primeiro. Nogueira *et al.* (2000), trabalhando com dois genótipos de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de deficiência hídrica também verificaram diferenças genotípicas no potencial da água foliar. Além disso, em plantas submetidas a 20 dias de suspensão de rega foram registrados valores no Ψ_{fol} de até -4,35 MPa. Valores de Ψ_{fol} semelhantes aos verificados neste trabalho (-2,04 a -2,17 MPa) foram obtidos por Ferreres *et al.* (1979), Vu & Yelenoski (1988) e Rieger (1992) em folhas de laranja submetidas a deficiência hídrica às 14 horas, embora as condições de crescimento dessa espécie tenham sido diferentes das verificadas para a caramboleira, neste trabalho.

Embora possam ser notadas diferenças genotípicas com base no Ψ_{fol} , seriam necessários estudos posteriores para verificação da adaptação ecofisiológica dessas plantas às condições ambientais da região. Vale salientar que Lederman *et al.* (2000), avaliando as características de rendimento dos mesmos acessos, encontraram que a produtividade em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e o teor de

sólidos solúveis totais do acesso IPA 25.1 foram, respectivamente, 17 e 34% mais elevados que no acesso IPA 1.3.

Conclusões

- As plantas dos dois acessos não restringiram as trocas gasosas nas horas mais quentes do dia;
- O acesso IPA 25.1 mostrou-se mais sensível à baixa luminosidade que o IPA 3.1;
- Houve variabilidade genotípica entre os acessos, sobretudo em relação ao potencial da água da folha.

Referências bibliográficas

- CARLSON, R.E.; MONEM, N.N.; ARJMAND, O. & SHAW, R.H. 1979. Leaf conductance and leaf-water potential relationship for two soybeans cultivars grown under controlled irrigation. *Agronomy Journal*, 71: 321-325.
- DONADIO, L.C.; NACHTIGAL, J.C. & SACRAMENTO, C.K. 1998. Frutas exóticas. Funep, Jaboticabal, SP. 279p.
- EHRLER, W. L.; IDSO, S. B.; JACKSON, R. D. & REGINATO, R. J. 1978. Diurnal changes in plant water potential and canopy temperature of wheat as affected by drought. *Agronomy Journal*, 70: 999-1004.
- FERRERES, E.; CRUZ-ROMERO, G; HOFFMAN, G.L. & RAWLINS, S. L. 1979. Recovery of orange trees following severe water stress. *Journal of Applied Ecology*, 16: 833-842.
- GOMES, R. P. Fruticultura brasileira. 1989. Nobel, São Paulo. 446p.
- LEDERMAN, I. E.; BEZERRA, J. E. F.; ASSUNÇÃO, M. A. & FREITAS, E. V. 2000. Caracterização e seleção de genótipos de caramboleiras (*Averrhoa carambola* L.) em Pernambuco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 22 (1) 31-35.
- NOGUEIRA, R. J. M. C. 1997. Expressões fisiológicas da aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) sob condições adversas. Tese de Doutorado, UFSCar. São Carlos.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; BURITY, H. A.; MORAES, J. A. P. V. 1998. Transpiração e potencial hídrico foliar em aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC)

- cultivadas na zona semi-árida de Pernambuco. Revista Científica Rural, 3 (2): 75-81.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MELO FILHO, P. A.; ARAÚJO, E. L. 1999. Expressões ecofisiológicas de gemoplasma de *Hancornia speciosa* Gomes cultivado no litoral de Pernambuco. Ciência Rural, 29 (4):731-732.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. 1996. Ecofisiologia da acerola I. Transpiração, resistência difusiva e temperatura foliar. Pp. 1085-1091. In: Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia. São Carlos 1996. UFSCar.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. 2000. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 4 (1):41-45.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA JUNIOR, J. F. DA; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; BURITY, H. A.; SANTOS, V. F. DOS. 2001. Comportamiento estomático y tensión de agua em el xilema de dos genotipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. Revista de Investigación Agraria Producción y Protección Vegetales, 15 (3): 213-225.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. DE; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. 2001. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 13 (1): 75-87.
- REICHARDT, K. 1978. A água na produção agrícola. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo. 119p.
- RIEGER, M. 1992. Growth, gas exchange, water uptake, and drought response of seedling-and cutting-propagated peach and citrus rootstocks. Journal of the American Society for Horticultural Science, 117: 834-840.
- SANTOS FILHO, B. G. 1984. Parâmetros biofísicos e fisiológicos associados à economia da água em plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp) submetidas a estresse hídrico. Tese de Doutorado. Unicamp, Campinas.
- VU, J. C. V.; YELENOSKY, G. 1988. Water deficit and associated changes in some photosynthetic parameters in leaves of "Valencia"orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Plant Physiology, 88: 375-378.