

ÁREAS BÁSICAS

FLUXO DE SEIVA XILEMÁTICA EM MAMOEIRO 'GOLDEN' CULTIVADO POR MICROASPERSÃO SOBRE COPA: RELAÇÕES COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS ⁽¹⁾

FABRÍCIO DE OLIVEIRA REIS ⁽²⁾; ELIEMAR CAMPOSTRINI ^(3*); ELIAS FERNANDES DE SOUSA ⁽³⁾

RESUMO

As técnicas de irrigação, bem como o uso de espécies adaptadas às condições de deficiência hídrica, têm sido cada vez mais importantes para o sucesso da produção vegetal. De fato, a adequada irrigação em plantas cultivadas pode melhorar a eficiência no uso da água, refletindo na qualidade do produto agrícola e no custo de produção. O estresse hídrico em fruteiras pode ser causado por deficiência de água no solo, na atmosfera ou em ambos. As variáveis ambientais regulam a perda de água pelas plantas, e os elevados valores de déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ($DPV_{\text{folha-ar}}$) podem causar fechamento estomático e reduzir o processo transpiratório, principalmente em plantas de grande porte. Neste trabalho, utilizou-se o método de dissipação de calor no caule proposto por GRANIER (1985) para a medição do fluxo de seiva xilemática (FS). Assim, objetivou-se obter possíveis relações entre os valores de FS e os valores de evapotranspiração de referência (ET_0) em mamoeiros cultivados com e sem microaspersão sobre copa (MASC) em condição de campo, assim como investigar as relações entre os valores do FS e a radiação global (RG) e déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}). Constatou-se uma defasagem entre a perda de água pelas folhas e o movimento de água através do tronco (fase *lag*). De janeiro a março, obteve-se uma boa correlação entre FS e DPV_{ar} , fato não observado de junho a agosto, provavelmente devido a esta fase *lag*. De janeiro a março, as plantas que receberam MASC tiveram o FS aumentado em relação às plantas-controle, época em que o ET_0 foi maior.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., fluxo de seiva, variáveis climáticas.

ABSTRACT

RELATIONSHIP BETWEEN SAP FLOW AND ENVIRONMENTAL VARIABLES IN A MICROSPRAY IRRIGATION UPON PAPAYA TREE CANOPY

Irrigation management and the use of plants adapted to water stress conditions have been very important to the success of plant production. It is now recognized that fine-tuning irrigation can improve crop water-use efficiency, creating positive impact on quality of products, and on cost of production. The water stress in fruit crops is generally caused by the deficit of water in the soil, in the atmosphere or in both. The environmental variables control the plant water loss. However, high values of leaf to air vapor pressure deficit ($VPD_{\text{leaf-to-air}}$) can cause the stomatal closure and can reduce the transpiration process,

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 22 de fevereiro de 2008 e aceito em 6 de fevereiro de 2009.

⁽²⁾ Departamento de Química e Biologia, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, s/nº, 65055-310 Tiriúcal, São Luís (MA). E-mail: fareoli@gmail.com

⁽³⁾ Universidade Estadual do Norte Fluminense, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Avenida Alberto Lamego, 2000, 28015-620 Campos dos Goytacazes (RJ). E-mail: campost@uenf.br (*) Autor correspondente; efs@uenf.br

mainly in large trees. In this experiment, it was used the heat dissipation method developed by GRANIER (1985) to sap flow measurements. The aim of this study was to determine the relationship between xylem sap flow and reference evapotranspiration (ET_0) in papaya plants cultivated with and without microspray irrigation over canopy and under field conditions. It was also investigated the relationship between xylem sap flow, photosynthetic photons flux density (PPFD) and air vapor pressure deficit (VPD_{air}) values. There was a delay between the loss of water through the leaves and the movement of water through the trunk (*lag* phase). From January to March, there was a better relation between xylem sap flow and VPD_{air} , which was not observed from June to August, probably because of this *lag* phase. From January to March, plants cultivated with microaspiration showed an increase in xylem sap flow, in relation to plants cultivated without microaspiration when, at this stage, the ET_0 was higher.

Key words: *Carica papaya* L., sap flow, environmental variables.

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água para as plantas de interesse agrônomo promove redução na produtividade e é uma das maiores limitações para a expansão do cultivo em áreas agricultáveis no planeta (CHAVES e OLIVEIRA, 2004). Dentre os cenários sugeridos pelo painel intergovernamental de mudanças climáticas (IPCC, 2001), haverá maior quantidade de áreas áridas, e, desta maneira, a técnica de irrigação, bem como o uso de espécies adaptadas a estas condições de limitação hídrica serão de grande utilidade. A aplicação de água de maneira adequada nas culturas pode melhorar a eficiência no uso deste recurso e promover maior qualidade do produto agrícola produzido (CHAVES e OLIVEIRA, 2004).

O déficit hídrico em fruteiras pode ser causado por deficiência de água no solo, na atmosfera ou em ambos (FLORE e LACKSO, 1989). A demanda por água da atmosfera pode ser avaliada por $DPV_{folha-ar}$ e essa variável pode afetar a saída da água da folha, por ação negativa sobre a condutância estomática (EL-SHARKAWY et al., 1985; FRANKS e FARQUHAR, 1999). Nos trabalhos realizados por HERNANDEZ et al. (1989), em cafeeiro, chá e cacau, valores do $DPV_{folha-ar}$ até 1 kPa causaram elevação na transpiração e, acima deste valor até 4 kPa, ocorreu uma redução da transpiração.

A ação da luz sobre o processo transpiratório pode ser de forma direta e indireta, atuando sobre a temperatura foliar, e esta última variável influenciará a pressão de saturação de vapor d'água dentro da folha (e_{sfolha}) (LONG e HALLGREN, 1993). Em outras palavras, valores elevados de radiação global podem causar elevações na temperatura da folha e, conseqüentemente, valores elevados de e_s , e maior $DPV_{folha-ar}$. Dessa maneira, estratégias de redução da temperatura foliar, por outros meios que não pela transpiração, podem contribuir para maior condutância estomática e, conseqüentemente, maior assimilação do CO_2 . É possível reduzir a temperatura da folha por meio da microaspiração sobre copa nos horários mais quentes do dia.

Dentre as técnicas utilizadas para a medição da transpiração, o uso de métodos térmicos (termopares) tem levado a razoáveis estimativas do fluxo de água pelo tronco (SMITH e ALLEN, 1996; GRANIER, 1987). Existem três métodos principais para medição do fluxo de seiva: o método de dissipação de calor; o método do balanço de calor; e o de pulso de calor (SMITH e ALLEN, 1996; GRANIER, 1987). Esses métodos se baseiam nas propriedades de dissipação do calor pelo movimento da água através do tronco (DRAGONI et al., 2005) e admite que a água do xilema tem maior contribuição para a resposta dos sensores do que a do floema (PEARCY et al., 1989).

Quando se efetuam determinações do movimento de água no tronco de plantas de menor porte, este é equivalente à transpiração do dossel (WULLSCHLEGER et al., 1998). Entretanto, em árvores, existe uma defasagem, ou seja, pode haver uma transpiração do dossel sem haver um imediato movimento de água no tronco (SCHULZE et al., 1985; PHILLIPS et al., 1997). Segundo WULLSCHLEGER et al. (1998), esta defasagem pode variar de minutos a várias horas, e vai depender da capacidade de armazenamento de água na biomassa do tronco acima do local de inserção das sondas. Como exemplo, na parte da manhã, o fluxo de água que sai do dossel (transpiração) é bem maior que o movimento de água detectado nas sondas localizadas na base do tronco (SCHULZE et al., 1985). Porém, no período da tarde, o fluxo de água na base do tronco pode ser maior que a transpiração do dossel, o que indica uma recarga de água na biomassa do tronco.

Em mamoeiro, a irrigação é recomendada durante os períodos de baixa precipitação pluvial, visando elevar o crescimento e a produção de frutos da espécie (MALO e CAMPBELL, 1986). Dentre os recursos utilizados na produção comercial do mamoeiro, a água é um dos que necessita considerável racionalidade, uma vez que, em quantidades inadequadas, este fator do ambiente pode comprometer a produtividade. Desta maneira, a busca de metodologias mais simples, por meio do uso de

variáveis climáticas de fácil determinação, pode ser de grande importância quando se deseja estimar a demanda hídrica do mamoeiro, e desta forma otimizar a aplicação de água para esta cultura. Ainda, a busca de relações entre estas variáveis climáticas e a quantidade de água perdida diretamente pela planta de mamoeiro é de fundamental importância.

Na literatura, são poucos os trabalhos relacionados às exigências hídricas do mamoeiro e metodologias envolvidas. Assim, tais trabalhos poderão ter importância para produtores que cultivam o mamoeiro, uma vez que novas técnicas possam contribuir para o manejo adequado de água desta espécie, em especial o que se refere aos custos e ao aumento de produtividade. Portanto, este trabalho objetivou buscar possíveis relações entre as variáveis ambientais e o fluxo de seiva xilemática em troncos de mamoeiros cultivados, bem como verificar se a aplicação de água via microaspersão sobre copa em condição de campo poderia modificar as relações supracitadas. Tais relações serão fundamentais na quantificação indireta da perda de água em cultivos comerciais desta espécie em estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal e condições de cultivo

O estudo foi realizado durante um ano em uma área de plantio comercial localizada no município de Linhares, situado no Norte do Estado do Espírito Santo (19° 10' S e 39° 50' O). Foram estabelecidas duas épocas de trabalho, a época compreendida entre 12 de janeiro e 31 de março de 2005, e a época compreendida entre 1.º de junho a 31 de agosto de 2005. Na época do experimento, a área escolhida possuía 0,25 ha, com baixa declividade. O solo onde foi instalado o experimento é Argissolo Amarelo.

O transplantio das mudas foi realizado em agosto de 2004, quando estavam com dois meses de idade e 30 cm de altura; o início dos tratamentos (microaspersão sobre copa - MASC) foi em dezembro deste mesmo ano. Os tratamentos foram aplicados no início do florescimento das plantas e estes foram finalizados em janeiro de 2006.

A lavoura foi irrigada por gotejamento, com um gotejador por planta e o espaçamento utilizado foi de 1,50 x 3,80 m. A irrigação por gotejamento era realizada todos os dias, às 9h e às 16h com vazão de 11 L h⁻¹. O tempo de irrigação era de acordo com a evapotranspiração de referência registrada no dia anterior pela estação climatológica da fazenda. A

adubação foi feita por meio de fertirrigação de acordo com o sistema de produção comercial de frutos utilizado pela empresa Caliman Agrícola S/A. A média mensal de adubos por fertirrigação foi de: 36,56 kg ha⁻¹ de Ca(NO₃)₂; 12,75 kg ha⁻¹ de MgSO₄; 22,84 kg ha⁻¹ de K₂SO₄; 4,05 kg ha⁻¹ de MAP (fosfato monoamônico, fonte de P₂O₅) e 0,35 kg ha⁻¹ de micronutrientes.

Na área experimental, para se efetuar a aplicação da água por meio da microaspersão sobre a copa (MASC) das plantas de mamoeiro, foi instalado um cabo (arame galvanizado) sobre a linha de plantio com altura de 5 m. Neste arame foram instalados os microaspersores espaçados de 3 m de distância um do outro, ou seja, um microaspersor para cada duas plantas. No tratamento considerado controle não foi aplicado água por microaspersão. Para se ter certeza de que não havia presença de água no tratamento controle, entre os tratamentos (controle e microaspersão sobre copa), havia duas linhas como bordadura. O tratamento com microaspersão sobre copa e o controle tiveram quatro linhas cada um. Desta maneira, havia uma linha de plantio com plantas-controle, espaçadas com duas linhas como bordadura, depois uma linha com plantas submetidas à microaspersão sobre copa, espaçadas com duas linhas como bordadura, depois uma linha-controle e, nesta sequência, até completarem quatro linhas-controle e quatro linhas com microaspersão.

Os microaspersores foram acionados por um sensor automático de temperatura, com vazão de 21 L h⁻¹. Uma bomba hidráulica era acionada quando a temperatura do ar atingia 27 °C. Esta informação foi baseada em trabalhos preliminares feitos por REIS (2003). O sensor de temperatura foi colocado dentro do dossel, na sombra, em uma planta que recebia microaspersão sobre copa. Em aproximadamente 10 minutos de funcionamento, os microaspersores eram desligados automaticamente, quando a temperatura diminuía para 25 °C. O principal objetivo da microaspersão sobre copa foi reduzir a temperatura foliar e otimizar as trocas gasosas nos horários mais quentes do dia.

Determinação do fluxo de seiva

Foi utilizado o método de dissipação de calor (calor constante), proposto por GRANIER (1985), com o equipamento Sap Flow System (Dynamax, USA), em que duas sondas cilíndricas de 2 mm de diâmetro e 30 mm de comprimento foram inseridas radialmente no nó do caule das plantas a uma altura de 0,30 m em relação ao solo. Em cada planta, foram inseridos dois pares de sondas. Ambas as sondas eram espaçadas em aproximadamente 50 mm.

A sonda superior possui uma resistência (elemento aquecedor) e uma junção de termopar (medidor de temperatura). A sonda inferior possui apenas uma junção de termopar. Aplicou-se potência constante à sonda e a diferença de temperatura entre as duas sondas (DT) era dependente do fluxo de seiva (U). Com o aumento do fluxo, o calor era dissipado mais rapidamente e, portanto, a variável DT decrescia. Quando não havia fluxo de seiva, principalmente em horários noturnos, a diferença de temperatura entre as sondas atingia o valor máximo ($DT_{m\acute{a}x}$) (GRANIER, 1985). As sondas foram cobertas com uma manta aluminizada para evitar os possíveis efeitos diretos da radiação solar e da temperatura do ar e do solo sobre o termopar.

Para a estimativa da relação entre DT e U, foram feitos testes preliminares, objetivando efetuar a relação entre a variação da temperatura entre as sondas e o fluxo real da seiva xilemática através do tronco do mamoeiro, estabelecendo assim uma calibração específica para esta cultura (REIS et al., 2006). A partir do trabalho proposto por REIS et al. (2006), foi possível estabelecer a relação entre DT e o fluxo de seiva xilemática (U) expresso por unidade de área do xilema ativo. A determinação da área do xilema ativo foi feita de acordo com REIS et al. (2006).

Para expressar a densidade de fluxo de seiva, a área foliar total da planta de mamoeiro foi estimada segundo método proposto por CAMPOSTRINI e YAMANISHI (2001).

Variáveis ambientais

As variáveis meteorológicas como temperatura e umidade relativa do ar, radiação global (300 a 1100 nm), velocidade do vento e precipitação pluvial foram monitorados por meio de uma miniestação climatológica 'WatchDog' modelo 900ET (Spectrum Technologies, Inc. - Illinois, U.S.A). Os valores das variáveis foram armazenados a cada hora. A partir dos valores de temperatura do ar e umidade relativa, calculou-se o déficit de pressão de vapor da água do ar.

A evapotranspiração de referência (ET_0) foi calculada pela equação de Penman-Monteith, parametrizada pela FAO (PEREIRA et al., 1997). Considerou-se que o balanço diário do fluxo de calor no solo foi igual a zero ($G=0$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em março, a temperatura máxima do ar foi em torno de 35 °C, enquanto em junho, o valor desta variável foi de 32 °C (Figuras 1A e 1B). A temperatura mínima do ar em março atingiu valores próximos a

20 °C, e em junho, tal variável atingiu o valor em torno de 15 °C. No geral, como era de se esperar, as temperaturas do ar, tanto máximas como mínimas, foram menores em junho do que em março. Observa-se na variável temperatura do ar uma relação positiva com a radiação global. Os valores máximos registrados de radiação global diária foram de aproximadamente 24 MJ m⁻²d⁻¹, em março, enquanto em junho, ficaram próximos a 14 MJ m⁻²d⁻¹ (Figura 1C e 1D respectivamente). Como é mostrado na figura 1E, em março, os valores médios diários do DPV_{ar} foram maiores, atingindo valores máximos em torno de 1,0 kPa, enquanto em junho, esta variável atingiu valores máximos em torno de 0,6 kPa. A precipitação pluvial foi maior em março, com o somatório do mês próximo de 120 mm. Em junho, a precipitação pluvial total do mês foi de 31 mm.

Os fatores do ambiente como luz e o DPV_{ar} podem influenciar direta e indiretamente a transpiração, avaliada pelo fluxo de seiva (FS) (MORIKAWA et al., 1986). Segundo MORIKAWA et al. (1986), uma relação elevada e positiva é observada entre FS e estas variáveis do ambiente. Entretanto, estas relações podem variar entre plantas com tamanho de dosséis diferentes (BRÉDA et al., 1993).

Neste trabalho com mamoeiro, em ambos os tratamentos [sem aplicação de água via microaspersão sobre copa (controle) e com microaspersão sobre copa (MASC)], em janeiro/março, observou-se correlação razoável entre radiação global e FS (Figura 2). No entanto, a maior dispersão dos pontos foi observada em junho/agosto. Essa maior dispersão dos dados pode estar relacionada à altura de inserção das sondas no tronco, pois para o método utilizado, a altura de inserção costuma ser uma fonte de erro. Como consequência, valores mais baixos do coeficiente de determinação foram observados. Em janeiro/março, para cada 400 μmol m⁻² s⁻¹ de chegada de fótons sobre o dossel das plantas, ocorre um incremento na passagem água no tronco das plantas de mamoeiro de 0,08 e 0,12 L h⁻¹ m⁻² folha, nos tratamentos controle e MASC respectivamente. Esse valor maior do fluxo de seiva no tratamento MASC foi associado à maior condutância estomática e à maior transpiração avaliados por meio do sistema portátil de medição das trocas gasosas (Dados não-mostrados). Contudo, em junho/agosto, esses valores foram de 0,16 L h⁻¹ m⁻² folha em ambos os tratamentos. Em janeiro/março, o tratamento MASC representou um valor 1,5 maior, pois a presença de água sobre a superfície foliar permitiu maior redução da temperatura foliar, causando menor $DPV_{folha-ar}$.

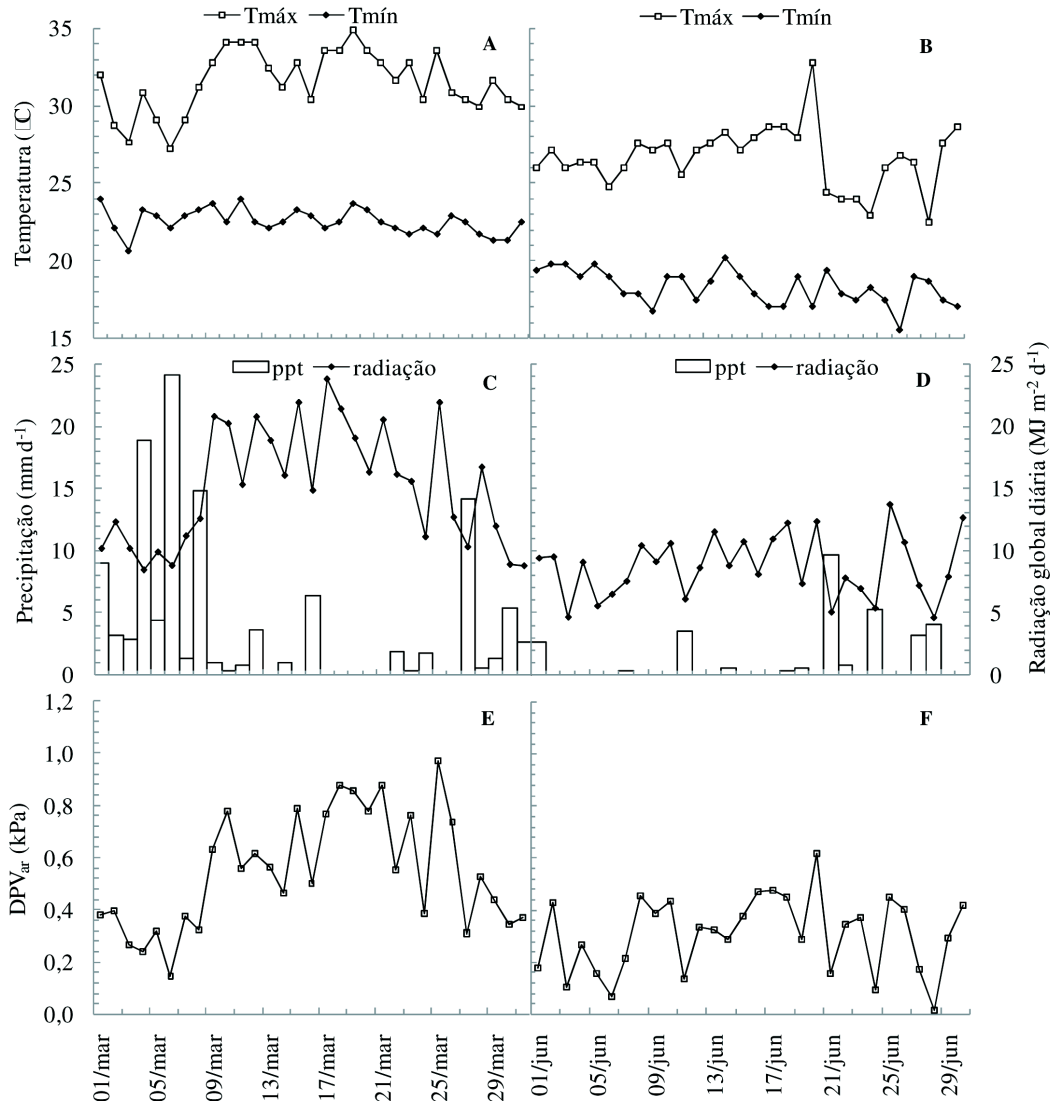


Figura 1. Valores diários de temperatura máxima (°C) e mínima (°C) do ar (A e B); valores médios de radiação global diária (MJ m⁻² d⁻¹) e precipitação total do dia (mm d⁻¹) (C e D); valores médios diários de déficit de pressão de vapor do ar (kPa) em março (A, C e E) e junho (B, D e F) de 2005.

Em junho/agosto, principalmente nas plantas MASC, nota-se grande número de valores de FS bem próximos de zero, em elevados valores de radiação global (Figuras 2B e 2D). Ainda, nesta figura, observam-se valores elevados de FS, em quantidades de radiação global bem baixas ou quase nulas. Tais respostas podem ser explicadas por meio da defasagem entre a transpiração do dossel (Dados não mostrados) e a resposta da temperatura nos sensores instalados na base do tronco do mamoeiro (Fase *lag*) (ZHANG et al., 1997; WULLSCHLEGER et al., 1998). Logo pela manhã, têm-se valores elevados de radiação global, sem haver sensibilidade na região das sondas. Neste caso, ocorre a saída de água do dossel e esta água

somente é repostada mais tarde, por meio da água armazenada no tronco acima do ponto de inserção das sondas. Somente após este período de abastecimento é que vai ocorrer a sensibilização na região das sondas. Logo pela manhã, primeiramente, a água presente nas folhas é evaporada, para depois sensibilizar as sondas localizadas na base da planta. Um raciocínio inverso deverá ser feito no fim do dia. Neste período do dia (Fim de tarde), há valores de radiação global reduzidos, com elevados valores de FS. Nesta condição, os estômatos estão mais fechados, e o tronco está na fase de abastecimento de água para as partes localizadas na extremidade do dossel.

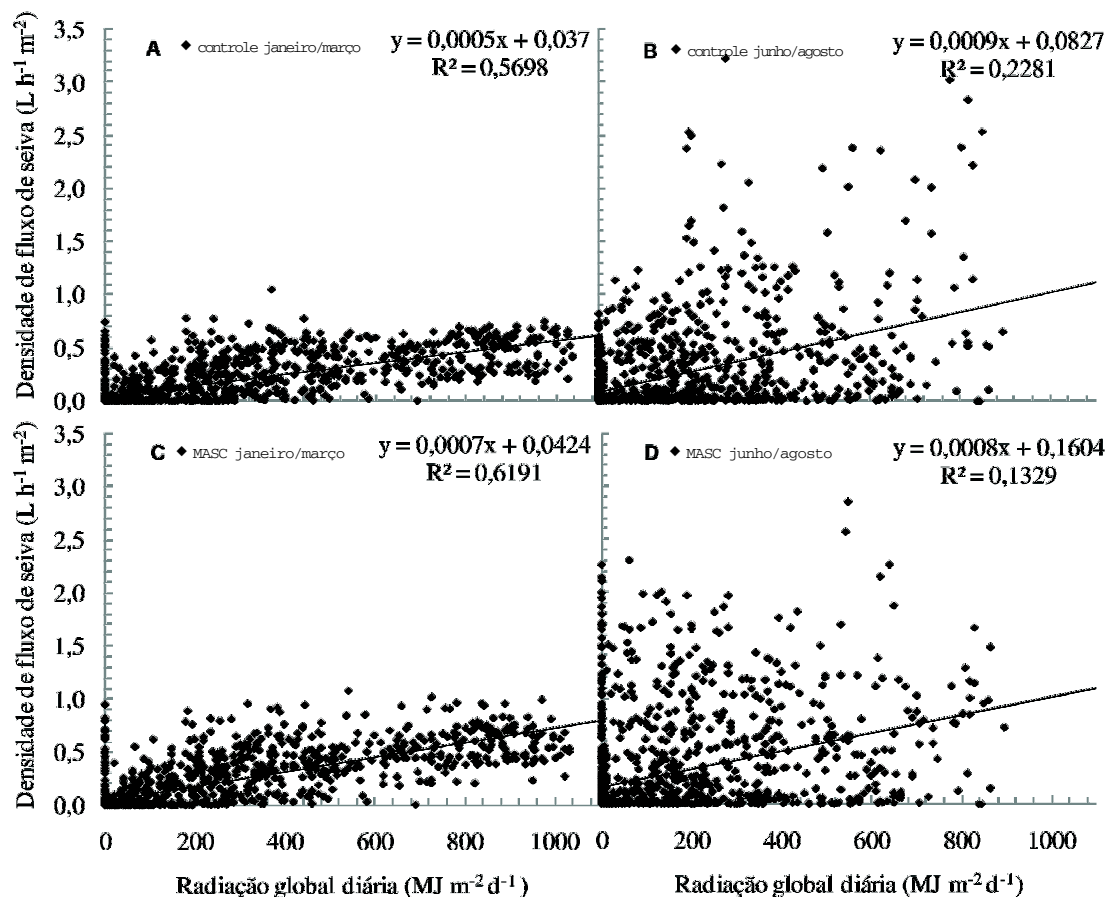


Figura 2. Relação entre densidade de fluxo de seiva e radiação global diária, sem (A e B) e com microaspersão sobre copa (C e D). Janeiro/março (A e C) e junho/agosto (B e D).

Um fato a ser relatado é que a presença da defasagem de tempo entre transpiração e a resposta das sondas também pode ser observada em menor intensidade em janeiro/março (Figuras 2A e 2C). Em junho/agosto, foi observado maior número de defasagens entre a transpiração das folhas e o fluxo de seiva. Esse fato pode estar relacionado com maiores resistências ao fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera. Como o sistema de irrigação adotado no experimento foi o do tipo gotejamento, e no inverno teve reduzida precipitação pluvial (Figura 1), uma ausência de uniformidade do molhamento radicular pode conferir tal resistência no sistema supracitado, e justificar tal resultado.

Em junho/agosto, observaram-se no DPV_{ar} valores máximos em torno de 2 kPa, enquanto em janeiro/março, os máximos valores desta variável foram de 3,5 kPa (Figura 3). Em janeiro/março, as plantas que receberam MASC (Figura 3C) tiveram pequeno incremento no FS. Em junho/agosto, o tratamento-contrôle revelou maiores valores do FS, ou seja, no verão, a aplicação de água sobre a copa contribui para pequeno aumento no FS. Tal resultado foi associado à maior condutância estomática e à

transpiração, medidas por meio do sistema portátil de medição de trocas gasosas (Dados não-mostrados). Entretanto, em junho/agosto, esta técnica não permitiu diferenças entre os tratamentos.

Nas figuras 3B e 4D, observam-se, em junho/agosto, assim como na figura 2, valores muito dispersos do FS. Nesta época, até valores de 2 kPa, para um mesmo valor de DPV_{ar} , existem muitos pontos que correspondem a valores elevados de FS.

Em janeiro/março, talvez os menores valores do FS possam ser explicados pela maior ação direta do DPV_{ar} sobre os estômatos, como a transpiração periostomática (MACHADO-FILHO et al., 2006). Esses autores relataram que valores de DPV_{ar} próximo a 2,5 kPa proporcionaram redução significativa na condutância estomática e na transpiração. Outra variável bem mais relacionada com a condutância estomática é o $DPV_{folha-ar}$. Tal variável envolve a temperatura da folha e a temperatura do ar. Como foi relatado por REIS (2003) e EL-SHARKAWY et al. (1985), os estômatos nas folhas do mamoeiro provocam significativa sensibilidade à ação do $DPV_{folha-ar}$. REIS (2003) e EL-SHARKAWY et al. (1985), trabalhando com

mamoeiro, mostraram que maiores valores $DPV_{\text{folha-ar}}$ causaram fechamento estomático. Como pode ser observado na figura 1, em janeiro/março, a quantidade de radiação global diária que chega à folha é muito intensa (máximo de $25 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), enquanto em junho/agosto, o máximo valor desta variável atinge $15 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Nesta condição, espera-se maior temperatura foliar o que promoverá maior valor da variável $DPV_{\text{folha-ar}}$.

Quando se relaciona o fluxo de seiva com a evapotranspiração potencial (ET_0 , mm d^{-1}) (Figura 4), observa-se que a relação entre as duas variáveis torna-se diferente quando comparada com a figura 2, ou seja, em junho/agosto, o fluxo de seiva foi mais responsivo à variação de ET_0 (Figuras 4B e 4D). O valor de ET_0 é o resultado da ação de diversas variáveis climatológicas como velocidade do vento, pressão de vapor, radiação e outras (PEREIRA et al., 1997). Desta maneira, quando se tem um conjunto de variáveis climatológicas atuando, tal ação permitiu uma modificação da resposta. Ao se comparar a figura 4 com a figura 3, pode-se observar que a variável

DPV_{ar} contribuiu para elevar a resposta do fluxo de seiva em junho/agosto.

Em janeiro/março, a aplicação de água sobre o dossel (MASC) contribuiu em um pequeno aumento sobre os valores de FS. Em junho/agosto, as diferenças entre os tratamentos praticamente não existiram. Na curva (Figura 4C), o tratamento MASC promoveu uma maior dispersão dos pontos, em virtude de permitir maiores valores do FS, principalmente em valores próximos a 3 mm d^{-1} de ET_0 , fato não observado no tratamento-controle. Em relação ao controle, a MASC permitiu maior transpiração das folhas do mamoeiro, em janeiro/março. A maior dispersão dos dados verificada em janeiro/março e no tratamento MASC, foi devido à aplicação de água.

Na figura 4, em junho/agosto, observa-se que os valores máximos do FS foram de $15 \text{ L dia}^{-1} \text{ m}^{-2}$ de folha. Em janeiro/março tais valores foram no máximo $5 \text{ L d}^{-1} \text{ m}^{-2}$. Tal resposta estaria relacionada com a ação negativa do DPV_{ar} em janeiro/março sobre a condutância estomática, comprometendo assim a transpiração da planta (MACHADO-FILHO et al., 2006).

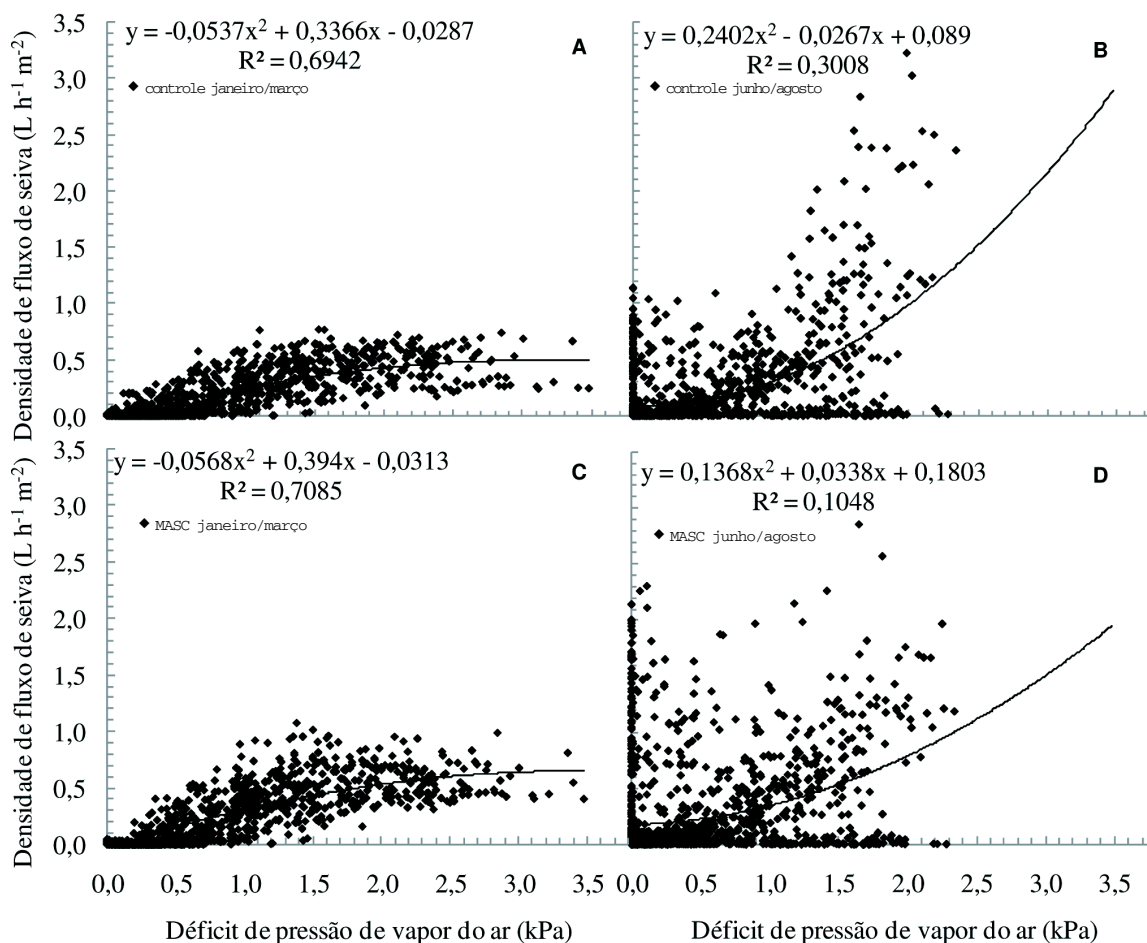


Figura 3. Relação entre densidade de fluxo de seiva e déficit de pressão de vapor (ar), sem (A e B) e com microaspersão sobre copa (C e D). No verão (A e C) e no inverno (B e D).

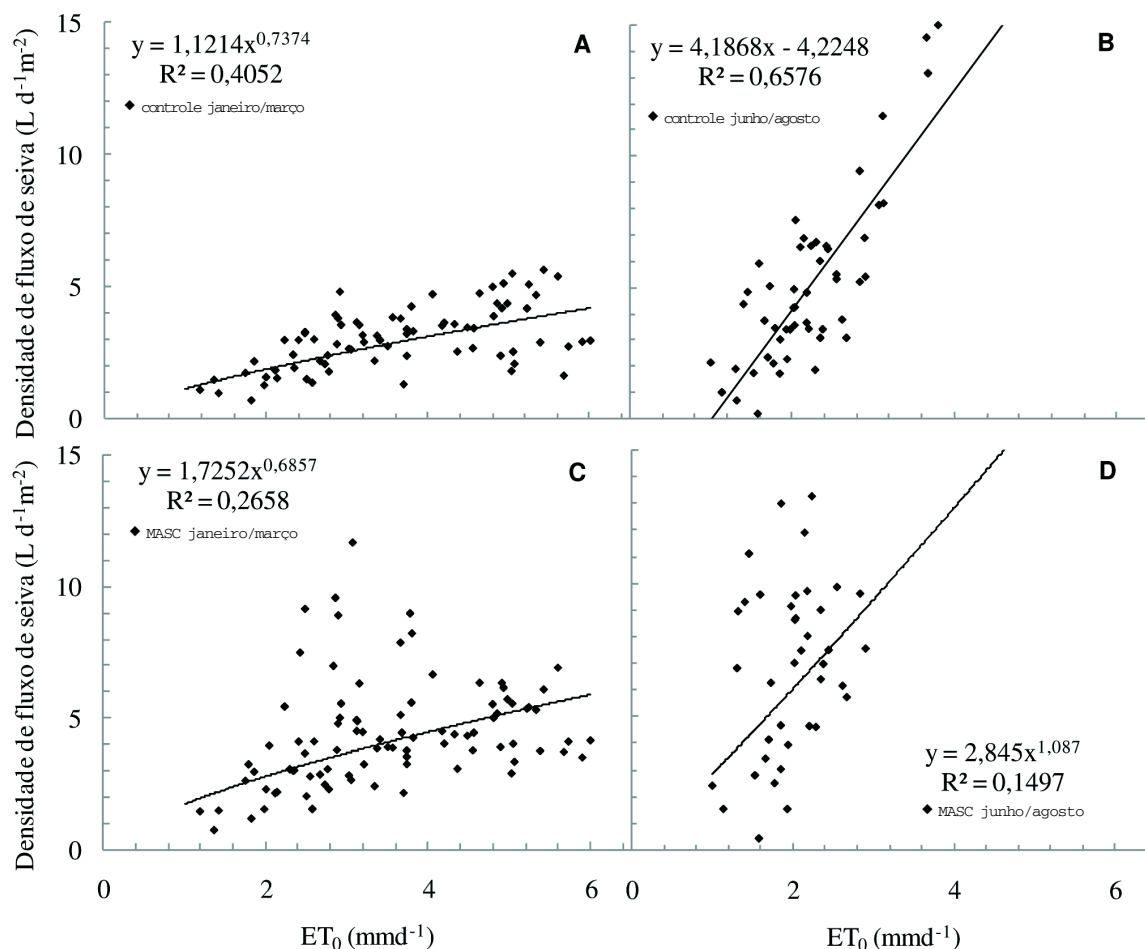


Figura 4. Relação entre densidade de fluxo de seiva e evapotranspiração de referência, sem (A e B) e com microaspersão sobre copa (C e D). No verão (A e C) e no inverno (B e D).

Em macieira, foram observados valores próximos a $4 L dia^{-1} m^{-2}$ de folha (DRAGONI, et al., 2005). Em árvores de *Abies amabilis* (MARTIN et al., 1997), *Carya illinoensis* (STEINBERG et al., 1990), *Eucaliptus grandis* (DYE, 1996), *Salix fragilis* (CERMÁK et al., 1984) foram observados valores de 0,8, 3,5, 2 e $2,5 L dia^{-1} m^{-2}$ respectivamente.

Nas plantas em estudo, foi verificado que, em média, elas apresentavam uma área foliar total de $4,53 m^2$, e a média total da área do xilema ativo foi de $80,48 cm^2$, o que confere às plantas de mamoeiro deste trabalho o valor de $0,06 m^2$ de folha para cada cm^2 de área do xilema ativo. Segundo LU et al. (2002), valores inferiores a $0,08 m^2 cm^{-2}$ promoveram reduzidos valores de FS expressos em unidade de área de xilema ativo.

Neste estudo com mamoeiro, o máximo valor obtido de densidade de fluxo de seiva foi de $3 L h^{-1} m^{-2}$ folha (Figuras 2 e 4). Considerando as informações supracitadas (área foliar total de $4,53 m^2$ e área do xilema ativo de $80,48 cm^2$), estes valores conferem $0,160 kg cm^{-2}$ de xilema ativo h^{-1} . Em bananeira, LU

et al. (2002) relataram que os valores máximos obtidos foram de $0,015 kg cm^{-2}$ de xilema ativo h^{-1} . Como se pode observar, em relação à bananeira, o mamoeiro representa um valor muito maior (~11 vezes maior). Mesmo com valores de $0,06 m^2$ de folha para cada cm^2 de área do xilema ativo, tal relação promoveu o valor bem elevado do fluxo de seiva ($0,160 kg cm^{-2}$ de xilema ativo h^{-1}), quando comparado a bananeira ($0,015 kg cm^{-2}$ de xilema ativo h^{-1}), pinheiro ($0,019 kg cm^{-2}$ de xilema ativo h^{-1}) (LU et al., 1995), em mangueira ($0,035 kg cm^{-2}$ de xilema ativo h^{-1}) (LU et al., 2000) e em algumas árvores tropicais ($0,040 kg cm^{-2}$ de xilema ativo h^{-1}) (GRANIER et al., 1996).

Em bananeira, cultivada em condição de campo, LU et al. (2002) realizaram medidas de FS as quais foram positivamente bem correlacionadas com algumas variáveis como radiação solar e evapotranspiração de referência. Estas correlações são importantes, pois tais variáveis meteorológicas são fáceis de serem obtidas e, desta maneira, podem indiretamente estimar o FS em plantas. Tal ação poderá otimizar o manejo hídrico de algumas culturas, com economia de tempo, espaço e recursos.

Diferentemente do que foi obtido em bananeira, com $R^2=0,90$ entre FS e evapotranspiração de referência (LU et al., 2002), neste trabalho com mamoeiro não foram obtidos coeficientes de determinação elevados. Ainda, SILVA (2003) constatou que, em cafeeiro, foi possível obter boa correlação (0,94) entre o fluxo de seiva xilemática e a evapotranspiração de referência. Tal relação entre FS e ET_0 pode ser importante na busca de métodos mais práticos para a estimativa da demanda hídrica do mamoeiro e, conseqüentemente, melhoria da aplicação de água em plantios comerciais da espécie.

4. CONCLUSÕES

1. Neste trabalho, constatou-se defasagem entre a perda de água pelas folhas e o movimento de água através do tronco (fase *lag*).
2. De janeiro a março, obteve-se boa correlação entre FS e DPV_{ar} , fato não observado de junho a agosto, provavelmente devido a esta fase *lag*.
3. De janeiro a março, as plantas que receberam MASC tiveram o FS aumentado em relação às plantas-controle, época em que o ET_0 foi maior.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), à Caliman Agrícola S/A e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- BRÉDA, N.; COCHARD, H.; DREYER, E.; GRANIER, A. Water transfer in a mature oak stand (*Quercus petraea*): seasonal evolution and effects of a severe drought. **Canadian Journal of Forestry Research**, Ottawa, v. 23, p.1136-1143, 1993.
- CAMPOSTRINI, E.; YAMANISHI, O.K. Estimation of papaya leaf area using the central vein length. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p.39-42, 2001.
- CERMÁK, J.; JENÍK, J.; KUCERA, J.; ZIDEC, V. Xylem water flow in a crack willow tree (*Salix fragilis* L.) in relation to diurnal changes of environment. **Oecologia**, New York, v. 64, p.145-151, 1984.
- CHAVES, M.M.; OLIVEIRA, M.M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, p.2365-2384, 2004.
- DRAGONI, D.; LAKSO, A.N.; PICCIONI, R.M. Transpiration of apple trees in a humid climate using heat pulse sap flow gauges calibrated with whole-canopy gas exchange chambers. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 130, p.85-94, 2005.
- DYE, P.J. Response of *Eucalyptus grandis* trees to soil water deficits. **Tree Physiology**, Victoria, v. 16, p.233-238, 1996.
- EL-SHARKAWY, M.A.; COCK, M.J.H.; HERNANDEZ, A.D.P. Stomatal response to air humidity and its relation to stomatal density in a wide range of warm climate species. **Photosynthesis Research**, New York, v. 7, p.137-149, 1985.
- FLORE, J.A.; LAKSO, A.N. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. **Horticultural Reviews**, Leuven, v. 11, p.11-57, 1989.
- FRANKS, P.J.; FARQUHAR, G. D. A relationship between humidity response, growth form and photosynthetic operating point in C_3 plants. **Plant, Cell and environment**, Oxford, v. 22, p.1337-1349, 1999.
- GRANIER, A. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. **Annales des Sciences Forestières**, Paris, v. 42, n.2, p.193-200, 1985.
- GRANIER, A. Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. **Tree Physiology**, Victoria, v. 3, p.309-320, 1987.
- GRANIER, A.; BIRON, P.; BRÉDA, N.; PONTAILLER, J.Y.; SAUGIER, B. Transpiration of trees and forest stands: short and long-term monitoring using sapflow methods. **Global Change Biology**, Hoboken, v. 2, p.265-274, 1996.
- HERNANDEZ, A.D.P.; COCK, J.H.; EL-SHARKAWY, M.A. The responses of leaf gas exchange and stomatal conductance to air humidity in shade-grown coffee, tea, and cacao plants as compared with sunflower. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 1, n.2, p.155-161, 1989.
- IPCC - Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group 1 to the third assessment report of the inter-governmental panel on climate change (IPCC). In: HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRINGGS, D.J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P. J.; XIAOUSU, D.(Ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.
- LONG, S.P.; HÄLLGREN, J.-E. Measurement of CO_2 assimilation by plants in the field and the laboratory. In: Hall, D.O.; SCURLOCK, J.M.O.; BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; LEEGOOD, R.C.; LONG, S.P. (Ed.). **Photosynthesis and production in a changing environment-A field and laboratory manual**. London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: Chapman e Hall, 1993. p.129-167.
- LU, P. A direct method for estimating the average sap flux density using a modified Granier measuring system. **Australian Journal of Plant Physiology**, Canberra, v. 24, n.5, p.701-705, 1997.
- LU, P.; BIRON, P.; BRÉDA, N.; GRANIER, A. Water relations of Norway spruce (*Picea abies* (L) Karst) under soil drought in the Vosges Mountains: water potential, stomatal conductance and transpiration. **Annals of Forest Science**, Champenoux, v. 52, p.117-129, 1995.

- LU, P.; MULLER, W.J.; CHACKO, E.K. Spatial variations in xylem sap flux density in the trunk of orchard-grown, mature mango trees under changing soil water conditions. **Tree Physiology**, Victoria, v. 20, n.10, p.683-692, 2000.
- LU, P.; WOO, K.C.; LIU, Z.T. Estimation of whole-plant transpiration of bananas using sap flow measurements. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, p.1771-1779, 2002.
- MACHADO FILHO, J.A.; CAMPOSTRINI, E.; YAMANISHI, O.K.; FAGUNDES, J.R. Variação sazonal das trocas gasosas em folhas de mamoeiro cultivado em condições de campo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n.2, p.185-196, 2006.
- MALO, S.E.; CAMPBELL, C.W. **The papaya**. Gainesville, Fla: University of Florida, 1986. (Cooperative Extension Service Fruit Crops Fact Sheet FC – 11)
- MARTIN, T.A.; BROWN, K.J.; CERMÁK, J.; CEULMANS, R.; KUCERA, J.; MEINZER, F.C.; ROMBOLD, J.S.; SPRUGEL, D.G.; HINKLEY, T.M. Crown conductance and tree and stand transpiration in a second-growth *Abies amabilis* forest. **Canadian Journal of Forestry Research**, Ottawa, v. 27, p.797-808, 1997.
- MEINZER, F.C.; FOWNES, J.H.; HARRINGTON, R.A. Growth indices and stomatal control of transpiration in *Acacia koa* stands planted at different densities. **Tree Physiology**, Victoria, v. 16, p.607-615, 1996.
- MORIKAWA, Y.; HATTORI, S.; KIYONO, Y. Transpiration of a 31-year-old *Chamaecyparis obtuse* Endl stand before and after thinning. **Tree Physiology**, Victoria, v. 2, p.105-114, 1986.
- PEARCY, R.W.; SCHULZE, E.D.; Zimmerman, R. Measurement of transpiration and leaf conductance. In Pearcy, R.W., Ehleringer, J.R., Mooney, H.A, Rundel, P.W. (Eds.) **Plant Physiological Ecology: field methods and instrumentation**. London: Chapman and Hall, 1989. p.137-160.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), 1997. 183p.
- PHILLIPS, N.; NAGCHAUDHURI, A.; OREN, R., KATUL, G. Time constants for water transport in loblolly pine trees estimated from time series of evaporative demand and stem sap flow. **Trees**, Dordrecht, v. 11, p.412-419, 1997.
- REIS, F.O. **Trocas gasosas, eficiência fotoquímica e fluxo de seiva xilemática em mamoeiro do grupo 'Formosa' cultivado em condição de campo na Região Norte fluminense**. 2003. 59p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Campos dos Goytacazes.
- REIS, F.O.; CAMPOSTRINI, E.; SOUSA, E.F.; SILVA, M.G. Sap flow in papaya plants: Laboratory calibrations and relationships with gas exchanges under field conditions. **Scientia Horticulturae**, Alexandria, v. 110, n.3, p.254-259. 2006.
- SCHULZE, E.D.; CERMAK, J.; MATYSSEK, R.; PENKA, M.; ZIMMEREMAN, R.; VASICEK, F.; GRIES, W.; KUCERA, J. Canopy transpiration and water fluxes in the xylem of the trunk of *Larix* and *Picea* trees - a comparison of xylem flow, porometer, and cuvette measurements. **Oecologia**, New York, v. 66, p.475-483, 1985.
- SILVA, M.G. **Densidade de fluxo de seiva e relações hídricas do café (*Coffea arabica* L.), para a região de Varre-Sai, RJ**, 2003. 51p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Campos dos Goytacazes
- SMITH, D.M.; ALLEN, S.J. Measurement of sap flow in plant stems. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 47, p.1833-1844, 1996.
- SPERRY, J.S. Hydraulic constrains on plant gas exchange. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 104, p.13-23, 2000.
- STEINBERG, S.L.; MCFARLAND, M.J.; WORTHINGTON, J. W. Comparison of trunk and branch sap flow with canopy transpiration in Pecan. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, p.653-659, 1990.
- WULLSCHLEGER, S. D.; MEINZER, F.C.; VERTESSY, R.A. A review of whole-plant water use studies in trees. **Tree Physiology**, Victoria, v. 18, p.499-512, 1998.
- ZHANG, H.; SIMMONDS, L.P.; MORISON, J.I.L.; PAYNE, D. Estimation of transpiration by single trees: comparison of sap flow measurements with a combination equation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, p.155-169, 1997.