

# TRANSPIRAÇÃO DA MANGUEIRA CULTIVADA EM ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE RECIFE, PE

*Carlos Alexandre B. de Almeida*<sup>1</sup>; *Antônio C. D. Antonino*<sup>2</sup>; *José Romualdo de S. Lima*<sup>3</sup>; *Carlos A. Brayner de O. Lira*<sup>2</sup>; *Rejane M. de M. Pimentel*<sup>4</sup>; *Irami B. do Amazonas*<sup>1</sup>; *José Angelim da S. Neto*<sup>5</sup>; *Iane Andrade de Oliveira*<sup>1</sup>; *Antonio M. da Silva*<sup>6</sup>; *Leidjane M. M. de Oliveira*<sup>7</sup> & *Jaime J. da S. P. Cabral*<sup>8</sup>

**RESUMO** --- O presente trabalho teve como objetivo medir a transpiração da mangueira, utilizando o fluxo de seiva, cultivada em área urbana bem como determinar a influência das variáveis atmosféricas nesse fluxo e, conseqüentemente, na transpiração. Para isso, foram instalados quatro sensores tipo Granier numa mangueira (*Mangifera indica L*) localizada no pátio interno do Departamento de Energia Nuclear (DEN) do campus da UFPE (Recife), bem como uma estação meteorológica automática contendo sensores para medição da temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar global e umidade do solo. Para a determinação do fluxo de seiva utilizou-se a técnica da dissipação térmica (TDP). Pelos resultados obtidos, verificou-se que as principais variáveis meteorológicas que afetam a transpiração da mangueira são o déficit de pressão de vapor (DPV) e a radiação solar global (Rg). A TDP foi eficaz em detectar as variações horárias do fluxo de seiva, tanto em condições chuvosas como de céu claro. A técnica da dissipação térmica se mostrou viável para a determinação do fluxo de seiva e, por conseguinte, pode ser usada com eficácia para uma estimativa acurada da transpiração de mangueiras.

**ABSTRACT** --- This work deals with transpiration measurement in a mango tree (*Mangifera indica L*) in urban environment by sap flow technique, and the determination of atmospheric influences on this sap flow, and consequently, on transpiration. Sap flow has been measured using thermal dissipation technique with Granier sensors that were installed in a mango tree in the gardens of Nuclear Energy Department (DEN) at the campus of Federal University of Pernambuco (UFPE) (Recife, Brazil). An automatic meteorological station has also been installed with sensors for air temperature, relative humidity, wind velocity, global radiation and soil humidity. Results have shown that, VPD (vapor pressure deficit) and Rg (global radiation) are the atmospheric parameters that present more influence on the transpiration in mango tree. Thermal dissipation technique has been satisfactory for sap flow predictions and can be efficiently used to estimate mango tree transpiration.

**Palavras-chave:** Transpiração, Mangueira, Área Urbana.

1) Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares da Universidade Federal de Pernambuco. Av. Professor Luiz Freire, 1000, Recife, PE, 50740-540, Recife – PE. e-mail: [almeidacarlos2003@yahoo.com.br](mailto:almeidacarlos2003@yahoo.com.br); [iramiamazonas@yahoo.com.br](mailto:iramiamazonas@yahoo.com.br); [ianeandrade@yahoo.com.br](mailto:ianeandrade@yahoo.com.br)

2) Professor Associado da Universidade Federal de Pernambuco. Recife/PE. e-mail: [acda@ufpe.br](mailto:acda@ufpe.br); [cabol@ufpe.br](mailto:cabol@ufpe.br)

3) Prof. Adjunto da UAG/UFRPE. Av. Bom Pastor, S/N, Garanhuns, PE. e-mail: [romualdo@uag.ufpe.br](mailto:romualdo@uag.ufpe.br)

4) Prof. Adjunto da UFRPE. Rua Manoel de Medeiros, S/N, Recife, PE, 52171-900, Recife – PE. e-mail: [pimentel@ufpe.br](mailto:pimentel@ufpe.br)

5) Mestrando em Tecnologias Energéticas e Nucleares da Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE. e-mail: [joseangelim@yahoo.com.br](mailto:joseangelim@yahoo.com.br)

6) Técnico Laboratório do Departamento de Energia – UFPE. Recife – PE. e-mail: [antmarquess@yahoo.com.br](mailto:antmarquess@yahoo.com.br)

7) Doutoranda em Tecnologia Amb. e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE. e-mail: [leidjaneoliveira@hotmail.com](mailto:leidjaneoliveira@hotmail.com)

8) Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE. e-mail: [jcabral@ufpe.br](mailto:jcabral@ufpe.br)

## 1 – INTRODUÇÃO

A expansão em curso das áreas urbanas tem ressaltado os problemas relacionados ao manejo da água tais como: enchentes e o controle da poluição. A densidade populacional e o tamanho dessas áreas tem conduzido a uma visão detalhada dos sistemas de drenagem urbana em várias escalas. Tratar os problemas relacionados ao manejo da água em áreas urbanas de maneira eficiente requer uma adaptação especial das técnicas de modelagem hidrológica. Para que os planejadores e os gestores urbanos possam ter ferramentas para minimizar esses problemas são necessários estudos para melhor compreender o ciclo hidrológico e as mudanças climáticas que ocorrem nas áreas urbanas.

Como se sabe, o balanço hídrico de áreas urbanas é muito diferente das áreas rurais, uma vez que nessas áreas uma grande parte do solo é impermeável devido às construções e à pavimentação. Desse modo, a maior quantidade da água proveniente da precipitação pluvial não se infiltra e o escoamento superficial é um dos maiores componentes do balanço hídrico nessas áreas.

No entanto, nos centros urbanos ainda existem muitas áreas que não são pavimentadas, como por exemplo, os parques. Nesses locais a infiltração da água é muito maior que nas áreas pavimentadas. Além disso, nessas áreas devido à presença dos vegetais, a partição do saldo de radiação é diferente das pavimentadas. Isso ocorre, principalmente, devido à capacidade das plantas de absorver energia radiante para diferentes processos metabólicos, especialmente a fotossíntese e a translocação da água em seu interior. Os parques urbanos ou áreas urbanas vegetadas atuam como pequenos oásis, uma vez que essas áreas são mais frias e mais úmidas do que os seus arredores. Sua presença em ambientes secos e quentes ajuda a criar um mosaico urbano de microclimas (Barradas *et al.*, 1999). Assim sendo, a determinação da transpiração das plantas nessas áreas é importante por causa de seus efeitos diretos na temperatura e umidade do ar, e apesar da importância de áreas urbanas vegetadas para o clima urbano, são escassos os estudos que investigam o papel da vegetação em ecossistemas urbanos tropicais (Barradas, 2000).

Existem vários métodos para se medir a transpiração de plantas, entretanto, atualmente, os que se baseiam no fluxo de seiva do caule estão sendo muito utilizados, pois, apresentam a vantagem de amostragem na planta inteira e não apenas em frações de folhas, comum na porometria e na análise de gases por radiação infravermelha (Angelocci *et al.*, 2004; Machado *et al.*, 2006).

Dos métodos capazes de medir do fluxo de seiva, o de Dissipação Térmica do Caule ou TDP (Thermal Dissipation Probe) foi primeiramente concebido por Granier (1985) e vem sendo usado com sucesso por vários pesquisadores nas mais variadas espécies (Granier *et al.*, 1996; Lundblad *et al.*, 2001; Fleming *et al.*, 2003; Oguntunde & Oguntuase, 2007)

Desse modo, este estudo objetivou determinar a transpiração de um indivíduo de mangueira cultivada em área urbana através do fluxo de seiva, além de identificar os fatores atmosféricos que mais interferiram nesse fluxo.

## **2 – MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 - Área de estudo**

A área de estudo está localizada no Departamento de Energia Nuclear – DEN, no campus da Universidade Federal de Pernambuco, no município de Recife – PE (8° 03' S e 34° 58' O), situado na microrregião do Recife. Apresenta clima tropical As (Golfari *et al.*, 1978), caracterizado pela ausência de chuvas de verão e sua ocorrência no "inverno", com índices pluviométricos por volta de 1600 mm anuais, além da alta umidade relativa do ar e temperatura média anual em torno de 25°C, sendo as maiores temperaturas em janeiro, com máxima de 30°C e mínima de 25°C, e o mês mais frio em julho, com máxima de 27°C e mínima de 22°C.

O aparato experimental foi instalado no pátio interno do DEN, onde se encontram vários exemplares da árvore frutífera em estudo, sendo o solo caracterizado como urbano de aterro.

### **2.2 - Medidas do fluxo de seiva, da transpiração e das variáveis atmosféricas**

Para fazer a medição do fluxo de seiva na mangueira foi empregada a metodologia da dissipação térmica desenvolvida por Granier (1985). Essas medidas foram realizadas por sensores de dissipação térmica, modelo TDP-30, Dynamax, Inc., Huston, TX, operando com potência constante (Granier, 1987). Foram instalados quatro sensores no caule da mangueira, sendo os mesmos instalados nas posições norte, sul, leste e oeste. Aos sensores foi conectada uma central de aquisição de dados, Modelo CR10X, Campbell Scientific Inc, USA, possibilitando o monitoramento simultâneo dos quatro sensores. Os dados de diferenças de temperatura foram lidos a cada 60 segundos, sendo as médias armazenadas a cada 30 minutos.

O sensor (Figura 1) é composto de duas sondas térmicas cilíndricas, uma superior aquecedora e uma inferior de referência, ambas contendo termopares de cobre-constantã. Cada sonda apresenta 30 mm de comprimento e 1,3 mm de diâmetro e foram inseridas perpendicularmente na região do xilema hidroativo do caule, e separadas de 40 mm uma da outra. Os sensores foram instalados a 1,00 m da superfície do solo, para evitar o aquecimento das mesmas por condução de calor no solo. A região onde foram inseridos os sensores foi isolada termicamente para evitar o aquecimento direto pelo sol e minimizar flutuações na temperatura (Fleming *et al.*, 2003).

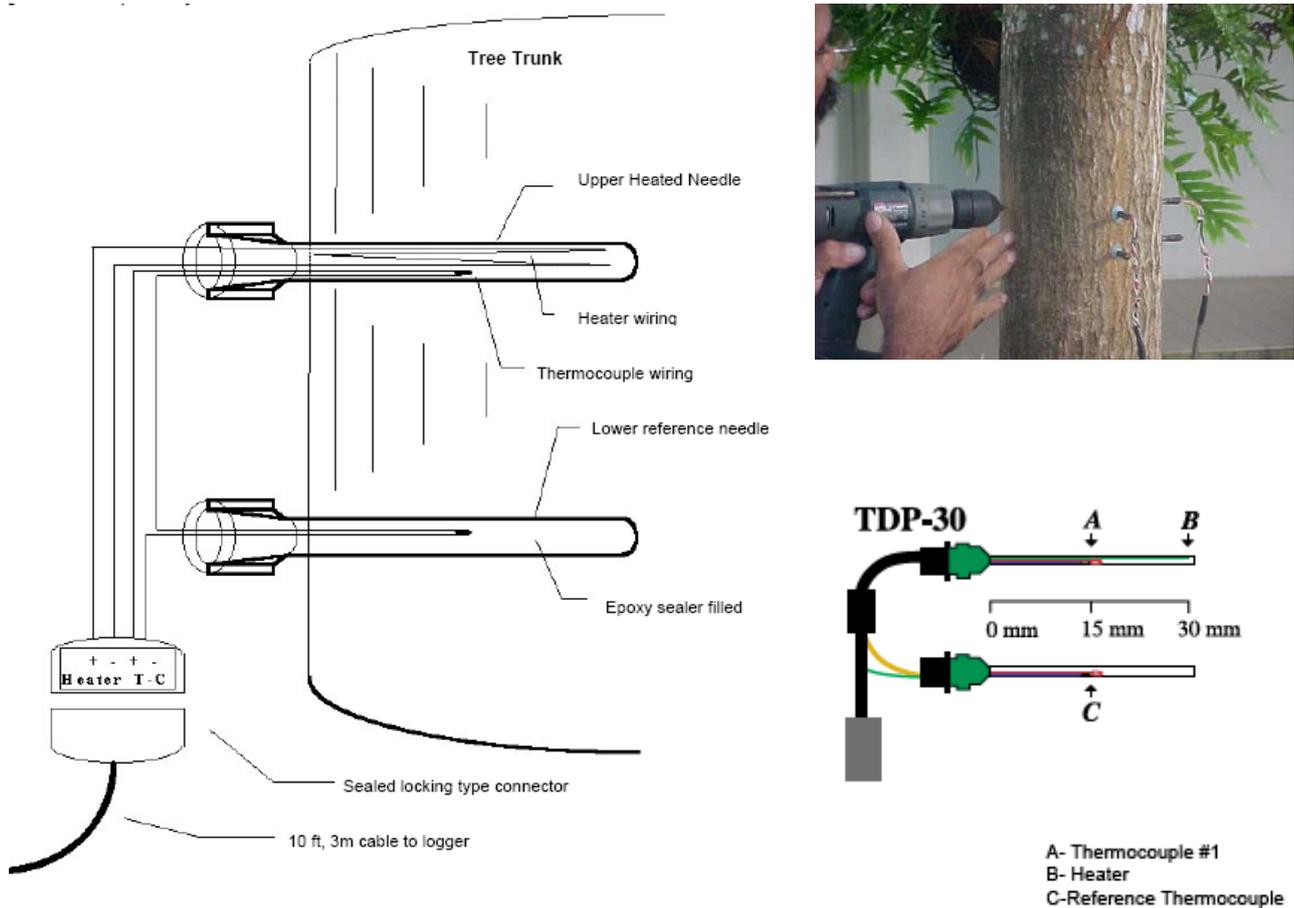


Figura 1 – Sensores de velocidade de fluxo de seiva, Modelo TDP-30 Dynamax (1997)

O método de Granier é baseado na teoria da dissipação da velocidade líquida de calor, e requer conhecimentos das dimensões físicas da área hidroativa do caule para converter velocidade em taxa de fluxo de seiva.

Para o cálculo da área de xilema hidroativo foi utilizado o seguinte procedimento: em uma árvore próxima à mangueira em estudo coletou-se um galho típico, contendo vários ramos de perfil aproximadamente circular e cujos diâmetros variaram desde os mais finos, em torno de 1,42 cm, até cerca de 6,4 cm. Coletou-se cerca de trinta amostras cilíndricas para a medida das áreas de secção reta, com a finalidade de relacioná-las com a fração responsável pelo fluxo de seiva (xilema hidroativo) e com os seus diâmetros. Devido a dificuldades para obter cortes adequados, sem danificar as estruturas anatômicas dos troncos, só foi possível alcançar diâmetros inferiores a 7,0 cm.

Todas as amostras foram fotografadas com uma câmara digital e as imagens analisadas com o *software Image Tool* (disponível, gratuitamente, na internet), com o qual se mediu as áreas de secção transversal e diâmetros, obtendo-se valores médios de três medições das áreas e de quatro medições dos diâmetros, a figura 2 exemplifica como este procedimento foi realizado.

Um importante parâmetro para a descrição da interação da planta com o ambiente é a área foliar, que está relacionada com a transpiração da planta. Esta área pode ser estimada tanto por métodos diretos quanto indiretos, sendo os do primeiro tipo em geral trabalhosos, de custo elevado e destrutivo. Outro parâmetro muito utilizado na correlação da transpiração com os parâmetros ambientais é o índice de área foliar (IAF), definido como a razão entre a área total das folhas e a área projetada da copa sobre o solo.

Neste trabalho utilizou-se uma metodologia não destrutiva para estimar de maneira rápida e precisa a área foliar da mangueira, a partir de uma tecnologia facilmente disponível e de baixo custo operacional (Amazonas *et al*, 2008). Aproveitando-se do formato relativamente regular das folhas da mangueira (*Mangifera indica* L.) e seu formato aproximadamente elíptico, foram estimadas as áreas foliares de amostras tomando como parâmetros as suas medidas lineares, ou seja, comprimento (C) e largura (W). Os valores das áreas da folha das amostras, bem como dos parâmetros lineares utilizados, foram obtidos por meio do software de distribuição gratuita Image Tool.

A Figura 3 mostra que as áreas de secção reta estão relacionadas aos diâmetros médios por meio de uma lei de potência, apresentando um coeficiente de correlação  $R^2 = 0,9952$ .

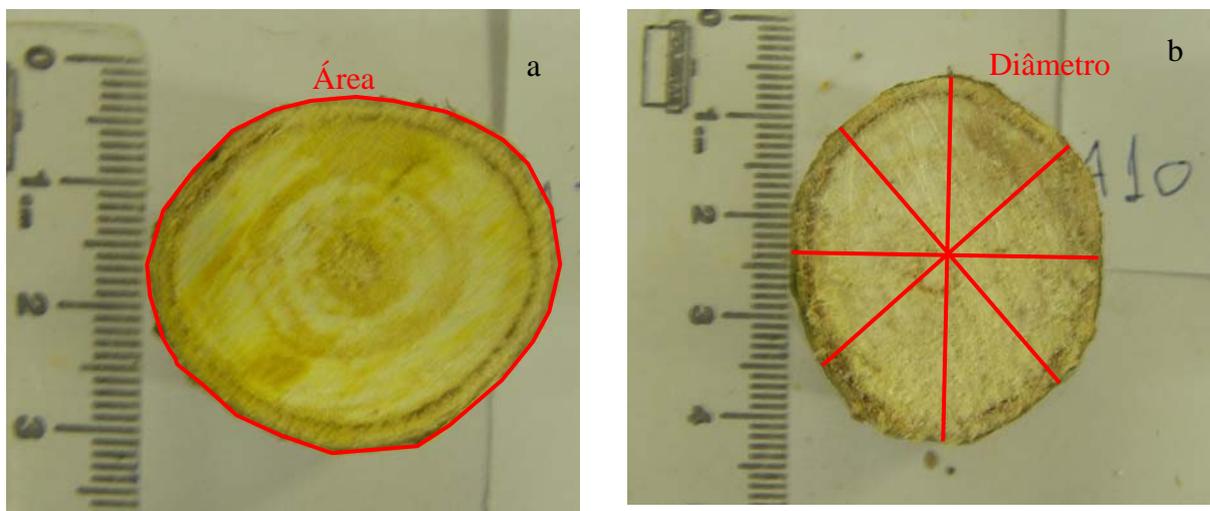


Figura 2 – – Imagens digitais de ramos de mangueira em vista transversal para medição: a) da área transversal ocupada pelo xilema hidroativo; b) dos diâmetros externos

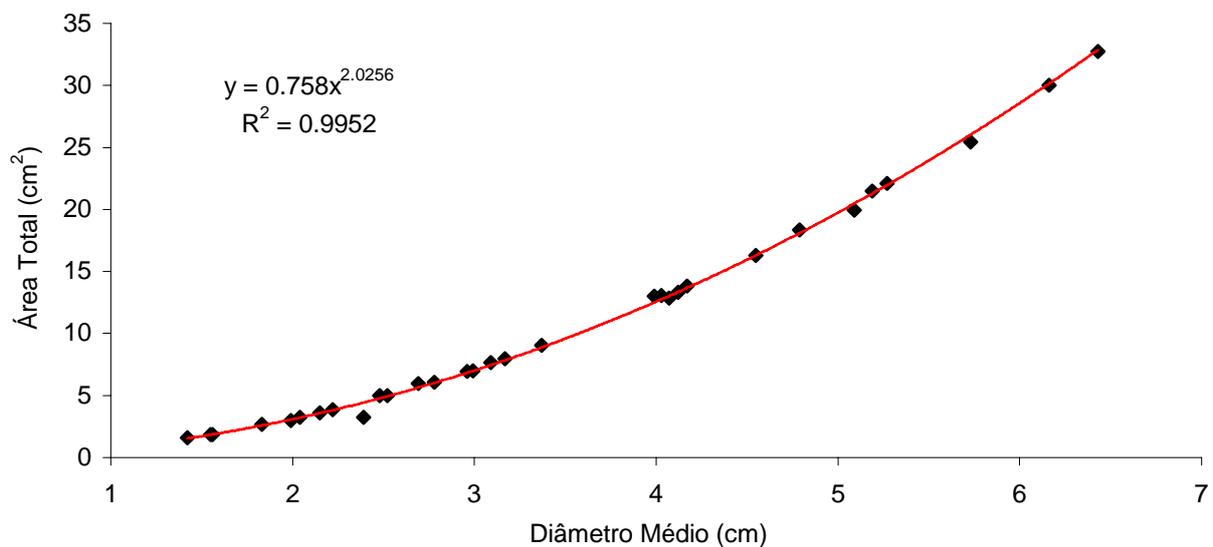


Figura 3 – Relação área total do tronco versus o diâmetro médio do mesmo

Para se obter o valor da área do xilema hidroativo foi assumido que esta representa uma fração da área total da secção transversal do tronco. Esta relação entre as áreas do xilema hidroativo e a total foi aproximadamente de 50% obtida por Oguntunde & Oguntuase (2007). A área extrapolada a partir dos dados da Figura 2 é cerca de 327,4 cm<sup>2</sup>, aplicando essa relação à área obtida por extrapolação do gráfico da área total versus diâmetro médio, foi obtido o valor de 163,68 cm<sup>2</sup>.

Granier (1985, 1987) definiu um parâmetro adimensional K, denominado “índice de fluxo”, como:

$$K = \frac{(dT_M - dT)}{dT} \quad (1)$$

sendo dT a diferença na temperatura medida entre as agulhas do sensor, descrito acima. Este valor é estimado a partir da diferença de voltagem medida entre os termopares superior e inferior. O parâmetro dT<sub>M</sub> é o valor de dT quando não há fluxo de seiva, ou seja, quando este for nulo. Claramente, quando dT tende a zero, K tende ao infinito, e, se dT = dT<sub>M</sub>, implica que K = 0, isto é, fluxo de seiva é nulo.

Granier (1985) encontrou empiricamente que a velocidade média do fluxo de seiva V (cm/s) poderia estar relacionada à K por uma expressão exponencial:

$$V = 0,00119.K^{1,231} \quad (2)$$

Para converter a velocidade em fluxo de seiva, usa-se:

$$F_s = A_s \cdot V \cdot 3600 \quad (3)$$

em que  $F_s$  ( $\text{cm}^3/\text{h}$ ) é o fluxo de seiva, e  $A_s$  a área ( $\text{cm}^2$ ) da seção transversal do caule que conduz seiva, ou seja, xilema hidroativo.

A transpiração diária foi calculada dividindo-se o fluxo de seiva pela área projetada da copa (Antonino *et al.*, 2003). Para a estimativa da área projetada da copa, foram feitas marcações no solo, por meio do encravamento de hastes metálicas, ao longo de nove pontos bem definidos pela sombra projetada da copa, com o Sol no zênite (meio dia). Com isso definindo-se uma linha poligonal em torno da árvore em estudo e um perímetro de referência o qual foi desenhado no solo a fim de ter sua área determinada e adotada como estimativa da área projetada da copa. Foram feitas medidas perpendiculares entre cada haste e o troco, do seu diâmetro, bem como das distâncias entre as hastes a fim de fazer um croqui juntamente com as dimensões relevantes para o cálculo da área poligonal formada, que foi aproximada para a área projetada da copa.

Com os valores estimados da área total das folhas e da área projetada da copa foi possível estimar, com boa economia de recursos financeiros e de tempo computacional, o índice de área foliar de modo não destrutivo, uma vez que a árvore em estudo encontra-se instrumentada e monitorada, não podendo ser danificada.

O número de folhas da copa foi estimado em 2760 folhas, totalizando uma área de  $128,12\text{m}^2$  e, para uma área projetada pela copa de  $27,82\text{m}^2$ , tem-se um IAF de  $4,61 \text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ .

Além dos dados de fluxo de seiva também foram coletados dados meteorológicos, tais como: radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação pluvial, obtidos de uma estação meteorológica automática instalada no pátio do Departamento de Energia Nuclear da UFPE (Figura 4).



Figura 4 – Estação meteorológica automática instalada no pátio do DEN-UFPE, Recife-PE

### **3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 – Condições meteorológicas**

Na Figura 4 são apresentados os dados do curso médio diário da radiação solar global ( $R_g$ ) e do déficit de pressão de vapor (DPV) para dois períodos distintos: um período que não teve nenhuma precipitação pluvial (Figuras 5a e 5b) e um período em que o total precipitado foi de 154,8 mm (Figuras 5c e 5d).

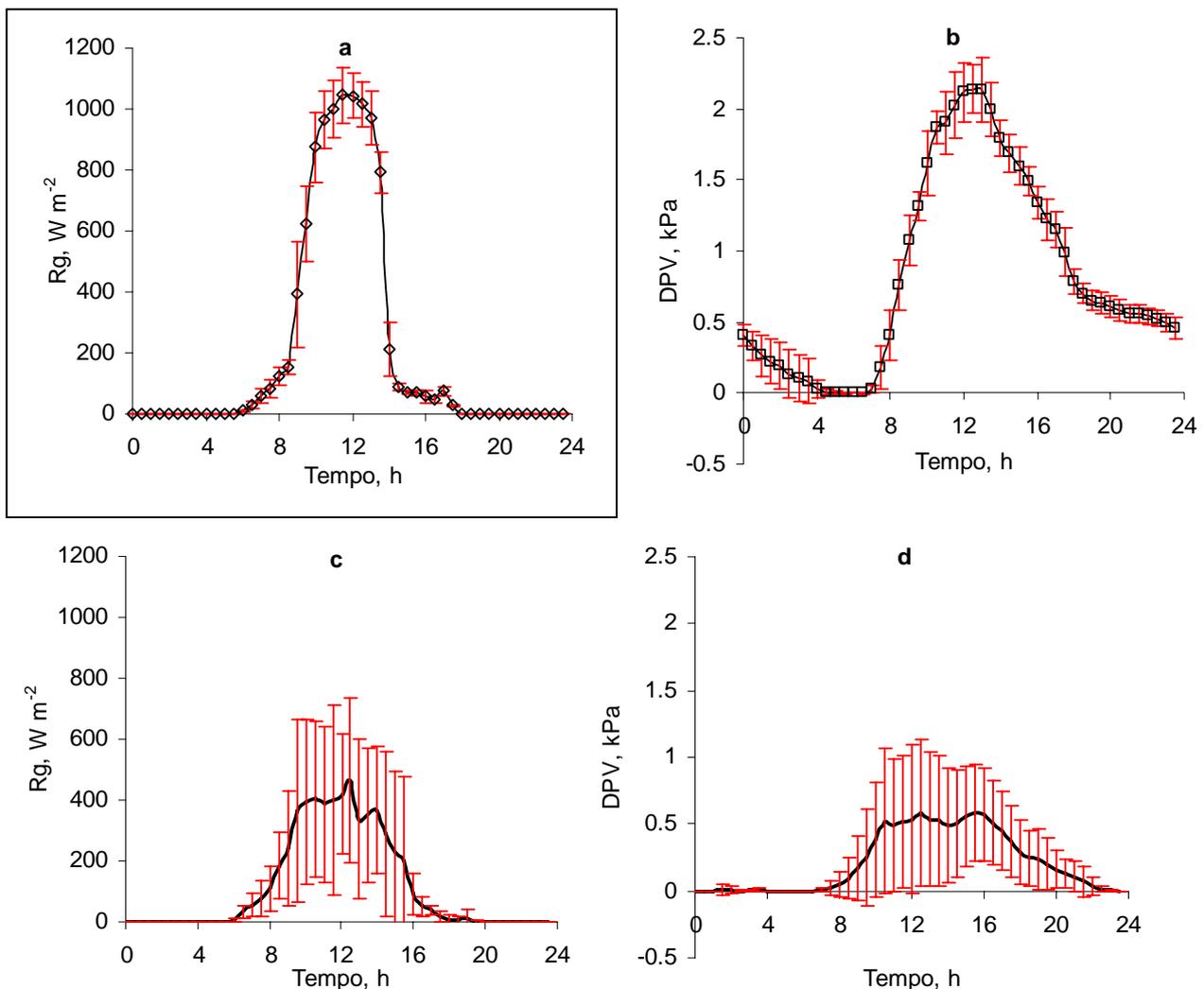


Figura 5 – Curso médio diário da radiação solar global (Rg) e do déficit de pressão de vapor (DPV) durante o período sem chuvas, de 01 a 07/03/2008 (a e b), e com chuvas, de 19 a 25/03/2008 (c e d), em Recife-PE. As barras verticais indicam o desvio padrão

Observa-se para o período em que não ocorreram precipitações (Figuras 5a e 5b) que a radiação solar global (Rg) e o déficit de pressão de vapor (DPV) tiveram valores mais elevados do que o período chuvoso (Figuras 4c e 4d). A Rg para o período sem chuvas apresentou valores máximos acima de  $1000 \text{ W m}^{-2}$ , enquanto para o período chuvoso os valores máximos não chegaram a  $500 \text{ W m}^{-2}$ . O mesmo ocorreu para o DPV, onde os valores máximos para o período sem chuvas foram acima de  $2,0 \text{ kPa}$ , enquanto para o período chuvoso foram ao redor de  $0,5 \text{ kPa}$ . Essas condições meteorológicas influenciam o comportamento do fluxo de seiva, alterando consequentemente o uso de água pela cultura da mangueira.

### 3.2 – Fluxo de seiva

Os dados de fluxo de seiva ( $\text{L h}^{-1}$ ) durante o período sem chuvas (01 a 07/03/2008) e com chuvas (19 a 25/03/2008) são apresentados nas Figuras 6a e 6b, respectivamente.

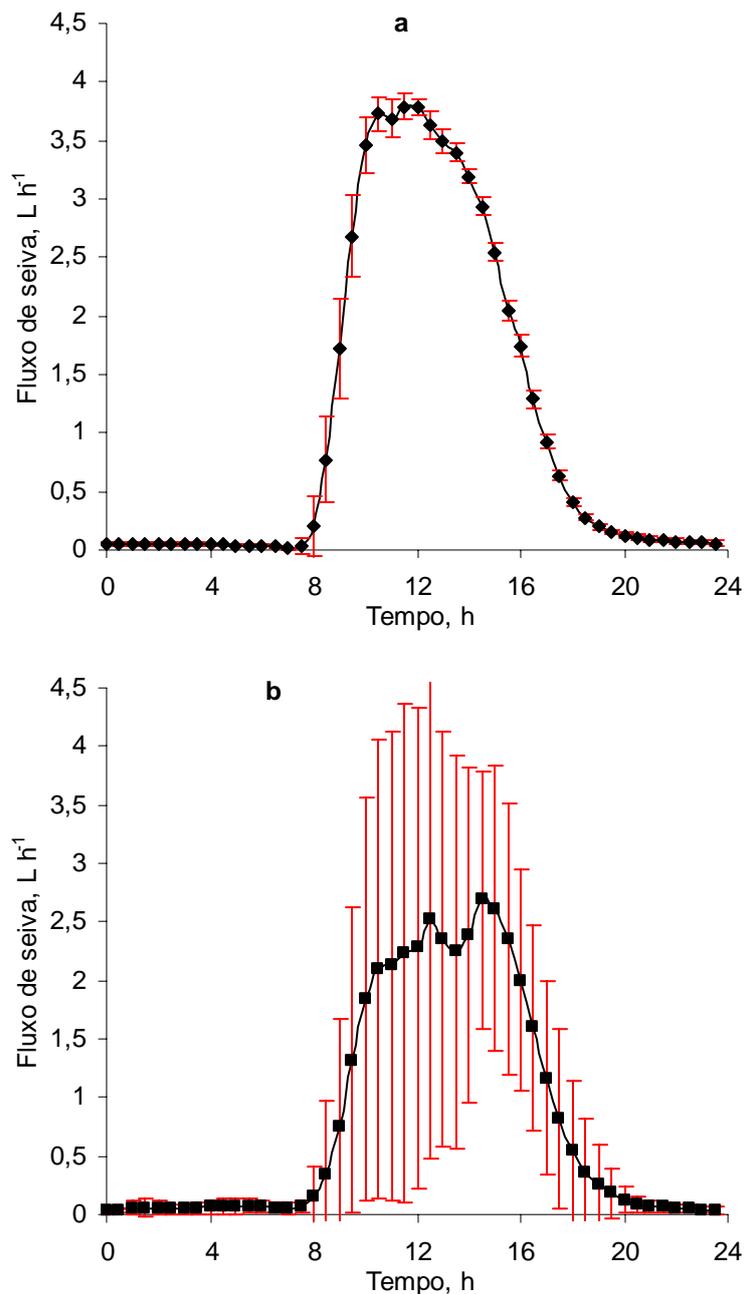


Figura 6 – Curso médio diário do fluxo de seiva durante o período sem chuvas, de 01 a 07/03/2008 (a), e com chuvas, de 19 a 25/03/2008 (b), em Recife-PE. As barras verticais indicam o desvio padrão

Observa-se durante o período sem chuvas (Figura 6a) que o fluxo de seiva (FS) apresentou valores máximos em torno de  $4,0 \text{ L h}^{-1}$ , os quais foram verificados às 12 h, enquanto que os valores máximos de FS para o período com chuvas (Figura 6b) ficaram ao redor de  $2,7 \text{ L h}^{-1}$  e só ocorreram por volta das 14h30min. Lu & Chacko (1998), nas condições da Austrália, encontraram valores máximos de fluxo de seiva em mangueira com 04 anos de idade próximos de  $1,0 \text{ L h}^{-1}$ , os quais ocorreram entre 10 e 12 h.

Pode-se observar ainda, durante o período sem chuvas (Figura 6a), que o consumo de água pela mangueira aumenta rapidamente a partir das 08 h chegando a valores elevados às 10 h e permanecendo elevado até às 14 h. Já para o período chuvoso (Figura 6b) esse comportamento se mostrou um pouco alterado. Lu & Chacko (1998) encontraram esse mesmo padrão de comportamento, para o período sem chuva, em mangueira cultivada na Austrália.

Observa-se, ainda, que durante o período chuvoso ocorreu uma grande variabilidade dos valores do fluxo de seiva, como pode ser comprovado pelo elevado valor do desvio padrão, enquanto no período sem chuvas isso não ocorreu.

Esse comportamento do fluxo de seiva para os dois períodos pode ser explicado pelo padrão do Rg e do DPV (Figura 5), os quais variaram muito para o período chuvoso (Figuras 5c e 5d). Observa-se que tanto a Rg quanto o DPV tem influência positiva sobre o fluxo de seiva da mangueira, sendo que ocorre uma tendência de aumento do fluxo de seiva com o aumento da Rg e do DPV. Resultados semelhantes foram obtidos por Oguntunde & Oguntuase (2007), que demonstraram que o DPV tem maior influência no fluxo de seiva que a Rg.

As figuras 7a e 7b mostram a variação da transpiração da planta em estudo durante um período de 24h, em duas situações climáticas distintas: em (a) durante um período de estiagem (01 a 07/03/2008) e em (b) a situação durante um período chuvoso (19 a 25/03/2008).

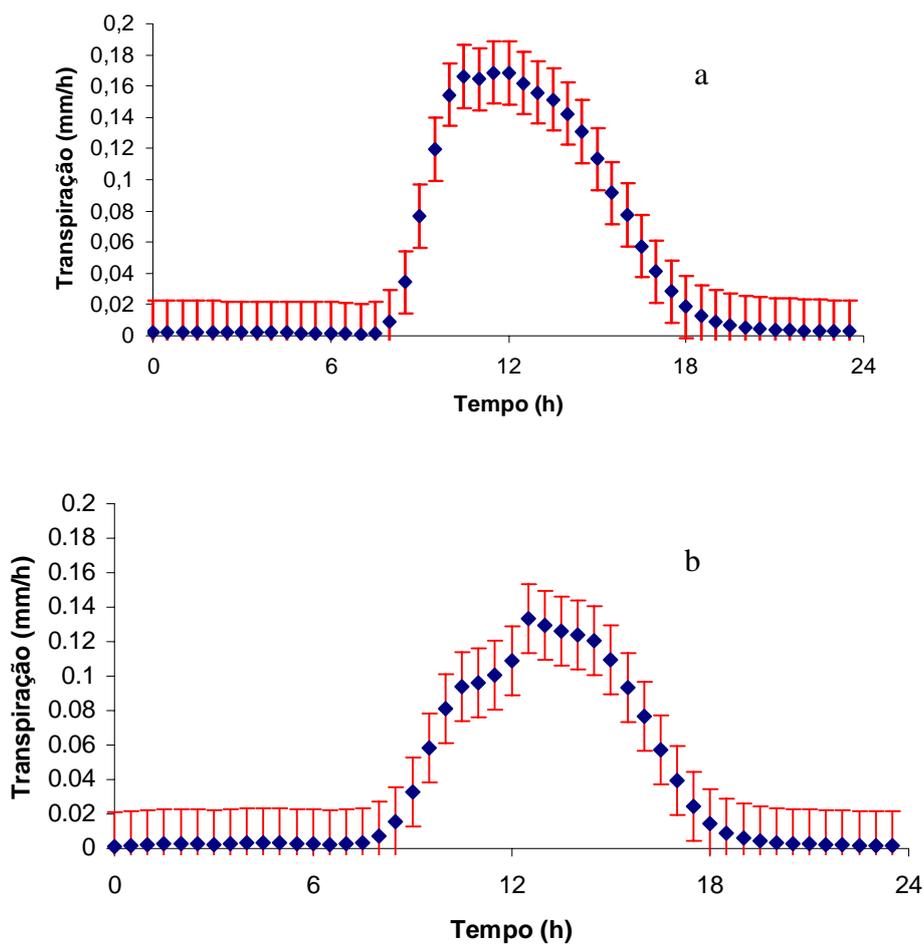


Figura 7 – Curvas da transpiração diária da mangueira em dois períodos: a) de 01 a 07/03/2008, sem chuvas; b) de 19 a 25/03/2008, com chuvas

Observa-se na Figura 7 que a transpiração diária da mangueira apresenta um padrão unimodal, ou seja, com o aumento da radiação solar global (figuras 5a e 5c) ocorre um aumento da transpiração até um valor máximo próximo do meio-dia. Isso ocorre tanto no período seco (Figura 7a), quanto no período úmido (figura 7b). Observa-se, ainda, que a taxa de transpiração antes das 08:00 h e depois das 17:00 apresenta valores desprezíveis, sendo o maior valor ao redor de  $0,17 \text{ mm h}^{-1}$  para o período seco e  $0,13 \text{ mm h}^{-1}$  para o período úmido. Barradas (2000) mediu a transpiração, por meio do método do fluxo de seiva, em árvores de *Fraxinus uhdei* na cidade do México e encontrou esse mesmo comportamento.

A transpiração média diária da Mangueira no período sem ter acontecido precipitação foi  $2,32 \text{ mm/d}$  e com precipitação foi  $1,72 \text{ mm/d}$ . Estes valores estão de acordo com CASTRO (2003).

## 4 – CONCLUSÕES

O déficit de pressão de vapor (DPV) e a radiação solar global (Rg) têm influência positiva sobre o fluxo de seiva da mangueira.

O método da dissipação térmica (TDP) foi eficaz em detectar as variações horárias do fluxo de seiva, quer seja em condições de céu claro, quer seja em condições chuvosas.

O método da dissipação térmica se mostrou viável para a determinação do fluxo de seiva e, por conseguinte, juntamente com medições do índice de área foliar, pode ser usado com eficácia para uma estimativa acurada da transpiração em plantas de mangueira.

A transpiração média diária da mangueira em área urbana foi de 2,32 e de 1,72 mm d<sup>-1</sup> para os períodos seco e chuvoso, respectivamente. Os gráficos da transpiração apresentam comportamento similar que os gráficos de fluxo de seiva, permitindo concluir que o método aplicado é eficiente para a determinação da transpiração.

## AGRADECIMENTOS

À FINEP pelo apoio financeiro ao Projeto “Manejo de Águas Pluviais em Região de Elevada Precipitação” no âmbito do PROSAB. Ao CNPq pelo apoio financeiro ao Projeto “Balanço Hídrico e de Energia em Área Urbana (Processo 475772/2007-5), e pela concessão de bolsas de Apoio Técnico, Iniciação Científica, Doutorado e de Produtividade em Pesquisa. Ao CNPq e à CAPES pela concessão de bolsa de Doutorado, e à FACEPE pela bolsa de Mestrado.

## BIBLIOGRAFIA

AMAZONAS, I. B.; SOARES, W. A.; ALMEIDA, C. A. B.; UCHIKAWA, R.. Modelagem da estimativa da área foliar da mangueira (*Mangifera indica* L.). In: VIII ERMAC 8º ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL. Natal/RN, 2008. Disponível em:

[www.dimap.ufrn.br/~sbmac/ermac2008/Anais/Resumos%20Estendidos/Modelagem%20da%20estimativa\\_Irami.pdf](http://www.dimap.ufrn.br/~sbmac/ermac2008/Anais/Resumos%20Estendidos/Modelagem%20da%20estimativa_Irami.pdf). Acesso em: 18 abr. 2009.

ANGELOCCI, L.R.; MARIN, F.R.; OLIVEIRA, R.F.; RIGHI, E.Z. (2004). “*Transpiration, leaf diffusive conductance, and atmosphere water demand relationship in an irrigated acid lime orchard*”. Brazilian Journal of Plant Physiology, Londrina, v. 16, pp. 53-64.

ANTONINO, A. C. D.; PIMENTEL, R. M.; LIRA, C. A. B. de O.; ALVES, G. D.; CABRAL, J. J. da S. P. .*Transpiração em Plantas de Algaroba (Prosopis juliflora (Sw.) DC.) Cultivadas no Semi-Árido Nordestino*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 8, n. 4, p. 25-30, Out/Dez 2003.

- BARRADAS, V.L. (2000). “Energy balance and transpiration in an urban tree hedgerow in Mexico City”. *Urban Ecosystems*, v.4, pp.55-67
- BARRADAS, V.L.; TEJEDA-MARTÍNEZ, A.; JÁUREGUI, E. (1999). “Energy balance measurements in a suburban vegetated area in Mexico City”. *Atmospheric Environment*, v.33, pp.4109-4113.
- DYNAMAX INC. (1997) *A thermal sap velocity probe for measurement of sap flow in plants*. Instrumentation catalog, Dynamax Inc, Houston TX 23p.
- FLEMING, P.M.; ANTONINO, A.C.D.; PIMENTEL, R. M.; LIRA, C.A.B.O.; ALVES, G.D.; CABRAL, J.J.S.P. (2003) “*Transpiração em plantas de Algaroba (Prosopis Juliflora (Sw.) Dc.) cultivadas no semi-árido nordestino*”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre - RS, v. 8, n. 4, pp. 25-30.
- GOLFARI, L.; CASER, R.L; MOURA, V.P.G (1978). “*Zoneamento ecológico da região Nordeste para experimentação florestal (2a aproximação)*”. Belo Horizonte: PRODEPEF/Centro de Pesquisa Florestal do Cerrado. 66p. (PNUD/FAO/IBDF/BRA-45). (PRODEPEF. Série Técnica, 11).
- GRANIER, A. (1985). “*Une nouvelle methode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres*” in *Annales of Sci. For.*, 42, pp. 81-88.
- GRANIER, A. (1987). “*Evaluation of transpiration in a Douglas fir stand by means of sap flow measurements*”. *Tree Physiology*, 3, pp.309-320.
- GRANIER, A., R. HUC and S.T. BARIGALI (1996). “*Transpiration of natural rain forest and its dependence on climactic factors*”. *Agricultural and Forest Meteorology* 78, pp.19-29.
- LU, P.; CHACKO, E. (1998). “*Evaluation of Granier’s sap flux sensor in young mango trees*”. *Agronomie*, 18.
- LUNDBLAD, M.; LAGERGREN, F.; LINDROTH, A. (2001) “*Evaluation of heat balance and heat dissipation methods for sapflow measurements in pine and spruce*” in *Ann. For. Sci.*, v.58, pp.625-638.
- MACHADO, E.C.; OLIVEIRA, R.F.; RIBEIRO, R.V.; MEDINA, C.L.; STUCHI, E.S.; MARIN, F.R.; SILVA, J.A.B.; SILVA, S.R. (2006). “*Fluxo de seiva e fotossíntese em laranja ‘Natal’ com clorose variegada dos citros*”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, pp.911-918.
- CASTRO, Manoel Teixeira Neto. *Efeito do Déficit Hídrico na Transpiração e Resistência Estomática da Mangueira*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 1, p. 93-95, Abril 2003.
- OGUNTUNDE, P. H.; OGUNTUASE, A. M. (2007). “*Influence of environmental factors on the sap flux density of mango trees under rain-fed cropping systems in West Africa*”. *International Journal of Plant Production* 1.