

Modelagem computacional do erro associado à medição do fluxo de seiva

Carlos A. B. Almeida; Rodrigo Uchikawa, Irami B. Amazonas

Depto de Energia Nuclear, UFPE,

50740-540, Recife, PE

almeidacarlos2003@yahoo.com.br, bubau@uol.com.br

iramiamazonas@yahoo.com.br

Willames A. Soares

Universidade de Pernambuco

55294-902, Rua capitão Pedro Rodrigues, 105, São José, Garanhuns, PE

willamess@yahoo.com.br

Resumo: A importância de reconhecer e reduzir as fontes de erro em medidas do fluxo de seiva tem sido reconhecida sendo esta informação é largamente divulgada na literatura experimental. Este estudo teve como objetivo estimar o erro na medição do fluxo de seiva numa mangueira (*Mangifera indica* L) pelo método da dissipação térmica do caule ou TDP (Thermal Dissipation Probe), conhecido como Método de Granier. Este consiste em introduzir dois termopares metálicos de forma radial no caule, distantes 10 cm um do outro. O superior é aquecido a uma potência constante, enquanto que o inferior não. A determinação do fluxo da seiva é realizada pela diferença da temperatura entre os mesmos. Durante a instalação pode haver algum erro de posicionamento dos sensores, e isso influencia as medições. Visando isso um código computacional, em linguagem FORTRAN, foi desenvolvido com o intuito de simular o comportamento diário do fluxo de seiva, tanto em condições chuvosas como de céu claro. Levando em conta que a distância entre os termopares é diferente da indicada pela metodologia, ou seja, maior e menor que 10 cm. Foi verificado que o código desenvolvido apresenta resultados que se assemelham aos que foram obtidos na medição direta do fluxo.

Palavras-chave: Fluxo de seiva; Método de Granier; FORTRAN.

Introdução

A necessidade de medir o evapotranspiração das plantas é considerada há muito tempo entre os pesquisadores, devido ao fato de avaliar a resposta das plantas a irrigação. Daí surgiu vários métodos para a sua medição. Tais métodos consistem em medir ou estimar a quantidade de água que a planta necessita para poder viver sem estar submetida ao chamado stress de água ou excesso de água, ou seja, sem nem faltar ou ter água em excesso. Algumas técnicas utilizadas para medir o status de água na planta, como por exemplo, câmara de pressão, porômetro, etc

exigem um volume de trabalho laboratorial muito grande devido ao fato de não serem automatizados.

No início devido a pouca tecnologia disponível, os métodos eram destrutivos. Isto é, tinha que cortar o tronco da planta para poder tentar fazer a medição. A técnica mais usada para esse fim é a que usa o transporte de calor no caule, chamada de técnica de dissipação de calor no mesmo. A literatura a esse respeito trás muitos detalhes técnicos da montagem dos aparatos utilizados.

No entanto, como se sabe sempre há muitas aproximações que são levadas em conta no desenvolvimento de qualquer técnica, que envolva a montagem de equipamentos e comparação dos resultados obtidos com os estimados numa simulação numérica. Tanto por parte da montagem como pela simulação há muitas aproximações que são realizadas.

A importância desse estudo está no fato de poder validar um código computacional que analise o erro na medição do fluxo de seiva, devido a má introdução dos termopares no tronco da planta. Foi considerada a seguinte situação, a distância entre os termopares maior e menor 10% do que o valor recomendado pelo fabricante do equipamento, ou seja, maior e menor que 10 cm.

Metodologia

A área de estudo está localizada no Departamento de Energia Nuclear – DEN, no campus da Universidade Federal de Pernambuco, no município de Recife – PE (8º 03' S e 34º 58' O), situado na microrregião do Recife. Apresenta clima tropical As [1] 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.

Para fazer a medição do fluxo de seiva na mangueira foi empregada a metodologia da dissipação térmica desenvolvida por [2]. Essas medidas foram realizadas por sensores de dissipação térmica, modelo TDP-30, Dynamax, Inc., Huston, TX, operando com potência constante [3]. Foram instalados quatro sensores numa mangueira, sendo os mesmos instalados nas posições norte, sul, leste e oeste do caule da mangueira. 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-constatã. 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 [4].

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.

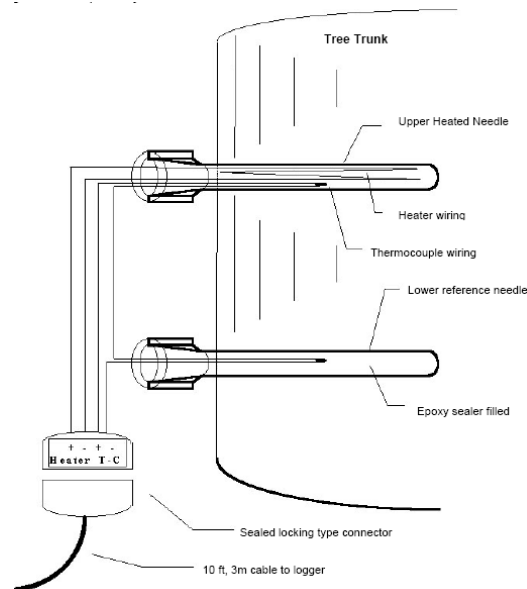


Figura 1: Sensores de velocidade de fluxo de seiva, Modelo TDP-30 [5].

Todas as amostras foram fotografadas com uma câmara digital e as imagens analisadas com o software Image Tool, 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 mostra que as áreas de secção reta estão relacionadas aos diâmetros médios por meio de uma lei de potência, apresentando um coeficiente de correlação $R^2 = 99,5\%$.

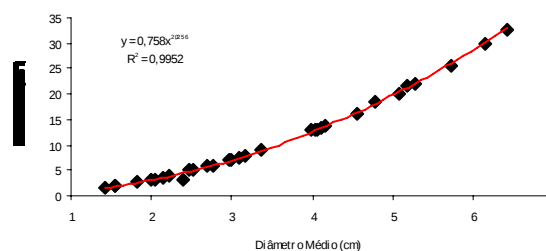


Figura 2: Relação área total do tronco versus o diâmetro médio do mesmo

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 [6]. A área extrapolada a partir dos dados da Figura 2 é cerca de 327,4 cm², aplicando essa relação à área obtida por extrapolação do gráfico da área total versus diâmetro médio, foi obtido o valor de 163,68 cm².

De acordo com [2] e [3] foi definido 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 dTM é o valor de dT quando não há fluxo de seiva, ou seja, este for nulo. Claramente, quando dT tende a zero, K tende ao infinito, e, se $dT = dTM$, implica que $K = 0$, isto é, fluxo de seiva é nulo.

A referência [2] encontra-se a relação empírica entre a velocidade média do fluxo de seiva V (cm/s) e o valor de K , por uma expressão exponencial:

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

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

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

em que F_s (cm³/h) é o fluxo de seiva, e A_s a área (cm²) da seção transversal do caule que conduz seiva, ou seja, xilema hidroativo.

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.

Resultados

Na figura 3 está representado o comportamento do fluxo de seiva num período sem chuva. Neste estão representados o valor médio das medições realizadas pelos termopares, e os valores estimados pelo código desenvolvido, com valores superiores e inferiores 10% do valor indicado pelo fabricante do equipamento.

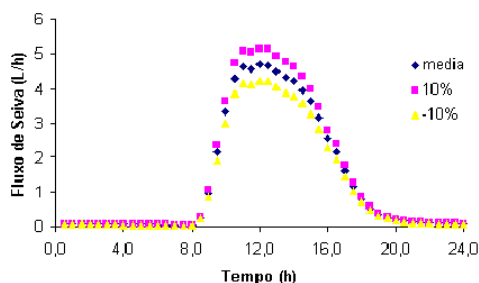


Figura 3: Comportamento do fluxo de seiva no período sem chuva

Na figura 4 está representado o comportamento do fluxo de seiva num período chuvoso. A representação dos valores medidos e estimados computacionalmente são as mesmas descritas para o período sem chuva.

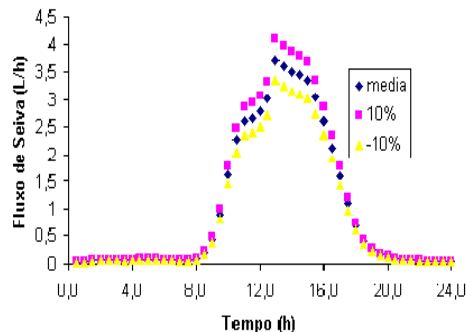


Figura 4: Comportamento do fluxo de seiva no período com chuva

Conclusão

A partir da análise das figuras 3 e 4 pode-se perceber a concordância do comportamento dos valores estimados via código computacional com os valores médios medidos diretamente pelo aparato experimental.

Desta forma conclui-se que o código computacional desenvolvido é válido para a análise da variação espacial da inserção dos termopares para a medição do fluxo de seiva numa planta.

Referências

- [1] 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).
- [2] 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.
- [3] GRANIER, A. (1987). "Evaluation of transpiration in a Douglas fir stand by means of sap flow measurements". *Tree Physiology*, 3, pp.309-320.
- [4] 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.

- [5] DYNAMAX INC. (1997) A thermal sap velocity probe for measurement of sap flow in plants. Instrumentation catalog, Dynamax Inc, Houston TX 23p.
- [6] 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.