

CICLO ANUAL DA TRANSPIRAÇÃO DE EXEMPLARES DE *COURATARI MULTIFLORA* NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ, PARÁ.

R. FERREIRA DA COSTA^{1a}, V.P.R. SILVA^{1b}, M.L.P. RUIVO², A.C.L. COSTA³

^{1a} Meteorologista, Doutorando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande –Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas – UFCG - UACA, Av. Aprígio Veloso, 882 Bloco CL, Bodocongó, Campina Grande, PB, CEP 58109-970, Tel. (83) 3310-1054, rfcostampe@gmail.com;

^{1b} Meteorologista, Prof. Doutor, UFCG – UACA, Campina Grande, PB, vicente@dca.ufcg.edu.br;

² Geóloga, Prof.^a Pós-Doutora, Museu Paraense Emílio Goeldi – Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia - MPEG - CCTE, Belém, PA, ruiivo@museu-goeldi.br ³ Meteorologista, Prof. Doutor, Universidade Federal do Pará - Departamento de Meteorologia, UFPA - DM, Belém, PA, lola@ufpa.br

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: Este trabalho foi realizado na Estação Científica Ferreira Pena, dentro da Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará (1° 42' 30'' S; 51° 31' 45'' W; 62 m altitude). Uma região de floresta preservada, com dossel médio de 35 m. Com o objetivo de determinar o ciclo anual da transpiração, foram realizadas medidas de fluxo de seiva em três exemplares de *Couratari Multiflora* (Tauari) entre dezembro de 2002 e novembro de 2003 utilizando o método do balanço de calor no tronco, com o sistema *Sap Flow meter, P4.1*. No período analisado, a taxa média da transpiração foi de 0,83 mm dia⁻¹, representando 14,4 % da precipitação medida.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia, Fluxo de Seiva

ANNUAL CICLE OF TRANSPIRATION OF *COURATARI MULTIFLORA* TREES IN THE CAXIUANÃ NATIONAL FOREST, PARÁ STATE.

ABSTRACT: This work was carried out in the Ferreira Penna Scientific Station into the Caxiuanã National Forest in Pará State (1° 42' 30'' S; 51° 31' 45'' W; 62 m a.s.l.). A region of well-preserved forest, a canopy with 35 m high. Aiming to determinate the annual cycle of transpiration, were made sap flow measures in three trees of *Couratari Multiflora* (Tauari) between December 2002 and November 2003, using the trunk heat balance method, with *Sap Flow Meter P4.1* system. In the analysed period, the mean transpiration rate was 0.83 mm day⁻¹, representing 14.4% of precipitaion measured.

KEYWORDS: Amazonia, Sap Flow

INTRODUÇÃO: A Amazônia é objeto de ocupação e extrativismo, como a maioria das florestas no mundo todo, principalmente as tropicais, porém, ainda se estuda qual será o limite de alteração que essas áreas suportarão. Mudanças climáticas como secas prolongadas e aquecimento anormal em algumas regiões influenciam no fluxo de vapor d'água da vegetação para atmosfera.

As florestas têm uma importante função no ciclo hidrológico, dentre outros motivos, pela sua enorme capacidade transpirativa que repõe a umidade na atmosfera, e por proteger o solo da ação direta da precipitação pluvial quase sempre de grande intensidade, principalmente em regiões onde as camadas inferiores da superfície são facilmente fragmentadas e sensíveis à erosão como é o caso da maior parte da região Amazônica. NOBRE *et al.* (1991) sugeriram em seu trabalho com informações obtidas durante o ABLE 2b (*Amazonian Boundary Layer Experiment*) que a Amazônia é altamente eficiente na reciclagem da água na atmosfera, e que a evapotranspiração representou cerca de 55% da precipitação, evidenciando que a substituição da floresta por pastagens não manteria a elevada taxa de evapotranspiração.

Influenciada por diferentes condições de solo, salinidade e nutrição, o poder de absorção de água pelas raízes das plantas, está associada à capacidade dessas raízes de atingir elevadas taxas de respiração. A atividade estomática responde às mudanças das condições climáticas independentes da região. Uma diminuição na radiação solar global (Rg) incidente na vegetação, provocada pela presença de nebulosidade, mesmo que de curta duração, tem resposta imediata dos estômatos. Alterações no déficit de pressão de vapor (DPV) são imediatamente sentidas pela vegetação, também a redução na quantidade de água no solo disponível para o sistema radicular das plantas, provoca respostas importantes dos vegetais (FERREIRA DA COSTA *et al.*, 2007).

Em 2005 houve menos precipitação que o habitual na bacia Amazônica. Aproximadamente metade da região (3,3 milhões km²), atravessou quase seis meses de escassez de água. Enquanto o Oeste e o Sul da região Amazônica sofreram estiagem, a Amazônia Central e a do Leste mantiveram os níveis habituais de água disponível para a manutenção da floresta. A estiagem de 2005 foi peculiar: não se originou da elevação da TSM do oceano Pacífico, como as outras, mas do aumento da TSM do Atlântico Norte Tropical reduzindo a intensidade dos ventos alísios de norte, que trazem umidade para a Amazônia (ARAGÃO *et al.*, 2007).

Estudos para a determinação da transpiração em diferentes espécies florestais têm sido desenvolvidos em diversas regiões (Čermák *et al.*, 1973; JIMÉNEZ *et al.*, 1996; CIENCIALA *et al.*, 2000; NAVES-BARBIERO *et al.*, 2000; KÖSTNER, 2001).

O objetivo do presente trabalho foi determinar o ciclo anual da transpiração de exemplares de *Couratari Multiflora* (Tauari) na FLONA de Caxiuanã, pelas medidas de fluxo de seiva obtidas com a aplicação do método do balanço de calor no tronco do vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS: Medidas contínuas de fluxo de seiva em três exemplares de *Couratari Multiflora* (Tauari) foram realizadas durante o período de 1º de dezembro de 2002 a 30 de novembro de 2003 no sítio experimental localizado na Estação Científica Ferreira Pena (ECFPn) (1º 42' 30" S; 51º 31'45" W; 62 m de altitude) que pertencente ao Museu Paraense Emílio Goeldi. A área da ECFPn é de 33.000 ha representando cerca de 10% da Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã, onde se localiza. É uma floresta primária de terra-firme, preservando suas características no município de Melgaço, cerca de 400 km a oeste de Belém do Pará.

A FLONA de Caxiuanã é um ecossistema rico em espécies vegetais, caracterizado por diferentes ambientes, dentre eles a floresta densa de terra-firme e igapó, a floresta de terra-firme ocupa cerca de 85% da área em que foi implantada a ECFPn, com árvores de até 50 m, a diversidade entre 150 a 160 espécies ha⁻¹, e densidade de 450 a 550 árvores ha⁻¹. Apresenta um dossel bastante fechado, com pouca penetração dos raios solares. O índice de área foliar (IAF) varia de 5 a 6 m²m⁻². Até 2003 foram registradas, para a ECFPn, 1054 espécies pertencentes a 393 gêneros e 102 famílias. As espécies arbóreas predominam na ECFPn com 663 exemplares (62,9%). Os solos vão de bem drenados a moderadamente drenados e pobres em nutrientes, com pH entre 3,5 (muito ácido) e 5,5 (moderadamente ácido), o relevo é relativamente plano, também são encontrados plintossolos e Terra Preta arqueológica (ALMEIDA *et al.*, 1993; KERN, 1996; RUIVO *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2003; VIANA *et al.*, 2003)

Os dados meteorológicos foram obtidos por uma estação automática e armazenados em datalogger 21X (Campbell Scientific, USA) instalados no topo da torre de alumínio com 52 m de altura. A evapotranspiração potencial (ET) foi calculada pelo método de TÜRRC, (1961).

Para as medidas de fluxo de seiva foi aplicado o método de Balanço de Calor no Tronco, utilizando um sistema *Sap Flow meter P4.1*, (EMS, Brno, Republica Checa). (CERMAK *et al.*, 1973, 2004; Kučera, 1998). Foram armazenadas médias a cada 15 minutos no módulo interno de memória do sistema. O fluxo de seiva foi medido para cada centímetro de circunferência do tronco, depois multiplicado pelo perímetro total do tronco no ponto de medida (kg árvore⁻¹ h⁻¹). Os valores diários

foram divididos pela área da copa da árvore projetada no solo (m^2), obtendo-se a transpiração diária da planta ($mm\ dia^{-1}$).

Tabela 1. Dimensões dos exemplares de *Couratari Multiflora*. CPM - Circunferência do tronco no Ponto de Medida, DAP - Diâmetro do tronco na Altura do Peito, AC - Área plana da Copa da árvore projetada no solo.

ID	Altura (m)	DAP	CPM	AC (m^2)
A (185)	25,0	0,181	0,57	57,9
A (187)	30,0	0,312	0,98	124,7
A (270)	31,5	0,306	0,96	79,1

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As medidas contínuas realizadas entre 1º de dezembro de 2002 e 30 de novembro de 2003, apresentadas na figura 1, registraram precipitações (Figura 1A) de até $65\ mm\ dia^{-1}$ e uma distribuição durante todo o ano, com uma redução na frequência de eventos entre agosto e novembro, a média da precipitação foi de $5,8\ mm\ dia^{-1}$. A temperatura do ar medida acima da copa das árvores (Figura 1B) variou entre $29,6$ e $22,7\ ^\circ C$, com média de $26,2\ ^\circ C$. Observa-se uma suave elevação na temperatura a partir de junho até os maiores valores em novembro. A radiação global integrada diariamente das 7 as 18h (Figura 1C) apresenta um aumento bem definido nos meses de agosto a novembro, em média foi de $16,1\ MJ\ m^{-2}$, com extremos de $6,2$ e $25,4\ MJ\ m^{-2}$. O déficit de pressão de vapor (Figura 1D) não apresentou uma variação bem definida, com média de $0,64\ kPa$, mas assim mesmo observa-se uma suave elevação na demanda atmosférica nos meses de setembro e outubro, com um claro crescimento em novembro, com picos de até $5,2\ kPa$.

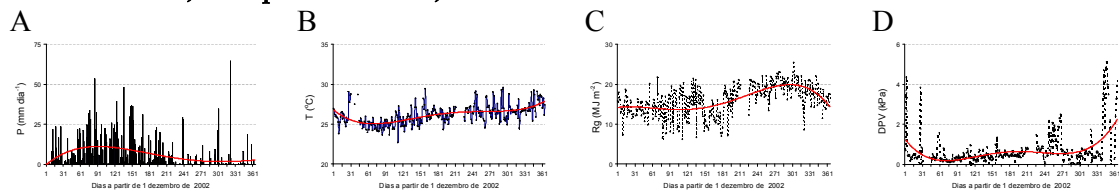


Figura 1. Medidas diárias contínuas realizadas entre dezembro de 2002 e novembro de 2003. (A) Precipitação pluvial (mm); (B) Temperatura do ar ($^\circ C$); (C) Radiação global ($MJ\ m^{-2}$); (D) Déficit de pressão de vapor (kPa). As linhas vermelhas são as tendências.

O balanço hídrico no período de dezembro de 2002 a novembro de 2003 é apresentado na Figura 2. Os totais mensais da precipitação pluvial (Figura 2A) registraram uma média de $175\ mm$. Durante oito meses – de dezembro a julho – os valores mensais foram superiores a $100\ mm$, sendo o máximo de $390\ mm$ registrado em fevereiro. No período de agosto a novembro as chuvas mensais acumuladas não alcançam os $100\ mm$, sendo o menor valor em agosto com apenas $44,2\ mm$. A evapotranspiração potencial calculada (Figura 2B) atingiu $99,8\ mm$ em média. Durante seis meses as taxas de evapotranspiração superaram os $100\ mm\ mês^{-1}$, com o máximo de $134\ mm$ obtido em setembro, o menor valor de evapotranspiração foi para o mês de janeiro com apenas $51,1\ mm$. O balanço de água (Figura 2C) obtido pela relação P-ET apresentou um excedente hídrico de $1141,1\ mm$ entre dezembro e julho, porém durante quatro meses – de agosto a novembro – houve um déficit de $-239,3\ mm$. Durante todo o período, houve um saldo médio de $75,2\ mm$.

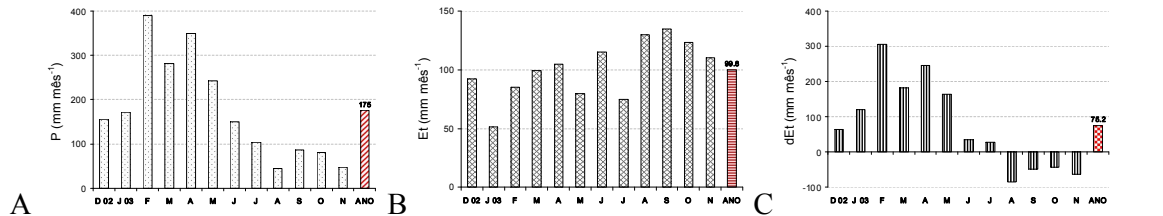


Figura 2. Medidas mensais (mm) realizadas entre dezembro de 2002 e novembro de 2003. (A) Precipitação pluvial - P; (B) Evaporação potencial - ET; (C) Balanço hídrico obtido pela relação P-ET. As colunas vermelhas são as médias.

A transpiração dos três exemplares de *Couratari Multiflora* ocorreu durante o ano inteiro, com pequenas variações devidas principalmente aos fatores climáticos, esta é a variação normal para uma floresta tropical. A soma dos valores médios da transpiração das três plantas (Figura 3A) indica uma resposta da vegetação às condições de demanda atmosférica por umidade e maior disponibilidade de radiação global, principalmente nos meses de junho a agosto e em novembro. A transpiração média durante o ano foi de $0,83 \text{ mm dia}^{-1}$. A média da transpiração de cada árvore monitorada (Figura 3B) explicita a importância das características individuais das plantas para a transpiração, a planta A185 por ser a que apresenta os menores diâmetro e altura (ver Tabela 1) tem menos eficiência na transpiração, em média $4,8 \text{ kg dia}^{-1}$, provavelmente por ter que disputar com as outras plantas em sua vizinhança por uma melhor exposição aos raios solares. As plantas A187 ($26,1 \text{ kg dia}^{-1}$) e A270 ($42,6 \text{ kg dia}^{-1}$) têm praticamente os mesmos valores de diâmetro e altura, porém a A270 apresenta uma área de copa aproximadamente 58% maior que a A187. Isto é um dos fatores que faz com que seja mais eficiente na transpiração, pois tem maior exposição ao sol. Os totais mensais de transpiração das três árvores (Figura 3C) apresentam os meses de julho a agosto com os maiores valores, coincidentemente um período de baixa precipitação pluvial e crescimento na demanda de umidade na atmosfera e radiação solar disponível. As medidas contínuas da transpiração durante o ano somam um grande volume de água foi transferido para a atmosfera (Figura 3D), os três exemplares de *Couratari Multiflora* transpiraram juntos cerca de 23,7 toneladas. A planta menor (A185) foi responsável por $1,56 \text{ ton ano}^{-1}$, o exemplar intermediário (A187) transpirou aproximadamente $8,51 \text{ ton ano}^{-1}$, enquanto que a planta A270 transferiu para a atmosfera cerca de $13,6 \text{ ton ano}^{-1}$. Estes valores quantificam a importância da vegetação no ciclo hidrológico das florestas tropicais, pela enorme capacidade de reposição de umidade na atmosfera.

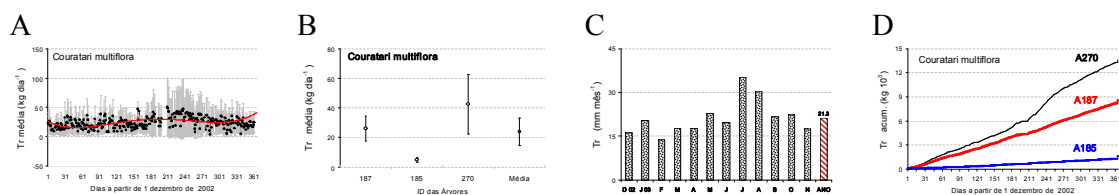


Figura 3. Medidas de Transpiração de três exemplares de *Couratari Multiflora* realizadas entre dezembro de 2002 e novembro de 2003. (A) Médias diárias (kg dia^{-1}); (B) Média de cada exemplar (kg dia^{-1}); (C) Total mensal somado dos três exemplares (mm mês^{-1}); (D) Valores acumulados durante o ano para cada planta ($\text{kg } 10^3$). As barras verticais em A e B são os respectivos desvios-padrão.

CONCLUSÕES: Durante todo o ano uma grande quantidade de água foi transpirada pelo conjunto de *Couratari Multiflora* analisado, sendo observada apenas uma pequena variação

sazonal, o período de maior transpiração foi devido ao aumento da disponibilidade de radiação solar e menor quantidade de chuva.

Houve diferença entre os totais transpirados pelos exemplares de *Couratari Multiflora*, significando que as características individuais de cada planta influenciam na transpiração.

A proporção da transpiração em relação ao total de chuva registrado, representou a importante função da vegetação no ciclo hidrológico da floresta tropical úmida.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos aos colegas que participaram das atividades de campo. O primeiro autor agradece também à CAPES, pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: ALMEIDA, S.S.; LISBOA, P.L.B.; SILVA, A.S.L. Diversidade florística de uma comunidade arbórea na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. *Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica*, Belém, v.9, n.1, p.99-105, 1993. ARAGÃO, L.E.O.C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R.M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L.O.; SHIMABUKURO, Y.E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophys. Res. Letters*, v.34, no prelo, 2007. CERMÁK, J.; DEML, M.; PENKA, M. A new method of sap flow rate determination in trees. *Biol. Plant. (Praha)* n.15, p. 171– 178, 1973. CERMAK, J.; KUČERA, J.; NADEZHINA, N. Sap flow measurements with some thermodynamic methods, flow integration within trees and scaling up from sample trees to entire forest stands. *Trees-Struct.Funct.*, Berlim, v.18, p.529–546, 2004. CIENCIALA, E.; KUCERA, J.; MALMER, A. Tree sap flow and stand transpiration of two *Acacia mangium* plantations in Sabah, Borneo. *J. Hydrol.* n.236, p.109–120, 2000. FERREIRA DA COSTA, R.; SILVA, V.P.R.; RUIVO, M.L.P.; MEIR, P.; COSTA, A.C.L.; MALHI, Y.S.; BRAGA, A.P.; GONÇALVES, P.H.L.; SILVA JUNIOR, J.A.; GRACE, J. Transpiração em espécie de grande porte na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará. *Rev. Bras. Eng. Agrí. Amb.* no prelo, 2007. JIMÉNEZ, M.S.; CERMÁK, J.; KUCERA, J.; MORALES D. Laurel forests in Tenerife, Canary Island: the annual course of sap flow in *Laurus* trees and stand. *J. Hydrol.* n.183, p.307–321, 1996. KERN, D.C. **Geoquímica e pedoquímica em sítios arqueológicos com terra preta na Floresta Nacional de Caxiuanã, Portel, PA.** Belém: UFPA, 1996. 119p. *Tese Doutorado.* KÖSTNER, B. Evaporation and transpiration from forests in Central Europe - relevance of patch-level studies for spatial scaling. *Meteorol. Atm. Phys.*, Viena, v.76, p.69-82, 2001. KUČERA, J. Sap Flow Meter – P4.1, **Environmental Measuring Systems Instruction Manual.** Brno, September, 1998. 20p. NAVES-BARBIERO, C.C.; FRANCO, A.C.; BUCCI, S.J.; GOLDSTEIN, G. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies Lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, Lavras, v.12, n.2, p.119-134, 2000. NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional change. *J. Clim.*, v.4, p.957-988, 1991. RUIVO, M.L.P.; PEREIRA, S.B.; BUSSETTI, E.P.C.; FERREIRA DA COSTA, R.; QUANZ, B.; NAGAISHI, T. Y.; OLIVEIRA, P. J.; MEIR, P.; MALHI, Y.; COSTA, A. C. L. Propriedades do Solo e Fluxos de CO₂ em Caxiuanã, Pará: Experimento LBA-ESECAFLOR. In: *Contribuições a Geologia da Amazônia, (CGA-3)*, Sociedade Brasileira de Geologia, Belém, v.3, p.291-299, 2002. SILVA, A.S.L.; ALMEIDA, S.S.; ROSÁRIO, C.S. **Flórula fanerogâmica da Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn): caracterização dos ecossistemas e lista preliminar de espécies.** In: Seminário de 10 anos de atividades da ECFPn, Caxiuanã, 1, 2003, Belém. *Resumos...* Belém: MPEG, CD-ROM, 2003. TÜRC, L. Evaluation des besoins en eau d'irrigation évapotranspiration potentielle. *J. Ann. Agron.* n.12, p.13-49, 1961. VIANA, J.S.; ALMEIDA, S.S.; CONCEIÇÃO, C.; FERREIRA, E.; ALVES, N.; SILVA, R. **Comparação estrutural e florística entre os ambientes de Terra-Firme e Igapó do entorno da Estação Científica Ferreira Penna – ECFPn.** In: Seminário de 10 anos de atividades da ECFPn, Caxiuanã, 1, 2003, Belém. *Resumos...* Belém: MPEG, CD-ROM, 2003.

