



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Consumo hídrico em pomar de mangueiras no nordeste paraense¹



*Juliana Chagas Rodrigues²; Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza³; Renata Trindade de Lima⁴;
Adriano Marlisom Leão de Sousa⁵*

¹Trabalho modelo apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 23 a 28 ago. 2015

² Eng. Agrônoma, Doutoranda em Ciências Florestais, bolsista CAPES, UFRA, Belém – PA Fone: (91) 3210-5140,
juliana.rodrigues@ufra.edu.br

³ Meteorologista, Prof. Adjunto, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, bolsista CNPq nível 2, UFRA, Belém – PA,
paulo.jorge@ufra.edu.br

⁴ Eng. Agrônoma, MSc. Agronomia, Fiscal Agropecuário, Agência de Defesa Agropecuária do Pará, Novo Repartimento – PA,
renata.lima@ufra.edu.br

⁵ Meteorologista, Prof. Adjunto, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, UFRA, Belém – PA, adriano.souza@ufra.edu.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estimar o consumo hídrico em pomar de mangueiras durante as suas fases fenológicas, na região nordeste do Estado do Pará. Para isso, foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica em um pomar de mangueiras cv. Tommy Atkins, com os dados coletados durante o período reprodutivo das safras de 2010/2011, e de 2011/2012. A evapotranspiração atual de cultura foi estimada pelo balanço de energia através da técnica da razão de Bowen. As safras ocorreram em condições meteorológicas distintas, com menor quantidade de chuva na safra 2, tendo como consequência diferenças significativas na razão de Bowen. A evapotranspiração e o balanço hídrico também sofreram influência das condições meteorológicas ocorridas no período. A evapotranspiração atual da cultura variou entre 402,9 e 420 mm, apresentando um consumo médio diário de 3,73 mm.

PALAVRAS-CHAVE: *Mangifera indica* L., evapotranspiração, razão de Bowen

Water consumption in the mango orchard in northeastern Pará

ABSTRACT: The objective of this study was to estimate the water consumption in the mango orchard during its phenological stages in northeastern Pará State. For this purpose, it was installed and instrumented a micrometeorological tower in a mango orchard, cv. Tommy Atkins, with data collected during the growing seasons of 2010/2011 and of 2011/2012. The actual crop evapotranspiration was estimated from the energy balance using the Bowen ratio technique. The growth seasons were subjected to different weather conditions, consequently, some differences in the Bowen ratio values were observed. The evapotranspiration as well as the water balance also suffered influences of meteorological conditions during the period. The actual crop evapotranspiration during its reproductive period ranged between 402.9 and 420 mm with a mean water consumption of 3.77 mm day⁻¹.

KEY WORDS: *Mangifera indica* L, evapotranspiration, Bowen ratio

INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica tem efeito direto sobre a cultura da mangueira, uma vez que a escassez de água afeta o crescimento, a produtividade e a qualidade dos frutos produzidos. O conhecimento apenas da necessidade total de água pela cultura não implica num eficiente manejo no uso da água, sendo imprescindível se conhecer as necessidades hídricas da cultura em cada fase fenológica durante seu ciclo. Esta informação promove o uso racional da água através de práticas de manejo que visem à otimização

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

de seu uso, auxiliando na aplicação da lâmina de irrigação correta, no momento em que a cultura necessita (Bezerra et al., 1998).

O requerimento hídrico da mangueira varia conforme a idade do pomar e das suas subfases fenológicas, sendo reduzido no período vegetativo e maior na fase reprodutiva, desde a floração até a frutificação com influência direta das condições edafoclimáticas da região. A fase crítica do ciclo produtivo da mangueira é a de crescimento dos frutos, abrangendo a queda e a formação de frutos, entre 4 e 6 semanas após seu estabelecimento, onde a deficiência de água afeta seriamente a produção (Coelho et al., 2002).

Um método que tem se destacado para estimar a evapotranspiração (ET) é o do balanço de energia – razão de Bowen (β) (BERB), devido sua relativa simplicidade e precisão na estimativa do fluxo vertical de vapor d'água. Esta metodologia considera que a diferença entre os gradientes de pressão de vapor d'água possuem maior influência sobre a obtenção da β quando comparados com os demais elementos que possam interferir na natureza turbulenta da ET, como os efeitos advectivos, desde que seja respeitado o “fetch” mínimo recomendado (Gavilan e Berengena, 2007).

O método BERB foi utilizado na estimativa da evapotranspiração de diversas culturas, tais como a lima, o alface eo capim Tanzânia, em Piracicaba, São Paulo; a uva de mesa, Merbein, na Austrália; e o abacaxi, nos Tabuleiros Costeiros da Paraíba. Para a cultura da mangueira, o método foi utilizado por Azevedo et al. (2003) e Teixeira et al. (2008), ambos para Petrolina, Pernambuco, em condições irrigadas, não havendo, no entanto, trabalhos para a cultura da mangueira na Amazônia.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar o consumo hídrico em pomar de mangueiras durante as suas fases fenológicas, na região nordeste do Estado do Pará.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um pomar de mangueiras localizado no sítio experimental de Cuiarana, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), município de Salinópolis, Pará (00°39'50,50"S, 47°17'4,10"O). Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante na região é Aw, com reduzida amplitude térmica e precipitação pluvial média anual de 2.100 mm, com 90% dessa pluviosidade distribuída entre os meses de janeiro e junho.

O pomar foi implantado em 1993 e é constituído da cv. Tommy Atkins, com altura média de 6,5 m, espaçamento de 10,0 x 10,0 m (100 plantas ha⁻¹), cultivada em sequeiro, em uma área total de 25 hectares. Uma parcela de um hectare foi demarcada para o estudo, onde foram realizadas as coletas de dados meteorológicos e fenológicos ao longo do ciclo produtivo, nas safras 2010/2011 (outubro de 2010 a janeiro de 2011) e 2011/2012 (setembro de 2011 a janeiro de 2012), as quais receberam as denominações de safra 1 e safra 2, respectivamente.

No centro da área experimental foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica de 10 m de altura, com um “fetch” superior a razão 1:100 na direção predominante do vento, para evitar que os efeitos advectivos interferissem nas medidas realizadas no pomar (Gavilan e Berengena, 2007). Os sensores utilizados foram conectados a um datalogger (CR10X, *Campbell Scientific*) e a um multiplexador (AM16/32A, *Campbell Scientific*), os quais realizavam leituras a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 10 minutos.

A radiação líquida foi obtida através de um saldo radiômetro (NR-Lite, *Kipp & Zonen*) instalado na torremicrometeorológica a 8,5 m do solo. O fluxo de calor no solo foi monitorado por dois fluxímetros (HFP01SC-L, *Hukseflux*) instalados a 0,10 m de profundidade nos sentidos norte-sul e leste-oeste do plantio. A temperatura e umidade do ar foram acompanhadas por dois termohigrômetros (HMP45A, *Vaisala*), instalados a 0,5 m e 2,0 m acima do dossel do pomar de mangueiras.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Os estádios fenológicos foram monitorados conforme Rodrigues et al. (2013) e representados por uma escala térmica normalizada, em função dos graus-dias acumulados, obtendo-se o tempo térmico normalizado (TTN) (Costa et al., 2009), onde cada índice de TTN representou uma fase fenológica a partir da floração (TTN = 0), início da queda de frutos (TTN = 1), formação (TTN = 2), maturação (TTN = 3) e colheita (TTN = 4).

A evapotranspiração atual da cultura (ETa), dada em mm, foi obtida a cada 10 minutos utilizando apenas valores positivos do fluxo de calor latente (LE) entre a superfície e atmosfera, convertidos em lâmina equivalente, no intervalo de 06:00h e 18:00h, correspondente ao período diurno (Rn-G>0). Os valores diários foram estimados pelo somatório da ETa obtida a cada 10 minutos.

$$ETa = LE / \lambda \quad (1)$$

Em que LE é o fluxo de calor latente (MJ m⁻²), e λ é o calor latente de evaporação.

O fluxo de calor latente foi obtido por meio do balanço de energia (BE), estimado conforme Souza et al. (2012). Esta equação despreza alguns componentes, como a energia armazenada na copa das árvores e a energia utilizada no processo fotossintético, devido a pouca representatividade em relação à radiação líquida (Rn), além da dificuldade de obtenção.

$$Rn = LE + H + G \quad (2)$$

Em que Rn é a radiação líquida (MJ m⁻²), H é o fluxo de calor sensível (MJ m⁻²) e G é o fluxo de calor no solo (MJ m⁻²).

A razão de Bowen (β) foi obtida através das relações do transporte vertical de calor e vapor d'água, considerando que exista a igualdade nos coeficientes de transporte turbulento do fluxo de calor sensível e vapor d'água, K_H e K_W , respectivamente (Arya, 2001).

$$\beta = \frac{H}{LE} = \frac{C_p \Delta T}{\lambda \Delta q} = \frac{C_p P}{\lambda \cdot 0,622 \Delta e} \frac{\Delta T}{\Delta e} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (3)$$

Em que C_p é o calor específico do ar a pressão constante (J kg⁻¹ °C⁻¹), Δq é a variação de umidade específica (g kg⁻¹), P é a pressão atmosférica local (mbar), γ é o coeficiente psicrométrico (mbar °C), ΔT e Δe são as variações de temperatura média do ar (°C) e de pressão (mbar) de vapor d'água entre dois níveis consecutivos, respectivamente.

O nível dos sensores de temperatura do ar e umidade relativa foi alterado frequentemente com o crescimento da cultura, mantendo-se sempre o mesmo intervalo do perfil vertical (0,5 – 2 m). Os valores da β passaram por um controle de qualidade, atendendo aos critérios adotados pela metodologia de Perez et al. (1999). Após o controle de qualidade, o preenchimento de falhas dos dados de fluxo de energia foi feito em função da correlação encontrada entre H e LE com a energia disponível (Rn+G) para cada fase (Teixeira e Bastiaansen, 2012).

O componente LE foi então obtido através da β e o H, pelo resíduo da Equação 2.

$$LE = \frac{Rn - G}{(1 + \beta)} \quad (4)$$

A análise da β e da ETa foi feita utilizando estatística descritiva das amostras, por meio das médias, máximos, mínimos, coeficientes de variação, desvios e os erros padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração atual da mangueira (ETa) foi fortemente influenciada pela chuva, principalmente, durante a safra 1, onde a ETa em todo o ciclo produtivo foi de 402,8 mm, menor que o observado na safra seguinte, 420,1 mm (Tabela 1). A fase fenológica que apresentou maior consumo hídrico foi a queda de frutos, corroborando com Coelho et al. (2002). Tal fato confirma que este seja o período crítico para a mangueira em relação à necessidade hídrica da cultura. A fase de menor consumo

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

hídrico ocorreu durante a maturação de frutos, uma vez que nesta subfase ocorre o acúmulo de açúcares e, posterior, maturação fisiológica dos frutos. Silva et al. (2001) também encontraram valores mínimos de ETa no início e final do ciclo de produção da mangueira.

Tabela 1. Evapotranspiração atual da cultura (ETa), média e acumulada, durante as safras 1 e 2, em função do tempo térmico normalizado (TTN), em um pomar de mangueiras cv. Tommy Atkins, Salinópolis, Pará.

TTN	Safrá 1		Safrá 2	
	ETa (mm dia ⁻¹)		ETa (mm dia ⁻¹)	
	Média	Acumulado	Média	Acumulado
0	3,7 (±0,01)	96,0	3,9 (±0,07)	102,2
1	4,6 (±0,12)	145,9	3,9 (±0,09)	129,7
2	3,8 (±0,24)	101,3	3,5 (±0,10)	95,8
3	2,4 (±0,16)	59,7	3,6 (±0,06)	92,4
Média/Total	3,7 (±0,11)	402,9	3,8 (±0,05)	420,1

Valores em parênteses representam o erro padrão de estimativa.

Na safra 1, o período desde a floração até o início da formação de frutos (TTN = 2) apresentou valores com pouca variação (Figura 1a), com o valor máximo de até 5,7 mm dia⁻¹, na fase de queda de frutos. Nas demais fases fenológicas, com o início das chuvas na região e aumento na cobertura de nuvens, observou-se a diminuição da ETa e aumento de sua variabilidade em relação à segunda safra. A menor variação da ETa durante a safra 2 (Figura 1b) se deu pela maior estabilidade das condições meteorológicas associadas à escassez das chuvas neste período. O máximo valor de consumo hídrico ocorreu na fase de queda de frutos (4,72 mm dia⁻¹), havendo pouca variabilidade ao longo deste ciclo produtivo.

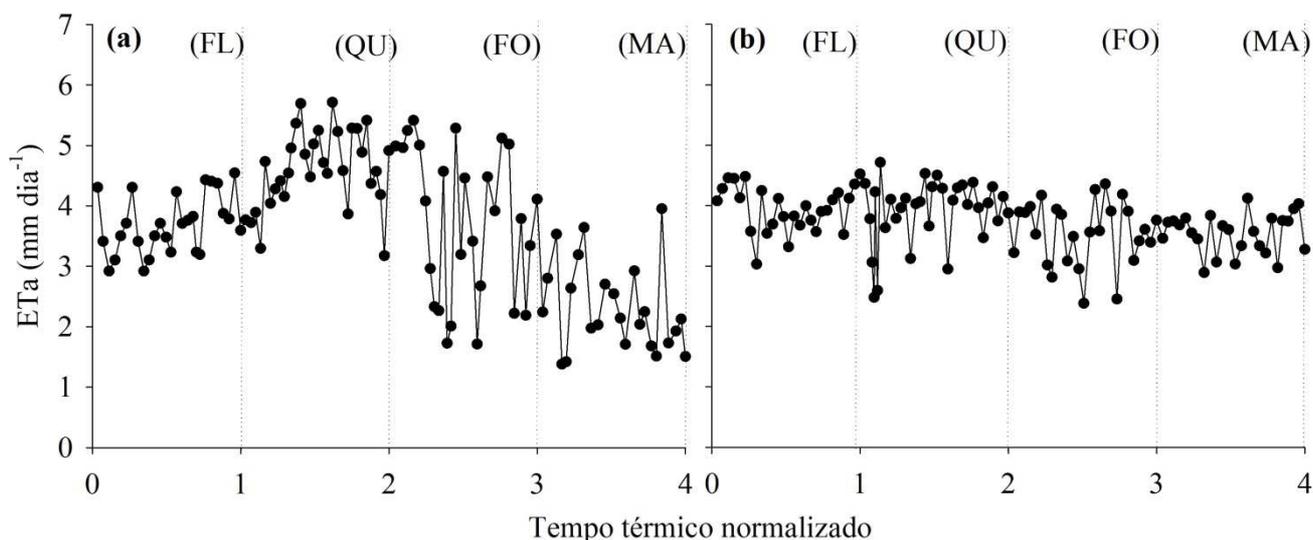


Figura 1. Variação média da evapotranspiração atual da cultura (ETa), durante as safras 1 (a) e 2 (b), em função do tempo térmico normalizado. As fases fenológicas são representadas pelas siglas: (FL) floração, (QU) queda, (FO) formação e (MA) maturação de frutos, em um pomar de mangueiras cv. Tommy Atkins, Salinópolis, Pará.

Os valores de ETa para cada fase fenológica e respectiva safra (Tabela 1) mostram que os valores médios de ETa para a floração, queda, formação e maturação de frutos foram superiores aos encontrados



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

por Teixeira et al. (2008) e semelhante aos obtidos por Azevedo et al. (2003). A ETa média foi de 3,7 mm dia⁻¹ e 3,8 mm dia⁻¹, para a primeira e segunda safra, respectivamente, com média de 3,73 mm dia⁻¹, valor próximo ao encontrado por Teixeira et al. (2008) (3,7 mm dia⁻¹), em Petrolina, Pernambuco, e abaixo do obtido por Azevedo et al. (2003) (4,3 mm dia⁻¹), na mesma região, onde ambos trabalharam em condições irrigadas e obtiveram a evapotranspiração através do método BERB.

Apesar de na primeira safra ter ocorrido maior oferta de água pela chuva, e conseqüentemente maior disponibilidade de água no solo, a demanda atmosférica na primeira safra foi menor em especial após a fase de formação (TTN = 2). Na safra 1, a disponibilidade energética (Rn) foi nitidamente controlada pelo período chuvoso, em função do aumento da nebulosidade, limitando o incremento da ETa. Fato semelhante foi observado por Sousa et al. (2000), em cultivo de melão irrigado, na Parnaíba, Piauí, onde a elevada disponibilidade hídrica no solo limitou a ETa. Por outro lado, devido às condições meteorológicas a que a safra 2 foi exposta, a elevada disponibilidade energética promoveu o aumento da demanda evapotranspiratória, resultando em maior ETa em algumas fases (Tabela 1).

O total de água evapotranspirada durante todo o ciclo reprodutivo apresentou valor médio de 411,45 mm, semelhante ao obtido por Teixeira et al. (2008) (411,5 mm) para o período reprodutivo durante duas safras, enquanto que Azevedo et al. (2003) encontraram cerca de 555,1 mm para o ciclo reprodutivo da mesma cultivar para uma única safra.

O fato de estes trabalhos terem sido desenvolvidos em diferentes condições ambientais quando comparados com o atual trabalho, como também a maior disponibilidade energética associada ao manejo da irrigação, pode ter proporcionado maior disponibilidade hídrica no solo, por um período contínuo, e, portanto, podem ter sido os principais fatores para o aumento da taxa evapotranspiratória nestes trabalhos.

CONCLUSÕES

O consumo total de água pelas mangueiras durante o período reprodutivo variou entre 403 e 420 mm, sendo distinto para cada fase fenológica. As subfases de queda e maturação de frutos foram as fases com o maior e o menor consumo hídrico, respectivamente. Embora tenha ocorrido menor disponibilidade hídrica na safra 2, devido a maior demanda atmosférica gerada pelas condições meteorológicas observadas naquele ano, o pomar, em ambas as safras, apresentou um padrão de consumo hídrico semelhante, com média de ETa de 3,7 mm dia⁻¹.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, CNPq e UFRA pela concessão de recursos para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARYA, S.P. **Introduction to Micrometeorology**. New York: Academic Press, 2001.

AZEVEDO, P.V.; SILVA, B.B.; SILVA, V.P.R. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 58, n. 3, p. 241-254, 2003.

BEZERRA, F.M.L.; ANGELOCCI, L.R.; MINAMI, K. Deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 119-123, 1998.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

COELHO, E.F.; OLIVEIRA, A.S.; AGUIAR NETTO, A.O.; TEIXEIRA, A.H.C.; ARAÚJO, E.C.E.; BASSOI, L.H. Irrigação. In: GENÚ, P.J.C.; PINTO, A.C.Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 165-189.

COSTA, L.C.; JUSTINO, F.; OLIVEIRA, L.J.C.; SEDIYAMA, G.C.; FERREIRA, W.P.M.; LEMOS, C.F. Potential forcing of CO₂, technology and climate changes in maize (*Zeamays*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) yield in southeast Brazil. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 4, p. 1-10, 2009.

GAVILAN, P.; BERENGENA, J. Accuracy of the Bowen ratio-energy balance method for measuring latent heat flux in a semiarid advective environment. **Irrigation Science**, Berlin, v. 25, p. 127-140, 2007.

PEREZ, P.J.; CASTELLVI, F.; IBAÑEZ, M.; ROSELL, J.I. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 97, n. 3, p. 141-150, 1999.

RODRIGUES, J.C.; SOUZA, P.J.O.P.; LIMA, R.T. Estimativa de temperaturas basais e exigência térmica em mangueira no nordeste do estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 143-150, 2013.

SILVA, V.P.R.; AZEVEDO, P.V.; SILVA, B.B.; BASSOI, L.H.; TEIXEIRA, A.H.C.; SOARES, J.M.; SILVA, J.A.M. Estimativa da evapotranspiração da mangueira com base no balanço hídrico do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3 p. 456-462, 2001.

SOUSA, V.F.; COELHO, E.F.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; FOLEGATTI, M.V.; FRIZZONE, J.A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 183-188, 2000.

SOUZA, P.J.O.P.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E.J.P.; FARIAS, J.R.B.; SOUZA, E.B. Sazonalidade no balanço de energia em áreas de cultivo de soja na Amazônia. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 548-557, 2012.

TEIXEIRA, A.H.C.; BASTIAANSSEN, W.G.M.; MOURA, M.S.B.; SOARES, J.M.; AHMAD, M.D.; BOS, M.G. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 148, n.10, p. 1524-1537, 2008.

TEIXEIRA, A.H.C.; BASTIAANSSEN, W.G.M. Five methods to interpret field measurements of energy fluxes over a micro-splinker-irrigated mango orchard. **Irrigation Science**, Berlin, v. 30, p. 13-28, 2012.