



RELAÇÃO ENTRE TRANSPIRAÇÃO E E_{T0} EM CACAUEIROS JOVENS COM DIFERENTES ÁREAS FOLIARES

L. S. Fraga Junior¹, L. M. Vellame², V. P. da S. Paz³, G. P. Araújo⁴, R. S. Vasconcelos⁵,
T. T. Silva⁶

RESUMO: A quantificação da transpiração do cacau é essencial para sua implantação e manejo, pois é o principal fator na determinação da sua demanda hídrica uma vez que esta cultura tem por característica depositar grande volume de folhas sobre o solo, minimizando as perdas por evaporação. O trabalho teve como objetivo estimar a transpiração de plantas jovens de cacau com diferentes áreas foliares em função evapotranspiração de referência. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado com 40 plantas de cacau do clone CCN51 cultivadas em vasos de 0,5 m³. Foi realizada uma desfolha formando 4 grupos de 10 plantas cada um com o mesmo número de folhas (75, 151, 226 e 302 folhas) e com área foliar (AF) média igual a 1,11, 1,9, 3,13 e 3,71 m², respectivamente. A estimativa da transpiração foi realizada pelo método da sonda de dissipação térmica. A análise dos resultados revelou que não houve diferença significativa na transpiração média em plantas com AF média variando entre 1,11 a 3,71 m² pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A relação entre transpiração e evapotranspiração de referência apresentou baixos coeficientes de correlação e dispersão crescente acompanhando o aumento da área foliar média.

PALAVRAS-CHAVE: *Theobroma cacao* L., fluxo de seiva, área foliar

RELATIONSHIP BETWEEN TRANSPIRATION AND E_{T0} IN YOUNG COCOA TREES WITH DIFFERENT LEAF AREA

ABSTRACT: The quantification of the transpiration in cacao tree is essential for its implantation and management, as it is the main factor in the determination of its water demand, since this culture has the characteristic of depositing a large volume of leaves above the soil surface, minimizing water losses by evaporation. The objective of this work was to estimate the

¹ Doutorando, USP/ESALQ/PPGESA, Piracicaba, São Paulo, e-mail: lucianosobral@usp.br

² Doutor, Professor UFRB/CCAAB, Cruz das Almas – BA, e-mail: lucasvellame@gmail.com

³ Doutor, Professor UFRB/CCAAB, Cruz das Almas – BA, e-mail: vpspaz@gmail.com

⁴ Graduanda em Engenharia Florestal UFRB, Cruz das Almas – BA, e-mail: geovanapaimaraujo@hotmail.com

⁵ Graduando em Agronomia UFRB, Cruz das Almas – BA, e-mail: svrafa@hotmail.com

⁶ Graduanda em Engenharia Florestal UFRB, Cruz das Almas – BA, e-mail: silvathai28@gmail.com

transpiration of young cacao plants with different leaf areas as a function of the reference evapotranspiration. The experiment was conducted in a greenhouse in a completely randomized design with 40 cacao plants of the CCN51 clone grown in 0.5 m³ pots. A defoliation was performed, forming 4 groups of 10 plants each with the same number of leaves (75, 151, 226 and 302 leaves) and with average leaf area (LA) equal to 1,11, 1,9, 3,13 and 3,71 m², respectively. Estimates of transpiration were performed using the thermal dissipation probe method. The analysis of the results revealed that there was no significant difference in the plants' mean transpiration with mean LA ranging from 1.11 to 3.71 m² by the Tukey test at the 5% probability level. The relationship between transpiration and reference evapotranspiration presented increasing dispersion following the increase of the average leaf area.

KEY WORDS: *Theobroma cacao* L., sap flow, leaf area

INTRODUÇÃO

O cultivo de cacau tem se expandido para áreas com características ambientais muito diferentes das regiões tradicionais de cultivo, especialmente nas regiões semiáridas, onde se têm obtido sucesso pelo manejo de plantios com espaçamentos regulares, irrigação localizada, fertirrigação, além de material genético melhorado.

A quantificação da transpiração é essencial na determinação da demanda hídrica do cacauzeiro, pois se trata de uma planta caducifólia que se caracteriza por depositar folhas sobre o solo, provocando redução nas perdas de água por evaporação (Pamponet et al., 2012). Alguns trabalhos têm demonstrado uma boa relação entre a transpiração, a demanda hídrica atmosférica e área foliar das plantas (Villa Nova et al., 2002; Coelho Filho et al., 2004; Oliveira et al., 2009). A estimativa da transpiração a partir destes fatores é importante para facilitar a determinação do consumo de água pela cultura sem a necessidade de muitas medições de campo.

Na literatura são encontrados trabalhos com resultados diversos e conclusões muitas vezes conflitantes no que se refere à interação do cacauzeiro com o ambiente de cultivo (Rada et al., 2005; Baligar et al., 2008; Köhler et al., 2009). Esses resultados são influenciados pela variabilidade espacial e temporal das variáveis que regem o processo de transferência de água no sistema solo-planta-atmosfera. Sendo assim, é importante a investigação das relações hídricas do cacauzeiro em diversas condições ambientais. Estudos com um grande número de plantas utilizando métodos com leituras contínuas, como as medições de fluxo de seiva, podem garantir maior confiabilidade nos resultados das pesquisas com essa cultura. O trabalho teve

como objetivo estimar a transpiração de plantas jovens de cacau com diferentes áreas foliares em função evapotranspiração de referência.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação com cobertura plástica, no Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Município de Cruz das Almas, BA (12° 48' S; 39° 06' O; 225 m de altitude). O clima local é classificado como úmido a sub-úmido, com precipitação média de 1.143 mm ao ano (D'Angiolella et al., 1998).

Foram utilizadas 40 plantas de cacauzeiro do clone CCN51 com porta enxerto do clone CEPEC2002 em estágio inicial de desenvolvimento, transplantadas no dia 20 de março de 2016 para reservatórios de solo com volume de 0,5 m³ (Figura 1). Em cada reservatório foi instalado um sistema de drenagem formado por um dreno de 0,025 m de diâmetro, uma camada de 0,08 m de espessura de brita, uma tela de nylon e uma camada de 0,01m de areia lavada.



Figura 1. Vista da área experimental.

A coleta dos dados de transpiração, área foliar, potencial de água no solo e informações meteorológicas foi iniciada no dia 21 de setembro de 2016 e finalizada no dia 17 de novembro de 2016. Inicialmente foram contadas as folhas em todas as plantas do experimento e as plantas classificadas em quatro grupos de 10 plantas de acordo com o número de folhas (Tabela 1). Em seguida foi realizada uma desfolha para que as plantas de cada grupo tivessem o mesmo número de folhas.

Tabela 1. Grupos de plantas com o respectivo número de folhas, área foliar média e coeficiente de variação.

Grupo	Nº de folhas	Área foliar (m ²)	CV%
1	75	1,11	8,7
2	151	1,9	27,2
3	226	3,13	8,0
4	302	3,71	7,8

Todas as plantas do experimento foram mantidas com a umidade do solo próximo à capacidade de campo objetivando-se manter a transpiração potencial. O monitoramento da umidade foi realizado com tensiômetros.

Transpiração

A transpiração das 40 plantas foi estimada pelo fluxo de seiva por meio do método da sonda de dissipação térmica (Granier, 1985). Foram construídas e instaladas sondas de 1cm de comprimento (Figura 2A) de acordo com metodologia aplicada por Vellame et al. (2009). A instalação das sondas foi realizada no porta-enxerto, mantendo uma distância de 8 cm entre a sonda superior e inferior (Figura 2B). Para atenuar os gradientes térmicos naturais (GTN) os caules das plantas foram cobertos com papel laminado imediatamente acima e abaixo do ponto de fixação das sondas, sendo estas também protegidas por papel laminado em formato de saia (Figura 2C). Para corrigir o efeito dos GTN quatro sondas foram mantidas com o aquecimento desligado durante o experimento, funcionando como referência. As demais sondas tiveram o aquecimento desligado a cada 15 dias por um período de 24 horas conforme metodologia empregada por Pamponet et al. (2012).

A fim de calibrar a sonda de dissipação térmica para a estimativa da transpiração utilizou-se três lisímetros de pesagem formados pelos reservatórios de solo sobre plataformas de pesagem com capacidade de 1000 kg (modelo AZ-9090-1T - Alfa Instrumentos). Os lisímetros foram calibrados em cinco ciclos de carga e descarga com massas conhecidas. As incertezas nas medições ($p < 0,05$) foram de 0,16%, 0,18% e 0,12%. Com vistas a medir apenas a transpiração das plantas, a superfície do solo dos lisímetros foi coberta com lona plástica para evitar perdas por evaporação (Figura 2D).

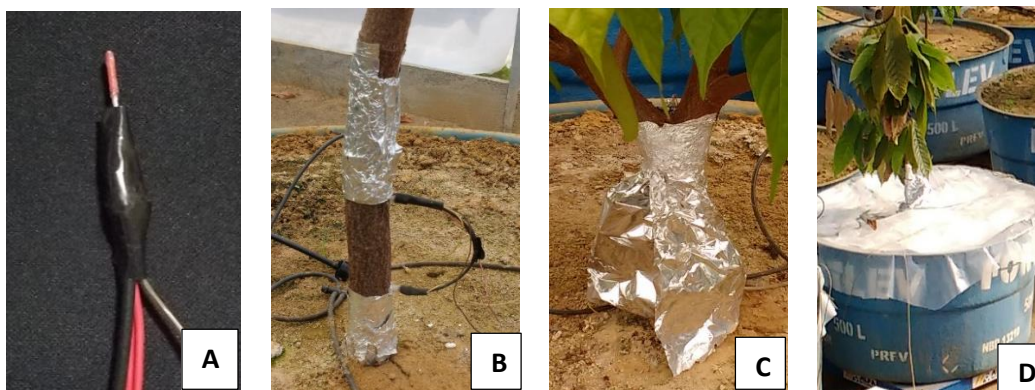


Figura 2. Sonda de dissipação térmica com 1cm de comprimento (A), sonda de dissipação térmica instalada no caule (B), Proteção de papel laminado em formato saia para atenuar os gradientes térmicos naturais (C), Lisímetro de pesagem com a superfície do solo coberta por lona plástica (D)

O coeficiente angular da equação de Granier (1985) foi ajustado minimizando os desvios absolutos entre o fluxo de seiva acumulado em 24h e a transpiração medida com os lisímetros (Eq. 1).

$$F=0,000357 \left(\frac{\Delta T_{\max}-\Delta T}{\Delta T} \right)^{1,231} AS \quad (1)$$

Em que, F é o fluxo de seiva (L dia⁻¹), ΔT é a diferença de temperatura entre as sondas (°C), ΔT_{max} é a diferença de temperatura entre as sondas em fluxo nulo (°C), AS é a área de seção condutora do caule (m²).

A estimativa da área de seção condutora do caule (AS – cm²) foi obtida a partir da Eq. 2. Para tanto, foram feitos cortes transversais de ramos de diferentes diâmetros de uma planta para obtenção de imagens dos cortes e definição das principais estruturas anatômicas do caule.

$$AS = -0,0004Pe^2 + 1,1367Pe - 4,8927 \quad (2)$$

Em que, AS é a Área de seção condutora de seiva (cm²), Pe é o Perímetro externo do caule, (cm).

Evapotranspiração de referência

Foram instalados sensores no centro da área experimental para monitoramento da radiação solar global (LP02-Campbell Sci.), da temperatura e da umidade relativa do ar (HMP50-Campbell Sci.) (Figura 5). Os dados meteorológicos foram utilizados para cálculo diário da evapotranspiração de referência (ET_o) pela equação de Penman-Montheith parametrizada pela FAO. A velocidade do vento no interior da estufa teve seu valor fixado em 0,5 m s⁻¹ como recomendado no Boletim FAO 56 para condições em que esse elemento é praticamente nulo (Allen et al., 1998).



Figura 5. Sensores de radiação solar, temperatura e umidade do ar instalados no centro da área experimental.

Área foliar

A área foliar foi estimada semanalmente medindo-se o maior comprimento (L - cm) e a maior largura (W - cm) perpendicular à nervura central de todas as folhas, utilizando a equação obtida por Oliveira et al. (2012) (Eq. 3).

$$AF=0,6638 L W (R^2 = 0,9955) \quad (3)$$

Em que, AF é a área foliar (cm²), L é a medida do maior comprimento (cm) da folha e W é a maior largura (cm) perpendicular à nervura central.

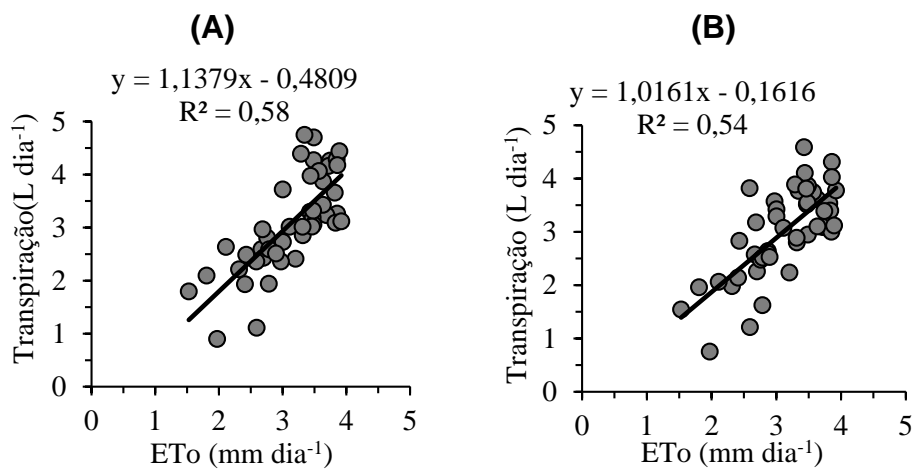
Aquisição e análise dos dados

Para aquisição e armazenamento dos dados meteorológicos das plataformas de pesagem e do fluxo de seiva foi utilizado um “datalogger” CR1000 com dois multiplexadores AM16/32 Relay Multiplexer (Campbell SCi), programados para realizar leituras dos sensores a cada 30 segundos e médias armazenadas a cada 15 minutos (Figura 5).

Foi realizada análise de variância e teste de médias para as variáveis transpiração (L dia⁻¹) e transpiração por unidade de área foliar (L m⁻² dia⁻¹), tendo como fontes de variação a área foliar e o potencial de água no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito da área foliar na transpiração pôde ser estudado de forma mais isolada do que quando se estuda simultaneamente plantas com diferentes estágios de desenvolvimento, uma vez que outras variáveis como sistema radicular e diâmetro do caule também interferem na transpiração. Na figura 3 está apresentada a relação entre evapotranspiração de referência e transpiração média diária das plantas irrigadas pertencentes aos grupos 1, 2, 3 e 4 para todo o período experimental. Observa-se coeficiente angular igual a 1,1379 e 1,0161 para as plantas da classe 1 e 2 respectivamente, sendo igual a 0,6435 e 0,5877 para as plantas dos grupos 3 e 4 respectivamente.



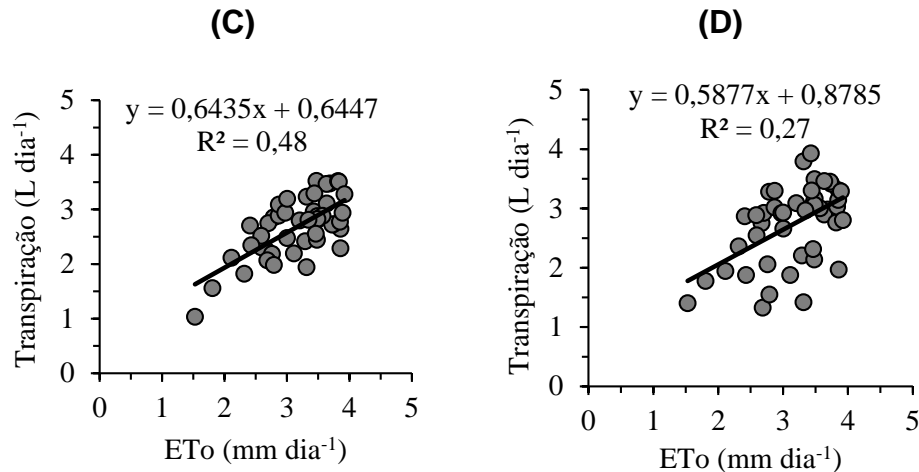


Figura 3. Relação entre evapotranspiração de referência (ETo) e transpiração média diária dos grupos de plantas com área foliar média igual a: 1,11 m² (A); 1,90 m² (B); 3,13 m² (C); 3,71 m² (D).

As plantas encontravam-se irrigadas e sob as mesmas condições de demanda hídrica atmosférica, a partir do que se pode deduzir que com o crescimento da área foliar, plantas jovens de cacaueteiro apresentam redução da sensibilidade na transpiração em resposta a evapotranspiração de referência. Ainda na figura 3, analisando os coeficientes de determinação em cada grupo de plantas, é possível observar que a dispersão dos dados foi crescente acompanhando o aumento da área foliar (0,58, 0,54, 0,48, 0,27 para os grupos 1, 2, 3 e 4 respectivamente). A ocorrência de grande dispersão dos dados neste tipo de relação é natural devido à grande número de fatores que interferem na transpiração das plantas, tais como a temperatura do ar, a umidade relativa, a radiação solar, velocidade do vento e características da própria planta como a área foliar, a característica das folhas, a geometria da copa, a resistência estomática, a condutividade hidráulica dos tecidos vegetais, entre outros fatores. Portanto, a maior dispersão apresentada no grupo de plantas com maior área foliar indica que este fator se torna menos determinante na transpiração enquanto outros fatores, sejam eles da atmosfera ou da própria planta, podem interferir de forma mais significativa no processo de transpiração.

Não foi identificada diferença significativa da transpiração média do período experimental o que pode ser atribuído a variabilidade da transpiração entre plantas dentro de uma mesma faixa de demanda hídrica da atmosférica. Por outro lado, verificou-se diferença significativa quanto à transpiração por unidade de área foliar média (TR/AF) durante o período experimental (Tabela 1). De acordo com este resultado as plantas do experimento com maior área foliar apresentaram transpiração por unidade de área foliar significativamente menor em comparação as plantas com área foliar menor.

Tabela 1. Valores médios de transpiração e transpiração por unidade de área foliar para as plantas com irrigação frequente.

Área foliar média (m ²)	Coefficiente de variação da área foliar (%)	Transpiração (L dia ⁻¹)	Transpiração/ Área foliar (L m ⁻² dia ⁻¹)
1,11	8,7	3,12 A	2,49 A
1,90	27,2	3,60 A	2,04 A
3,13	8,0	2,67 A	0,87 B
3,71	7,2	2,73 A	0,75 B

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Valle et al. (1987) verificaram em plantas de cacau adultas aumento gradativo da resistência estomática e decréscimo da transpiração nas folhas da camada superior para a camada inferior da copa. A redução da TR/AF verificada nas plantas com maior área foliar pode ter como causa o autosombreamento entre as folhas. Em contrapartida, a menor quantidade de folhas presentes nas plantas com área foliar menor pode facilitar a circulação de ar no interior da copa e com isso favorecer a remoção de ar saturado por vapor d'água o que produz maior transpiração. Coelho Filho et al. (2004) observaram em citrus que a TR/AF apresentou valores muito próximos em plantas com área foliar variando entre 0,17 a 1,1 m² para uma mesma faixa de demanda atmosférica. A relação entre TR/AF com ETo encontrada por esses autores foi linear, apresentando coeficiente angular entre 0,34 e 0,39 com intercepto da reta fixado em zero.

CONCLUSÕES

Não houve diferença significativa na transpiração média diária em plantas com área foliar média entre 1,11 e 3,71 m². A relação entre transpiração e evapotranspiração de referência apresentou baixos coeficientes de correlação e dispersão crescente acompanhando o aumento da área foliar média das plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO Irrigation and Drainage Paper, n. 56. Rome, 297 p. 1998.
- BALIGAR, V. C.; BUNCE, J. A.; MACHADO, R. C. R.; ELSON, M. K. Photosynthetic photon flux density, carbon dioxide concentration, and vapour pressure deficit effects on photosynthesis in cacao seedlings. *Photosynthetica*, v.46, p.216–221, 2008.
- COELHO FILHO, M. A.; ANGELOCCI, L. R.; ROJAS, J. S. D.; CAMPECHE, L.F.S.M.; FOLEGATTI, M. V. Relações entre a transpiração máxima, área foliar e evapotranspiração de

referência em pomar jovem de lima-ácida-Tahiti. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.12, p.265-274, 2004.

D'ANGIOLELLA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. Tendências climáticas para os tabuleiros costeiros da região de Cruz das Almas, BA. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola, 1998, Poços de Caldas, MG. Anais... Lavras, MG: SBEA, 1998. v.1, p. 43-45.

GRANIER, A. Une nouvelle methode pour la mesure du flux de seve brute dans le tronc des arbres. *Annales Sciences Forestieres*, Versailles, v.42, p.193-200, 1985.

KÖHLER, M.; DIERICK, D.; SCHWENDENMANN, L.; HÖLSCHER, D. Water use characteristics of cacao and Gliricidia trees in an agroforest in Central Sulawesi, *Ecohydrology*, v.2, p.520 – 529, 2009.

OLIVEIRA, A. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, N. D. da. Área foliar de cacau irrigado e não sombreado cultivado no semiárido da Bahia. In: III Congresso Brasileiro Do Cacau, 3, 2012, Ilhéus, Bahia. Anais... Ilhéus, Congresso Brasileiro do Cacau, 2012.

OLIVEIRA, G. X. S.; COELHO FILHO, M. A.; PEREIRA, F. A. DE C.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. DA S.; CASTRO NETO, M. T. DE. Relações entre transpiração máxima, evapotranspiração de referência e área foliar em quatro variedades de mangueira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, p. 20-27, 2009.

PAMPONET, B. M.; OLIVEIRA, A. DA S.; MARINHO, L. B.; VELLAME, L. M.; PAZ, V. P. DA S. Efeitos das diferenças térmicas naturais na estimativa do fluxo de seiva pelo método de Granier em cacau a pleno sol. *Irriga, Edição Especial*, p.120 - 132, 2012.

RADA, F.; JAIMEZ, R. E.; GARCIA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A.; RAMIREZ, M. E. Water relations and gas exchange in *Theobroma cacao* var. Guasare under periods of water deficit. *Revista de la Facultad de Agronomia*, v.22, p.112–120, 2005.

VALLE, R.R.; SILVA, W.S. da; MIRANDA, R.A.C. Stomatal resistance and transpiration rates of shaded and unshaded cacao trees. *Revista Theobroma*. v. 17, p. 175-187, 1987.

VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; PAZ, V. P. S. Transpiração em mangueira pelo método Granier. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 516-523, 2009.

VILLA NOVA, N.A.; ANGELOCCI, L.R.; VALANCOGNE, C.; SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R. Estimativa da transpiração máxima de macieiras, em pomares irrigados, pelo método de Penman adaptado. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.10, p.245-250, 2002.