

# Coeficiente de cultura e necessidades hídricas de mudas de cajueiro anão em condições de cerrado

## Determination of crop coefficient in seedlings of dwarf cashew using lysimeters groundwater constant

Marcos Alves Fausto<sup>1</sup>(\*)

Fahim Elias Costa Rihbane<sup>2</sup>

José Holanda Campelo Júnior<sup>3</sup>

Francisco de Almeida Lobo<sup>4</sup>

Carmen Eugenia Rodríguez Ortíz<sup>5</sup>

### Resumo

O objetivo do trabalho foi determinar o coeficiente de cultura (Kc) e necessidades hídricas para mudas de cajueiro anão (*Anacardium occidentale* L.) entre 18 a 21 meses de idade. O experimento foi conduzido na Fazenda experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, no município de Santo Antônio de Leverger, no período de 03/09/2012 a 05/11/2012. No local, sete mudas do cultivar foram transplantadas para lisímetro de nível de lençol freático constante, das quais foram medidos a área foliar e o consumo de água em cada muda. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada pelo método de Penman-Monteith-FAO, usando dados fornecidos pela estação meteorológica Padre Ricardo Remetter do INMET. A ET<sub>o</sub> variou entre 3,5 e 5,45 mm d<sup>-1</sup>, com valor médio de 4,18 mm d<sup>-1</sup> no período. A evapotranspiração de cultura (ET<sub>c</sub>) variou entre 0,97 mm d<sup>-1</sup> a 8 mm d<sup>-1</sup> com valor médio de 3,17 mm d<sup>-1</sup>, no período. O coeficiente de cultura encontrado foi de 0,78 e a área foliar variou entre 0,01m<sup>2</sup> a 0,08 m<sup>2</sup>, com perdas de folhas e lançamentos foliares em algumas mudas.

**Palavras-chave:** balanço de energia; saldo de radiação; índice de área foliar.

1 MSc.; Licenciatura em Física; Doutorando em Física Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (PGFA/UFMT); Endereço: Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367, Cidade Universitária, Bloco de Física Ambiental, CEP: 78060-900 - Cuiabá – Mato Grosso - Brasil; E-mail: mffausto@hotmail.com  
(\*) Autor para correspondência.

2 MSc.; Ciência da Computação; Doutorando em Física Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (PGFA/UFMT); Endereço: Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367, Cidade Universitária, Bloco de Física Ambiental, CEP: 78060-900 - Cuiabá – Mato Grosso - Brasil; E-mail: fahim\_elias@hotmail.com

3 Dr.; Engenheiro Agrônomo; Professor Titular na Universidade Federal de Mato Grosso/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/Departamento de Solos e Engenharia Rural; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; Endereço: Avenida Fernando Corrêa s/n, Coxipó, CEP: 78060-900 - Cuiabá, Mato Grosso – Brasil; E-mail: campelo@ufmt.br

4 Dr.; Engenheiro Agrônomo; Professor do Departamento de Solos e Engenharia Rural/UFMT; Endereço: Avenida Fernando Corrêa da Costa, n. 2367, Campus Universitário Coxipó da Ponte, CEP: 78060-900 - Cuiabá, Mato Grosso – Brasil; E-mail: f\_a\_lobo@ufmt.br

5 Dra.; Bióloga; Professora Associada no Departamento de Botânica e Ecologia e dos Programas de Pós-Graduação em Física Ambiental e Ecologia e Conservação de Biodiversidade da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); Endereço: Avenida Fernando Corrêa s/n, Instituto de Biociências, Campus Universitário, CEP: 78060-900 - Cuiabá, Mato Grosso – Brasil; E-mail: cerortiz@yahoo.com.br

## Abstract

The objective was to determine the crop coefficient ( $K_c$ ) and water needs for seedlings of dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) 18 to 21 months of age. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the Federal University of Mato Grosso in Santo Antônio de Leverger the period from 03/09/2012 to 05/11/2012. Onsite, seven seedlings of the cultivar studied were transplanted into soil columns of constant level of water table, which were measured leaf area and water use at each change. The reference evapotranspiration ( $E_{To}$ ) was estimated by the Penman-Monteith-FAO method using weather station data provided by Father Ricardo Remetter INMET. The  $E_{To}$  ranged between 3.5 and 5.45  $\text{mm d}^{-1}$  with an average value of 4.18  $\text{mm d}^{-1}$  in the period. The crop evapotranspiration ( $E_{Tc}$ ) ranged between 0.97  $\text{mm d}^{-1}$  and 8  $\text{mm d}^{-1}$  with a mean value of 3.17  $\text{mm d}^{-1}$  in the period. The crop coefficient was found to be 0.78 and the leaf area ranged between 0.08  $\text{m}^2$  and 0,01 $\text{m}^2$  with losses of leaves and leaf flushes in some seedlings.

**Key words:** energy balance; radiation balance; leaf area index.

## Introdução

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma frutífera encontrada no Cerrado, na Caatinga e na Amazônia, sendo típica de regiões de clima tropical (OLIVEIRA et al., 2003). O cultivo do cajueiro é considerado uma atividade de grande importância econômica e social, e, geralmente, é explorada de forma extrativista, principalmente no Nordeste brasileiro que responde por, praticamente, 100% da plantação nacional (IBGE, 2014).

O cajueiro tem capacidade adaptativa a diferentes ecossistemas (SOUZA et al., 2005), e a disponibilidade de água e radiação solar também são fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento da planta (Teh, 2006). Por essa razão, o conhecimento das necessidades hídricas baseada na taxa de evapotranspiração da cultura ( $E_{Tc}$ ) é fundamental para os projetos de irrigação, pois representa a quantidade de água que se deve repor ao solo para manter o crescimento e a produção em condições de se obterem bons frutos, colheita e o vigor da cultura. (OLIVEIRA et al., 2003).

Na etapa de muda de cajueiro anão, a determinação das necessidades hídricas se reveste de importância fundamental, pois as mudas precisam dispor das condições que propiciem o seu crescimento, de modo a constituir um pomar produtivo no futuro. Além disso, o suprimento inadequado de água pode comprometer a sobrevivência das mudas, acarretando o aumento de custo na formação do pomar.

Nesse sentido, o conhecimento do  $K_c$  permite reduzir o custo na produção, minimizando os impactos da irrigação sobre o meio ambiente. Por meio do  $K_c$ , pode-se determinar a quantidade correta e o momento exato de irrigar a cultura (ALVES, 1999; ANDRADE, 2001).

O objetivo do trabalho foi avaliar as necessidades hídricas e determinar o coeficiente de cultura do cajueiro anão em condições de Cerrado. A obtenção da  $E_{Tc}$  considerou as medidas lisimétricas e a  $E_{To}$  foi estimada usando o método de Penman-Monteith-FAO.

## Material e Métodos

O estudo foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Federal de Mato Grosso. Foram utilizados dados meteorológicos da estação Agroclimatológica Padre Ricardo Remetter, pertencente ao Sistema INMET (Registro 83364), localizada no município de Santo Antônio de Leverger, (localizada) na região sudoeste de Mato Grosso, nas coordenadas geográficas (latitude: 15° 47' S; longitude: 56° 04' W; altitude: 140 m).

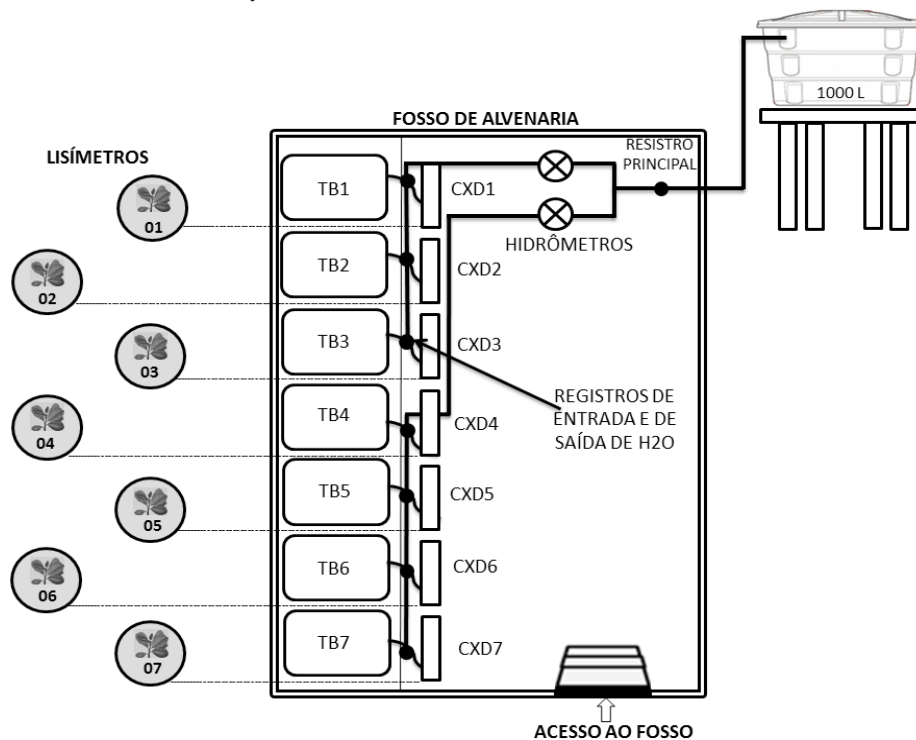
O clima foi classificado Aw, segundo Koppen, com temperatura média mensal variando entre 22° a 27°C e com precipitação média anual de 1320 mm. Quanto à classificação dos solos, são poucos desenvolvidos em consequência da exposição recente, com ocorrência de solos litólicos distróficos, às vezes álicos, raros eutróficos; solos concrecioários (Plintossolos).

O experimento foi realizado no período de 03/09/2012 a 05/11/2012, em mudas de cajueiro anão (*Anacardium occidentale* L.), cultivadas em conjunto de lisímetros, instalados a 20 m da Estação Agroclimatológica Padre Ricardo Remetter. Os sete lisímetros foram construídos com tambores plásticos, de diâmetro igual a 45 cm, capacidade para 90 L, interligados por tubo de PVC 20 mm a uma caixa plástica com bóia. Cada tambor possuía uma muda de cajueiro com aproximadamente um ano e seis meses de idade e distribuídas no espaçamento de 3x2 m. Para reduzir o aquecimento e a evaporação, a superfície do solo do lisímetro foi coberta com palha de capim seca.

Cada caixa plástica com bóia era alimentada com água proveniente de tambores plásticos auxiliares, com capacidade para 50 L, com objetivo de manter o nível de lençol freático a aproximadamente 0,50 m abaixo da superfície do solo dos lisímetros. Os reservatórios de abastecimento possuíam tubos de controle de recarga de água (Fig.1).

Os lisímetros eram alimentados com água proveniente do sistema de distribuição de água, com um hidrômetro entre os registros. As leituras do consumo de água foram realizadas semanalmente. As leituras nos hidrômetros foram feitas nos dias julianos 248, 255, 259, 269, 273, 276, 280, 283, 290, 294, 297, 301, 304 e 311, às 8h, em que o período de 248 a 280 corresponde ao período seco e de 283 a 311 ao início do período chuvoso. Concomitantemente às leituras, foram feitas as medidas do maior comprimento e da maior largura das folhas em cada muda. Esse procedimento foi realizado mensalmente e as contagens das folhas foram realizadas quinzenalmente.

**Figura 1 – Conjunto de sete lisímetros, com mudas de cajueiro, interligados por tubos de PVC a caixas com boias (CXD1 a CXD7), tambores de armazenamento de água (TB1 a TB7), instalados em fosso construído em alvenaria, coberto com telha de fibrocimento**



Fonte: Fausto, M.A. et al. (2017).

Para determinar a  $E_{Tc}$ , foi utilizada a equação de transformação (Equação 1):

$$“E_{Tc} = (\Delta C/A) * 1000 \quad (1)$$

Em que  $\Delta C$  é a variação do consumo d’água em cada lisímetro em  $m^3$ , e  $A$  é a área da superfície do vaso em  $m^2$ .

A  $E_{To}$  foi estimada por meio do método de Penman-Monteith-FAO (Equação 2), parametrizada por (ALLEN et al.,1998), usando dados fornecidos por estação meteorológica.

$$E_{To} = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \frac{900}{(T_{med} + 237)} U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \lambda(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

Em que  $R_n$  é o saldo de radiação ( $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$ ) estimado de acordo com CAMPELO JUNIOR, (1998),  $T_{med}$ ; a temperatura média diária ( $^{\circ}C$ );  $U_2$  a velocidade média do vento estimada para 2m de altura do solo ( $m\ s^{-1}$ ),  $e$  é o calor latente de evaporação da água ( $MJ\ kg^{-1}$ ). O fluxo de calor no solo ( $G$ ) foi considerado igual a zero, valor que pode ser assumido para período diários e  $\Delta$  a declividade da curva de pressão de vapor, dada pela Eq. 3 em  $kPa\ ^{\circ}C^{-1}$  (PEREIRA et al., 1997).

Em que  $e_s$  é a pressão de vapor saturante e a pressão de vapor atual ( $e_a$ ), em  $kPa$ , dada pela equação 3 e 4, respectivamente. E a temperatura média do ar ( $T_{med}$ ) e a umidade relativa (UR) foram obtidas por uma média aritmética das medidas coletadas as 12, 18 e 24 horas, e para o cálculo, foi considerado a  $T_{med}$ , temperatura máxima e mínima segundo o INMET.

$$e_s = \frac{\exp[(16,7T_{med}-117)]}{(T_{med}+237,3)} \quad (3)$$

$$e_a = \frac{e_s UR}{100} \quad (4)$$

Em que  $U_2$  é a velocidade do vento estimada para 2 m de altura (Equação 5), pois a estação dispunha de medida da velocidade do vento a 10 m ( $U_{10}$ ) da superfície (ALLEN et al., 1998).

$$U_2 = U_{10} \left[ \frac{4,87}{\ln(67,8z-5,42)} \right] \quad (5)$$

O valor do  $K_c$  é utilizado para expressar a relação entre a  $ET_c$  e a  $ET_o$  (Equação 6). Esse valor varia de acordo com as características da cultura, datas de plantio ou semeadura, estágio de desenvolvimento e, em menor escala, com a variação dos elementos climáticos (PEREIRA et al., 1997; ALLEN et al., 1998).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (6)$$

A área foliar média ( $Af_m$ ) obtida por meio de medidas de comprimento ( $C$ ) e maior largura ( $L$ ) em todas as folhas, nas 7 mudas do lisímetro; a quantidade de folhas nas mudas variou entre 2 a 23 folhas, com aumento de lançamento foliares no começo de outubro (Equação 7).

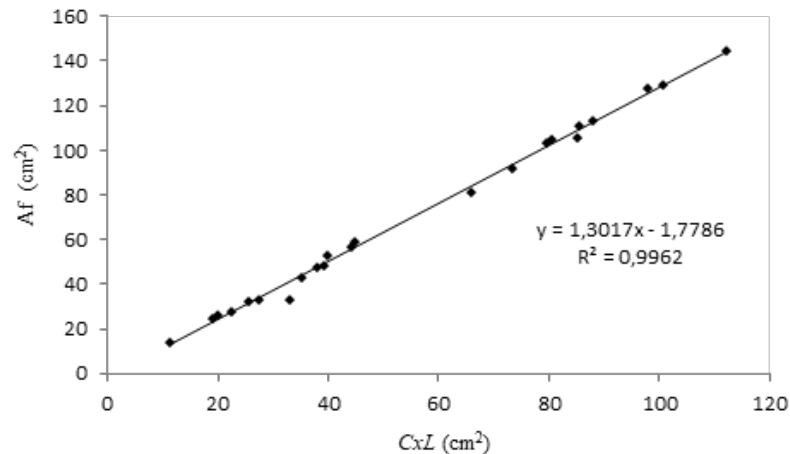
$$Af_m = F_c \cdot L \cdot C \quad (7)$$

O fator de correção ( $F_c$ ) foi determinado por meio da regressão linear entre as medidas de comprimento e largura das folhas das mudas no lisímetro com a área foliar obtidas por meio do processamento de scanner digital de folhas extraídas de cajueiros adultos (*Anacardium occidentale* L.), localizados no pomar a 500 metros de onde estavam os lisímetros.

As folhas extraídas dos galhos dos cajueiros adultos foram colocadas, uma a uma, sobre a tela do scanner e as imagens obtidas foram submetidas ao programa Sigma Scan Pro v.5.0 para obtenção do  $F_c$ . (JANDEL SCIENTIFIC, 1991) (Equação 8).

Para a estimativa da área foliar foi utilizada a regressão linear apresentada na figura 2 em que se obteve o fator de correção ( $F_c$ ) que correlacionou à área foliar de 27 folhas, de diferentes tamanhos, retiradas aleatoriamente dos cajueiros adultos do pomar, com o produto das medidas ( $C \times L$ ) das folhas das mudas dos lisímetros. Dessa forma foi estimada a área foliar para cada muda nos lisímetros.

**Figura 2 - Regressão linear utilizada para obter a área foliar das mudas dos lisímetros**



Fonte: Fausto, M.A. et al. (2017).

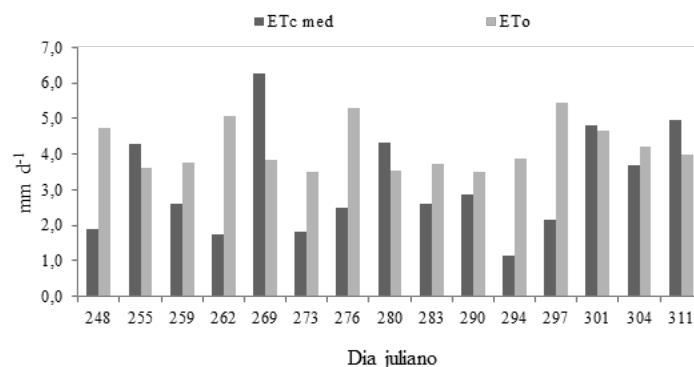
## Resultados e Discussão

A temperatura do ar variou entre 25,6 e 34,1 °C com valores máximos entre 32,8 °C e 40,1 °C e mínimas entre 17,8 e 25,2 °C. A umidade relativa do ar variou entre 42 e 67%, apresentando a menor umidade relativa nos dias julianos 255 e 259, respectivamente. Esses valores de temperatura e umidade relativa do ar são característicos do bioma Cerrado (BIUDES et al., 2012).

O saldo de radiação ( $R_n$ ) variou entre 8,7 a 12,9 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> e a velocidade do vento, estimada para 2m, variou pouco em relação ao valor medido a 10 m. Já a ETo manteve-se durante o período sem apresentar grandes oscilações, com valor mínimo de 3,5 mm d<sup>-1</sup> e máximo de 5,45 mm d<sup>-1</sup>.

Na figura 3 são apresentados os valores médios da ETc e ETo durante o período de estudo. Observa-se que a ETc superou a ETo, nos dias julianos 255, 269, 280, 301 e 311. O controle no fornecimento de água, as mudas e a ocorrência de precipitação podem ter contribuído para a ETc ter superado a ETo nesses dias. O valor médio da ETc para o período foi de 3,17 mm d<sup>-1</sup> enquanto a ETo foi de 4,18 mm d<sup>-1</sup>.

**Figura 3 - Valores médios da ETc e da ETo durante o período de estudo**



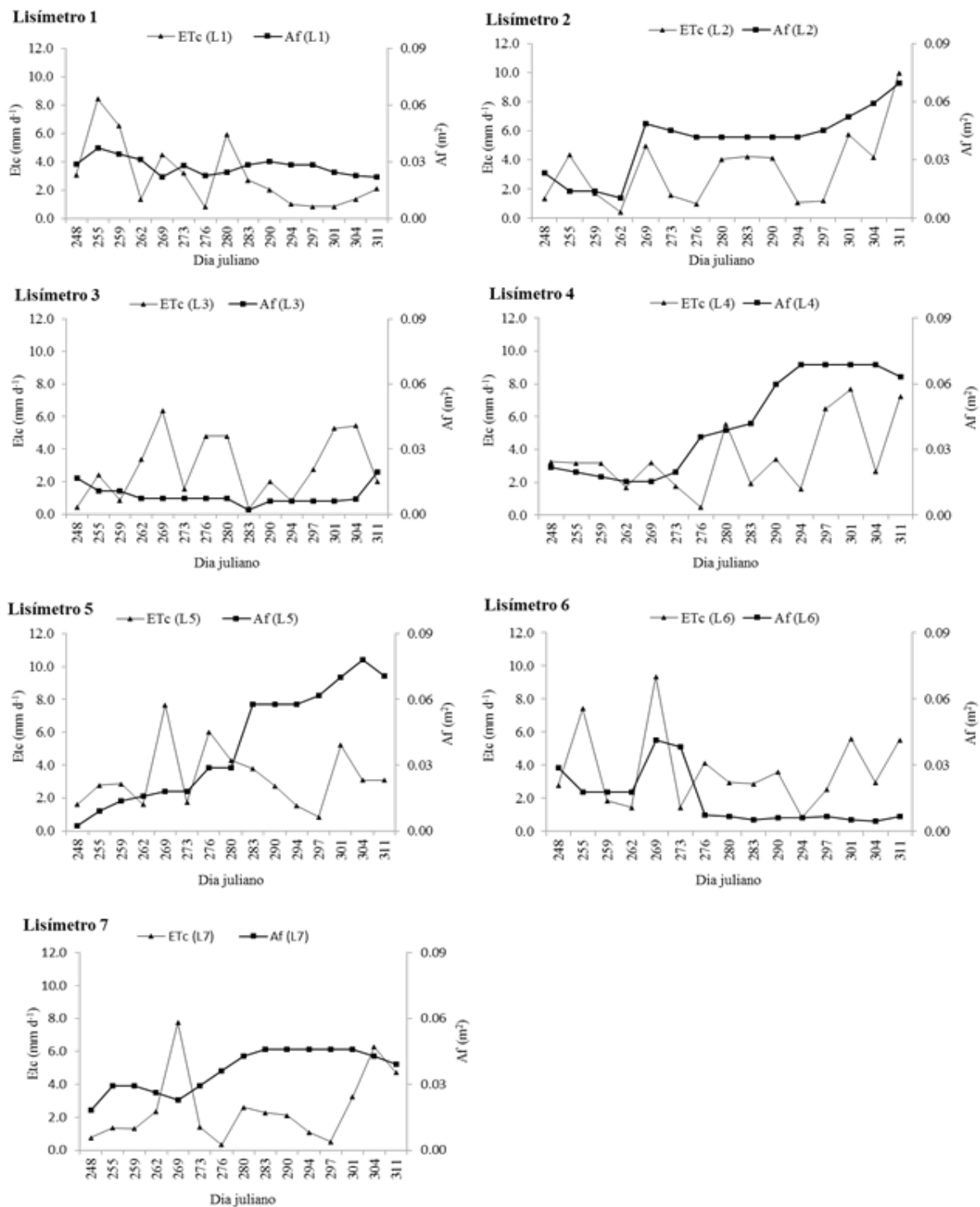
Fonte: Fausto, M.A. et al. (2017).

A ETc nos lisímetros variou entre 0,97 mm d<sup>-1</sup> a 8 mm d<sup>-1</sup> e a área foliar nas mudas variou entre 0,01 a 0,08 m<sup>2</sup>. Algumas mudas perderam e outras aumentaram o número de folhas, aumento notável no período chuvoso e se manteve no mês de setembro (período seco). Com o fornecimento de água, era esperado o aumento da ETc, conforme ocorreu no lisímetro 2, 4 e 5 (Figura 4), no entanto, no lisímetro 4, ocorreu o inverso ao lisímetro 1, com diminuição da ETc e da área foliar. No entanto, em algumas mudas, a ETc variou sem a área foliar ter aumentado (lisímetros 3 e 6) (Figura 4).

A área foliar não apresentou variação significativa, registrando o valor médio de 0,03 m<sup>2</sup> e as mudas dos lisímetros 3 e 6 eram a menor variação na área foliar; já as mudas do lisímetro 4 e 1 tiveram aumento na área foliar (Af) que, segundo MONTEIRO et al., (2005), depende do número e tamanho das folhas, bem como seu tempo de permanência na planta.

No período em estudo, as mudas dos lisímetros 1, 2, 4, 5 e 7 apresentaram permanência das folhas com lançamentos foliares no início do período chuvoso. A muda do lisímetro 1 tinha 9 folhas no dia 248 e 12 no dia 255; no dia 262 a muda do lisímetro 1 perdeu 5 folhas quando, então, pode-se observar uma diminuição na ETc. No mês de setembro (248 a 273), as mudas apresentaram entre 2 a 14 folhas, no começo de outubro, o número de folhas aumentou em todas as mudas e, em 05 de novembro, a muda do lisímetro 4 estava com 23 folhas.

**Figura 4 - Variação da ETC e da Área Foliar (Af) nos lisímetros**



Fonte: Fausto, M.A. et al. (2017).

O estudo encontrou  $K_c$  de 0,78 para as mudas de cajueiro anão. Oliveira et al. (2003) encontraram os seguintes  $K_c$  para o período de formação de mudas de cajueiro anão precoce: 0,54 para a fase de germinação de sementes; 0,81 para a fase de crescimento e desenvolvimento de porta-enxertos; 0,75 para a fase pós-enxertia até o ponto de transplante. Os valores encontrados por Oliveira et al. 2003 corroboram com os encontrados neste estudo, pois as mudas estavam na fase de crescimento e desenvolvimento de porta-enxertos.



## Conclusão

O valor de  $K_c$  foi de 0,78 para o cajueiro anão precoce, usando um sistema de lisímetro de lençol freático constante. A Evapotranspiração de cultura (ET<sub>c</sub>) foi maior nos lisímetros onde houve aumento de área foliar.

## Agradecimentos

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

## Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRADE, C. L. T. **Seleção de sistema de irrigação**. Sete Lagoas: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001.

BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; DALMAGRO, H. J.; MACHADO, N. G.; DANELICHEN, V. H. M.; SOUZA, M. C. Mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no Norte do Pantanal. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.10, n.1, p. 61-68, 2012.

ALVES, E. F.; **Coefficiente de cultura e necessidades hídricas de mudas de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale L.*) submetida a diferentes lâminas de irrigação**. 1999. 65 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

CAMPELO JÚNIOR, J. H. Relação sazonal entre radiação solar global e insolação no sudeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 193-199, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola abril**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 16 maio 2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília: INMET, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=prec>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n.1, p.15-24, 2005.

OLIVEIRA, V. H.; SANTOS, F. J. S.; CRISÓSTOMO, L. A.; SAUNDERS, L. C. U. **Manejo da irrigação na produção integrada do cajueiro-anão precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 7 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 15);

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA. G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 1997.

SOUZA, R. P.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F. de; SILVEIRA, J. A. G. de. Photosynthetic responses of Young cashew plants to varying environmental conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 8, 2005.