



## 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*



## **Coefficiente de cultura da cana-de-açúcar submetida à irrigação subsuperficial no Submédio do Vale do São Francisco**

*Leide Dayane da Silva Oliveira<sup>1</sup>; Magna Soelma Beserra de Moura<sup>2</sup>;  
Thieres George Freire da Silva<sup>3</sup>; José Francisco Alves do Carmo<sup>4</sup>; Luciana Sandra Bastos de Sousa<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Graduanda em Ciências Biológicas, UPE, bolsista PIBIC/CNPq, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, Fone: (87)8824-5344, [leide\\_dayane2014@hotmail.com](mailto:leide_dayane2014@hotmail.com)

<sup>2</sup>Engenheira Agrônoma, Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, [magna.moura@embrapa.br](mailto:magna.moura@embrapa.br)

<sup>3</sup> Agrônomo, D.Sc. em Agrometeorologia, Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE, [thieres\\_freire@hotmail.com](mailto:thieres_freire@hotmail.com)

<sup>4</sup> Biólogo, M.Sc. em Engenharia Agrícola, Bolsista CNPq, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, [j.francarmo@gmail.com](mailto:j.francarmo@gmail.com)

<sup>5</sup> Bióloga, D.Sc. em Agrometeorologia, Professora, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE, [sanddrabastos@yahoo.com.br](mailto:sanddrabastos@yahoo.com.br)

**RESUMO:** O cultivo da cana-de-açúcar apresenta grande importância socioeconômica no semiárido do Submédio São Francisco, onde é realizado sob irrigação plena. Em função de sua elevada demanda hídrica, há necessidade de informações que auxiliem aos produtores no manejo racional da água de irrigação. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada durante o ciclo cana-soca (safra 2014-2015), variedade VAT 90-212, na região do Submédio do Vale do São Francisco. O experimento foi conduzido em área de cultivo comercial de cana-de-açúcar no município de Juazeiro, BA. A variedade utilizada de cana-de-açúcar foi a VAT 90-212, cultivada em espaçamento duplo de 1,2 m por 0,6 m; irrigada por gotejamento subsuperficial, com gotejadores enterrados a 0,20 m da superfície do solo. Este estudo foi realizado para o ciclo de cana-soca, que compreendeu o período de 14 de junho de 2014 a 09 de junho de 2015. A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi determinada pelo método do balanço de energia com base na razão de Bowen, e o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) por meio da relação entre ET<sub>c</sub> e a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). De modo geral, ao longo do ciclo da cana-de-açúcar a ET<sub>c</sub> oscilou entre 2,20 mm dia<sup>-1</sup> e 8,13 mm dia<sup>-1</sup>, com média de 5,31 mm dia<sup>-1</sup>, acumulando ao final 1916,31 mm. Por sua vez o coeficiente de cultura da cana-de-açúcar durante o ciclo de soca foi da ordem de 0,75 para a Fase I, 0,92 para a Fase II, 1,09 para a Fase III de crescimento máximo e de 0,69 para o final do ciclo na fase de maturação da cultura. Essas informações podem ser adotadas para melhorar a eficiência de uso da água na cultura, que apresenta elevado consumo hídrico.

**PALAVRAS-CHAVE:** razão de Bowen, demanda hídrica, evapotranspiração.

### **Crop coefficient for sugar cane under subsurface drip irrigation in the Lower-Middle São Francisco**

**ABSTRACT:** The cane sugar crop has great socio-economic importance in the semiarid region of the Lower-Middle São Francisco, where is performed under full irrigation. Due to its high water demand, information to help producers in the rational management of irrigation water is necessary. Thus, this study aimed to determine the crop coefficient of irrigated sugar cane irrigated during the first ratoon cycle (2014-2015 season), cv. VAT 90-212, in Lower-Middle São Francisco. The experiment carried out in a commercial area of sugar cane, in Juazeiro Municipality, Bahia State, Brazil. The sugar cane cultivar

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

studied was VAT 90-212, grown in double spacing of 1.2 m by 0.6 m; irrigated by subsurface drip, with emitter buried to 0.20 m from the soil surface. The productive cycle studied comprised the first ratoon, from 14 June 2014 to 09 June 2015. The crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) was determined by the energy balance method based on the Bowen ratio and the crop coefficient (K<sub>c</sub>) using the relationship between ET<sub>c</sub> and reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>). During the cycle, the sugar cane evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) ranged from 2.20 mm day<sup>-1</sup> to 8.18 mm day<sup>-1</sup>, averaged 5.31 mm day<sup>-1</sup>, totaling 1,916.31 mm for whole cycle. In turn, the crop coefficient (K<sub>c</sub>) was 0.75 for the initial phase, 0.92 for phase II, 1.09 for middle-phase (maximum growth, phase III) and 0.69 at the end of the cycle (phase IV). This information can be used to improve water use efficiency in sugar cane, which have an elevated water consumption.

**KEYWORDS:** Bowen ratio, water requirements, evapotranspiration.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância socioeconômica para o Brasil, o qual é o maior produtor da mesma, com 10,56 milhões de hectares que proporcionam a obtenção de mais de 670 milhões toneladas de colmos cujo rendimento médio é de 71,3 toneladas de colmos por hectare. Na região do Submédio do Vale São Francisco, a cana-de-açúcar destaca-se com área plantada, em 2012, de 15.132 ha (IBGE, 2014).

As condições climáticas áridas e semiáridas de uma região têm grande impacto no desenvolvimento das culturas, no que se refere à produtividade e qualidade do produto obtido. Sob tais condições, as culturas exploradas sob recursos hídricos limitados, frequentemente, podem ser submetidas a um dado nível de estresse hídrico. Para evitar estresses, os produtores procuram irrigar em demasia. De qualquer forma, é de fundamental importância, conhecer a quantidade de água demandada no manejo das culturas irrigadas, principalmente quando se trata de culturas com elevado valor econômico (Moura et al., 2007). Neste sentido, a evapotranspiração de qualquer cultura é uma das principais informações necessárias para o manejo racional da irrigação e para fins de planejamento do uso da água. Dentre as abordagens disponíveis para a estimativa do consumo de água pelas plantas, se destaca o uso de coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) associados a estimativas da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) (Mendonça et al., 2007).

Segundo Medeiros et al., (2004) o K<sub>c</sub> é um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas devendo, preferencialmente, ser determinado para as condições locais nas quais será utilizado. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar o coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada durante o ciclo cana-soca (safra 2014-2015), variedade VAT 90-212, na região do Submédio do Vale do São Francisco.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um canal irrigado pertencente à empresa Agroindústrias do Vale do São Francisco S.A. – Agrovale (09°26'S; 40°19' W e 396m de altitude), no município de Juazeiro, Bahia. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo BSw<sup>h</sup>, caracterizado por um clima quente, semiárido, com chuvas de verão e irregulares, e temperaturas médias anuais superiores a 26°C.

Este estudo foi realizado para a cana-de-açúcar cv. VAT 90-212, no ciclo de cana-soca; cultivada em espaçamento duplo de 1,2 m por 0,6 m; irrigada por gotejamento subsuperficial, com gotejadores enterrados a 0,20 cm da superfície do solo. O experimento teve início no dia 14 de junho de 2014 e a colheita da cana-de-açúcar foi realizada em 09 de junho de 2015, totalizando 361 dias.

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

Foi instalada uma torre micrometeorológica equipada com um saldo radiômetro, dois fluxímetros, dois psicrômetros com termopares de cobre-constantan (instalados em dois níveis sobre o dossel), um pluviômetro, um anemômetro e um termohigrômetro. A partir dos dados coletados foram determinados os valores do fluxo de calor latente por meio do método do balanço de energia com base na razão de Bowen (BERB) (Azevedo et al., 2003; Inman-Bamber eMcglinchey, 2003; Teixeira et al., 2007), utilizando-se a seguinte expressão:

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

em que,  $R_n$  é o saldo de radiação à superfície,  $W m^{-2}$ ;  $G$  é o fluxo de calor no solo,  $W m^{-2}$ ;  $\beta$  é a razão de Bowen.

Para converter os valores do fluxo de calor latente à superfície (LE), que representa a energia por unidade de área e por unidade de tempo, em unidade de lâmina evaporada e/ou transpirada (em um dado intervalo de tempo), ou seja, na evapotranspiração da cultura (ETc), utilizou-se a seguinte equação:

$$ET_c = \frac{LE \times it \times ftempo}{L} \quad (2)$$

em que  $LE$  e  $L$  são expressos em  $W m^{-2}$ ;  $it$  é o intervalo de tempo de armazenamento dos valores das medidas (30 minutos);  $ftempo$  é o fator de ajuste da escala de tempo (60 segundos). Posteriormente, foi realizada a integração destes valores para obtenção da ET diária da cultura ( $mm dia^{-1}$ ).

Para estimar a evapotranspiração de referência (ETo) foram utilizados os dados de uma estação meteorológica automática da rede da Embrapa Semiárido, mais próxima a área de estudo, e o método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998). O coeficiente de cultivo foi determinado pela razão entre a evapotranspiração da cultura e a de referência, conforme equação:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (3)$$

em que,  $ET_c$  é a evapotranspiração da cultura ( $mm dia^{-1}$ ) e a  $ET_o$  é a evapotranspiração de referência ( $mm dia^{-1}$ ).

Para análise do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) foram considerados os seguintes subperíodos fenológicos: Fase I - da brotação ao estabelecimento (0 – 31 DAC); Fase II - do estabelecimento da planta ao perfilhamento (32 – 111 DAC); Fase III – referente ao período de máximo crescimento vegetativo (112 – 317 DAC) e Fase IV - correspondente à maturação fisiológica (318 – 361 DAC), determinados com base do fator de cobertura do solo.

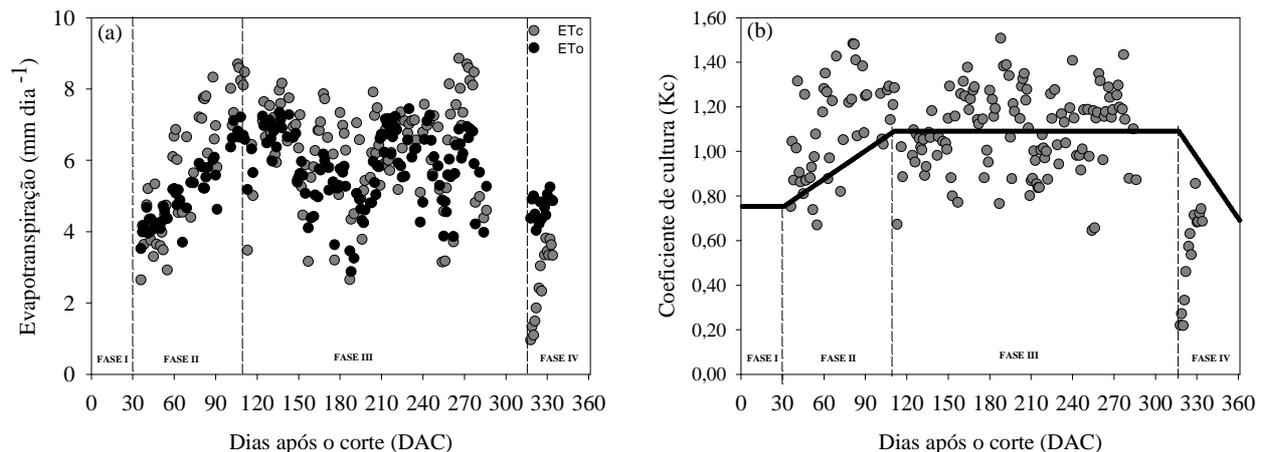
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar ( $ET_c$ ) e a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) ao longo do ciclo da cultura são apresentadas na Figura 1a. Uma vez que a torre não foi instalada logo no início do ciclo, não foi possível determinar a  $ET_c$  na Fase I. Constatou-se que os valores de  $ET_c$  no início da Fase II oscilaram em torno de 3,0 mm, seguidos de um aumento da ordem de 4,0 mm, por volta dos 36 dias após o corte (DAC). No que concerne a Fase III caracterizada pelo período de crescimento máximo, os valores de evapotranspiração da cultura atingiram, em média 8,0mm, próximo aos 130 dias após o corte, entretanto, por volta dos 200DAC, a  $ET_c$  apresentou diminuição acentuada alcançando 6,4 mm. Na Fase IV, os valores da  $ET_c$  tenderam a diminuir, alcançando 3,3  $mm dia^{-1}$ . De modo geral, ao longo do ciclo da cana-de-açúcar a  $ET_c$  oscilou entre 2,20  $mm dia^{-1}$  e 8,13  $mm dia^{-1}$ .

<sup>1</sup>, com média de 5,31 mm dia<sup>-1</sup>. Esses valores são superiores aos reportados por Silva et al., (2012), que encontrou valores mínimos, médios e máximos de 1,2 mm dia<sup>-1</sup>, 4,7 mm dia<sup>-1</sup> e 7,5 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Dessa forma, a Etc acumulada pela cultura ao longo do ciclo foi de 1916,31 mm. Esse valor foi superior aos reportados por Silva et al., (2012) e Carmo, (2013) que obtiveram um requerimento hídrico total de 1710 mm e 1478 mm, respectivamente.

Analisando o comportamento do coeficiente de cultura obtido ao longo do ciclo da cana-de-açúcar (Figura 1b), observou-se que na Fase I o valor médio do Kc foi de 0,75, tal valor foi superior ao sugerido pela FAO (Kc ~ 0,40), no entanto na Fase II o valor de Kc aumentou para um intervalo de 0,80 a 1,40, valores semelhantes foram observados por Silva et al., (2012), que obtiveram Kc oscilando de 0,85 a 1,0. Na Fase III, o valor médio de Kc foi de 1,09, valor inferior ao informado pela FAO (Kc ~ 1,25), porém igual aos reportados por Omary e Izuno, (1995) que obtiveram, no período de máximo crescimento, um Kc médio igual a 1,09, e muito similar ao observado por Silva et al., (2012), que foi igual a 1,10.

Semelhante ao que foi discutido para a ETc, também se observou redução seguida de um novo aumento dos valores de Kc, no período compreendido entre 200 DAC, como resultado do tombamento da cana-de-açúcar. Para a Fase IV, que corresponde a maturação da cana-de-açúcar verificou-se que os valores de Kc reduziram ao final do ciclo, para 0,69, tais valores foram inferiores ao informado pela FAO (Kc ~ 0,75) e aos reportados por Silva et al., (2012), que constatou um Kc de 0,85 para o mesmo período.



**Figura 1.** Evapotranspiração da cultura e de referência (a) e o coeficiente de cultura (b) em um plantio de cana-de-açúcar cv. VAT 90-212 irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, ciclo cana-soca 2014-2015.

## CONCLUSÕES

A evapotranspiração média da cana-de-açúcar foi de 5,31mm dia<sup>-1</sup>, acumulando ao final do ciclo 1916,31 mm dia<sup>-1</sup> e o coeficiente de cultura da cana-de-açúcar durante o ciclo de soca foi igual a 0,75 para a Fase I, 0,92 para a Fase II, 1,09 para a Fase III (de crescimento máximo) e 0,69 no final do ciclo, na fase de maturação da cultura. Essas informações podem ser adotadas para melhorar a eficiência de uso da água na cultura, que apresenta elevado consumo hídrico.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica do primeiro autor, à Agrovale pela disponibilização da área e à Embrapa pelo apoio financeiro.



## 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*



### REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements.**Rome: FAO,IrrigationandDrainagePaper 56, p. 326, 1998.
- AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; SILVA, V. R. R. **Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil.** AgriculturalWater Management, v.58, p.241–254, 2003.
- CARMO, J. F. A. **Evapotranspiração da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial no Submédio do Vale do São Francisco.** Dissertação de Mestrado, Juazeiro: Univasf, p. 73, 2013.
- IBGE–Produção Agrícola Municipal.** <[www.sidra.ibge.gov.br/bda](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda)>. Acessoem: 02 de Jun, 2015.
- INMAN-BAMBER, N. G.; MCGLINCHEY, M. G. **Crop coefficients and water-use estimates for sugarcane based on long-term Bowen ratio energy balance measurements.**Field CropsResearch, v.83, p.125–138, 2003.
- MOURA, M. S. B.et al. **Balço de energia na cana-de-açucar irrigada no Submédio São Francisco.** In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2007, Mossoró, RN. Anais do XVII CONIRD - Agricultura Irrigada no Semiárido, 2007.
- MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. **Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo.** Acta Scientiarum, Maringá, v.26, n.4, p.513-519, 2004.
- MENDONÇA, J.C. et al. **Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolusvulgaris L.*), em Campos dos Goytacazes, RJ.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.11, n.5, p.471–475, 2007.
- OMARY, M.; FORREST, T.; IZUNO, F. T. **Evaluation of sugarcane evapotranspiration from water table data in the everglades agricultural area.** Agricultural Water Management, v.27, p.309-319, 1995.
- SILVA, T. G. F. et al. **Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana de açúcar irrigada no semiárido brasileiro.**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola eAmbiental, Campina Grande. v.16, n.1, p.64–71, 2012.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; BASTIAANSSEN, W. G. M.; BASSOI, L. H. **Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity analysis in the Sao Francisco river basin, Brazil.** Agricultural Water Management, v.94, p.31-42, 2007.