



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

Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da cana-de-açúcar cultivada nos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba



Pedro Vieira Azevedo¹; Luciano Marcelo Falle Saboya²

¹Agrônomo, Prof. Titular, UACA/CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, Fone : (83) 2101-1199, pvieira@dca.ufcg.edu.br

²Agrônomo, Prof. Adjunto (UAEA/CTRN/UFCG), Campina Grande-PB

RESUMO: A produtividade da cana-de-açúcar pode ser aumentada quando da utilização racional da irrigação suplementar que poderá ser mais facilmente determinada quando se conhecem os valores de evapotranspiração de referência (ET_o , mmd^{-1}) e do coeficiente de cultivo (K_c) ao longo do ciclo da cultura, correspondente à lâmina de irrigação a ser aplicada. O método do balanço de energia baseado na razão de Bowen proporciona a determinação indireta da ET_c . Este projeto de pesquisa utilizou dados de experimento de campo conduzido no período de novembro/2011 a setembro/2012, em área de cultivo comercial de cana-de-açúcar, objetivando determinar os valores diários e o comportamento da ET_c e K_c ao longo do ciclo de cultivo da cana-de-açúcar cultivada nos Tabuleiros Costeiros do estado da Paraíba. Durante o período do experimento a evapotranspiração de referência acumulou 1.230,6 mm, com valores médios de 6,2 e 5,1 mmd^{-1} para as fases I e III, respectivamente. A evapotranspiração da cultura acumulada foi de 1.008,4 mm, com médias de $ET_c = 3,7 \text{ mmd}^{-1}$ e $K_c = 0,90$. Na fase I, obteve-se $ET_c = 2,6 \text{ mmd}^{-1}$ e $K_c = 0,5$, enquanto que na fase III (período de chuvas no litoral, o que acarreta menor disponibilidade energética e, conseqüentemente, diminuição da demanda evapotranspirativa da cultura), $ET_c = 3,9 \text{ mmd}^{-1}$ e $K_c = 0,95$, ficando abaixo do observado por Silva et al. (2012), $K_c = 1,46$ e abaixo do valor FAO 56, $K_c = 1,25$.

PALAVRAS-CHAVE: balanço de energia, razão de Bowen, evapotranspiração de referência, evapotranspiração da cultura.

Evapotranspiration and crop coefficient of sugarcane grown in the Coastal Plains of Paraíba state

ABSTRACT: The productivity of cane sugar may be increased by the rational use of supplemental irrigation that can be more easily determined when the crop evapotranspiration (ET_c , mmd^{-1}) and crop coefficient (K_c) throughout the crop cycle are known, corresponding to water depth to be applied. The method of energy balance based on the Bowen ratio provides indirect determination of ET_c . This research used data of field experiment conducted from November 2011 to September 2012 in sugarcane commercial cultivation area, aiming to determine daily values and behavior of ET_c and K_c over the growing cycle of sugarcane grown in the Coastal Plains of the Paraíba state. During the experimental period the reference evapotranspiration accumulated 1,230.6 mm, with average values of 6.2 and 5.1 mmd^{-1} for phases I and III, respectively. The accumulated crop evapotranspiration was 1,008.4 mm, with average of $ET_c = 3.7 \text{ mmd}^{-1}$ and $K_c = 0.90$. In phase I, the average values were $ET_c = 2.6 \text{ mmd}^{-1}$ and $K_c = 0.5$, while in phase III, the rainy period in the Coastal Plains causes a lower energy availability and consequently, a reduction of the evaporative demand of the crop. In that phase, the average values were $ET_c = 3.9 \text{ mmd}^{-1}$ and $K_c = 0.95$, above that value observed by Silva et al. (2012), $K_c = 1.46$ and lower than the value proposed by FAO 56, $K_c = 1.25$.

KEYWORDS: energy balance, Bowen ratio, reference evapotranspiration, crop evapotranspiration.

A utilização da metodologia proposta por Bowen, conhecida como balanço de energia com base na razão de Bowen (β) é um método indireto, prático, bastante utilizado e aceito para a determinação da evapotranspiração das culturas (ETc), possibilitando a quantificação do fluxo de calor latente (evapotranspiração da cultura) durante seu ciclo fenológico, seja em escala diária ou até mesmo horária, tornando-se ferramenta indispensável ao manejo racional da irrigação (Moura et al., 2007). Vários trabalhos com o uso desta metodologia têm sido realizados com cana-de-açúcar: (Toledo Filho, 2001; Inman-Bamber&Mcglinchey, 2003; André et al., 2010 e Borges et al., 2010). A presente pesquisa objetivou a determinação da evapotranspiração da cana-de-açúcar em condições comerciais nos Tabuleiros Costeiros do estado da Paraíba.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O experimento de campo foi realizado no período de novembro/2011 a setembro/2012, na Usina Miriri, Zona da Mata Norte do estado da Paraíba, localizado no município de Capim-PB (100,3 km²), em área de cultivo comercial de cana-de-açúcar, com coordenadas geográficas: 6°54'59,88" S; 35°09'17,86" O e altitude de 100 m acima do nível do mar.

Instrumentação e variáveis monitoradas

Uma torre micrometeorológica foi instalada na área experimental, com os seguintes sensores: um saldo radiômetro para medição do saldo de radiação (S_r); dois psicômetros aspirados com termopares de cobre-constantan, para medir as temperaturas dos bulbos seco e úmido; dois anemômetros e dois fluxímetros; dois piranômetros para medição da radiação global (R_g) e refletida (R_r). Todos os sensores foram acoplados a um sistema de aquisição eletrônica de dados (Datalogger), programados para efetuar leituras a cada segundo e armazenar valores médios a cada 20 minutos.

Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida pelo método de Penman-Monteith (FAO/56), considerando-se a resistência estomática $r_s = 70 \text{ s m}^{-1}$, albedo $\rho = 23\%$ e a altura da cultura hipotética fixada em $h = 0,12 \text{ m}$ (Allen et al., 1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (S_r - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Evapotranspiração da cultura

A evapotranspiração da cultura foi determinada pelo método do balanço de energia baseado na razão de Bowen, considerando-se que o saldo de radiação pode ser determinado como:

$$S_r = \lambda E + H + G \quad (2)$$

Desprezando-se os efeitos de advecção, as variações no calor armazenado no dossel vegetativo e assumindo a igualdade entre os coeficientes de difusão turbulenta de calor sensível (K_h) e latente (K_w) e $(\partial T / \partial z) / (\partial e / \partial z) \approx \Delta T / \Delta e$, a razão de Bowen foi obtida como:

$$\beta = \frac{H}{\lambda E} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (3)$$

Combinando a equação (2) com a equação (3), o fluxo de calor latente foi obtido como:

$$\lambda E = \frac{S_r - G}{1 + \beta} \quad (4)$$

Com a evapotranspiração da cultura (ET_{CBERB}) e a evapotranspiração de referência (ET_o), obteve-se o coeficiente da cultura (K_c) como:

$$K_c = \frac{ET_{BERB}}{ET_o} \quad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fases fenológicas da cana-de-açúcar

O ciclo fenológico da cultura foi dividido em quatro fases (Tabela 1).

Tabela 1 - Fases fenológicas utilizadas para cana-de-açúcar cultivar RB92579 cultivada em Tabuleiro Costeiro do estado da Paraíba, 2011/2012

Fase Fenológica	Dias após o Corte (DAC)		
	Início	Término	Duração
I. Brotação e emergência dos colmos	0	30	30
II. Perfilhamento e estabelecimento da cultura	31	51	20
III. Crescimento dos colmos	52	232	180
IV. Maturação dos colmos	233	320	87
Ciclo total			317

Evapotranspiração e coeficiente de cultivo

Os valores diários da evapotranspiração de referência (ET_o), da evapotranspiração da cultura (ET_c) e do coeficiente de cultivo (K_c) são apresentados na Figura 1. Durante o período do experimento observou-se ET_o total de 1.230,6 mm, com valores médios de 6,2 e 5,1 mm d^{-1} para as fases I e III, respectivamente. Em termos médios diários, o mês de junho/2012 apresentou o menor valor de ET_o com 2,1 mm d^{-1} e dezembro/2011 apresentou o maior valor com 5,1 mm d^{-1} , justificado pela precipitação de 304,8 mm e de 44,2 mm, respectivamente. Outros resultados foram obtidos por André et al. (2010) - 5,12 mm; 6,17 mm; 5,04 mm e 4,62 mm para as fases de perfilhamento, desenvolvimento de colmos e maturação, respectivamente; Silva et al. (2011) – (entre 1,1 mm d^{-1} em abril a 7,0 mm d^{-1} ; Silva et al. (2012) - evapotranspiração de referência total anual de 1743 mm, para uma precipitação pluviométrica de 523 mm e destacaram que, por ocasião do aumento de ET_o , a frequência de irrigação também aumentou.

A evapotranspiração da cultura acumulada foi de 1.008,4 mm, com médias de $ET_{CBERB} = 3,7 \text{ mm d}^{-1}$ e $K_c = 0,90$. Na fase III (período de chuvas no litoral, o que acarreta menor disponibilidade energética e, conseqüentemente, diminuição da demanda evapotranspirativa da cultura), $ET_o = 5,1 \text{ mm d}^{-1}$, $ET_{CBERB} = 3,9 \text{ mm d}^{-1}$ e $K_c = 0,95$, ficando abaixo do observado por Silva et al. (2012), $K_c = 1,46$ e abaixo do valor FAO 56, $K_c = 1,25$. Fazendo o ajuste do $K_{c\text{inicial}}$ conforme o boletim FAO56, concluiu-se que o valor médio do K_c seria de 0,40 (Figura 2). O valor obtido de $K_{c\text{médio}} = 0,43$ foi superior ao recomendado pela FAO-56 e inferior ao valor médio de 0,65 encontrado por Silva et al. (2012) em cana soca, em Petrolina-PE. Em experimento com cana-de-açúcar na região semiárida da Tailândia, Watanabe et al. (2004) obtiveram valores de $K_{c\text{inicial}}$ entre 0,1 e 0,9.

Em estudo na região de Capim-PB, durante o período de outubro de 2009 a agosto de 2010, Garcêz (2013) determinou a evapotranspiração da cana-de-açúcar por diferentes métodos obtendo 1.400,3 mm pelo balanço de energia, 1.235,3 mm por Priestley & Taylor, 1.555 mm pelo coeficiente de cultivo e 1.600 mm pelo balanço hídrico no solo. Analisando nove cultivares de cana-de-açúcar em Rio Largo-AL, inclusive a cultivar RB92579, no período de fevereiro de 2008 a fevereiro de 2009, Ferreira Júnior et al. (2012) obtiveram taxa média de 4,3 mm d^{-1} de ET_c , para uma precipitação total foi de 1.923 mm e uma ET_c de 413 mm, o que, devido à má distribuição das chuvas, foi necessária a aplicação de 699 mm,

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

via irrigação por gotejamento subsuperficial. Ainda, em relação à ET_c , Silva et al. (2012) relataram o total de 1.686,7 mm na safra 2009/2010, em primeira folha do cultivar RB92579, em Capim-PB, em condições de irrigação semanal com a aplicação de 100% da ET_o via pivô central.

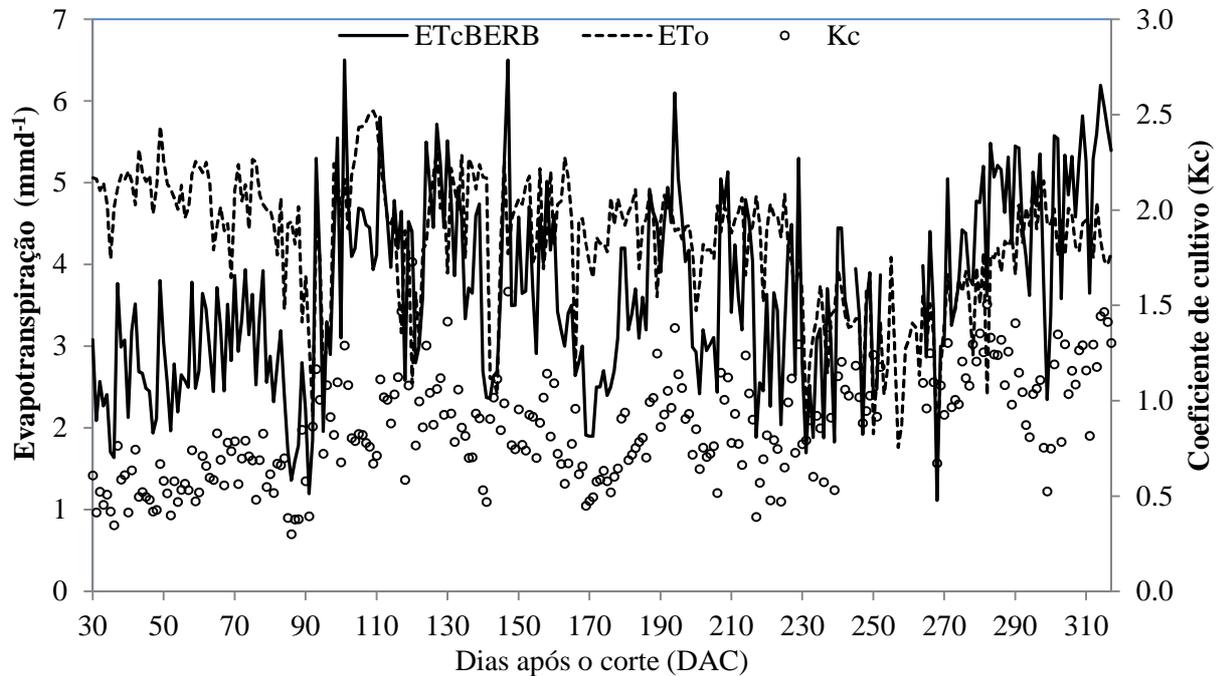


Figura 1 - Comportamento da evapotranspiração da cultura (ET_c , mmd^{-1}), da evapotranspiração de referência (ET_o , mmd^{-1}) e do coeficiente de cultivo (K_c) para cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros do estado da Paraíba, ciclo 2011/2012.

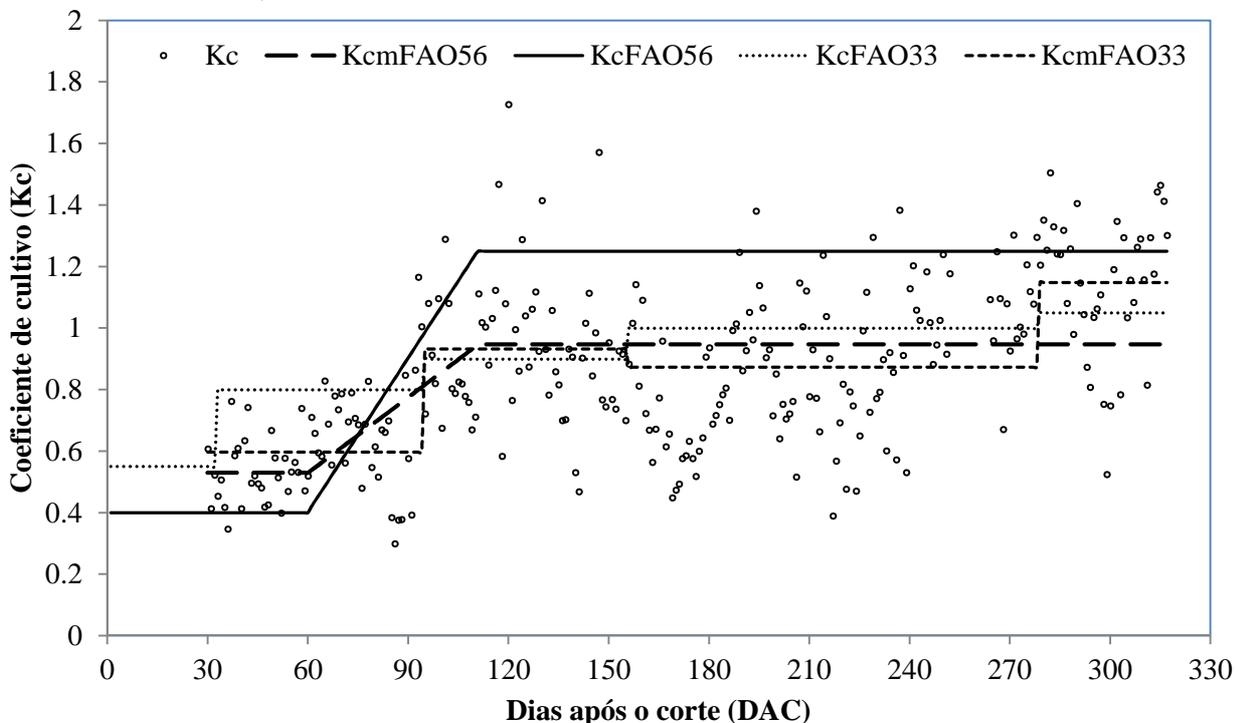


Figura 2 - Valores diários médios do coeficiente da cultura (K_c), coeficiente de cultivo médio nos períodos do FAO56 ($K_{cmFAO56}$), coeficiente de cultivo recomendado pela FAO56 (K_{cFAO56}), coeficiente de cultivo recomendado pela FAO (K_{cFAO33}) e coeficiente de cultivo médio nos períodos ($K_{cmFAO33}$) para cana-de-açúcar.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

do FAO (KcmFAO33) para a cultura da cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros do estado da Paraíba, ciclo 2011/2012

O valor de K_c na fase inicial é de 0,50, mas deve ser obtido pelo método gráfico do referido manual; em função do intervalo de tempo entre os eventos chuva e/ou irrigação e da magnitude da E_{To} , obteve-se o valor de $K_{c\text{inicial}}$ de 0,40, para E_{To} médio de $6,1 \text{ mmd}^{-1}$ e turno de rega entre 7 e 10 dias, para lâminas aplicadas maiores ou iguais a 40 mm (Allen et al., 1998).

Na fase inicial a evaporação predomina em relação à transpiração da cultura, o que pode proporcionar elevada variabilidade do valor de K_c , com variações entre 0,1 e 1,15 (Allen et al., 1998; Soares et al., 2001). Santos et al. (2009a) obtiveram diferentes valores para o $K_{c\text{inicial}}$. Em condições de alta frequência de molhamento do solo o $K_{c\text{inicial}}$ foi de 1,15 para cana de sequeiro plantada entre julho e agosto; já para os plantios entre setembro e outubro, o $K_{c\text{inicial}}$ foi de 0,24, na região de Rio Largo-AL, sugerindo a necessidade de ajustes às condições locais e à variedade utilizada.

Araújo Neto (2013) obteve valores de K_c para cana-de-açúcar em condições de sequeiro em Rio Largo-AL, de 0,2 na fase I; 1,18 na fase III e 0,65 na fase IV, para cultivo realizado de setembro de 2005 a novembro de 2006, com a cultivar RD 92579.

Em trabalho realizado em Campos de Goytacazes, Lyra et al. (2012) destacaram que o $K_{c\text{inicial}}$ sofreu variação em função da época de plantio, das características varietais e da textura do solo, sendo oportuno ajustá-lo localmente; na fase II o crescimento do dossel é maior aumentando a demanda hídrica e consequentemente o valor de K_c . Em termos médios, a E_{To} foi de $5,3 \text{ mmd}^{-1}$, a $E_{Tc\text{BERB}}$ de $4,0 \text{ mmd}^{-1}$ e o K_c foi variável e crescente até o início da fase III.

A torre micrometeorológica foi retirada antes de completar a fase III, pois a cana necessitou ser colhida em razão da programação da usina. O valor médio de K_c foi de 0,77, ficando abaixo do observado por Silva et al. (2012a) com valor de 1,43 e abaixo do valor FAO 56 de 1,25. O valor médio da E_{To} foi de $5,1 \text{ mm d}^{-1}$ e da $E_{Tc\text{BERB}}$ foi de $3,9 \text{ mmd}^{-1}$; grande parte desta fase ocorreu durante a época de chuvas no litoral, o que acarreta menor disponibilidade energética e, consequentemente, diminuição da demanda evapotranspirativa da cultura.

Trabalhando com cana-de-açúcar em Capim-PB, Silva et al. (2012b) determinaram com o balanço hídrico da água no solo, os valores de K_c de 0,56; 1,43 e 1,32 enquanto na determinação do K_c simples obtiveram 0,4; 1,31 e 1,06; na determinação do K_c dual obtiveram 0,56; 1,34 e 1,16; para as fases inicial, média e final, respectivamente, destacando que esses valores foram superiores aos recomendados pela FAO56 e sugeriram que o K_c dual seria mais preciso na determinação de valores diários ou estacionais da evapotranspiração da cultura, quando comparado ao K_c simples; esse autores obtiveram valores de E_{Tc} para os respectivos métodos de determinação do K_c de 4,30; 4,16 e 4,47 mmd^{-1} , valores um pouco superiores à média obtida neste experimento, de $3,7 \text{ mmd}^{-1}$.

Albuquerque (2012) obteve E_{Tc} de $4,2 \text{ mmd}^{-1}$ para cana-de-açúcar cv RB92579 irrigada com 100% da E_{To} , em Capim-PB e sugeriu que o K_c determinado pela metodologia do K_c dual, poderia reduzir o uso da água proporcionando redução no custo de produção e aumento na eficiência do referido insumo. Valores de K_c foram obtidos para as fases inicial, média e final de 0,31; 1,35 e 1,15 no segundo cultivo, comparado com os valores obtidos nesta pesquisa observou-se, na fase inicial, que o valor ficou abaixo e que na fase média ficou acima. Santos et al. (2009b) obtiveram valores de K_c para a fase inicial entre 0,24 e 1,15, para a cana na condição de sequeiro em tabuleiro costeiro alagoano. Essas variações podem decorrer do balanço de água no solo, dos tratos culturais e da adaptabilidade da cultivar ao ambiente sugerindo a validação local na determinação do referido parâmetro. Lyra et. al., (2012) ressaltaram a necessidade de se considerar as características edafoclimáticas de determinado local e época do ano, tal como práticas de cultivo e características varietais, concluíram que o método analítico do boletim FAO56 representaria adequadamente as diferenças entre texturas de solo e as variações de $K_{c\text{inicial}}$, com maiores valores em solos de textura fina em relação aos de textura grossa, em razão da capacidade de armazenamento de água, o que proporcionaria uma duração maior da fase I; comportamento similar foi

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

relatado por Soares et. al., (2001) e observações nesta linha foram realizadas por Allen et. al., (2005a) em três solos de diferentes texturas e destacaram o mesmo comportamento.

Em pesquisa realizada na Califórnia-EUA, Allen et al., (2005b) concluíram que variações de E_{Tc} e K_c ocorreriam em razão da disponibilidade de água e do manejo da cultura, clima, que impossibilitariam a transferência pura e simples dos valores obtidos dos referidos parâmetros de uma localidade para outra.

Destaca-se que os valores de K_c recomendados pela FAO 56 são para condições subúmidas, com umidade relativa perto de 45% e velocidade dos ventos a 2 m de altura na faixa de 2 ms^{-1} , condição muito específica e que variações ocorrem em função do número de cortes, das variedades utilizadas e dos tratos culturais aplicados. O referido boletim sugere metodologia visando corrigir os valores de K_c obtidos para as fases I, III e IV da cana-de-açúcar, neste experimento foi realizado nas fases I e III, conforme apresentado na Figura 4.7.

O comportamento do K_c comparado com o K_{cFAO33} (Doorenbos&Kassam, 1979) ficou sempre abaixo dos valores sugeridos, de 30 a 60 DAC o sugerido é de 0,6 e o observado foi de 0,43, de 60 a 90 DAC o sugerido é 0,75 e o observado foi de 0,53, de 90 a 120 DAC o sugerido é 0,85 e o observado foi de 0,75, de 120 a 180 DAC o sugerido é 0,95 e o observado foi de 0,68, de 180 a 240 o sugerido é 1,10 e o observado foi de 0,71, de 240 a 317 DAC o sugerido é de 1,20 e o observado foi de 0,88.

Trabalhando com a estimativa do K_c diário de diversas culturas em um balanço hídrico agrícola, Gurski, Sousa e Armindo (2013) identificaram que o comportamento do K_c diferente dos valores sugeridos pelas metodologias proposta pela FAO pode ocorrer, primeiro porque o K_c determinado localmente não é constante para cada estágio da cultura; os autores ainda destacaram que o agrupamento dos estádios de desenvolvimento da cultura proporcionaria erros, já que a cultura se modifica diariamente durante todo o ciclo e sugerem o ajuste local como alternativa na determinação do referido parâmetro.

Outros resultados da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar foram obtidos por Garcêz (2013) - 1.400,3 mm pelo balanço de energia, 1.235,3 mm por Priestley& Taylor, 1.555 mm pelo coeficiente de cultivo e 1.600 mm pelo balanço hídrico no solo; Ferreira Júnior et al. (2012) - $E_{Tc} = 4,3 \text{ mmd}^{-1}$; Araújo Neto (2013) - 1.948 mm de E_{Tc} para todo o ciclo, com média diária de 4,6 mm; Almeida et al. (2008) - $E_{Tc} = 1584 \text{ mm}$; Gomes et al. (2010) - E_{Tc} de 1785 mm, com média diária de 4,1 mmd^{-1} ; Sá et al. (2010) - $E_{Tc} = 1.421 \text{ mm}$, com média diária de 3,95 mmd^{-1} ; Santos et al. (2009) - obtiveram diferentes valores para o $K_{c\text{inicial}}$. Em condições de alta frequência de molhamento do solo o $K_{c\text{inicial}}$ foi de 1,15 para cana de sequeiro plantada entre julho e agosto; já para os plantios entre setembro e outubro, o $K_{c\text{inicial}}$ foi de 0,24, na região de Rio Largo-AL, sugerindo a necessidade de ajustes às condições locais e à variedade utilizada. Araújo Neto (2013) obteve valores de K_c para cana-de-açúcar em condições de sequeiro em Rio Largo-AL, de 0,2 na fase I; 1,18 na fase III e 0,65 na fase IV, para cultivo realizado de setembro de 2005 a novembro de 2006, com a cultivar RD 92579. Em trabalho realizado em Campos de Goytacazes, Lyra et al. (2012) destacaram que o $K_{c\text{inicial}}$ sofreu variação em função da época de plantio, das características varietais e da textura do solo, sendo oportuno ajustá-lo localmente; na fase II o crescimento do dossel é maior aumentando a demanda hídrica e consequentemente o valor de K_c . Em termos médios, a E_{To} foi de $5,3 \text{ mmd}^{-1}$, a E_{TCBERB} de $4,0 \text{ mmd}^{-1}$ e o K_c foi variável e crescente até o início da fase III.

CONCLUSÃO

A análise dos dados obtidos em experimento de campo ao longo do ciclo de produção da cana-de-açúcar em condições comerciais dos Tabuleiros Costeiros do estado da Paraíba, no período novembro/2011 a setembro/2012, permite concluir que a evapotranspiração média diária da cana-de-açúcar cv. RB92579 varia de $2,6 \text{ mm.d}^{-1}$ na fase I. (Brotação e emergência dos colmos) a $3,7 \text{ mm}$ na fase



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

III (Crescimento dos colmos); enquanto que o coeficiente de cultivo médio (K_c) varia de 0,43 a 0,77, nas respectivas fases.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 308p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).

ALMEIDA, A. C. dos S., SOUZA, J. L., TEODORO, I., BARBOSA, G. V. S., MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p.1441-1448, 2008.

ANDRÉ, R. G. B., MENDONÇA, J. C., PINHEIRO, F. M. A., MARQUES, V. da S.; MARQUES, J. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Parte 2: Balanço de energia e parâmetros derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.4, 535 - 542, 2010.

ARAÚJO NETO, R. A. de, Métodos para determinar a evapotranspiração real da cana-de-açúcar. Dissertação em Agronomia, 2013.

BORGES, C. J. R., SILVA, V. de P. R., FARIAS, C. H. de, AZEVEDO, P. V. de, ALBUQUERQUE, W. G. **Evapotranspiração da cana-de-açúcar em Tabuleiro costeiro paraibano usando a Razão de Bowen**: Estudo preliminar. XVI Congresso brasileiro de meteorologia, Belém-PA, 2010.

FERREIRA JÚNIOR, R. A., SOUZA, J.L., LYRA, G. B., TEODORO, I., SANTOS, M. A. dos; PORFIRIO, A. C. S. Crescimento e fotossíntese de cana-de-açúcar em função de variáveis biométricas e meteorológicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.11, p. 1229-1236, 2012.

GARCÊZ, S. L. A. **Métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar em condições de sequeiro**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2013.

GOMES, A. R. A.; SÁ, L. A.; LIMA, R. A. S.; MOURA, A. B.; OLIVEIRA, F. J. A.; MAIA, A. V. V. S.; TEODORO, I.; SOUZA, J. L.; BARBOSA, G. V. S.; LYRA, G. B. **Balanço Hídrico e Produtividade da Cana-de-açúcar em Cultivo de Sequeiro**. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, XVI, 2010.

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 Crops Research**, v. 83, p. 125–138, 2003.

LYRA, G. B.; SILVEIRA, E. L.; LYRA, G. B. PEREIRA, C. R.; SILVA, L. D. B.; SILVA, G. M. da. Coeficiente da cultura da cana-de-açúcar no estágio inicial de desenvolvimento em Campos dos Goytacazes, RJ. **Irriga**, v. 17, n. 1, p. 102-113, 2012.

MOURA, M. S. B.; SOARES, J. M.; GURGEL, M. T.; SILVA, T. G. F. **Balanço de energia na cana-de-açúcar irrigada no Submédio São Francisco**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 27., 2007, Mossoró-RN. **Agricultura irrigada no semi-árido: anais**. Mossoró: **ABID: Governo do Estado do Rio Grande do Norte**, 2007.



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

SÁ, L. A.; GOMES, A. R. A.; LIMA, R. A. S.; SANTOS, M. A. L.; ROCHA, A. E. Q.; SARMENTO, P. L. V. S.; HOLANDA, L. A.; BARBOSA, G. V. S.; TEODORO, I.; Dantas Neto, J. **Análise Agrometeorológica e Eficiência do Uso da Água Pela Cultura da Cana-de-açúcar.** CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, XVI, 2010, Belém-PA. **Amazônia e o clima global.**

SANTOS, V. R. dos; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W. de; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G. dos; SANTOS, A. C. I. dos. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.389–396, 2009.

SILVA, B. K. N.; SILVA, V.P.R.; AZEVEDO, P.V.; FARIAS, C. H. A. Análise de sensibilidade dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência e razão de Bowen em cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, p.1046–1053, 2011.

SILVA, T. G. F. da, MOURA, M. S. B. de, ZOLNIER, S., SOARES, J. M., VIEIRA, V. J. de S., GOMES JÚNIOR, W. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p. 64-71, 2012.

TOLEDO FILHO, M. da R. **Estado micrometeorológico de um cultivo de cana-de-açúcar em Alagoas**, Tese (Doutorado em Fitotecnia – agrometeorologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS. 2001.

WATANABE, K., YAMAMOTO, T., YAMADA, T., SAKURATANI, T., NAWATA, E., NOICHANA, C., SRIBUTTA, A. & HIGUCHI, H. Changes in seasonal evapotranspiration, soil water content, and crop coefficients in sugarcane, cassava, and maize fields in Northeast Thailand. **Agricultural Water Management**, v. 67, p.133-143, 2004.