

Determinação da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar por lisímetros de pesagem e estimativa da evapotranspiração de referência através dos métodos de Hargraves-Samani e Tanque Classe A

Mírian Paula Medeiros André Pinheiro¹; Márcio Aurélio dos Santos²; Daniella Pereira dos Santos³; Lígia Sampaio Reis⁴; Paulo Torres Carneiro⁵

Resumo: A cana-de-açúcar é uma cultura de importância socioeconômica no Brasil, sendo o suprimento hídrico essencial para seu crescimento e o desenvolvimento. Para um manejo de irrigação mais racional é imprescindível a utilização de informações como a evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura (ET_c). Dessa forma esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c) por lisímetros de pesagem e o coeficiente de cultivo (K_c) da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) através da evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pelos métodos de Hargraves-Samani e Tanque Classe A, no município de Coruripe, região litorânea do Estado de Alagoas. O experimento está sendo conduzido na Usina Coruripe Açúcar e Alcool S/A, no município de Coruripe – AL, usando dois lisímetros de pesagem, cada um contendo uma variedade, RB86-7515 (lisímetro 1) e RB92-579 (lisímetro 2). Para estimativa da ET_o foram coletados os dados da estação meteorológica e de evaporação do tanque classe A e para determinação da ET_c foram utilizadas medidas lisimétricas. Com os resultados obtidos pode-se concluir que a estimativa da ET_o pelo método Hargreaves-Samani apresentou-se mais satisfatório, mesmo no curto período avaliado, as ET_c determinadas foram de 6,8 mm dia⁻¹ para a variedade RB86-7515 e 6,7 mm dia⁻¹ a variedade RB92-579, o K_c foi superestimado pelo método Tanque Classe A e não houve diferença estatística entre as semanas de cada mês, para os métodos de Hargreaves-Samani e Tanque Classe A.

Palavras-chave: Método empírico; nordeste; coeficiente da cultura.

Determinação da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar por lisímetros de pesagem e estimativa da evapotranspiração de referência através dos métodos de Hargraves-Samani e Tanque Classe A

Abstract: The cane sugar is a socio-economic importance of culture in Brazil, and the essential water supply for their growth and development. For a more rational irrigation management is essential to use information such as the reference evapotranspiration (ET_o) and crop evapotranspiration (ET_c). Thus this work was to determine the crop evapotranspiration (ET_c) by weighing lysimeters and the crop coefficient (K_c) of sugarcane (*Saccharum spp*) by reference evapotranspiration (ET_o) estimated by methods Hargraves-Samani and Class A pan in the town of Coruripe, coastal region of the State of Alagoas. The experiment is being conducted in Plant Coruripe Sugar and Alcohol S/A, in the municipality

¹ Engenheira Agrônoma. Mestre em Agronomia (UNESP Botucatu). Doutoranda em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela UNESP Botucatu – SP. medeirosmirian@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo. Mestre em Agronomia (UFC). Doutor em Agronomia (ESALQ). Professor Adjunto da Universidade Federal de Alagoas. mal.santo@hotmail.com

³ Engenheira Agrônoma. Mestre em Agronomia (UFAL Arapiraca). Doutoranda em Engenharia Agrícola pela UFPE Rural – PE. daniellapsantos@hotmail.com

⁴ Engenheira Agrônoma. Mestre em Engenharia Agrícola. Doutora em Agronomia. Professora Adjunta da Universidade Federal de Alagoas. lavenere_reis@hotmail.com

⁵ Engenheiro Agrônomo. Mestre em Engenharia Agrícola. Doutor em Agronomia. Professor Adjunto da Universidade Federal de Alagoas. ptcarneiro@yahoo.com.br

of Coruripe - AL, using two weighing lysimeters, each containing a variety RB86-7515 (lysimeter 1) and RB92-579 (lysimeter 2). To estimate ETo were collected data from weather stations and evaporation class A tank and to determine the ETc were used lysimetric measures. With the results obtained it can be concluded that the estimate of ETo by Hargreaves-Samani method presented a more satisfactory, even in the short study period, the ETc determined were 6.8 mm day⁻¹ for 6 RB86-7515 and variety 7 mm day⁻¹ variety RB92-579, the Kc was overestimated by the method Class A pan and there was no statistical difference between weeks of each month, for the methods of Hargreaves-Samani and Tank Class A.

Keywords: empirical method, northeast, crop coefficient.

Introdução

Um fator significativo, que merece destaque, na produtividade das culturas é a disponibilidade de água. Mas, nem sempre as chuvas atendem a real necessidade hídrica das plantas; surge, daí a importância da irrigação que, quando bem planejada atende tal exigência.

O Nordeste é a região que mais sofre com a pouca distribuição hídrica, que somada às condições climáticas (clima semi-árido, pouca disponibilidade pluviométrica) gera uma grande limitação à produção agrícola da mesma, havendo necessidade do uso de tecnologias (como a irrigação) pelo homem para amenizar e/ou anular esse problema, assim a área irrigada do Nordeste é de 495.370 ha e a área potencial de irrigação é de 2.717.820 ha. Com a maior concentração de área irrigada está nos Estados da Bahia (33,95%), Pernambuco (17,97%) e Ceará (16,63%) (HEINZE, 2002).

A cana-de-açúcar é uma das culturas de grande importância socioeconômica no Brasil, sendo que sua necessidade hídrica varia com o estágio vegetativo em que a cultura se encontra e a cultivar utilizada (AUDE, 1993) sendo, portanto função da área foliar, estágio fisiológico e densidade radicular. Segundo Doorenbos & Kassam (1979), a necessidade hídrica da cana-de-açúcar é de 1500 a 2500 mm por ciclo vegetativo e o manejo da irrigação deve ser feito de acordo com as tensões de água no solo, recomendadas para cada período do ciclo fenológico.

No entanto, para que se possam obter produtividades favoráveis próximas às do potencial genético da cultura, com o auxílio da irrigação, faz-se necessário conhecer a sua demanda hídrica e o respectivo coeficiente de cultivo (Kc), que, no caso da cana, foi determinado por Doorenbos & Kassam (1979).

Na agricultura irrigada, o conhecimento do consumo hídrico nas diversas etapas de desenvolvimento das plantas cultivadas permite um manejo de irrigação mais racional, evitando falta ou excesso de água. O conhecimento do consumo de água nas diversas etapas de desenvolvimento das plantas cultivadas permite um manejo de irrigação mais racional.

Para que, este manejo seja totalmente eficiente é imprescindível a utilização de informações como a evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura (ET_c).

A medição ou estimativa da evapotranspiração é realizada de duas formas, por medidas diretas e indiretas. As medidas indiretas ou modelos matemáticos de estimativa são as equações que usam temperatura, saldo de radiação, velocidade do vento, entre outros, as equações mais usados são Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Thorthwaite, Blaney-Criddle, porém as consideradas mais exatas são Penman-Monteith e Thorthwaite. A opção por um ou outro método dependerá, na maioria das vezes, da precisão requerida ou do tipo de dado climatológico disponível, uma vez que nenhum deles parece desfrutar de preferência absoluta.

São vários os métodos diretos: lisímetros, parcelas experimentais, entre outros, destes os mais usados são os lisímetros (pesagem e drenagem); que são tanques enterrados no solo (volume mínimo = 1 m³), provido de um sistema de drenagem e instrumentos de operação (que modifica de acordo com o tipo do lisímetro): células de carga, medidores, etc. (UFBH, 2011), nos quais medem-se a evapotranspiração. É o método mais preciso para a determinação direta da ET_o, desde que sejam instalados corretamente.

Objetivou-se com este trabalho a determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) por lisímetros de pesagem e do coeficiente de cultivo (K_c) da cana-de-açúcar (*Saccharum ssp*) através da evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pelos métodos de Hargreaves-Samani e Tanque Classe A, no município de Coruripe, região litorânea do Estado de Alagoas.

Material e Métodos

O experimento está sendo conduzido na Usina Coruripe Açúcar e Álcool S/A, situada na faixa litorânea Sul, nos Tabuleiros Costeiros no município de Coruripe – AL. O experimento ocupou uma área de 1.100 m² (50,00 x 22,00 m) (Figura 1). Os lisímetros foram instalados numa área de irrigação de gotejamento subsuperficial na fazenda Capiatã), sendo o tipo de solo classificado como Argissolo Amarelo Distrófico fragipânico, textura arenosa/argilosa.

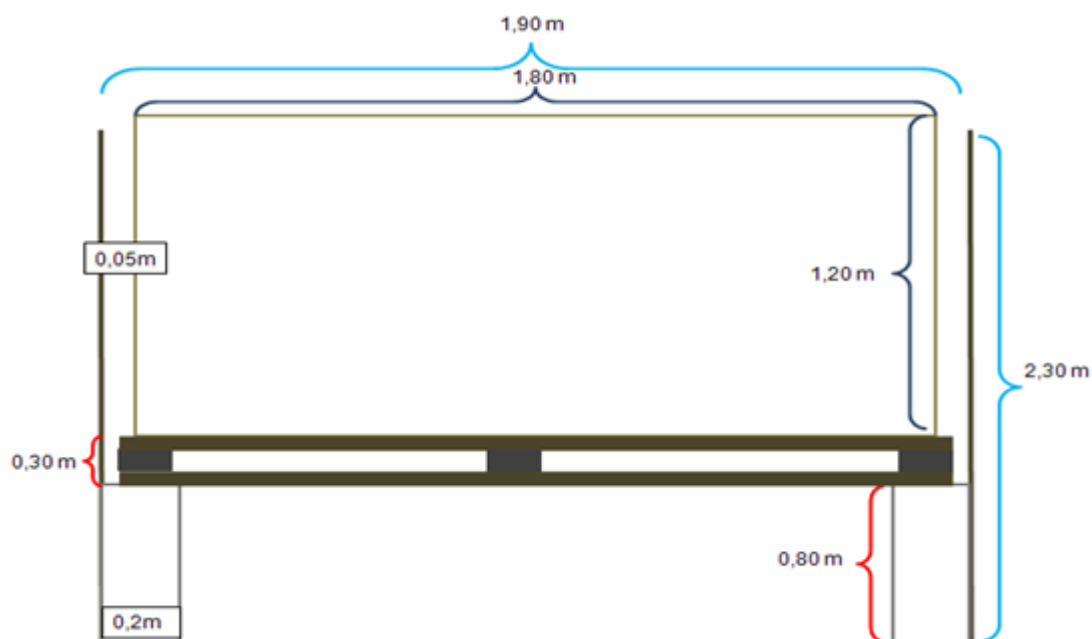
Figura 1- Disposição, distribuição e medidas dos lisímetros na área experimental da Fazenda Capiatã, Usina Coruripe – AL



Fonte: Márcio Santos (2009)

A compreensão da estrutura do lisímetro se baseou na Figura 2, ou seja, foram construídas duas caixas: a externa de alvenaria com dimensões 1,9m x 1,6m de base e 2,3m de altura, e a interna de aço galvanizado com dimensões 1,8m x 1,5m de base e 1,2m de altura.

Figura 2- Corte lateral/transversal do esquema de montagem do lisímetro de pesagem.



Fonte: Mírian Pinheiro (2011)

A base dupla de sustentação, com dimensões 1,8m x 1,5m de base e 0,3m de altura, foi formada por cantoneiras de 0,0254m (1”), sendo que a parte superior recebeu duas barras de ferro com 3/4” soldadas no sentido transversal, para impedir que o fundo da caixa interna cedesse com o peso e a umidade do solo, e a inferior foi o suporte para as três células de carga que foram fixadas com parafusos. Quanto às células de cargas utilizadas, foram da marca ALPHA, modelo Z com capacidade de medida de até 2 toneladas, com sensibilidade de aproximadamente 6 000 divisões, ou 0,3kg. Segundo o fabricante, a sensibilidade deste produto é de $2 \pm 0,1\%$ mV/V.

A caixa interna foi construída a partir de chapas de aço galvanizado e foi reforçada com vergalhões de 0,01905m ($\frac{3}{4}$ ”) nas laterais; o fundo tem um formato afunilado onde foi colocado um dreno, que recebeu uma malha de poliéster, para impedir que qualquer resíduo físico o obstruísse; foi pintada externamente com tinta impermeável e internamente com tinta emborrachada para retardar o efeito da umidade nas chapas.

O preenchimento foi feito com uma camada de brita nº 1 (0,1m), seguida das camadas de solo, cada camada adicionada recebia uma leve compactação para promover uma maior acomodação no recipiente, as mesmas foram colocadas conforme sua posição original no perfil, totalizando a profundidade da caixa (0,9m).

Foi utilizado um sistema de armazenamento de dados (datalogger – modelo CR23X, Campbell Sci) para cada lisímetro, ambos instalados na casa de bomba a 10m da área. As leituras são realizadas a cada 3 segundos e o armazenamento das médias a cada 60 minutos, no notebook conectado aos dataloggers. As informações meteorológicas utilizadas neste trabalho foram coletadas em uma estação agrometeorológica da UFAL, localizada cerca de 1000m da área dos lisímetros.

As variedades selecionadas foram RB86-7515 e RB92-579, o plantio foi feito da seguinte forma: cada lisímetro foi plantado com duas fileiras duplas com espaçamento de entre as linhas de 1,80 x 0,50 metros, foram utilizadas aproximadamente 12 gemas por metro linear por fileira. A implantação dos lisímetros ocorreu entre dezembro de 2009 e janeiro de 2010, com sistema irrigação por gotejamento subsuperficial. Porém, devido a problemas como quebra de equipamento e algumas perdas de dados só foi possível utilizar o período de 01/02/11 a 31/03/11, para determinação da ETo e ETc da cana-de-açúcar.

Para estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) serão coletados os dados da estação meteorológica localizada a aproximadamente 1000 metros e do tanque Classe A

localizado a 2000 metros (Fazenda Progresso) de onde foram instalados os lisímetros, e comparadas através de dois métodos meteorológicos: Hargreaves-Samani e Tanque Classe A.

O método de Hargreaves-Samani, para estimativa da ETo diária, em mm dia⁻¹, pode ser apresentada por (PEREIRA *et al.*, 1997):

$$ETo = 0,0023 R_n (T + 17,8) \sqrt{T_{\max} - T_{\min}} \quad (1)$$

Em que: ETo = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

Rn = saldo de radiação, MJ m⁻² d⁻¹;

T = temperatura média diária, °C;

T_{max} = temperatura máxima, °C;

T_{min} = temperatura mínima, °C.

Os valores da ETo obtidas do Tanque Classe A foram calculados pela equação 2.

$$ETo = ECA \times Kp \quad (2)$$

Em que: ETo = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

ECA = evaporação do tanque;

Kp = coeficiente de conversão da evaporação.

De acordo com a metodologia apresentada por Medeiros *et al.* (2003), para efeito do cálculo da evapotranspiração, os dados do lisímetro devem ser tomados a partir da diferença de massa do conjunto solo-caixa, massa maior pela massa menor. Uma vez realizado este procedimento para cada dia, a massa era obtida da transformação do sinal elétrico. Finalmente, a lâmina evapotranspirada foi obtida dividindo-se a diferença de massa pela área da caixa (2,70m²), conforme a equação 3.

$$ETc = (MMA - MME) / A \quad (3)$$

Em que: MMA = massas maior, Kg;

MME = massa menor, Kg;

A = área da caixa, m²;

ETc = evapotranspiração da cultura, mm d⁻¹.

Resultados e Discussão

Após a construção e instalação dos lisímetros e plantio da cultura da cana-de-açúcar, foram determinadas a evapotranspiração da cultura (ETc) e do coeficiente de cultivo (Kc) em

um período teste de sessenta dias, sendo cana-soca com idade de 60 a 120 dias. Para as análises estatísticas cada mês foi dividido em 5 semanas.

Para o cálculo da ETc, as leituras provenientes da célula de carga eram transformadas em massa e analisadas no período de 24 horas.

Os gráficos 1 e 2 apresentam os valores de evapotranspiração nos lisímetros 1 e 2, respectivamente. Elas apresentam comportamento semelhante, sendo possível observar que no dia 5 de março ocorreu o maior pico da ETc com 24,44 e 23,70 mm dia⁻¹, esses valores podem ser explicados pelo consumo da cultura associado ao volume drenagem, para os lisímetros 1 e 2, respectivamente. Os menores valores observados ocorreram dia 10 de março com 1,10 mm dia⁻¹, para o lisímetro 1 e nos dias 16, 17 e 29 de março com 2,22 mm dia⁻¹, para o lisímetro 2, tais valores podem ser explicados pela saída de 3 Kg e 6 Kg, respectivamente.

Gráfico 1 - Evapotranspiração da cultura medida lisímetro 1, no período de 01/02/11 a 31/03/11.

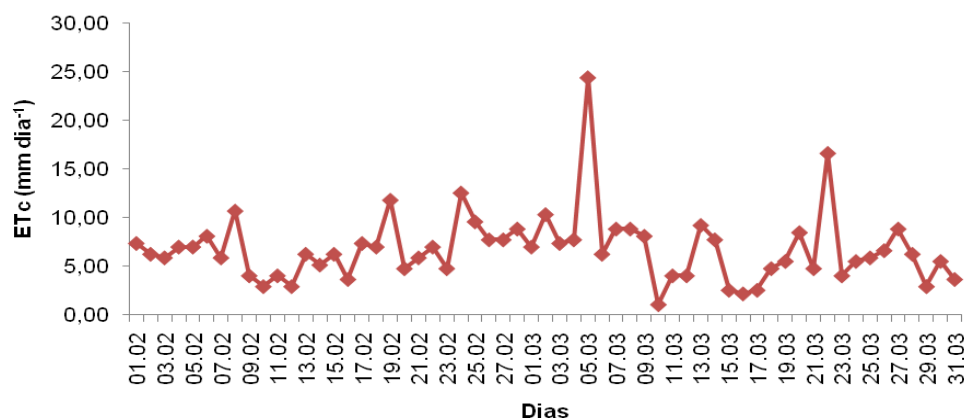
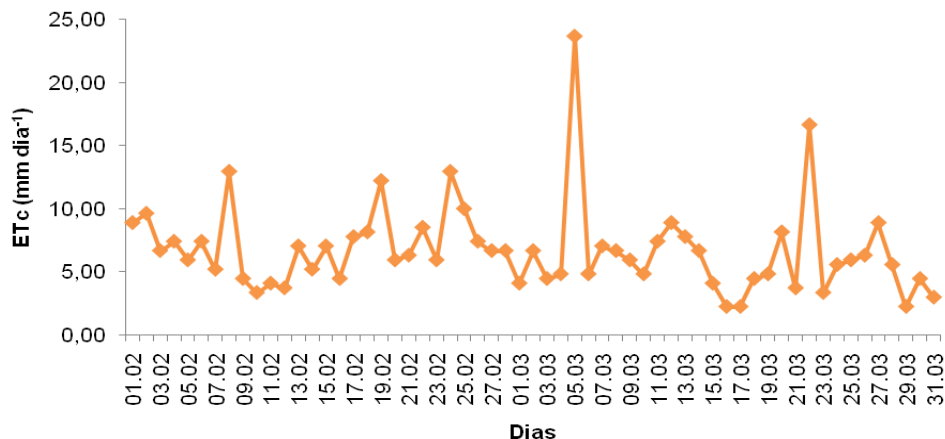


Gráfico 2 - Evapotranspiração da cultura medida lisímetro 2, no período de 01/02/11 a 31/03/11.



Analisando os dados do Gráfico 3, nota-se que, no período analisado, o valor médio foi de $24,5 \text{ mm dia}^{-1}$. Sendo que o maior valor de ETo, obtida por HS, foi de $39,03 \text{ mm dia}^{-1}$, ocorreu dia 15 de fevereiro. Apesar da temperatura $26,6^\circ\text{C}$ está na média dos demais valores, o saldo de radiação foi de $776,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, um dos maiores do período avaliado, que favoreceu o efeito evapotranspirométrico nesse dia.

Em contrapartida, os menores valores de ETo foram determinados nos dias 01 e 04 de fevereiro com $10,0$ e $10,1 \text{ mm dia}^{-1}$, que podem ser explicados, principalmente, pelas baixas incidências de radiação com $202,0$ e $217,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente, as menores do período avaliado.

Pode-se observar que o Rn que chega ao topo da atmosfera influencia totalmente nas variações da ETo, principalmente nesse método. Já que no mesmo o valor de Rn é explícito na fórmula, influenciando mais decisivamente o valor obtido para a ETo.

Gráfico 3 - Evapotranspiração de referência obtida pelo método HS no período de 01/002/11 a 31/03/11 em Coruripe – AL.



Os valores obtidos para ETo por esse método apresentam alta variabilidade, isso pode ter ocorrido pelo fato do período analisado ter sido, relativamente, curto e concentrado no verão-outono (fevereiro e março), quando a temperatura e o saldo de radiação médias estavam em torno de $26,3^\circ\text{C}$ e $628,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente. Oliveira *et al.* (2010), obtiveram em Goiás, um coeficiente de determinação (r^2) médio de 0,83 para esse método nesse mesmo período.

Para mostrar a confiabilidade desse método em relação a seus resultados, alguns autores compararam o mesmo com o método Penman-Monteith (PM). Dessa forma,

Gonçalves (2009) obteve um índice de confiança “c” de 0,76, considerado muito bom de acordo com Camargo & Sentelhas (1997). Conceição (2005) também encontrou resultados semelhantes para o município de Jales, São Paulo. Já Medeiros (2002) encontrou um coeficiente de confiança “c” de 0,45 para o município de Paraipaba, Ceará. Tal resultado pode ser justificado pela baixa variação de temperatura e saldo de radiação na região litorânea do Ceará.

As Tabelas 1 e 2 apresentam as análises estatísticas, nas quais foram utilizadas o teste de Tukey dos meses de fevereiro e março para esse método, na qual é possível observar que não houve diferença estatística entre as semanas.

Tabela 1 - Análise estatística para as cinco semanas do mês de fevereiro para o método HS

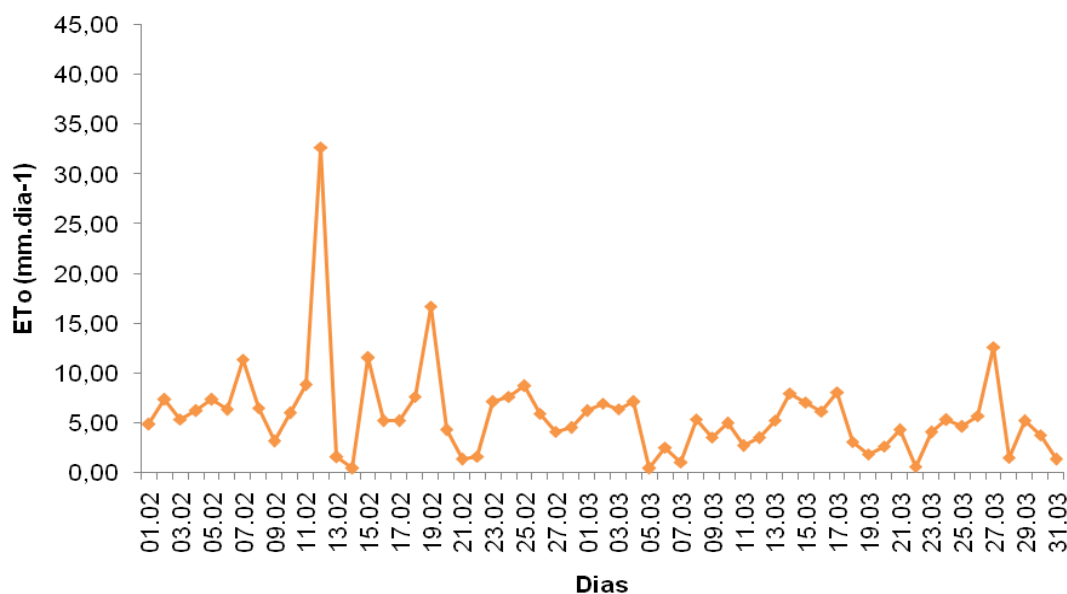
Semanas	Médias
1	17,833333 a
2	25,142857 a
3	27,285714 a
4	26,428571 a
5	29,000000 a

Tabela 2 - Análise estatística para as cinco semanas do mês de março para o método HS

Semanas	Médias
1	30,833333 a
2	31,285714 a
3	32,857143 a
4	30,000000 a
5	30,750000 a

Analisando nos dados do Gráfico 4, nota-se que no período analisado, a maior parte dos valores está numa média de $5,00 \text{ mm dia}^{-1}$, ao contrário do encontrado pelo método de HS; o maior valor de ETo, obtida por CA, determinado ($32,7 \text{ mm dia}^{-1}$) ocorreu dia 12 de fevereiro, com umidade relativa de 84%, associada a uma velocidade de vento de 2 m s^{-1} . Em contrapartida, os menores valores de ETo ocorreram nos dias 14 de fevereiro e 05 de março com $0,45 \text{ mm dia}^{-1}$, com umidade relativa de 82 e 97%, respectivamente, sendo que a última é a maior do período, associadas a uma velocidade de vento de 3 m s^{-1} .

Gráfico 4 - Evapotranspiração de referência obtida pelo método CA no período de 01/02/11 a 31/03/11 em Coruripe – AL.



Em relação a esse método, há uma contradição entre alguns autores sobre sua confiabilidade. Carvalho *et al.* (2004), comparando os dados da ETo pelos métodos de PM e CA e obteve um resultado pouco confiável para CA, com índice de desempenho de 0,19, contraria os resultados obtidos por Cruz (2005), que obteve um desempenho considerável, com índice de desempenho de 0,90, ao comparar os valores de ETo estimados pelo tanque classe A e os medidos por lisímetro de pesagem automática, na região de Seropédica-RJ.

As Tabelas 3 e 4 apresentam as análises estatísticas dos meses de fevereiro e março para esse método, na qual é possível observar que não houve diferença estatística entre as semanas.

Tabela 3 - Análise estatística para as cinco semanas do mês de fevereiro para o método CA

Semanas	Médias
1	6,000000 a
2	10,142857 a
3	7,285714 a
4	5,285714 a
5	5,000000 a

Tabela 4 - Análise estatística para as cinco semanas do mês de março para o método CA

Semanas	Médias
1	4.833333 a
2	3.857143 a
3	5.285714 a
4	5.428571 a
5	3.000000 a

Na Tabela 5 encontram-se as lâminas de evapotranspiração de referência (ET_o) e da cultura (ET_c) média e acumulada no período analisado.

Tabela 5 - Valores da evapotranspiração de referência (ET_o) e da cultura (ET_c) medidos e estimados no período de 01/02/2011 a 31/03/2011 em Coruripe-AL

Dispositivos e Métodos	ET _o média	ET _o acumulada	ET _c média	ET _c acumulada
	(mm dia ⁻¹)	(mm)	(mm dia ⁻¹)	(mm)
HS	28,1	1657,5	-	-
CA	5,8	341,6	-	-
Lisímetro 1 (RB86-7515)	-	-	6,8	402,6
Lisímetro 2 (RB92-579)	-	-	6,7	397,0

Na Tabela 6, é possível observar os coeficientes de cultura (K_c) médios e acumulados das variedades na idade de 60 a 120 dias, obtidos pelos métodos diretos (lisímetros) através dos métodos indiretos (Hargreaves-Samani e tanque Classe A).

Contradizendo esse trabalho, Peres (1988), trabalhando também com a cana-soca nas condições de Araras – SP, determinou o valor de K_c de 0,80 no período de 100 a 135 dias, obtido o método de CA.

Tabela 6 - Valores dos coeficientes de cultura (K_c) das variedades RB86-7515 e RB92-579 calculados no período de 01/02/2011 a 31/03/2011 em Coruripe-AL

Métodos	K _c média		K _c acumulada	
	RB86-7515	RB92-579	RB86-7515	RB92-579
HS	0,3	0,3	15,9	15,5
CA	1,4	1,4	79,2	79,1

Os Gráficos 5 e 6 apresentam os coeficientes de cultura (Kc) das variedades RB86-7515 e RB92-579. Ambas as figuras mostram que a maioria dos Kc obtidos através pelo método de Hargreaves-Samani apresentam uma maior uniformidade e encontram-se entre 0 e 1; já os Kc obtidos através do método de Tanque Classe A mostram-se são mais dispersos e a maioria dos valores encontram-se entre 0 e 2.

Gráfico 5 - Coeficiente de cultura da variedade RB86-7515 calculados no período de 01/02/11 a 31/03/11 em Coruripe – AL.

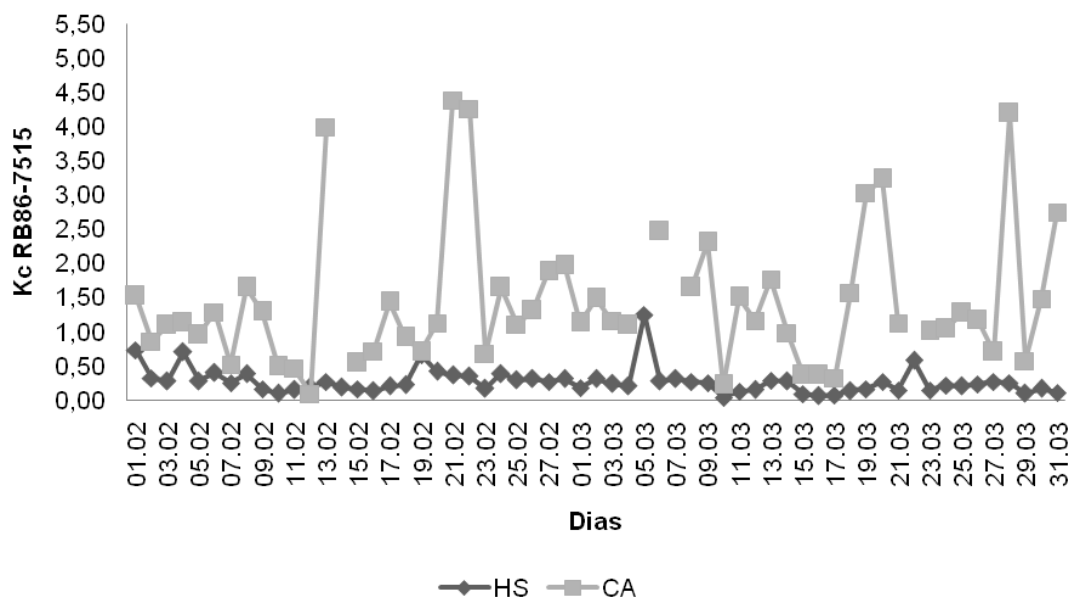
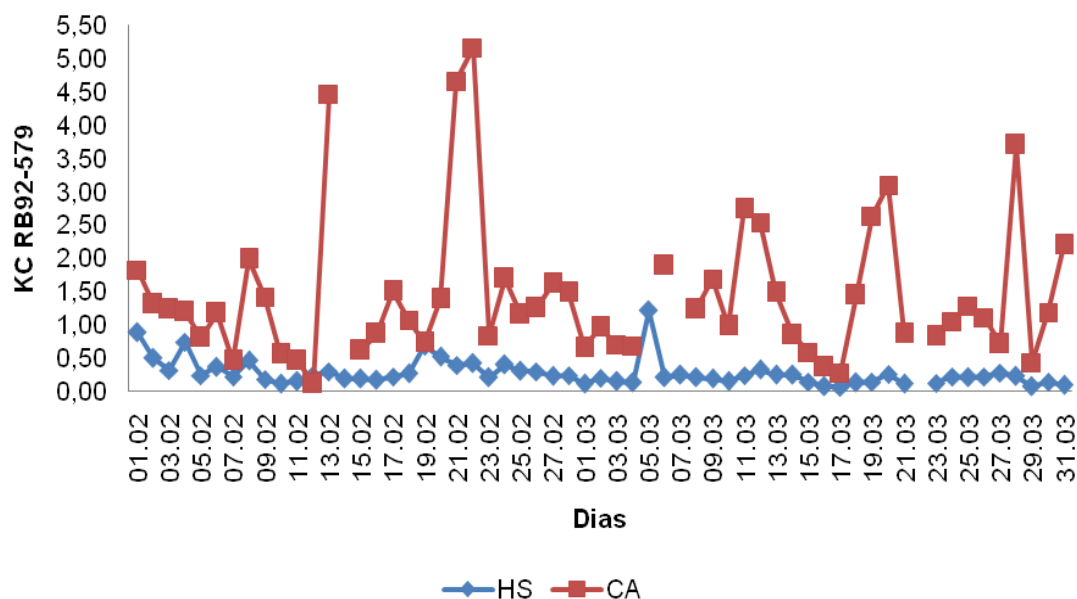


Gráfico 6 - Coeficiente de cultura da variedade RB92-579 calculados no período de 01/02/11 a 31/03/11 em Coruripe – AL.



Conclusões

Com os resultados obtidos pode-se concluir que:

- A estimativa da ETo pelo método Hargreaves-Samani apresentou-se mais satisfatório, mesmo no curto período avaliado;
- A ETc obtidas foram de 6,8 mm dia⁻¹ para a variedade RB86-7515 e 6,7 mm dia⁻¹ a variedade RB92-579;
- O Kc foi superestimado pelo método Tanque Classe A;
- Não houve diferença estatística entre as semanas de cada mês, para os métodos de Hargreaves-Samani e Tanque Classe A.

Referências

- AUDE, M.I.S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.23, n.2, p.241-248, 1993.
- CAMARGO, A.P; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CARVALHO, H.P.; SILVA,V.J.; PAULA, A.F.F.C.; RABELO, P.G. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Uberlândia-MG. 2004.
- CONCEIÇÃO, M.A.F.; MANDELLI, F. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para a região de Bento Gonçalves, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, 2005.
- CRUZ, F.A. Instalação e Calibração de Lisímetro de Pesagem e Determinação da Evapotranspiração de Referência para a Região de Seropédica-RJ. **Mestrado (Dissertação)** - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2005.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. Irrigation and Drainage. Paper, 33. **Rome: FAO**, 193p, 1979.
- GONÇALVES, F.M.; FEITOSA, H.O.; CARVALHO, C.M.; GOMES FILHO, R.R.; VALNIR JÚNIOR, M. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-Ce. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.3, n.2, p.71–77, 2009.
- HEINZE, B.C.L.B. A importância da agricultura Irrigada para o desenvolvimento da região nordeste do Brasil. Brasília, DF. 2002.
- MEDEIROS, A.T. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba, CE. **Doutorado (Tese)** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 2002.

MEDEIROS, A.T.; SENTELHAS, P.C.; LIMA, R.N. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba-CE. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.23, n.1, p.21-30, 2003.

OLIVEIRA, A.L.R.; MORAES; S.R.P.; RODRIGUES; J.S. Método de Hargreaves-samani a partir da estimativa da temperatura do ar e a partir de normais climatológicas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, GO. vol.6, n.11, p. 6, 2010.

PEREIRA, A.R., VILLA NOVA, N.A.; SEDYIAMA, G.C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba, SP: FEALQ, 183p, 1997.

PERES, J.G. Determinação dos coeficientes de cultura (Kc) da cana-de-açúcar: ciclo cana-soca. **Mestrado (Dissertação)** - Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 1988.

UFBH, UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. **Apostila de Hidrologia** < http://www.cca.ufsc.br/~aaap/irrigacao/clima/apostila_cap4_ufb.pdf > acesso em 20/01/2011.