



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

Relação entre coeficientes de cultura e graus-dia de desenvolvimento da cebola



Pedro Pereira Santos Júnior¹; Edgo Jackson Pinto Santiago²; Gertrudes Macário de Oliveira³; Mário de Miranda V. B. R. Leitão⁴; Rodrigo Rafael Silva⁵; Adheilton Rogers Pilé de Carvalho⁶

¹Graduando de Engenharia Agrônoma, Bolsista PIBIC, DTCS-UNEB, (74)9137-6365, ppereirasj@hotmail.com

²Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Horticultura Irrigada, DTCS-UNEB, Juazeiro-Ba

³Doutora em Recursos Naturais, Professora Titular- DTCS-UNEB, Juazeiro-Ba

⁴Doutor em Meteorologia, Professor Associado – Col. de Eng. Agrícola e Ambiental – UNIVASF, Juazeiro-Ba

⁵Graduando de Engenharia Agrônoma, Bolsista PIBIC, DTCS-UNEB, Juazeiro-Ba

⁶Graduando de Engenharia Agrônoma, DTCS-UNEB, Juazeiro-Ba

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho determinar o coeficiente de cultura em função dos graus-dia de desenvolvimento da cebola irrigada. O experimento foi conduzido no campo experimental do DTCS/UNEB de maio a setembro de 2011. O sistema de irrigação adotado foi gotejamento com dados da evapotranspiração da cultura (ET_c) obtidos a partir de leituras diárias em evapotranspirômetros de lençol freático constante; a evapotranspiração de referência (ET_o) determinada pelos métodos de Penman-Monteith parametrizado pela FAO e pelo método do tanque classe A. O coeficiente de cultura foi obtido pela relação: $K_c = ET_c/ET_o$. Estes coeficientes juntamente com os graus-dia acumulados foram utilizados para ajustar, por meio de regressão linear múltipla, usando série seno de Fourier, um modelo para descrever o coeficiente de cultura em função dos graus-dia de desenvolvimento. As correlações entre graus-dia e K_c determinado pelos métodos do tanque classe A e FAO foram de 0,98 e 0,99, respectivamente. Os graus-dia de desenvolvimento representam um bom parâmetro para estimar o coeficiente de cultura ao longo do ciclo da cebola.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração da cultura, manejo de irrigação, temperatura base inferior

RELATIONSHIP BETWEEN ONION CROP COEFFICIENTS AND GROWING DEGREE DAYS

ABSTRACT: The objective of this work to determine the crop coefficient as a function of the degree-day development of irrigated onions. The experiment was conducted in the experimental field of DTCS / UNEB May to September 2011. The adopted irrigation system was dripping with crop evapotranspiration data (ET_c) obtained from daily readings in evapotranspirometers constant water table; the reference evapotranspiration (ET_o) determined by the methods of Penman-Monteith parameterized by FAO and the tank class method A. The crop coefficient was obtained by the ratio: $K_c = ET_c / ET_o$. These coefficients together with the degree-days are used to adjust, by means of multiple linear regressions, using Fourier sine series, a model to describe the crop coefficient depending on the degree of development. The correlation between degree days and K_c determined by the methods of the class A pan and FAO foram de 0.98 and 0.99, respectively. The degree-day development is a good parameter to estimate the crop coefficient over the onion cycle.

KEY WORDS: crop evapotranspiration, irrigation management, lower base temperature

INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) quando produzida em condições edafoclimáticas adequadas costuma apresentar elevadas taxas de produção. No entanto os níveis produtivos podem ser reduzidos, caso haja fatores que comprometam o seu desenvolvimento, destacando-se, a disponibilidade de água no solo. Vilas Boas et al., (2011) colocam que a cebola é uma hortaliça sensível ao déficit hídrico, necessitando de boa disponibilidade de água no solo e irrigações frequentes para seu bom desenvolvimento. Lopes et al., (2011) afirmam que um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento de qualquer espécie é a água, cuja falta caracteriza uma das principais restrições ao crescimento e desenvolvimento das espécies cultivadas.

A base para a quantificação da água a ser aplicada a determinada cultura está associada, comumente, à capacidade da superfície do solo e da vegetação de perder água para a atmosfera (Silva et al., 2011). Ou seja, considerar os processos de evaporação do solo e de transpiração das plantas, conjuntamente denominado de evapotranspiração.

A determinação da evapotranspiração em condições de campo não é uma tarefa fácil, uma vez que sua medida depende de métodos pouco adequados para fins operacionais de manejo de irrigação. Diante das dificuldades envolvidas na observação direta da evapotranspiração da cultura (ET_c), recorre-se aos métodos indiretos, através de estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o), por meio de coeficientes apropriados conhecidos como coeficientes de cultura (K_c).

O coeficiente de cultura relata o desenvolvimento fenológico e fisiológico de uma cultura particular em relação à evapotranspiração de referência e também representa o uso de água de uma cultura específica, que é de importância relevante para a estimativa do seu requerimento hídrico, necessário tanto para o dimensionamento de sistemas de irrigação quanto para a operacionalização de perímetros irrigados (CLARK et al., 1996). Silva et al., (1999) colocam que o consumo de água de uma cultura é função de fatores climáticos locais refletidos na evapotranspiração máxima associada as fases fenológicas da cultura; e que, as fases ou estádios da cultura é um fator de grande importância para determinação do requerimento hídrico e podem ser definidas de diversas formas, tais como: dias após plantio, dias após emergência, índice de área foliar e graus-dia de desenvolvimento (GDD).

Uma vez que a exigência hídrica da cultura é refletida pelo K_c, e que este é específico para cada estádio de desenvolvimento, e os estádios ou fases podem ser definidos em função de graus-dia de desenvolvimento da cultura, estudos foram desenvolvidos objetivando determinar K_c como função de graus-dia de desenvolvimento (Sammis et al., 1985; Shayya et al., 1991; Fox et al., 1992). Lima et al., (2008) colocam que tendo-se uma curva de K_c em função dos graus-dia de desenvolvimento, além de dados de evapotranspiração de referência (ET_o), o irrigante pode determinar com mais precisão o momento e a lâmina de irrigação mais adequada e de modo ajustado as condições momentâneas de demanda hídrica. Destarte, objetivou-se com este trabalho, determinar o coeficiente de cultura em função dos graus-dia de desenvolvimento para a cultura da cebola irrigada no Submédio Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus III em Juazeiro (latitude 09° 24' 50" S; longitude 40° 30' 10" W e altitude de 368 m), no período de maio a setembro de 2011. O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Flúvico. A cultivar de cebola utilizada foi a 'BRS Alfa São Francisco' e o sistema de irrigação adotado foi gotejamento com emissores espaçados 0,30 m. O sistema de plantio foi em sulcos espaçados a cada 80 cm e parcelas com 0,40 x 20,0 m.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Os dados da evapotranspiração da cultura (ET_c) foram obtidos a partir de leituras diárias em evapotranspirômetros de lençol freático constante; a evapotranspiração de referência (ET_o) determinada pelos métodos de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (MP&M) e pelo método do tanque classe A (MTCA), com o coeficiente de tanque obtido pela expressão proposta por Snyder (1992). O coeficiente de cultura foi calculado pela relação $K_c = ET_c / ET_o$. Para o cálculo de graus-dia (GD) foi utilizada a Equação 1, considerando-se para cultura da cebola a temperatura base inferior de 10 °C (RESENDE et al., 2007) e a Equação 2, para o cálculo de graus-dia de desenvolvimento (GDD).

A aquisição dos dados meteorológicos foi feita a partir da estação meteorológica automática localizada em frente à área experimental. Os coeficientes da cultura calculados com base nos métodos empregados, juntamente com os graus-dia de desenvolvimento foram utilizados para ajustar, por meio de regressão linear múltipla, os coeficientes da série seno de Fourier, para descrever o coeficiente de cultura em função dos graus-dia de desenvolvimento (Equação 3). A variável $y(t)$ foi determinada pela Equação 4 em função dos graus-dia de desenvolvimento (FOX Jr et al., 1992); em que, o denominador da equação representa o total de graus-dia de desenvolvimento até o fim do ciclo de cultivo e o numerador, o valor de GDD acumulado até um dia t do ciclo vegetativo, na fase fenológica de interesse.

O período de desenvolvimento da cultura foi dividido em quatro estádios: inicial (I); vegetativo (II); bulbificação (III) e maturação (IV).

$$GD = T_{Med} - T_{Base inferior} \quad (1) \quad GDD = \sum_{i=1}^n GD \quad (2)$$

$$K_c = \sum_{i=1}^6 c_i \cdot sen[i \cdot y(t)] \quad (3) \quad y(t) = \frac{\pi \cdot \sum_{i=1}^t (GDD)_i}{\sum_{i=1}^n (GDD)_i} \quad (4)$$

em que:

GD – Graus-dia unitário (°C);

GDD – Graus-dia de desenvolvimento (°C)

T_{Med} – Temperatura média do dia (°C);

$T_{Base inferior}$ – Temperatura base inferior (°C).

K_c – Coeficiente de cultura, adimensional;

c_i – Coeficientes da série seno de Fourier;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de coeficientes de cultura observados durante a condução do experimento e estimados em função dos graus-dia de desenvolvimento para cebola podem ser visualizados na Figura 1. Verifica-se que a partir do transplante, o K_c calculado com base na evapotranspiração de referência determinado pelo MP&M (Figura 1A) começa a aumentar para GDD igual a 305,72 °C, atingindo valores máximos para GDD próximo a 1000 °C, passando a diminuir a partir de então. O maior consumo de água pela cultura, representado por valores elevados de K_c ocorreu na fase de bulbificação. Marouelli et al. (2011), destacam que a necessidade hídrica diária aumenta de forma proporcional ao crescimento vegetativo das plantas, atingindo máxima demanda hídrica no estágio de crescimento de bulbos e reduzindo ao longo do estágio de maturação. Os valores de K_c calculados com base na evapotranspiração de referência determinado pelo MTCA (Figura 1B) apresentaram comportamento similar aos obtidos por meio do cálculo com base na evapotranspiração de referência determinado pelo método de Penman-Monteith.

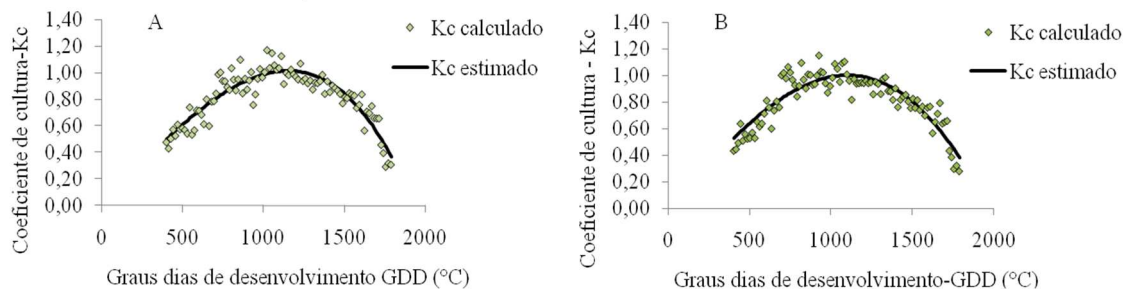


Figura 1. Coeficientes de cultura observados e estimados para a cebola. (A) Kc determinado com base na evapotranspiração de referência obtida pelo método de Penman-Monteith (B); Kc determinado com base na evapotranspiração de referência obtida pelo método do tanque classe A.

As Equações 5 e 6 descrevem a relação funcional entre Kc e GDD e a ótima correlação entre os parâmetros, representada pelos valores de $R^2 = 0,99$ - Kc determinado pelo MP&M versus GDD; e $R^2 = 0,98$ - Kc determinado pelo MTCA versus GDD. Pode-se afirmar que 99% da variação do Kc - MP&M pode ser explicada pela variação de GDD; assim como 2% da variação do Kc - MTCA não pode ser atribuída a variação de GDD. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (1999), trabalhando com alface tipo folhosa, utilizando a série seno de Fourier para estimar Kc em função de GDD.

$$Kc = 83340,22 \cdot \text{SEN}\left(\frac{\pi \cdot \text{GDD}}{357,58}\right) - 5712,5 \cdot \text{SEN}\left(\frac{\pi \cdot \text{GDD}}{595,96}\right) - 40786,9 \cdot \text{SEN}\left(\frac{\pi \cdot \text{GDD}}{297,98}\right) \quad (5)$$

$$R^2 = 0,99$$

$$Kc = 42057,32 \cdot \text{SEN}\left(\frac{\pi \cdot \text{GDD}}{595,96}\right) - 63458,4 \cdot \text{SEN}\left(\frac{\pi \cdot \text{GDD}}{357,58}\right) + 31860,88 \cdot \text{SEN}\left(\frac{\pi \cdot \text{GDD}}{297,98}\right) \quad (6)$$

$$R^2 = 0,98$$

A figura 2 apresenta o comportamento do Kc calculado com base nos dois métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, em função do GDD e do número de dias após o transplante. Verifica-se que a máxima demanda hídrica, representada pelos maiores valores de Kc ocorreu aos 74 dias e conforme mencionado anteriormente, para GDD próximo a 1000 °C.

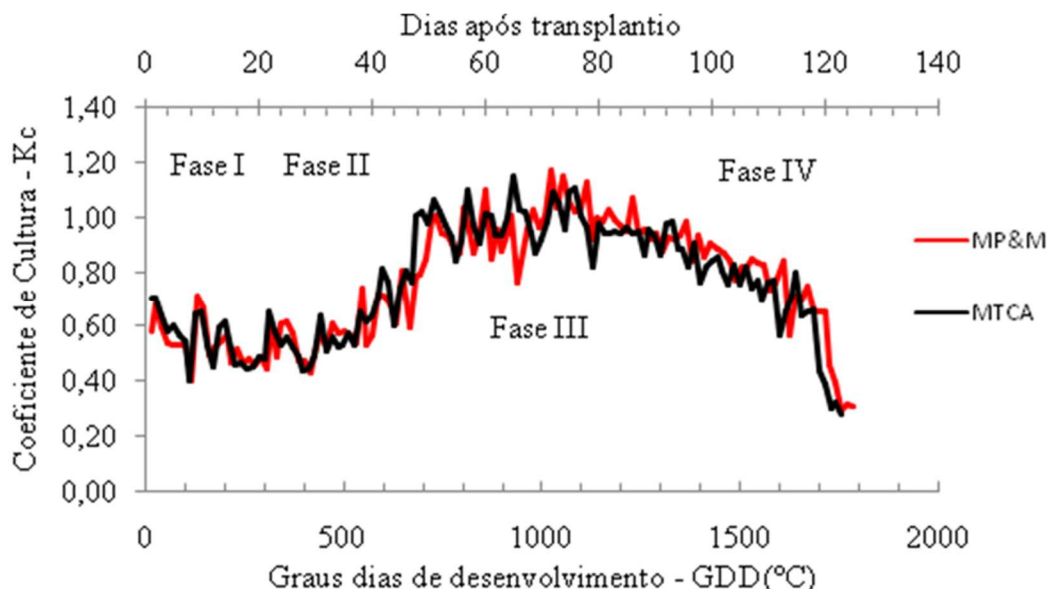


Figura 2. Variação do coeficiente de cultura calculado com base na evapotranspiração de referência determinado pelos métodos de Penman-Monteith (MP&M) e do tanque classe A (MTCA), ao longo do ciclo de cultivo e dos graus-dia de desenvolvimento.

Em se tratando da elaboração de projetos de irrigação para cultura da cebola, o valor de Kc a ser utilizado deverá ser o máximo, que em média, no caso do presente trabalho foi de 0,96 ocorrida no estágio III para ambos os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (Tabela 1). Vale ressaltar, no entanto, que este valor deverá ser empregado apenas na fase de máxima demanda hídrica da cebola. Nas demais fases pode-se utilizar os valores sugeridos conforme constam na tabela 1.

Ao se estimar os valores de Kc, por meio das funções ajustadas, em média, os valores máximos resultantes foram 0,96 e 0,95 para os métodos de determinação da ETo obtidas pelos MP&M e MTCA, respectivamente (Tabela 1). Em média, o valor máximo do coeficiente de cultura calculado por ambos os métodos de estimativa da ETo foi de 0,96 (Tabela 1).

Em se tratando da implementação de estratégias visando o correto manejo de irrigação de forma precisa para a cultura da cebola, as equações obtidas podem fornecer dia a dia, após o transplantio, boas estimativas para os valores do coeficiente de cultura (Kc) ao longo do ciclo produtivo. De modo geral, caso não se opte por estimar o Kc por meio das equações obtidas, pode-se utilizar os valores de Kc para as diferentes fases fenológicas como função do acúmulo de unidades térmicas representados pelos graus-dia de desenvolvimento, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Graus-dia de desenvolvimento por fase fenológica e acumulado ao longo do ciclo de cultivo e médias dos coeficientes de cultura calculados e estimados.

Fase	GDD/Fase	GDD	Coeficientes de Cultura - KC			
			MP&M	Estimado	MTCA	Estimado
I	305,72	305,72	0,55	0,54*	0,53	0,55*
II	416,87	722,59	0,64	0,62	0,62	0,64
III	704,47	1427,06	0,96	0,96	0,96	0,95
IV	360,84	1787,90	0,66	0,67	0,68	0,64

* Considerado como média dos Kc calculados até GDD = 401,2 °C.

A estimativa do coeficiente de cultura utilizando série seno de Fourier, nas condições em que o estudo foi realizado, é uma alternativa viável para simplificar a determinação do Kc para a cultura da cebola sendo os graus dias de desenvolvimento um bom parâmetro para estimar o coeficiente de cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLARK, G.A.; ALBREGTS, E.E.; STANLEY, C.D. Water requirements and crop coefficients of dripirrigated strawberry plants. *Transaction of ASAE*, St. Joseph, v.39, n.3, p. 905 - 912, 1996.
- FOX Jr., F.A.; SHERER, T.; SLACK, D.C.; CLARK, L.J. **Arizona Irrigation Scheduling- AZSCHED** ver. 1.01-Users Manual. The University of Arizona/Cooperative Extension/ Agricultural and a Biosystems Engineering, 1992.36 p.
- LIMA, E. P.; SILVA E.L. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.266–273, 2008
- LOPES, O. D.; KOBAYASHI, M. K.; OLIVEIRA, F. G.; ALVARENGA, I. C. A.; MARTINS, E. R.; CORSATO, C. E. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.548-553, 2011.
- MAROUELLI, W. A.; VIDIGAL, S. M.; COSTA, E. L. Irrigação e fertirrigação na cultura da cebola. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 585-608.
- MAROUELLI, W. A.; Costa, E. L.; Silva, H. R. Irrigação da cultura da cebola. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2005. 17p. **Circular Técnica**, 37
- Resende, G. M. de; Costa, N. D.; Souza, R. J. de. (ed.). **Cultivo da cebola no Nordeste**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. Sistemas de Produção, 3.
- SILVA, E.L.; MARTINEZ, L.F.; YITAYEW, M. Relação entre coeficientes de cultura e graus-dia de desenvolvimento da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n. 2, p. 134-142, julho 1999.
- Silva, A. C. da; Lima, L. A.; Evangelista, A. W. P.; Martins, C. P. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.1215-1221, 2011.
- SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.118, p.977-980, 1992.
- VILAS-BOAS, R. C.; Pereira, G. M.; Souza, R. J. de; Consoni, R. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.117-124, 2011.
- SHAYYA, E.H.; BRALTZ, V.F.; LOUDON, T.L. Irrigation scheduling based on growing degree days. *ASAE Paper 91-2643*. Winter Meeting, 1991. 23 p.