

● AGRONOMIA

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTES DE CULTURA PARA O ALFACE E A RÚCULA CULTIVADAS EM UBERABA-MG

Márcio José de Santana¹, Celso Aparecido Mancin², Alderico Alves Ribeiro³

RESUMO: O objetivo do atual trabalho foi determinar a evapotranspiração e os coeficientes de cultura da rúcula e da alface irrigadas e cultivadas na região de Uberaba, MG. O experimento foi conduzido no setor de Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberaba (MG). As cultivares utilizadas foram a Folha Larga (rúcula) e a Vera (alface). A irrigação foi realizada por microaspersores adaptados para simular uma aspersão. Foram instaladas seis baterias de tensiômetros para coleta dos valores diários de tensão de água no solo. O manejo da irrigação foi realizado diariamente. Para a evapotranspiração de referência, foi utilizado o método do tanque Classe A. Foram coletados, diariamente, a velocidade do vento, a umidade relativa do ar e evaporação do tanque, obtendo-se, assim, a evapotranspiração de referência. Para obter a evapotranspiração da cultura, foi utilizado o método do balanço de água no solo. Maiores valores de evapotranspiração da cultura da rúcula foram de aproximadamente 3,36 mm dia⁻¹, sendo a fase de maior necessidade hídrica aos 30 dias após semeadura. A evapotranspiração de referência média foi de 4,72 mm dia⁻¹ e a evapotranspiração média da cultura da alface foi de 4,06 mm dia⁻¹. Os coeficientes de cultura médios para a fase final de cultivo da rúcula e da alface foram de 1,02 e 1,21, respectivamente.

Palavras-chave: Kc. Manejo irrigação. Olerícolas.

EVAPOTRANSPIRATION AND CULTURE COEFFICIENT FOR THE LETTUCE AND ROQUETTE CULTIVATED IN UBERABA-MG

ABSTRACT: The objective of the present work was to determine the evapotranspiration and culture coefficient of the roquette and lettuce crops irrigated and grown in the region of Uberaba, MG. The experiment was conducted in the Vegetable Sector of Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro *Campus* Uberaba, MG. The cultivars utilized were Folha Larga (roquette) and Vera (lettuce). Irrigation was performed by microsprinklers adapted to simulate a sprinkling. Six batteries of tensiometers for collecting the daily values of tension were set up. Irrigation management was carried out daily. For the reference evapotranspiration it was utilized the Class A tank method. Wind velocity, air relative humidity and tank evaporation were collected, obtaining the reference evapotranspiration. To obtain the crop's evapotranspiration, the soil water balance method was utilized. Higher values of roquette evapotranspiration of the crop were observed around 3.36 mm day⁻¹, the highest water-requiring phase being at 30 days after sowing. The average reference was evapotranspiration of 4.72 mm dia⁻¹ and average crop evapotranspiration lettuce was of 4.06 mm dia⁻¹. The average crop coefficients for the final stage of cultivation of roquette and lettuce were 1.02 and 1.21, respectively.

Keywords: Kc. Irrigation management. Vegetables crop.

¹Professor Dr. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro - IFTM, Uberaba, MG, Brasil. marciosantana@iftm.edu.br

²Professor Dr. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro - IFTM, Uberaba, MG, Brasil. mancin@iftm.edu.br

³Tecnólogo em Irrigação e Drenagem pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro - IFTM, Uberaba, MG, Brasil. aldericoribeiro@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa*) pertence à família Brassicaceae e é uma hortaliça de porte baixo e de cultivo anual com ponto de colheita a uma altura de até 20 cm (GONZALEZ et al., 2006). Esta espécie produz folhas apreciadas na forma de salada e, apesar de ser melhor produzida sob temperaturas amenas, tem sido semeada o ano todo em numerosas regiões. Sob temperatura elevada, há emissão prematura do pendão floral e as folhas tornam-se menores e rijas (FILGUEIRA, 2000).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma espécie mundialmente conhecida e considerada a mais importante hortaliça folhosa (SILVA et al., 2000). É uma hortaliça encontrada nas saladas, considerada como uma planta de propriedades tranquilizantes e que, devido ao fato de ser consumida crua, conserva todas as suas propriedades nutritivas. É uma planta anual, não exigindo uma época de cultivo restrita em seu ciclo de produção, encerrando quando as folhas atingem seu maior desenvolvimento. Dados de Hortibrasil (2013) relatam que foram produzidas 525.602 toneladas da hortaliça.

Em geral, as hortaliças têm seu desenvolvimento intensamente influenciado pelas condições de umidade do solo. A deficiência de água é, normalmente, o fator mais limitante à obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade, mas o excesso também pode ser prejudicial. A reposição de água ao solo por irrigação, na quantidade e no momento oportuno, é decisiva para o sucesso da horticultura (MAROUELLI et al., 1996). Além disso, o fornecimento de água em excesso possibilita o surgimento de doenças principalmente bacterianas, tornando-se evidente a importância do fornecimento de água de forma adequada (NUNES et al., 2009).

Poucas informações são encontradas na literatura a respeito do manejo da irrigação para a cultura da rúcula. Produtores utilizam uma lâmina média para efetuar a irrigação, que pode acarretar em déficit ou excesso de água. Também, normalmente não levam em consideração a evapotranspiração da cultura. Para Silva et al. (2000), o cultivo da alface tem seu desenvolvimento intensamente influenciado pelas condições de umidade do solo.

Para estimativa da lâmina de água no solo a aplicar para estas culturas pode-se determinar a evapotranspiração de referência (ET_o) e, posteriormente, a evapotranspiração da cultura (ET_c). Evapotranspiração é a perda de água para atmosfera, em forma de vapor, pelos processos de evaporação das superfícies e transpiração das plantas. Na agricultura irrigada, o conhecimento da evapotranspiração máxima nos diferentes estádios de desenvolvimento das plantas cultivadas é fundamental para o planejamento e manejo da irrigação (BERNARDO, 1996). A evapotranspiração pode ser determinada por métodos diretos ou estimada de forma indireta, a partir de elementos climáticos, utilizando-se modelos teóricos ou empíricos (ANTUNES et al., 2000). Para Lima e Silva

(2008), a água evapotranspirada por uma cultura qualquer sob ótimas condições de suprimento hídrico é a evapotranspiração da cultura.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho determinar os coeficientes de cultura (K_c) e a evapotranspiração da rúcula e da alface irrigadas, na região de Uberaba (MG).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* Uberaba), no município de Uberaba (MG). O clima da região é classificado como Aw, tropical quente, com verão quente e chuvoso, inverno frio e seco. Ocorre um período chuvoso de outubro a abril e uma estação seca de maio a setembro, tendo temperatura média anual de 23,2 °C, com máxima de 30,2 °C e mínima de 17,6 °C (VALLE JUNIOR et al., 2010). O experimento foi conduzido nos meses de junho e julho de 2010.

As cultivares implantadas foram a Folha Larga (rúcula) e Vera (alface). A rúcula foi cultivada em espaçamento de 0,25 m com aproximadamente 20 plantas por metro e a alface em espaçamento de 0,3 x 0,3 m. O preparo do solo consistiu em aração, gradagem e levantamento dos canteiros.

Os principais tratos culturais foram a capina (manualmente) e adubações de cobertura (realizadas aos 10 e 20 dias após transplante). As adubações de plantio e cobertura seguiram recomendações de CFSEMG (1999).

A densidade média do solo para as camadas de 0-20 e 20-40 cm, obtida pelo método do cilindro de Uhlund, forneceu valores de 1,09 e 1,23 kg dm⁻³, respectivamente. A umidade correspondente a capacidade de campo foi obtida, conforme Bernardo (1996), sendo de 0,20 cm³ cm⁻³ (tensão de água no solo média de 9 kPa na camada de 0-20 cm). Na Tabela 1, estão as curvas de retenção de água no solo estimadas da área do setor em que o experimento foi realizado.

Tabela 1 • Resultados da caracterização hídrica do solo da área experimental.

Camada (cm)	Equação	R ²
0 - 20	$\theta = \frac{0,42}{\left[1 + (1,32 * \psi_m)^{4,6}\right]^{0,11}} + 0,115$	0,941
20 - 40	$\theta = \frac{0,38}{\left[1 + (0,899 * \psi_m)^{6,83}\right]^{0,13}} + 0,225$	0,926

θ = umidade volumétrica (cm³ cm⁻³); ψ_m = potencial matricial (kPa)

Foram instaladas baterias de tensiômetros em seis parcelas compostas por dois canteiros com comprimento de 30 m cada. A irrigação foi efetuada com microaspersores que simularam uma irrigação por aspersão, elevando-os a 60 cm do solo. Diariamente, da-

dos (velocidade do vento, umidade e temperatura do ar, tensão de água no solo e lâmina irrigada) foram coletados para obtenção da ETo, da ETc e do Kc. O ciclo de coleta de dados foi de 38 dias após o transplante. A evapotranspiração de referência foi determinada pelo método do tanque Classe A (Equação 1).

$$ETo = Kt \cdot EV \quad (1)$$

em que:

Kt = coeficiente do tanque (conforme DOORENBOS e KASSAM, 1994);

EV = evaporação do tanque classe A (mm dia⁻¹).

A evapotranspiração da cultura foi determinada pelo balanço de água no solo. O balanço hídrico foi obtido num volume de controle correspondente à profundidade de 0,2 m (Equação 2)

$$\Delta h = P + I \pm Q - ETc - E$$

Em que:

Δh = variação do armazenamento (mm);

P = lâmina precipitada (mm);

I = lâmina irrigada (mm);

Q = lâmina que entra ou sai do contorno inferior (mm);

ETc = evapotranspiração da cultura (mm) e

E = deflúvio superficial (mm).

Os dados de precipitação foram obtidos por meio de um pluviômetro de 220 mm de diâmetro instalado próximo à área experimental. Para o cálculo do deflúvio superficial (E), foram confrontadas as lâminas precipitadas com a lâmina infiltrada potencial, fornecida pela equação de infiltração acumulada do solo, a qual foi estimada com dados obtidos pelo método do infiltrômetro de anel, com base no modelo do tipo potencial (Equação 3):

$$I = aT^n$$

em que:

I = infiltração acumulada (L);

a = parâmetro do solo, dependente da condição inicial de umidade (L T⁻ⁿ);

T = tempo de infiltração (T) e

n = parâmetro característico do solo, adimensional e constante, cujo valor pode situar-se entre 0 e 1.

O movimento de água no contorno inferior foi determinado pela Equação de Darcy-Buckingham (Equação 4):

$$q = -K(\theta) \frac{d\psi}{dx}$$

em que:

q = densidade de fluxo da água no solo (mm h⁻¹);

K(θ) = condutividade hidráulica do solo (mm h⁻¹) e

$\frac{d\psi}{dx}$ = gradiente de potencial total (mm mm⁻¹).

A condutividade hidráulica do solo não saturado foi determinada pelo método de Mualem (1976),

conforme a Equação 5:

$$K(\theta) = K_0 w^L \left[1 - \left(1 - w^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2$$

em que:

$$w = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$$

em que:

w = saturação relativa;

K₀ = condutividade hidráulica do solo saturado;

L = parâmetro empírico, que foi estimado por Mualem (1976) como sendo, aproximadamente 0,5 para a maioria dos solos (LIBARDI, 1999);

θ = umidade atual do solo (cm³ cm⁻³);

θ_r = umidade residual do solo (cm³ cm⁻³) e

θ_s = umidade de saturação do solo (cm³ cm⁻³).

Para a obtenção da condutividade hidráulica do solo saturado (K₀), foi utilizado o Permeômetro de Guelph. A variação do armazenamento foi calculada com base na Equação 6, considerando-se a profundidade igual a 0,2 m:

$$\Delta h = (\theta_2 - \theta_1) \cdot z$$

em que:

Δh = variação de armazenamento no intervalo de tempo considerado (mm);

θ₂ = umidade média no tempo final (cm³ cm⁻³);

θ₁ = umidade média no tempo inicial (cm³ cm⁻³) e

z = profundidade considerada para o balanço (200 mm).

O coeficiente de cultura Kc foi determinado conforme Equação 7:

$$Kc = \frac{ETc}{ETo}$$

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹) e

ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹).

O manejo da irrigação foi realizado por meio de tensiometria. De posse dos valores de umidade e com a correspondente à capacidade de campo, e considerando a profundidade do sistema radicular de 0,2 m, foram calculadas as lâminas de irrigação (Equações 8 e 9):

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) \cdot z$$

$$LB = LL / (CU \cdot Ea)$$

em que:

LL = lâmina líquida de irrigação (mm);

θ_{cc} = umidade na capacidade de campo (cm³ cm⁻³);

θ_{atual} = umidade no momento de irrigar (cm³ cm⁻³);

z = profundidade do sistema radicular;

LB = lâmina bruta de irrigação (mm);

Ea = eficiência de aplicação de água (0,90);

CU = coeficiente de uniformidade (0,92);

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os valores de ETo encontrados durante a condução do experimento. O valor médio de ETo foi de 4,72 mm dia⁻¹ no qual os valores oscilaram de 3 a 8 mm dia⁻¹ isto foi favorecido provavelmente, pelas variações nas temperaturas e umidades do ar registradas durante a condução do experimento.

Os valores médios ETC da rúcula encontram-se

na Figura 2. Pode-se inferir que após os 30 DAT (dias após transplântio) que houve um aumento destes valores. A ETC média foi de 3,36 mm dia⁻¹ (Figura 3). O valor médio de Kc durante o ciclo foi de 0,71.

Cunha et al. (2013) verificaram que os valores médios diários de evapotranspiração da cultura da rúcula foi de 1,0 a 5,8 mm dia⁻¹. Segundo os autores, recomenda-se irrigar a rúcula com reposição de 50 a 125% da evapotranspiração da cultura nas épocas chuvosa e seca, respectivamente.

Figura 1 • Evapotranspiração de referência (ETo) observada durante a condução do experimento.

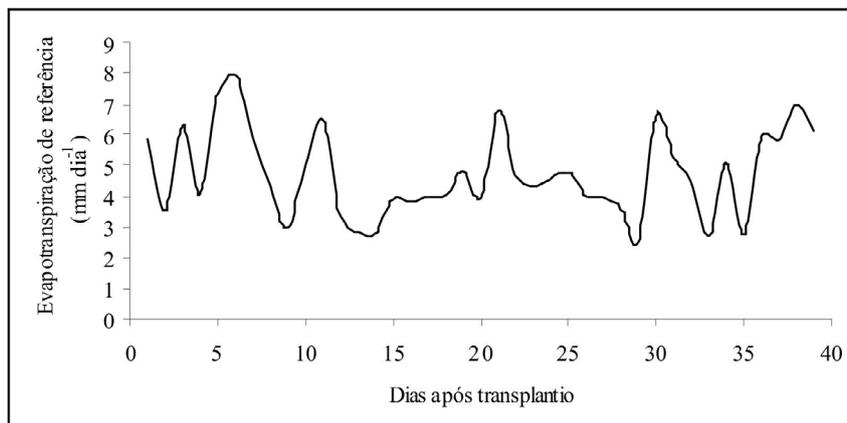


Figura 2 • Evapotranspiração da cultura da rúcula (ETc) observada durante a condução do experimento.

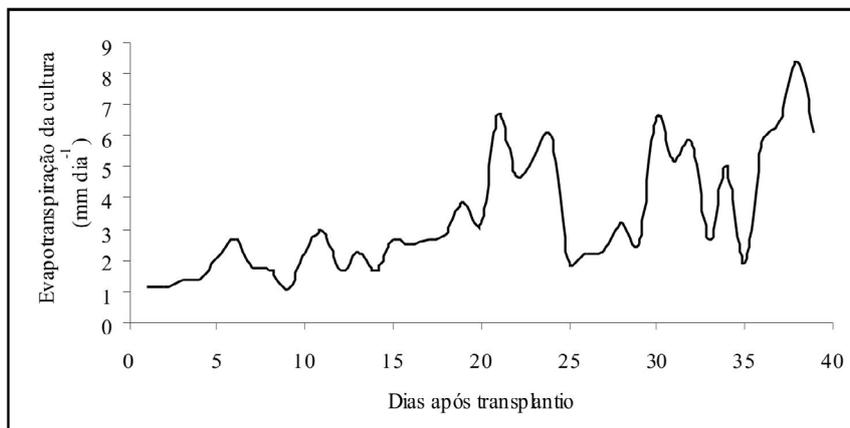
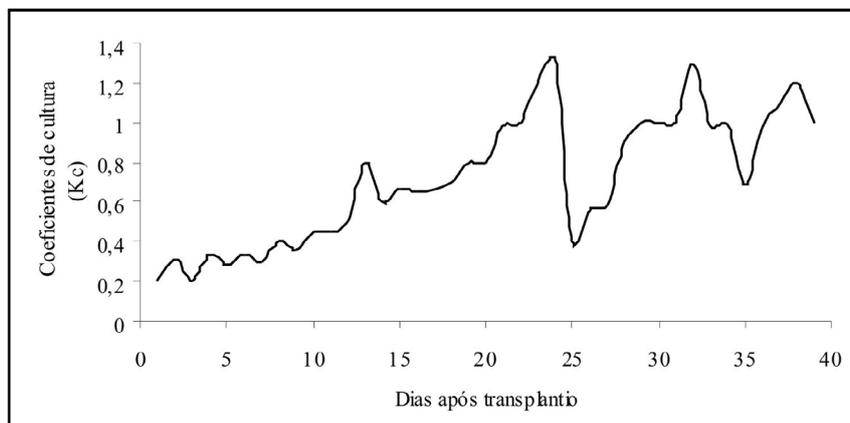


Figura 3 • Coeficientes de cultura (Kc) referente a rúcula, observados durante a condução do experimento para a rúcula.



Na Tabela 2 estão as médias de ETo, ETc e Kc para a rúcula. Nota-se que, nos primeiros dias, a média de Kc é de 0,29. Os maiores valores de Kc e, conseqüentemente, de ETc foram verificados próximos à colheita sendo, respectivamente de 1,02 e 5,13 mm dia⁻¹. Volpe (2011) relata que para a cultura da couve-flor os Kcs são de 0,7; 1,05 e 0,95 para as fases inicial, intermediária e final da cultura, respectivamente. A maior área foliar e, conseqüentemente, maior taxa fotossintética favoreceu a maior evapotranspiração da cultura. Cunha et al. (2013) trabalharam com valores de Kc para a rúcula de 0,7 a 1,0 durante todo período de cultivo.

Tabela 2 • Coeficientes de cultura (Kc), evapotranspiração da cultura (ETc) e evapotranspiração de referência (ETo) em função dos dias após transplântio da rúcula.

Dias após transplântio	ETo (mm dia ⁻¹)	ETc (mm dia ⁻¹)	Kc
0-8	5,65	1,65	0,29
9-16	3,94	2,01	0,52
17-24	4,65	4,39	0,93
25-33	4,29	3,75	0,87
34-38	4,86	5,13	1,02

A ETc e o Kc da alface estão apresentados nas Figuras 4 e 5. As médias para estas características foram de ETc igual a 4,06 mm dia⁻¹ e Kc igual a 0,92.

A evapotranspiração da alface varia com a época do ano, com o déficit hídrico e com o nível de água aplicada por irrigação (ANDRADE JÚNIOR et al., 1992). Moura et al. (2010) mencionaram que no início do ciclo de crescimento da alface, nas cultivares Grand Rapids, Regina e Great Lakes, a evapotranspiração foi de aproximadamente 0,2 mm dia⁻¹ e aumentou aproximadamente 10 vezes até o final da cultura. Nunes et al. (2009) verificaram que a ETc da cultivar Verônica de alface chegou ao máximo de 5 mm dia⁻¹ na terceira semana de cultivo. Na quarta semana de cultivo, estes autores observaram que houve um decréscimo acentuado na evapotranspiração devido condições climáticas regional. Ainda, segundo os mesmos autores, foi constatado que a ETc média foi próxima de 6 mm dia⁻¹.

Lira et al. (2014) verificaram, em trabalho realizado em Arapiraca-AL, que para a cultura da alface os valores de Kc mínimos tiveram média de 0,26 nos primeiros dias após transplântio e com o desenvolvimento teve o valor máximo de 0,79. Nunes et al. (2009), para a cultivar Verônica, constataram que menores valores de Kc ocorreram no início de desenvolvimento da cultura e, com o tempo, assumiu valores maiores que 1,0. Para Allen et al. (1998), os valores de Kc devem ser entre 0,7 e 1,0.

Figura 4 • Evapotranspiração da cultura (ETc) da alface observada durante a condução do experimento.

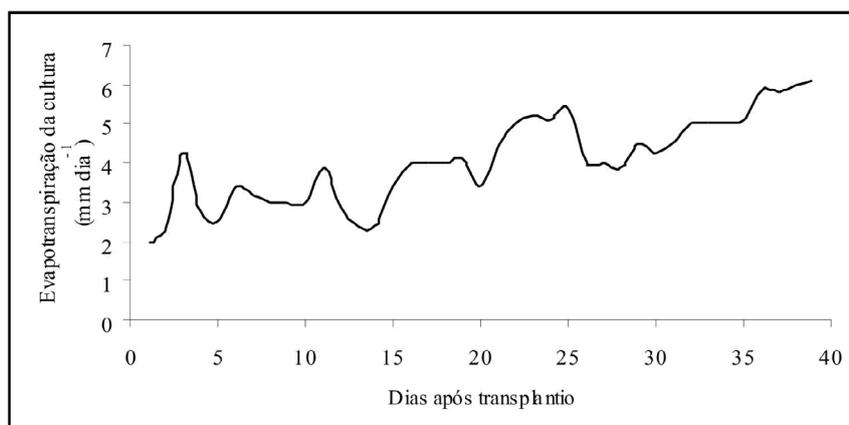
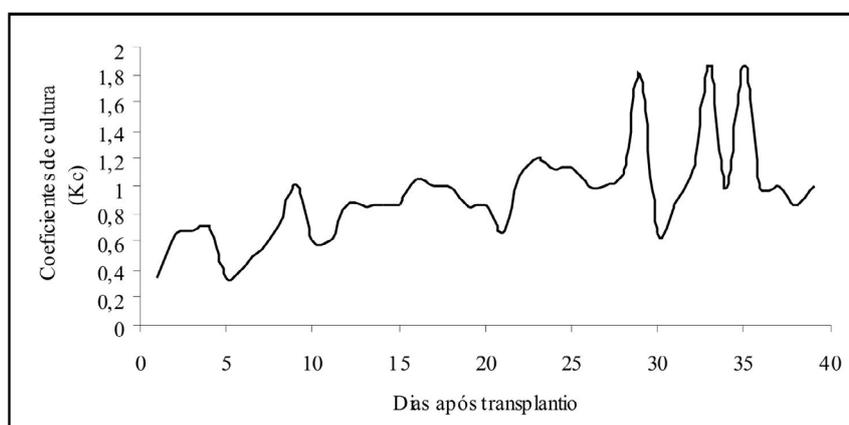


Figura 5 • Coeficientes de cultura (Kc) da cultura da alface, observados durante a condução do experimento para a alface.



As médias em períodos de 8 dias mostraram que o maior valor de Kc foi verificado nos dias próximos a colheita da cultura (1,21), conforme Tabela 3. O menor valor de Kc foi de 0,54 para os primeiros 8 dias de cultivo da alface cultivar Vera.

Marouelli et al. (1996) relataram que foram determinados os Kcs em duas fases distintas: Fase II, do transplante até os 16 dias após, com valor entre 0,70 e 0,80 e Fase III dos 16 dias após o transplante até a colheita com valores entre 0,95 e 1,05. Foram determinados no atual experimento estes coeficientes para comparar com os citados pelos autores. Para Fase II, a média foi de 0,62 sendo inferior ao anteriormente citado e Fase III de 1,13, superior à média dos autores.

Tabela 3 • Coeficientes de cultura (Kc) e evapotranspiração da cultura (ETc) em função dos dias após transplante, da alface.

Dias após transplante	ET _o (mm dia ⁻¹)	ET _c (mm dia ⁻¹)	Kc
0-8	5,65	2,93	0,54
9-16	3,94	3,12	0,84
17-24	4,65	4,41	0,96
25-33	4,29	4,37	1,07
34-39	4,86	5,48	1,21

CONCLUSÕES

A fase de maior necessidade hídrica para a cultura da rúcula é aos 30 dias após semeadura (próximo à colheita) e a ETc média é de 3,36 mm dia⁻¹.

A ETc média da cultura da alface é de 4,06 mm dia⁻¹, sendo encontrados maiores valores próximos aos 32 dias após transplante.

Os coeficientes de cultura médios para a fase final de cultivo da rúcula e da alface são de 1,02 e 1,21, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G. et al.. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Roma, FAO, *Irrigation and Drainage*, 56. 1998. 300 p.
- ANDRADE JUNIOR, A.S.; DUARTE, R.L.R.; RIBEIRO, V.Q. *Níveis de irrigação na cultura da alface*. Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1992. 16p. (Boletim de Pesquisa, 13).
- ANTUNES, R. C. B. et al. Determinação da evapotranspiração da cultura do cafeeiro em formação, Brasília-DF. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, 2000, Poços de Caldas. *Resumos expandidos...* Brasília: EMBRAPA Café, 2000, p. 810.
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. Viçosa: UFV, 1996. 596 p.
- RIBEIRO, A. C; GUIMARÃES, P. T. G.; V. ALVAREZ, V. C. (Eds.) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*: 5a aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.
- CUNHA, F.F. et al. Irrigação de diferentes cultivares de rúcula no nordeste do Mato Grosso do Sul. *Water Resources and Irrigation Management*, v.2, n.3, p.131-141, 2013.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. *Efeito da água no rendimento das culturas*. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (FAO, Estudos de irrigação e Drenagem, 33).
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.
- GONZALEZ, A.F.; AYUB, R.A.; REGHIN, M.Y. Conservação de rúcula minimamente processada produzida em campo aberto e cultivo protegido com agrotêxtil. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.24, n.1 p.360, 2006.
- HORTIBRASIL. *Alface em números*. 2013. Disponível em: <http://hortibrasil.org.br/jnw/index.php?option=com_content&view=article&id=1131:alface-em-numeros&catid=64:frutas-e-hortaliças-frescas&Itemid=82>. Acesso em: nov.2015.
- LIBARDI, P. L. *Dinâmica da água no solo*. Piracicaba, 1999. 497 p.
- LIMA, E.P.; SILVA, E. L. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dias para cafeeiro arábica em fase de implantação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.3 p.266-273, 2008.
- LIRA, J.R.F. et al. Determinação do coeficiente de cultivo (Kc) para cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) no agreste de Alagoas. In: INOVAGRI INTERNACIONAL MEETING, 2., 2014, Fortaleza, CE. *Resumos expandidos...* Fortaleza, CE.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. *Manejo da irrigação em hortaliças*. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 1996. 72 p.

MOURA, C.R.W. et al. Coeficiente de cultura da alface hidropônica baseado no conceito graus-dia. *Revista Ceres*, v.57, n.2, p.224-233, 2010.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resource Research*, Washington, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.

NUNES, A.L. et al., L. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da alface para a região Sudoeste do Paraná. *Scientia Agricola*, v.10, n.5, p.397-402, 2009.

SILVA, E.L. et al. *Manejo de irrigação das principais culturas*. Lavras: UFLA, 2000. 85 p.

VALLE JUNIOR, R. F. et al. Determinação das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG, utilizando o sistema de informação geográfica (SIG). *Global Science and Technology*, v.3, n.1, p.19 – 29, 2010.

VOLPE, C.A. *Agrometeorologia: coeficientes de cultura simples (Kc) para climas subúmidos para o uso com evapotranspiração de referência de Penman-Monteith (FAO, 1998)*. Disponível em: <<http://www.exatas.fcav.unesp.br/estacao/Operacao/Coefficientes.htm>>. Acesso em: 18 abr. 2011.