

NECESSIDADE HÍDRICA E COEFICIENTE DE CULTIVO DO PIMENTÃO FERTIRRIGADO

FRANCIMAR DA SILVA ALBUQUERQUE¹; ÊNIO FARIAS DE FRANÇA E SILVA¹; JOÃO AUDIFAX CÉZAR DE ALBUQUERQUE FILHO¹ e GÉSSICA SILVA LIMA²

¹Departamento de Tecnologia Rural, UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52.171-900, Recife/PE, e-mails: franciufupe@gmail.com; enio.silva@pq.cnpq.br; jaudifax@dtr.ufrpe.br

²Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, UNESP, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18.610-307, Botucatu/SP, e-mail: gessicaslima@hotmail.com

1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c) e o coeficiente de cultivo (K_c) do pimentão fertirrigado, medidos ao longo do tempo (15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplante). O experimento foi conduzido em uma bateria de 40 lisímetros de drenagem, dispostos em uma matriz de 8 x 5, no período de outubro/2009 a janeiro/2010, localizada no *Campus* da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, em delineamento estatístico inteiramente casualizado e esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, sendo cinco lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ET_c) e duas doses de potássio (80 e 120 kg K₂O ha⁻¹), cuja parcela experimental foi composta por três plantas em cada lisímetro. O Teste de Esfericidade de Mauchly indicou análise de variância multivariada para as variáveis estudadas ET_c (mm d⁻¹) e K_c, e as mesmas apresentaram ajustes quadráticos sob efeito da variação das épocas de observação, quando se fixa as lâminas de irrigação, e ajustes lineares decrescentes sob efeito da variação das lâminas de irrigação, quando se fixa as épocas de observação, em cada dose de potássio.

Palavras-chave: Lisímetros de drenagem, evapotranspiração da cultura, doses de potássio

ALBUQUERQUE, F.S.; SILVA, E.F.F; ALBUQUERQUE FILHO, J.A.C.; LIMA, G.S.
WATER REQUIREMENT AND CROP COEFFICIENT OF FERTIGATED SWEET PEPPER

2 ABSTRACT

This study aimed to determine the crop evapotranspiration (ET_c) and crop coefficient (K_c) of fertigated sweet pepper, measured over time (15, 30, 45, 60, 75, 90 and 105 days after the transplant). The experiment was conducted on a battery of 40 drainage lysimeters, arranged in a 8 x 5 matrix, in the period October/2009 to January/2010, located in the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) Campus in Recife, in a completely randomized factorial scheme 5 x 2, with four replications, being five irrigation depths (80, 90, 100, 110 and 120% of ET_c) and two levels of potassium (80 and 120 kg K₂O ha⁻¹) where the experimental plot was composed of three plants in each lysimeter. The Mauchly Sphericity Test indicated multivariate variance analysis for the studied variables ET_c (mm d⁻¹) and K_c, the variables presented adjustment under quadratic effect of variation on observation times, when the

irrigation depths were fixed, and descending linear adjustments under the variation of irrigation depths effect, when the times of observation were fixed in each potassium dose.

Keywords: Drainage lysimeters, crop evapotranspiration, potassium levels

3 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família das Solanáceas, é tipicamente de origem americana, ocorrendo formas silvestres desde o sul dos Estados Unidos da América até o norte do Chile, e representa uma das dez hortaliças mais importantes do mercado brasileiro. É uma cultura de retorno rápido, por isso é largamente explorada por pequenos e médios horticultores (Filgueira, 2003).

A escassez dos recursos hídricos faz com que sejam necessários manejos e usos adequados para o controle e disponibilidade da água, em vista de ser o setor agrícola uma das atividades que demanda maiores quantidades de água, devido às exigências de cada cultura. Na perspectiva deste cenário, torna-se relevante a determinação da perda de água para atmosfera através da superfície e absorvida pelas plantas, que corresponde a Evapotranspiração (ET) (Silva et al., 2011). A necessidade hídrica da cultura do pimentão é da ordem de 600 a 900 mm, podendo chegar a 1.250 mm para períodos longos de crescimento (Doorenbos & Kassam, 1994).

Para que o manejo de irrigação seja realizado com eficiência, utiliza-se lâminas de água embasadas em coeficientes de cultivo condizentes com as reais necessidades hídricas demandadas pelas condições de cultivo (Gomes et al., 2010). Doorenbos & Kassam (1994) afirmam que o clima é um fator dos mais importantes que determina as necessidades hídricas de uma cultura, de modo que se obtenha crescimento e rendimentos ótimos, sem que haja quaisquer limitações. As necessidades hídricas da cultura são normalmente expressas mediante a taxa de evapotranspiração (ET), em mm d⁻¹. Os coeficientes de cultivo (Kc), determinados empiricamente, podem ser utilizados para relacionar a evapotranspiração de referência (ET_o) com a evapotranspiração máxima da cultura (ET_c), isto quando o suprimento de água atende plenamente às necessidades hídricas de cada cultura, e seu valor varia com a cultura, com seu estágio de desenvolvimento e, dentro de um certo limite, varia também com a velocidade do vento e a umidade relativa do ar. Estes mesmos autores citam ainda que, para determinado clima, cultura e estágio fenológico, a evapotranspiração máxima da cultura, de um período considerado, é obtida a partir do produto da evapotranspiração de referência pelo coeficiente de cultivo. A quantificação do fluxo de vapor de água para a atmosfera proveniente de superfícies úmidas em combinação com a transpiração das plantas (evapotranspiração) em áreas cultivadas é de grande interesse para determinação das necessidades hídricas de cultivos e disponibilidade hídrica do solo (Nascimento et al., 2011).

De acordo com Oliveira et al. (2003), o coeficiente de cultivo representa a conexão dos efeitos de três características que distinguem a ET_c da ET_o: a altura da cultura, a resistência de superfície e o albedo da superfície cultura-solo; durante o período vegetativo, o Kc varia com o desenvolvimento da cultura e com a fração de cobertura da superfície do solo, pela vegetação.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi obter a evapotranspiração real da cultura do pimentão fertirrigado, pelo método do balanço hídrico, e ajustar os coeficientes de cultivo, em condições de lisímetros de drenagem.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Lisimétrica do Departamento de Tecnologia Rural (DTR), no período de outubro/2009 a janeiro/2010, que compreende da estação da primavera a de verão na região. Esta Estação Lisimétrica Experimental está situada no *Campus* da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife, PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum), são 8° 01' 05" de latitude sul e 34° 56' 48" de longitude oeste e altitude de 6,50 m. O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é As, megatérmico tropical (tropical úmido), com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C com precipitações de outono e inverno (Albuquerque Filho et al., 2009).

A área experimental possui dimensão que totaliza 464,40 m² de área plantada, possuindo uma bateria de 40 lisímetros de drenagem, com 1,50 m² de área, dispostos em uma matriz de 8 x 5, preenchidos com solo de textura arenosa, classificado como Neossolo Quartzarênico. Cada lisímetro constituía-se de uma caixa de cimento reforçado com fio sintético – CRFS (linha Brasiflex – Brasilit), troncônicas, com capacidade de 1.000 L, diâmetro externo na borda superior 138 cm e altura externa de 74,50 cm (Albuquerque Filho et al., 2009).

Segundo aqueles mesmos autores, o sistema de drenagem dos lisímetros foi constituído de um segmento de tubo de polietileno de 25 mm de diâmetro, disposto ao longo da circunferência, junto ao fundo da caixa. Esses tubos têm perfurações de 5 mm de diâmetro a cada 5 cm; uma camada de brita número 0, de aproximadamente 5 cm de espessura; uma camada de areia lavada de aproximadamente 3 cm de espessura; e uma tubulação que interliga o sistema de drenagem à unidade de coleta e medição do efluente.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, sendo cinco lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e duas doses de potássio (80 e 120 kg K₂O ha⁻¹), aplicadas de forma parcelada de acordo com a fase fenológica da cultura, e sete épocas de observação (15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplante). A escolha da menor dose baseou-se na extração total de potássio por cultivo de pimentão em condições de campo, enquanto que para a maior dose pretendeu-se simular um cenário de excesso de fertilizante.

A aplicação das lâminas nos lisímetros foi feita por intermédio de sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes, online, modelo Katif, tipo botão de fabricação Plastro, espaçados de 0,40 m. A vazão do emissor especificada pelo fabricante é de 3,75 L h⁻¹, sendo a medida em campo igual a 3,90 L h⁻¹.

Foi determinada a uniformidade da distribuição da água de irrigação utilizando o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) propostos por Bernardo et al. (2008), cujos resultados encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Coeficiente de uniformidade de Christiansen e de uniformidade de distribuição para as doses D₁ (80 kg K₂O ha⁻¹) e D₂ (120 kg K₂O ha⁻¹)

CUC (%) - 60 dias		CUD (%) - 60 dias		CUC (%) - 120 dias		CUD (%) - 120 dias	
D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂
97,39	97,39	95,64	95,64	94,75	94,75	92,19	92,19

Foram realizadas duas coletas de volumes de água em recipientes plásticos e medidos com o auxílio de uma proveta de 100 mL, para medir a vazão nos emissores, aos 60 e 120 dias após a implantação da cultura.

Nos lisímetros foi cultivado o pimentão híbrido Maximos F1 (EliSem, Clause Vegetable Seeds), cuja parcela experimental foi composta por três plantas em cada lisímetro, com espaçamento de 0,40 m entre plantas e 1,30 m entre linhas. As mudas de pimentão foram adquiridas em produtor credenciado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as quais já se encontravam com 30 dias após o semeio.

A fim de minimizar o efeito de advecção sobre as plantas dos tratamentos, mudas de pimentão do mesmo híbrido foram plantadas na área entre os lisímetros, utilizando o mesmo espaçamento.

A irrigação foi realizada diariamente, e as lâminas de irrigação foram estimadas com base na evapotranspiração da cultura (ETc), equação 1:

$$ETc = ETo \cdot Kc \cdot Kl_m \quad (1)$$

em que,

ETc - evapotranspiração da cultura (mm d⁻¹),

ETo - evapotranspiração de referência por Penman-Monteith (mm d⁻¹),

Kc - coeficiente de cultivo (adimensional),

Kl_m - coeficiente de localização médio (adimensional).

O Kl_m foi estimado pela média de quatro valores de coeficiente de localização, segundo Pizarro (1996), que dependem do valor da fração de área sombreada pelo cultivo (S). Para determinação do valor de S, utilizou-se recomendação apresentada pelo mesmo autor.

Os dados diários da evapotranspiração de referência (ETo) e precipitação foram obtidos a partir de uma estação meteorológica automatizada, situada junto a Estação Lisimétrica da UFRPE, provida de sensores e armazenador de dados necessários para determinação da ETo de Penman-Monteith (Campbell Scientific modelo CR1000/CFM100/OS100), utilizadas no cálculo das lâminas de irrigação conforme os tratamentos. A ETo foi calculada a partir do modelo apresentado na equação 2:

$$ETo = \frac{0,408s(Rn - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{s + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

em que:

ETo - evapotranspiração de referência (mm d⁻¹),

s - declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar (kPa °C⁻¹),

Rn - saldo de radiação total diário (MJ m⁻² d⁻¹),

G - fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹),

γ - constante psicrométrica (0,063 kPa °C⁻¹),

T - temperatura do ar (°C),

U₂ - velocidade do vento a dois metros de altura (m s⁻¹),

e_s - pressão de saturação de vapor (kPa) e

e_a - pressão parcial de vapor (kPa).

No manejo da irrigação, os valores de Kc utilizados diariamente de acordo com a fase fenológica da cultura foram: 0,40 (da emergência até 10% do desenvolvimento – 30 dias); 0,70 (10% do desenvolvimento até 75% do desenvolvimento – 40 dias); 1,05 (floração até o início da maturação – 60 dias), e 0,85 (da maturação até a última colheita – 20 dias), de acordo com Doorenbos & Kassam (1994). Conduziu-se o cultivo durante 142 dias de ciclo (30 dias de sementeira + 112 dias após transplante).

Os adubos utilizados na fertigação foram: fosfato monoamônico purificado, nitrato de cálcio, sulfato de magnésio e cloreto de potássio (KCl), fazendo-se o balanceamento necessário de nutrientes. As doses diárias de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e potássio que foram aplicadas na fertigação seguiram recomendações de Trani & Carrijo (2004), conforme Tabela 2, ressalvando que as dosagens de potássio foram ajustadas aos tratamentos do experimento.

Tabela 2. Recomendação de nutrientes para o pimentão, conforme a fase de desenvolvimento da cultura.

Início da aplicação (DAT)	Duração das fases (dias)	Quantidade dos nutrientes (kg ha ⁻¹ d ⁻¹)					
		N	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K ₂ O (D ₁)	K ₂ O (D ₂)
1	5	0,05	0,01	0,03	0,04	0,01	0,02
5	15	0,35	0,06	0,23	0,14	0,12	0,18
20	20	1,16	0,24	0,69	0,50	0,35	0,52
40	20	1,32	0,22	0,67	0,70	0,40	0,61
60	20	2,63	0,77	1,93	1,05	0,74	1,12
80	30	2,73	0,60	0,80	0,75	0,86	1,28
110	40	3,75	1,10	1,00	0,72	0,75	1,13

Além dos macronutrientes, foram feitas duas aplicações na dosagem de 2,50 kg ha⁻¹ de Quelatec AZ, como fonte de micronutrientes essenciais, quelatizados com EDTA, recomendada para pimentão, aos 70 e aos 90 dias após transplante (DAT).

Foram realizados balanços hídricos a cada 15 dias por meio da saturação do solo nos lisímetros, com aplicação de água que permitisse ampla drenagem, e a medição do volume total drenado no dia do fechamento do balanço, o que totalizou 7 balanços hídricos durante todo o experimento. Procedeu-se também à medição diária dos volumes gerados a partir de drenagem natural (precipitação e irrigação). Os volumes drenados foram medidos com o auxílio de provetas de 100 e 1000 mL, e de um balde graduado de 20 L, graduado de litro em litro.

A determinação da evapotranspiração máxima da cultura foi realizada por meio do balanço de água nos lisímetros. O fluxo de água foi considerado apenas no sentido vertical e a variação no armazenamento de água da planta desprezível (Albuquerque Filho et al., 2009); o balanço hídrico foi estimado conforme Aboukhaled et al. (1982), equação 3:

$$P + I - ET - D = \Delta U \quad (3)$$

em que:

P - precipitação pluvial (mm),

I - lâmina de água aplicada ao sistema (mm),

ET - evapotranspiração (mm),

D - percolação (mm),

ΔU - variação no conteúdo de água no solo (mm).

Uma vez que o balanço de água foi determinado entre duas ocorrências sucessivas de drenagem, a variação da umidade no solo (ΔU) se torna desprezível, pois, em seguida ao término da drenagem, o conteúdo de água no solo em cada lisímetro retorna à capacidade de campo, a ET considerada será a média dos dados ocorridos nos intervalos de tempo entre as drenagens (Aboukhaled et al., 1982), ficando a equação 3 simplificada em:

$$ET = P + I - D \quad (4)$$

A evapotranspiração da cultura obtida foi para um período de 15 dias, a qual foi convertida em evapotranspiração diária (mm d^{-1}). A partir da ET_0 e dos valores de ET_c , foram determinados os coeficientes de cultivo para cada balanço hídrico, nas condições experimentais, pela relação entre a ET_c , obtida pelo balanço de água nos lisímetros, e a ET_0 de Penman-Monteith (equação 5):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (5)$$

Para análise estatística, das variáveis estudadas, aplicou-se o Teste de Esfericidade de Mauchly (Mauchly, 1940) para definição do tipo de análise a ser utilizada: univariada com parcelas subdivididas (caracterizada pela independência das medidas ao longo do tempo), ou multivariada com medidas repetidas com o tempo (considera a dependência entre as medidas intra-indivíduos, quando a hipótese de esfericidade é violada). Os dados foram analisados no sistema computacional Statistica 10 (Statsoft, 2011) e interpretados por meio das significâncias das análises de variância e regressão múltipla, considerando-se o nível de probabilidade de até 5% pelo teste F.

Para estabelecer um modelo que representasse o fenômeno em estudo utilizou-se o teste “t” de Student para testar os coeficientes de regressão e os respectivos coeficientes de determinação (R^2). A apresentação das equações de regressão e suas interpretações seguiram recomendação de Alvarez & Alvarez (2003).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de esfericidade de Mauchly indicou o uso de análise de variância multivariada com medidas repetidas, para as duas variáveis estudadas, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados obtidos do Teste de Esfericidade de Mauchly para as variáveis evapotranspiração máxima da cultura (ET_c) e coeficiente de cultivo (K_c) do pimentão.

Variável	Critério de Mauchly	Qui-Quadrado (χ^2)	Pr > χ^2
ET_c	0,317	31,940	0,045
K_c	0,290	34,353	0,025

A análise multivariada aplicada às variáveis ET_c e K_c , mostrou diferença significativa, ao nível de 1% de significância ($p < 0,01$) para os vetores de médias de tratamentos, de acordo

com os testes de Hotelling-Lawley, Pillai, Wilks e Roy, para o efeito isolado das lâminas, doses e tempo, e interações lâmina x dose, tempo x lâmina, tempo x dose e tempo x lâmina x dose.

Na Figura 1 são apresentados os dados observados da evapotranspiração da cultura (ETc), para cada tratamento, e também a evapotranspiração de referência (ETo), ao longo das épocas de observação.

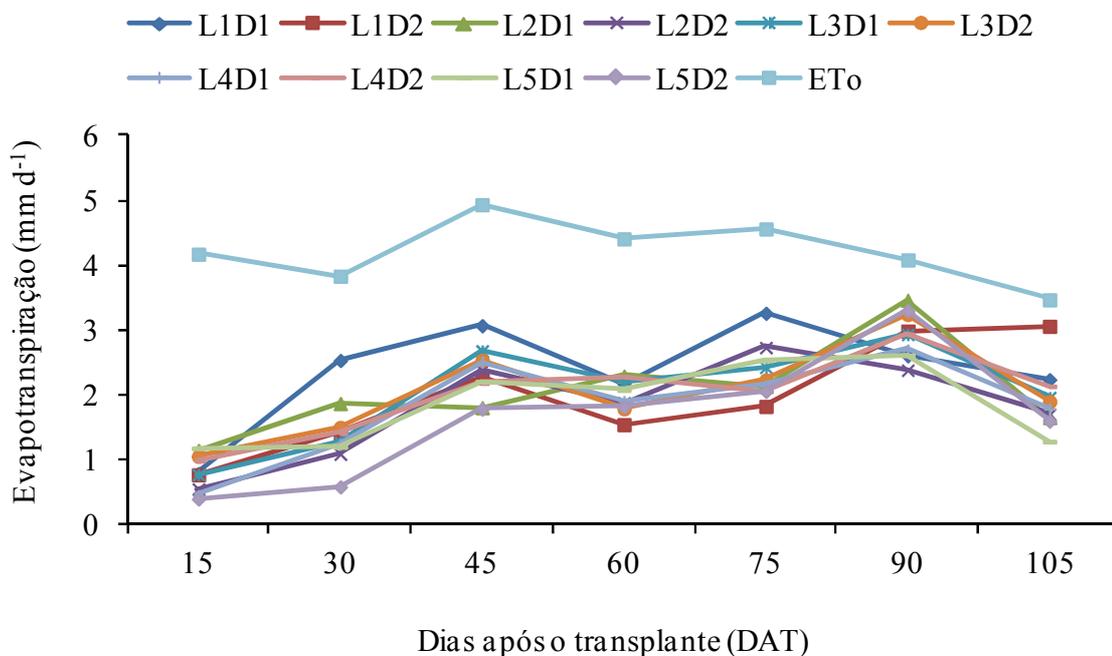


Figura 1. Dados médios observados da evapotranspiração da cultura (ETc) para cada tratamento e evapotranspiração de referência (ETo), ao longo dos balanços hídricos. L1, L2, L3, L4 e L5 = 80, 90, 100, 110 e 120% da ETc; D1 e D2 = 80 e 120 kg K₂O ha⁻¹.

A evapotranspiração da cultura em cada um dos tratamentos apresentou comportamento semelhante à evapotranspiração de referência ao longo dos dias após o transplante (DAT). Houve uma leve diminuição aos 60 DAT, voltando a aumentar em seguida, e, após 75 DAT, a ETo voltou a declinar até o final do ciclo, enquanto a ETc apresentou declínio após os 90 DAT. A ETc média em todo o ciclo foi de 1,97 mm d⁻¹.

Estes resultados se apresentaram distintos dos resultados obtidos por Souza et al. (2011), que verificaram tendência linear crescente dos valores acumulados da ETc efetiva do pimentão, cultivada nos sistemas de plantio convencional e direto, além da ETo, ao longo dos dias após o transplante, quando avaliaram a necessidade hídrica e os coeficientes de cultivo na cultura do pimentão híbrido Magali R, manejada a campo, em plantios direto e convencional. Ressalta-se que o manejo da irrigação adotado por estes pesquisadores foi realizado por meio do balanço de água no solo, com utilização da técnica TDR (reflectometria com domínio do tempo) no monitoramento da umidade do solo.

De maneira semelhante, Bryla et al. (2010), quando analisaram o uso de lisímetros de pesagem no desenvolvimento das curvas de coeficiente de cultura para pimentão, cv. Baron, também verificaram uma relação sazonal típica entre a ETc e a ETo, em que a ETc diária variou de menos de 2,0 mm d⁻¹, no início da temporada, quando as plantas eram jovens. Estes autores também observaram que os efeitos de uma superfície do solo úmida por

pulverizadores e chuva são evidentes durante os 20 primeiros dias após plantio pelo fato de que a ET_c após cada evento era quase igual ou maior do que ET_o .

Na Figura 2 observa-se a superfície de resposta da variação dos dados médios ajustados da evapotranspiração da cultura em função das lâminas de irrigação e dos dias após o transplante, fixando-se as doses D_1 e D_2 de potássio.

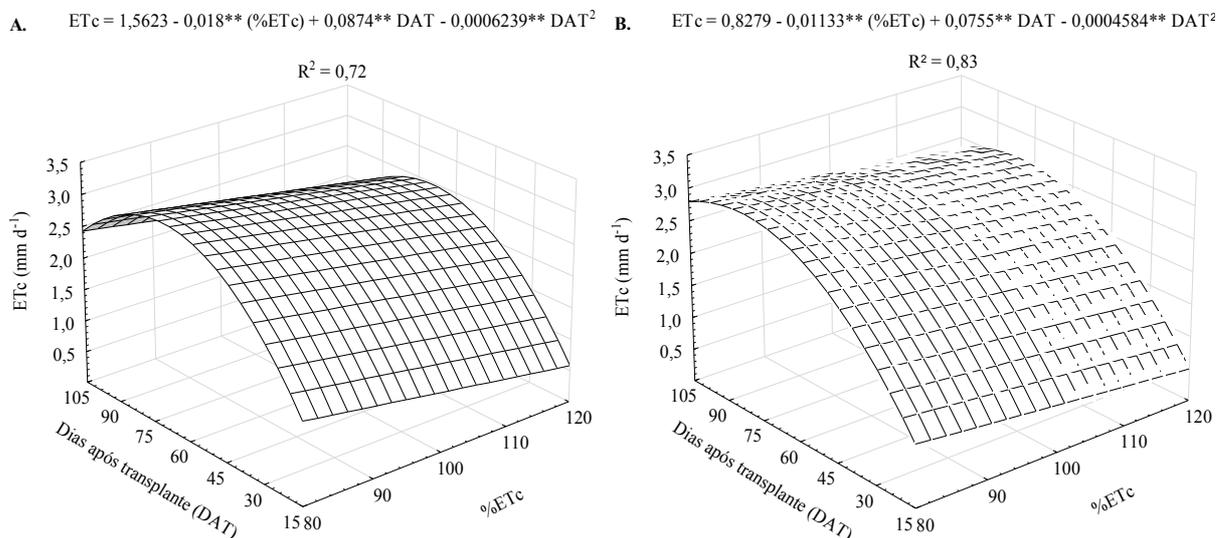


Figura 2. Superfície de resposta da evapotranspiração da cultura (ET_c) em função das lâminas de irrigação ($\%ET_c$) e dias após o transplante (DAT), para as doses de potássio D_1 ($80 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) (A) e D_2 ($120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) (B).

Para a dose D_1 , e pela derivada parcial em relação ao tempo, foi encontrado DAT ótimo de 70 dias, quando levou 55 dias para atingir este ótimo a partir dos 15 DAT, e decresceu durante 35 dias até chegar no último balanço (105 DAT). A ET_c máxima neste período foi 3,19 e 2,47 mm d^{-1} para as lâminas de irrigação de 80 e 120% da ET_c , respectivamente. Observou-se redução de 22,57% da ET_c quando comparada nas lâminas de irrigação L_1 e L_5 .

Também pela derivada parcial em relação ao tempo, agora para a dose D_2 , o DAT ótimo foi de 82 dias aproximadamente, cuja ET_c máxima neste período foi 3,03 e 2,57 mm d^{-1} para as lâminas de irrigação de 80 e 120% da ET_c , respectivamente. A redução observada foi de 15,18%, comparando-se na menor e maior lâmina de irrigação. Para chegar no máximo de ET_c , durou 67 dias, e decresceu durante 23 dias até chegar no último balanço (105 DAT).

Pela Figura 3 é possível observar a superfície de resposta da variação dos dados médios do coeficiente de cultivo em função das lâminas de irrigação e dos dias após o transplante, para as doses D_1 e D_2 de potássio.

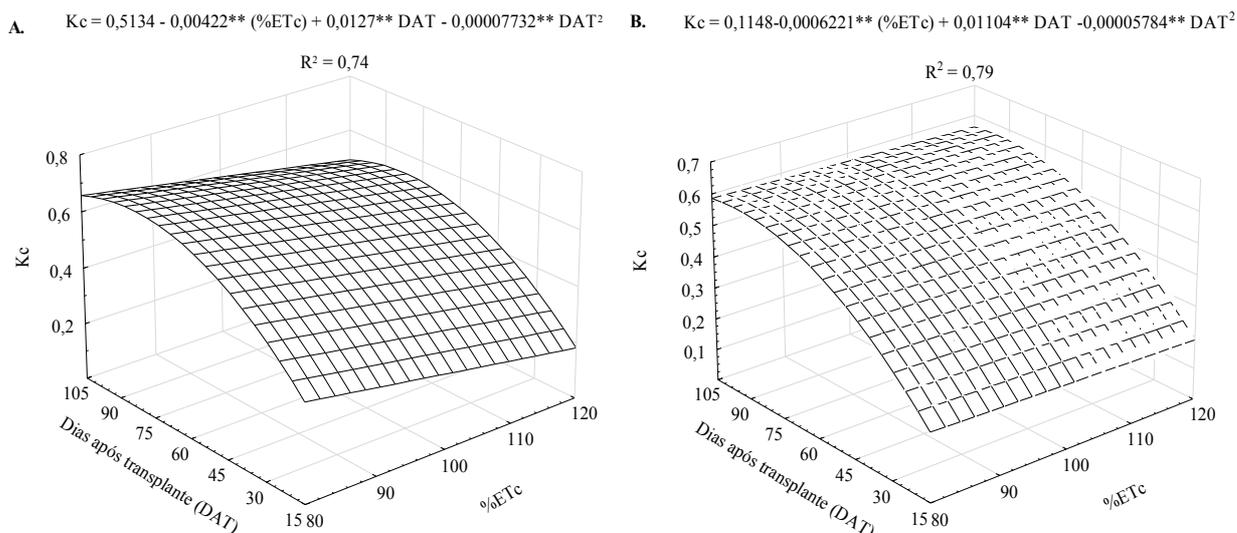


Figura 3. Superfície de resposta do coeficiente de cultivo (K_c) em função das lâminas de irrigação ($\%ETc$) e dias após o transplante (DAT), para as doses de potássio D_1 ($80 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) (A) e D_2 ($120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) (B).

Este comportamento foi semelhante ao comportamento observado na variável ETc . Da mesma maneira, para a dose D_1 , o DAT ótimo ocorreu aos 82 dias aproximadamente, levou 67 dias para chegar no máximo e 23 dias até chegar no último período de observação. O K_c , neste período, foi igual a 0,70 e 0,53 para as lâminas de irrigação de 80 e 120% da ETc , respectivamente, com redução de 24,29%.

Semelhantemente, agora para a dose D_2 , o DAT ótimo ocorreu aos 95 dias aproximadamente. O K_c , neste período, foi igual a 0,59 e 0,57 para as lâminas de irrigação de 80 e 120% da ETc , respectivamente, com redução de apenas 3,39%. Foram precisos 80 dias para atingir o máximo de K_c , e apenas 10 dias para decrescer e chegar no final do período (105 DAT).

Verifica-se que tanto a ETc quanto o K_c apresentaram variação quadrática com o tempo (dias após o transplante) e linear decrescente com as lâminas de irrigação aplicadas, em ambas as doses de potássio. Este comportamento linear decrescente com as lâminas de irrigação pode ser explicado pelo incremento na condutividade elétrica da solução do solo com o aumento das lâminas de irrigação. Este incremento foi verificado por Albuquerque et al. (2011) quando determinaram a concentração de potássio e a condutividade elétrica na água de drenagem no cultivo de pimentão fertirrigado. Do mesmo modo, Katerji et al. (2011), em estudos para validar metodologia da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) sob condições de ambiente salino não afetadas pela escassez de água no solo, em lisímetros de drenagem, nos cultivos da batata e da feijão, concluíram que a evapotranspiração real da cultura é reduzida no cultivo em solos salinos e esta redução varia de acordo com o nível de salinidade do solo e textura e a tolerância à salinidade no crescimento das espécies.

Na Figura 4 é apresentada a variação dos coeficientes de cultivo do pimentão ao longo do ciclo da cultura, simulados a partir dos valores de ET_0 e ETc (obtida no tratamento 100% da ETc), em função de cada dose de potássio estudada. Os períodos do ciclo da cultura foram identificados com durações de 15-30 (15 dias), 30-75 (45 dias) e 75-105 dias (30 dias), que corresponderam aos períodos Inicial, Desenvolvimento da cultura e Intermediário, respectivamente, conforme Doorenbos & Kassam (1994).

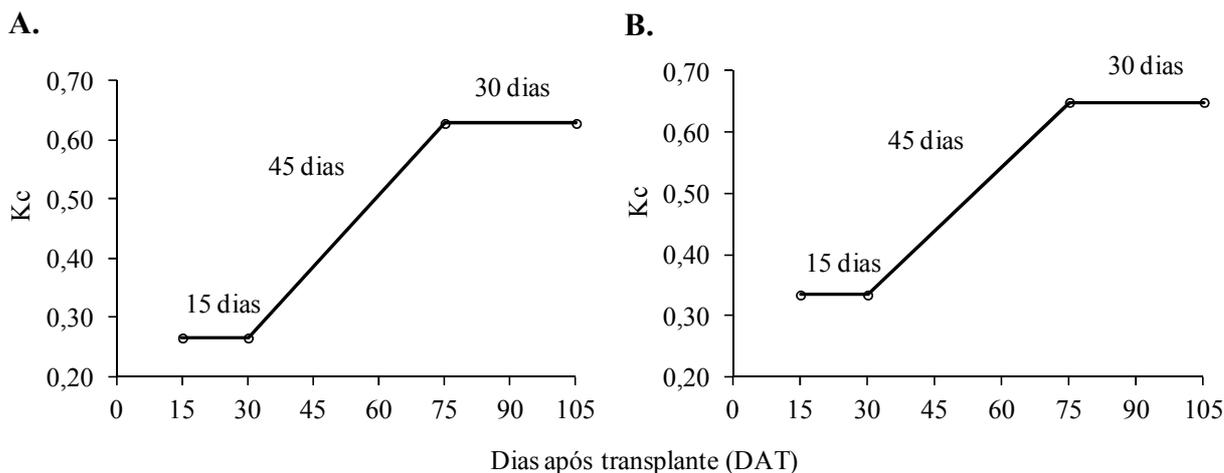


Figura 4. Curvas simuladas de Kc para a cultura do pimentão em função de DAT considerando a lâmina de irrigação de 100% da ETC, para as doses de potássio D₁ (80 kg K₂O ha⁻¹) (A) e D₂ (120 kg K₂O ha⁻¹) (B).

Este comportamento é diferente do que Bryla et al. (2010) encontraram. Os autores supracitados observaram Kc basal máximo no desenvolvimento da cultura de 1,10, atingido logo após a primeira colheita aos 95 dias após o plantio, e foi similar ao valor ajustado de 1,06 listado para pimentão na FAO-56 (Allen et al., 2006). O estágio de desenvolvimento foi curto e durou apenas 18 dias quando a colheita foi realizada.

Foram obtidos, para os períodos de desenvolvimento do pimentão apresentados na Figura 4, valores médios de Kc que estão apresentados na Tabela 4, em função das doses de potássio D₁ (80 kg K₂O ha⁻¹) e D₂ (120 kg K₂O ha⁻¹), comparando com os valores médios de Kc para a cultura do pimentão, segundo recomendações da FAO (Doorenbos & Kassam, 1994).

Tabela 4. Coeficientes de cultivo médios para a cultura do pimentão, para cada dose de potássio, obtidos pelo método gráfico e preconizados por Doorenbos & Kassam (1994).

Períodos	Kc do pimentão fertirrigado		FAO-33
	80 kg K ₂ O ha ⁻¹	120 kg K ₂ O ha ⁻¹	
Inicial	0,27	0,33	0,30-0,40
Desenvolvimento da cultura	0,50	0,46	0,60-0,75
Intermediário	0,63	0,65	0,95-1,10

Verifica-se que, para ambas as doses de potássio (80 e 120 kg K₂O ha⁻¹), os dados de Kc obtidos nos períodos inicial, de desenvolvimento da cultura e intermediário foram distintos dos recomendados pela FAO-33. Esta constatação reforça a necessidade de ajustes de coeficientes de cultivo para cada região específica e condições edafoclimáticas.

De maneira semelhante, Chaves et al. (2005), em trabalho para estimar o Kc da pimenteira (*C. frutescens* L.) cv. Tabasco McIlhenny nas condições edafoclimáticas de Pentecoste-CE, também utilizando lisímetros de drenagem, observaram que os níveis mais elevados da ETC da pimenteira ocorreram quando a cultura se encontrava com mais de 100 DAT, superior ao período de máxima ETC encontrado no presente estudo. Os autores supracitados encontraram consumo médio de água durante a condução da cultura de 7,4 mm d⁻¹, superior ao consumo médio observado neste estudo (1,97 mm d⁻¹).

Souza et al. (2011) encontraram dados de Kc diferentes dos observados no presente trabalho. Estes autores constataram que o ciclo da cultura apresentou fases distintas, as quais foram identificadas com as durações de 0-40, 41-80, 81-120 e 121-181 dias após o transplante, cujos dados foram: 0,32 e 0,34 (fase inicial), 1,18 e 1,05 (fase intermediária) e 0,77 e 0,86 (fase final), para os plantios convencional e direto, respectivamente. Doorenbos & Kassam (1994) citam que o valor do Kc varia com a fase de desenvolvimento de cada cultura, e, para a maioria dos cultivos, e para o período total de crescimento, o Kc está entre 0,85 e 0,90.

Diferentemente, Magalhães & Castro (1983), em estudo para determinar a evapotranspiração real do pimentão, variedade Doce Quadrado (KADA), apenas os últimos 60 dias de desenvolvimento da cultura (equivalentes aos 3º e 4º estágios), encontraram evapotranspiração real média de 4,0 mm d⁻¹ e coeficientes de cultura, respectivamente, 0,94 e 0,78.

No entanto, Chaves et al. (2005) também verificaram que os coeficientes de cultura da pimenteira variaram em função das fases fenológicas da cultura, obtendo-se valor constante 0,96, na fase inicial I (0 a 25 DAT); valores crescentes na fase II, de desenvolvimento e floração (entre 25 e 75 DAT), sendo, em média, 1,13; novamente tendência de valor constante em 1,29, na fase III, de frutificação (entre 75 e 120 DAT) e, finalmente, valores decrescentes, em média 1,24 na fase IV, de maturação e colheita (entre 120 e 135 DAT).

Já Miranda et al. (2006), quando determinaram a evapotranspiração e os coeficientes de cultivo da pimenteira, cv. Tabasco Macllhenny, utilizando lisímetro de pesagem, com irrigação suplementar por gotejamento, observaram que a curva do coeficiente de cultivo apresentou dois períodos, quando o Kc atingiu valores máximos entre 1,2 e 1,3 (90-140 e 200-230 DAT); os valores de coeficiente de cultivo diminuíram de forma constante após a primeira colheita (140 para 165 DAT), atingindo valores mínimos perto de 0,6 entre 165 e 178 DAT.

6 CONCLUSÕES

1. A evapotranspiração máxima da cultura do pimentão, no presente trabalho, apresentou variação próxima à da evapotranspiração de referência da região e época de estudo;
2. Os coeficientes de cultivo do pimentão ajustados para as condições edafoclimáticas da região, onde foi realizado o estudo, foram diferentes dos coeficientes sugeridos pela FAO-33;
3. Ambas as variáveis de estudo apresentaram ajustes quadrático em função das épocas de observação e linear decrescente em função das lâminas de irrigação, em cada nível de dose de potássio;
4. Para a menor dose de potássio, os máximos de ETc e Kc ocorreram aos 70 e 82 dias após o transplante, respectivamente;
5. Para a maior dose de potássio, os máximos de ETc e Kc ocorreram aos 82 e 95 dias após o transplante, respectivamente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. **Lysimeters**. Rome: FAO, 1982. 68p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 39).

ALBUQUERQUE, F.S.; SILVA, E.F.F.; SOUZA, A.E.R.; ROLIM, M.M. Lixiviação de potássio em um cultivo de pimentão sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.3, p.135-144, 2011.

ALBUQUERQUE FILHO, J.A.C.; LIMA, V.L.A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C.A.V.; DANTAS NETO, J.; SILVA JÚNIOR, J.G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.671-679, 2009.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298p. (Estudios FAO: Riego y Drenaje, 56).

ALVAREZ V., V.H.; ALVAREZ, G.A.M. Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p. 28-32, 2003.

BERNARDO, S; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UVF, 2008. 625p.

BRYLA, D.R.; TROUT, T.J.; AYARS, J.E. Weighing lysimeters for developing crop coefficients and efficient irrigation practices for vegetable crops. **HortScience**, Alexandria, v.45, n.11, p.1597-1604, 2010.

CHAVES, S.W.P.; AZEVEDO, B.M.A.; MEDEIROS, J.F.; BEZERRA, F.M.L.; MORAIS, N.B. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.36, n.3, p.262-267, 2005.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande, PB: UFPB, 1994. 306p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras, MG: UFLA, 2003. 333p.

GOMES, E.P; ÁVILA, M.R.; RICKLI, M.E.; PETRI, F.; FEDRI, G. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do Arenito Caiuá, Estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.4, p.373-385, 2010.

KATERJI, N.; MASTRORILLI, M.; LAHMARC, F. FAO-56 methodology for the stress coefficient evaluation under saline environment conditions: Validation on potato and broad bean crops. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.98, n.4, p.588-596, 2011.

MAGALHÃES, C.A.; CASTRO, P.T. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) do pimentão (*Capsicum annuum*) através do balanço hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.14, n.1-2, p.107-113, 1983.

MAUCHLY, J.W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **Annals of Mathematical Statistics**, Beachwood, Ohio, v.11, n.2, p.204-209, 1940.

MIRANDA, F.R.; GONDIM, R.S.; COSTA, C.A.G. Evapotranspiration and crop coefficients for tabasco pepper (*Capsicum frutescens* L.). **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.82, n.1-2, p.237-246, 2006.

NASCIMENTO, E.F.; CAMPECHE, L.F.S.M.; BASSOI, L.H.; SILVA, J.A.; LIMA, A.C.M.; PEREIRA, F.A.C. Construção e calibração de lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração e coeficiente de cultivo em videira de vinho cv. Syrah. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.3, p.271-287, 2011.

OLIVEIRA, R.A.; ROCHA, I.B.; SEDIYAMA, G.C; PUIATTI, M.; CECON, P.R.; SILVEIRA, S.F.R. Coeficientes de cultura da cenoura nas condições edafoclimáticas do Alto Paranaíba, no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.280-284, 2003.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF):** goteo, microaspersión, exudación. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511p.

SILVA, A.O.; MOURA, G.B.A.; SILVA, E.F.F.; LOPES, P.M.O; SILVA, A.P.N. Análise espaço-temporal da evapotranspiração de referência sob diferentes regimes de precipitações em Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.2, p.135-142, 2011.

SOUZA, A.P.; PEREIRA, J.B.A.; SILVA, L.D.B.; GUERRA, J.G.M.; CARVALHO, D.F. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.1, p.15-22, 2011.

STATSOFT, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 10. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. Acesso em: 19 dez. 2011.

TRANI, P.E.; CARRIJO, O.A. **Fertirrigação em hortaliças**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. 53p. (Boletim Técnico, 196).