

EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA E COEFICIENTE DE CULTURA DA CENOURA (*Daucus carota* L.)

MAXIMUM EVAPOTRANSPIRATION AND CROP COEFFICIENT OF CARROTS (*Daucus carota* L.)

Dalva Martinelli Cury Lunardi¹ e Jayme Laperuta Filho²

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi determinar o coeficiente de cultura e a evapotranspiração máxima (ETm) da cenoura (*Daucus carota*, L.), variedade Nantes Superior, nos diversos subperíodos de desenvolvimento. O experimento foi conduzido no Departamento de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, SP (22°51'S, 48°27'W, 786m). A evapotranspiração máxima (ETm) foi medida com lisímetros de nível freático e a evapotranspiração de referencia (ETo), estimada através do modelo de Penman Monteith. Foi verificado que a evapotranspiração máxima da cultura (ETm) foi de 423mm num ciclo de 117 dias, com média de 3,6mm/dia. O subperíodo de acúmulo de reservas nas raízes foi o de maior consumo de água, com média de 5,5mm/dia. Os valores de coeficientes de cultura (Kc) aumentaram até os 95 dias após a semeadura.

Palavras-Chave: evapotranspiração, coeficiente de cultura, cenoura.

SUMMARY

The aim of this work was to determine the crop coefficient (Kc) and maximum evapotranspiration of carrots (*Daucus carota*, L.), in several growth stages. The experiment was carried out at the Environmental Sciences Department, Agricultural Sciences College, Unesp, Botucatu SP (22°51'S, 48°27'W, 786m). The maximum evapotranspiration (ETm) was measured by water table level lysimeters, and the reference evapotranspiration (ETo) was estimated using a Penman Monteith model. Based on the results, it was verified that the maximum evapotranspiration was 423mm in a vegetative cycle of 117 days, with a daily

mean of 3,6mm. The period of greater consumption was that of reserve accumulation in the roots, with 5,5mm day⁻¹ and the crops coefficient increased in first 95 days after planting.

Key words: evapotranspiration, carrot crop, crop coefficient.

INTRODUÇÃO

O manejo adequado do solo, a irrigação e a fertilização são de grande importância para obtenção de boa produtividade e qualidade da cenoura (*Daucus Carota*, L.).

PRABHKAR *et al.* (1991), submetendo a variedade Nantes a vários tratamentos de umidade do solo e fertilização, observaram aumento de produção quando foi reposta 100% da evapotranspiração ocorrida e fertilização de 120Kg de nitrogênio por hectare.

Com consumo variando de 100 a 900mm/ciclo, conforme DOORENBOS & KASSAM (1979), dependendo da variedade e clima, a cultura é mais sensível ao stress hídrico no período de formação das raízes, sendo tanto o excesso quanto a deficiência hídrica prejudiciais ao bom desenvolvimento, coloração, sabor e produção.

WHITE (1992) cultivando a variedade Orlando Gold em três regimes de umidade do solo, ou seja, 48%, 54% e 60% da Capacidade de Água Disponível, observou que a 54% ocorreu maior produção, tanto no outono quanto no inverno.

A medida do consumo de água da cultura a partir da publicação de DOORENBOS & KASSAM (1979) permitiu aos agricultores maior confiabilidade nas recomendações graças ao grande número de tra-

¹Profa. Dra. Dalva Martinelly Cury Lunardi - Departamento de Ciências Ambientais - Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP - Faz. Experimental Lageado - CX 237 - Botucatu - SP - CEP 18603-970.

²Dr. Jayme Laperuta Filho - Centro de Informática na Agricultura - Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP - Faz. Experimental Lageado - CX 237 - Botucatu - SP - CEP 18603-970.

balhos desenvolvidos sobre o assunto no Brasil. Esta metodologia prevê a determinação de coeficientes de cultura (K_c) obtidos experimentalmente em todos os sub-períodos de desenvolvimento pela relação entre a evapotranspiração máxima (ET_m) e a evapotranspiração de referência (ET_o).

Dos métodos de estimativa da ET_o existentes, o de Penman-Monteith foi considerado o mais preciso após estudos conduzidos por diversos pesquisadores (SMITH *et al* 1991).

A determinação do consumo de água e coeficientes de cultura, através da utilização de lisímetros, vem sendo empregada no Brasil, utilizando-se entre outros, lisímetros de lençol freático constante, considerados precisos para estudos de culturas de pequeno porte como hortaliças (PAVANI, 1985).

Essas determinações, após várias comparações com os valores recomendados por DOORENBOS & KASSAM (1979), através do Manual 24 da FAO, tem demonstrado diferenças significativas justificando a necessidade de novas medidas, principalmente na fase inicial dos cultivos (BASTOS, 1994).

Os coeficientes de cultura são influenciados pelas características da cultura, data de semeadura e plantio, ritmo de desenvolvimento, duração do período vegetativo, condições meteorológicas e variedade. No presente trabalho determinou-se a evapotranspiração máxima (ET_m) e o coeficiente de cultura (K_c) da cenoura, variedade Nantes Superior em diferentes subperíodos de desenvolvimento utilizando-se lisímetros de nível freático.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu-SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude: 22°51'S, longitude: 48°27'W e altitude: 786m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é temperado chuvoso, constantemente úmido, de verões quentes, com precipitação anual de 1479mm e temperatura média anual em torno de 19,9°C.

O solo local é classificado como Latossolo Roxo Distrófico textura argilosa.

A cultura utilizada foi a cenoura (*Daucus carota*, L.) variedade Nantes Superior recomendada pelo Instituto Agrônomico de Campinas, IAC, (CAMARGO, 1981).

O período de desenvolvimento foi de 1° de junho a 26 de setembro e a densidade de plantio de 20 plantas por metro linear após o desbaste, perfazendo uma área cultivada de 369m².

Os canteiros tinham 0,30m de altura, 1,10m de largura com comprimento variado de acordo com a disposição dos lisímetros e geometria do terreno.

A adubação foi feita a partir da análise química do solo e necessidades da cultura, sendo incorporado 20kg de esterco de gado e 48kg da fórmula 4-14-8 na data do plantio.

O consumo de água da cultura (ET_m) foi obtido utilizando-se cinco conjuntos lisimétricos instalados no centro da área, sendo constituídos cada um por uma caixa de cimento amianto (A), um tanque intermediário (B), um tanque medidor (C) e uma cobertura (D), de acordo com CURY & VILLA NOVA (1989), Figura 1.

A área da caixa de cimento amianto era de 1,44 por 1,22m, tendo 0,70m de profundidade.

Devido ao fornecimento de água pelo lençol freático, pôde-se em todo o experimento trabalhar sem deficiência hídrica, já que no período inicial o lençol freático foi mantido a 30cm da superfície até que o sistema radicular se estabelecesse e em seguida, abaixado a uma profundidade de 58cm.

O controle de irrigação da área externa foi feito através de tensiômetros instalados a 15 e 30cm, num total de 30 equipamentos em toda a área.

Para obtenção da ET_m média procedeu-se a análise estatística dos dados diários dos cinco lisímetros, utilizando-se o método dos quadrados mínimos, considerando-se a ET_m do dia anterior como covariável, conforme BASTOS (1994).

Determinou-se o coeficiente de cultura (K_c) e a evapotranspiração máxima (ET_m) dados pela relação:

$$K_c = \frac{ET_m}{ET_o} \quad (1)$$

$$ET_o = \frac{\Delta}{\Delta + g^*} (R_n - G) \frac{1}{I} + \frac{g}{\Delta + g^*} \frac{900}{(T_m + 275)} V_2 (e_s - e_a) \quad (2)$$

onde **ET_o** é a evapotranspiração de referência segundo Penman Monteith (mm/dia); Δ a inclinação da curva de pressão de vapor versus temperatura do ar (kPa/°C); **es** a pressão de saturação de vapor (kPa/°C); **T_m** a temperatura média do ar (°C); γ^* a constante psicrométrica modificada (kPa/°C); γ a constante psicrométrica (kPa/°C); λ o calor latente de vaporização (MJ/Kg); **V₂** a velocidade do vento a 2m de altura (m/s); **R_n** a radiação solar líquida na superfície da cultura (MJ/m²/dia); **ea** a pressão parcial de vapor (kPa); **G** é o fluxo de calor no solo (MJ/

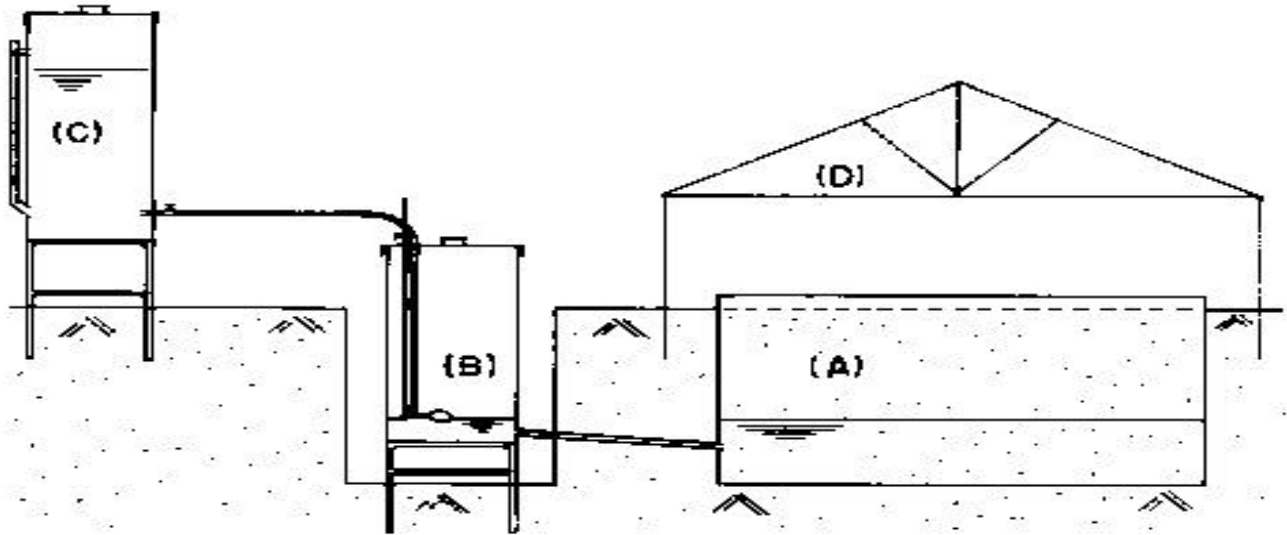


Figura 1. Conjunto Lisimétrico: (A) caixa de cimento amianto, (B) tanque intermediário, (C) tanque medidor e (D) cobertura.

m²/dia) e **900** em (Kg⁻¹ Kg K) s d⁻¹.

Os valores de Kc obtidos foram comparados com os citados por DOORENBOS & PRUITT (1977) recebendo respectivamente as siglas Kc_o e Kc_f nos diversos sub períodos de desenvolvimento, definidos através de observações da cultura no campo.

Dessa forma, estabeleceu-se, durante o estudo, a divisão do ciclo cultural em quatro subperíodos: inicial com 25 dias; de formação da parte vegetativa e raízes com 30 dias; de acúmulo de reservas das raízes com 40 dias e de engrossamento e maturação com 22 dias.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os valores de evapotranspiração de referência estimada, de evapotranspiração máxima da cultura e do coeficiente de cultura são apresentados no Tabela 1.

Devido às condições experimentais e à variedade utilizada, o ciclo da cultura foi de 117 dias, com consumo total de água de 423mm e média de 3,6mm/dia. MOURA *et al* (1994) estudando as necessidades hídricas da mesma variedade, para as condições de Piracicaba, SP, observaram um consumo de 365mm, num ciclo de 110 dias, sendo o valor médio diário o mesmo observado no presente trabalho.

GRIGORV *et al.* (1990) estudando a mesma cultura na Rússia, observou um consumo de 250 e 440mm nos períodos seco e úmido respectivamente.

Embora muitos autores não comentem sobre o consumo total de água, em função do objetivo de seus trabalhos observa-se que na maioria deles a produção foi maior quando houve a reposição de 100% da água evapotranspirada. Assim pode-se citar os trabalhos de HUTMACHER *et al.* (1990), na Índia, que compararam nove freqüências de irrigação adotando de 40 a 120% da evapotranspiração da cultura e PRABHAKAR *et al.* (1991) que ao repor 100% da evapotranspiração, associado ao maior nível de adubação, 120Kg N/ha obteve maior rendimento.

A prática tem demonstrado limitações quando se adota indicadores como dias após o plantio ao invés de se considerar os subperíodos fenológicos para a determinação do coeficiente de cultura, tendo em vista a variação dos ciclos em função das diversidades climáticas e das variedades utilizadas.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de ET_m, coeficientes de cultura obtidos neste trabalho (Kc_o) e os recomendados por DOORENBOS & PRUITT (1977) (Kc_f) por subperíodo de desenvolvimento das plantas.

Nota-se através da Tabela 2 e Figura 2 que os coeficientes de cultura obtidos nos subperíodos III e IV estiveram acima dos recomendados pela FAO, devido provavelmente a diferenças nas metodologias para a estimativa da evapotranspiração de referência e aos fatores que condicionam seus valores como variedade utilizada, características de cultivo como duração do ciclo, ritmo de desenvolvimento e condições climáticas, enfatizando o comentário de DOORENBOS & PRUITT (1977) quando alertam para

Tabela 1. Evapotranspiração de referência estimada (ET_o), evapotranspiração máxima (ET_m) e coeficiente de cultura (K_c).

Decêndio	ET _o (mm/dia)	ET _m (mm/dia)	K _c
I	3,1	1,5	0,48
II	2,7	1,5	0,56
III	2,2	1,6	0,73
IV	2,3	1,6	0,69
V	2,6	2,6	1,00
VI	2,7	4,6	1,70
VII	3,1	4,2	1,35
VIII	4,1	5,7	1,39
IX	4,0	5,9	1,47
X	4,5	6,1	1,35
XI	4,5	5,3	1,18
XII	3,0	2,8	0,93

contraditórias, procedentes de múltiplas fontes, referentes a diferentes condições climáticas, de cultivo e de crescimento, desaconselhando que os valores de coeficientes de cultura encontrados em DOORENBOS & FRUIT (1977) e DOORENBOS & KASSAN (1979) sejam empregados, devendo-se conduzir estudos para sua determinação local.

ARAGÃO JUNIOR (1982) utilizando o método do Balanço Hídrico encontrou, para a mesma cultura, no Ceará, valores de K_c coerentes com os apresentados por DOORENBOS & PRUITT (1977), para os dois últimos subperíodos, 0,99 e 0,86, respectivamente.

MOURA *et al* (1994), através do Balanço Hídrico em Piracicaba SP, encontraram para estes subperíodos 1,52 e 0,93, valores esses maiores que os citados por DOORENBOS & PRUITT (1977) e ARAGÃO JUNIOR (1982), próximos ao do presente trabalho, possivelmente devido a semelhanças climáticas das duas regiões.

Observando-se a relação das localidades consultadas pelos autores em DOORENBOS & PRUITT (1977), nota-se que não existem informações oriundas de regiões climáticas semelhantes às que foram conduzidas o presente trabalho, podendo ser esta uma das razões para as diferenças encontradas.

Tabela 2. Coeficientes de cultura obtido (K_c), coeficientes de cultura FAO (K_{c_f}) e evapotranspiração máxima (ET_m).

Sub-períodos/dia	ET _m	K _c	K _{c_f}
(I) Inicial (25)	1,3	0,57	0,90
(II) Formação (30)	1,9	0,79	0,97
(III) Acumulo de reservas (40)	5,5	1,47	1,00
(IV) Maturação (22)	5,2	1,14	0,70
Ciclo completo (117)	3,6	0,99	0,89

CONCLUSÕES

- A utilização de lisímetros de lençol freático mostra-se viável para o estudo da demanda de água de hortaliças;
- A variação na altura do lençol freático permite a determinação do coeficiente de cultura no início do desenvolvimento sem a necessidade de completar o fornecimento de água por irrigação superficial;
- Os valores de K_c são discordantes dos recomendados pela FAO;
- Os valores de K_c aumentam até o início da fase de engrossamento e maturação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aragão Junior, T.C. **Determinação do coeficiente de cultura (K_c) para a cenoura (*Daucus carota*, L.) pelo método do Balanço Hídrico**. Fortaleza : UFC, 1982, 45 p. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Ceará, UFC, 1982.
- Bastos, E.A. **Determinação dos coeficientes de cultura da alface (*Lactuca sativa* L)**. Botucatu : UNESP, 1994, 101 p. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, 1994.
- Camargo, L.S. **As Hortaliças e seu cultivo**. Campinas : Fundação Cargill, 1981, 321 p.
- Cury, D.M., Villa Nova, N.A. Determinação do coeficiente de cultura (K_c) do repolho (*Brassica oleracea* var. capitata L.) **Científica**, São Paulo, v. 17, n. 1. p. 109-119, 1989.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma : FAO, 1979, 212 p. (Riego y drenage, 33).
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O. **Guidelines for Predicting crop water requirements**, 2. ed., Rome : FAO, 1977. 179 p. (Irrigation and drainage, 24).
- Grigorov, M.S., Sarana, S.V., Tregubov, V.P. How to increase the efficiency of carrot growing. **Kartofel i Ovoshchi**. Russia. n. 5, p. 19-20, 1990.
- Hutmacher, R.B., Steiner, J.J., Ayars, J.E. et al. Response of seed carrot to various water regimes I. Vegetative growth and plant water relation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Fresno, USA, v. 115, n. 5, p. 715-721, 1990.

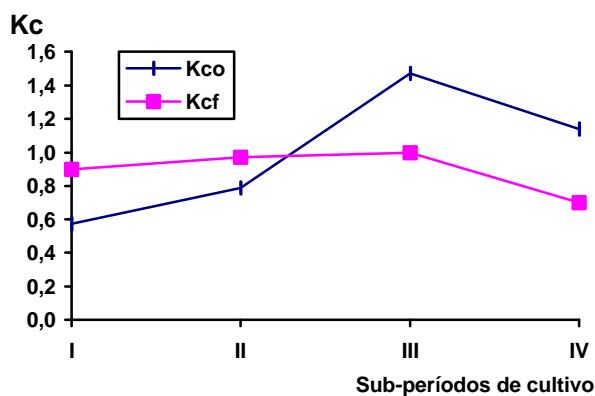


Figura 2. Comparação entre os coeficientes de cultura obtidos (Kco) e os coeficientes de cultura (Kcf) recomendados por DORENBOS & FRUIT (1977).

Moura, M.V.T., Marques Júnior S., Brotel, T.A. et al. Estimativa do consumo de água da cultura da cenoura (*Daucus carota*, L.) v. Nantes Superior, para a região de Piracicaba, através do Balanço Hídrico. **Sci. Agric.** Piracicaba v. 51 n. 2 p. 284-291. 1994.

Pavani, L. C. **Evapotranspiração e produtividade em feijão com um (*Phaseolus vulgaris*, cv Goiano Precoce) sob três níveis de potencial de água no solo.** Piracicaba : ESALQ, 1985, 171 p. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo-USP, 1985.

Prabhakar, M., Srinivas, K., Hegde, D.M. Effect of irrigations regimes and nitrogen fertilization on growth, yield, Nutrient and water use of carrot. (*Daucus carota* L.) **Gartenbauwissenschaft.** Karnataka, v. 56, n. 5, p. 206-209. 1991.

Smith, M., Segeren, A., Pereira, L.S. et al. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for predictions of crop water requirements.** Rome : FAO, 1991. 45 p.

White, J.M. Carrot yield grown under three soil water concentration. **Hort Science.** Illinois, v. 27, n. 2, p. 105-106. 1992.