

Estimativa da evapotranspiração e coeficiente de cultivo da *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinata* (Arist) cultivada em ambiente protegido¹

Evapotranspiration and crop coefficient of *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinata* (Arist) under greenhouse conditions

Antônia Renata Monteiro Gomes², João Hélio Torres D'Ávila³, Rubens Sonsol Gondim⁴, Fred Carvalho Bezerra⁵ e Francisco Marcus Lima Bezerra³

Resumo - O estudo foi desenvolvido em ambiente protegido, do tipo telado, na Região Litorânea do Estado do Ceará, objetivando estimar a evapotranspiração e o coeficiente de cultivo da *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinata* (Arist), variedade Alan carle. Estimou-se a evapotranspiração da cultura (ETc), pelo método do balanço hídrico em volume de solo controlado em campo. Para o cálculo da evapotranspiração de referência (ETo), utilizou-se o método do tanque classe "A". Utilizou-se um tanque classe "A" instalado dentro do telado e outro tanque classe "A" instalado em uma estação agrometeorológica, distante 500 m da área experimental. Com base nos valores de ETc e ETo, determinou-se o coeficiente de cultivo (Kc), em cada fase de desenvolvimento. A taxa de evapotranspiração média da cultura foi de 2,2 mm.dia⁻¹. Os valores de coeficientes de cultivo (Kc) obtidos pela evapotranspiração de referência estimada pelo tanque classe "A" instalado no interior do telado foram maiores do que aqueles obtidos com a ETo estimada pelo tanque classe "A" da estação agrometeorológica. Dessa forma, os valores médios dos coeficientes de cultivo encontrados para a fase inicial, vegetativa e floração foram 0,41; 0,78 e 1,26 respectivamente, quando utilizou-se o tanque classe "A" interno, e 0,29; 0,60 e 0,92, utilizando-se a ETo do tanque classe "A" externo.

Termos para indexação: Alan carle, manejo de irrigação, tanque classe "A".

Abstract - A study was conducted in greenhouse conditions located in an experimental station, in the State of Ceará coast and had as objective the estimation of evapotranspiration and crop coefficient for *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinata* (Arist), cultivar Alan carle. The evapotranspiration (ETc) was estimated using soil water balance method. A class A pan evaporation was used to estimate the reference evapotranspiration (ETo). It has been used a class A pan evaporation installed inside the greenhouse and another one outside, from an agrometeorological station located 500 m from the experimental area. Using the ETc and ETo data, the crop coefficient (Kc) was determined for each crop development stage. The crop evapotranspiration average was 2.2 mm.day⁻¹. The crop coefficients (Kcs) from reference evapotranspiration estimated by the class A pan evaporation in the greenhouse were higher than those from the estimated ETo using the class A pan evaporation located at the agrometeorological station. Thus, the average values of crop coefficient for initial, crop development and flowering stages were 0.41, 0.78 and 1.26 respectively, when using inside pan evaporation and 0.29, 0.60 and 0.92, when using outside pan evaporation data.

Index terms: Alan carle, irrigation management, class A pan evaporation.

¹ Recebido para publicação em 23/12/2004; aprovado em 11/11/2005.

Parte da Dissertação de Mestrado em Agronomia, área de concentração Irrigação e Drenagem, UFC, do primeiro autor.

² Eng. Agrônoma, M. Sc., Irrigação e Drenagem/DENA/UFC, remontgomes@yahoo.com.br

³ Professor, Doutor, Dep. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE, jhelio@ufc.br

⁴ Eng. Agrônomo, M. Sc., Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, rubens@cnpat.embrapa.br

⁵ Eng. Agrônomo, D. Sc., Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, fred@cnpat.embrapa.br

Introdução

A floricultura é uma atividade inserida no segmento da agricultura irrigada. Consiste no cultivo de flores de corte, flores em vaso, plantas ornamentais, plantas para jardinagem, entre outros. Apresenta vantagens como alta rentabilidade por área cultivada, retorno mais rápido dos investimentos aplicados e capacidade de geração de empregos diretos e indiretos (Bezerra, 1997). As chances de sucesso econômico dessa atividade são promissoras, desde que sejam utilizadas tecnologias específicas para cada tipo de flor e adaptabilidade da espécie cultivada ao clima. É uma atividade desenvolvida, em geral, em ambientes protegidos, o que proporciona alta produtividade com maior qualidade, garantindo ao agricultor bons rendimentos e reduzindo, ao máximo, os efeitos das variações climáticas.

A produção de flores tropicais também chama atenção, uma vez que estas vêm despertando, a cada ano, mais interesse por parte dos consumidores. O interesse por essas flores decorre de suas cores e formato exuberantes, além de seu custo de produção ser até 50% inferior ao de outras flores e apresentar maior durabilidade pós-colheita (Castro, 1995).

Dentre as flores tropicais, destaca-se a helicônia, que no mercado de flores vem despontando com potencial de exploração, podendo ser fonte geradora de divisas. O gênero *Heliconia* é constituído por plantas herbáceas, com rizoma subterrâneo, comumente usado para propagação e, conforme a espécie, apresenta altura variando de 0,5 m até 10 m (Paiva, 1998).

Apesar da expansão do cultivo de flores tropicais, são poucas as informações acerca das necessidades hídricas que possam subsidiar o manejo das irrigações. Sendo a irrigação uma técnica indispensável para a implantação de uma agricultura racional e para o aumento da produtividade das culturas em regiões de clima árido e semi-árido, há necessidade de serem quantificados, dentre outros, os efeitos dos fatores climáticos sobre o consumo de água das culturas e os níveis de umidade dos solos capazes de promover o aumento da produtividade. Nesse aspecto, o estudo da evapotranspiração e da estimativa dos coeficientes de cultivo são imprescindíveis para o correto controle de irrigação. A carência de informações a respeito desses parâmetros apresenta-se como ponto de estrangulamento da produção, sendo a irrigação, na maioria das vezes, realizada com base no senso prático dos irrigantes, que utilizam práticas de manejo inadequadas.

Em face do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estimar a evapotranspiração e os coeficientes de cultivo da *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinata* (Arist), no Litoral do Estado do Ceará.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na área experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, no Município de Paraipaba, CE, com latitude 3°28'47" S, longitude 39°09'47" W e altitude de 31 m, no período de setembro de 2003 a março de 2004.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Aw', classificado como tropical chuvoso e caracterizado por apresentar o máximo de chuvas no outono e período seco no inverno.

De acordo com a classificação da Embrapa, a área experimental apresenta solo denominado Neossolo Quartzarênico, cuja granulometria é mostrada na Tabela 1. Os parâmetros α , m , n e as umidades do solo na saturação (θ_s) e residual (θ_r) para o modelo proposto por Van Genuchten (1980), obtidos por meio do software SWRC (Dourado Neto et al., 1995), são apresentados na Tabela 2. Os dados foram determinados no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, UFC.

Tabela 1 - Análise granulométrica do solo da área do experimento, Paraipaba, CE, 2003.

Camada (m)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total
	-(g.kg ⁻¹)-			
0 - 0,20	640	270	50	40
0,20 - 0,40	700	190	50	60
0,40 - 0,60	630	230	40	100
0,60 - 0,80	590	250	50	110

Tabela 2 - Valores dos parâmetros α , m , n , θ_r e θ_s do modelo de Van Genuchten e densidade do solo para as profundidades 0,10; 0,30; 0,50 e 0,70 m, de um Neossolo Quartzarênico. Paraipaba, CE, 2003.

Profundidade (m)	α (m ⁻¹)	m (-)	n (-)	θ_r (cm ³ .cm ⁻³)	θ_s (cm ³ .cm ⁻³)	Densidade (g.cm ⁻³)
0,10	0,0786	0,1721	4,5817	0,037	0,386	1,66
0,30	0,0542	0,4386	2,9573	0,042	0,331	1,65
0,50	0,0621	0,3860	2,8140	0,048	0,353	1,58
0,70	0,0573	0,3450	2,8284	0,057	0,343	1,58

O experimento foi realizado em ambiente protegido, tipo telado, totalmente coberto por malha preta, com 50% de sombreamento. A estrutura do telado era de madeira, com dimensões: 30 m de comprimento, 15 m de largura e 4 m de altura, correspondendo a uma área de 450 m². Foi utilizada a espécie *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinata* (Arist), cujas mudas foram propagadas por rizomas.

O plantio foi realizado no dia 2 de setembro de 2003, em três espaçamentos: E₁ (1,00 m x 2,00 m), E₂ (0,50 m x 2,00 m) e E₃ (0,75 m x 2,00 m). Foram feitas adubações orgânicas e minerais a cada três meses; na adubação orgânica utilizou-se húmus de minhoca (5 kg.m⁻²) e na mineral foram utilizadas 62,5 g.cova⁻¹ da fórmula NPK 15-15-15 adicionado ao FTE-BR 12 (3,75 kg.ha⁻¹).

O sistema de irrigação utilizado foi a microaspersão, com uma linha de emissores para cada linha de plantio, com cinco emissores em cada linha, distanciados de 2,3 m. Os emissores foram testados a uma pressão de serviço de 150 kPa e apresentaram vazão média de 39 L.h⁻¹ e raio molhado de 5 m. As irrigações foram realizadas sempre pela manhã, logo após a leitura dos tensiômetros.

Foram instalados 24 tensiômetros com manômetro de mercúrio, distribuídos nas profundidades de 0,10; 0,30; 0,50 e 0,70 m. As leituras foram tomadas diariamente, às 8 horas da manhã.

O cálculo da quantidade de água aplicada em cada irrigação foi feito com base nos valores de umidade no solo nas profundidades de 0,10 e 0,30 m, utilizando-se as médias das leituras dos tensiômetros.

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi calculada para a camada de solo de 0-60 cm, pela expressão simplificada do balanço hídrico:

$$ETc = P + I \pm Q_z - \Delta A \quad (1)$$

em que:

ETc - evapotranspiração da cultura (mm)

P - precipitação pluvial (mm)

I - irrigação (mm)

Q_z - drenagem profunda ou ascensão capilar (mm)

ΔA - variação do armazenamento da água do solo na camada de profundidade de 0 a 60 cm para o intervalo de tempo considerado no balanço.

A drenagem profunda e a ascensão capilar para a profundidade de 60 cm foram determinadas utilizando-se a equação de Buckingham – Darcy, escrita de uma maneira simplificada por Reichardt (1985), da seguinte forma:

$$Q_z = -K(\theta) \frac{\Delta\Psi_t}{\Delta Z} \quad (2)$$

em que,

K(θ) - condutividade hidráulica do solo, em razão da umidade do solo, cm.dia⁻¹;

$\frac{\Delta\Psi}{\Delta Z}$ - gradiente do potencial total da água no solo, cm.cm⁻¹.

Aplicando a Equação 2 para a direção vertical, na profundidade máxima de controle do solo, Z = 60 cm, obtém-se a seguinte equação:

$$q_z = -K(\theta)_{60} \left\{ \frac{\Psi_{T,50} - \Psi_{T,70}}{20} \right\}_{60} \quad (3)$$

em que,

K(θ)_{0,60} - condutividade hidráulica em razão do valor da umidade do solo, na profundidade de 0,60 m.

Os valores de K(θ)_{0,60} foram obtidos mediante ensaio de campo conduzido na área experimental, ajustando-se a uma equação, conforme metodologia sugerida por de Hillel et al. (1972):

$$K(\theta)_{60} = 2^{10e(87,677(q-0,353))} \quad (4)$$

θ - umidade média do perfil até a profundidade de 0,60 m.

$\left\{ \frac{\Psi_{T,50} - \Psi_{T,70}}{20} \right\}_{60}$ - gradiente do potencial total da água no solo, obtido a partir dos potenciais totais a 0,50 m e 0,70 m.

A determinação da variação do armazenamento da água no solo, na profundidade e no intervalo de tempo considerado, foi obtida mediante a expressão de Reichardt (1985):

$$\Delta A = (\bar{\theta}_2 - \bar{\theta}_1)Z \quad (5)$$

em que,

ΔA - variação do armazenamento da água do solo.

$\bar{\theta}_2$ - umidade média até a profundidade de 0,60 m, no dia da irrigação (cm³.cm⁻³).

$\bar{\theta}_1$ - umidade média até a profundidade de 0,60 m, no dia da irrigação anterior (cm³.cm⁻³).

Z - profundidade adotada para o balanço (0,60 m).

Em virtude da área em estudo apresentar declividade mínima e as irrigações terem sido controladas de modo a não permitir a ocorrência de escoamento superficial, este foi desconsiderado.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método do tanque classe “A” Utilizou-se um tanque classe “A” instalado no interior do ambiente protegido e um tanque classe “A” instalado em uma estação agrometeorológica distante 500 m do telado.

Os dados climáticos de velocidade do vento e umidade relativa do ar necessários para o cálculo da ETo, dentro e fora do telado, foram coletados de uma miniestação agrometeorológica instalada dentro do telado e outra na Estação Experimental Curu-Paraipaba, CE, respectivamente.

O coeficiente de cultivo (Kc) para as diferentes fases fenológicas da helicônia, foi obtido por meio da expressão proposta por Doorenbos & Kassam (1994):

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (6)$$

em que:

ETc - evapotranspiração da cultura (mm.dia⁻¹).

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

Objetivando estimar a evapotranspiração e coeficiente de cultivo, o ciclo da cultura foi dividido em três fases de desenvolvimento: fase inicial, considerada do início do balanço hídrico até planta atingir 10% de cobertura vegetal (Allen et al., 1998). Para a fase vegetativa considerou-se o período do final da fase inicial até o início do florescimento. Finalmente, a partir do início do florescimento até o início da primeira colheita, foi considerada a fase de floração.

O balanço hídrico foi realizado nos três espaçamentos, iniciando-se 40 dias após o plantio até o começo da colheita. Os períodos iniciais de florescimento e colheita diferiram em cada espaçamento estudado.

Para auxiliar na determinação de 10% da cobertura vegetal, utilizou-se o SIARCS - Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo, um programa de análise e processamento de imagens digital desenvolvido pela Embrapa. O sistema SIARCS permite uma maior rapidez e precisão na quantificação de estudos relacionados com solos, quando comparado aos procedimentos convencionais.

Resultados e Discussão

Na Tabela 3, encontram-se os resultados obtidos, por fases fenológicas, da evapotranspiração média da cultura. Os resultados mostram que a ETc, em todos os espaçamentos, cresceu desde a fase inicial da cultura até a fase de floração.

No Espaçamento 2 não são apresentados os valores de ETc referentes à fase inicial, pois a mesma foi atingida antes do início do balanço hídrico, ou seja, 30 dias após o plantio, e o início do balanço hídrico iniciou-se aos 40 dias após o plantio.

Obtiveram-se valores médios de evapotranspiração da cultura de 1,27 mm.dia⁻¹ para a fase inicial, 2,23 mm.dia⁻¹ para a fase vegetativa, e 3,63 mm.dia⁻¹ para a fase de floração. Comparados a outras culturas cultivadas a céu aberto esses valores podem ser considerados baixos. Ferreira (1990), utilizando o método do balanço hídrico em Pentecoste, CE, encontrou para a evapotranspiração da melancia um valor médio de 6,5 mm.dia⁻¹. Bassoi et al. (2001), utilizando o mesmo método para determinar a evapotranspiração da bananeira, encontraram um valor médio de 4,0 mm.dia⁻¹.

Os valores de evapotranspiração encontrados para a helicônia comprovam que a utilização de ambientes protegidos condiciona modificações micrometeorológicas em relação ao ambiente externo, pelo fato de ocorrer uma redução da incidência da radiação solar sobre as plantas e pelas condições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento que são os principais fatores condicionantes da evapotranspiração.

São poucas as informações de estudos que relatam evapotranspiração em flores. Em relação às tropicais, não foram encontrados trabalhos semelhantes que possam fornecer comparações.

Tabela 3 - Valores médios da evapotranspiração da cultura (ETc) nas diferentes fases fenológicas.

Espaçamentos	Dias após o plantio	Fases fenológicas	ETc (mm)
1 (1,00 m x 2,00 m)	40 - 63	inicial	1,23
	64 - 172	vegetativa	2,24
	173 - 185	floração	4,10
2 (0,50 m x 2,00 m)	-	inicial	-
	40 - 172	vegetativa	2,00
	173 - 190	floração	3,60
3 (0,75 m x 2,00 m)	40 - 90	inicial	1,30
	95 - 170	vegetativa	2,44
	171 - 194	floração	3,20

Verifica-se, na Tabela 4, os coeficientes de cultivo para as diferentes fases de desenvolvimento da cultura, determinados nos três espaçamentos, calculados com base nos valores da evapotranspiração de referência (ETo), medidos por um tanque classe "A" instalado dentro da unidade experimental (50% de sombreamento) e pelo tanque classe "A" da estação agrometeorológica.

É interessante observar que o resultado do coeficiente de cultivo da helicônia, fase vegetativa e espaçamento 2, assemelha-se ao obtido por Bassoi et al. (2001) para bananeira, no qual foi utilizado o mesmo método para determinar o coeficiente de cultivo. Os autores encontra-

Tabela 4 - Coeficientes de cultivo da helicônia nas diferentes fases fenológicas e espaçamentos, a partir da ETo estimada pelo tanque classe "A" instalado dentro do cultivo protegido e pelo tanque classe "A" da estação agrometeorológica.

Espaçamentos	Fases fenológicas	Kc tanque classe "A" (interno)	Kc tanque classe "A" (externo)
1 (1,00 m x 2,00 m)	inicial	0,41	0,28
	vegetativa	0,78	0,60
	floração	1,29	0,98
2 (0,50 m x 2,00 m)	inicial	-	-
	vegetativa	0,70	0,54
	floração	1,26	0,93
3 (0,75 m x 2,00 m)	inicial	0,41	0,30
	vegetativa	0,87	0,67
	floração	1,23	0,85

ram valores de 0,7, na fase vegetativa do primeiro ciclo de produção.

Verifica-se, também, na Tabela 4, a proximidade dos valores dos coeficientes de cultivo da helicônia, fase inicial no espaçamento 1 e 3, com o valor do coeficiente de cultivo da banana (0,4), dois meses após o plantio, citados por Doorenbos & Pruitt (1977).

Essa proximidade entre os coeficientes de cultivo da helicônia e da bananeira pode ser explicada pela semelhança morfológica das duas espécies, o que pode ser comprovado pelo fato de já terem sido, no passado, taxonomicamente pertencentes à mesma família de plantas (musaceae).

Os valores de evapotranspiração de referência estimados pelo tanque classe "A" da estação agrometeorológica apresentaram-se sempre superiores aos estimados pelo tanque classe "A" instalado dentro da unidade experimental (50% de sombreamento). Conseqüentemente, os valores do coeficiente de cultivo obtidos por meio da evapotranspiração de referência estimados pelo tanque classe "A" instalado dentro do ambiente protegido apresentaram-se maiores do que aqueles obtidos pelo tanque classe "A" da estação agrometeorológica, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Dessa forma, os valores médios dos coeficientes de cultivo encontrados para a fase inicial, vegetativa e floração foram 0,41; 0,78 e 1,26 respectivamente, quando utilizou-se o tanque classe "A" interno, e 0,29; 0,60 e 0,92 para o tanque classe "A" externo.

Scatolini (1996), estudando modelos para estimativa da evapotranspiração do interior de ambientes protegidos, chegou à conclusão que o ambiente protegido altera os elementos meteorológicos de maneira não uniforme, dificultando a estimativa da evapotranspiração a partir de

elementos externos. Portanto, os coeficientes de cultivo determinados a partir da evaporação do tanque classe "A" instalado dentro do telado podem ser recomendados para o manejo de irrigação, uma vez que, o tanque encontra-se submetido às mesmas condições climáticas e de sombreamento da cultura.

Conclusões

A taxa de evapotranspiração média da cultura, para todos os espaçamentos estudados foi de 2,2 mm.dia⁻¹ e os valores dos coeficientes de cultivo encontrados para a fase inicial, vegetativa e floração foram 0,41; 0,78 e 1,26 respectivamente, quando utilizou-se o tanque classe "A" interno, e 0,29; 0,60 e 0,92 para o tanque classe "A" externo.

Referências Bibliográficas

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BASSOI, L. H., TEIXEIRA, A. H.de C.; SILVA, J.A.M.; SIVA, E.E.G.; RAMOS, C.M.C.; TARGINO, E. de L.; MAIA, J.L.T.; FERREIRA, M. de N. L. **Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 4p. (Embrapa Semi Arido Comunicado Técnico, 108).
- BEZERRA, F. C. **Curso de floricultura: aspectos gerais e técnicas de cultivo para flores tropicais**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1997. 38p.
- CASTRO, C. E. F. de. **Helicônia para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa / SPI, 1995. 44p. (Série Publicações Técnicas Frupex; 16).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Campina Grande, UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).
- DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMAN, J.W.; PARLANGE, M.B. Soil water retention curve, version 1.00, Davis. **Disquete ...** 1995
- HILLEL, D.; KRENTOS, V D.; STYLIANOU, Y. Procedure and test of na internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. **Soil Science**, Baltimore, v.114 , p. 395 – 400, 1972.

FERREIRA, L.N de M. **Determinação da evapotranspiração atual e potencial da cultura da melancia.** 1990, 66 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PAIVA, W. O. **Cultura de helicônia.** Fortaleza: EMBRAPA - CNPAT, 1998. 20p. (EMBRAPA-CNPAT. Circular Técnica, 2).

REICHARDT, K. **Processo de transferências no sistema solo-planta-atmosfera.** 4. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.

SCATOLINI, M. E. **Estimativa da evapotranspiração da cultura de crisântemo em estufa a partir de elementos meteorológicos.** 1996. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science of the American Journal**, Madison. v.44, n.5, p. 892-898, 1980.