

Determinação da ETC e Kc para o feijão – fava (Phaseolus lunatus L.) na região de Teresina, Piauí.

Determination of Etc and Kc for fava beans (Phaseolus lunatus L.) in the region of Teresina, Piauí

Marcelo Simeão¹ Antônio Eudes de Sousa Oliveira² Ananda Rosa Beserra Santos³ Francisco Edinaldo Pinto Mousinho⁴ Aureliano de Albuquerque Ribeiro⁵

RESUMO – O presente estudo teve como objetivo determinar a evapotranspiração e o coeficiente de cultura do feijão – fava (*Phaseolus lunatus* L) na região de Teresina, Piauí. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do Colégio Agrícola de Teresina da UFPI. O cálculo do Kc foi efetuado com base em valores médios diários da evapotranspiração da cultura (ETc), obtidos por lisímetros de drenagem e valores de evapotranspiração de referência (ETo), estimados a partir da grama batatais, também por lisimetria. O ciclo da cultura foi dividido em cinco fases, sendo: fase I: da emergência aos 20 dias após a emergência (DAE); fase II: dos 21 a 40 dias após a emergência (DAE); fase III: 41 aos 60 dias após a emergência (DAE); fase IV: 61 aos 80 dias após a emergência (DAE) e; fase V: 81 aos 110 dias após a emergência (DAE). A ETc foi de 248,9 mm para todo o ciclo da cultura, correspondendo a um valor médio de 2,46 mm dia⁻¹. O Kc apresentou valor mínimo de 0,87 no início do desenvolvimento vegetativo, máximo de 1,55 durante a frutificação e 1,38 no final do ciclo da cultura.

Palavra-chave: Irrigação, necessidades hídricas, condições climáticas.

SUMMARY - The present study aimed to determine the evapotranspiration and crop coefficient bean - bean (*Phaseolus lunatus* L) in the region of Teresina, Piauí. The experiment was conducted in a greenhouse at the experimental area of the Agricultural College of Teresina UFPI. The calculation of Kc was performed based on daily average values of crop evapotranspiration (ETc), obtained by drainage lysimeters and reference evapotranspiration (ETo), estimated from the bahiagrass also by lysimeters. The crop cycle was divided into five phases, as follows: Phase I: the emergence at 20 days after emergence (DAE), stage II: from 21 to 40 days after emergence (DAE), stage III: 41 to 60 days emergence (DAE) phase IV: 61 to 80 days after emergence (DAE) and; phase V: 81 to 110 days after emergence (DAE). The ETc was 248.9 mm for the entire crop cycle, corresponding to an average value of 2.46 mm day⁻¹. The Kc The minimum of 0.87 at the beginning of vegetative growth, maximum of 1.55 and 1.38 during the fruiting at the end of the crop cycle.

KEYWORDS: Irrigation water requirements, climate conditions.

INTRODUÇÃO

A fava, também conhecida como feijão-lima ou feijão-fava, é a segunda leguminosa de maior importância do gênero *Phaseolus*, devido ao seu conteúdo proteico e paladar característico sendo utilizada mundialmente em pratos, das mais diferentes culinárias (NIAS, 2008). Dados da produção nacional revelam que no ano de 2011 foram produzidas, no Brasil, 16.680 toneladas de grãos secos de fava, numa área plantada de 37.223 ha, sendo a região Nordeste a maior responsável por essa produção. No Piauí, a produção foi de 1.119 toneladas com produtividade média de 485 kg de grãos/ha⁻¹ (IBGE,

2012). O baixo rendimento da cultura, deve-se a vários fatores, como a ocorrência de pragas e doenças e a adoção de baixo nível tecnológico de produção como, produção de sequeiro e a ausência de programas de adubação mineral e orgânica (ALVES et al., 2008).

O feijão-fava é considerado tolerante à seca, ao excesso de umidade e ao calor, sendo por isso, uma cultura bem aceita no Nordeste brasileiro (VIEIRA, 1992). Segundo Glancey & Wooten (2004), trabalhos realizados na Universidade de Delaware, nos Estados Unidos mostram que a fava responde a irrigação, sendo mais

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Piauí, Caixa Postal xx, CEP: 64.900- 000, Bom Jesus, PI. Fone: (89) 3562-2468. marcelosimeao16@gmail.com

² Mestre em Agronomia, Universidade Federal do Piauí – Campus Bom Jesus.

³ Engenheira Agrônoma, Mestranda em Agronomia: Fitotecnia, Universidade Federal do Piauí – Campus Bom Jesus.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem, Professor, Colégio Agrícola de Teresina/UFPI, Centro de Ciências Agrárias - Campus da Socopo, Teresina, PI.

⁵ Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Mestrando em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Piauí – Campus Bom Jesus.

produtiva quando as irrigações são mais frequentes. No Brasil, Melo (2005) verificou na Paraíba incrementos no rendimento da fava irrigada de até 133,68%, quando comparada ao rendimento da cultura em regime de sequeiro.

Smith (1991) define evapotranspiração de referência (ET_o) como sendo aquela de uma cultura hipotética, com altura fixa de 0,12 m, albedo igual a 0,23, e resistência da cobertura ao transporte de vapor d'água igual a 69 s m⁻¹, que representaria a evapotranspiração de um gramado verde, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, e sem falta de água.

A evapotranspiração pode ser determinada de forma direta ou indireta, a determinação indireta é feita por equações empíricas, as quais têm sido propostas para estimar a evapotranspiração de referência ET_o, a evapotranspiração pode ser medida de forma direta, por meio de equipamentos denominados lisímetros ou

evapotranspirômetros. Hillel (1971) definiu os lisímetros como recipientes onde procura-se representar as condições naturais do sistema solo-água-plantas, que possibilitam regular e controlar convenientemente os processos que ocorrem no perfil natural do solo. Os lisímetros são muito utilizados em pesquisa agrometeorológica para determinar a evapotranspiração (PEREIRA et al., 1997). A lisimetria, basicamente, propicia o cálculo da medida volumétrica das águas que entram e saem do sistema que pode ou não ser coberto por vegetal, os lisímetros mais empregados são: o de drenagem; de lençol freático constante e o de pesagem, lisímetro de drenagem baseia-se no princípio de conservação de massa de água em um volume de solo (ABOUKHALED et al. 1986).

O presente trabalho teve como objetivo, determinar a evapotranspiração da cultura e o coeficiente de cultivo do feijão-fava, pelo método de lisimetria em ambiente protegido em Teresina-PI.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental do Colégio Agrícola de Teresina da UFPI. O clima do município, de acordo com Thornthwaite e Mather (1955) é C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão. Foi utilizado um ambiente protegido com teto em arco de 3 m de largura por 6 m de comprimento (18 m²), altura do pé-direito de 1,20 m coberto de filme plástico de polietileno de baixa densidade de 15 µm de espessura

Para a determinação da evaporação, evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura, foram utilizados doze lisímetros de drenagem construídos com vasos plásticos com capacidade de 8 litros, os quais foram perfurados na base e no orifício,

ajustou-se uma mangueira de condução com 10 cm de comprimento e uma polegada de diâmetro interno, conectando-a a um recipiente plástico com capacidade de 0,5 litros para controle e coleta da água de drenagem. No fundo de cada vaso colocou-se uma manta geotextil não tecida (Bidim OP 30), para evitar a perda de solo durante a drenagem. Logo acima deste foi colocado uma camada de 3 cm de brita e outra cobertura de manta geotextil para facilitar a drenagem da água.

O cultivo do feijão-fava foi feito em vasos usando um Argissolo vermelho-amarelo, Distrófico, textura franco-arenosa; muito profundo, ácido, com relevo plano; sendo o solo coletado para enchimento dos vasos na camada de 0 a 30 cm. Foram feitas coletas de amostras de solo para caracterização físico-química (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo usado para o enchimento dos vasos: pH, matéria orgânica (MO), macro nutrientes, sódio (Na), alumínio (Al) e hidrogênio mais alumínio (H+Al).

Camada cm	pH H ₂ O	MO g.kg ⁻¹	P --mg dm ⁻³ --	K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	S	CTC	V %
					-----cmolc dm ⁻³ -----							
0-10	5,3	6,8	8,5	0,14	2,1	0,8	0,03	0,04	1,5	3,1	4,5	66,5
10-20	5,4	2,6	10,0	0,10	1,7	0,5	0,03	0,00	1,4	2,3	3,7	62,4

Fonte: Laboratório de Análise de Solos da UFPI

Foram utilizadas sementes de feijão-fava da subamostra Boca de Moça com hábito de crescimento determinado, porte semi-ereto tipo "moita" e de maturação uniforme, oriunda do banco de germoplasma da UFPI. A adubação de fundação foi realizada nos lisímetros, utilizando-se o adubo misto NPK (5-30-15) de forma a aplicar 10 kg de N, 60 kg de P₂O₅ e 30 kg de K₂O ha⁻¹.

O plantio foi feito no dia 10 de março de 2012, semeando-se quatro sementes por vaso. Após a emergência fez-se o desbaste deixando duas plantas por vaso. Aos 20 dias após a emergência fez-se uma adubação de cobertura com aplicação de 40 kg de N e 100 kg de K₂O ha⁻¹. Durante a condução do experimento, foi realizado controle fitossanitário com aplicação do fungicida a base de metalaxyl-m + mancozeb, aos 10 dias após a emergência. Quatro lisímetros foram plantados

com feijão-fava para determinar a evapotranspiração da cultura (ETc), em quatro, foram transplantados grama batatais (*Paspalum notatum*) para determinar a evapotranspiração de referência (ETo) e quatro ficaram somente com solo para determinar a evaporação do solo sem cultivo. A determinação da evaporação e evapotranspiração da cultura do feijão-fava foram determinadas pelo método de lisimetria, que consiste no balanço hídrico, sendo fundamentada na lei da conservação das massas, apresentada por Reichardt (1985) equação 1:

$$P + I - D - ETc = \pm h \quad (1)$$

em que:

P: precipitação natural, em mm; I: irrigação, em mm; D: drenagem profunda, em mm; ETc: evapotranspiração da cultura, em mm; h: variação da armazenagem da água no solo dentro dos lisímetros, em mm.

Considerando que a aplicação da lâmina de irrigação sempre elevava a umidade do solo em todos os lisímetros a capacidade de campo, a variação no armazenamento era igual a zero, como também em virtude da cobertura plástica da casa de vegetação a precipitação pluvial foi desconsiderada. Assim a equação para o cálculo da evaporação e evapotranspiração da cultura ficou reduzida à seguinte expressão:

$$E = I - D \quad (2)$$

Onde: E= evapotranspiração, em mm; I= o volume de água aplicado (ml/vaso); D é o volume drenado (mL/vaso).

A evapotranspiração da cultura, a evapotranspiração de referência e evaporação do solo, foram determinadas diariamente.

O ciclo da cultura foi dividido em cinco fases, sendo: fase I: da emergência aos 20 dias após a emergência (DAE); fase II: dos 21 a 40 dias após a emergência (DAE); fase III: 41 aos 60 dias após a emergência (DAE); fase IV: 61 aos 80 dias após a emergência (DAE) e; fase V: 81 aos 110 dias após a emergência (DAE). O coeficiente de cultura foi determinado por fases, conforme metodologia proposta por Allen et al. (1998).

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (3)$$

Onde: ETo - evapotranspiração de referência em mm dia⁻¹; ETc – evapotranspiração da cultura em mm dia⁻¹; Kc - coeficiente de cultura.

O Kc e evapotranspiração da cultura foram determinados por fases de desenvolvimento da cultura da fava.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A emergência das plântulas do feijão-fava ocorreu em média aos oito dias após a semeadura. O florescimento deu-se aos 37 dias após a emergência; o

início da maturação das vagens deu-se aos 74 DAE, sendo o ciclo da cultura, em média 114 dias (Tabela 2).

Tabela 2. Valores do período de duração, em dias após a emergência (DAE), para florescimento, para a maturação de vagens e ciclo da cultura do feijão-fava, em cada lisímetro, em ambiente protegido.

LISÍMETROS	Floração	Maturação	Ciclo
	DAE	DAE	DAE
1	35	72,00	112,50
2	35	72,00	119,50
3	37	74,00	111,25
4	37	76,00	115,00
	MG=36,00	MG=73,5	MG=114,5

Os valores médios da evaporação da água do solo, no interior da casa de vegetação são apresentados na Figura 1. No presente estudo a evaporação média diária da superfície do solo úmido durante a condução do experimento foi de 1,10 mm dia⁻¹ com desvio padrão de 0,18 mm dia⁻¹. Por se tratar de evaporação em ambiente protegido a demanda atmosférica é reduzida diminuindo assim a taxa de evaporação do solo. Isto se deve ao fato de que a velocidade do vento, a umidade do ar, a temperatura

do ar e a radiação solar incidente serem maiores fora da casa de vegetação do que no interior da mesma (VÁSQUEZ, et al., 2005). Este mesmo autor estudando o efeito do ambiente protegido sobre os elementos meteorológicos cultivando melão encontrou valores médios da umidade relativa interna (URI) e da umidade relativa externa (URE) durante o ciclo de 71,17% e de 74,25%, respectivamente, de forma que, a URI média foi 3,08% menor em relação ao ambiente externo.

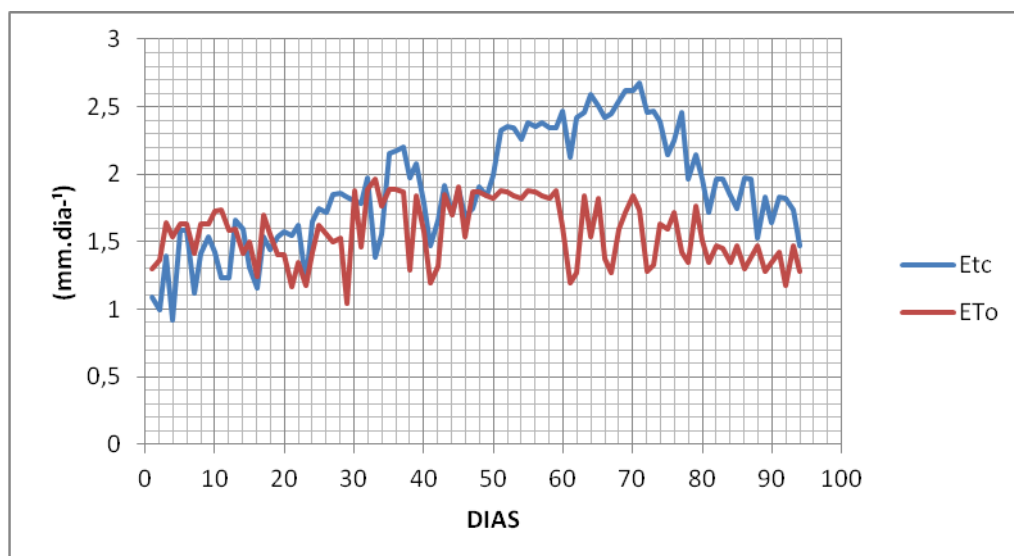


Figura 1. Valores médios da evapotranspiração da cultura e evapotranspiração de referência diária do feijão-fava da emergência ao final do ciclo em ambiente protegido.

A evapotranspiração da grama (ETo), nos 20 dias após emergência apresentou uma média de 31,77 mm, dos 20 aos 40 DAP a ETo teve uma média de 33,01 mm, já dos 40 aos 70 dias após emergência a média foi 52,48 mm, e dos 70 aos 94 a grama apresentou uma média de 30,24 mm, sendo observado ao final do ciclo a ETo com um total de 147,51mm (Tabela 2).

Os valores da ETo obtidos neste trabalho, são diferente aos de Bastos et al. (2008), trabalhando com feijão-caupi cultivar BR-17 Gurguéia em ambiente aberto que determinou a ETo pelo método de lisímetros de pesagem, que encontrou valor para fase vegetativa de 64,0mm, floração foi 110,6mm, na frutificação encontrou 70,1mm e na maturação foi 58,6mm, bem diferente dos que foram encontrados neste trabalho.

Tabela 2: Evapotranspiração da cultura em mm (ETc), evapotranspiração de referência em mm Grama Batatais (*Paspalum notatum*) e coeficiente de cultura (Kc) para o cultivo de feijão-Fava em ambiente protegido, Teresina, PI, 2012.

Fases	ETo (mm)	ETc (mm)	Kc
I (Emergência aos 20 DAE)	28,68	25,09	0,87
II (21 aos 40 DAE)	32,20	48,96	1,52
III (41 aos 60 DAE)	39,40	61,34	1,55
IV (61 aos 80 DAE)	39,21	58,55	1,49
V (81 aos 110 DAE)	40,51	54,99	1,38
Total	180,02	248,9	
Média	1,53±0,30 mm.dia ⁻¹	2,46±0,88 mm.dia ⁻¹	1,38

A evapotranspiração da cultura do feijão-fava em ambiente protegido variou de 1,51 mm.dia⁻¹ durante o estágio inicial do desenvolvimento vegetativo (da emergência aos 20 DAE), chegando aos 3,12 mm.dia⁻¹ no início do florescimento aos 40 DAE e atingindo ao evapotranspiração máxima na fase de enchimento de grãos 3,75 mm.dia⁻¹. Dos 40 aos 74 DAE, na fase final do enchimento dos grãos e maturação fisiológica das vagens quando começam a senescência das folhas no final do ciclo da cultura, a evapotranspiração média foi de 1,90 mm.dia⁻¹, com uma evapotranspiração total de 248,9 mm durante protegido de 509,60mm, e com um valor de 741,11mm para o cultivo de campo, havendo, portanto, um aumento percentual de 45,43% do cultivo protegido para o cultivo de campo, mostrando que em condição de cultivo protegido o calor cedido para a evaporação foi menor, o

o ciclo Tabela 2. Em termos médios, durante todo ciclo do feijão-fava sua necessidade hídrica, dependendo da variedade e das condições edafoclimáticas locais, pode ultrapassar os 700 mm (MOUSINHO, 2010). Ritter & Scarbough, relatam que trabalhos com fava na costa leste dos Estados Unidos em condição de campo encontraram valores de evapotranspiração diária variando de 6,4 a 9,1 mm. Cunha (2001) estudando parâmetros agrometeorológicos no cultivo do pimentão em campo e ambiente protegido encontrou valores de evapotranspiração para o cultivo que pode estar associada a uma parcial opacidade do filme plástico à radiação e à redução da ação dos ventos nesse cultivo, os quais são os principais fatores de demanda evaporativa da atmosfera. Resultados semelhantes também foram encontrados por Farias et al. (1994) que

estudaram a evapotranspiração estimada pelo método de Penman em ambiente protegido com cobertura de polietileno, com densidade de 0,1mm, em Pelotas, RS,

O coeficiente de cultura K_c que é a relação entre a E_{Tc} e a E_{To}, expôs valores distintos nas quatro fases: Na fase vegetativa, o K_c apresentou valor de 0,91 sendo o valor mais baixo dentre as fases de desenvolvimento da planta, influenciado diretamente pelo alto consumo de

Na frutificação, a água é mais requerida, uma vez que nessa fase há o enchimento das vagens, requerendo assim um maior consumo de água pela fava que teve um K_c igual a 1,34. Ao final do ciclo, durante a maturação houve uma queda do K_c, que apresentou um média de 1,33, ocorrendo nesta fase a senescência das folhas. A evapotranspiração de referência e da cultura teve como consequência ao final do ciclo o K_c de 1,20 (Tabela 2). O coeficiente de cultura foi variável durante do ciclo, o que sugere que o uso do mesmo se dê por fase fenológica a fim de estimar o consumo hídrico com maior precisão.

Os valores médios de K_c obtidos neste trabalho foram maiores que os obtidos por Souza et al (2005), que trabalhou com feijão-caupi, sendo estes, de 0,78 no estágio vegetativo, 1,27 e 1,02 durante a floração e frutificação respectivamente e na maturação de 0,69. Estas

encontrando valores entre 45 e 70% menor de evapotranspiração em ambiente protegido, que a verificada em campo.

diferenças podem ser explicadas pelas características inerentes a cada cultura e pelas condições de solo e clima (umidade relativa do ar, temperatura) e na condução de cada cultura onde a cultura do feijão-caupi foi cultivada em ambiente aberto e a da fava em ambientes protegidos fatores estes que influenciam na demanda evapotranspirativa das mesmas.

Os valores do K_c da cultura, obtidos neste trabalho, assemelham-se aos de Bastos et al. (2008), trabalhando com a cultivar BR-17 Gurguéia e com lisímetros de pesagem, encontraram um intervalo de K_c entre 0,8 a 1,4, nos quatro estádios fenológicos do feijão-caupi, nas condições edafoclimáticas do Vale do Gurguéia, PI.

Silveira e Stone (2008) recomendam para o feijoeiro cultivado no sistema convencional os seguintes valores de K_c de acordo com o estágio de desenvolvimento: 0,69 entre a germinação e o início da floração; 1,28 na floração; 1,04 no desenvolvimento de vagens à maturação. Sendo que neste trabalho em algumas fases os resultados foram similares na vegetativa e na floração que tiveram os valores de 0,91 e 1,31.

CONCLUSÕES

A evaporação média diária da superfície do solo úmido durante a condução do experimento foi de 1,10 mm dia⁻¹

A evapotranspiração de referência teve um valor total de 180,02 mm e um valor médio de 1,53 mm dia⁻¹ durante ciclo;

A evapotranspiração da cultura do feijão-fava foi de 248,9 mm para todo o ciclo da cultura, correspondente um valor médio de 2,46 mm dia⁻¹;

O K_c do feijão-fava apresentou valor mínimo de 0,87 no início do desenvolvimento vegetativo e máximo de 1,55 durante a frutificação, com K_c 1,38 no final do ciclo da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aboukhaled, A.; Alfaro, A.; Smith, M. **Lysimeters**. Rome: FAO, Irrigation and Drainage Paper, 39, 1982. 68p.

Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - **FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56**, 1998. 200p

Bastos, E. A.; Ferreira, V. M.; Silva, C. R. da; Andrade Júnior, A. S. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no Vale do Gurguéia, Piauí. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.2, p.182-190, abril-junho, 2008.

Cunha, A. R. da. **Parâmetros agrometeorológicos de cultura de pimentão (*Capsicum annum L.*) em ambientes protegido e campo**. Tese (Doutorado) UNESP- Botucatu, 2001. 128p.

Farias, J.R.B., Bergamaschi, H., Martins, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p.17-22, 1994.

Glance, J. & Wootent. **Successful Lima Bean Production in Delaware**- Cooperative Extension. University of Delaware. College of Agriculture and Natural Resources.2004.

Hillel, D. *Soil and water - Physical principles and processes*. New York, Academic Press, 1971, 288 p.

Ibge. **Banco de dados agregados**: pesquisa: produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=10&i=P>> Acesso em: out, 2012.

Melo, L.J.V. **Morfofisiológica e rendimento de fava sob diferentes condições de manejo cultural**. Campina Grande, 2005. 166p. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Campina Grande.

Mousinho, F.E.P. Irrigação. In.: Lopes, A. C. A.; Gomes, R. L. F.; Araujo, A. S. F. **A cultura do feijão-fava no**

- meio-norte do Brasil.** Teresina : EDUFPI, 2010. p.157-171.
- Nias – **National Institute of Agrobiological Sciences.** Disponível em: <http://www.gene.affrc.go.jp>. Acesso em mar. 2012.
- Pereira, A.R.; NOVA, N.A.V.; Sedyama, G.C. *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- Reichardt, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera.** Campinas. Fundação Cargill. 1985. 486p.
- Ritter, W.F. & Scarborough, R. W. Response of Lima Beans to Irrigation on the Delmarva Peninsula **Appl. Eng. Agric**, 1992. 8:23-27
- Silveira, P. M. da; Stone, L. F. **Manejo da Irrigação.** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_86_1311200215104.html> Acesso em: 11 out. 2012.
- Souza, M.S.M.; Bizerra, F.M.L.; Teófilo, E.M. Coeficientes de cultura do feijão caupi na Região Litorânea do Ceará. **Irriga**, Botucatu, v.10, n.3, p.241 – 248, agosto-outubro, 2005.
- Smith, M. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements.** Rome FAO. 45p. 1991.
- Thorntwaite, C. W. & Mather, J.R. , 1955. **The water balance.** Publications in Climatology. New Jersey, Drexel Institute of Tecnology, 104p.
- Vieira, R.F. A cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n.174, p.30-37, 1992