

## COEFICIENTES DE CULTURA DO FEIJÃO CAUPI NA REGIÃO LITORÂNEA DO CEARÁ

**Maria do Socorro Medeiros de Souza<sup>1</sup>; Francisco Marcus Lima Bezerra<sup>1</sup>; Elizita Maria Teófilo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Engenharia Agrícola/CCA/Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, CE, mmsousa@hotmail.com*

<sup>2</sup>*Departamento de Fitotecnia/CCA/ Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, CE*

### 1 RESUMO

A evapotranspiração e os coeficientes de cultura do feijão caupi cultivar Setentão foram estimados através de um conjunto de lisímetros de drenagem na região de Fortaleza, CE. O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação/DENA/UFC. A evapotranspiração de referência ETo foi estimada pelos métodos Penman-Monteith FAO e tanque Classe A. Os dados mostraram que a evapotranspiração do caupi foi crescente em quase todo o ciclo da cultura, alcançando um valor máximo no estágio de floração. A lâmina total de água aplicada, aos 69 dias de estudo, foi de 447,2 mm e a evapotranspiração acumulada de 337,4 mm. Os valores dos coeficientes de cultura variaram de 0,42 a 1,52 e dependeram do método de estimativa da evapotranspiração de referência, embora tenham apresentado a mesma tendência de variação ao longo do ciclo, independente do método de estimativa de ETo, a qual variou de 3,71 a 5,79 mm dia<sup>-1</sup> para o tanque Classe A e de 4,83 a 6,30 mm dia<sup>-1</sup> para Penman-Monteith FAO.

**UNITERMOS:** *Vigna unguiculata* L., Balanço hídrico, lisímetro de drenagem, Penman-Monteith FAO.

**SOUZA, M. do S. M. de; BEZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. COEFFICIENTS OF COWPEA BEAN CULTURE IN THE COASTAL AREA OF CEARÁ**

### 2 ABSTRACT

Evapotranspiration and the coefficients for cultivar Setentão of cowpea bean culture were estimated through a group of drainage lysimeters in the region of Fortaleza, CE, Brazil. The experiment was carried out in the experimental area of the laboratory of Hydraulics and Irrigation, DENA, UFC. Reference evapotranspiration (ETo) was calculated using the Penman-Monteith FAO method and a Class A pan. Data showed that the cowpea bean evapotranspiration increased during almost all the culture cycle and reached the maximum value in the blossoming stage. The total applied water sheet, at 69 days of the experiment, was 447.2 mm and accumulated evapotranspiration was 337.4mm. Culture coefficient values have ranged from 0.42 to 1.52 and depended on the reference evapotranspiration estimate methods, although they presented the same variation tendency throughout the cycle, independently of the ETo estimate methods. ETo ranged from 3.71 to 5.79 mm day<sup>-1</sup> for the Class A pan and from 4.83 to 6.30 mm day<sup>-1</sup> for Penman-Monteith FAO method.

**KEYWORDS:** *Vigna unguiculada* L., water balance, drainage lysimeter, reference evapotranspiration, Penman-Monteith FAO.

### 3 INTRODUÇÃO

O feijão caupi desempenha importante papel na produção agrícola Cearense. Nota-se atualmente que a prática da irrigação nesta cultura vem se acentuando, pois a região sofre o efeito de estiagens prolongadas.

Por ser um alimento básico e de fácil aquisição pela população, é amplamente cultivado por produtores das regiões Norte e Nordeste do país sendo, portanto a principal fonte de proteína vegetal para as populações rurais (MELO, 2002).

Como exploração econômica, o feijão caupi contribui com grande parcela na renda familiar do Nordeste e quando cultivado sob irrigação na entressafra, torna-se uma das explorações mais rentáveis dos agricultores da região (SENA & BEZERRA, 1991).

A produção brasileira de feijão caupi de 750 toneladas por ano. Nos estados do Amazonas, Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, o cultivo do feijão caupi representa de 95 a 100% do total das áreas cultivadas com feijão.

A agricultura irrigada é uma das alternativas de maior importância para o desenvolvimento econômico e social da região Nordeste. É sabido que essa região do País é climaticamente apta à cultura do feijão caupi, havendo poucas sub-regiões que apresentam limitações.

Apesar da expansão da cultura, são poucas as informações acerca das necessidades hídricas do feijão caupi, que possam subsidiar o manejo racional da irrigação, na região Nordeste, principalmente no Ceará. Portanto, o estudo da evapotranspiração é de fundamental importância para maximizar a produtividade e otimizar o uso da energia elétrica e dos recursos hídricos, cada vez mais escassos.

A evapotranspiração pode ser determinada de forma direta ou indireta. A medida direta, apesar de requerer tempo e ter o seu custo elevado é mais utilizada em pesquisas (DIAS, 2001) e possibilita a determinação do coeficiente de cultivo (kc). A determinação indireta é feita por equações empíricas, as quais têm sido propostas por vários pesquisadores para estimar a evapotranspiração de referência ETo. Alguns modelos são de difícil aplicação, na prática, pela complexidade do cálculo e por exigir um grande número de elementos meteorológicos, nem sempre disponíveis. O método de Thorntwaite é o mais simples e bastante adotado por utilizar apenas a temperatura do ar como variável independente. Já o método de Blaney-Criddle se baseia na correlação entre a temperatura média mensal e a percentagem mensal do total anual de horas de luz solar. O método de Penman, por sua vez, combina os elementos do balanço de radiação com o balanço aerodinâmico, através de uma equação que utiliza os dados de saldo de radiação, temperatura média do ar, umidade relativa e velocidade do vento.

Soares et al. (2001), comparando valores de kc no estágio de desenvolvimento inicial, verificaram que, sob as mesmas condições climáticas e de molhamento, o solo de textura fina apresenta kc maior do que o solo de textura grossa. Os mesmos autores concluíram ainda que exista uma dependência do valor inicial do kc ao valor da taxa média de ETo, mostrando que o coeficiente de cultivo inicial depende das condições climáticas.

Dantas Neto (1999) avaliando métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Mossoró – RN verificou que o valor médio da evapotranspiração de referência obtido pelo método do tanque Classe A foi próximo ao valor médio de ETo obtido pelo método de Penman-Monteith. Apesar disso, os resultados obtidos evidenciaram que o método do tanque Classe A não foi o que teve melhor ajuste.

Dessa forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar os coeficientes de cultura do feijão caupi, em função da sua evapotranspiração, nas condições de Fortaleza, CE, utilizando o método do balanço hídrico em lisímetro de drenagem.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área irrigada do Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola, pertencente à Universidade Federal do Ceará, localizado no Campus do Pici, em Fortaleza, a uma altitude de 19,5 m, situado a 3° 44' de latitude Sul e 38°33' de longitude Oeste. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw', classificado como tropical chuvoso com precipitação de verão - outono e temperatura média em todos os meses superiores a dezoito graus centígrados. O tipo de solo na área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura franca arenosa (EMBRAPA, 1999). As características físicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em uma área de 30 m de comprimento por 15 m de largura, onde se encontram instalados quatro lisímetros de drenagem, constituídos de tanques de cimento amianto, com dimensões de 1,1 m de largura, 1,1 m de comprimento e profundidade de 0,65 m, portanto de volume de 0,7865 m<sup>3</sup>.

O preparo da área constou de limpeza seguida da abertura das covas com aproximadamente 5 cm de profundidade e adubação. Além da adubação de fundação, os lisímetros foram adubados com 40 litros de esterco de gado curtido.

A semeadura do feijão caupi, cultivar Setentão foi realizado em 17/07/2002, em covas espaçadas de 1 m entre fileiras e 0,5 m entre plantas na linha. Foram colocadas de 4 a 5 sementes por covas e em cada lisímetros foram abertas quatro covas.

**Tabela 1.** Características do solo, nas camadas 0 – 0,30 e 0,30 – 0,60 m da área experimental. Fortaleza, CE, 2002.

Características	Unidade	Profundidade (m)	
		(0 – 0,30)	(0,30 – 0,60)
Areia grossa	g.kg <sup>-1</sup>	400	190
Areia fina	g.kg <sup>-1</sup>	370	430
Silte	g.kg <sup>-1</sup>	100	120
Argila	g.kg <sup>-1</sup>	130	260
Classificação textural	–	Franco arenoso	Franco-argilo-arenoso
Argila natural	%	2	1
Densidade do solo	kg.dm <sup>-3</sup>	1,47	1,37
Densidade dos sólidos	kg.dm <sup>-3</sup>	2,69	2,63
Capacidade de campo (-33 kPa)	%	7,0	11,6
Ponto de murcha (-1500 kPa)	%	4,2	8,0

A germinação ocorreu a partir do terceiro dia após a semeadura e o desbaste deu-se no vigésimo dia após a germinação, deixando duas plantas por covas.

As irrigações foram feitas com turno de rega fixo de dois dias e por quatro microaspersores por linha lateral com vazão média, medida no campo, de 64,7 L h<sup>-1</sup>, para uma pressão no cavalete de 250 kPa.

Aos 30 e 45 dias após a semeadura foram feitas as adubações em cobertura com uréia na proporção de 45 g por linha de planta com 12 m.

Os tratos fitossanitários foram os recomendados para a cultura. Com relação ao controle do pulgão (*Aphis craciava*), após 10 dias da germinação foi feita a aplicação do Confidor, na dosagem de 33g do produto em 5 litros d'água. Uma outra aplicação do produto

Vertimec 18 CE foi feita após 22 dias, com dosagem de 5 mL em 5 L e outra aplicação com esse produto foi feita com 39 dias.

Para o controle das plantas daninhas foram realizadas ao longo do trabalho três capinas, aos 7, 27 e 41 dias após a semeadura.

Aos 69 e 76 dias após a semeadura procederam-se as colheitas. O rendimento total obtido foi de 46,745 kg e em cada lisímetro 2,429 kg. A produtividade total obtida em toda a área experimental foi de 1.343, 25 kg.ha<sup>-1</sup>.

## 4.1 Métodos

### 4.1.1 Estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>)

Na estimativa da evapotranspiração de referência, em mm dia<sup>-1</sup>, foram utilizados os métodos tanque Classe A e Penman-Monteith FAO (1990). Os dados climáticos necessários para os métodos foram obtidos na Estação Meteorológica existente no Campus do Pici, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFC.

### 4.1.2 Estimativa da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>)

A evapotranspiração da cultura foi determinada a partir do balanço hídrico, que tem seu fundamento na lei da conservação das massas, apresentada por Reichardt (1985) pela equação simplificada:

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

em que,

P – precipitação natural, em mm

I – irrigação, em mm

D – drenagem profunda, em mm

ET<sub>c</sub> – evapotranspiração da cultura, em mm

Δh – variação da armazenagem da água no solo dentro dos lisímetros, em mm.

No presente trabalho considerou-se um volume de solo de profundidade de 0,50 m, para as determinações dos componentes do balanço hídrico da cultura do feijão. A componente precipitação não foi considerada tendo em vista, a não ocorrência de chuva no ciclo da cultura.

## 4.2 Determinação dos componentes do balanço

As irrigações foram realizadas com turno de rega de dois dias, sendo as lâminas de irrigação definidas pela variação da armazenagem da água no solo com base na tensão da água no solo. O tempo de irrigação foi definido em função da vazão dos gotejadores e do volume d'água aplicado nos lisímetros.

Diariamente, entre 6 as 7 hora da manhã, eram feitas as leituras nas baterias de tensiômetros e a coleta da água drenada de cada lisímetro, em baldes de 20 L na câmara coletora dos lisímetros, sendo medida em proveta de 1000 mL.

A variação da armazenagem da água no solo num intervalo de tempo considerado do balanço, para a profundidade estudada foi obtida pela expressão:

$$\Delta h = (\bar{\theta}_2 - \bar{\theta}_1)Z \quad (2)$$

sendo,

$\bar{\theta}_2$  – umidade média no solo no dia da irrigação (m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>)

$\bar{\theta}_1$  – umidade média no solo no dia da irrigação anterior (m<sup>3</sup>. m<sup>-3</sup>)

Z – profundidade adotada no balanço (mm).

A umidade média no solo foi obtida das curvas características da água no solo a partir das tensões da água no solo, medidas pelos tensiômetros nas profundidades de 0,10; 0,30 e 0,50 m (Figura 1).

A componente  $ET_c$  é a incógnita da equação do balanço hídrico, explicitando a eq. 1 tem-se:

$$ET_c = I - D - \pm \Delta h \quad (3)$$

#### 4.3 Estimativa o coeficiente de cultura ( $K_c$ )

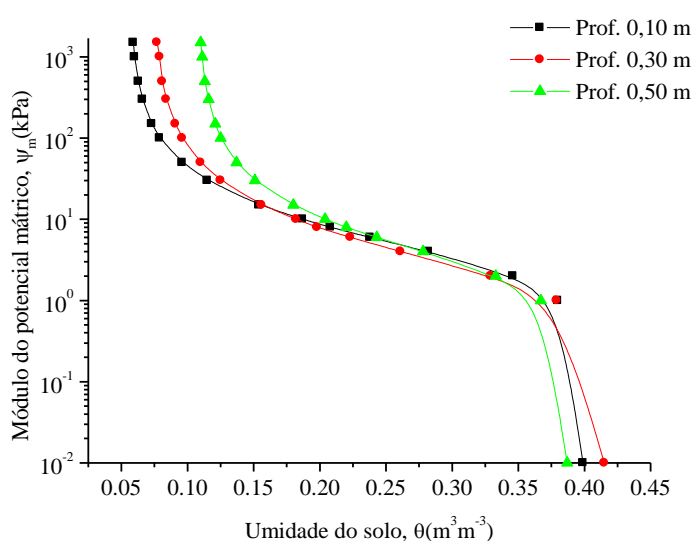
Utilizando os valores diários das evapotranspirações de referência e da cultura foram calculados os coeficientes de cultura nas diferentes fases fenológicas, através da expressão apresentada por Doorenbos & Pruitt (1975), como:

$$k_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (4)$$

sendo,

$ET_c$  – evapotranspiração da cultura, em  $\text{mm.dia}^{-1}$

$ET_o$  – evapotranspiração de referência, em  $\text{mm.dia}^{-1}$



**Figura 1.** Curvas características da água no solo da área do Laboratório de Hidráulica e Irrigação nas profundidades 0,10; 0,30 e 0,50 m.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Evapotranspiração da cultura

A evapotranspiração da cultura do feijão caupi, bem como os demais componentes do balanço hídrico, são apresentados na Tabela 2.

A lâmina total de água aplicada durante os 69 dias de estudo, através da irrigação, atingiu 447,2 mm. Comparando esse valor com a evapotranspiração acumulada no mesmo período, constata-se que a cultura não sofreu restrição de água, tendo recebido uma lâmina extra de água de 109,8 mm, em praticamente todo período estudado.

Com relação às perdas de água por drenagem, provocada por excesso de irrigação, observa-se na Tabela 2, que o valor 131,4 mm correspondeu aproximadamente, a 29,4% da lâmina total de irrigação. A textura arenosa do solo favoreceu a ocorrência do fenômeno. No caso de negligência deste componente, os valores são acrescidos a evapotranspiração da cultura, confirmando, portanto o que afirma Reichardt (1985), que a drenagem profunda não pode ser desprezada sem justificativa experimental.

Com relação à variação na armazenagem da água, observa-se uma amplitude de -13,1 mm a 23,1 mm, o que vem constatar que as irrigações foram aplicadas em período de baixa umidade e em outros onde havia umidade alta no solo.

A taxa de evapotranspiração média da cultura foi de 5,2 mm dia<sup>-1</sup>, totalizando 337,4 mm para todo o período. Com relação aos estádios fenológicos da cultura, obteve-se 4,7 mm.dia<sup>-1</sup> para a fase vegetativa, 7,2 mm.dia<sup>-1</sup> para a fase de floração/início da formação das vagens e 5,6 mm.dia<sup>-1</sup> para a fase de enchimento das vagens e 3,0 mm.dia<sup>-1</sup> no início da maturação.

Os valores da evapotranspiração da cultura, obtidos neste trabalho, assemelham aos de Padilha Júnior (1984), que trabalhando nas condições climáticas de Pentecoste, CE, obteve taxas diárias variando de 6,2 e 8,3 mm. dia<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Componentes do balanço hídrico por períodos, em mm, da cultura do feijão caupi nos estádios fenológicos vegetativo, floração, enchimento de vagens e maturação. Fortaleza - CE.

Período	Estádio	I (mm)	D (mm)	$\Delta h$ (mm)	ETc		Kc <sub>1</sub>	Kc <sub>2</sub>
					Acumulada (mm)	Diária (mm/dia)		
19 a 21/07	Vegetativa	4,5	-	-1,4	5,9	2,0	0,41	0,42
22 a 23/07	Vegetativa	3,7	-	-1,1	4,8	2,4	0,48	0,45
24 a 28/07	Vegetativa	13,4	-	0,8	12,6	2,5	0,55	0,53
29 a 30/07	Vegetativa	6,2	0,8	-1,0	6,4	3,2	0,66	0,72
31/7 a 1/08	Vegetativa	5,2	-	-1,5	6,7	3,4	0,67	0,75
2 a 4/08	Vegetativa	16,8	3,7	1,4	11,7	3,9	0,73	0,78
5 a 7/08	Vegetativa	9,7	1,7	-2,4	10,4	5,2	0,82	0,81
8 a 11/ago	Vegetativa	11,6	-	-5,5	17,1	5,7	0,83	1,15
12 a 13/08	Vegetativa	28,5	13,1	3,5	11,9	6,0	1,01	1,09
14 a 15/08	Vegetativa	19,8	14,5	-8,5	13,8	6,9	1,11	1,00
16 a 18/08	Vegetativa	23,6	15,5	-13,1	21,2	7,1	1,15	0,99
19 a 20/08	Vegetativa	33,3	17,5	0,7	15,1	7,6	1,01	1,08
21 a 25/08	Floração	35,6	10,2	-8,6	34,0	6,8	1,22	1,19
26 a 28/08	Floração	32,1	13,5	4,4	14,2	7,1	1,18	1,31
29/08 a 1/09	Floração	26,6	-	3,5	32,1	7,7	1,32	1,52
2 a 5/09	Floração	32,6	-	3,5	29,1	7,3	1,35	1,42
6 a 8/09	Ench. vagem	20,3	6,3	-7,5	21,5	7,2	1,24	1,46
9 a 12/09	Ench. vagem	43,5	6,8	13,1	23,6	5,9	0,98	1,17
13 a 17/09	Ench. vagem	41,7	10,6	6,1	25,0	5,0	0,93	1,11
18 a 19/09	Ench. vagem	17,8	7,0	2,4	8,4	4,2	0,92	1,01
20 a 23/09	Maturação	20,7	10,2	-1,4	11,9	3,0	0,69	0,77
<b>Somatório</b>		447,2	131,4		337,4			
<b>Média</b>						5,2		

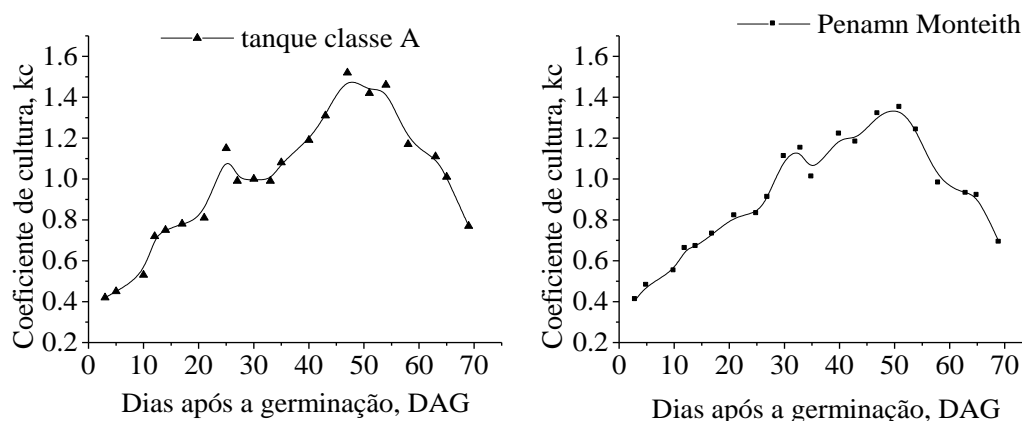
I- irrigação; D- drenagem;  $\Delta h$  - variação da armazenagem; ETc - evapotranspiração da cultura; Kc<sub>1</sub> - coeficiente de cultivo (Penman) e Kc<sub>2</sub> - coeficiente de cultivo (Tanque classe A)

## 5.2 Coeficiente de cultura (kc)

Na Figura 2 são apresentados os coeficientes de cultura do caupi durante o seu ciclo. Observa-se que os coeficientes aumentaram até o final da floração, independentemente do método de estimativa de ETo. A partir daí, verifica-se tendência geral de queda gradual nos valores de kc, atingindo um valor mínimo no estágio de maturação. A tendência observada nos valores dos coeficientes da cultura foi também constatada por Padilha Júnior (1984) e Bezerra

& Oliveira (1998). Entretanto, os valores encontrados nesta pesquisa diferem dos obtidos pelos autores citados (Tabela 3).

Os valores médios de kc obtidos nos três estádios na presente pesquisa foram sempre maiores que os encontrados por Padilha Jr. (1984) pelo método do tanque Classe A. Já os valores obtidos pelo método Penman-Monteith na presente pesquisa foram inferiores aos obtidos por Bezerra & Oliveira (1998) nos estádios floração e maturação. Apenas no estágio vegetativo é que o valor do kc obtido na pesquisa foi ligeiramente superior ao kc obtido por Bezerra & Oliveira (1998).



**Figura 2.** Variação dos coeficientes de cultura do feijão obtidos pela ETo estimada pelos métodos tanque Classe A e Penman Monteith.

**Tabela 3.** Valores dos coeficientes de cultura obtidos por Bezerra & Oliveira (1998), Padilha Júnior (1984) e na presente pesquisa determinados pelos métodos Penman Monteith e tanque Classe A, por estádios fenológicos do feijão caupi.

Método	Penman Monteith		Tanque Classe A	
	Pesquisa	Bezerra & Oliveira (1998)	Pesquisa	Padilha Jr. (1984)
Estádio				
Vegetativo	0,78	0,62	0,81	0,70
Floração	1,27	1,58	1,36	1,03
Maturação	0,69	0,94	0,77	0,55

## 6 CONCLUSÕES

Nas condições edafoclimáticas da região onde foi realizada a pesquisa e com base nos resultados obtidos conclui-se:

- A evapotranspiração da cultura do feijão caupi apresentou um valor médio de 5,2 mm.dia<sup>-1</sup>, totalizando 337,4 mm para todo o período. Os valores extremos foram 2,0 e 7,7 mm.dia<sup>-1</sup>.
- O pico de consumo de água para o caupi ocorreu no estágio fenológico floração.
- Os valores do coeficiente de cultivo (Kc) para a ETo de Penman-Monteith FAO foram de 0,78 para o estágio vegetativo, 1,27 para o estágio de floração, 1,02 para o estágio de enchimento das vagem e 0,69 para o estágio de maturação.
- Os valores do coeficiente de cultivo (Kc) para a ETo do tanque Classe A foram de 0,81 para o estágio vegetativo, 1,36 para o estágio de floração, 1,19 para o estágio de enchimento das vagem e 0,77 para o estágio de maturação.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Amparo a Pesquisa (FUNCAP) pelo financiamento do projeto que deu origem a este artigo.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, F. M. L.; OLIVEIRA, C. H. C. Evapotranspiração real do caupi (*Vigna unguiculada* (L.) Walp.) no período chuvoso em Fortaleza – CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 85-87.

DANTAS NETTO, F. S. Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração para Mossoró – RN. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.7, n.1, p. 46-55, 1999.

DIAS, K. L. C. **Análise da evapotranspiração de referência da grama (*Paspalum maritimum* L.) e da evapotranspiração do melão (*Cucumis melo* L.) para a região litorânea do Cear.** 2001. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requirement's: revised**, Roma. FAO, 1975. 144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema de classificação de solos**. Brasília, Embrapa: Produção de Informação, 1999. 412 p.

MELO, R. F. de **Interações rizóbio, fungo micorrizico e adubação com NPK em feijão de corda**. 2002. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

PADILHA JÚNIOR, I. C. Evapotranspiração: utilização de modelos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7., 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1984. p. 391-436.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo- planta- atmosfera**. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445 p.

SENA, A.E. S. de; BEZERRA, J. V. Eficiência e economicidade da irrigação por aspersão na cultura do feijão de corda (*Vigna unguiculada* (L) Walp). **Produção Científica do PCDT/NE do Ceará**, v. 2, p. 588- 603, 1991.

SOARES, W. R. et al. Coeficientes de cultura no estágio de desenvolvimento inicial ( $K_{c_{inic}}$ ) para diferentes texturas de solos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.3, p.218-226, set. 2001.