

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA E COEFICIENTES DE CULTIVO PARA FEIJÃO CAUPI [*VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP] E MILHO (*ZEA MAYS* L.)¹

JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO

*Professor Adjunto, Escola Superior de Agricultura de Mossoró
Caixa Postal 137, 59.600 - Mossoró/RN*

BENJAMIN FERNANDEZ MEDINA

*Consultor PDCT/NE, Convênio ESAM/CNPq/BID
Caixa Postal 137, 59.600 - Mossoró/RN*

JORGE MOREIRA MAIA NETO

*Engenheiro Agrônomo, Convênio ESAM/CNPq/BID
Caixa Postal 137, 59.600 - Mossoró/RN*

JOAQUIM AMARO FILHO

*Professor Adjunto, Escola Superior de Agricultura de Mossoró
Caixa Postal 137, 59.600 - Mossoró/RN*

FRANCISCO PRAXEDES DE AQUINO

*Professor Assistente, Escola Superior de Agricultura de Mossoró
Caixa Postal 137, 59.600 - Mossoró/RN*

SINOPSE - Em um solo de textura média, localizado no município de Governador Dix-sept Rosado, foi conduzido um experimento visando determinar evapotranspiração máxima (ET_m) e coeficientes de cultivo (K_c) de feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], cultivar Caicó e milho (*Zea mays* L.), cultivar Cruzeta. O caupi e o milho foram plantados em 10 e 11 de novembro de 1987, enquanto que a grama (*Cynodon dactylon* L.), utilizada para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) e a partir desta os coeficientes de cultivo (K_c) para as duas culturas, foi plantada em agosto de 1987. Para medição das ET_m de caupi, milho e grama foram utilizados seis conjuntos evapotranspirométricos (dois para cada cultivo), cada um consistindo basicamente de um tanque de crescimento, comumente chamado de "evapotranspirômetro" de 1,6 x 1,0 m, uma caixa de controle de nível do lençol freático no tanque de crescimento e um depósito alimentador ou de recarga, onde era medida a água consumida pelo cultivo. Os resultados deste estudo mostraram que os evapotranspirômetros utilizados para medição da ET_m são práticos, de baixo custo, e fáceis de construir, instalar, operar e manter, proporcionando resultados bastante satisfatórios, desde que sejam adotados alguns cuidados na sua instalação e manutenção. Os valores da ET_m obtidos para feijão caupi e milho concordam com os reportados pela literatura, no sentido de que o consumo de água é baixo no início do ciclo, aumentando gradualmente até o estágio de formação do fruto, para cair logo no período de maturação. As ET_m variaram entre 1,82 mm/dia (período inicial) e 5,84 mm/dia (fase desenvolvimento da vagem) para feijão caupi, e 1,91 mm/dia (estágio inicial) e 5,42 mm/dia (período enchimento do grão), pa-

¹Trabalho realizado com ajuda financeira e técnica do PDCT/NE, Convênio ESAM/CNPq/BID. Recebido para publicação em 11.08.1988.

ra o milho. Os valores de K_c , por sua vez, obtidos a partir da ETo (ET_m grama) e os calculados utilizando evaporação do tanque Classe "A" (E_p), foram praticamente iguais, indicando com isso que a ETo pode ser estimada com adequada precisão, multiplicando-se a E_p por um coeficiente apropriado (coeficiente de tanque, K_p). No caso, o coeficiente K_p , encontrado experimentalmente, foi igual a 0,67. Finalmente, o milho cultivar Cruzeta não teve um bom comportamento sob regime irrigado. Tanto seu precário crescimento vegetativo e vigor, quanto seu baixo rendimento nos "evapotranspirômetros" e nas bordaduras, não fazem recomendável sua utilização em experimentos irrigados.

Termos de Indexação: Caupi, coeficiente de cultivo, evapotranspiração máxima, milho.

INTRODUÇÃO

O manejo da irrigação no campo depende, fundamentalmente, de estimativas precisas do uso da água pela planta. Na maioria das áreas irrigadas as informações meteorológicas para determinar evapotranspiração são muito limitadas, o que se traduz na utilização de métodos e dados de regiões ou áreas com características climáticas e agronômicas bastante diferentes daquelas onde essas metodologias e esses valores são aplicados. Ainda mais, muitos dos fatores locais que influenciam a ET de culturas, tais como capacidade de retenção de água do solo, salinidade, método de irrigação, etc., não são comumente considerados. Segundo VENKATARAMAN (1962), somente quando todos os fatores que afetam as relações da água com o solo, com a planta e com a atmosfera são adequadamente medidos é possível estabelecer um balanço para a água recebida pela chuva e/ou irrigação e aquela perdida através dos diferentes processos (evapotranspiração, escoamento superficial e percolação). Isto proporciona uma compreensão mais profunda no problema das necessidades da água das culturas no campo e mostra a importância agronômica e econômica da evapotranspiração. Por isso, e por constituir a maior perda da água no ciclo hidrológico, tem-se conduzido

uma grande quantidade de pesquisas e proposto numerosos métodos para estimar a evapotranspiração das plantas. THORNTHWAITE & WILM (1944) definiram evapotranspiração potencial (ET_p) como sendo "a perda de água que ocorrerá se nunca houver deficiência de água no solo para uso das plantas". Segundo STANHILL (1973), essa definição é clara, independente da teoria e susceptível de medição direta e útil naquelas inúmeras situações em que a chuva e/ou a irrigação asseguram que a água do solo não é o fator limitante para a perda de água. PENMAN (1948) sugeriu que a taxa de ET_p deverá ser calculada a partir de uma superfície hipotética definida como "uma grande extensão de cultura verde, curta, de altura uniforme, nunca carente de água e que cobre completamente a superfície do solo". No presente existem numerosos métodos para se estimar ET_p : alguns são baseados em medições da radiação solar; outros, derivados do poder evaporante do ar como uma função dos parâmetros climáticos radiação solar e temperatura média do ar; há os que combinam a temperatura com a umidade relativa, encontrando-se ainda os métodos que usam um termo aerodinâmico e coeficientes determinados empiricamente. Visto que a ET_p e a evaporação (E), a partir de uma superfície de água livre, são governadas pe-

los mesmos fatores meteorológicos, é comum estimar a primeira utilizando dados da evaporação de tanque (E_p) com correções empíricas para levar em conta as características dos cultivos e o "status" de água do solo. A relação entre ET_p e E_p depende também do tamanho, forma e exposição do tanque (FUCHS, 1973). Para relacionar ET_p , ou ET_o , com a evaporação máxima da cultura (ET_m , ou ET_c) utilizam-se coeficientes de cultivo (K_c) determinados empiricamente. O valor do K_c varia com o cultivo, com o seu estágio de crescimento é, de certo modo, com o vento e a umidade relativa (DOORENBOS & KASSAM, 1979). Segundo DOORENBOS & PRUITT (1977), o fator K_c representa a evapotranspiração de uma cultura que cresce sob condições ótimas produzindo rendimentos máximos. Para um dado clima, uma dada cultura e uma determinada fase de crescimento, a ET_m do período, em mm/dia, é estimada pela relação:

$$ET_m = K_c \times ET_o$$

A evapotranspiração máxima representa a perda de água máxima de um cultivo sadio, que se desenvolve em áreas grandes e em condições ótimas de umidade do solo, fertilidade e outros aspectos agronômicos (DOORENBOS & KASSAM, 1979). Valores de K_c para diferentes cultivos e períodos de crescimento, têm sido estimados por DOORENBOS & PRUITT (1977) sob condições climáticas e agronômicas diferentes às do Nordeste brasileiro. Os autores têm dividido o ciclo total de crescimento das culturas em quatro períodos, a saber: 1. Inicial; 2. Crescimento vegetativo; 3. Desenvolvimento pleno; e 4. Final. Hargreaves, citado por DA SILVA (1988), por sua vez,

apresentou o produto dos coeficientes $K_c \times K_p$ para percentagens (0, 5, 10, ..., 100%) do ciclo total de crescimento de várias culturas. Estas foram separadas em três grupos: A (feijão, soja, milho e algodão); B (cevada, trigo e sorgo granífero); e C (arroz).

Tendo em vista que na região não existem dados de ET_o nem de coeficientes K_c , para subsídio de sua agricultura irrigada, planejou-se esta pesquisa que objetiva: (i) determinar valores de ET_m e K_c nos diferentes estágios de crescimento do feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] e do milho (*Zea mays* L.); (ii) medir ET_o utilizando capim (*Cynodon dactylon* L.); e (iii) obter coeficiente de tanque Classe "A" (K_p) para uso no cálculo da ET_o .

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido na propriedade do Sr. Nicácio Nogueira Sobrinho, localizada no município de Governador Dix-sept Rosado-RN (5°28'S; 37°31'W; 36 m), a 35 km da cidade de Mossoró-RN.

De acordo com a classificação de Gaussen (FERNANDES, 1983), o bioclima da área é 4 a Th tropical quente de seca acentuada, com índice xerotérmico entre 200 e 150 e 7 a 8 meses secos. Segundo a classificação de Koeppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw^h, isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono. Na classificação climática de Thornthwaite, o clima do local experimental enquadra-se no tipo DdA'a', ou seja, semi-árido, megatérmico e com pequeno ou nenhum excesso de água durante o ano (CARMO FILHO

et alii, 1987). A precipitação média anual é de 674 mm, sendo que as maiores ocorrências são nos meses de fevereiro a maio ao passo que as mais baixas ocorrem no período compreendido entre agosto e novembro. A temperatura tem pequena variação anual. A média é de 27,4°C, sendo que o mês mais quente é dezembro, com média de 26,2°C. As temperaturas máxima e mínima do ar têm valores médios iguais a 33,3°C e 22,6°C, respectivamente. A insolação em Mossoró ultrapassa 2800 horas anuais, sendo também elevada a incidência de radiação solar, com valores máximos de 0,73 wm^{-2} . Os ventos predominantes são de NE e SE, com velocidade média anual de 4,1 m/s. A pressão atmosférica média anual é de 0,1 MPa. Durante o período experimental (nov. 1987 - jan. 1988) a temperatura média foi de 28,5°C, a umidade relativa do ar de 61,4%, a velocidade diária do vento igual a 1,52 m/s e a evaporação média de tanque Classe "A" de 8,6 mm/dia.

O solo do local experimental é de textura média e se encontra classificado como aluvial eutrófico fase floresta ciliar de carnaúba relevo plano (BRASIL, 1971). No Quadro 1 são apresentadas algumas propriedades físicas do solo e na Figura 1 a curva característica de umidade.

Na Figura 2 é apresentado diagramaticamente o arranjo experimental para medição de perdas por evapotranspiração de um campo irrigado. Em princípio, ele é similar ao de Thornthwaite, mas com uma série de modificações de maneira a adaptá-lo aos materiais disponíveis para sua confecção. Basicamente, o arranjo consiste de: (i) um tanque de crescimento de cimento-amianto (brasilit) de 1,6 m de comprimento por 1,0 m de largura ($1,6\text{m}^2$) e 0,8 m de profundidade; (ii) um tanque de cimento-amianto 0,4 x 0,4 m e 0,31 m de altura (50 l) para manter constante, mediante uma bóia instalada no tubo de entrada da água, o nível do lençol freático no interior do primeiro tanque. Este depósito de controle, que é mantido permanentemente fechado para evitar evaporação da água, está conectado ao tanque de crescimento das plantas por meio de tubos de PVC de 3/4 polegada; (iii) um depósito alimentador de PVC, de 0,20 m de diâmetro e 1,0 m de altura para suprir as exigências de ET das plantas no primeiro tanque. Justaposto à parede exterior deste reservatório foi instalado um tubo de plástico transparente de 6,0 mm de diâmetro interior, juntamente com uma escala graduada em mm para medir a diferença de

QUADRO 1 - Algumas propriedades físicas selecionadas do solo do local experimental.

Prof. (cm)	Fração Mineral (%)			Densidade (Mg/m^3)		Porosidade (%)			CC	PMP (mm/m)	Aa
	Areia	Silte	Argila	Global	Real	Macro	Micro	Total			
0-20	51	33	16	1,42	2,61	23,7	21,9	45,6	219	72,4	146,6
20-40	55	26	19	1,51	2,64	14,7	28,1	42,8	281	116,3	164,7
40-60	39	29	32	1,52	2,66	16,2	26,6	42,8	266	123,3	142,7

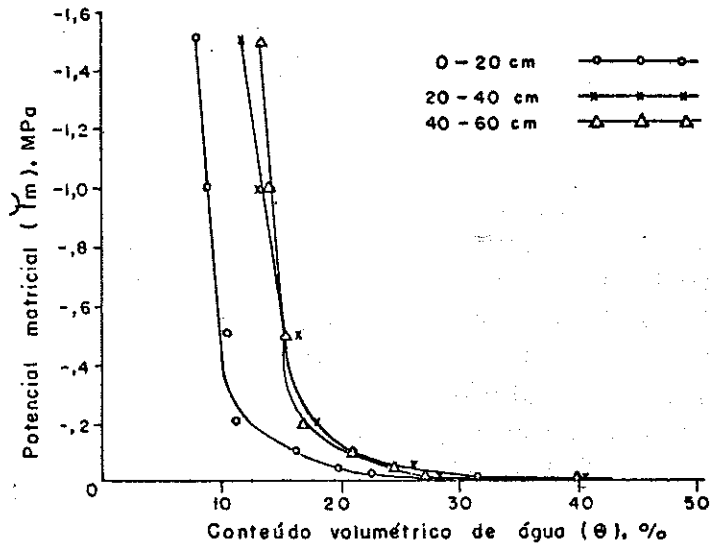


FIGURA 1 - Curvas características do solo do local experimental para as profundidades 0-20, 20-40 e 40-60cm.

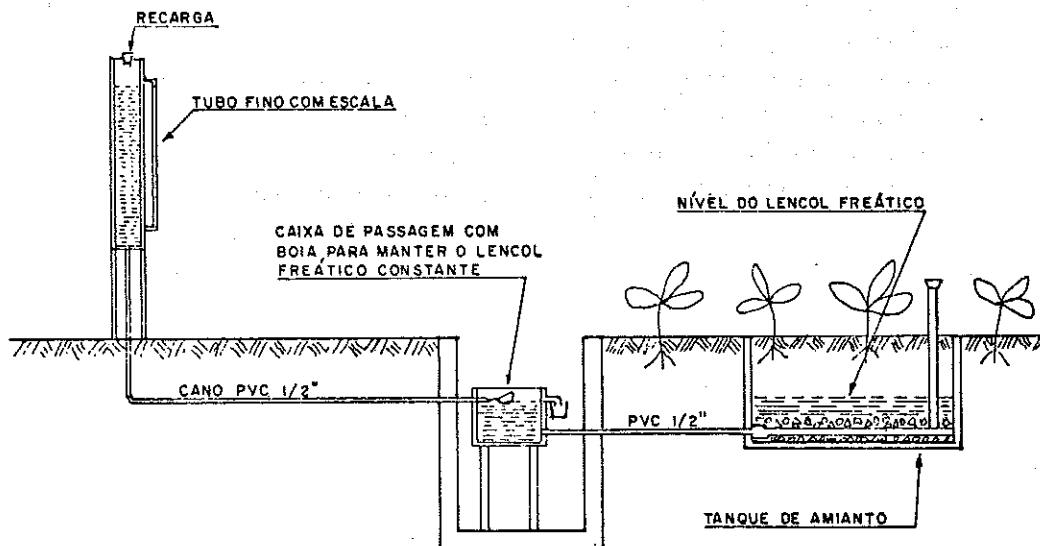


FIGURA 2 - Diagrama esquemático do conjunto evapotranspirométrico com lençol freático constante.

nível da água, em função do tempo, no tanque alimentador. Conhecidas as secções transversais do tanque de crescimento e do alimentador é possível, por diferença, obter, a partir de leituras diárias na escala graduada, a quantidade de água evapotranspirada. O depósito alimentador, montado em uma estrutura de ferro a 1,0 m do chão para facilitar o fluxo de água para o tanque de controle do lençol freático, está ligado a este por meio de tubos de PVC de 3/4 polegadas.

Foram instalados no campo, seis sistemas de medição da evapotranspiração: dois para feijão caupi; dois para milho, e outros dois para grama. Suas disposições no campo, em relação às áreas de bordadura das três culturas, assim como da estação agrometeorológica, contígua, são mostradas na Figura 3. Para instalação dos tanques de crescimento dentro de cada parcela foram abertas trincheiras separando-se a terra removida segundo os horizontes do solo. Semelhantemente, foram abertas trincheiras para instalação dos tanques de controle dos lençóis freáticos e valetas para colocação dos tubos adutores que conectam os dois tipos de tanques. Os tanques de crescimento foram colocados dentro das trincheiras de maneira que suas bases ficassem horizontais, niveladas e suas bordas, aproximadamente 10 cm acima da superfície do solo. Os tanques de controle, por sua vez, foram colocados dentro de caixas de alvenaria de 1,30 x 1,30 m e 1,40 m de profundidade, apoiados sobre estruturas metálicas. Tanto nestes pequenos tanques quanto nas caixas de alvenaria, foram colocadas tampas para evitar a evaporação da água. No fundo de cada tanque de crescimento colocou-se

uma camada de brita e logo acima uma de areia, formando um estrato de aproximadamente 10 cm de espessura. Dois canos de PVC de duas polegadas dispostos diagonalmente dentro de cada tanque, foram instalados verticalmente para controle da altura do lençol. Os tanques, após sua instalação nas trincheiras, foram enchidos com o solo retirado inicialmente, tendo-se o cuidado de colocá-lo na mesma sequência de horizontes que tinha na sua condição natural. A superfície do solo dentro dos tanques ficou ao mesmo nível que o solo fora deles.

A instalação dos três conjuntos evapotranspirométricos foi concluída em junho de 1987, para dar tempo ao acondicionamento e assentamento do solo nos tanques de crescimento, antes de se efetuar o plantio das culturas sob estudo, em novembro desse mesmo ano.

Para evitar possíveis danos aos sistemas, decorrentes do uso de maquinária agrícola, o preparo do solo foi feito manualmente. Para estimar a evapotranspiração potencial (ET_o ou ET_p) foi utilizada a grama (*Cynodon dactylon* L.) "capim Bermuda"; ao passo que para determinação dos coeficientes de cultivo (K_c) foram selecionadas duas culturas de grande importância social e econômica para a região: o feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], cultivar Caicó (CNCx-482) e milho (*Zeamays* L.), cultivar Cruzeta (BR-5037).

O capim Bermuda foi transplantado em agosto de 1987, utilizando plantas do Jardim Botânico da ESAM. Após efetuada esta operação, as parcelas foram adubadas a lanço com NPK em proporções de 60, 40 e 40 kg/ha, respectivamente. O feijão caupi e o milho

foram plantados (quatro sementes por cova) utilizando-se espaçamento de 0,80 x 0,50 m. Com esse mesmo espaçamento foi feito o plantio nos tanques de crescimento, perfazendo um total de oito plantas (duas por cova), após desbaste, que foi realizado aos 10 dias depois da emergência das plântulas. A adubação foi feita na cova com 1,6, 1,6 e 2,4 g de ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo, respectivamente. Antes do plantio efetuou-se uma irrigação para facilitar a germinação e continuou-se irrigando até o enchimento dos grãos de caupi e milho.

Com a finalidade de se manter o "status" de água do solo num nível ótimo para o crescimento das plantas, instalaram-se tubos de acesso de PVC, de duas polegadas de diâmetro interno, em cada parcela, para receber a sonda de neutrons de um neutrômetro TROXLER, mod. 3332 A, Série 368, cuja fonte de radiação é Am 241/Be. Toda vez que o conteúdo volumétrico de água no solo atingia 25% (-0,05 MPa), efetuava-se uma irrigação.

O lençol freático nos tanques de crescimento foi mantido em 25 cm de profundidade durante os primeiros vinte dias após o plantio, em 30 cm até os 40 dias (início da floração) e em 35 cm no restante do ciclo.

Capinas periódicas e controles fitossanitários foram efetuados durante todo o período de desenvolvimento dos cultivos, de acordo com as necessidades.

Visando cumprir com os objetivos deste estudo, efetuaram-se, ao longo do ciclo, leituras diárias da água evapotranspirada pelas culturas de feijão caupi e milho e pelo cultivo de referência (grama). Simultaneamente

te efetuou-se leituras de evaporação de água do tanque Classe "A", assim como de outros parâmetros climáticos (temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, velocidade do vento, insolação e radiação solar). Com esses dados, convenientemente processados, foi possível determinar a evapotranspiração máxima (ETm) e os coeficientes de cultivo (Kc), medidos, e calculados utilizando-se o tanque Classe "A", para feijão caupi e milho. Os referidos dados permitiram, também, estimar a evapotranspiração de referência (ETo), a evaporação do tanque Classe "A" (Ep) e o coeficiente de tanque (Kp), para a localidade.

Objetivando estabelecer o grau de associação entre ETo medida utilizando grama e Ep do tanque Classe "A" e dessa maneira encontrar um valor do coeficiente de tanque (Kp) confiável para estimar ETo, processou-se a regressão linear entre ambas as variáveis.

Os resultados foram apresentados para cada estágio fenológico ou de crescimento (cinco) e para o ciclo total. Os cinco estágios fenológicos selecionados foram:

Feijão caupi, cultivar Caicó

1. Inicial (12 dias) - Plantio, germinação e crescimento inicial, até as plantas cobrirem 10% da superfície do solo.
2. Crescimento vegetativo (20 dias) - Término do inicial até as plantas cobrirem 80% da superfície do solo (início floração).
3. Floração (07 dias) - Início Floração até formação da vagem.
4. Desenvolvimento da vagem até início maturação (09 dias).
5. Fim do anterior até colheita (13 dias).

Milho, cultivar Cruzeta

1. Inicial (10 dias) - Plantio, germinação e crescimento inicial até as plantas cobrirem 10% da superfície do solo.
2. Crescimento vegetativo (18 dias) - Final do anterior até as plantas cobrirem 70-80% da superfície do solo.
3. Floração e polinização (12 dias) - Inflorescência masculina, feminina e polinização até formação da espiga.
4. Enchimento do grão (30 dias) - Início do enchimento do grão até grão completamente desenvolvido. Vegetação começa amarelar.
5. Maturação (20 dias) - Término do anterior até maruação fisiológica.

O comportamento das plantas, tanto nos tanques de crescimento quanto nas bordaduras, foram avaliados através da produção de grãos, em kg/ha e os seguintes componentes da produção: peso de 100 grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem. Para isso, foram realizadas duas colheitas nos tanques de crescimento e em sete pontos de amostragens, com oito plantas cada, nas bordaduras das parcelas de feijão caupi. No milho, foi feita uma só colheita nos tanques e nas áreas totais das bordaduras. As colheitas do caupi foram feitas em 25/01 e 05/02 de 1988 e para o milho no dia 21/02 de 1988.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]

No Quadro 2 são mostrados os valores médios da ETm para feijão caupi, nos diferentes estágios fenológi-

cos e no ciclo total, bem como suas relações com a ETm da grama (ETo) e os respectivos coeficientes de cultivo (Kc).

De uma maneira geral, os valores da ETm medidos para o feijão caupi, estão de acordo com os citados na literatura para outros cultivos, no sentido de que a mesma é baixa no início do ciclo e aumenta progressivamente com o desenvolvimento das plantas, até atingir um valor máximo no período reprodutivo e de desenvolvimento do fruto, para em seguida cair, no estágio de maturação. O consumo de água de uma cultura é função das condições climáticas, características do cultivo e período de crescimento, dentre outros fatores. Daí que, para uma dada cultura, o efeito do clima é mais bem representado pela ETo, ao passo que as características do cultivo tem especial conotação no valor da ETm. Todavia, é o coeficiente de cultivo, Kc, o que reflete melhor a ação combinada de todos os fatores que determinam as perdas de água de uma cultura, via evapotranspiração. Segundo DOORENBOS & PRUITT (1977), o Kc representa a evapotranspiração de uma cultura que cresce sob condições ótimas e que produz rendimentos máximos. De acordo com o exposto acima, a determinação experimental de valores de Kc para as condições de cada área ou região, reveste-se de particular importância na determinação dos requerimentos de água das culturas e muito especialmente daquelas como o feijão caupi, que não se encontram documentados na literatura.

Observa-se que o valor do Kc (Quadro 2) é bastante baixo (0,29) no período inicial, alcançando um valor máximo (1,12) no estágio de desenvol-

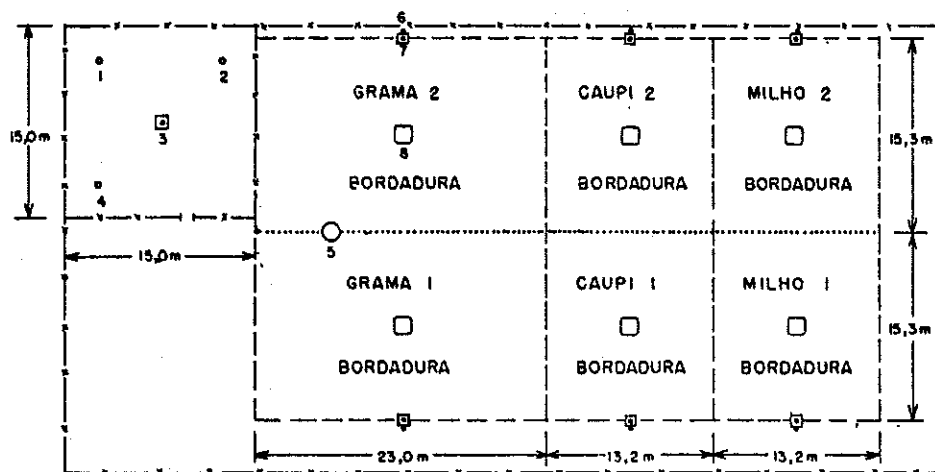
QUADRO 2 - Valores médios de ETm, ETo medidos (ET grama) e coeficientes Kc para feijão caupi nos diversos períodos de crescimento e no ciclo total.

Período Fenológico	Duração (dias)	ETm (mm)		ETo (mm)		Kc = $\frac{ETm}{ETo}$
		Período	Diária	Período	Diária	
1. Inicial						
11 - 23/11/87	12	21,79	1,82	74,06	6,17	0,29
2. Crescimento Vegetativo						
24/11 - 22/12/87	29	94,43	3,26	180,28	6,22	0,52
3. Floração						
23/12 - 29/12/87	07	39,69	5,67	40,95	5,85	0,97
4. Desenvolvimento da Vagem						
30/12/87 - 07/01/88	09	52,82	5,84	47,36	5,26	1,12
5. Maturação						
08 - 20/01/88	13	54,68	4,21	66,20	5,09	0,83
Ciclo Total	70	263,34	3,76	408,85	5,84	0,64

vimento da vagem. Na literatura não há dados de coeficientes de cultivo para *Vigna unguiculata* (L.) Walp, provavelmente, devido ao fato de que esta espécie é universalmente considerada de sequeiro, particularmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (FERNANDES, 1983), como também na África (TURK *et alii*, 1983). DOORENBOS & PRUITT (1977) apresentam valores de Kc de uma grande variedade de cultivos de campo e olerícolas para diferentes estágios de crescimento (quatro) e condições climáticas (umidade relativa e vento), que prevalecem durante o ciclo. Não há dados para feijão caupi. Os autores dão, basicamente, dados para os dois últimos estágios de crescimento (média estação e maturação). O período inicial é estimado a partir de curvas (gráfico) que relacionam Kc, ETo e frequências de irrigação e/ou chuvas significativas,

ao passo que o período de crescimento vegetativo é calculado mediante interpolação.

As relações entre Kc e os estágios fenológicos do feijão caupi, são mostrados graficamente na Figura 4. Verifica-se, como já foi citado, que o Kc é inicialmente baixo, aumentando gradativamente até o final do período de crescimento vegetativo (início do período de floração), a partir do qual experimenta um acréscimo mais pronunciado, atingindo seu valor máximo no começo do estágio de desenvolvimento da vagem e enchimento do grão. Verifica-se que durante esse período, o Kc foi superior à unidade, ou que, em outras palavras, significa que a ETm excedeu a ETo e ilustra, mais uma vez, o fato de que a primeira é função de uma série de fatores tais como as condições climáticas locais, características da cultura e estágio de cresci-



- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 - PLUVIÔMETRO | 5 - TANQUE EVAPORAÇÃO CLASSE "A" |
| 2 - ANEMÔMETRO | 6 - RESERVATÓRIO ALIMENTAÇÃO DE ÁGUA |
| 3 - ABRIGO: TERMOM. MÁX. e MÍN.
TERMOM. BULBO SECO e ÚMIDO
EVAPORÍMETRO PICHÉ; HIGRÓGRAFO | 7 - TANQUE CONTROLE NÍVEL DO LENÇOL |
| 4 - HELIÓGRAFO | 8 - TANQUE DE CRESCIMENTO |

FIGURA 3 - Localização das unidades experimentais, sistemas evapotranspirométricos e estação agrometeorológica.

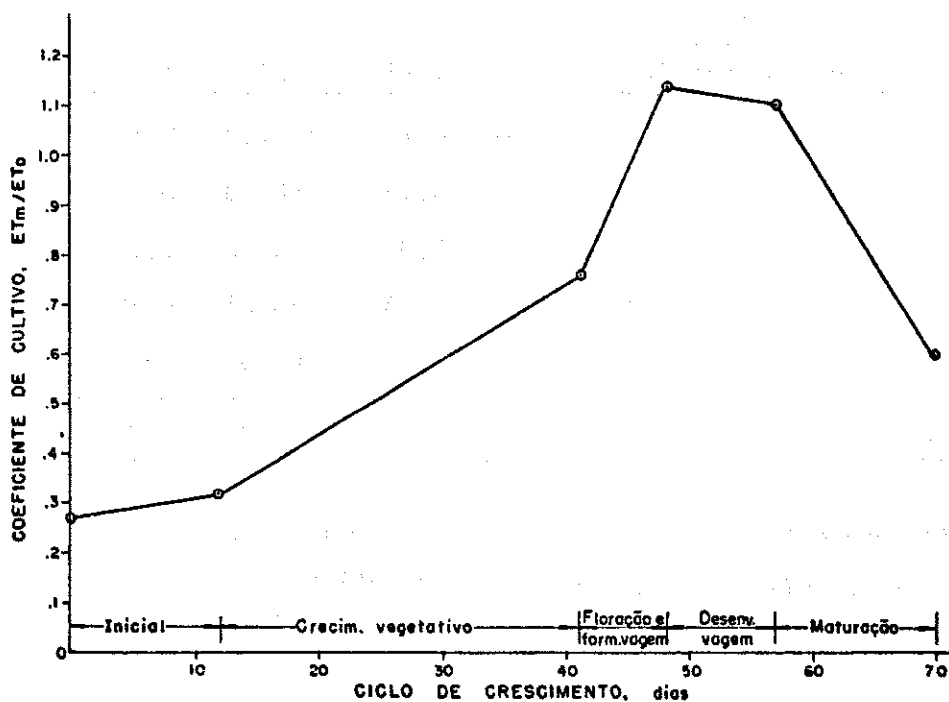


FIGURA 4 - Variação do coeficiente de cultivo do feijão caupi em função da fenologia da cultura.

mento da mesma, ao passo que a E_{To} depende, fundamentalmente, das condições climáticas imperantes. O k_c diminuiu rápida e progressivamente no período de maturação, em consequência da baixa demanda evapotranspiratória da planta neste período (paralisação da fotossíntese e, em geral, dos processos metabólicos).

Objetivando testar a associação entre E_{To} e evaporação do tanque Classe "A" (E_p), processou-se a regressão linear entre as médias de ambos os parâmetros. Os resultados, que são mostrados na Figura 5, indicam que há uma alta e significativa correlação ($r = 0,82^{**}$) entre E_p e E_{To} e que, portanto, a primeira é passível de ser utilizada no cálculo da E_{To} , desde que multiplicada por um

coeficiente apropriado. Uma vez constatada esta alta correlação entre E_p e E_{To} , foi calculado o coeficiente de tanque, K_p , através da relação: $K_p = E_{To}/E_p$. Esta relação, para o período experimental, foi igual a 0,67 (408,85/609,02).

No Quadro 3 são apresentados os valores dos coeficientes de cultivo, K_c , medido (ET_m/E_{To}) e calculado: $ET_m/(E_p \times 0,67)$.

As pequenas diferenças observadas entre os K_c medidos e calculados, devem-se a que, por razões de natureza prática, o K_p utilizado na determinação do K_c calculado foi aquele correspondente ao ciclo total. De qualquer maneira, nota-se que os valores são muito próximos e válidos para fins práticos.

QUADRO 3 - Valores de coeficientes de cultivo (K_c), medidos e calculados, para os diferentes estágios de crescimento e ciclo total do feijão caupi.

Período	ET_m (mm)		E_{To} (mm)		E_p (mm)		K_c	
	Período Diária		Período Diária		Período Diária		Medido	Tanque
1	21,79	1,82	74,06	6,17	115,59	9,63	0,29	0,28
2	94,43	3,26	180,28	6,22	252,73	8,71	0,52	0,56
3	39,69	5,67	40,95	5,85	65,52	9,36	0,97	0,90
4	52,82	5,84	47,36	5,26	74,56	8,28	1,12	1,05
5	54,68	4,21	66,20	5,09	100,62	7,74	0,83	0,81
Ciclo Total	263,41	3,76	408,85	5,84	609,02	8,70	0,64	0,64

Milho (*Zea mays* L.)

As médias da ET_m e os valores do K_c e sua comparação com E_{To} para todo o ciclo, com exceção do último período (maturação) que não foi possível completar por razões que serão expos-

tas mais adiante, são mostradas no Quadro 4.

Verifica-se que, como se esperava, todos os valores seguiram a mesma tendência natural, a exemplo do que ocorreu com os resultados para o fei-

QUADRO 4 - Médias da ETm, ETo e valores do Kc para os quatro primeiros estágios fenológicos do milho.

Período Fenológico	Duração (dias)	ETm (mm)		ETo (mm)		Kc = $\frac{ETm}{ETo}$
		Período Diária		Período Diária		
1. Inicial 11 - 19/11/87	10	19,10	1,91	61,78	6,18	0,31
2. Crescimento Vegetativo 20/11 - 22/12/87	18	48,24	2,68	107,17	5,95	0,45
3. Floração e Polinização 23 - 30/12/87	12	62,52	5,21	73,68	6,14	0,85
4. Enchimento do Grão 31/12/87 - 07/01/88	30	162,60	5,42	160,20	5,34	1,01
5. Maturação 8 - 28/01/88	20	-	-	-	-	-

ção caupi. Com exceção do período inicial, no qual se observou valores um pouco maiores para o milho, nas demais fases, os coeficientes de cultivo do feijão foram superiores aos daquela cultura. Isto, como resultado da maior demanda evapotranspirométrica do feijão, em decorrência de sua maior área foliar exposta, em termos quantitativos, e do fraco desenvolvimento do milho.

As relações Kc (ETm/ETo), em função do período de crescimento do milho, são mostradas na Figura 6. Verifica-se que as passagens do período inicial para o vegetativo e deste para o de floração não são tão abruptas como na cultura do feijão caupi, o que se atribuiu ao menor consumo de água durante esses períodos, em decorrência de sua comparativamente baixa área foliar. O Kc máximo foi alcançado na transição do estágio de floração e polinização, para o de enchimento do

grão. Daí em diante houve uma queda muito lenta, até o término do período. Vale salientar que faltando quatro dias para a conclusão deste estágio foram interrompidas as observações da ETm por causa de problemas surgidos no conjunto evapotranspirométrico, que se traduziram em leituras erráticas e incoerentes. O período foi concluído por extrapolação, mas não houve nenhuma condição de se dar término ao ciclo.

Os valores do Kc medidos e aqueles obtidos a partir do coeficiente de tanque Kp, já estimado (0,67), são mostrados no Quadro 5. Observa-se que eles não diferem significativamente dos obtidos diretamente para os diversos períodos de crescimento do milho. Esta constatação, já observada para o feijão caupi, indica que o citado coeficiente de tanque Classe "A", pode ser utilizado para calcular a ETo, a partir de dados de evaporação

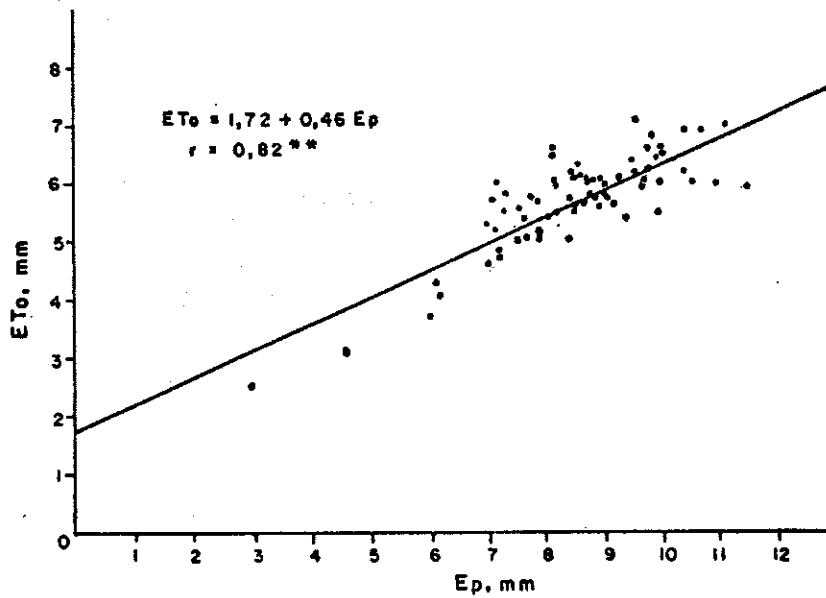


FIGURA 5 - Relação evapotranspiração de tanque classe "A" (E_p)-evapotranspiração de referência (E_{T_o}).

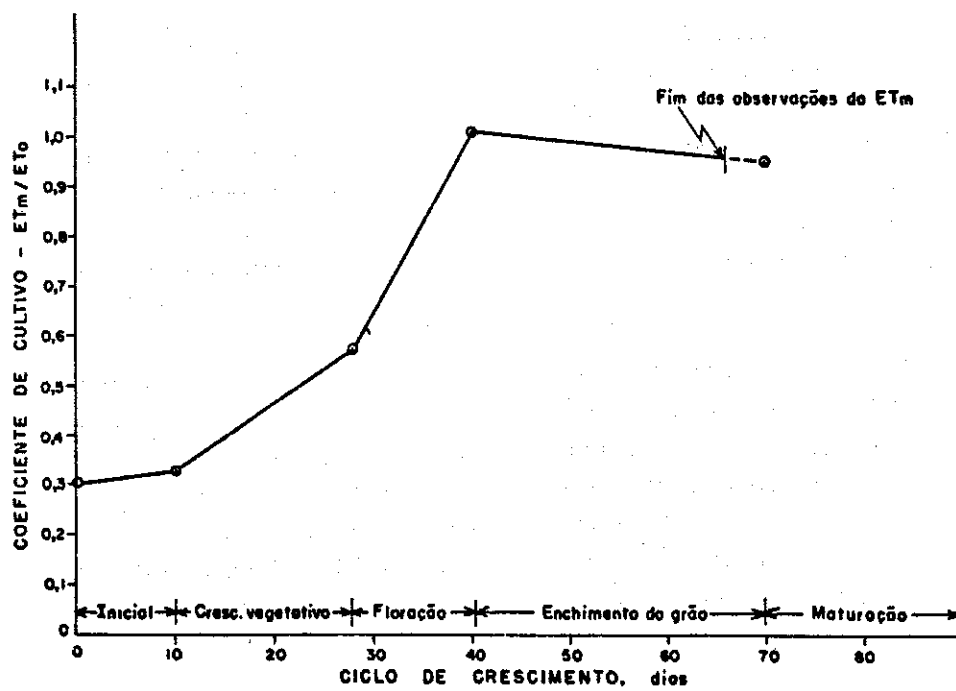


FIGURA 6 - Variação do coeficiente de cultivo do milho em função da fenologia da cultura.

QUADRO 5 - Valores de coeficientes de cultivo, Kc, medidos e calculados, para os diferentes estágios de crescimento (com exceção do último) de milho.

Período	ETm (mm)		ETo (mm)		Ep (mm)		Kc	
	Período	Diária	Período	Diária	Período	Diária	Medido	Calculado
1	19,10	1,91	61,78	6,18	96,86	9,69	0,31	0,29
2	48,24	2,68	107,17	5,95	155,76	8,65	0,45	0,46
3	62,52	5,21	73,68	6,14	105,96	8,83	0,85	0,88
4	162,60	5,42	160,20	5,34	245,96	8,20	1,00	0,97
5	-	-	-	-	-	-	-	-

de tanque ($ET_o = E_p \times 0,67$) e consequentemente o Kc, quando se conhece a ETm [$Kc = ETm / (E_p \times 0,67)$]. Em um trabalho que se está iniciando, calcular-se-ão valores de Kc, para ETo obtidos através de alguns dos métodos empíricos mais usados e apropriados para regiões semi-áridas.

Antes da conclusão da análise dos dados do milho, é interessante frisar que a cultivar utilizada neste estudo (Cruzeta) não teve um desenvolvimento nem uma produção compatíveis com os que devem apresentar os cultivos irrigados, isto é, crescimento vigoroso e alto potencial produtivo. Isto faz com que não seja recomendável continuar utilizando esta cultivar em meios irrigados, sendo duvidoso seu emprego como cultura irrigada com fins comerciais. Em todo caso, este último aspecto mereceria ser mais estudado, haja vista que há algumas informações (não documentadas), que atribuem a esta cultivar algum potencial sob regime irrigado. O pobre desempenho do milho neste experimento deve ter influenciado nos valores da ETm e, portanto, nos do Kc medido, como também na pro-

dução, que será analisada a seguir.

Produção e Componentes da Produção

Feijão caupi, cultivar Caicó

A produção média e os valores de alguns componentes da produção, tanto para os tanques de crescimento, quanto para as bordaduras, são mostrados no Quadro 6. Os valores apresentados correspondem a duas colheitas.

No referido quadro, verifica-se que o componente da produção decisivo no rendimento médio do caupi foi o número de vagens por planta e que foi responsável pela maior produção dos tanques de crescimento. A pronunciada diferença entre estes e as bordaduras, deveu-se fundamentalmente à disponibilidade de água, que durante todo o ciclo de crescimento foi ótima nos evapotranspirômetros, quando comparada com as bordaduras. Nestas últimas, houve alguns problemas na aplicação da água, que deve ter provocado essa diminuição ostensiva nos rendimentos.

QUADRO 6 - Valores médios de produção e componentes da produção nos tanques de crescimento e nas bordaduras para feijão caupi.

Localização na Parcela	Nº Vagens por Planta	Nº Grãos por Vagem	Peso 100 Grãos (g)	Produção (kg/ha)
Tanques de Crescimento	21,4	15	16,0	2.427,5
Bordaduras	5,2	13,1	19,3	1.090,4

Milho, cultivar Cruzeta

Nesta cultura foi feita uma única colheita. No Quadro 7 são apresentadas as médias de produção dos tanques de crescimento e das bordaduras, em kg/ha.

Percebe-se que não houve uma diferença marcante entre a produção dos tanques de crescimento e das bordaduras e que obviamente ambas são baixas, quando comparadas com a média de

produção de milho irrigado na região (1.300 kg/ha). Já foi comentado o precário comportamento do milho neste estudo, cabendo aqui acrescentar que deve ter havido algum outro fator do solo que coadjuvou para este pobre desempenho do milho. Para tanto, dever-se-á descartar qualquer influência da água de irrigação, posto que a sua análise revelou ser de excelente qualidade ($CE_w < 1,0$ mmho/cm).

QUADRO 7 - Médias de produção nos evapotranspirômetros e nas bordaduras para o milho.

Parâmetro	Tanques de Crescimento	Bordaduras
Produção de Grãos (kg/ha)	715,00	738,2

Desempenho do Conjunto Evapotranspirométrico

De uma maneira geral, pode-se dizer que a técnica experimental que utiliza os evapotranspirômetros apresentados neste trabalho, para medir a ETm, é simples, de operação fácil e de resultados adequadamente precisos. O conjunto também é fácil de construir e instalar e de baixo custo. Sua operação requer leituras periódicas e abastecimento do tanque de alimenta-

ção, segundo as necessidades. O nível do lençol freático no tanque de crescimento é fácil de se estabelecer, subindo ou baixando a bóia no interior do tanque de controle do lençol, para pequenos movimentos, ou fazendo o mesmo para deslocamentos maiores. A verificação da altura do lençol freático, por sua vez, é feita introduzindo uma escala, ou régua graduada, nos tubos de PVC (dois) instalados verticalmente no interior dos evapotrans-

pirômetros. Recomenda-se, antes da instalação definitiva do conjunto, aplicar nas paredes interiores e exteriores das caixas de controle e de crescimento das plantas algum produto impermeabilizante (tinta, óleo, etc.), para evitar filtrações através delas. Durante o período experimental deste estudo, foram detectadas filtrações de água que foram corrigidas na forma indicada. Na instalação do conjunto, aconselha-se colocar o tanque de crescimento sobre pilares de concreto, fincados uns 30 cm no solo, abaixo do fundo da trincheira, para evitar afundamento do mesmo que, além de alterar o nível do lençol freático, podem provocar rachaduras ou fraturas no fundo ou nas paredes do tanque. Leituras erráticas e exageradamente altas da ETm, no final do ciclo para o milho, foram atribuídas a este efeito em um dos tanques de crescimento. Finalmente, no que se refere aos cuidados durante a operação do sistema, há necessidade de limpezas periódicas das tubulações, em geral, e da válvula da bóia na caixa de controle do nível freático, posto que, obstruções nas mesmas impedirão uma alimentação contínua de água às plantas no tanque de crescimento.

CONCLUSÕES

1. O método utilizado para determinação da ETm de feijão caupi, cultivar Caicó e de milho, cultivar Cruzeta, assim como da ETo (ETm da grama), é simples e proporcional a dados de precisão adequada. Do mesmo modo, o conjunto evapotranspirométrico é de baixo custo e de fácil construção, instalação, operação e manutenção.
2. Os valores da ETm obtidos para feijão caupi concordam com os citados na literatura para outras culturas de ciclo similar, no sentido de que o consumo de água é baixo no início do ciclo, aumentando gradualmente com o desenvolvimento da planta, até atingir um valor máximo no período de desenvolvimento do fruto e cair logo na maturação.
3. As variações da ETm situaram-se na faixa compreendida entre 1,82 mm/dia no período inicial e 5,84 mm/dia durante a fase de desenvolvimento da vagem, sendo que a ETm média para todo o ciclo de crescimento da cultura foi de 3,76 mm/dia.
4. A ETo (ETm da grama) variou de 1,09 mm/dia, para o período de 08 a 20/01/87 (13 dias), a 6,22 mm/dia, para aquele compreendido entre 23/11 e 22/12/87 (29 dias), e foi superada pela ETm no estágio de desenvolvimento da vagem.
5. Os valores do Kc (ETm/ETo) de feijão caupi seguiram idêntica tendência à já apontada para a ETm, isto é, baixa no início do ciclo e alta no período de desenvolvimento da vagem. Sua variação se manteve na faixa de 0,29 (período inicial) e 1,12 (período de desenvolvimento da vagem).
6. Encontrou-se uma alta correlação ($r = 0,82^{**}$), significativa ao nível de 1% de probabilidade, entre Ep e ETo, evidenciando deste modo que a primeira pode ser usada no cálculo da ETo, desde que multiplicada por um coeficiente (Kp) apropriado. Este coeficiente foi estimado através da relação $Kp =$

= E_{To}/E_p como sendo igual a 0,67 (408,85/609,02).

7. Os valores da E_{Tm} e K_c para o milho seguiram a mesma tendência já observada para o feijão caupi e que é comum para as culturas de ciclo curto: baixos na fase inicial e altos no período de formação do fruto.
8. Com exceção do período inicial, no qual houve uma diferença mínima em favor do milho, nas demais fases de crescimento os valores de K_c para o feijão caupi foram mais altos, em consequência de sua maior área foliar e, portanto, maior consumo de água.
9. Os valores dos K_c obtidos a partir do coeficiente de tanque estimado ($K_p = 0,67$) não diferiram significativamente dos medidos diretamente para os diversos estágios fenológicos do milho, reforçando o argumento já citado, no sentido de que o K_p , assim estimado, pode ser utilizado para calcular E_{To} ($= E_p \times 0,67$) e K_c , quando se conhece E_{Tm} [$K_c = E_{Tm}/(E_p \times 0,67)$].
10. A produção média de grãos de caupi nos tanques (2.427 kg/ha) foi mais de duas vezes maior que nas bordaduras (1.090 kg/ha), o que se deveu ao ótimo "status" de umidade do solo nos primeiros, quando comparados com as bordaduras.
11. O componente da produção decisivo no rendimento médio do caupi foi o número de vagens por planta, que no tanque de crescimento foi de 21,4 vagens/planta e de 5,2 nas bordaduras.
12. A produção do milho, tanto nos tan-

ques de crescimento quanto nas bordaduras, foi baixa (715 e 738 kg/ha, respectivamente), o que foi atribuído ao baixo potencial produtivo da cultivar utilizada (Cruzeta).

LITERATURA CITADA

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. *Levantamento Exploratório; Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte*. Recife, Convênio MA/SUDENE, 1971. 531 p. (Boletim Técnico, 21).
- CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. & AMORIM, A. R.; 1987. *Dados Meteorológicos de Mossoró (Janeiro de 1898 a Dezembro de 1986)*. Coleção. ESAM Ano XX, Vol. 13. 325 p.
- FERNANDES, J. B.; 1983. *Influência do Estresse Hídrico nos Rendimentos e Componentes da Produção de Quatro Cultivares de Caupi [Vigna unguiculata (L.) Walp]*. Areia, CCA/UFPb. 72 p. (Tese de Mestrado).
- FUCHS, M.; 1973. *The Estimation of Evapotranspiration*. In: YARON, B. (ed.). *Arid zone irrigation*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. p. 241-247. (Ecological Studies, 5).
- DOORENBOS, J. & KASSAM, A. H.; 1979. *Efectos del Agua sobre el Rendimiento de los Cultivos*. FAO, Roma. 212 p. (Riego e Drenaje, 33).
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W. O.; 1977. *Crop Water Requirements*. FAO, Roma. 144 p. (Irrigation and drainage paper, 24).
- DA SILVA, A. R.; 1988. *Aconselhamento de irrigação*. *ABID*, nº 32.

p. 28-30.

- PENMAN, H. L.; 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Roy. Soc. London Proc., Série A*, 193: 120-146.
- STANHILL, G. A.; 1961. A comparison of methods of calculating potential evapotranspiration from climatic data. *Israel J. Agric. Res.*, 11: 159-171.
- THORNTHWAITTE, C. W. & WILM, H. C.; 1944. Report of the committee on transpiration and evaporation, 1943-44. *J. Geophys. Res.*, 5: 687.
- TURK, K. J.; HALL, A. E. & ASBELL, C. W.; 1980. Drought adaptation of cowpea. I - Influence of drought on seed yield. *Agron. J.*, 72: 413-20.
- VENKATARAMAN, S.; 1962. Evapotranspiration as an agronomic factor. In: UNESCO (ed.). *Plant-water relationships in arid and semi-arid conditions. Proceedings of the Madrid Symposium*, p.147-153.

ABSTRACT

In a medium texture soil, located in the county of Governador Dix-sept Rosado, State of Rio Grande do Norte, Brazil, an experiment was carried out in order to estimate maximum evapotranspiration (ET_m) and crop coefficient (K_c) values for two regional crops: cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], cultivar Caicó and maize (*Zea mays* L.), cultivar Cruzeta. K_c values were obtained from ET_m and E_{to} (reference crop evapotranspiration), where E_{to} = ET_m grass (*Cynodon dactylon* L.), ET_m for all two crops as well as for the grass was measured by means of six unexpensive, simple constructed and easy installed evapotranspirometers, each one consisting of: (i) a growing box of cement-amianthus ("brasilit") of 1.6 x 1.0m and 0,80m height; (ii) a small control chamber of the same material to maintain underground water level at the desired height in the growing box, by means of a floater, and; (iii) a PVC recharge deposit to supply water to the growing box through the control chamber. The results of this study showed that the evapotranspirometer used to determine ET_m is practical, simple and easy to construct, install, operate and maintain, and its results are faithful enough for predicting water loss from short season crops. Values of ET_m of cowpea and maize agree with those reported in the literature in that the use of water by plants is low at the beginning of the growing season (initial stage), increasing gradually up to the fruit development period and then declining during maturity. ET_m values varied from 1,82 mm/day (initial period) to 5,84 mm/day (pod development phase) for cowpea, and 1,91 mm/dia (initial period) to 5,42 mm/day (grain filling stage) for maize. Crop coefficients (K_c) obtained from E_{to} (ET_m grass) and those computed using Class "A" evaporation pan (E_p) were quite similar which means that E_{to} could be estimated with enough accuracy multiplying E_p by an appropriate coefficient (pan coefficient, K_p). In this work the K_p found was equal to 0,67. Finally, the corn cultivar tested in this study did not show a good performance under irrigation. Its poor vegetative growth as well as its low grain yield do not make advisable to use this cultivar in irrigated experiments.

Index Terms: Cowpea, crop coefficient, maize, maximum evapotranspiration.