**DEMANDA HÍDRICA DO CAUPI (*Digna unguiculata* (L) Walp,
cult. V-69) EM ÁREA DO TRÓPICO ÚMIDO BRASILEIRO**

SÂRA MARIA SIQUEIRA DA IGREJA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: LUIZ ROBERTO ANGELOCCI

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de concentração em Agrometeorologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1987

Aos meus pais,
Manoel e Celina Igreja,
aos quais devo o que sou
como MULHER,
a minha GRATIDÃO.

Aos meus nove irmãos,
pelo incentivo e apoio.
DEDICO.

Haroldo	Hailton	
Antonio	Ataualpa	Manoel
	Vicente	Paulo
Alberto	Messias	

A G R A D E C I M E N T O S

Exprimo meus sinceros agradecimento:

Aos Professores Doutores Luiz Roberto Angelocci, Nilson Villa Nova, José Carlos Ometto, pela orientação e pelas inúmeras e preciosas sugestões;

Ao Professor Dr. Jesus Marden dos Santos a quem devo os meus primeiros passos como Agrometeorologista;

Aos Professores do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da USP, pelos ensinamentos;

Às senhoras Áurea Benedita Michelotto e Ana Maria Maia e aos demais funcionários do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP pela atenção durante o curso;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que através de seu Centro de Pesquisa do Trópico Úmido (CPTU), forneceu subsídios para realização dessa pesquisa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CÁPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento à Pesquisa (CNPq), pela concessão de bolsa;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), através da pesquisadora Maria de Nazaré Goês Ribeiro e Dr. Herbert Otto Roger Schubart, por acreditarem em mim como pesquisadora e Profissional; e

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização desse trabalho.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
RESUMO	xvii
SUMMARY	xix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. Localização e características gerais da área experimental	18
3.2. Descrição e Instalação dos Evapotranspirôme- tros	27
3.2.1. Descrição	27
3.2.2. Instalação dos Evapotranspirômetros.	27
3.3. Instrumental Meteorológico	28
3.4. Execução do Experimento	32
3.5. Manejo dos Evapotranspirômetros, medição da evapotranspiração máxima e da evapotranspi- ração de referência	34
3.6. Estimativa da evapotranspiração de referên- cia	35

3.6.1. Método de Thornthwaite	35
3.6.2. Método do Tanque Classe A	36
3.6.3. Método de Penman	37
3.6.4. Método de Radiação Solar	39
3.6.5. Método de Hargreaves	39
3.6.6. Método de Benavides & Lopez	40
3.6.7. Método de Linacre	40
3.6.8. Método de Makking	41
3.6.9. Método de Turc	42
3.7. Estimativa do coeficiente de cultura (Kc) .	43
3.8. Determinação das fases fenológicas, altura e peso seco das plantas, número de vagens e comprimento do sistema radicular	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1. Operação e Desempenho dos Evapotranspirôme- tros	48
4.2. Evapotranspiração máxima do caupi e evapo- transpiração de referência	52
4.3. Coeficientes de cultura	69

Página

5. CONCLUSÕES	83
6. LITERATURA CITADA	85
7. APÊNDICE	93

I N D I C E D E T A B E L A SPágina

Tabela 01 - Composição química média de cultivares de caupi e de feijão	4
Tabela 02 - Composição química média de cultivares de feijoeiro	5
Tabela 03 - Valor nutricional do caupi em comparação com outros alimentos	6
Tabela 04 - Número de plantas, comprimento do sistema radicular (C.C.R.), altura, número de vagens e de nós por planta, número de sementes por vagens e produção de sementes por unidade de área nas subáreas amostradas e nos evapotranspirômetros (tanques) na primeira época de plantio (maio-julho/1985	50
Tabela 05 - Número de plantas, comprimento do sistema radicular (C.R.) altura, número de vagens e de nós por plantas, número de sementes por vagens e produção de sementes por unidade de área nas subáreas amostradas e nos evapotranspirômetros (tanques) na segunda época de plantio (setembro-novembro/1985)	51

- Tabela 06 - Valores médios diários para períodos semanais da evapotranspiração máxima do Caupi (E_{Tm}) e da evapotranspiração de referência estimada por diferentes métodos para a primeira época de plantio (maio-julho/1985). Belém-PA 53
- Tabela 07 - Valores médios diários para períodos semanais da evapotranspiração máxima do Caupi (E_{Tm}), da evapotranspiração de referência medida (E_{Tog}) e estimada por diferentes métodos para a segunda época de plantio (setembro-novembro/1985) Belém-PA..... 54
- Tabela 08 - Análise estatística (teste χ^2_r de Friedman) para os valores médios em evapotranspirômetros com grama, no período de setembro a novembro de 1985. As diferenças entre valores de v significam diferenças estatísticas encontradas no confronto dos valores de E_{To} estimados por um dos métodos e E_{To} medido 59
- Tabela 09 - Desvios (d) dos valores estimados de evapotranspiração de referência pelos diferentes métodos em relação a E_{To} medida em evapotranspirômetros gramados, na segunda época de plantio 61

Tabela 10 - Análise estatística (teste χ^2_r de Friedman) para os valores de evapotranspiração de referência estimados por diferentes métodos na primeira época de plantio (maio-julho). As diferenças de valores de R referem-se ao confronto entre dois métodos de comparação, numa comparação múltipla	63
Tabela 11 - Evapotranspiração máxima das 2 épocas de plantio (médias dos dois evapotranspirômetros).....	65
Tabela 12 - Valores de coeficiente de cultura obtidos para a 1a. época de plantio (maio-julho/85) do <i>Vigna unguiculata</i> , (cultivar v-69), tendo por base evapotranspiração de referência estimada por diferentes métodos	70
Tabela 13 - Valores de coeficiente de cultura obtidos para 2a. época de plantio (setembro-novembro/85) do <i>Vigna unguiculata</i> , (cultivar v-69), tendo por base diferentes métodos de estimativa de ETo ..	71
Tabela 14 - Análise estatística (teste χ^2 de Friedman) para os valores de coeficiente de cultura na segunda época de plantio (setembro-novembro/85). A diferença nos valores de R significam diferenças esta-	

tísticas encontradas no confronto de valores de Kc determinados na evapotranspiração de referência estimada por um dos métodos com os valores de Kc obtidos a partir de ETo medida	72
Tabela 15 - Equações de regressão entre coeficientes de cultura obtidos a partir da evapotranspiração estimada pelo método do tanque classe A (valor de y), e valores obtidos a partir de diferentes métodos de estimativa de ETo, com os respectivos valores de coeficiente de determinação (r^2) e do teste F	82
Tabela 16 - Tensão máxima de vapor sobre a água em milímetros de Hg	99
Tabela 17 - Evapotranspiração - método de Thornthwaite	101
Tabela 18 - Valores de Δ/γ (não-dimensionais) em função da temperatura	103
Tabela 19 - Valores do coeficiente de conversão do tanque classe A (Kp) para estimativa da evapotranspiração potencial (ETp).....	104
Tabela 20 - Fator F de correção da evapotranspiração de referência em mm por mes, método de Hargreaves	105

Tabela 21 - Fatores de ajuste (w) para estimativa de (EToRAD) em relação à temperatura e altitude	106
Tabela 22 - Dados meteorológicos na estação da EM-BRAPA - CPATU para o ano de 1985	108

Í N D I C E D E F I G U R A S

	<u>Páginas</u>
Figura 01 - Esquematização da estação meteorológica com os respectivos aparelhos	19
Figura 02 - Croqui da área experimental	20
Figura 03 - Localização do Experimento	21
Figura 04 - Tipo de solo da área experimental	22
Figura 05 - Precipitação pluviométrica em Belém/PA, referente aos períodos de 1931-60; 1967-83; 1974-83; 1983, 1984 e 1985	23
Figura 06 - Temperatura máxima, média e mínima da localidade de Belém-PA, referente aos períodos de 1931-60; 1967-83; 1974-83; 1983, 1984 e 1985	24
Figura 07 - Umidade relativa do ar em Belém-PA, referente aos períodos de 1931-60; 1967-83; 1974-83; 1983, 1984 e 1985	25
Figura 08 - Temperatura do ar, precipitação pluviométrica e umidade relativa no campo experimental de Belém-CPATU-1985	26
Figura 09 - Planta baixa dos evapotranspirômetros com referidos condutores e poço de coleta	29

Figura 10 - Corte longitudinal do evapotranspirômetro com respectivo condutor e poço de água coletor de água drenada	30
Figura 11 - Eventos fenológicos da cultura do Caupi (<i>Vigna unguiculata</i> , L) cultivar V-69	46
Figura 12 - Valores médios diários de evapotranspiração máxima medido e de evapotranspiração de referência estimados por diferentes métodos em períodos semanais para primeira época de plantio	56
Figura 13 - Valores médios diários de evapotranspiração máxima e de evapotranspiração de referência estimados por diferentes métodos em períodos semanais para segunda época de plantio	57
Figura 14 - Valores médios diários de evapotranspiração máxima e de evapotranspiração de referência estimados por diferentes métodos em períodos semanais para segunda época de plantio	58
Figura 15 - Valores de ETm e de ETo acumulada, medidos e estimados por diferentes métodos em períodos semanais para primeira época de plantio do Caupi	66

Figura 16 - Valores de ETm e ETo acumulada, medidos e estimados por diferentes métodos em períodos semanais para segunda época de plantio do Vigna	67
Figura 17 - Valores de ETm e ETo acumulada, medidos e estimados por diferentes métodos em períodos semanais para segunda época de plantio	68
Figura 18 - Comparação dos valores de Kc estimados por diferentes métodos durante o ciclo do Caupi para 2a época de plantio	73
Figura 19 - Comparação dos valores de Kc estimados por diferentes métodos durante o ciclo do Caupi por semana para a primeira época de plantio	74
Figura 20 - Comparação de valores do coeficiente de cultura obtido pelo método de Penman com radiação medida (K_{cPN1}) e radiação global estimada (K_{cPN})	76
Figura 21 - Comparação de coeficientes de cultura obtidos a partir do método de radiação global estimada (K_{cRAD}) e medida (K_{cRAD1})	77
Figura 22 - Comparação dos coeficientes de cultura obtido a partir do método de Hargreaves com radiação global estimada (K_{cHARG}) e medida (K_{cHARG1})	78

Figura 23 - Comparação dos coeficientes de cultura obtidos a partir do método de Makking com radiação global estimada ($K_c MK$) e medida ($K_c MK_1$).	79
Figura 24 - Comparação do coeficiente de cultura obtido pelo método de Turc, com radiação global estimada ($K_c TURC$) e medida ($K_c TURC_1$).	80
Figura 25 - Nomograma para o cálculo da evapotranspiração potencial mensal não ajustada pela fórmula de Thornthwaite em função da temperatura média diária e da anual normal. Para temperaturas diárias elevadas usar tabela direta	102
Figura 26 - Coeficiente angular de ajuste para estimativa de ET_{oRAD} em relação a velocidade do vento (v) e a umidade relativa	107

DEMANDA HÍDRICA DA CULTURA DO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walp, Cult. V-69) EM ÁREA DO TRÓPICO ÚMIDO BRASILEIRO.

Autor: SARA MARIA SIQUEIRA DA IGREJA

Orientador: LUIZ ROBERTO ANGELOCCI

RESUMO

No presente trabalho determinou-se experimentalmente o consumo de água de uma cultura do caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp), sem restrição hídrica no solo, em duas épocas de plantio (maio-julho e setembro - novembro/1985) em Belém/PA 1°28'S, longitude 47°55'W e altitude 12,8 m acima do nível do mar).

Para cada época foi medida a evapotranspiração máxima (ET_m) através de evapotranspirômetros tipo Thornthwaite. Foram estimadas, para cada época, a evapotranspiração de referência pelos métodos de Penman, de Thornthwaite, do tanque classe A, de Hargreaves, de Linacre, de Benavides & Lopez, da radiação solar, de Turc e de Makking. Na segunda época foi também medida a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo uso de evapotranspirômetros cobertos com grama.

Na comparação entre métodos de estimativa de ET_o com os valores medidos desse parâmetro, na segunda época de plantio, verificou-se que os métodos de Makking e de Linacre forneceram valores estatisticamente diferentes dos medidos, enquanto o da radiação solar esteve no limite da significância estatística; os três forneceram subestimativas de ET_o em relação aos valores medidos. Os ou-

tros métodos forneceram valores de ET_o estatisticamente não diferentes dos medidos, mas o de Thornthwaite e o de Benavides & Lopez foram os que deram valores mais próximos aos de ET_o medidos sendo que os de Penman e de Turc tenderam a fornecer sub-estimativas, enquanto o do tanque classe " e o de Hargreaves tenderam a fornecer super-estimativas.

A evapotranspiração máxima do caupi foi de 206,76 e 276,76 mm no ciclo, para a primeira e segunda épocas de plantio, respectivamente, com valores médios de 3,69 e 4,33 mm/dia. O maior consumo na segunda época pode ter sido de corrente de maiores valores de radiação global e de um número maior de plantas nos evapotranspirômetros nessa época.

Os valores de coeficiente de cultura (K_c -relação ET_m/ET_o) variaram ao longo do ciclo da Caupi, partindo de valores em torno de 0,5-0,6 nos estádios iniciais até valores máximos nos estádios de emissão de botões florais, abertura das flores e formação das vagens, diminuindo posteriormente.

Os valores máximos de K_c variaram entre 1,1 e 1,6 nas duas épocas de plantio, dependendo do método utilizado na estimativa de ET_o . Os métodos de Makking, de Linacre e da radiação solar super-estimaram sistematicamente, os valores de K_c , além de fornecerem valores de K_c estatisticamente diferentes quando comparados com os valores de K_c obtidos via ET_o medida, na segunda época de plantio. Os valores de K_c obtidos a partir dos outros métodos

não diferiram estatisticamente do Kc obtido via ETo medido, sendo que o de Thornthwaite e o de Benavides & Lopez deram estimativas com menor desvio. Esses dois métodos, mais o de Hargreaves e o do tanque classe A foram os que forneceram valores máximos de Kc mais próximos dos valores sugeridos pela FAO para *Phaseolus vulgaris* L. (espécie da mesma família do caupi).

WATER REQUIREMENTS OF COWPEA (*Vigna unguiculata* (L) Walp, Cult. V-69) CROPS IN A HUMID TROPICAL AREA OF BRAZIL.

Author: Sāra M. Siquera da Igreja

Adviser: Prof. Luiz R. Angelocci

SUMMARY

The water consumption was experimentally determined for a cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) crop, under condition of non-restricted soil water, at two planting times (May-July and September-November 1985), in Belēm - State of Parā (latitude 1°28'S, longitude 47°55'W and altitude 12.8 m above sea level).

The maximum evapotranspiration (ET_m) was measured for each planting time through Thornthwaite-type evapotranspirometers. For each time the reference evapotranspiration was estimated by the methods of Penman, Thornthwaite, Class-A Pan, Hargreaves, Linacre, Benevides & Lopez, solar radiation, Turc, and Makking. At the second planting time also the reference evapotranspiration (ET_o) was measured with grass-covered evapotranspirometers.

When estimated values of ET_o were compared with the measured values it was observed that the methods of Makking and of Linacre provided values which were statistically different from those measured, while the solar radiation method reached the limit of statistical significance; the three methods under-estimated ET_o as compared to the measured values. The other methods utilized provided ET_o values which were not statistically different from those measured, but the Thornthwaite

method and Benevides & Lopez method provided values which were closest to the measured values of ET_o ; the methods of Penman and of Turc showed a tendency to give under-estimates, while the Class-A Pan method and the Hargreaves method showed a tendency to provide over-estimates.

The maximum evapotranspiration for cowpea was 206.76 and 276.76 mm during its cycle, for the first and the second planting times, respectively, with mean values of 3.69 and 4.33 mm/day. The higher consumption in the second planting time may be a consequence of higher values of solar radiation and of a larger number of plants on the evapotranspirometer at the time.

The crop coefficient values (ratio ET_m/ET_o) varied along the cowpea cycle, from values around 0.5-0.6 in the early stages to maximum values at flower-budding, flowering and pod formation, subsequently decreasing.

The maximum values of K_c varied from 1.1 to 1.6 in the two planting times, as a consequence of the method utilized for estimating ET_o . The methods of Makking, of Linacre and of solar radiation systematically overestimated the K_c values in addition to showing statistically different K_c values, when compared with those obtained from the measured value of ET_o at the second planting time. The K_c values obtained through the other methods did not statistically differ from the K_c values obtained via measured ET_o ; the Thornthwaite method and the Benevides & Lopez method provided estimates with smaller deviations. The methods of Thornthwaite, Benevides & Lopez, Hargreaves and the Class-A Pan method provided maximum K_c values which were closest to the

values suggested by FAO for *Phaseolus vulgaris* L. (a species of the same family of the cowpea).

1. I N T R O D U Ç Ã O

Para que os conhecimentos agroclimáticos do Trópico Úmido brasileiro possam atender à demanda dos trabalhos sobre culturas de interesse econômico, assim como a preservação do meio ambiente e outras atividades que necessitam dessas informações, necessário se faz que estudos cada vez mais aprofundados no campo da climatologia sejam levados a efeito, principalmente partindo-se do fato de que a Amazônia é hoje a nova fronteira agrícola brasileira, para onde convergem as atenções nacionais em termos de Agricultura, Pecuária, Ecologia e outras atividades.

A determinação prévia das condições agroclimáticas de novas áreas agrícola é básica para o sucesso de implantações de novas culturas, pois a escassez de águas pluviais pode ocasionar perdas significativas na produção. Por outro lado, adoção da irrigação para corrigir estas deficiências hídricas começa a se generalizar em nosso meio, porém em certas situações isto vem sendo utilizado sem o devido respaldo de informações básicas, o que pode levar a um aproveitamento inadequado dos recursos hídricos e econômicos disponíveis.

A priori, a irrigação deve evitar o estresse de água em fases críticas de cultura, pois acarreta consequências drásticas e irreversíveis no metabolismo da planta. Os vários processos, como a infiltração, a redistribuição e a evaporação da água no solo, assim como a absorção de água pelas plantas influenciam a sua dinâmica em um perfil de solo. Estes processos são ainda interdependentes, tornando-se fundamental o conhecimento

detalhado do sistema solo-planta-atmosfera, a fim de que, se possa prever suas respostas hídricas e fisiológicas sob condições de campo.

Um dos fatores que determinam o êxito de uma situação agrícola é a sua demanda hídrica, daí a importância dos métodos que nos levam a determinações dos diversos componentes do balanço hídrico, principalmente da evapotranspiração, cuja estimativa permite avaliar quantidades de água a serem aplicadas às culturas.

A água disponível no solo para utilização das diversas culturas é um dos elementos promotores de crescimento, desenvolvimento e produção das mesmas. A avaliação das quantidades deste elemento é de importância impar nos estudos dos regimes hídricos locais e regionais.

Este trabalho pretende contribuir à área de pesquisa aplicada, constituindo um subsídio à agricultura do Trópico Úmido brasileiro. Pretende-se obter informações sobre as necessidades potenciais de água durante o ciclo do Caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) em duas épocas de plantio, bem como o conhecimento de algumas relações entre a evapotranspiração máxima e de referência medidas em evapotranspirometros e estimativas da evapotranspiração potencial obtida por diferentes métodos.

A escolha da cultura do Caupi ocorreu pelo fato de no Mundo, ela ser cultivada principalmente no Trópico Úmido e por possuir excelente valor nutritivo,

sendo desta maneira, utilizada como alimento humano. É livre de antimetabólitos e outros tóxicos e comparativamente ao feijão comum contém elevado teor de proteínas, fósforo e metionina (tabelas 1 e 2), além de apresentar superior digestibilidade. Possui também valor nutricional destacável em comparação com outros alimentos (tabela 03), segundo OLIVEIRA e SILVA (1981).

Tabela 1. Composição química média de cultivares de caupi.

ESPÉCIE	PROTEÍNAS (g)	FATOR ANTITRINSINA	EXTRATO ÉTEREO (g)	CARBOHIDRATOS (g)	FIBRA (g)
<i>Vigna</i>	Intervalo	25,01-31,80	1,34-2,31	1,20-1,94	44,68-53,33
	Média	28,94	1,54	1,46	47,46
<i>unguiculata</i>		1,36	0,26	0,16	1,62
	C.V.(%)	4,68	16,88	10,90	3,42
	(8)	(3)	(5)	(9)	(6)
ESPÉCIE	CINZAS (g)	CÁLCIO (mg)	FÓSFORO (mg)	METIONINA (mg)	
<i>Vigna</i>	Intervalo	3,41-4,22	69-262	302,614	120-130
	Média	3,67	127,17	458,24	223,32
<i>unguiculata</i>		0,20	35,04	60,65	73,19
	C.V.(%)	5,49	27,55	13,23	31,50
	(7)	(2)	(4)	(1)	

FONTE: OLIVEIRA & SILVA (1981)

Tabela 2. Composição química média de cultivares de feijoeiro.

ESPÉCIES	PROTEÍNA (g)	FATOR ANTIIRINSINA	EXTRATO ÉTEREO (g)	CARBOHIDRATOS (g)	FIBRA (g)
<i>Phascolus</i>	Intervalo 22,71-27,95	1,39-3,28	1,10-2,33	46,63-58,80	4,47-6,83
	Média 25,25	1,00	1,67	45,59	5,44
<i>vulgaris</i>	1,32	0,45	0,24	1,59	0,54
	C.V.(%) 5,24	23,79	14,42	3,03	0,85
	(8)	(2)	(5)	(9)	(6)
ESPÉCIE	CINZAS (g)	CÁLCIO (mg)	FÓSFORO (mg)	METIONINA (mg)	
<i>Phascolus</i>	Intervalo 3,50-4,48	124-333	271-554	121-35	
	Média 3,24	227,02	428,98	215,42	
<i>vulgaris</i>	0,24	48,29	68,82	72,94	
	C.V.(%) 6,21	21,27	16,04	33,86	
	(7)	(3)	(4)	(1)	

FONTE: OLIVEIRA & SILVA (1981).

Tabela 3. Valor nutricional do caupi em comparação com alguns outros alimentos.

	Cal/100g	Proteína (%)	Gordura (%)	Carboidrato (%)	Vitamina A (U.I.) (100g)	Tiamina (mg / 100g)	Riboflavina (mg/100g)	Ácido Nicoti- nico (mg/ 100g)	Ácido Ascórbico (mg/100g)
Caupi	340	22,0	1,5	60	20	0,90	0,15	2,0	0
Farinha de milho	332	5,5	0,8	76	0	0,15	0,07	0,8	0
Farinha de milho	362	9,5	4,0	72	0 ^a	0,30	0,13	1,5	0
Arroz levemente moído	354	8,0	1,5	77	0	0,25	0,05	2,0	0
Farinha de osso	353	10,0	2,5	73	0	0,40	0,10	3,0	0
Farinha de mandioca	153	0,7	0,2	37	0	0,07	0,03	0,7	30
Inhame fresco	104	2,0	0,2	24	20	0,10	0,03	0,4	10 ¹⁾
Amendoim fresco	167	18,0	6,0	60	0	0,30	0,10	2,0	0
Amendoim seco	579	27,0	45,0	17	0	0,90	0,15	17,0	0
Soja	382	35,0	18,0	20	0	1,10	0,30	2,0	0
File de peixe	73	17,0	0,5	0	0	0,05	0,10	2,5	0
Carne	202	19,0	14,0	0	0	0,10	0,20	5,0	0
Ovos de galinha	158	13,0	11,5	0,5	1.000	0,12	0,35	0,1	0

FONTE: OLIVEIRA & SILVA (1981).

2. REVISÃO DE LITERATURA

A perda de água de um solo que contenha umidade ou de um reservatório de água é um processo controlado por leis físicas, enquanto que a perda de água por uma planta, é limitada por fenômenos biológicos. Quando ambos os processos ocorrem simultaneamente, dá-se a evapotranspiração.

De acordo com Kolasew (1941) e Lenon (1956), citados por REICHARDT et alii (1973), processo de evaporação da água em solo nũ, submetido a condições atmosféricas constantes, divid -se em 3 (três) estágios distintos. O primeiro apresenta-se com uma velocidade de evaporação constante e independente da umidade média do perfil, sendo que, as condições meteorológicas governam este estágio. No segundo, a velocidade de evaporação é função linear da umidade média do perfil e as condições do solo dirigem a evaporação. O terceiro estágio inicia-se quando a função que correlaciona a velocidade de evaporação com a umidade do perfil começa a perder linearidade e caracteriza-se por um movimento lento de água no perfil, decorrente das forças de absorção entre a água e as partículas do solo.

REICHARDT et alii (1973) estudaram o processo evaporativo de dois solos arenosos, sem cobertura vegetal, apresentando curvas de secagem de dez colunas de solo sob diferentes regimes de evaporação, discutindo os referidos estágios.

A transpiração de uma planta é necessária a sua vida sendo sua taxa, determinada pela diferença entre o potencial da água nas superfícies radiculares e nos estô

matos. Esta taxa varia de acordo com as resistências ao fluxo das raízes, caules e folhas, portanto, de difícil estimativa (WINTER, 1976).

GANGOPADHYAYA et alii (1966) relatam que a soma da evaporação da água do solo e a transpiração da planta determinada separadamente, não é equivalente a estimativa da evapotranspiração sendo mais conveniente considerá-la como uma perda global de água nos estudos pertinentes.

Essa perda global denominada de evapotranspiração nada mais é que o processo de transferência de vapor de água para a atmosfera quando a superfície evaporante está representada por um solo vegetado. Ou seja a evapotranspiração representa, portanto, duas contribuições distintas: a evaporação da água contida no solo e a transpiração decorrente da atividade biológica da comunidade vegetal presente nesse solo. THORNTHWAITE (1944) definiu a evapotranspiração potencial como sendo "a transferência de água do solo para a atmosfera a partir de uma superfície plana de solo úmido, completamente coberta de vegetação verde, suficientemente grande para eliminar o efeito de oãsis". Para PENMAN (1948) é a "quantidade de água transpirada na unidade de tempo por uma cultura de porte baixo, altura uniforme e em crescimento ativo, sob condições ótimas de umidade e cobrindo totalmente o solo". De acordo com DOOREMBOS e PRUITT (1975), a evapotranspiração potencial de cultura (ET_0) é a "taxa de evapotranspiração de uma cultura uniforme, em crescimento ativo, que cobre inteiramente a superfície do solo e bem abastecida de água". Segundo NORERO (1976), os diferentes tipos de vegetação se comportam fisicamente como um complexo sistema de superfícies evaporantes, perdendo água com diferentes intensidades.

Para THORNTHWAITE e HARE (1965), o processo evapotranspiração compreende: (i) movimento de água no perfil do solo em direção a superfície e a zona de absorção radicular; (ii) movimento de água do sistema radicular as superfícies das folhas; (iii) evaporação da água da chuva interceptada pela parte aérea da vegetação; (iv) evaporação da água através da superfície do solo e dos estômatos; (v) transferência turbulenta de vapor d'água às camadas adjacentes da atmosfera.

VILLA NOVA (1980) conceituaram a evapotranspiração atual ou real como sendo a perda de água por uma cultura qualquer, com ou sem restrição de água, em qualquer estágio de desenvolvimento.

A evapotranspiração é uma função dos fatores meteorológicos, do solo e da planta (LEMON et alii, 1957; SLATIER & McILROY, 1961), embora, sob condições ôtimas de umidade do solo, seja apenas função da evaporação da superfície de água livre e do tipo de vegetação. O saldo de radiação apresenta-se como sendo o principal fator meteorológico a influenciar a evapotranspiração (TANNER & LEMON, 1962).

Segundo EAGLEMAN & DECKER (1965), a evapotranspiração potencial é influenciada somente pelas condições meteorológicas reinantes, enquanto que a real é influenciada também pela disponibilidade de água no solo. Esses autores verificaram, ainda que, a taxa de evapotranspiração não segue uma função linear, mesmo quando a umidade do solo baixa até uma tensão de 15 atmosferas.

LEMON et alii (1957) afirmaram que o poten

cial da água no solo, considerado isoladamente, não influencia evapotranspiração, vindo a concordar com DENMEAD e SHAW (1962) os quais apontam que a relação entre a evapotranspiração e a umidade do solo varia com a demanda evaporativa da atmosfera e que a medida que diminui a umidade do solo, a evapotranspiração real pode cair até um valor abaixo do potencial. HAISTED & COVEY (1957), estudando os aspectos meteorológicos envolvidos no processo de evapotranspiração alertaram para existência prováveis fontes de erros, relativas aos métodos empíricos ou semi-empíricos; referem-se a aqueles autores às frações da radiação líquida empregada na evaporação da água e no aquecimento do ar e do solo. Assim, a evapotranspiração, além de ser função da disponibilidade de água ao processo, é influenciada pelas propriedades térmicas do solo, pela turbulência e pela razão de mistura dentro da comunidade vegetal, bem como sobre ela.

Medidas da transferência natural de água para atmosfera são difíceis de serem realizadas; os instrumentos utilizados nas estações meteorológicas constituem indicações referentes a casos muito particulares de evaporação, a partir de superfícies umedecidas ou da água contida em recipientes. As dificuldades práticas e instrumentais encontradas nas determinações, direta e indireta, deram lugar ao aparecimento dos métodos empíricos ou semi-empíricos para a estimativa da evaporação ou evapotranspiração, que utilizam dados climatológicos.

Os parâmetros utilizados nestas determinações nem sempre refletem com precisão o potencial de energia disponível ao processo evaporativo e, dificilmente, tais relações incluem fatores do solo ou da planta, que podem ser decisivos em determinadas condições (LEMON et alii, 1957. GAVANDE & TAYLOR, 1967). Esses métodos são amplamente utili

zados uma vez que suas medições forem realizadas sem alte
rar o solo e a planta; podem ser aplicados a uma vasta área
e fazem uso de observações meteorológicas coletadas geral
mente em estações climatológicas.

Os processos de que se dispõe para es
timar a evapotranspiração potencial se baseiam em princí
pios físicos e podem ser divididos de acordo com SCARDUA
(1970), em: (i) método de campo, entre os quais se encon
tram aqueles que determinam as variações no teor de água do
perfil natural do solo, o lisímetro é o que quantifica a en
trada e saída da água numa bacia hidrológica para determina
do período; (ii) métodos climatológicos, baseados na análi
se de parâmetros físicos e na evaporação da água contida em
evaporímetros; (iii) métodos empíricos como os de Thornthwai
te, Penman, Hargreaves, etc...

THORNTHWAITE (1948) nas experimentações que
realizou para o estudo da evapotranspiração potencial mon
tou um sistema rudimentar de medida da evapotranspiração de
nominado de evapotranspirômetros. O sistema consistia de um
depósito com solo, no qual o lençol freático era mantido
constante. MATHER (1954) introduziu modificações, por sua
vez aperfeiçoadas por outros autores, conforme descrito por
GANCOPADHYAYA et alii (1966). Para SLATYER e McILROY (1961)
a evapotranspiração potencial obtida por este sistema sô
merece confiança se o equipamento for instalado em local on
de o regime de umidade do solo seja o mesmo da área adjacen
te.

Existem muitos métodos propostos para esti
mar a evapotranspiração que, apesar de numerosos, nem sempre
reunem precisão, simplicidade e baixo custo, apresentando
algumas incertezas teóricas ou inúmeras dificuldades prático-

cas. A escolha do método, portanto, depende primariamente da finalidade das determinações, dos recursos técnicos e materiais disponíveis (SCALOPI 1972).

Os métodos de estimativas da evapotranspiração segundo TANNER (1967) são representados por três classes principais. A primeira delas regida pelos parâmetros micrometeorológicos; a segunda pelo balanço hídrico e a terceira por métodos empíricos. O método micrometeorológico e o do balanço hídrico possuem uma base física racional enquanto que os empíricos precisam ter seus resultados corrigidos em função dos anteriores.

Os métodos micrometeorológicos descrevem o fluxo de massa de vapor e necessitam, portanto, da estimativa da difusividade turbulenta ou do coeficiente de transporte e do gradiente de vapor na camada microclimática. São os métodos mais eficazes e precisos no cálculo estimativo da evapotranspiração potencial, mas em contrapartida, requerem a adoção de sofisticado instrumental, pessoal especializado, aliado a uma superfície vegetal relativamente grande e homogênea para a sua aplicação. Entre os principais métodos micrometeorológicos BERLATO e MOLION (1981) enumeram os seguintes: método do balanço de energia; método do transporte de massa; métodos aerodinâmicos; método da correlação turbulenta; método combinado (Penman).

PENMAN (1948) usou o método do balanço de energia combinado com método aerodinâmico para obter uma equação que utilizasse o saldo de radiação, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento para estimar a evapotranspiração potencial. A equação de Penman é, em geral, considerada de boa precisão para estimativa da evapo

transpiração, sendo utilizada em várias partes do mundo. Diversas modificações foram feitas no método de Penman (VAN BAVEL, 1961; BAIER, 1965; VILLA NOVA, 1967). MONTEITH (1965) discutiu os modelos de Penman e McIlroy, apresentando suas vantagens e desvantagens.

ROSEMBERG (1974) mostra que as vantagens dos métodos micrometeorológicos sobre os demais métodos es tã na estimativa da evapotranspiração para períodos curtos, como hora ou fração, sendo desta maneira plenamente válido para calibrar outros métodos. Considerando superfícies naturais de grande extensão, LETTEAU (1969) concorda que se pode utilizar o método baseado na combinação do balanço de energia com o balanço de água. TANNER (1960) assegura que não é viável aplicar, para períodos menores que cinco dias, os métodos que usam medida de umidade do solo, devido aos erros associados às medições.

Diferentes métodos para estimar a evapo transpiração em Greenville (USA), na fazenda da Universidade do Estado de Utah, apontaram o método de BOWEN como o que mais se aproximou da evapotranspiração real, embora te nha fornecido resultados que foram em torno de 17% menores (HANKS et alii, 1973). Foi obtido durante o período do expe rimento a evapotranspiração de 1,33 vezes ãquela estimada pela equação de Penman, 0,73 vezes ã estimativa de Penman modificada por Van Bavel, e 2,86 vezes ãquela estimada pela equação aerodinâmica.

SCALOPI (1972) comparando vários métodos pa ra estimar a evapotranspiração potencial verificou que a fórmula de Penman forneceu estimativas mais próximas dos valores medidos, enquanto que o método de Thornthwaite su

bestimou a evapotranspiração no mesmo período, para a região de Botucatū (SP). Para Jaboticabal (SP), BENINCASA (1972), estudando os efeitos hídricos no feijoeiro, verificou que a evapotranspiração potencial estimada pelo método de Penman apresentou valores inferiores aos do tanque Classe "A" e GGI 3000. MOTA & BEIRSDOF (1975) estudando a evapotranspiração, em campo nativo no Sul do Brasil, mostraram que existem métodos meteorológicos precisos e práticos para estimar a perda d'água para uso agrícola. MARLATT et alii (1961) encontraram razoáveis estimativas de evapotranspiração para cultura do feijão. DECKER (1962) obteve valores próximos para evapotranspiração medida e estimada pelo método de Thornthwaite, em uma cultura de milho.

CAMARGO (1966) obteve valores mensais estimados muito próximos dos valores medidos em evapotranspirômetros tipo "Thornthwaite modificado" para uma superfície coberta com grama, em três localidades do Estado de São Paulo. Em trabalho semelhante, MEDINA & GONDIM (1980) verificaram que a fórmula de Makkink apresentava resultados satisfatórios, seguida em ordem decrescente pela de Penman e Thornthwaite.

TOVEY et alii (1969) publicaram trabalhos apresentando bons resultados para espécies forrageiras usando o método de Penman. ABDEL-AZIL et alii (1964) verificaram que a fórmula de Penman subestimava acentuadamente os valores da evapotranspiração para regiões semi-áridas, atribuindo isto a advecção intensa de energia térmica. ROSEMBERG (1969), estudando a evapotranspiração para uma cultura de alfafa, utilizando lisímetro, observou que o método de Penman subestimou em 30% os valores de evapotranspiração potencial, principalmente em condições de forte advecção de energia. De acordo com DOOREMBOS & PRUIT (1975) as estimativas da evapotranspi

ração obtidas pelos métodos de Penman, da radiação e do tanque Classe "A", oferecem resultados satisfatórios para períodos curtos como 10 dias.

VAREJÃO - SILVA (1977), na cultura de alfafa irrigada em Petrolina (PE), encontrou boa relação entre a evapotranspiração medida (pela variação da umidade do solo) e estimada pelo método de Penman, utilizando a evaporação de Piché no termo aerodinâmico. BLAINER & ROSEMBERG (1974), usando lisímetro vegetado com soja, encontraram que os valores de evapotranspiração estimados pelo método do balanço de energia subestimavam a evapotranspiração medida em 20%, enquanto que em condições não advectivas havia boa correlação entre a evapotranspiração medida e estimada.

Dos métodos empíricos, o uso do tanque de evaporação como índice da evapotranspiração potencial das culturas é de longa utilização principalmente em áreas de condições relativamente uniformes durante a estação de crescimento das culturas (HARGREAVES, 1974). Os tipos de tanques mais usados são os classe "A" (USWB), GGI 3000 e o de 20m². Uma nota técnica de OMM, de 1966, compara dados de tanque em vários países.

ASSIS (1978) obteve a evapotranspiração de grama batatais com bons resultados através de medidas com evapotranspirômetro de lençol freático fixo. ENCARNÇÃO (1980) realizou o mesmo trabalho sô que com a cultura de feijão, concluindo ser viável para as determinações do consumo hídrico ideal pela simplicidade operacional e pelos resultados obtidos.

Normalmente, a necessidade de água das culturas é expressa por meio do coeficiente de cultura (K_c), sendo conceituado como o resultado da relação entre a evapotranspiração da cultura medida em lisímetros e a evapotranspiração potencial ou de referência. Esse coeficiente depende do tipo de solo e do conteúdo de umidade, sendo influenciado principalmente pelas características biológicas da planta variando, também, de cultura para cultura e com o estágio de desenvolvimento da mesma (DAKER, 1970).

São diversos os trabalhos com coeficiente de cultura para estimar as necessidades hídricas totais durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Por exemplo HARGREAVES (1974) e DOOREMBOS & PRUITT (1975), encontraram valores de K_c que variavam até 0,90 e 1,05 respectivamente. Para STEGMAN et alii (1977) o coeficiente de cultura ideal foi o que relacionava a evapotranspiração da cultura durante o seu ciclo e a evapotranspiração de referência obtida pelo método do tanque classe "A". HARGREAVES (1976) recomenda o uso de K_c igual a 0,90 para estimar as necessidades totais de água durante o ciclo (K_c médio).

ENCARNAÇÃO (1980) e DOUZA (1983), trabalhando com evapotranspirômetro de lençol freático de nível constante em Piracicaba (SP) e Campina Grande (PB) respectivamente, verificaram que a estimativa da evapotranspiração potencial através do tanque classe "A", entre outros métodos estudados, forneceram valores de K_c mais próximos daqueles sugeridos pela FAO.

SILVA (1980) estudando a evapotranspiração em duas condições nitrogenadas (80 e 120 Kg/ha de nitrogênio) do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L) Walp) no Nordeste obteve, respectivamente 3,68 e 3,58 mm/dia. E para evaporação média do tanque classe "A" (WUSB) de 8,84 mm/dia, o que corresponde a um "coeficiente de culturas" médio de 0,42 e 0,40 com um total de 466 mm de água aplicada durante o ciclo da cultura, definindo-se aqui o coeficiente de cultura como a relação entre a evapotranspiração de Caupi e a evaporação do tanque classe A.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

- MATERIAIS

3.1. Localização e Características Gerais da Área Experimental.

O presente trabalho foi realizado no campo experimental e na estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (EMBRAPA/CPATU), situado em Belém ($1^{\circ}28' S$ $47^{\circ}55' W$ e 12,8m), Estado do Pará. (Figura 1.).

O solo onde foi desenvolvido o experimento, de acordo com análise do perfil do solo, é classificado como latossolo amarelo (oxissolo) de textura média e com baixo nível de fertilidade natural. As figuras 2; 3 e 4, mostram respectivamente o croqui, a localização e o tipo de solo da área experimental.

O clima predominante é tropical quente e úmido. As figuras 5; 6; 7 e 8, apresentam as características da precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar dos anos de 1984 e 1985 e a média dos períodos de 1931 - 1960; 1967 - 1983; 1974 - 1983. Em 1985, a precipitação pluviométrica anual foi de 3.388,5 mm, sendo caracterizada por dois períodos distintos, um com intensa precipitação (Janeiro - Julho), com total de 2.448,0 mm e outro de menor precipitação (Agosto - Dezembro) com 940,5 mm. A temperatura e umidade relativa média anual foram respectivamente 26,10 e 85% (tabela 3.1.). E caracterizando-se desta maneira, como um típico clima Afi, na classificação de Köppen.

ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL

(12 x 18m)

Esc. 1/100

OBSERVAÇÃO

A localização do equipamento está indicada entre parentese, sendo as distancias contadas dos centros dos mesmos nos lados A-D e A-B do cercado.

1 Term. de solo	(3,5 x 6,0m)	7 Evapotranspirômetro	(10,0 x 4,5)
2 Orvalhografo	(5,5 x 7,3m)	8 "	(8,5 x 4,5)
3 Pluviômetros	(5,5 x 9,75m)	9 "	(7,0 x 4,5)
4 Tanque de evaporação	(8,5 x 9,0m)	10 "	(8,5 x 2,0)
5 Abrigo	(12,5 x 6,0m)	11 Suporte pº heliógrafo e actinógrafo	(5,5 x 2,0)
6 Anemometro	(16,0 x 2,0m)	12 Pluviógrafo	(3,5 x 9,75)
		13 Radiometro tubular	
		14 Net Radiometro	
		Anemografo	SUORTE

Figura .1 -Esquematização da estação meteorológica com os respectivos aparelhos.

- ① - SUB-ÁREA DE OBSERVAÇÕES FENOLÓGICAS
- ② - POÇO DE COLETA
- ③ - EVAPOTRANSPIRÔMETRO
- ④ - DRENO

Figura 2. -Croqui da área experimental.

Figura 3. Localização do Experimento.

MA-EPE
INSTITUTO DE PESQUISAS E EXPERIMENTAÇÃO AGROPECUÁRIAS DO NORTE
MAPA DE VEGETAÇÃO
SETOR DE SOLOS

LEGENDA DE VEGETAÇÃO

F.T.F.	Floresta de terra firme
F.V.	Floresta de várzea
F.L.	Floresta de igapó
C.T.F.	Copelito de terra firme
C.V.	Copelito de várzea
C.P.	Campe
A.C.	Área cultivada
A.L.	Área inundável
	Terra firme

CULTURAS

1	Seringueira
2	Pupunha
3	Dendê
4	Canavieira
5	Bacuri-pati
6	Boré
7	Caju
8	Castanha
9	Timbó
10	Murupi
11	Carabá
12	Uvaia
13	Urucú
14	Bacaba
15	Açaí
16	Frutíferas
17	Brasileiro
18	Piracajuba
19	Cal-de-tobroma
20	Essência florestal
21	Pimenta-de-rei
22	Cacau-Androba

CONVENÇÕES:

	- LIMITE DE ÁREA
	- PONTE
	- CURSOS DE ÁGUA
	- ESTRADAS
	- DRENOS

Figura 4. Tipo de solo da área experimental.

LEVANTAMENTO DE SOLOS

-DO-

INSTITUTO DE PESQUISAS E EXPERIMENTAÇÃO AGROPECUÁRIAS DO NORTE

Figura 5-Precipitação pluviométrica em Belém-PA, referente a diferentes períodos.

Figura:6 - Temperaturas máxima, média e mínima da localidade de Belém-Pa, referente a diferentes períodos.

Figura. 7- Umidade relativa do ar em Belém-PA, referente a diferentes períodos.

Figura.8 -Temperatura do ar, precipitação pluviométrica e umidade relativa no campo experimental de Bélem-CPATU-Bélem 1985.

3.2. Descrição e Instalação dos Evapotranspirômetros.

3.2.1. Descrição.

Para a determinação da evapotranspiração medida na cultura foi montado um conjunto de dois evapotranspirômetros, baseados no tipo proposto por THORNTHWAITE (1948) com modificações quanto a capacidade dos tanques e o poço de coleta, o qual seguiu os critérios utilizados por ELDIN e DAUDET (1969). O conjunto evaporimétrico divide-se em duas partes como descritas a seguir:

- Dois tanques de cimento amianto (evapotranspirômetro propriamente dito), do tipo regularmente encontrado no comércio, com volume de 1000 litros, tendo 1,612 m de comprimento; 1,062 m de largura e 0,740 m de altura (figura 9).

- Tubulação de PVC (tubos plásticos rígidos, niples, arruelas, cotovelos de 2", etc.) e poço de coleta destinado a coleta da água drenada. Estando esse coletor localizado a 20 m de distância dos tanques evaporimétricos.

Foram utilizados também três evapotranspirômetros com cobertura de grama, já instalados na estação meteorológica, constituídos de tanques de cimento amianto (volume 400 l), que se tornaram operacionais na segunda época de plantio.

3.2.2. Instalação dos Evapotranspirômetros

Para instalação de cada tanque de evapotranspiração foi aberta uma trincheira no solo, tomando-se o cuidado, nessa hora de separar a terra retirada segundo os hori

zontes do solo. Foram escavadas também valetas com uma certa declividade, destinadas à instalação das tubulações e uma trincheira para construção em alvenaria do poço de coleta. (Figura 10).

No fundo de cada tanque (evapotranspirômetro) colocou-se distintamente camadas de brita grossa, média e fina, seguida de areia lavada. Esse filtro, destinado a impedir a obstrução do conduto adutor, tinha cerca de 15 cm de altura.

Durante o enchimento dos tanques tomou-se o cuidado de colocar as camadas do solo na ordem inversa à da retirada (B21, B1, A3, Ap2 e Ap1), visando, desta forma, a reproduzir o mais próximo possível, seu perfil natural. A superfície do solo no interior dos tanques ficou ao mesmo nível da do solo adjacente. (Figura 10).

3.3. Instrumental Meteorológico.

Visando a comparação dos resultados advindos do experimento, objeto deste estudo, com métodos indiretos, empregados para estimar a evapotranspiração, foram utilizados os instrumentos meteorológicos convencionais disponíveis na Estação Meteorológica padrão de Belém, aproximadamente a 500 m do experimento e foram os seguintes:

- Termohigrógrafo mecânico com tambor de rotação semanal (precisão $\pm 1\%$ para temperatura), previamente calibrado e instalado no abrigo meteorológico. Modelo 79t, fab. THIES.

- Termômetros convencionais de máxima e mínima, modelos TMA-1 e TMI-1, fab. R.FUESS, e psicrômetro ven

EVAPOTRANSPIRÔMETRO

Figura 9- Planta baixa dos evapotranspirômetros com referidos condutores e poço de coleta.

Figura 10. Corte longitudinal do evapotranspirometro com respectivo condutor e poço de água drenada.

tilado do tipo August, modelo PSM-1. Colocados no interior do abrigo meteorológico.

- Evaporímetro de Piché, com escala graduada em milímetro de lâmina d'água evaporada, instalado também no referido abrigo utilizando discos de papel fornecido pelo próprio fabricante (fabricação Hidrologia S/A).

- Tanque de Evaporação, tipo classe "A" modelo (HHL) padrão adotado pelo Instituto de Meteorologia.

- Pluviômetro, modelo HHL, fab. APAGER, com área de captação de 400 cm², situado 1,5 m acima da superfície do solo.

- Pluviôgrafo, modelo PLG-4, fab. HIDROLOGIA S/A, de rotação diária.

- Heliôgrafo Campbell-Stokes, 96d fab. FUESS instalado também no interior da estação meteorológica do CPATU, sendo trocadas suas fitas heliográficas diariamente e nas observações de 21:00 h, de acordo com as normas do INEMET.

- Piranôgrafo bimetálico tipo ROBITZSCH-FUESS, com relógio de rotação diária, situado o elemento sensível a 1,50 da superfície do solo.

- Radiômetro tipo Dirmchirn, fab. SCHENK e Pirradiômetro (mesmo fabricante).

- Integrador (AC) para uso com piranômetro e radiômetro.

- Termistor (temperatura), modelo YSI sêrie 400 (sensores).

- Geotermôgrafo, (HIDROLOGIA S/A), com relógio de rotação diária.

- Anemômetro totalizador de canecas, instalado a 2m acima da superfície do solo.

- MÉTODO

3.4. Execução dos Experimentos.

A área (1.200 m²) onde foram instaladas as duas épocas de plantio (Maio - Julho e Setembro - Novembro) foi preparada com tração animal, constante de aração, gradagem, nivelamento e semeadura. O animal utilizado neste preparo foi o búfalo (raça mediterrâneo, peso superior a 400 kg, amansados e treinados para tração), por ser adaptado a região e ter mostrado excelentes resultados em diversas atividades agropecuária. (MARTINEZ et alii, 1985).

Visando a melhorar o nível de fertilidade do solo, foram aplicados juntamente com as semeaduras das duas épocas, em sulco, 30 kg/ha de N (sulfato de amônia), 60 kg/ha de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 40 kg/ha de K₂O (cloreto de potássio).

As semeaduras foram feitas com sementes selecionadas de Caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp, cultivar IPEAN-V-69) e obedecendo o espaçamento de 20 x 50 cm, tendo sido semeadas 3 sementes por cova, sendo que após o desbaste,

15 dias após a emergência, foram mantidas apenas duas plantas por unidade de plantio.

Nas áreas dos tanques evaporimétricos as semeaduras foram realizadas com plantadeira e adubadeira "tico-tico" com as mesma regulagens da plantadeira de tração animal.

Foram feitas três aplicações de defensivos a cada época, como forma preventiva de ocorrência de pragas e fungos, tendo sido utilizado Diazinon 60E e Dithome M-45, respectivamente, associados ao adesivo espalhante Novapal, em dosagens recomendadas pelos fabricantes. As aplicações foram feitas aos 10, 25 e 40 dias após a emergência.

No decorrer do desenvolvimento vegetativo, nas duas épocas de plantio, foram anotadas as datas médias de várias fases desde a germinação à frutificação - início, plena e final, bem como os percentuais médios de "stand" final e de altura média da população de plantas de cinco sub-áreas (1 x 2m²) escolhidas aleatoriamente.

Quando necessárias, foram feitas irrigações na área experimental através de um sistema de aspersão, com base nas leituras de um conjunto de três tensiômetros instalados a 15, 30 e 45 cm de profundidade em uma das sub-áreas. A lâmina de água de irrigação foi medida pelo uso de vasilhames de parede reta na área experimental e inclusive dentro dos evapotranspirômetros.

3.5. Manejo dos evapotranspirômetros; medição da evapotranspiração máxima e da evapotranspiração de referência.

O manejo dos evapotranspirômetros para mensuração da evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) foi efetuado segundo a equação do balanço de massas para um intervalo de tempo:

$$ET_m = I + P - D \pm \Delta A \dots\dots\dots(01)$$

onde I = altura de irrigação; P = altura pluviométrica; D = lâmina de água drenada; ΔA = variação no armazenamento hídrico no solo no interior dos evapotranspirômetros.

A altura pluviométrica foi obtida pelo uso de pluviômetro instalado na estação meteorológica localizada a cerca de 500 m do experimento; a água de irrigação através de recipientes metálicos com área de coleta de 67,5cm², a água drenada era medida após ter sido armazenada em coletores de 60 litros, através de medição em provetas volumétricas.

Para manter o solo em condições de não restrição hídrica, a rega de cada evapotranspirômetro era feita com 15 litros de água, quando a água drenada da rega anterior não atingia 500 ml. Como controle adicional, foram instalados tensiômetros de manômetros tipo Bourdon e nos períodos de maior demanda hídrica do caupi, cuidou-se de que o potencial matricial da água no solo não atingisse valores abaixo de -0,06 MPa.

A evapotranspiração de referência foi medida na segunda época de plantio em três evapotranspirômetros

instalados na estação meteorológica. Por serem de dimensões menores do que os instalados na área experimental com Caupi eles foram mantidos com o solo em boa disponibilidade hídrica através de uma rega de 7 litros em cada um quando a água drenada da rega anterior era inferior a 300 ml.

3.6. Estimativa da Evapotranspiração de Referência

Na sua obtenção foram utilizados os seguintes métodos de estimativa:

3.6.1. Método de Thornthwaite

O método de Thornthwaite (1944) por ser função apenas da temperatura do ar torna-se um método simples, viável e bastante empregado na prática, pois o modelo de estimativa de evapotranspiração potencial mensal é representado por $ET_p = c.T^a$; c e a são constantes e T é a temperatura média do mês. A partir desse modelo, o autor chegou à seguinte expressão:

$$ET_{0H} = 1,6 (10 \bar{T}/I)^a \dots \dots \dots (02)$$

onde T é a temperatura média do mês em $^{\circ}C$, I é um índice de calor resultante do somatório dos índices mensais durante o ano e calculados segundo a expressão abaixo:

$$i = (\bar{T}/5)^{1,514} \dots \dots \dots (03)$$

a é função cúbica de I calculada de acordo com a expressão a seguir:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} I + 0,49 \dots \dots \dots (04)$$

A estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Thornthwaite para as condições do Trópico Úmido foi obtida mediante o uso de tabelas confeccionadas por CAMARGO (1966) (tabela - apêndice), o qual substituiu o índice (I) da equação 02 de Thornthwaite por um índice (T) correspondente a temperatura anual média da região em graus centígrados. O valor tabular obtido em função das temperaturas médias semanais e anuais foi multiplicado por um fator de ajuste (N/12) dependendo do valor médio do fotoperíodo ou seja:

$$ET_{OH} = ET_p \text{ (tabelado)} \times N/12 \dots\dots\dots(05)$$

3.6.2. Método do tanque Classe "A"

Como resultado condensado de inúmeros trabalhos de pesquisa a FAO (1979) preconiza, entre outros, o uso do tanque classe "A" para estimativa da evapotranspiração potencial. Nesse método, a relação entre a evaporação medida no tanque (E) é considerada proporcional à evapotranspiração potencial (ET_{OCA}), sendo o fator de proporcionalidade representado da seguinte maneira:

$$ET_{OCA} = K_p \cdot E \dots\dots\dots(\text{mm/dia}) \dots\dots\dots(06)$$

onde E e ET_{OCA} são expressos na mesma unidade, em geral mm/dia; K_p é o coeficiente adimensional de conversão. Geralmente usa-se os valores de K_p recomendado pela FAO, obtidos em função da velocidade do vento, exposição do tanque e umidade relativa do ar (tabela - apêndice).

3.6.3. Método de Penman

O método de Penman para estimativa da evapotranspiração de referência, sem sombra de dúvida segundo PRUIT (1960) e STANHIL (1961), dentre os modelos é o mais complexo, pois envolve basicamente os mecanismos aerodinâmicos de transferência de vapor com o balanço de energia. O balanço energético implica no conhecimento da energia líquida disponível na superfície e nos mecanismos aerodinâmicos.

Para estimativa da evapotranspiração de referência potencial partiu-se da equação derivada inicialmente por Penman (1956) para obtenção da evaporação de uma superfície de água e depois aplicada para uma superfície vegetada.

$$ET_{0PN} = \left[(\Delta \cdot \gamma^{-1} \cdot R_n \cdot 59^{-1}) + E_a \right] \cdot (\Delta \cdot \gamma^{-1} + 1)^{-1} \dots \dots \dots (07)$$

onde;

$R_n \cdot 59^{-1}$ - saldo de radiação expresso em unidades de evaporação ($L = 590 \text{ cal.g}^{-1}$)mm.

E_a - componente aerodinâmico da equação estimado em função do déficit de saturação do ar ($e_s - e$) e da velocidade do vento U_2 medida (através anemômetro totalizador) a 2,0 m acima da superfície vegetada. O valor de E_z (em mm.dia^{-1}) foi calculado pela expressão seguinte, onde U_2 é expresso em m.s^{-1} .

$$E_a = 0,35 + 0,189 \cdot U_2 (e_s - e) \dots \dots \dots (08)$$

Δ/γ - relação entre a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água na temperatura do ar (Δ) e a constante psicrométrica (valores adimensionais - tabela do apêndice).

O saldo de radiação R_n foi estimado pela diferença entre o balanço de ondas curtas Q_c , no período de um dia, e o balanço diário de ondas longas Q_L , em termos de evaporação equivalente:

$$R_n = Q_c - Q_L \dots\dots\dots(09)$$

sendo:

$$Q_c = Q_g (1 - r) \dots\dots\dots(10)$$

onde Q_g é a radiação solar global diária e r é o poder refletor de um gramado, adotado como 0,20.

A radiação global foi estimada pela expressão:

$$Q_g = Q_0 (a + b \cdot n/N) \dots\dots\dots(11)$$

sendo Q_0 a energia extra-terrestre (mm/dia), a e b coeficientes da equação de regressão (respectivamente e para Belém) e n/N a razão de insolação.

Para a segunda época de plantio, além da estimativa de Q_g através da equação (11), foram também estimados valores de ET_0P pelo uso de dados de um piranômetro E_p instalado na estação meteorológica.

Os valores diários de Q_L foram estimados pela expressão:

$$Q_L = \delta T_a^4 (0,56 - 0,09\sqrt{e})(0,1 + 0,9 n/N) \dots \dots \dots (12)$$

sendo δ constante de Stefan-Boltzman ($19,94 \times 10^{-10} \text{mm.K}^{-4} \cdot \text{dia}^{-1}$), T_a a temperatura média do ar (K) e e a pressão atual de vapor (mmHg).

3.6.4. Método da Radiação Solar

A FAO (1975), sugeriu a adoção de um método bastante simples para estimar a evapotranspiração, que leva em conta a radiação solar, teor de umidade do ar e a velocidade do vento. A equação empírica em que se baseia esse método, pode ser expressa como: $ET_0\text{RAD} = C (W.Q_g)$, sendo Q_g a radiação solar, W é um valor tabelado, referente ao efeito da radiação sobre a evapotranspiração de referência, para diferentes temperaturas e altitudes; (tabela - apêndice) e C representa o coeficiente angular de ajuste de ET_0 , obtido em função da umidade relativa do ar e da velocidade do vento. (tabela - apêndice). Os valores de Q_g foram obtidos através das formas descritas para o método de Penman.

3.6.5. Método de Hargreaves

Para obtenção da estimativa da evapotranspiração de referência por este método empregou-se a seguinte equação, (HARGREAVES, 1974):

$$ET_0\text{HARC} = 0,0075 Q_g \cdot T \dots \dots \dots (13)$$

onde $ET_0\text{HARC}$ = evapotranspiração potencial (mm/dia)

Q_g = radiação solar global expressa em mm de H_2O

t = temperatura média do ar ($^{\circ}F$).

Os valores de Q_g foram obtidos através das formas descritas para o método de Penman.

3.6.6. Método de Benavides & Lopez

BENAVIDES & LOPEZ, citados por BERLATO e NOLION (1981), propuseram um método de estimativa de evapotranspiração relacionando apenas temperatura média do ar e umidade relativa, expresso pela seguinte equação:

$$ET_{0BL} = \left| (1,21 \cdot (10 \wedge (7,45 \cdot T) \cdot (234,7 + T)^{-1} - (1 - (0,01 \cdot UR) + (0,21 \cdot T) - 2,3) \right| \dots\dots\dots(14)$$

onde:

ET_{0BL} = evapotranspiração de referência (mm/dia).

T = temperatura média do ar do período ($^{\circ}C$).

UR = umidade relativa média do ar (%).

3.6.7. Método de Linacre

LINACRE (1977) propôs uma equação para estimativa da evapotranspiração de referência baseada apenas em dados de temperatura média do ar ($^{\circ}C$), temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}C$), latitude e altitude, expressa da seguinte maneira:

$$ET_{OLINC} = |(500 T_m)(100 - lat.)^{-1} + 15(T - T_d)| \cdot (80 - T)^{-1} \dots (15)$$

onde:

ET_{OLINC} = evapotranspiração de referência (mm/dia).

$T_m = T + 0,006h$ - equivalente ao nível do mar da temperatura do ar, sendo:

T = temperatura média do ar ($^{\circ}C$).

h = altitude (m) - 12,8 m

lat = latitude, (em graus e décimos)

T_0 = temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}C$), dada pela seguinte expressão:

$T_0 = (\log \frac{e_a}{4,58} \times 237,5) / (7,5 - \log \frac{e_a}{4,58})$, sendo e_a a pressão parcial de vapor d'água, considerando o ar saturado por abaixamento da temperatura.

Na determinação da pressão parcial de vapor, foram utilizados dados de psicrômetro dos horários de observação meteorológica, ou seja, 09:00, 15:00 e 21:00 horas (hora local).

3.6.8. Método de Makking

Makking em 1977, citado em TANNER (1967), desenvolveu um modelo estimativo de evapotranspiração para período de dez dias nas condições de clima dos Países Baixos, cuja formulação é a seguinte:

$$ET_{p0}^{MAK} = |(0,61 \cdot (Q_g/59) \cdot W)| - 0,12 \dots \dots \dots (16)$$

ET_{p0}^{MAK} = evapotras-piração potencial (mm/dia).

Q_g = radiação solar global (mm/dia), obtida das maneiras já descritas no método de Penman.

$W = \Delta/(\Delta + \gamma)$ - onde Δ é a tangente à curva de pressão de saturação de vapor d'água e γ é a constante psicrométrica, sendo a relação dependente da temperatura do ar (OMETTO, 1981).

3.6.9. Método de Turc

TURC (1961) desenvolveu uma metodologia de estimativa da evapotranspiração potencial envolvendo nestes valores de radiação solar (Ranglely/dia) e temperatura média do ar em °C. Para as condições da região de Belém/PA, onde UR > 50% utilizou-se a seguinte equação de Turc.

$$ET_{p0}^{TURC} = (0,013 T)(T + 15)^{-1} (Q_g + 50) \dots \dots \dots (17)$$

onde:

ET_{p0}^{TURC} = evapotranspiração potencial (mm/dia).

T = temperatura média do ar (°C)

Q_g = radiação solar global (langley/dia), obtida a partir das maneiras descritas no método de Penman.

3.7. Estimativa do Coeficiente de Cultura (Kc)

O valor de ET_m é relativo a um estado de umidade do solo, no qual a planta não sofre restrição de água. É obvio que diferentes culturas sob mesmas condições climáticas (mesma ET_o), deverão sofrer diferentes perdas d'água, em função das diferenças de área foliar, estágio fisiológico, sistema radicular, etc. O fator de ajuste entre ET_m e ET_o é o fator K_c . De acordo com estas considerações propostas pela FAO (1979), defende-se que K_c é dependente da cultura e do estágio do desenvolvimento no qual ela se encontra.

O valor de K_c foi então obtido experimentalmente através de dados de evapotranspirômetros em condições de não restrição de umidade, para os diferentes métodos de estimativa de ET_o , através da fórmula

$$K_c = ET_m \times (ET_o)^{-1} \dots \dots \dots (18)$$

3.8. Determinação das fases fenológicas, altura e peso seco das plantas, número de vagens e comprimento do sistema radicular.

As avaliações de ocorrências dos eventos fenológicos das fases abaixo esquematizadas foram realizadas diariamente em cinco subáreas (I, II, III, IV e V) de $2m^2$ ($1m \times 2m$) distribuídas aleatoriamente pela área total. As fases fenológicas das plantas foram caracterizadas quando apareciam em 50% das plantas das subáreas. E essas fases foram analisadas em subáreas com 30 plantas em cada. O critério adotado para diferenciação das fases fenológicas do Cau-

pi (*Vigna unguiculata* (L) Walp). Cultivar V-69, é o mesmo utilizado para o feijão (*Phaseolus vulgaris* (L), descrito no Boletim do CIAT (1979), ou seja:

Vo - Germinação - 50% das sementes com a radícula de fora.

V1 - Emergência - 50% das plântulas com cotilédones aparecendo ao nível do solo.

V2 - 50% das plântulas com folhas primárias desdobradas.

V3 - 50% das plantas com a primeira folha trifoliolada desdobrada.

V4 - 50% das plantas com a terceira folha trifoliolada desdobrada.

R5 - 50% das plantas com os primeiros botões florais.

R6 - 50% das plantas com as primeiras flores abertas.

R7 - 50% das plantas com as primeiras vagens.

R8 - 50% das plantas com as vagens cheia de sementes.

R9 - 50% das plantas apresentando modificações da cor das vagens.

São mostradas na Figura 11 as ocorrências fenológicas ocorridas no caupi na cultivar V-69.

Figura 11. Eventos fenológicos da cultura do caupi (*Vigna unguiculata*-L) Cultivar V-69.

A altura desde o colo até o último lançamento, o peso seco e o comprimento do sistema radicular foram determinados no final do experimento em 10 plantas de cada sub-parea e nas plantas dos evapotranspirômetros. O comprimento do sistema radicular foi medido após retirada cuidadosa das plantas do solo e lavagem. A secagem foi feita em estufa a temperatura de aproximadamente 70°C, até apresentar peso constante, sendo o peso seco total obtido a partir dos pesos secos parciais de raízes, ramos, folhas e frutos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Operação e Desempenho dos Evapotranspirômetros.

Os evapotranspirômetros usados neste trabalho mostraram-se convenientes e práticos para a região Amazônica, em virtude de sua operação ser bastante simples, exigindo apenas leituras diárias e rega de 15 litros quando a água drenada não chegava a 500ml, apresentando-se também com precisão satisfatória.

Uma vantagem, dentre tantas, no uso deste aparelho residiu no fato de ser um instrumento que para as condições do Trópico Úmido Brasileiro apresentou custo de construção e instalação relativamente baixos em comparação aos outros instrumentos para determinação da evapotranspiração. Outra vantagem foi a de ser facilmente construído e principalmente, a de dar uma precisão de leitura considerada muito boa para finalidades práticas.

Para um perfeito funcionamento dos evapotranspirômetros, após a completa instalação foi plantada inicialmente grama (*Paspalum notatum*), transcorrendo cerca de 5 meses para que fosse plantada a primeira época do *Vigna*. Esse período de adaptação foi necessário para que ocorresse a adequada compactação e acomodação das camadas do solo assemelhando-se ao perfil natural da área. ABOUKHALED et alii (1982), no entanto, afirmam que a alteração provocada no solo por ocasião da instalação, não constitui, de modo geral, sério problema na utilização de evapotranspirômetros.

Para a análise de comportamento das plantas que reflete o desempenho e funcionamento dos evapotranspirô

metro, foi avaliado por amostragem e no final de cada plantio o peso seco, o número de vagens, altura das plantas, número de nós e produção de grãos de plantas situadas dentro dos evapotranspirômetros e nas subáreas do experimento, sendo os resultados mostrados nas tabelas 04 e 05. Observa-se que os parâmetros relacionados ao crescimento das plantas (comprimento de raízes, altura e número de nós) podem ser considerados praticamente iguais dentro e fora dos evapotranspirômetros nas duas épocas de plantio. Verifica-se também que os parâmetros relativos à produção (número de vagens, número de sementes/vagens), também não foram essencialmente diferentes, embora tenha ocorrido em média uma vagem a mais por planta fora dos evapotranspirômetros, enquanto que a produção de sementes por unidade de área foi maior dentro dos evapotranspirômetros, mas considerando-se que havia um número maior de plantas por unidade de área dentro dos evapotranspirômetros, é possível calcular que a produção de sementes por planta foi praticamente idêntica dentro e fora dos tanques.

Levando em conta essas observações, bem como o fato de que a produtividade foi boa em ambas as épocas e que o sistema radicular das plantas coletadas dentro dos evapotranspirômetros atingiu em média 22,0 cm e 22,8 cm na primeira e na segunda época de plantio, respectivamente, é possível considerar que as condições físicas do solo dentro das caixas e as dimensões destas não produziram situações de excesso ou de restrição de umidade e aeração para o Caupi. Permitem, também, recomendar o uso desse equipamento em estudos de consumo de água, nas condições do Trópico-úmido, de culturas de ciclo curto e que principalmente, possuam sistema radicular não muito profundo.

TABELA 4. Número de plantas, comprimento do sistema radicular (C.R.), altura, número de vagens e de nós por planta, número de sementes por vagem e produção de sementes por unidade de área nas sub-áreas amostradas em: evapotranspirômetros (tanques) na primeira época de plantio (maio-julho/1985).

	ÁREA (m ²)	Nº PLANTAS	C.R. (cm)	ALTURA/ PLANTA (cm)	Nº DE VA- GENS/ PLANTA	Nº DE NÓS/ PLANTA	Nº DE SE- MENTES/ VAGEM	PRODUÇÃO g/m ²
Subárea I	2.00	22	21,8	27,2	4	8	14	60
Subárea II	2.00	36	22,3	30,7	7	10	11	136
Subárea III	2.00	37	22,0	32,4	8	8	12	174
Subárea IV	2.00	44	22,1	37,6	7	5	11	136
Subárea V	2.00	47	22,0	33,6	6	8	9	124
Média		37,2	22,0	32,3	6,4	7,8	11,4	12,5
Tanque 01	1.71	52	21,0	35,3	5	7	11	170
Tanque 02	1.71	35	23,0	31,8	6	7	12	144
Média		43,5	22,0	33,6	5,5	7,0	11,5	157

Produção da área total (1200 m²) = 160,33 kg.

TABELA 5. Número de plantas, comprimento do sistema radicular (C.R.), altura, número de vagens e de nós por planta, número de sementes por vagem e produção de sementes por unidade de área nas sub-áreas amostradas nos evapotranspirômetros (tanques) na segunda época de plantio (setembro/novembro/1985).

	ÁREA (m ²)	Nº PLANTAS	C.R. (cm)	ALTURA/ PLANTA (cm)	Nº DE VA- GENS/ PLANTA	Nº DE NÓS/ PLANTA	Nº DE SE MENTES/ VAGEM	PRODUÇÃO g/m ²
Subárea I	2.00	43	21,2	29,1	6	9	9	111
Subárea II	2.00	43	22,0	31,9	7	7	10	144
Subárea III	2.00	44	22,3	33,1	5	9	10	105
Subárea IV	2.00	35	22,4	39,7	10	10	13	218
Subárea V	2.00	41	22,1	34,3	8	10	11	173
Média		41,2	22,0	33,6	7,2	9,0	10,6	150
Tanque 1	1.71	52	22,9	37,1	6	9	13	226
Tanque 2	1.71	53	22,7	33,9	6	9	14	249
Média		52,5	22,8	35,5	6,0	9,0	13,5	237

Produção da área total = 206,92 kg

Deve-se ressaltar, também, que nas condições do experimento, com vegetação circunvizinha e área experimental razoavelmente grande, a qual, segundo Thornthwaite e Mather (1955) deve ter uma proteção circular de aproximadamente 50 metros em climas úmidos, o "efeito oásis" foi eliminado.

4.2. Evapotranspiração máxima do caupi e evapotranspiração de referência

A tabela 6 mostra os dados médios diários, para períodos semanais, de evapotranspiração de referência estimada pelos diferentes métodos usados e de evapotranspiração máxima do caupi no período de maio-julho de 1985. A tabela 7 mostra o mesmo tipo de dados para a época de plantio de agosto a novembro, incluindo-se a evapotranspiração de referência medida em evapotranspirômetro com grama. As figuras 12, 13 e 14 mostram esses valores, indicando o início de cada fase fenológica.

Observa-se que a variação da evapotranspiração de referência ao longo dos períodos considerados em cada época de plantio é pequena. Isso é esperado, pois ETo reflete as condições de demanda atmosférica, dependente de elementos como radiação solar global, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento que, devido a situação geográfica de Belém (próxima ao círculo equatorial), não possuem variação acentuada no decorrer do ano, conforme verifica-se nas figuras 5, 6, 7 e 8 e na tabela do apêndice.

Entre os métodos de estimativa de ETo utilizados houve razoável variabilidade. Analisando os resultados da segunda época de plantio, na qual obteve-se medições de ETo com os evapotranspirômetros gramados, é possível

TABELA 6. Valores médios diários para períodos semanais da evapotranspiração máxima do caupi (ET_m) e da evapotranspiração de referência estimada por diferentes métodos para a primeira época de plantio (maio-junho/1985). Belém-PA.

PERÍODO	ET _m	ET ₀ TH	ET ₀ CA	ET ₀ PN	ET ₀ RAD	ET ₀ HARG	ET ₀ BL	ET ₀ MK	ET ₀ TURC	ET ₀ LINC
18/05-24/05	2,18	4,14	3,99	3,04	2,69	3,41	3,82	2,53	3,22	2,91
25/05-31/05	2,75	4,32	4,44	3,50	3,22	4,02	4,01	2,99	3,72	3,06
01/06-07/06	3,33	4,36	4,01	3,67	3,29	4,13	4,25	3,05	3,80	3,19
08/06-14/06	3,77	4,57	4,33	3,68	3,46	4,29	4,18	3,21	3,95	3,11
15/06-21/06	4,51	4,41	4,25	3,88	3,73	4,62	4,38	3,44	4,20	3,30
22/06-21/06	4,98	4,46	4,37	3,90	3,76	4,65	4,62	3,47	4,23	3,51
29/06-05/07	4,03	4,36	4,55	3,79	3,67	4,55	4,74	3,39	4,14	3,51
06/07-12/07	3,95	5,43	5,68	4,98	4,72	5,83	5,74	4,36	5,33	4,35
Média	3,69	4,50	4,45	3,81	3,57	4,43	4,47	3,30	4,07	3,37

Identificação dos métodos de estimativa de evapotranspiração de referência

ET ₀ TH - método de Thornthwaite	ET ₀ HARG - método de Hargreaves
ET ₀ CA - método do tanque classe A	ET ₀ BL - método de Benavidez & Lopez
ET ₀ PN - método de Penman	ET ₀ MK - método de Makking
ET ₀ RAD - método da radiação solar	ET ₀ TURC - método de Turc
	ET ₀ LINC - método de Linacre

TABELA 7. Valores médios diários para períodos semanais da evapotranspiração máxima do Caupi (ETm), da evapotranspiração de referência medida (ETog) e estimada por diferentes métodos para a segunda época de plantio (setembro-novembro/1985). Belém/PA.

PERÍODO	ETm	ETog	ET ₀ TH	ET ₀ CA	ET ₀ PN	ET ₀ PNI	ET ₀ RAD	ET ₀ RADI
19/09-25/09	3,41	4,50	4,59	5,06	4,54	4,28	4,44	4,43
26/09-02/10	3,07	4,01	4,56	4,50	4,08	3,60	3,89	3,79
03/10-09/10	4,90	4,95	4,50	5,30	4,40	4,38	4,23	4,29
10/10-16/10	4,92	4,73	4,41	4,71	4,03	4,01	3,83	3,97
17/10-23/10	6,19	4,78	4,53	5,37	4,16	4,29	4,19	4,22
24/10-30/10	5,23	4,61	4,53	4,65	3,98	3,85	3,12	3,67
31/10-06/11	5,10	4,97	4,69	5,12	4,12	4,27	3,87	4,01
07/11-13/11	4,21	4,33	4,53	4,77	3,93	3,89	3,65	3,77
14/11-20/11	2,51	3,21	3,24	2,99	2,69	2,53	2,36	2,37
Média	4,39	4,45	4,40	4,72	3,99	3,90	3,73	3,84

(cont.)

TABELA 7. Valores médios diários para períodos semanais da evapotranspiração máxima do caupi (ET_m) da evapotranspiração de referência medida (ET_{0g}) e estimada por diferentes métodos para a segunda época de plantio (setembro-novembro/1985). Belém/PA.

PERÍODO	ET ₀ HARG	ET ₀ HARG ₁	ET ₀ MK	ET ₀ MK ₁	ET ₀ TURC	ET ₀ TURC ₁	ET ₀ BL	ET ₀ LINC
19/09-25/09	5,45	5,43	4,07	4,06	4,88	4,86	4,76	3,51
26/09-02/10	4,82	4,71	3,59	3,50	4,36	4,26	4,72	3,47
03/10-09/10	5,22	5,29	3,89	3,94	4,68	4,73	4,99	3,67
10/10-16/10	4,74	4,89	3,53	3,65	4,30	4,43	4,50	3,25
17/10-23/10	5,19	5,73	3,85	3,87	4,64	4,67	5,19	3,79
24/10-30/10	3,94	4,58	2,90	3,39	3,63	4,15	4,81	3,54
31/10-06/11	4,81	4,98	3,56	3,70	4,33	4,48	4,88	3,74
07/11-13/11	4,54	4,68	3,37	3,48	4,13	4,24	4,69	3,53
14/11-20/11	2,95	2,97	2,19	2,20	2,71	2,73	3,18	2,33
Média	4,63	4,81	3,44	3,53	4,17	4,28	4,63	3,42

OBS: A notação dos métodos é idêntica à utilização na TABELA 6, exceto que o subscrito identifica métodos que utilizam radiação solar global medida.

Figura 12. - Valores médios diários de evapotranspiração máxima medido e de evapotranspiração de referência estimados por diferentes métodos em período semeadis para primeira época de plantio.

Figura 13 - Valores médios diários de evapotranspiração máxima e de evapotranspiração de referência estimados por diferentes métodos em períodos semanais para segunda época de plantio.

Figura 14-Valores médios diários de evapotranspiração máxima e de evapotranspiração de referência estimados por diferentes métodos em períodos semanais para segunda época de plantio.

TABELA 8. Análise estatística (teste χ^2_r de Friedman) para os valores de evapotranspiração de referência estimados por diferentes métodos em relação aos valores médios em evapotranspirômetros com grama, no período de setembro a novembro de 1985. As diferenças entre valores de r significam diferenças estatísticas encontradas no confronto dos valores de ETo estimada por um dos métodos e ETo medido.

$$\chi^2_r = 97,16^{**}$$

diferença mínima significativa = 53,32

$ R_{TH} - R_g = 6$	$ R_{HARG} - R_g = 11$
$ R_{CA} - R_g = 22$	$ R_{HARG_1} - R_g = 22$
$ R_{PN} - R_g = 36$	$ R_{BL} - R_g = 15$
$ R_{PNI} - R_g = 46$	$ R_{MK} - R_g = 83^*$
$ R_{LIN} - R_g = 81^*$	$ R_{MK_1} - R_g = 77^*$
$ R_{RAD} - R_g = 60^*$	$ R_{TURC} - R_g = 30$
$ R_{RAD_1} - R_g = 52$	$ R_{TURC_1} - R_g = 12$

g - gramado; TH - Thornthwaite; PN - Penman; LIN - Linacre; RAD - radiação; HARG - Hargreaves; BL - Benavides-Lopez; MAK - Makking; TURC - Turc. (o subscrito 1 refere-se a estimativa de ETo através de radiação solar global medida).

comparar-se os valores obtidos através cada método de estimativa com os medidos nesses evapotranspirômetros, dados esses tomados como padrão no teste χ^2 de Friedman (CAMPOS, 1983) para esse conjunto de valores são mostrados na tabela 8. O valor do χ^2_p foi altamente significativo, indicando ter havido diferença entre métodos (considerados aqui como os tratamentos). Na análise dos desvios de cada método em relação ao padrão, verifica-se que os valores estimados pelo método de Makking (tanto com os valores de radiação solar global estimados, como os medidos) e pelo método de Linacre diferiram estatisticamente dos valores medidos, ao nível de significância de 5%. O método da radiação solar apresentou-se próximo ao limite da diferença mínima significativa, tendo os valores de ETo obtidos nesse método com uso de radiação solar global estimada mostrando-se diferentes, estatisticamente dos valores de ETo medidos.

A tabela 9 mostra os desvios entre os valores de ETo estimados através de cada método em relação aos valores medidos nos evapotranspirômetros.

A análise conjunta das tabelas 7, 8 e 9 das figuras 13 e 14 permitem observar que, embora não houvesse sido detectada diferença estatística entre os valores medidos de ETo e os estimados pelos métodos de Thornthwaite, Benavides - Lopez, do tanque Classe A, de Hargreaves, de Penman e de Turc, houve tendências definidas dos valores estimados através de cada método quando comparados com os medidos. Os métodos de Thornthwaite e de Benavides-Lopez foram os que forneceram valores mais próximos aos medidos. O de Penman e o de Turc tenderam a fornecer sub-estimativas, enquanto o do tanque classe A e o de Hargreaves tenderam a fornecer super-estimativas. Os métodos da radiação solar, de

TABELA 9. Desvios (d) dos valores estimados de evapotranspiração de referência pelos diferentes métodos em relação à ETo medida em evapotranspirômetros gramados, na segunda época de plantio.

	dH	dCA	dPN	dPN ₁	dRAD	dRAD ₁	dHARG	dHARG ₁	dMK	dMK ₁	dTURC	dTURC ₁	dBL	dLIN
19/09-25/09	+0,09	+0,56	+0,04	-0,22	-0,06	-0,07	+0,95	+0,93	-0,43	-0,44	+0,38	+0,36	+0,26	-0,99
26/09-02/10	+0,55	+0,49	+0,07	+0,41	-0,12	-0,22	+0,81	+0,70	-0,42	-0,51	+0,25	+0,25	+0,70	-0,54
03/10-09/10	-0,45	+0,35	-0,45	-0,57	-0,72	-0,66	+0,27	+0,34	-1,06	-1,01	-0,27	-0,22	+0,04	-1,28
10/10-16/10	-0,32	-0,02	-0,70	-0,72	-0,90	-0,76	+0,01	+0,16	-1,20	-1,08	-0,43	-0,30	-0,23	-1,48
17/10-23/10	-0,25	+0,59	-0,62	-0,49	-0,59	-0,56	+0,41	+0,95	-0,93	-0,91	-0,14	+0,06	+0,41	-0,99
24/10-30/10	-0,12	+0,04	-0,63	-0,76	-1,49	-0,94	-0,67	-0,03	-1,71	-1,22	-0,98	-0,46	+0,20	-1,07
31/10-06/11	-0,28	+0,15	-0,85	-0,70	-1,10	-0,96	-0,16	+0,01	-1,41	-1,26	-0,64	-0,49	-0,09	-1,23
07/11-13/11	+0,20	+0,44	-0,40	-0,44	-0,68	-0,56	+0,21	+0,35	-0,96	-0,85	-0,20	-0,09	+0,36	-0,80
14/11-20/11	+0,30	-0,22	-0,52	-0,68	-0,85	-0,84	-0,26	-0,24	-1,02	-1,01	-0,50	-0,48	-0,03	-0,08

OBS: A notação dos métodos tem o mesmo significado usado na

TABELA 8.

Makking e de Linacre forneceram sistematicamente sub-estimativas em relação a ETo medida. Ressalte-se que, nos métodos que utilizam radiação global nas estimativas de ETo, não são observados valores discrepantes quando se compara a evapotranspiração originária de dados estimados e a de dados observados de radiação solar global, o que é esperado em vista da boa precisão das estimativas da radiação global através da razão de insolação.

A tendência de que os métodos de Makking, de Linacre e mesmo o da radiação solar tenham-se diferenciado dos demais pode ser confirmada pelos dados da primeira época de plantio e pela análise estatística apresentada na tabela 10, onde são mostrados os resultados do teste χ^2_r Friedman para comparações múltiplas dos métodos, confrontados dois a dois. Optou-se por esse confronto devido ao fato de na primeira época de plantio, não terem sido feitas observações em evapotranspirômetros com grama.

Pode-se concluir, assim, que nas condições do trabalho, os métodos de estimativa de ETo podem ser divididos em três grandes grupos, quanto ao comportamento que tiveram em relação aos valores medidos em evapotranspirômetro: os de Thornthwaite e de Benavides-Lopez compõem o grupo que tendem a fornecer estimativas mais próximas aos medidos; os de Penman, do tanque classe de Hargreaves e o de Turc formam o segundo grupo, apresentando resultados não diferentes estatisticamente dos valores medidos de ETo, mas que mostraram tendência a sub ou super estimar ETo em relação aos valores medidos; o terceiro grupo, composto pelos métodos de Linacre, Makking e da radiação solar, que apresentarem valores estimados mais afastados dos medidos.

TABELA 10. Análise estatística (teste χ^2_r de Friedman) para os valores de evapotranspiração de referência estimados por diferentes métodos na primeira êpoca de plantio (maio-julho). As diferenças de valores de R referem-se ao confronto entre dois mêtodos, numa comparação múltipla.

$$\chi^2_r = 57,45^{**}$$

$$d.m.s. = 4,386 \sqrt{\frac{8.9.10}{12}} = 33,97$$

R _{TH} - R _{CA} = 55,5	R _{PN} - R _{MK} = 26,0
R _{TH} - R _{PN} = 24	R _{PN} - R _{TURC} = 2,5
R _{TH} - R _{RAD} = 38*	R _{PN} - R _{LIN} = 23,0
R _{TH} - R _{HARG} = 1,5	R _{RAD} - R _{HARG} = 36,5*
R _{TH} - R _{BL} = 2,5	R _{RAD} - R _{BL} = 35,5*
R _{TH} - R _{MK} = 50*	R _{RAD} - R _{MK} = 12,0
R _{TH} - R _{TURC} = 21,5	R _{RAD} - R _{TURC} = 16,5
R _{TH} - R _{LIN} = 47*	R _{RAD} - R _{LIN} = 9
R _{CA} - R _{PN} = 19,5	R _{HARG} - R _{BL} = 1,0
R _{CA} - R _{RAD} = 33,5	R _{HARG} - R _{MK} = 48,5*
R _{CA} - R _{HARG} = 3,0	R _{HARG} - R _{TURC} = 20,0
R _{CA} - R _{BL} = 2,0	R _{HARG} - R _{LIN} = 45,5*
R _{CA} - R _{MK} = 45,5*	R _{BL} - R _{MK} = 47,5*
R _{CA} - R _{TURC} = 17,0	R _{BL} - R _{TURC} = 19,5
R _{CA} - R _{LIN} = 42,5*	R _{BL} - R _{LIN} = 44,5*
R _{PN} - R _{RAD} = 14	R _{MK} - R _{TURC} = 28,5
R _{PN} - R _{HARG} = 22,5	R _{MK} - R _{LIN} = 3,0
R _{PN} - R _{BL} = 21,5	R _{TURC} - R _{LIN} = 15,5

OBS: A notação dos métodos é a mesma da
TABELA 8. d.m.s. = desvio mínimo
significativo

Quanto à evapotranspiração máxima do Caupi, dependente de características relacionadas ao estágio de crescimento da cultura, além daquelas relacionadas à demanda atmosférica, verifica-se que sofreu variação durante o ciclo de crescimento, em função principalmente da cobertura vegetal do terreno, relacionada ao estágio de desenvolvimento. Isso pode ser observado, além das tabelas 6 e 7 e das figuras 12, 13 e 14, pelos dados da tabela 10, que mostram que na fase de início a final de floração houve o máximo consumo diário de água nas duas épocas de plantio, respectivamente com 7,38 e 7,99 mm/dia.

Verifica-se que na segunda época o consumo total de água, no ciclo foi maior que no primeiro em cerca de 19% (3,69 e 4,39 mm/dia, respectivamente). Isso pode ter sido causado além dos maiores valores de energia solar, principalmente em setembro, pelo maior número de plantas dentro dos evapotranspirômetros na segunda época (ver tabelas 4 e 5).

O consumo total de água pelo caupi foi de 206,76 mm na primeira época de plantio e de 276,78 mm na segunda época, conforme vê-se na tabela 11 e nas figuras 15, 16 e 17, nas quais são encontrados os valores acumulados de ETm do caupi e de ETo calculados pelos diferentes métodos. Os valores médios de ETm, para o ciclo todo, foram de 3,69 mm/dia e 4,39 mm/dia para a primeira e segunda épocas de plantio, respectivamente. Ressalte-se que os agricultores da região consideram como ideal para o plantio a primeira época usada. O valor médio da primeira época de cultivo foi bastante próximo dos encontrados por SILVA (1980) no nordeste brasileiro, ao trabalhar com a mesma espécie em duas condições de adubação nitrogenada (3,58 e 3,68 mm/dia).

TABELA 11. Evapotranspiração máxima das 2 épocas de plantio
(médias dos dois evapotranspirômetros).

1.^a ÉPOCA (MAIO-JUNHO)

FASES DE DESENVOLVIMENTO	DURAÇÃO DA FASE (DIAS)	IDADE DAS PLANTAS (DIAS)	$\overline{ET}$ (mm)	$\overline{ET}$ (mm/dia)
Emergência-Início da floração	33	33	84,18	2,55
Início da floração-final da floração	09	33-42	66,42	7,38
Final da floração-Maturação Fisiológica	14	42-56	56,16	4,01
TOTAL			206,76	3,69

2.^a ÉPOCA (SETEMBRO-NOVEMBRO)

FASES DE DESENVOLVIMENTO	DURAÇÃO DA FASE (DIAS)	IDADE DAS PLANTAS (DIAS)	$\overline{ET}$ (mm)	$\overline{ET}$ (mm/dia)
Emergência-Início da floração	34	34	114,14	3,36
Início da floração-final da floração	10	34-44	79,90	7,99
Final da floração-Maturação Fisiológica	19	44-63	82,74	5,22
TOTAL			276,78	4,39

Figura.15.--Valores de ETm e de ET₀ acumulada, medidos e estimados por diferentes métodos em períodos semanais para primeira época de plantio do caupi.

Figura 16 -Valores de ETm e ET_o acumulada, medidos e estimados por diferentes métodos em períodos semanais para segunda época de plantio do Vigna.

Figura 17 -Valores de ETm e ET_g acumulada, medidos e estimados por diferentes métodos em períodos semanais para segunda época de plantio.

4.3. Coeficientes de cultura

Dentre os fatores que afetam o coeficiente de cultivo (K_c) as características biológicas das plantas é o que mais se acentua, uma vez que varia com a espécie vegetal, o seu estágio de crescimento, às condições climáticas, tipo de solo e conteúdo de umidade disponível. É a variação do coeficiente de cultivo entre uma mesma espécie é função principalmente da taxa de utilização da água pela planta a qual está na dependência do potencial de água do solo do sistema radicular da resistência estomática e dos fatores meteorológicos.

Nas tabelas 12 e 13 e figuras 18 e 19 são apresentados valores de coeficiente de K_c , obtidos pela relação de ET_m/ET_o (estimados por diferentes métodos) para duas épocas de plantio do *Vigna*, são mostrados também os coeficientes de cultura com base em evapotranspiração medida.

Como o coeficiente de cultura é definido pela relação entre ET_m e ET_o , seus valores variam de acordo com o método utilizado no cálculo de evapotranspiração de referência. Evidentemente, sua variação entre métodos deve dar a mesma tendência dos resultados estatísticos encontrados para evapotranspiração de referência, pois o valor de ET_m para um determinado período é o mesmo. A análise estatística mostrada na tabela 14 indica que os valores de K_c obtidos através dos métodos de Makking, de Linacre e da radiação solar (com estimativa da radiação global) diferiram pelo teste χ^2 de Friedman, ao nível de significância de 5%, dos valores obtidos a partir da evapotranspiração de referência média enquanto que os outros métodos não.

TABELA 12. Valores de coeficiente de cultura obtidos para a 1ª época de plantio (maio-julho/85) do *Vigna unguiculata* (cultivar V-69), tendo por base evapotranspiração de referência estimada por diferentes métodos.

PERÍODO	K _C CA	K _C PN	K _C RAD	K _C HARG	K _C BL	K _C MK	K _C TURC	K _C TH	K _C LIN	K _C MÉDIO
18/05-24/05	0,546	0,716	0,809	0,639	0,570	0,863	0,676	0,526	0,750	0,677
25/05-31/05	0,618	0,784	0,853	0,681	0,683	0,918	0,737	0,635	0,895	0,756
01/06-07/06	0,830	0,907	1,011	0,806	0,784	1,090	0,875	0,763	1,044	0,901
08/06-14/06	0,870	1,025	1,088	0,878	0,902	1,175	0,954	0,824	1,210	0,992
15/06-21/06	1,061	1,161	1,208	0,976	1,029	1,309	1,072	1,022	1,365	1,134
22/06-28/06	1,139	1,278	1,324	1,070	1,079	1,435	1,177	1,116	1,417	1,226
29/06-05/07	0,895	1,074	1,111	0,896	0,857	1,203	0,983	0,934	1,159	1,013
06/07-13/07	0,694	0,792	0,836	0,676	0,688	0,905	0,740	0,727	0,907	0,774

OBS: IDENTIFICAÇÃO DOS MÉTODOS

CA - tanque classe A; PN - Penman; RAD - radiação solar; HARG - Hargreaves;
 BL - Benavides-Lopez; MK - Makking; TURC - Turc; TH - Thornthwaite; LIN -
 Linacre.

TABELA 13. Valores de coeficientes de cultura obtidos para 2ª época de plantio (setembro-novembro/85) do *Vigna unguiculata* (Cultivar V-69), tendo por base diferentes métodos de estimativa de ETo.

PERÍODO	K _{CG}	K _{CA}	K _{CPN}	K _{CPN1}	K _{CRAD}	K _{CRAD1}	K _{CHARG}	K _{CHARG1}	K _{CBL}	K _{CMK}	K _{CMK1}	K _{CTURC}
19/09-25/09	0,758	0,674	0,751	0,796	0,768	0,771	0,628	0,628	0,717	0,838	0,841	0,700
26/09-02/10	0,764	0,682	0,752	0,852	0,788	0,809	0,636	0,651	0,650	0,855	0,877	0,704
03/10-09/10	0,989	0,924	1,111	1,117	1,157	1,142	0,937	0,925	0,981	1,260	1,244	1,047
10/10-16/10	1,040	1,044	1,221	1,225	1,283	1,240	1,037	1,004	1,094	1,392	1,346	1,144
17/10-23/10	1,294	1,152	1,487	1,440	1,478	1,467	1,193	1,184	1,191	1,609	1,597	1,333
24/10-30/10	1,133	1,123	1,312	1,357	1,676	1,422	1,325	1,139	1,086	1,800	1,540	1,438
31/10-06/11	1,025	0,995	1,236	1,192	1,318	1,268	1,060	1,023	1,044	1,430	1,378	1,175
07/11-13/11	0,971	0,882	1,072	1,083	1,153	1,116	0,927	0,899	0,897	1,249	1,209	1,019
14/11-20/11	0,782	0,840	0,933	0,992	1,067	1,060	0,851	0,847	0,790	1,149	1,143	0,926
PERÍODO	K _{CTURC1}	K _{CLIN}	K _{CTH}	K _{CMÉDIO}								
19/09-25/09	0,702	0,973	0,753	0,744								
26/09-02/10	0,719	0,885	0,759	0,673								
03/10-09/10	1,035	1,335	0,842	1,088								
10/10-16/10	1,111	1,513	1,193	1,115								
17/10-23/10	1,324	1,634	1,385	1,366								
24/10-30/10	1,257	1,474	1,363	1,153								
31/10-06/11	1,38	1,361	1,189	1,086								
07/11-13/11	0,991	1,191	1,047	0,929								
14/11-20/11	0,922	1,077	0,956	0,775								

OBS: Simbologia dos métodos segue a mesma identificação da TABELA 12, com exceção de K_{cg} - (Coeficiente referente a grama). Subscrito 1: métodos com Q_g estimados.

TABELA 14. Análise estatística (teste χ^2 de Friedman) para os valores de coeficiente de cultura na segunda época de plantio (setembro-novembro/1985). A diferença nos valores de R significam diferenças estatísticas encontradas no confronto de valores de Kc determinados via evapotranspiração de referência estimada por um dos métodos com os valores de Kc obtidos a partir de ETo medida.

$$\chi_r^2 = 112,08^{**}$$

$$d.m.s. = 53,32$$

$ R_{TH} - R_g = 6$	$ R_{HARG} - R_g = 11,0$
$ R_{CA} - R_g = 23,5$	$ R_{HARG_1} - R_g = 22,0$
$ R_{PN} - R_g = 35,5$	$ R_{BL} - R_g = 13,5$
$ R_{PN_1} - R_g = 46,0$	$ R_{MK} - R_g = 83,5^*$
$ R_{LN} - R_g = 81,0^*$	$ R_{MK_1} - R_g = 76,5^*$
$ R_{RAD} - R_g = 60,5^*$	$ R_{TURC} - R_g = 23,0$
$ R_{RAD} - R_g = 51,5$	$ R_{TURC_1} - R_g = 21,0$

OBS: significado das observações para os métodos:

g - gramado (evapotranspiração de referência medida;
 TH - Thornthwaite; CA - tanque classe A; PN - Penman;
 LN - Linacre; RAD - radiação solar; HARG - Hargreaves;
 BL - Benavides-Lopez; MK - Makking; TURC - Turc,

Figura 19 - Comparação dos valores de K_c estimados por diferentes métodos durante o ciclo do CAUPI por semana para a primeira época de plantio.

Figura 19 - Comparação dos valores de K_c estimados por diferentes métodos durante o ciclo do CAUPI para 2ª época de plantio.

Do mesmo modo que no caso de evapotranspiração de referência, os valores de K_c , mesmo nos métodos que não diferiram estatisticamente de K_c obtido via ETo medida, apresentaram tendências. Os obtidos a partir dos métodos de Thornthwaite e de Benevides Lopez foram os que mais se aproximaram dos valores de K_c obtidos via ETo medida. Os obtidos via métodos de Penman e de Turc tenderam a super-estimarem e os obtidos via métodos do tanque classe A e de Hargreaves, tenderam a sub-estimar em relação aos valores obtidos via evapotranspirômetros com grama.

Os dados de K_c , tenderam a apresentar os maiores valores nos estágios R_5 , R_6 e R_7 . Em culturas que cobrem homogeneamente o solo, sob ótimas condições de disponibilidade hídrica, como ocorreram nesse período, ET_m pode suplantar ETo , fornecendo valores de K_c acima de 1,0.

Os valores máximos de K_c encontrados a partir de ETo medida e a partir dos métodos de Thornthwaite, de Benavidez-Lopes, de Hargreaves e do tanque classe A, nas duas épocas de plantio (valores entre 1,1 e 1,2) foram próximos dos valores máximos de K_c recomendados pela FAO (1979) para *Phaseolus vulgaris* L., que pertence a mesma família do Vigna, para o qual não há recomendação de valores de K_c no trabalho da FAO.

Nas figuras 20 a 24 são mostradas as comparações dos valores de K_c obtidos a partir da evapotranspiração de referência calculada com uso de radiação solar global estimada ou medida, para a segunda época de plantio.

Figura 20 - Comparação de valores do coeficiente de cultura obtido pelo método de Penman com radiação medida (K_{cPN_i}) e radiação global estimada (K_{cPN})

Figura 21 - Comparação de coeficientes de cultura obtidos a partir do método de radiação global estimada (K_{cRAD}) e medida (K_{cRAD_1})

FIGURA 22. Comparação dos coeficientes de cultura obtido a partir do método de Hargreaves com radiação global estimada ($K_c \text{ HARG}$) e medida ($K_c \text{ HARG}_1$).

Figura 23 - Comparação dos coeficientes de cultura obtidos a partir do método de Makking com radiação global estimada ($K_c MK$) e medida ($K_c MK_1$)

FIGURA 24. Comparação do coeficiente de cultura obtido pelo método de TURC, com a radiação global estimada ($K_c \text{ TURC}$) e medida ($K_c \text{ TURCi}$).

Na tabela 15 são mostrados valores da análise de regressão correlacionando coeficientes de cultura determinados pelos diferentes métodos de estimativa de ETo com o coeficiente de cultura determinado a partir do tanque classe A. O método do tanque classe A foi utilizado como referência devido, ao fato de que a medida de ETo através de evapotranspirômetros foi realizada somente na segunda época, enquanto as estimativas de ETo e de Kc pelo tanque classe A foram feitas nas duas épocas, sendo que seus valores na segunda época não diferiram estatisticamente dos dados obtidos dos evapotranspirômetros gramados; além disso, é um método bastante prático que responde às condições de trópico úmido.

TABELA 15. Equações de regressão entre coeficientes de cultura obtidos a partir da evapotranspiração estimada pelo método do tanque classe A (valor de y), e valores obtidos a partir de diferentes métodos de estimativa de ETo, com os respectivos valores do coeficiente de determinação (r^2) e do teste F.

1. ^a época	$y = a + bx$	$r^2(\%)$	F
Thornthwaite	$y = 0,036 + 0,941 x$	96,56	168,37
Penman	$y = 0,177 + 0,950 x$	96,49	161,17
Radiação	$y = 0,288 + 0,892 x$	96,37	159,51
Hargreaves	$y = 0,213 + 0,738 x$	96,94	189,78
Benavides-Lopez	$y = 0,123 + 0,842 x$	97,12	202,23
Makking	$y = 0,293 + 0,984 x$	96,83	183,43
Turc	$y = 0,198 + 0,846 x$	97,66	250,408
Linacre	$y = 0,156 + 1,126 x$	97,00	193,792
2. ^a época			
Thornthwaite	$y = -0,155 + 1,241 x$	61,11	89,720
Penman (Q_g est.)	$y = -0,212 + 1,417 x$	96,80	211,42
Penman (Q_g mēd.)	$y = -0,017 + 1,227 x$	96,48	454,49
Radiação (Q_g est.)	$y = -0,336 + 1,649 x$	93,45	-
Radiação (Q_g mēd.)	$y = -0,129 + 1,377 x$	98,17	376,40
Hargreaves (Q_g est.)	$y = -0,2517 + 1,305 x$	94,82	128,194
Hargreaves (Q_g med.)	$y = -0,099 + 1,105 x$	98,53	470,561
Benavides-Lopez	$y = -0,030 + 1,048 x$	94,96	131,899
Makking (Q_g est.)	$y = -0,356 + 1,778 x$	94,23	114,288
Makking (Q_g mēd.)	$y = -0,142 + 1,497 x$	98,32	410,616
Turc (Q_g est.)	$y = -0,269 + 1,431 x$	96,11	172,784
Turc (Q_g mēd.)	$y = -0,1189 + 1,235 x$	98,49	455,846
Linacre	$y = -0,056 + 1,437 x$	94,67	124,245

OBS: Q_g est. - radiação solar global estimada.

Q_g med. - radiação solar global medida.

5. C O N C L U S Õ E S

Os resultados obtidos permitem concluir que:

Os evapotranspirômetros tipo Thornthwaite utilizados tiveram bom desempenho no estudo de demanda hídrica do caupi, podendo-se recomendar o uso dos mesmos nas condições do Trópico Úmido, em experimentos sobre consumo de água de culturas de ciclo curto e que possuam sistema radicular não muito profundo.

Não houve variação temporal muito acentuada na evapotranspiração de referência nas duas épocas de plantio, em função das condições meteorológicas que prevaleceram em Belém.

Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os valores de evapotranspiração de referência diária medida em evapotranspirômetros gramados, e os valores estimados, na segunda época de plantio, pelos métodos de Thornthwaite, de Benavidez-Lopez, de Penman, de Hargreaves, do tanque classe A e de Turc. Desses métodos, os que deram resultados mais próximos aos valores medidos foram o de Thornthwaite e o de Benavidez-Lopez; os de Penman e o de Turc tenderam fornecer sub-estimativas, enquanto o do tanque classe A e o de Hargreaves tenderam a fornecer super estimativas, em relação aos valores medidos.

O método da radiação solar esteve próximo ao limite de diferença significativa, estatisticamente, quando os valores por ele estimados foram comparados com os medidos. Os métodos de Makking e de Linacre forneceram valores esti-

mados de ETo estatisticamente diferentes dos medidos. Os três métodos forneceram sistematicamente sub-estimativas em relação a ETo medida, nas nove semanas que compuseram a segunda época de plantio.

Houve diferença no consumo total de água no ciclo do caupi nas duas épocas de plantio (206,76 e 276,76 mm, respectivamente, de maio a julho e de setembro a novembro de 1985); provavelmente, o maior consumo na segunda época foi decorrente dos maiores valores de energia solar global, principalmente nos estágios iniciais de crescimento e, também, pelo maior número de plantas nos evapotranspirômetros, nessa época.

O coeficiente de cultura tendeu a apresentar valores crescentes desde a emergência até o estágio reprodutivo (emissão de botões florais, abertura das flores e formação das vagens), sendo que nesse estágio Kc foi superior a 1,0, diminuindo posteriormente nos estágios subsequentes. Esses valores, dentro de cada semana, variaram com cada método utilizado nas estimativas de ETo, de modo que os métodos que forneceram valores estatisticamente diferentes de ETo em relação aos medidos, também o forneceram para valores de Kc.

Os valores máximos de Kc encontrados a partir de ETo medido e a partir dos estimados pelos métodos de Thornthwaite, de Benavidez & Lopez, de Hargreaves e do tanque classe A foram os que mais se aproximaram dos valores sugeridos pela FAO para *Phaseolus vulgaris* L. (da mesma família do caupi).

6. L I T E R A T U R A C I T A D A

ABDEL-AZZIZ, M.H., TAYLOR, S.A. and ASHCROFT, G.L., 1964. Influence of advective energy or transpiration. Agron. J. 56(2):139-42.

AGUIAR, M. J. N., 1975. Evapotranspiração em feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), estimada por e fórmulas empíricas. Piracicaba, ESALQ-USP, 55p. (Dissertação de Mestrado).

ASSIS, F. N., 1978. O uso do evapotranspirômetro no estudo de algumas relações entre a evapotranspiração medida e estimada. Piracicaba, ESALQ-USP, 73p. (Dissertação de Mestrado).

BAIER, W., 1965. The interrelationship of meteorological factors, soil moisture and plant growth. J. Biomet. 9 (1):5-20.

BENINCASA, M. N. P., 1972. Contribuição ao estudo ecológico do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*, L.); efeitos hídricos. Jaboticabal, 93p. (Tese de Doutorado).

BERLATO, M. A. e MOLION, LUIZ C. B., 1981. Evaporação e Evapotranspiração. Bol. Téc. IPAGRO, Porto Alegre-RS, nº 07, maio p.3-96.

BLAINER, B: L. & ROSEMBERG, N. J., 1974. Lysimetric calibration of the Bowen ration-energy balance methos for evapotranspiration estimation in the Central great plains. J. meteorol. 13(2): 377-236.

- CAMARGO, A.P. de, 1966. Contribuição para a determinação da Evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Campinas, IAC, 54 p. BC-161.
- CAMPOS, H. de, 1983. Estatística Experimental Não-Paramétrica. ESALQ/USP. Piracicaba. 349 p.
- CURY, D.M. 1985. Avaliação da Demanda Hídrica da Cultura do Repolho (*Brassica oleracea* VAR. Capitata L.) e suas interações climáticas. Piracicaba, SP., outubro. 79p
- DAKER, A. 1970. A água na agricultura. 3. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos. 453 p.
- DECKER, W.L., 1962. Precision of estimates of evapotranspiration in misspuri climate. Agron. J. 54 (6): 529-31.
- DENMEAD, O. T. & SHAW, R.H. Availability of soil water to plants as affected by soil-misture content and meteorological conditions. Agron. J. 54(5): 385-390, 1962.
- DOOREMBOS, S.J. & PRUITT, W.O., 1975. Guidelines for Predicting crop water requirements. Roma, FAO. 180 p.
- EAGLEMAN, J.R. & DECKER, W.I. 1965. The role of soil moisture in evapotranspiration. Agron. J. 57: 482-488.
- ELDIN, M.; DAUDET, A. & QUENGEY, P., 1969. L'évapotranspiration potentielle: application, principale évaluations, mesure, L'Agronomie Tropicale, 24(2), 174-180.

ENCARNAÇÃO, C. R. F. da. Estudo da demanda de água do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). Piracicaba, ESALQ-USP, 1980. 82p. (Dissertação de Mestrado).

FAO, 1975. Crop Water requirements. J. Doorembos e W. O. Smith. Irrigation and Drainage, Paper 24. Rome. 179p.

FAO, 1979. Yield response to water. J. Doorembos e a. h. KASSAM. Irrigation and Drainage, Paper 33. Rome. 193p.

GANGOPADHYAYA, M., HARBECK, G. E., NORDENSON, T. J., OMAR, M. H. and URYVAEV, V. A., 1966. Measurements and estimation of evapotranspiration. Gevena, OMM. 121p. (Thechinal note nº 83).

GAVANDE, S.A. & TAYLOR, S.A., 1967. Influence of soil water potencial and atmospheric evaporative demand on transpiration and the energy status of water in plants. Agron. J. 59(1): 31-35.

HALSTED, M. H. & COVEY, W., 1957. Some meteorological aspects of evapotranspiration. Soil. Science. Soc. Amer. Madison, 21(5): 461-464.

HANKS, R. J., JACOBS, H. S., SCHIMMELPFENNIG, H. E., and NIMAH, M. 1973. Evaluations of several methods for estimating evapotranspiration undes Semi-arid conditions In: Physical aspects of soil water and salts in ecosystems New York, 245-273.

HARGREAVES, G. H. 1974. Potencial evapotranspiration and irrigation requisements for Northeast Brazil. Utah State University, 55p.

- _____, G. H., 1976. Climate and irrigation requirements for Brazil. Logan, Utah State University, 44p.
- JONES, C. A. A review of evapotranspiration studies in irrigated sugarcane in Hawaii. Hawaiian planter's Record. Āeia, 59:195-214, 1980.
- LEMON, E. R., GLASSER, A. H. and SATTERWHITE, L. E., 1957. Some aspects of the relationship of soil, plant and meteorological factors to evapotranspiration. Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 21(5): 464-468.
- LETTAU, H. Evapotranspiration climatology. In: A new approach to numerical prediction of monthly evapotranspirations, runoff and soil moisture storage. Monthly water Review. Karachi, 97: 691-699, 1969.
- LINACRE, E. T., 1977. A simple formula for estimating evapotranspiration in various climates, using temperature alone. Agric. Meteorol. Amsterdam 18: 409-424.
- MARLATT, W. E., HAVENS, A. V., WILLITS, N. A. and BRILL, G. D., 1961. A comparison of computed and measured soil moisture under snapbeans. J. Geophys. Res. 66(2):535-41.
- MATHER, J. R., 1954. The measurements of potential evapotranspiration. Johns Hopkins Univ. Pub. on Climatology, 7(1):7-28.
- MATTINEZ, G.B.; CARVALHO, L.O.D.M.; CHENG, S.S.; NASCIMENTO, C.N.B., 1985. Utilização do búfalo como animal de trabalho no cultivo de hortaliças. Comunicado Técnico - EMBRAPA nº 56, p.1-4.
- MEDINA, B.F. & GONDIM, A.W. da, 1980. Estimativa de evapotranspiração em Areia (PB). Agropecuária Técnica. UFPB, Areia, 1(1): 68-69.

MONTEITH, J.L.: 1965. Evaporation and environment symp. Soc. Expted. Biol. 19:205-234.

MOTA, F.S. da & BEIRSDORF, M.L.C., 1975. Medidas e estimativas das evapotranspiração potencial em Pelotas (RS), Ciência e Cultura, 28(6): 666-72.

NORERO, A., 1976. Evaporacion y transpiracion. CIDIAT. Merida, Venezuela.

OLIVEIRA, A.F.F. e SILVA, J.F. de A., 1981. Cultura do Feijão e do Cauapi. Treinamento sobre culturas alimentares. EMBRAPA-CPATU. Abru1, p. 34.

OMETTO, J. C. 1981. Bioclimatologia Vegetal. Ed. Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 440 p.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. 1966. Measurement and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration. Technizal Note nº 83. Genebra.

PENMAN, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Rev. Soc. London. Proc. Serv. 193: 120-45.

PRUITT, W.O., 1960. Correlation of climatological data with water requirement of crops. Departament of Irrigation. University of California, Davis.

REICHARDT, K. e P.L. LIBARDI, 1973. A new equation for the estimation of soil water diffusivity. FAO/IAE Symposium on Isotopes and Radiation Techniques in Studies of Soil Physics, Irrigation and Drainage in Relation to Crop Production. Vienna, Austria.

ROSEMBERG, N. J. Seasonal parterns in evapotranspiration by irrigated alfafa in the central great plain. Agron. J. 61:879-86, 1969.

_____. Microclimate. Chicago, Honh Willey & Sons. 1974. 301p.

SCALOPI, E. J., 1972. Métodos climatológicos para avaliar a evapotranspiração. Piracicaba, ESALQ-USP, 71p. (Dissertação de Mestrado).

SCARDUA, R., 1970. Evapotranspiração real da cultura do milho como base aos projetos de irrigação. Piracicaba, ESALQ-USP. 160p. (Tese de Doutorado).

SILVA, M. A. da., 1980. Evapotranspiração do Feijão-de-corda. Boletim de Pesquisa. EMBRAPA/CPATSA, 04(01):15-24.

SLATYER, R. O. e Mc ILROY, J. C., 1961. Evaporation and the principles of its measurements. In: Practical Microclimatology - with special reference to the water factors in soil plant-atmosphere relationship. Australian - CSIRO. UNESCO. pp. 3. 14-3. 20.

SOUZA, J. L., 1983. Estudos da Evapotranspiração em cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba-PB. 80p. (Dissertação em Meteorologia).

STANHILL, G. 1961. A comparison of methods calculating potencial evapotranspiration from vlimatic data. Israel Journal of Agricultural Research, 11:159-71.

- TANNER, C.B., 1980. Energy balance approach to evapotranspiration from crops. Soil Science Society of America Proceedings, 24(1): 1-9.
- TANNER, C.B., 1967. Measurement of evapotranspiration. Agronomy, 11: 534-574.
- TANNER, C.B., 1980. Energy balance approach to evapotranspiration from crops. Soil Science Society of America Proceedings, 24(1): 1-9.
- TANNER, C.B. & LEMON, E.R. Radiant energy utilized in evapotranspiration. Agron. J., 54(3): 207-212, 1962.
- _____ 1967. Measurements of evapotranspiration. Agron. J., 11: 534-574.
- THORNTHWAITE, C.W., 1944. The moisture-factor in climate. Trans. Am. Geoph. Union., 27: 41-48.
- THORNTHWAITE, C.W., 1948. An approach toward a ration classification of climate. The Geographical Review, 38: 55-94.
- THORNTHWAITE, C.W. & HARE, F.K. The loss of water to the air meteorol. Monographs. 6: 163-170. 1965.
- TOVEY, R.; SPENCER, I.S. and MUCHEL, D.C., 1969. Turfgrass evapotranspiration. Agron. J., 61(6): 863-67.
- WINTER, E.J., 1960. The irrigation of potatoes. Agricultura, London, 66: 549-51.

VAN BAVEL, C. H. M. Lysimetric measurements of evapotranspiration rates in the Eastern United States. Proc. Soil. Sci. Amer. 25(2):138-141, 1961.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Evapotranspiração em cultura irrigada no semi-árido submédio São Francisco. São José dos Campos, INPE, 1977. 97p. (Dissertação de Mestrado).

VILLA NOVA, N. A. Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz. Piracicaba, ESALQ-USP, 1967, 78p. (Tese de Doutorado).

VILLA NOVA, N.A., 1980. Principais métodos climatológicos de estimativa de aplicação de água de irrigação. DFM/ESALQ, Piracicaba/SP.

A P É N D I C E

PROGRAMA LANÇADO NO COMPUTADOR PARA OBTENÇÃO DOS VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO.

Arquivo Sāra

Entre por disco S 2:3 Tm 4:6.1 UR 7:8 PP 9:12.1 V₂ 13:15.2
 ECA 16:18.2 ETC₁ 19:21.2 ETC₂ 22:24.2 ETG₁ 25:27.2 ETG₂ ' 28:30.2 ETG₃ 31:33.2 EPI 34:36.2 ETH 37:39.2 EEA 40:42.2
 RG 43:46.1 RN 47:50.1 TO 51:53.1 W 54:57.3 Ts 58 RN_C
 59:61.2 RACT 62:65.1

Caupi

$$ETRAD = (-.3 + (.69 * W * (RACT/59))) * Ts;$$

$$ETHAR_C = (.0075 * (RACT/59) * ((1.8 * TM) + 32)) * Ts;$$

$$ETBL = ((1.2 * (10 \Delta ((7.45 * TM)/234,7 + TM))) * (1 - (.01 * UR))) + (.21 * TM - 2,3) * Ts;$$

$$ETMK = ((.61 * (RACT/59) * W) - .12) * Ts;$$

$$ETU = (.013 * (TM + 15)) * (RACT + 50) * Ts;$$

$$ETPN_1 = W * RN_C;$$

$$FU = .27 * (1 + (V_2/100));$$

$$ETPN_2 = (1 - W) * FU * EEA;$$

$$ETPN = (ETPN_1 + EPN_2) * Ts;$$

$$ETMC = ((ETC_1 + ETC_2) / 2) * Ts;$$

$$ETCA = ECA * Ts;$$

$$ETHS = ETH * Ts;$$

$$KCTHS = ETMC / ETHS;$$

$$KCAA = ETMC / ETCA;$$

$$KCRAD = ETMC / ERAD;$$

$$KCHARC = ETMC / EHARC;$$

$$KCMK = ETMC / EMK;$$

$$KCTUR_C = ETMC / ETUR_C;$$

$$K_CPN = ETMC / EPN;$$

Arquivo New

$$ETLINC_* = (((500 * (TM + .0768)) / 98.53) + (15 * (TM - T_0))) / (80 - TM) * Ts;$$

$$ETIH_C = (((.14 * ((1.8 * TM) + 32)) - .37) * (RACY / 9,145,018)) * Ts;$$

$$K_CLINC = ETM_C / ELINC;$$

$$K_CIHC = ETMC / ETJHC;$$

Caupi 1

$$ETRAD = (-.3 + (.69 * W * (RACT/59))) * Ts;$$

$$ETRAD_1 = (-.3 + (.69 * W * (RG/59))) * Ts;$$

$$ETHARD C = (.0075 * (RACT/59) * ((1.8 * TM) + 32)) * Ts;$$

$$ETHARD_1 = (.0075 * (RG / 59) * ((1.8 * TM) + 32)) * Ts;$$

$$ETBL = ((1,2 * (10 \Delta ((7,45 * TM) / (234,7 + TM)))) * (1 - (.01 * UR))) + (.21 * TM) - 2.3) * Ts;$$

$$ETMK = ((.61 * (RACT/59) * W) - .12) * Ts;$$

$$ETMK_1 = ((.61 * (RG / 59) * W) - 1.2) * Ts;$$

$$ET_{tunc} = (.13 * (TM / (TM + 15))) * (RACT + 50)) * Ts;$$

Simbologia.

ETmcaupi - evapotranspiração máxima obtida na cultura do caupi.

ETH - evapotranspiração estimada método de Thornthwaite.

ETCA - evapotranspiração estimada método tanque classe "A"

ETPN e ETPN₁ - evapotranspiração estimada pelo método de Penman com radiação medida e estimada.

ETRAD e ETRAD₁ - evapotranspiração estimada pelo método de radiação (FAO) com radiação medida e esti-

mada.

ETHARC e $ETHARC_1$ - evapotranspiração estimada pelo método de Hargreaves com radiação medida e estimada.

ETMK e $ETMK_1$ - evapotranspiração estimada pelo método de Makking com radiação medida e estimada.

ETTURC e $ETURC_1$ - evapotranspiração estimada pelo método de Turc com radiação médica e estimada.

ETB₁ - evapotranspiração estimada pelo método de Benavides e Lopez.

ETLINC - evapotranspiração estimada pelo método Linacre.

Tm - temperatura média compensada do dia

UR - umidade relativa

PP - precipitação pluviométrica.

V₂ - velocidade do vento a 2 metros.

ECA - evaporação líquida do ar.

ETC₁ - evapotranspiração máxima obtida no evapotranspirômetro 01 na área experimental.

ETC₂ - evapotranspiração máxima obtida no evapotranspirômetro 02 na área experimental.

ETM - Evapotranspiração máxima do *Vigna unguiculata* (L), Walp.

ETG₁, ETG₂ e ETG₃ - evapotranspiração real obtida nos evapotranspirômetro da estação meteorológica do CPATU.

EPI - poder evaporante do ar obtida no evaporímetro de pi-che.

RG - radiação solar global medida no actinôgrago.

RN - radiação solar global medida no piranômetro.

T0 - temperatura do ponto de orvalho.

$K_c T_{hs}$, $K_c CCA$, $K_c RAD$, $K_c HAR_c$, $K_c UK$, $K_c TUR_c$, $K_c PN$, $K_c LIN_c$,

$K_c JHC$ - coeficientes de cultivo obtido pelos diversos mêto-dos.

Tabela 16. Tensão máxima do vapor, sobre água, em milímetros de Hg.

°C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,79	4,82	4,86	4,89
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,22	5,26
2	5,29	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,53	5,57	5,61	5,65
3	5,69	5,73	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,97
6	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7	7,51	7,57	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,91	7,99
8	8,05	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,85	8,91	8,97	9,03	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,59	9,65	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	10,01	11,09	11,16
13	11,23	11,31	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,07	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	13,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,21	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,69	16,79	16,89	17,00	17,11	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,09	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,81
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,57	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,85	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,19
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,53	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,75	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,76	32,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,87	36,07	36,37	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94
35	42,18	42,41	42,64	42,88	43,12	43,36	43,60	43,84	44,08	44,32
36	44,56	44,81	45,05	45,30	45,55	45,80	46,05	46,30	46,56	46,81
37	47,07	47,32	47,58	47,84	48,10	48,36	48,63	48,89	49,16	49,42
38	49,69	49,96	50,23	50,50	50,77	51,05	51,32	51,60	51,88	52,16
39	52,44	52,73	53,01	53,29	53,58	53,87	54,16	54,45	54,74	55,03

Continua.../

Continuação da tabela 16 /

°C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
40	55,32	55,61	55,91	56,21	56,51	56,81	57,11	57,41	57,72	58,03
41	58,34	58,65	58,96	59,27	59,58	59,90	60,22	60,54	60,86	61,18
42	61,50	61,82	62,14	62,47	62,80	63,13	63,46	63,79	64,12	64,46
43	64,80	65,14	65,48	65,82	66,16	66,51	66,86	67,21	67,56	67,91
44	68,26	68,61	68,97	69,33	69,69	70,05	70,41	70,77	71,14	71,51

Tabela 17 Evapotranspiração Método THORNTWHAITE

Temp. média Hór. °C	Temperatura média anual normal da região em °C - Índice T																															
	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270		
10.0	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	
10.5	1.4	1.4	1.4	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	
11.0	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
11.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
12.0	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	
12.5	1.6	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
13.0	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	
13.5	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	
14.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	
14.5	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	
15.0	2.2	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
15.5	2.3	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
16.0	2.4	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3
16.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3
17.0	2.6	2.6	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3
17.5	2.7	2.7	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3
18.0	2.8	2.8	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4
18.5	2.9	2.9	2.9	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4
19.0	3.0	3.0	3.0	2.9	2.8	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5
19.5	3.1	3.1	3.1	3.0	2.9	2.9	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6
20.0	3.2	3.2	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9	2.8	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6
20.5	3.3	3.3	3.3	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7
21.0	3.4	3.4	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8
21.5	3.5	3.5	3.5	3.4	3.3	3.3	3.2	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8
22.0	3.6	3.6	3.6	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
22.5	3.7	3.7	3.7	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
23.0	3.8	3.8	3.8	3.7	3.6	3.6	3.5	3.4	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
23.5	3.9	3.9	3.9	3.8	3.7	3.7	3.6	3.5	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2
24.0	4.0	4.0	4.0	3.9	3.8	3.8	3.7	3.6	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
24.5	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	3.9	3.8	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5
25.0	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7
25.5	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9
26.0	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0

Figura 25. NOMOGRAMA para cálculo da evapotranspiração potencial mensal, não ajustada, pela fórmula de Thornthwaite, em função da temperatura média diária e da anual normal. Para temperaturas diárias elevadas usar tabela direta.

Tabela 18 .. Valores $\frac{\Delta}{Y}$ (não dimensionais) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

T	Δ/Y	T	Δ/Y	T	Δ/Y	T	Δ/Y
0,0	0,67	10,0	1,23	20,0	2,14	30,0	3,57
0,5	0,69	10,5	1,27	20,5	2,20	30,5	3,66
1,0	0,72	11,0	1,30	21,0	2,26	31,0	3,75
1,5	0,74	11,5	1,34	21,5	2,32	31,5	3,84
2,0	0,76	12,0	1,38	22,0	2,38	32,0	3,93
2,5	0,79	12,5	1,42	22,5	2,45	32,5	4,03
3,0	0,81	13,0	1,46	23,0	2,51	33,0	4,12
3,5	0,84	13,5	1,50	23,5	2,58	33,5	4,22
4,0	0,86	14,0	1,55	24,0	2,64	34,0	4,32
4,5	0,89	14,5	1,59	24,5	2,71	34,5	4,43
5,0	0,92	15,0	1,64	25,0	2,78	35,0	4,53
5,5	0,94	15,5	1,68	25,5	2,85	35,5	4,64
6,0	0,97	16,0	1,73	26,0	2,92	36,0	4,75
6,5	1,00	16,5	1,78	26,5	3,00	36,5	4,86
7,0	1,03	17,0	1,82	27,0	3,08	37,0	4,97
7,5	1,06	17,5	1,88	27,5	3,15	37,5	5,09
8,0	1,10	18,0	1,93	28,0	3,23	38,0	5,20
8,5	1,13	18,5	1,98	28,5	3,31	38,5	5,32
9,0	1,16	19,0	2,03	29,0	3,40	39,0	5,45
9,5	1,20	19,5	2,09	29,5	3,48	39,5	5,57
10,0	1,23	20,0	2,14	30,0	3,57	40,0	5,70

Transcrito de BERLATO & MOLION (1981) "Evaporação e Evapotranspiração".

Tabela 19 . Valores do coeficiente de conversão do tanque classe "A" (Kp) para a estimativa da evapo transpiração potencial (ETP).

EXPOSIÇÃO A: Tanque circundado por grama				EXPOSIÇÃO B: Tanque circundado por solo nu				
UR % (mêdia)		Baixa <40%	Mêdia 40-70%	Alta >70%		Baixa < 40%	Mêdia 40-70%	Alta >70%
Vento (Km/dia)	Posição do Tanque d(m)*				Posição do Tanque d(m)*			
Leve <175	0	0,55	0,65	0,75	0	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	0	0,50	0,60	0,65	0	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	0	0,45	0,50	0,60	0	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,75
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito Forte > 700	0	0,40	0,45	0,50	0	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Transcrito de "Crop Water Requirements", FAO (1979)

Nota: Para extensas áreas de solo nũ, reduzir os valores de Kp sw 20% em condições de alta temperatura e vento forte e de 5 a 10%, em condições de moderada temperatura, vento e umidade.

d = menor distância (expressa em metros), do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nũ).

Tabela 20 . Fator F de correção da evapotranspiração de referência em mm por mês, método de HARGREAVES.

LAT	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
-1	2,29	2,12	2,35	2,20	2,14	1,99	2,09	2,22	2,26	2,36	2,23	2,27
-2	2,32	2,14	2,36	2,18	2,11	1,96	2,06	2,19	2,25	2,37	2,26	2,30
-3	2,35	2,15	2,36	2,17	7,08	1,92	2,03	2,17	2,25	2,39	2,29	2,34
-4	2,39	2,17	2,36	2,15	2,05	1,39	1,99	2,15	2,24	2,40	2,32	2,37
-5	2,42	2,19	2,36	2,13	2,02	1,85	1,96	2,17	2,23	2,41	2,34	2,41
-6	2,45	2,21	2,36	2,12	1,99	1,82	1,93	2,10	2,23	2,42	2,37	2,44
-7	2,48	2,22	2,36	2,10	1,96	1,78	1,89	2,08	2,22	2,43	2,40	2,48
-8	2,51	2,24	2,36	2,08	1,93	1,75	1,86	2,06	2,21	2,44	2,42	2,51
-9	2,54	2,25	2,36	2,06	1,90	1,71	1,82	2,03	2,20	2,45	2,45	2,54
-10	2,57	2,27	2,36	2,04	1,86	1,69	1,79	2,00	2,19	2,46	2,47	2,58
-11	2,60	2,28	2,35	2,02	1,83	1,64	1,75	1,98	2,18	2,47	2,50	2,61
-12	2,62	2,29	2,35	2,00	1,80	1,61	1,72	1,95	2,17	2,48	2,52	2,64
-13	2,65	2,31	2,35	1,98	1,77	1,57	1,68	1,92	2,16	2,48	2,54	2,67
-14	2,68	2,32	2,34	1,96	1,73	1,54	1,65	1,89	2,14	2,49	2,57	2,71
-15	2,71	2,33	2,33	1,94	1,70	1,50	1,61	1,87	2,13	2,50	2,59	2,74
-16	2,73	2,34	2,33	1,91	1,67	1,46	1,58	1,84	2,12	2,50	2,61	2,77
-17	2,76	2,35	2,32	1,89	1,63	1,43	1,54	1,81	2,10	2,50	2,53	2,80
-18	2,79	2,36	2,31	1,87	1,60	1,39	1,50	1,79	2,09	2,51	2,65	2,83
-19	2,81	2,37	2,30	1,84	1,56	1,35	1,47	1,75	2,03	2,51	2,67	2,86
-20	2,84	2,38	2,29	1,82	1,53	1,32	1,43	1,72	2,00	2,51	2,69	2,89
-21	2,86	2,38	2,28	1,79	1,49	1,28	1,39	1,69	2,04	2,51	2,71	2,92
-22	2,88	2,39	2,27	1,77	1,46	1,24	1,36	1,66	2,03	2,51	2,73	2,95
-23	2,91	2,40	2,26	1,74	1,42	1,21	1,32	1,63	2,00	2,51	2,75	2,98
-24	2,93	2,40	2,25	1,71	1,39	1,17	1,29	1,59	2,98	2,51	2,76	3,00
-25	2,95	2,41	2,23	1,69	1,35	1,13	1,25	1,56	1,95	2,51	2,78	3,03

Transcrito de "Potencial Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast

Brazil". HARGREAVES (1974).

Tabela 21. Fatores de ajuste (W) para estimativa de (ET_0 RAD) e de relação à temperatura e altitude.

TEMPERATURA °C	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Altitude (m)																				
0	0.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77*	.78	.80	.82	.84	.84	.85
500	.45	.48	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.67	.70	.72	.74	.76	.78	.79	.81	.82	.84	.85	.86
1.000	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.80	.82	.83	.85	.86	.87
2.000	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88
3.000	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.88	.88	.89

Transcrito de Yield Response to Water, FAO (1979).

Transcrito de Yield Response to Water, FAO (1979).

Figura 26. Coeficiente angular de ajuste para estimativa de $ET_0 R$ em relação a velocidade do vento (U) e a umidade relativa (UR).

TABELA 22. Dados meteorológicos na estação da
EMBRAPA - CPATU, para o ano de 1985.

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA - Local: Belém/PA

Boletim Meteorológico. Mês: Janeiro. Ano: 1985. Km/dia

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	31,4	22,8	25,8	91	1,5	22,4	1,5	5,8	436	-
2	31,4	23,2	26,9	86	0,9	39,6	1,5	5,3	352	-
3	29,4	23,3	25,4	87	2,3	26,3	1,8	3,2	332	-
4	30,3	23,3	26,0	85	3,0	0,3	2,1	2,2	356	-
5	31,4	24,2	27,3	83	2,8	0,0	1,8	5,1	389	-
6	32,0	24,6	26,7	92	0,3	0,0	1,3	1,3	286	-
7	33,2	23,1	26,3	84	2,2	16,4	1,8	7,5	455	-
8	31,4	23,4	26,1	92	0,0	21,3	1,2	2,8	340	-
9	30,9	23,3	25,6	93	0,0	9,2	0,9	2,1	292	-
10	30,3	22,0	24,4	90	1,1	73,0	1,3	4,4	380	-
11	31,8	23,0	25,8	89	1,3	7,7	1,3	4,2	422	-
12	29,6	23,5	24,9	95	0,4	8,4	0,9	0,1	234	-
13	32,0	23,2	26,0	88	1,8	7,4	1,2	4,7	386	-
14	31,9	23,5	26,8	86	1,4	29,6	1,5	6,7	408	-
15	31,2	23,8	26,6	92	0,5	2,1	1,1	1,6	301	-
16	31,9	22,8	26,3	92	0,2	6,9	1,1	5,5	367	-
17	27,5	23,4	24,8	90	1,6	36,8	1,1	0,0	223	-
18	29,6	23,4	25,1	87	0,8	0,2	1,2	0,1	326	-
19	29,2	22,6	25,4	88	0,3	1,2	1,1	1,1	305	-
20	30,4	23,4	25,2	94	0,0	14,0	1,1	0,7	262	-
21	31,8	23,0	26,0	87	2,9	8,8	1,5	6,0	413	-
22	30,0	23,2	26,0	93	0,0	41,0	1,2	2,9	349	-
23	25,8	22,8	23,7	95	0,4	75,8	0,4	0,0	151	-
24	27,6	22,9	24,6	96	0,6	6,7	0,7	0,2	184	56,7
25	27,0	23,1	24,6	90	1,7	7,7	1,1	0,2	298	60,8
26	30,4	22,3	25,0	94	0,6	0,0	0,9	3,8	303	54,4
27	26,2	23,1	24,2	96	0,0	18,0	0,5	0,0	146	48,2
28	27,2	23,4	24,3	93	0,1	17,5	0,7	0,0	205	52,8

Continua.../

Continuação.../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	IN	Rg	Vv
29	27,4	22,5	24,2	92	0,0	4,6	0,7	0,4	214	58,6
30	27,9	23,3	24,4	92	0,5	7,9	1,1	1,4	289	80,9
31	29,9	22,4	25,3	88	2,9	29,3	1,4	3,9	414	71,9
TOTAL	928,1	717,8	7897,0	2800	32,1	540,1	37,0	83,2	-	430,9
MÉDIA	29,94	23,2	25,5	90,3	1,03	-	1,2	-	317	53,79

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm-Tanque Classe "A".

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm

Rg - Radiação global.

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Fevereiro. Ano: 1985.

DIAS	Tm	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	30,5	23,5	25,6	90	1,1	0,2	1,1	1,5	32,2	-
2	29,6	23,0	25,0	90	0,9	15,0	1,5	2,4	331	-
3	30,0	21,2	24,8	85	3,7	53,0	1,9	4,0	432	70,9
4	31,5	22,8	25,7	91	0,5	0,0	1,2	5,7	402	63,2
5	28,1	22,8	25,0	92	1,0	33,6	1,0	3,7	324	76,4
6	29,8	22,3	25,3	94	0,7	35,6	1,1	3,1	295	58,8
7	31,0	22,4	25,6	93	0,0	5,8	1,0	5,6	353	64,6
8	31,3	22,5	25,7	88	0,9	13,5	0,9	5,8	359	47,8
9	31,3	22,9	26,4	82	3,6	16,6	2,4	8,6	471	102,3
10	30,5	22,4	25,3	82	2,4	2,1	2,2	6,0	471	73,4
11	29,9	23,9	25,5	86	3,6	6,8	1,7	3,2	427	94,7
12	30,8	23,1	25,9	88	0,9	0,0	1,6	4,4	403	67,8
13	30,7	22,9	25,7	82	3,1	8,6	1,9	1,5	375	65,6
14	31,6	23,1	26,6	83	3,4	0,0	2,3	4,2	411	89,1
15	29,5	24,2	25,6	93	0,0	0,1	0,9	2,0	314	97,9
16	30,7	22,7	25,5	88	1,4	44,9	1,4	1,0	324	54,6
17	30,2	23,4	25,1	91	0,7	14,9	0,9	2,0	319	67,0
18	26,4	23,2	24,2	94	1,1	35,0	0,5	0,0	270	60,7
19	31,6	23,0	26,2	86	3,4	0,8	1,5	4,1	401	68,6
20	32,3	23,2	25,5	81	1,7	0,0	1,5	5,3	482	90,4
21	30,5	23,5	26,0	85	2,2	24,3	1,9	4,8	448	90,5
22	29,7	23,2	25,4	91	1,5	1,8	1,1	2,1	353	91,3
23	27,3	23,4	24,6	94	0,0	4,2	0,9	0,0	164	108,7
24	29,0	22,6	24,8	89	1,3	20,3	1,4	1,3	348	67,6
25	30,8	23,0	25,2	90	0,4	29,1	1,2	3,5	374	77,1
26	30,7	22,8	25,5	90	1,1	21,6	1,1	2,3	240	65,9
27	31,1	23,1	25,7	91	0,4	3,1	1,4	6,7	406	87,0
28	31,4	22,9	26,3	88	0,6	9,0	1,4	5,8	480	91,0

Continua.../

Continuação.../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	847,8	643,0	713,7	2477	41,60	428,6	38,9	100,6	-	1993,3
MÉDIA	30,3	23,0	25,5	88,46	1,48	-	1,40	-	371	76,67

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm.

Rg - Radiação global.

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA - Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Março. Ano: 1985

DIAS	Tm	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	32,1	23,5	26,8	87	0,9	4,4	1,8	4,1	426	85,6
2	30,4	23,8	26,4	82	0,9	11,7	1,5	5,1	411	95,2
3	28,8	23,0	25,1	92	0,0	6,3	0,8	3,1	246	70,6
4	32,6	23,3	26,6	90	1,6	25,2	1,8	6,6	458	103,4
5	30,2	23,1	25,5	92	0,0	8,6	0,8	4,0	345	64,1
6	30,4	23,7	25,9	94	0,1	29,7	0,8	2,8	29,4	69,2
7	27,0	23,4	24,3	95	0,0	53,0	0,6	0,0	183	54,9
8	28,7	23,4	25,2	96	0,2	26,7	0,6	0,2	207	41,5
9	29,4	23,6	25,4	91	1,3	22,2	1,0	1,4	295	64,8
10	29,6	23,2	25,4	92	1,1	4,2	1,0	0,8	300	58,7
11	32,1	23,5	26,5	94	0,0	2,4	1,8	4,8	386	74,1
12	29,3	22,9	25,0	96	0,0	32,3	0,6	0,4	207	52,6
13	30,7	22,6	25,3	93	0,0	49,2	1,2	3,2	363	133,2
14	31,6	23,3	25,7	91	0,0	7,5	1,2	4,5	381	87,3
15	30,4	23,5	25,9	90	1,2	15,4	1,2	2,0	343	80,3
16	30,8	23,2	26,1	85	1,2	5,0	1,2	0,7	342	74,9
17	27,8	23,0	24,8	90	1,4	10,0	1,3	0,8	288	75,9
18	27,6	23,6	25,1	95	0,0	1,3	0,4	0,0	136	52,2
19	29,2	22,9	25,3	90	2,0	25,1	1,3	1,0	297	80,2
20	28,5	23,9	25,8	92	1,0	0,1	0,9	1,3	280	78,8
21	30,7	23,7	25,8	92	0,7	24,0	1,3	0,6	304	86,2
22	29,4	23,2	25,1	96	0,0	24,4	0,8	1,7	231	95,4
23	26,6	23,1	24,3	95	0,6	136,1	0,5	0,0	179	58,4
24	31,6	23,1	26,4	85	3,9	2,5	2,0	5,6	461	100,4
25	31,0	23,5	26,5	92	1,2	0,1	1,3	3,6	356	82,5
26	30,7	23,4	26,7	84	2,5	4,7	1,9	4,4	375	85,5
27	31,5	24,1	26,8	86	0,4	0,7	1,8	6,4	426	80,5
28	30,0	23,3	25,4	92	0,0	8,6	0,8	2,8	267	62,6

Continua.../

Continuação.../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
29	29,7	23,3	26,0	87	0,6	18,2	1,4	3,2	280	65,7
30	31,0	23,5	26,5	88	0,9	2,3	1,4	6,1	396	70,1
31	30,0	24,0	26,2	84	1,7	10,4	1,6	2,3	415	82,9
TOTAL	929,4	724,6	797,8	2808	25,40	599,3	36,60	83,5	-	2367,9
MÉDIA	30,0	23,4	25,7	91,6	0,81	-	-	-	322	76,38

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm.

Rg - Radiação global.

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Abril. Ano: 1985.

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	28,9	23,6	25,6	88	1,2	6,5	1,1	2,4	347	86,6
2	27,8	23,5	24,8	96	0,1	5,9	0,4	0,5	122	70,9
3	30,2	22,6	25,2	94	0,3	37,8	0,8	0,9	273	49,2
4	31,4	22,8	26,1	84	2,6	6,4	2,1	8,4	520	96,9
5	31,1	21,9	26,2	83	5,0	5,5	2,9	10,2	520	107,9
6	30,3	22,6	25,9	84	2,8	0,0	1,9	5,2	404	98,3
7	29,8	23,8	26,3	83	0,6	1,4	1,5	1,2	280	65,6
8	31,5	22,4	26,3	82	4,1	6,6	2,1	5,6	426	80,7
9	30,0	22,8	26,2	80	2,3	0,0	2,3	3,0	319	119,3
10	28,8	23,0	25,7	91	0,3	3,4	0,9	0,5	276	67,1
11	27,9	22,9	24,5	92	1,1	24,9	0,8	0,3	387	66,2
12	30,4	22,2	26,0	86	1,7	0,5	1,3	4,9	361	61,3
13	30,8	22,2	25,6	87	0,2	1,0	1,6	6,3	420	86,5
14	29,0	22,6	25,0	93	0,3	30,4	0,8	2,9	282	49,2
15	29,5	22,8	25,1	95	0,5	9,2	1,1	2,7	287	93,5
16	30,8	22,5	26,0	84	3,4	19,0	1,9	7,0	423	91,9
17	30,8	22,2	25,3	86	3,1	0,0	1,9	5,3	412	94,3
18	30,4	23,2	25,9	86	1,2	0,1	1,5	2,4	424	84,3
19	27,6	23,3	25,0	94	0,0	5,8	0,6	0,4	272	89,1
20	24,2	23,0	23,5	98	0,0	28,2	0,3	0,0	257	59,7
21	30,6	23,0	25,4	88	2,7	27,2	1,3	4,6	393	34,7
22	31,2	23,2	25,8	93	0,9	0,6	1,2	4,6	357	86,7
23	32,1	23,3	26,5	87	0,7	14,9	1,4	5,6	417	77,3
24	32,7	24,4	27,0	84	4,7	8,1	2,5	9,5	542	96,3
25	31,7	23,5	26,3	93	0,3	0,9	4,2	6,4	407	114,4
26	29,7	23,8	26,1	89	0,3	37,7	1,1	3,5	298	87,3
27	30,0	23,4	25,5	94	0,3	3,5	0,7	1,6	215	71,0
28	29,3	22,8	25,2	94	0,0	74,0	0,9	1,9	279	63,3

Continua.../

Continuação.../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
29	29,9	22,9	25,3	94	0,0	14,4	0,9	2,8	358	55,8
30	27,7	23,1	24,8	93	0,8	13,8	0,6	7,7	178	65,8
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	896,1	689,3	768,1	2675	41,5	387,7	39,6	118,3	-	237,1
MÉDIA	29,9	23,0	25,6	89,2	-	12,9	1,3	3,9	342	79,03

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm

Rg - Radiação global.

Continuação.../

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Maio. Ano: 1985

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	31,5	22,8	26,4	87	1,6	1,6	1,7	7,7	542	41,2
2	31,7	23,8	26,5	90	1,4	3,8	1,5	5,8	423	90,2
3	30,0	23,7	25,9	87	2,0	5,8	1,5	4,1	369	79,6
4	31,6	23,7	25,8	86	1,0	5,1	3,0	3,8	389	80,9
5	31,6	22,6	26,0	87	2,2	35,5	1,5	4,3	414	80,0
6	31,6	22,6	26,0	87	2,2	1,7	1,4	8,1	480	77,1
7	31,7	23,3	26,0	92	1,2	17,1	1,5	5,9	397	77,6
8	31,7	23,8	26,5	88	1,4	9,3	1,5	6,0	430	102,8
9	30,0	23,4	26,0	91	0,0	12,4	0,9	3,6	324	67,8
10	28,8	23,7	25,3	92	1,0	8,0	1,0	1,7	286	61,0
11	28,0	23,2	24,9	92	1,0	16,4	1,0	1,8	273	94,9
12	32,8	22,8	26,5	80	3,8	1,2	2,5	8,7	512	59,2
13	31,6	22,9	25,5	93	0,2	1,6	1,3	2,4	306	95,7
14	32,2	23,3	26,7	84	3,3	30,7	2,1	6,5	462	54,6
15	31,7	23,3	26,1	90	1,8	0,6	1,6	7,7	419	86,0
16	32,1	23,2	26,4	84	3,3	4,8	1,9	7,6	472	74,7
17	30,7	23,1	25,4	94	0,0	0,9	1,0	2,7	324	88,0
18	28,9	23,3	24,9	90	0,0	11,4	0,6	1,0	225	65,9
19	30,4	23,0	26,0	86	2,6	30,1	1,7	5,1	380	40,4
20	30,1	23,7	25,5	94	0,7	0,6	1,0	1,8	282	64,5
21	31,4	22,7	26,0	89	1,1	9,1	1,4	6,5	368	54,2
22	29,4	23,4	25,7	90	1,1	18,3	1,1	3,5	284	68,1
23	33,1	22,6	26,3	83	3,7	1,7	2,0	9,8	503	69,6
24	31,8	23,3	25,8	93	1,6	2,5	1,4	4,3	356	74,1
25	31,0	22,9	26,4	89	0,5	6,6	1,2	5,6	364	76,3
26	32,8	22,6	26,6	83	2,5	8,5	1,9	8,2	444	68,3
27	30,1	23,4	25,8	88	1,9	3,9	1,6	4,3	418	93,5
28	31,6	23,1	26,2	94	1,0	1,0	1,1	5,6	320	91,2

Continua.../

Continuação..../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
29	31,4	23,5	26,2	92	0,4	6,8	1,1	5,0	348	59,1
30	31,6	23,8	26,0	85	2,4	11,2	2,1	7,8	469	122,6
31	31,9	23,0	25,9	85	1,6	3,0	2,0	7,4	437	110,5
TOTAL	936,8	719,5	805,2	2745	48,5	271,2	47,3	164,3	-	2369,7
MÉDIA	30,2	23,2	26,0	88,6	-	-	-	-	385	76,44

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm

Rg - Radiação global.

Continuação.../

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Junho. Ano: 1985

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	32,2	22,6	27,0	80	4,1	5,0	2,4	10,0	482	109,3
2	31,6	23,8	27,6	77	3,3	0,1	2,3	6,4	426	97,3
3	28,7	23,6	25,1	91	0,2	0,8	0,8	0,1	367	90,3
4	31,8	23,8	26,3	87	3,8	4,0	2,0	7,3	413	44,1
5	31,6	23,5	25,7	90	1,9	0,0	1,3	2,4	296	55,9
6	31,6	22,8	26,4	84	2,5	0,8	1,8	7,0	434	63,1
7	31,2	23,0	26,2	83	4,1	1,0	2,2	7,2	448	85,1
8	32,4	23,0	26,8	80	3,9	0,1	2,1	8,9	452	104,1
9	32,0	22,0	26,0	84	1,9	0,0	2,5	9,0	486	84,4
10	32,1	22,9	26,7	81	4,7	3,7	2,8	10,1	494	87,8
11	30,8	23,3	26,3	84	1,9	0,0	1,6	6,9	381	82,5
12	31,8	22,6	25,7	84	-	8,4	-	8,2	476	62,6
13	27,5	22,8	24,4	91	0,6	18,5	0,8	2,1	293	67,0
14	31,4	22,2	25,0	84	1,6	7,7	1,5	6,4	430	75,1
15	31,6	22,9	25,9	83	2,9	1,9	2,1	7,6	472	74,4
16	33,0	23,5	26,4	82	2,0	0,6	2,4	9,6	498	85,6
17	32,6	23,0	26,3	85	2,9	4,5	2,0	7,9	455	80,2
18	30,7	23,3	25,8	93	0,7	1,3	1,2	4,7	321	80,6
19	31,4	22,5	26,1	80	3,8	20,8	2,2	9,4	483	59,0
20	31,4	22,9	26,6	81	3,7	0,0	2,6	9,3	489	99,5
21	31,8	22,6	26,7	78	4,3	0,3	3,0	8,5	487	108,9
22	30,6	22,8	25,6	88	0,9	0,0	1,9	5,7	404	90,1
23	31,0	23,2	26,1	84	4,5	16,4	2,3	9,1	509	122,7
24	32,1	21,2	26,5	75	4,6	0,0	3,1	10,8	502	93,3
25	31,7	23,2	26,9	77	4,5	0,0	3,1	9,6	498	95,7
26	31,6	23,4	26,9	76	4,2	0,0	2,9	8,4	440	92,2
27	31,8	23,1	26,3	78	2,7	0,0	2,3	7,7	421	88,4
28	32,6	22,4	26,6	79	3,8	1,4	2,6	7,4	448	76,1

Continua.../

Continuação.../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
29	32,4	22,8	27,1	75	4,6	0,0	3,1	10,1	484	55,5
30	32,7	23,1	27,1	72	5,3	0,0	3,3	9,7	494	103,3
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	945,7	687,8	788,1	2466	89,9	97,3	64,2	227,5	-	-
MÉDIA	31,5	22,9	26,3	82,2	-	-	-	-	443	-

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm

Rg - Radiação global.

Continuação.../

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Julho. Ano: 1985

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	31,4	23,0	25,7	80	3,3	0,0	2,4	3,5	399	137,7
2	32,4	22,1	27,2	76	4,7	0,0	2,9	10,7	499	121,3
3	30,2	22,4	25,4	83	2,2	0,0	1,7	4,9	339	100,5
4	32,4	21,2	26,0	82	2,2	0,6	2,5	8,5	436	89,4
5	32,5	21,8	26,2	76	4,5	2,0	3,2	10,2	497	72,5
6	32,6	22,4	26,7	71	4,1	0,1	3,4	10,6	487	94,7
7	32,0	22,8	26,1	80	2,9	0,0	2,2	6,2	406	95,5
8	32,6	22,4	26,8	76	4,5	3,7	3,1	10,3	517	80,6
9	31,8	22,7	25,6	84	1,9	0,0	1,9	8,0	418	114,8
10	32,4	22,0	26,4	80	3,2	21,3	2,5	9,5	474	70,6
11	32,6	22,9	26,5	80	4,1	0,8	2,8	10,4	496	63,2
12	30,1	22,5	25,4	93	0,4	0,7	1,2	4,3	304	87,4
13	31,0	22,0	25,4	82	4,0	8,8	2,7	9,7	502	102,2
14	31,9	21,8	25,6	81	2,5	1,2	2,6	8,3	465	121,5
15	32,2	21,7	26,5	75	4,8	1,3	3,1	10,9	519	109,1
16	32,5	23,5	26,2	78	3,0	0,0	2,9	8,8	-	106,8
17	31,3	22,9	26,1	81	3,5	3,3	2,4	5,6	-	104,4
18	31,7	22,2	26,3	75	5,0	0,2	3,6	9,8	-	76,4
19	31,7	22,9	26,5	75	3,4	0,0	3,0	8,7	-	111,4
20	31,7	23,7	26,7	70	5,5	2,3	3,7	10,0	-	106,2
21	32,6	22,6	26,7	72	4,6	0,0	3,3	8,7	-	104,5
22	32,1	22,2	26,5	71	3,3	0,0	2,9	4,8	-	79,5
23	32,7	22,7	25,7	83	3,8	0,0	2,0	7,1	-	83,5
24	32,0	22,2	25,4	85	1,7	11,0	2,3	6,8	-	109,8
25	31,0	22,1	25,3	85	1,3	27,8	1,8	6,6	-	104,8
26	31,3	21,6	26,2	77	5,2	26,2	3,2	10,5	-	68,1
27	31,1	22,0	26,5	73	4,6	0,0	3,2	8,0	-	102,9
28	31,8	22,4	25,9	79	4,4	0,0	2,9	8,9	-	111,4

Continua.../

Continuação.../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
29	30,9	21,9	25,7	87	1,9	0,2	1,8	5,9	-	132,0
30	31,7	21,9	27,1	82	3,1	1,3	2,4	8,4	-	102,8
31	31,7	21,9	26,3	76	4,0	1,0	2,8	10,1	-	128,4
TOTAL	985,9	692,4	810,6	2448	107,6	123,8	82,4	254,7	-	-
MÉDIA	31,8	22,3	26,1	79,0	-	-	-	-	-	-

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm

Rg - Radiação global.

Continuação.../

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Agosto. Ano: 1985.

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	32,2	21,8	26,6	78	4,4	0,0	2,8	10,4	-	93,7
2	31,7	22,5	26,4	75	5,5	0,0	4,0	10,3	521	143,2
3	32,2	21,4	26,3	70	4,8	0,0	3,6	11,0	554	102,7
4	32,2	21,8	26,5	76	4,9	0,0	3,2	10,7	540	106,6
5	32,6	23,3	25,8	82	2,8	0,0	2,5	6,6	485	109,7
6	32,2	22,2	26,21	82	4,6	47,1	2,6	10,6	538	123,3
7	32,1	22,3	25,7	84	4,0	0,5	2,2	8,6	518	131,2
8	32,5	22,9	25,8	82	2,7	0,7	2,7	10,5	553	124,0
9	33,0	23,0	26,0	82	2,4	19,4	2,4	10,1	552	87,5
10	33,4	21,8	25,8	83	2,0	15,0	2,0	9,7	518	83,8
11	31,6	23,4	26,3	83	2,7	17,7	1,8	3,9	404	73,3
12	32,8	22,8	26,2	79	4,2	0,0	2,5	9,7	503	113,1
13	32,5	23,2	26,3	81	2,0	0,0	2,0	9,1	492	84,7
14	33,0	22,9	26,2	80	3,8	18,9	2,3	7,8	473	84,2
15	32,5	22,7	26,8	80	3,5	0,2	2,3	9,7	498	104,0
16	32,4	22,8	26,4	76	5,0	0,8	2,8	10,3	522	121,2
17	32,5	22,3	25,9	82	2,3	0,0	2,6	9,4	512	109,8
18	32,4	22,7	26,6	79	5,9	3,4	2,8	9,6	517	141,9
19	32,2	22,7	26,1	80	2,4	0,0	2,6	9,2	481	108,3
20	32,9	22,0	25,9	82	2,2	3,0	2,1	9,4	500	95,3
21	32,5	22,8	26,0	82	2,2	14,0	2,1	8,3	486	104,7
22	31,4	23,5	26,2	86	1,9	23,7	1,6	4,9	415	61,3
23	31,7	22,5	26,2	81	2,3	1,2	2,3	8,2	477	95,8
24	33,0	22,4	26,9	80	4,4	2,5	2,7	9,7	512	110,8
25	31,5	22,5	26,3	84	1,8	0,3	1,8	6,6	462	92,3
26	32,1	22,7	25,7	84	1,1	1,8	1,8	7,5	485	96,2
27	32,6	22,4	26,3	79	4,9	31,5	2,6	10,6	555	121,3
28	32,9	22,3	25,9	81	4,4	0,1	2,4	9,6	531	100,8

Continua.../

Continuação.../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
29	32,1	23,0	26,0	84	2,0	0,0	1,9	7,6	436	92,5
30	32,1	22,9	26,4	74	3,8	7,7	2,3	7,2	511	99,0
31	32,2	21,8	26,0	85	1,3	0,3	2,4	9,5	492	102,8
TOTAL	1003,0	699,3	811,6	2496	102,2	179,8	75,7	276,3	-	-
MÉDIA	32,4	22,6	26,2	80,5	-	-	-	-	501	-

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm

Rg - Radiação global.

Continuação.../

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Setembro. Ano: 1985.

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	32,0	22,2	25,2	86	1,5	4,0	2,2	9,6	-	81,2
2	32,7	22,1	26,2	78	4,0	51,1	2,2	8,6	537	74,8
3	32,8	22,7	26,6	77	4,7	0,1	2,4	9,0	511	103,0
4	32,5	23,1	27,2	74	4,2	0,0	2,9	10,2	554	101,3
5	32,7	22,9	26,7	78	4,4	3,0	2,5	8,9	509	90,6
6	33,2	22,5	26,1	83	2,4	0,0	2,2	9,5	485	100,6
7	33,2	23,1	26,8	83	1,6	14,0	2,3	9,8	526	96,9
8	33,5	23,8	26,5	82	2,7	5,5	2,5	10,4	554	107,3
9	32,7	23,5	26,3	85	1,8	2,6	2,0	6,9	438	82,4
10	33,4	23,1	26,7	82	3,4	8,3	1,9	7,9	504	100,5
11	31,9	23,0	25,8	92	0,4	1,1	1,4	5,9	396	81,0
12	33,0	22,8	26,9	80	1,7	12,5	2,3	8,9	504	99,7
13	32,0	22,4	25,9	82	2,6	4,0	2,5	8,8	534	107,3
14	32,2	22,6	26,7	75	4,9	1,8	2,9	10,1	542	119,8
15	32,4	22,2	27,0	74	4,1	0,0	3,9	10,3	562	120,0
16	33,6	22,5	27,4	75	5,5	0,8	3,1	10,3	560	124,8
17	33,2	23,1	26,8	82	4,1	0,0	2,5	9,3	532	115,8
18	32,3	23,2	27,1	78	4,3	0,2	2,7	9,7	512	118,6
19	33,0	22,6	26,8	80	4,4	0,0	2,5	9,8	568	107,1
20	32,6	22,2	26,5	80	5,0	0,2	2,2	10,5	566	103,9
21	32,6	22,5	27,0	78	4,7	0,0	1,7	9,3	519	116,7
22	32,1	23,1	26,9	84	2,3	0,0	1,0	7,5	461	90,0
23	33,2	23,1	26,5	86	1,0	4,1	1,3	7,6	483	97,1
24	32,2	21,7	26,6	73	5,1	14,2	1,2	10,3	583	113,0
25	33,2	21,3	26,6	74	4,8	0,0	1,6	10,6	570	114,7
26	33,5	22,4	27,1	75	2,1	0,0	1,2	9,2	494	97,9
27	32,9	22,5	26,7	89	0,3	4,5	0,6	6,0	432	76,4
28	32,4	22,8	26,4	81	3,7	15,6	0,9	8,0	488	75,9

Continua.../

Continuação.../

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Setembro. Ano: 1985

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
29	32,8	22,2	27,0	78	4,2	0,0	1,8	9,7	498	91,1
30	31,8	22,9	26,7	79	4,2	0,0	2,7	8,9	454	96,4
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	981,7	680,1	798,7	2403	100,1	147,6	63,1	271,5	-	-
MÉDIA	32,7	22,7	26,6	80,1	-	-	-	-	513	-

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm

Rg - Radiação global.

Continuação.../

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Outubro. Ano: 1985.

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	32,3	22,9	26,7	81	2,1	0,0	2,2	5,9	418	94,7
2	33,7	22,2	27,3	75	4,8	12,0	3,1	9,6	528	95,3
3	33,6	22,2	27,3	76	5,4	0,0	3,3	10,6	560	126,1
4	32,9	22,4	26,7	79	4,8	0,0	2,9	9,5	520	105,4
5	33,1	22,4	27,1	76	4,7	0,3	3,0	10,0	512	93,0
6	32,6	22,9	27,0	78	4,0	0,0	2,9	5,7	457	111,4
7	33,0	23,6	26,9	83	0,6	0,0	2,4	6,6	434	101,5
8	33,1	21,2	26,5	69	5,1	20,4	3,9	9,0	541	116,3
9	33,6	22,1	27,5	75	4,5	0,0	3,0	10,6	544	103,4
10	32,3	22,7	25,8	86	1,7	0,0	1,9	6,0	389	76,6
11	32,2	23,2	26,5	88	0,4	13,6	1,8	5,8	389	69,7
12	31,6	22,3	26,5	76	3,7	13,3	2,6	8,8	485	95,5
13	32,6	22,0	26,5	79	1,9	0,1	2,3	8,2	452	88,9
14	32,6	23,0	26,4	84	2,3	3,4	2,2	9,3	512	81,6
15	32,4	23,0	27,0	82	3,6	15,6	2,6	8,3	518	92,5
16	32,5	23,1	26,9	79	5,1	1,0	2,9	9,8	529	90,2
17	32,9	23,0	27,1	78	5,5	0,0	2,9	9,1	528	116,5
18	32,9	23,4	27,4	75	4,8	0,0	3,1	9,6	534	108,8
19	32,0	22,8	26,7	79	3,2	0,0	2,5	7,3	445	104,4
20	33,0	22,2	27,1	73	4,4	0,4	3,0	8,5	482	101,8
21	33,1	21,9	27,1	77	5,1	0,0	3,0	9,8	502	115,9
22	33,2	22,5	27,4	70	5,4	0,0	3,4	9,8	-	133,7
23	33,9	22,8	27,6	73	5,2	0,0	3,2	10,1	532	129,9
24	33,5	22,7	27,6	72	4,2	0,0	3,2	8,1	491	121,5
25	32,8	23,0	27,3	78	4,0	0,9	2,4	7,3	437	92,1
26	32,6	23,2	26,5	82	3,5	0,0	2,4	5,9	400	96,8
27	32,8	23,2	27,3	80	2,3	0,0	2,7	7,7	479	95,0
28	33,2	22,6	27,5	76	4,9	4,6	3,0	9,8	508	99,0

Continuação.../

Continuação.../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	R	Ev	In	Rg	Vv
29	32,4	24,3	26,4	86	3,1	0,0	2,4	2,4	347	96,9
30	32,5	24,1	27,1	85	0,4	0,0	1,9	5,0	422	104,8
31	32,5	22,9	27,0	77	4,8	10,7	3,3	8,1	501	107,7
TOTAL	1017,4	705,8	835,7	2427	115,5	96,4	85,4	252,2	-	-
MÉDIA	32,8	22,8	27,0	78,3	-	-	-	-	-	-

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do Vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm

Rg - Radiação global.

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: Belém/PA.

Boletim Meteorológico. Mês: Novembro. Ano: 1985.

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	34,2	23,8	27,6	80	5,6	0,0	2,7	10,3	546	117,9
2	32,7	23,0	26,9	81	4,8	0,0	2,6	8,8	459	71,5
3	32,7	23,4	26,3	88	0,0	0,0	1,9	5,6	348	100,1
4	32,5	22,6	27,0	78	4,4	5,5	2,8	6,6	492	79,1
5	33,1	23,6	27,5	74	4,5	0,0	3,0	8,0	446	97,3
6	34,1	22,5	27,5	74	3,8	0,0	3,1	8,9	485	98,9
7	33,4	22,8	26,7	77	3,1	1,3	3,5	9,6	473	101,2
8	33,4	23,5	26,7	13	3,4	1,9	2,5	6,9	423	82,5
9	32,4	22,8	26,1	89	0,1	0,6	1,6	5,2	355	101,6
10	32,2	22,6	26,4	81	2,4	18,5	2,3	7,8	467	82,3
11	32,0	23,3	26,7	83	2,4	2,0	2,4	3,8	411	107,3
12	32,7	23,2	27,2	74	5,3	3,5	3,3	9,7	508	133,9
13	33,2	22,9	27,1	76	3,5	0,0	3,2	9,0	483	124,9
14	33,1	23,0	26,5	80	2,3	5,7	1,5	8,2	467	99,0
15	32,2	23,0	26,2	87	2,1	8,6	2,1	5,2	391	81,9
16	31,5	23,5	26,9	82	2,8	12,6	1,8	2,2	351	71,1
17	32,9	23,5	26,7	84	1,8	0,8	2,1	3,9	409	87,6
18	32,6	22,9	26,8	82	2,6	3,8	2,2	7,0	415	87,2
19	32,8	23,0	27,2	79	4,2	10,8	2,5	8,6	480	99,8
20	31,3	22,2	26,4	85	1,9	0,1	2,1	2,4	316	70,8
21	32,4	23,5	26,5	84	2,5	1,1	2,2	5,2	444	78,8
22	32,0	22,7	25,8	90	1,6	30,9	1,4	3,2	320	86,9
23	31,0	24,0	26,6	90	1,1	21,0	1,6	1,2	312	77,1
24	32,8	23,6	26,7	89	0,4	1,8	1,9	4,3	367	70,0
25	32,6	22,8	27,2	81	3,5	12,4	2,4	9,5	462	81,1
26	32,3	23,2	26,7	83	4,2	1,0	2,4	6,6	425	79,6
27	32,3	24,3	27,1	81	3,4	0,0	2,2	4,7	412	85,4
28	30,6	24,8	27,0	86	2,2	0,3	1,5	1,3	-	74,9

Continua.../

Continuação.../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
29	33,3	23,8	27,2	81	2,6	0,0	2,5	5,4	-	94,4
30	32,5	24,1	27,2	81	3,5	10,2	2,1	5,3	-	94,8
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	976,7	697,9	804,4	2463	8,6	154,1	69,4	184,4	-	-
MÉDIA	32,6	23,3	26,8	82,1	-	-	-	-	-	-

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm

Rg - Radiação global.

Continuação.../

EMBRAPA - CPATU

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA. Local: CPATU.

Boletim Meteorológico. Mês: Dezembro. Ano: 1985

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
1	32,9	23,2	27,1	26	3,1	0,0	2,5	5,6	-	84,8
2	33,2	23,0	27,5	74	4,2	0,7	3,1	8,1	-	108,5
3	33,7	23,4	27,2	82	4,3	0,0	2,5	9,3	-	99,0
4	33,0	24,4	28,0	77	4,6	0,0	2,6	8,7	-	91,2
5	32,1	23,2	26,2	90	0,4	0,0	1,4	0,5	-	72,9
6	31,2	23,7	26,0	88	3,6	40,3	1,5	2,8	-	85,8
7	33,0	23,4	27,4	78	3,4	0,0	2,8	5,7	-	10,3
8	32,2	23,8	27,1	79	4,7	0,0	2,3	3,3	-	106,8
9	31,9	23,9	26,6	89	2,2	0,0	1,6	2,5	-	77,5
10	29,9	23,7	25,6	86	2,1	3,2	1,5	0,1	-	62,6
11	32,0	23,7	27,3	80	4,6	0,0	2,8	6,4	-	123,8
12	30,1	23,9	26,2	84	1,4	0,3	1,4	0,9	-	79,1
13	31,4	23,7	26,3	86	1,3	2,2	1,6	4,5	-	77,5
14	28,9	24,2	25,8	94	0,0	32,4	0,5	0,9	-	72,8
15	28,5	22,5	25,1	87	1,4	4,2	1,3	1,4	-	49,0
16	30,8	23,8	25,8	88	1,2	0,8	1,4	2,3	-	67,7
17	32,5	23,2	26,9	85	1,1	2,0	1,9	8,4	-	69,7
18	32,0	24,1	26,7	92	0,0	3,0	0,9	2,0	-	65,3
19	31,1	22,9	26,1	92	1,6	31,7	1,4	4,0	-	64,5
20	30,7	23,9	26,0	92	1,2	2,0	1,2	1,3	-	67,7
21	31,4	23,4	26,4	90	1,1	10,6	1,5	4,4	-	49,7
22	31,0	23,0	26,0	86	2,3	1,1	1,9	4,4	-	54,5
23	29,8	23,1	26,3	87	0,9	9,6	1,6	4,3	-	79,0
24	29,0	23,2	25,5	92	0,0	5,2	0,7	1,4	-	59,0
25	28,0	23,2	24,9	96	1,0	30,0	0,6	0,1	-	58,1
26	27,3	22,9	24,3	95	0,0	45,1	0,5	0,0	-	66,4
27	26,0	22,4	23,4	95	0,4	32,4	0,5	0,0	-	73,6
28	29,3	22,2	24,4	88	0,6	18,2	1,2	2,3	-	78,4

Continua.../

Continuação.../

DIAS	TM	Tm	T	UR	ET	P	Ev	In	Rg	Vv
29	30,7	22,3	25,0	91	1,3	30,3	1,3	3,4	-	48,8
30	30,4	23,5	25,4	96	0,0	18,2	0,7	1,5	-	35,4
31	29,0	23,0	25,1	96	0,0	38,6	0,7	0,6	-	-
TOTAL	953,0	723,8	87,6	2711	54,0	362,6	47,4	101,1	-	-
MÉDIA	30,7	23,3	26,0	87,4	-	-	-	-	-	-

MÊS

TM - Temperatura máxima absoluta °C

Tm - Temperatura mínima absoluta °C

T - Temperatura média °C

UR - Umidade relativa %

ET - Evaporação mm - Tanque Classe "A"

EV - Evaporação mm - Pichê Evaporímetro

In - Insolação horas e décimos

Dv - Direção do vento

Vv - Velocidade do vento

Pv - Precipitação mm.

Rg - Radiação global.