

ISSN 0101-9864



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura e Reforma Agrária-MARA
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo-CNPMS
Sete Lagoas, MG

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE
REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE PENMAN
UTILIZANDO PROGRAMA DE
COMPUTADOR NA LINGUAGEM BASIC**

Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
1992

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente: Fernando Afonso Collor de Melo

Ministro da Agricultura e Reforma Agrária: Antônio Cabrera Mano Filho

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA

Presidente: Murilo Xavier Flores

Diretores: Eduardo Paulo de Moraes Sarmento

Fuad Gattaz Sobrinho

Manoel Malheiros Tourinho

Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo-CNPMS

Chefe: Lairson Couto

Chefe Adjunto Técnico: Edilson Paiva

Chefe Adjunto Administrativo: Marcos Joaquim Mattoso



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura e Reforma Agrária-MARA
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE
REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE PENMAN
UTILIZANDO PROGRAMA DE
COMPUTADOR NA LINGUAGEM BASIC**

Lairson Couto
Ênio F. da Costa
Luiz Marcelo A. Sans
Amilton C. Leão

Copyright © EMBRAPA - 1992
EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 8
Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo
Rod. MG 424 - km 65
Telefone: (031) 921-5644 Telex: (031) 2099
Caixa Postal 151 35700 Sete Lagoas, MG

Tiragem: 300 exemplares

Comitê de Publicações:

Edison Paiva (Presidente), Paulo César Magalhães (Secretário), Antônio Carlos de Oliveira, Antônio A. Corcete Purcino, José de Anchieta Monteiro, José Hamilton Ramalho, Ricardo Magnavaca

Revisão: Dilermando Lúcio de Oliveira

Composição e Diagramação: Tânia Mara Assunção Barbosa

Normalização bibliográfica: Maria Tereza Rocha Ferreira

Fotolitos: Olímpio Pereira de O. Filho

Impressão: José Ferreira da Silva Filho

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo
(Sete Lagoas, MG)

Estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman utilizando programa de computador na linguagem basic, por Lairson Couto, Ênio F. da Costa, Luiz Marcelo A. Sans e Amilton C. Leão. Sete Lagoas, 1989. 31p. (EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 8).

1. Bioclimatologia-Modelo computador-Linguagem Basic. 2. Evapotranspiração-Referência-Penman. I. Couto, Lairson. II. Costa, Ênio F. da colab. III. Sans, Luiz Marcelo A. colab. IV. Amilton C. Leão colab. V. Título. VI Série.

CDD.551.572

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
INTRODUÇÃO	7
METODOLOGIA	8
A. Método de Penman	8
B. Programa	9
EXEMPLO DE CÁLCULO DA ET_b	12
CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
ANEXO	18

APRESENTAÇÃO

A irrigação vem expandindo-se com grande intensidade nos últimos anos. Na elaboração dos projetos e na operação dos sistemas de irrigação já implantados, torna-se imperioso o conhecimento dos requerimentos de água das culturas.

Para se calcular a necessidade hídrica das culturas deve-se levar em conta os aspectos culturais, manejo, solo e clima (Jensen et al. 1971). Na prática, utilizam-se os coeficientes culturais e a Evapotranspiração Potencial ou de Referência para estimar a Evapotranspiração Real; contudo, a inexistência de métodos mais adequados às condições brasileiras e as dificuldades para utilização dos métodos desenvolvidos em outros países têm sido a causa de dimensionamento e manejo inadequados de sistemas de irrigação.

Essa preocupação levou ao desenvolvimento de um programa na linguagem BASIC que permite a estimativa da Evapotranspiração Potencial ou de Referência, por um dos métodos mais completos, o de Penman, adaptado por Doorenbos e Pruitt (1975). Uma das vantagens desse programa é o uso da linguagem BASIC, comumente utilizada para mini e microcomputadores. Outra vantagem é a forma como a entrada dos dados foi ajustada ao formato das fichas de coleta de dados meteorológicos utilizadas pela rede de postos do Instituto Nacional de Meteorologia.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE PENMAN UTILIZANDO PROGRAMA DE COMPUTADOR NA LINGUAGEM BASIC

Lairson Couto¹
Enio F. da Costa²
Luiz Marcelo A. Sans³
Amílton C. Leão⁴

INTRODUÇÃO

A falta de informações acerca da evapotranspiração e as dificuldades em medi-la diretamente foram incentivos para o desenvolvimento de metodologias que permitissem a sua estimativa. Diversos métodos têm sido propostos a partir de dados meteorológicos, uma vez que esses parâmetros geralmente estão disponíveis e, na sua falta, medições dos mesmos são mais fáceis de se obterem do que determinações hidrológicas. Embora esses métodos estejam sujeitos a controvérsias (Penman 1956; Pelton et al. 1960; Tanner e Pelton 1960; Monteith 1965; Ritchie 1973), a literatura tem mostrado que a sua utilização estima, com sucesso, os valores da evapotranspiração atual a partir da Evapotranspiração Potencial-ETP (Penman 1948) ou de Referência (Doorenbos e Pruitt 1975).

Penman (1948), baseando-se no balanço de energia, propôs um método que permite estimar a ETP para períodos curtos (diários) ou longos. A metodologia proposta é considerada como uma das mais precisas, porque se baseia na radiação líquida na camada limítrofe e leva em conta os fatores aerodinâmicos. A radiação líquida apresenta excelente correlação com a evapotranspiração (Pelton et al. 1960). Por outro lado, o método de Penman apresenta a desvantagem de exigir um grande número de informações que, muitas vezes, não estão disponíveis nas condições brasileiras. Essa dificuldade foi em parte solucionada pela metodologia proposta por Doorenbos e Pruitt (1975), que permite

¹Eng.- Agr., PhD, EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo(CNPMS) - Caixa Postal 151. CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

²Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPMS.

³Engenheiro Florestal, PhD., EMBRAPA/CNPMS.

⁴Programador da EMBRAPA/CNPMS.

a estimativa de alguns parâmetros meteorológicos, como, por exemplo, a radiação líquida, através de outros de mais simples determinação por meio de medições, equações e tabelas. Adicionalmente, embora essas metodologias sejam conceitualmente simples para estimar a evapotranspiração de referência (ET₀), é necessário utilizar um grande número de equações e tabelas, o que torna o processo demorado, tedioso e com grande probabilidade de se incorrer em erros.

Por essas razões e levando-se em conta a grande expansão no uso de microcomputadores atualmente no País, ajustou-se um programa na linguagem "BASIC", que permite estimar ET₀ pelo método de Penman, adaptado por Doorenbos & Pruitt (1975), objetivando fornecer um instrumento para uso na agricultura, hidrologia e áreas afins.

METODOLOGIA

A - Método de Penman

Combinando o balanço de energia radiante e o fator aerodinâmico, Penman (1948) desenvolveu uma expressão, baseada em princípios físicos, para estimar a ETP, a qual pode ser expressa da seguinte forma:

$$ETP = \frac{\Delta R_n}{\Delta + \gamma} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_a \quad (1)$$

Sendo:

ETP = Evapotranspiração Potencial (mm/dia)

R_n = taxa de radiação líquida (mm/dia)

E_a = componente aerodinâmico (mm/dia)

γ = constante psicrométrica, (mbar °C⁻¹)

Δ = declividade da curva pressão do vapor saturado vs. temperatura (mbars °C⁻¹)

Pode-se observar que, para utilizar esse método, são necessários dados de radiação, temperatura, umidade e vento, o que, sem dúvida, reduz a aplicação espacial do mesmo, limitando o seu uso apenas a locais onde existam Estações Climatológicas Principais e àqueles onde se encontram e/ou podem ser feitas essas medições.

A relativa importância dos termos da equação (1) depende do fator ponderado não dimensional (Δ / γ). A influência do fator aerodinâmico é geralmen-

te menor que a da radiação. Porém, considerando a possível variabilidade espacial dos parâmetros aerodinâmicos dentro de uma área, cuja radiação seja aproximadamente constante, tornam-se esses fatores os principais responsáveis pelas diferentes estimativas da ETP.

Existem controvérsias sobre a precisão do método, inclusive o próprio Penman (1956) discute as dificuldades em se aproximar os resultados estimados dos reais e critica que o método tem sido amplamente utilizado, porém, pouco testado. Entretanto, os resultados experimentais o indicam como um dos métodos que têm fornecido estimativas de ETP satisfatórias (Chang 1968; Doorenbos & Pruitt 1975), o que era de se esperar, considerando que o mesmo se baseia em princípios físicos.

B - Programa

O programa foi escrito na linguagem BASIC e implantado em um mini-computador Polymax modelo POLY 201. Foi ajustada a equação de Penman simplificada por Doorenbos & Pruitt (1975), que pode ser expressa da seguinte forma:

$$ET_b = C [FR_n + (1 - F) \cdot f(u) (e_a - e_d)] \quad (2)$$

onde:

ET_b = Evapotranspiração de Referência (mm/dia)

F = fator ponderado relacionado à temperatura

R_n = taxa de radiação (mm/dia)

$f(u)$ = função vento

e_a, e_d = pressão de vapor do ar saturado e atual, respectivamente (mbar)

C = fator de compensação para vento e umidade relativa. Neste programa foi considerado igual a 1 (um).

O programa consiste de três partes. A primeira trata da entrada de dados, os quais estão relacionados no Tabela 1, e da especificação das informações necessárias para utilização das equações.

TABELA 1. Dados e fatores meteorológicos necessários à utilização do programa.

Dados	Unidade
Precipitação	mm
Latitude	graus e minutos
Longitude	graus e minutos
Altura do anemômetro	m
Altitude	m
Temperatura do bulbo seco	C
Temperatura do bulbo úmido	C
Temperatura máxima	C
Temperatura mínima	C
Temperatura do bulbo seco às 12 horas	C
Temperatura do bulbo seco às 18 horas	C
Temperatura do bulbo seco às 24 horas	C
Temperatura do bulbo úmido às 12 horas	C
Temperatura do bulbo úmido às 18 horas	C
Temperatura do bulbo úmido às 24 horas	C
Umidade relativa às 12 horas	%
Umidade relativa às 18 horas	%
Umidade relativa máxima	%
Umidade relativa mínima	%
Velocidade do vento	m/s
Período correspondente às observações	dia, semana, década, mês

Para maior facilidade operacional, procurou-se compatibilizar a entrada dos dados meteorológicos com a ficha padrão utilizada na coleta desses dados pela rede de postos do Instituto Nacional de Meteorologia.

Na segunda parte, são feitos todos os cálculos com prosseguimento da saída dos resultados e, finalmente, na terceira parte, estão incluídas três tabelas que são utilizadas como sub-rotinas para estimar R_n e F .

O valor de F é determinado por meio de tabela, em função da temperatura média e altitude do local.

A radiação extraterrestre (R_a) e a média diária da duração máxima de horas de sol (N) foram também estimadas por meio de tabelas, em função da latitude e do mês. A radiação solar (R_s) foi determinada pela equação:

$$R_s = [0,25 + (0,5 n/N)] \times R_a \quad (3)$$

Sendo "n" o valor atual de horas de brilho solar. A radiação de ondas curtas (R_{ns}) foi determinada corrigindo-se R_s por meio do coeficiente de refletividade (α), onde se utilizou $\alpha = 0,25$. A taxa de radiação líquida de onda longa (R_{n1}) foi calculada usando-se a equação:

$$R_{n1} = f(T) \cdot f(ed) \cdot f(n/N) \quad (4)$$

Onde:

$$f(T) = 1.98 \times 10^{-9} (T_m + 273,15)^4$$

$$f(ed) = 0,34 - 0,044 \times \gamma_{ed}$$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9 n/N$$

Uma das grandes dificuldades é o estabelecimento da função relacionada ao vento $f(u)$, para superfícies com vegetação, tornando necessário assumir igualdade dos coeficientes de "eddy", de "momentum", de vapor e transferência de calor. Assim, $f(u)$ passa a ser função apenas de velocidade de vento e da altura em que é medida. Portanto, a dificuldade em medi-la tem dado origem a relações empíricas como apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2. Equações para estimar $f(u)$ em função da velocidade do vento (u).

Autor	Equações (u = medida a 2 metros)
Penman (1956)	$f(u) = 0,5 + u/100$ (u = km/dia)
Sedyama et al. (1973)	$f(u) = 5,3 (1 + u/160)$ (u = km/dia)
Campbell (1977)	$f(u) = 5,3 (1 + u)$ (u = m/s)

No presente trabalho utilizou-se, basicamente, a equação proposta por Doorenbos & Pruitt (1975):

$$f(u) = 0,27 (1 + u/100) \quad (5)$$

Sendo: " u " a velocidade do vento em km/dia a uma altura de 2 metros. Considerando que a velocidade do vento é medida a diferentes alturas, corrigiu-se o valor de " u " para 2 m através da equação:

$$u = 1,052 + 6,93 \cdot 10^{-4} X - 0,148 \cdot \ln X + 0,097/X \quad (\text{com } r^2 = 0,99) \quad (6)$$

Onde:

X = altura em que é medido o vento, em metros

Substituindo (6) em (5) obteve-se a equação (7), que foi a utilizada no programa:

$$f(u) = 0,27 (1 + [u (1,05 \cdot 10^{-3} X + 5,38 \cdot 10^{-4} X^2 - 0,157 \ln X + (0,095/X)]/100)(7)$$

Para a estimativa do déficit de saturação de vapor (ea-ed), à temperatura do ar, utilizaram-se as equações:

$$ea = 6,11 \cdot 10^{8,47T_s/(273,3 + T_s)} \quad (8)$$

$$ed = ea^* - 0,35 (T_s - T_u) \quad (9)$$

Onde: T_s é a temperatura do bulbo seco em °C e ea^* a pressão de saturação de vapor determinada através da equação (8), sendo que utiliza-se T_u (temperatura do bulbo úmido) no lugar de T_s .

EXEMPLO DE CÁLCULO DA E_{T0}

Para ilustrar a utilização desse programa, calcularam-se os valores diários da Evapotranspiração de Referência, E_{T0} , no mês de novembro de 1984, para a região de Sete Lagoas, Minas Gerais.

Na Tabela 3, são apresentados os principais fatores meteorológicos utilizados para estimar E_{T0} .

Na Tabela 4, encontram-se os valores dos principais fatores meteorológicos, alguns já em forma de médias diárias. Encontra-se também o valor da evapotranspiração (E_{T0}), em mm/dia, estimada através da equação (2), segundo Doorenbos & Pruitt (1975). A precipitação diária em mm não entra nos cálculos, mas foi incluída para prestar maiores informações aos usuários.

Na Tabela 5, a título de ilustração, encontra-se a seqüência do cálculo de E_{T0} , para os primeiros dez dias de novembro de 1984, da mesma forma como foi desenvolvido no programa.

TABELA 3. Formato de impressão do computador dos dados que entram no cálculo da ETo.

Evapotranspiração de Referência : Dados Originais

Local : Sete Lagoas, MG

Data : 30/11/84 Mês: Novembro Ano : 1984 Altura do Anemômetro : 10 m

Altitude : 735,95 m Longitude : 44°15'W Latitude: 19°28'S

DIA	TS12	TS18	TS24	TU12	TU18	TU24	TMAX
1	25.70	29.70	20.90	20.30	20.50	18.10	30.20
2	24.70	29.10	21.30	18.90	18.10	16.10	30.00
3	25.30	31.30	18.90	18.90	19.10	15.10	32.20
4	26.90	32.90	22.10	20.10	20.90	17.70	34.60
5	26.70	30.50	21.50	20.50	20.90	17.30	31.40
6	25.70	30.50	22.10	19.30	20.50	17.70	31.40
7	25.10	29.90	20.50	18.90	19.10	16.50	31.00
8	25.30	31.10	21.90	18.90	19.50	16.70	32.40
9	26.90	33.10	21.10	20.70	20.50	17.30	33.40
10	29.50	34.50	24.50	21.50	22.10	19.50	34.80
11	28.50	22.70	21.10	21.10	20.30	18.90	32.60
12	20.30	25.70	20.30	19.30	20.10	18.70	26.60
13	23.90	30.70	22.30	20.50	21.50	20.50	31.80
14	24.70	30.30	21.70	19.70	21.90	18.90	30.80
15	23.50	28.30	21.70	19.30	20.30	18.30	29.00
16	24.50	28.70	19.10	18.70	20.30	16.50	29.40
17	24.10	30.10	21.70	18.30	20.90	17.90	30.80
18	25.10	28.90	19.50	19.30	20.10	18.70	29.60
19	21.90	25.50	19.30	19.50	21.30	18.10	27.40
20	23.30	27.50	16.90	19.30	19.70	16.30	25.60
21	20.30	21.30	20.30	18.50	20.30	19.50	25.00
22	24.70	27.90	19.70	20.90	21.30	18.90	28.20
23	19.70	22.70	18.90	18.50	19.70	18.10	23.80
24	25.30	29.70	21.50	20.70	21.70	17.50	30.40
25	25.50	31.50	19.90	19.70	20.10	16.30	32.00
26	27.10	27.50	22.70	21.30	21.50	20.70	29.20
27	21.50	26.90	19.40	20.30	20.90	18.30	27.60
28	21.30	22.50	18.30	18.50	19.50	17.50	24.20
29	21.30	23.50	20.70	18.70	20.50	19.50	26.40
30	23.10	19.90	18.90	20.10	18.30	18.50	27.60

Continuação da Tabela 3.

DIA	TMIN	UR12	UR18	UR24	V12	V18	V24	N
1	17.40	60.00	41.00	76.00	2.10	3.60	0.50	0.00
2	16.90	56.00	31.00	57.00	3.10	4.10	0.50	0.00
3	13.60	52.00	28.00	66.00	1.00	1.50	0.00	0.00
4	15.40	52.00	31.00	64.00	1.50	0.00	1.00	0.00
5	18.40	56.00	40.00	64.00	2.10	3.60	0.50	0.00
6	16.90	53.00	38.00	64.00	5.10	0.50	1.00	0.00
7	16.50	53.00	32.00	65.00	2.10	2.60	0.00	0.00
8	15.40	52.00	31.00	59.00	2.10	0.00	1.00	0.00
9	16.90	56.00	29.00	67.00	2.60	2.10	0.00	0.00
10	15.90	47.00	31.00	72.00	3.60	2.10	3.60	0.00
11	19.50	50.00	79.00	80.00	1.50	1.00	2.10	0.00
12	19.40	90.00	59.00	86.00	2.60	5.70	0.00	3.50
13	18.40	72.00	42.00	81.00	1.00	1.50	1.00	0.30
14	19.30	62.00	46.00	75.00	2.10	1.50	1.00	1.00
15	17.90	66.00	46.00	70.00	2.10	1.50	0.50	0.00
16	16.40	56.00	44.00	76.00	3.60	2.60	0.00	0.00
17	15.30	55.00	42.00	68.00	1.00	1.00	0.00	0.00
18	17.40	56.00	42.00	92.00	1.00	1.00	0.00	0.00
19	18.50	79.00	68.00	88.00	1.00	3.00	1.50	6.30
20	16.40	68.00	66.00	94.00	1.50	3.10	1.00	0.20
21	16.40	84.00	91.00	92.00	2.10	1.50	1.00	52.20
22	17.40	70.00	54.00	93.00	5.10	3.10	0.00	41.40
23	18.40	89.00	75.00	92.00	3.60	0.50	0.00	2.70
24	18.10	65.00	48.00	66.00	1.50	4.10	0.50	0.20
25	15.80	57.00	32.00	68.00	1.50	1.50	0.00	0.00
26	17.40	58.00	57.00	83.00	2.10	3.10	0.00	0.00
27	18.90	89.00	57.00	89.00	0.00	1.50	1.00	0.10
28	17.90	77.00	75.00	92.00	1.00	1.00	1.00	0.60
29	17.40	79.00	75.00	89.00	1.50	3.10	0.00	0.10
30	17.90	75.00	85.00	96.00	2.10	1.50	0.50	0.00

TABELA 4. Valores dos principais fatores meteorológicos.

Evapotranspiração de Referência: Dados Calculados

Local: Sete Lagoas, MG

Data: 30/11/84 Mês: Novembro Ano: 1984 Altura do Anemômetro: 10 m

Altitude: 735.95 M Longitude: 44°15'W Latitude: 19°28'S

DIA (°C)	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	URm (%)	U (km/Dia)	n (h)	Prec (mm)	ET _b (mm/dia)
1	23.02	30.20	17.40	63.25	178.56	10.30	0.00	6.58
2	22.84	30.00	16.90	50.25	221.76	11.70	0.00	7.69
3	21.78	32.20	13.60	53.00	72.00	11.00	0.00	6.19
4	24.22	34.60	15.40	52.75	72.00	10.90	0.00	6.48
5	23.90	31.40	18.40	56.00	178.56	11.80	0.00	7.28
6	23.64	31.40	16.90	54.75	190.08	11.80	0.00	7.44
7	22.72	31.00	16.50	53.75	135.36	12.00	0.00	6.91
8	23.38	32.40	15.40	50.25	89.28	12.10	0.00	6.82
9	23.88	33.40	16.90	54.75	135.36	10.30	0.00	6.78
10	25.84	34.80	15.90	50.50	267.84	9.80	0.00	8.48
SOMA MÉDIA	23.52	32.14	16.33	53.93	154.08	111.70 11.17	0.00	70.64 7.06
11	24.56	32.60	19.50	72.25	132.48	8.90	0.00	5.52
12	21.38	26.60	19.40	80.25	239.04	4.50	3.50	4.36
13	23.74	31.80	18.40	69.00	100.80	5.60	0.30	4.78
14	23.64	30.80	19.30	64.50	132.48	10.00	1.00	6.18
15	22.76	29.00	17.90	63.00	118.08	9.00	0.00	5.77
16	21.70	29.40	16.40	63.00	178.56	10.60	0.00	6.44
17	22.72	30.80	15.30	58.25	57.60	5.40	0.00	4.74
18	22.22	29.60	17.40	70.50	57.60	0.80	0.00	3.28
19	21.28	27.40	18.50	80.75	158.40	4.70	6.30	4.08
20	19.82	25.60	16.40	80.50	161.28	1.50	0.20	3.63
SOMA MÉDIA	22.38	29.36	17.85	70.20	133.63	61.00 6.10	11.30	48.79 4.88
21	20.46	25.00	16.40	89.75	132.48	1.20	52.20	2.76
22	21.94	28.20	17.40	77.50	236.16	1.50	41.40	3.93
23	19.94	23.80	18.40	87.00	118.08	0.00	2.70	2.52
24	23.36	30.40	18.10	61.25	175.68	10.40	0.20	6.64
25	22.62	32.00	15.80	56.25	86.40	11.50	0.00	6.42
26	23.82	29.20	17.40	70.25	149.76	6.80	0.00	5.33
27	21.36	27.60	18.90	81.00	72.00	1.20	0.10	3.01
28	20.00	24.20	17.90	84.00	86.40	0.60	0.60	2.73
29	21.30	26.40	17.40	83.00	132.48	3.40	0.10	3.62
30	21.28	27.60	17.90	88.00	118.08	2.60	0.00	3.16
SOMA MÉDIA	21.61	27.44	17.56	77.80	130.75	39.20 3.92	97.30	40.13 4.01
TOTAL MÉDIA	22.50	29.65	17.25	67.31	139.49	211.90 7.06	108.60 5.32	159.56

TABELA 5. Sequência do cálculo de E_{T0} , para a primeira década de novembro de 1984, segundo a equação (2), Doorenbos & Pruitt (1975)

Dia	(ca-cd)	f(u)	(1-F)	(F)	Ra	Rs
01	11.1694	0.6513	0.2651	0.7349	16.9467	10.9147
02	14.4496	0.7436	0.2669	0.7331	16.9467	11.8224
03	13.7155	0.432	0.2775	0.7225	16.9467	11.3686
04	15.7564	0.4238	0.2531	0.7469	16.9467	11.3037
05	13.5236	0.6513	0.2563	0.7437	16.9467	11.8873
06	14.0446	0.6759	0.2589	0.7411	16.9467	11.8887
07	13.3635	0.5591	0.2681	0.7319	16.9467	12.0169
08	15.5662	0.4607	0.2615	0.7385	16.9467	12.0818
09	14.891	0.5591	0.2565	0.7435	16.9467	10.9147
10	18.7192	0.8420	0.2369	0.7631	16.9467	10.5906

Continuação da Tabela 5.

Rns	f(t)	f(ed)	f(n/N)	Rnl	Rn	ET
8.186	15.2345	0.1489	0.8093	1.8358	6.3517	6.595
8.867	15.1975	0.1683	0.9057	2.3165	6.5504	7.6699
8.526	14.9810	0.1691	0.8575	2.1723	6.3537	6.2035
8.478	15.4829	0.1559	0.8506	2.0532	6.4248	6.4888
8.915	15.4164	0.1539	0.9126	2.1652	6.7498	7.2773
8.917	15.3625	0.1561	0.9126	2.188	6.7285	7.4442
9.013	15.1729	0.1633	0.9264	2.2954	6.7176	6.9197
9.061	15.3087	0.1648	0.9333	2.3546	6.7064	6.8280
8.186	15.4123	0.1560	0.8093	1.9458	6.2402	6.7751
7.9429	15.8231	0.1469	0.7749	1.8012	6.1417	8.4206

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a estimativa de E_{T0} , com o uso dessa metodologia, muitas vezes é necessária a utilização dos parâmetros não diretamente medidos, o que introduz inexatidão. Contudo, considerando a inexistência dos dados reais, como, por exemplo, a radiação líquida, torna-se necessário o uso dessas aproximações. Apesar disso, acredita-se que essa ainda seja uma das melhores alternativas para se calcular E_{T0} e, a partir desta, a evapotranspiração real (E_{Tr}), para as condições brasileiras. Portanto, os valores E_{T0} e E_{Tr} , estimados por essa metodologia, aproximam-se mais dos valores reais do que aqueles que vêm sendo extrapolados ou adaptados de outras regiões do mundo. Esses últimos vêm sendo largamente utilizados no dimensionamento de sistemas de irrigação e, na maioria das vezes, têm-se mostrado inadequados durante o manejo desses sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHANG, J. **Climate and agriculture**. Chicago: Aldine, 1968. 304p.
- CAMPBELL, G.S. **An introduction to environmental biophysics**. New York: Springer-Verlag, 1977. 1959p.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1975. 179p. (Irrigation and drainage paper, 24).
- JENSEN, M.E.; WRIGHT, J.L. & PRATT, B.J. Estimating soil moisture depletion from climate crop and soil data. **Transactions of the ASAE**, v.1, p.954-959, 1971.
- MONTEITH, J.L. The state and movement of water in living organisms. Evaporation and environment. **Symposia of the Society for Experimental Biology**, v.19, p.205-234, 1965.
- PELTON, W.L.; KING, K.M.; TANNER, C.B. An evaluation of the thornthwaite and mean temperature methods in determining potential evapotranspiration. **Agronomy Journal**, v.57, n.2, p.387-395, 1960.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. **Proceedings of the Royal Society, London**. v.193, p.120-146, 1948.
- PENMAN, H.L. Evaporation: an introductory survey. **Netherlands Journal Agricultural Research**, v.1, n.4, p.9-28, 1956.
- RITCHIE, J.T. Influence of soil water status and meteorological conditions on evaporation from a corn canopy. **Agronomy Journal**, v.65, p.893-897, 1973.
- SEDIYAMA, G.C.; BERNARDO, S.; RESENDE, M.; WOLF, D.F. Estudos de métodos para estimativa da evapotranspiração potencial em Viçosa. **Experientiae**, v.16, n.4, p.61-79, 1973.
- TANNER, C.B. ; PELTON, W.L. Potential evapotranspiration estimates by the approximate energy balance method of Penman. **Journal of Geophysical Research**, v.65, n.10, p.3391-3413, 1960.

VI - ANEXO

Programa de computador para estimar a Evapotranspiração de Referência.

```
1000 DEF FNP$(L,C)=CHR$(20)+CHR$(L+47)+CHR$(C+127)
1010 DIM EN$(17),X(17),MAX%(17)
1020 REM
1030 ' PROGRAMA P/CALCULAR A EVAPOTRANSPIRACAO DE REFERE-
      RÊNCIA
1040 ' PELO METODO DE PENMAN
1050 '
1060 ' ANALISTAS : LAIRSON COUTO, ENIO F. COSTA e LUIZ MARCE-
      LO A. SANS
1070 ' PROGRAMADOR : AMILTON C. LEO - CNPMS - MAIO/84
1080 '
1090 ' VARIAVEIS UTILIZADAS
1100 ' PREC = Precipitacao em mm
1110 ' X = Altura em que foi medido o vento (metros)
1120 ' ET0 = Evapotranspiracao de referencia (mm/dia)
1130 ' TS = Temperatura do bulbo seco (°C)
1140 ' TU = Temperatura do bulbo umido (°C)
1150 ' TMIN= Temperatura minima (°C)
1160 ' TMAX= Temperatura maxima (°C)
1170 ' TM = Temperatura media (°C)
1180 ' TS12= Temperatura do bulbo seco as 12 horas (°C)
1190 ' TS18= Temperatura do bulbo seco as 18 horas (°C)
1200 ' TS24= Temperatura do bulbo seco as 24 horas (°C)
1210 ' TU12= Temperatura do bulbo umido as 12 horas (°C)
1220 ' TU18= Temperatura do bulbo umido as 18 horas (°C)
1230 ' TU24= Temperatura do bulbo umido as 24 horas (°C)
1240 ' DT = Diferenca de temperatura entre bulbo seco e bulbo umido (°C)
1250 ' LAT = Latitude (graus e minutos)
1260 ' LONG= Longitude (graus e minutos)
1270 ' ALT = Altitude (m)
1280 ' UR12= Umidade Relativa as 12 horas (%)
1290 ' UR18 = Umidade Relativa as 18 horas (%)
1300 ' UR24= Umidade Relativa as 24 horas (%)
1310 ' URM = Umidade Relativa Media (%)
1320 'URMIN= Umidade Relativa Minima (%)
```

- 1330 'URMAX= Umidade Relativa Maxima (%)
- 1340 ' EA = Pressao de Vapor de Saturacao (mbar)
- 1350 ' EB = Pressao de Vapor Atual (mbar)
- 1360 ' DPV = Deficit de Pressao de Vapor (mbar)
- 1370 ' V = VeloCidade do Vento (m/s)
- 1380 ' U = VeloCidade do Vento (Km/dia)
- 1390 ' N = Insolacao, brilho solar (hs)
- 1400 ' NM = Maximo possivel de horas de brilho (hs)
- 1410 ' solar em funcao da latitude (hs)
- 1420 ' RA = Radiacao solar no topo da atmosfera (mm/dia)
- 1430 ' RS = Radiacao solar na superficie (mm/dia)
- 1440 ' RN = Radiacao liquida, neta (mm/dia)
- 1450 ' ALFA=Albedo, coeficiente de Reflectividade
- 1460 ' W = Fator de Compensacao para efeito da Radiacao em ET_b
- 1470 ' T = Tempo, periodo correspondente as observacoes
- 1480 ' e respectivo ET₀ (diario,semanal,dez dias,mensal)
- 1490 ' C = Fator de Compensacao para Vento e Umiidade Relativa
- 1500 ' RNS = Radiacao liquida de ondas curtas (mm/dia)
- 1510 ' RNL = Radiacao liquida de ondas longas (mm/dia)
- 1520 ' F(u)= Funcao de Vento
- 1530 ' F(T)= Funcao de Temperatura
- 1540 ' F(ED)= Funcao de pressao de vapor, atual
- 1550 ' F(N/M)= Funcao de insolacao
- 1560 '
- 1570 ' Equacao para a determinacao da Evapotranspiracao de Referencia, ET_b, pelo metodo de Penman :
- 1580 ' ET_b = C [W.Rn + (1-W) . f(U) . (ea - ed)]
- 1590 '
- 1600 ' f(U) e' calculado atraves da equacao
- 1610 ' f(u)= 0.27 [1+(u(1.05+3.95 x 10⁻³ X + 5.38 x 10⁻⁴ X² - .157 LN X + (0.095/X)): 100)]
- 1620 ' U = 86.4 V
- 1630 ' W e' determinado atraves da Tabela 3, em funcao de TM e Altitude
- 1640 ' RA e' determinado atraves da Tabela 4, em funcao da Latitude e do mes
- 1650 ' RS e' calculado atraves da equacao : RS=(0.25+0.50 n/N) RA
- 1660 ' Rn e' Calculado atraves da equacao : Rn=Rns-Rnl
- 1670 ' Rns = (1-ALFA) RS
- 1680 ' Rnl = f(T) . f(ed) . f(n/N)
- 1690 ' N e' determinado atraves da Tabela 5
- 1700 '

```

1710 ' TS=(TS12+TS18+2TS24)/4
1720 ' TU=(TU12+TU18+2TU24)/4
1730 ' URM = (UR12+UR18 + 2.UR24)/4
1740 ' F(T) = 1.98 X 10-9 * (TM + 273.15) ^ 4
1750 ' f(ed) = 0.34 - 0.044*sqr(ed)
1760 ' f(n/N) = 0.1 + 0.9n/N
1770 ' C=1.0
1780 ' ALFA=0.25
1790 ' V=(V12+V18+V24)/3
1800 ' TM = (TS18+2TS24 + TMIN + TMAX)/5
1810 ' DT=TS-TU
1820
DATA
DIA,TS12,TS18,TS24,TU12,TU18,TU24,TMAX,TMIN,UR12,UR18,UR24,V1
2,V18,V24,PREC,n
1830 DATA 2,4,4,4,4,4,4,4,2,2,2,3,3,3,5,5
1840 FOR I% = 1 TO 17 : READ EN$(I%) : NEXT I%
1850 FOR I% = 1 TO 17 : READ MAX%(I%) : NEXT I%
1860 '
1870 ' Entrada de Dados
1880 '
1890 MAXIMO%=30 : LETRA%=1 : MINUSCLO%=1
1900 PRINT CHR$(12)
1910 PRINT "LoCal : "; : GOSUB 2240 : PRINT : PRINT
1920 L$=C$
1930 MAXIMO%=6
1940 PRINT "Data : "; : GOSUB 2240 : PRINT : PRINT
1950 D$=C$
1960 OPEN "O", 1,"B:"+D$+".ETR"
1970 MAXIMO%=15
1980 PRINT "Latitude : "; : GOSUB 2230 : PRINT : PRINT
1990 LAT$=C$
2000 PRINT "Longitude: "; : GOSUB 2230 : PRINT : PRINT
2010 LON$=C$
2020 PRINT "Altitude : "; : GOSUB 2230 : PRINT : PRINT
2030 ALT$=C$
2040 PRINT "Altura do Anemometro : ";: GOSUB 2230 : PRINT : PRINT
2050 X=VAL(C$)
2060 WRITE 1,L$,D$,LAT$,LON$,ALT$,X
2070 PRINT CHR$(12) : GOSUB 2670 ' Tela de dados
2080 FOR I%= 1 TO 17

```

```

2090 MAXIMO%=MAX%(I%)
2100 PRINT FNPS$(6+I%,18); : GOSUB 2230
2110 IF C$="00" THEN 2210
2120 X(I%) = VAL (C$)2220
2130 NEXT I%
2140 PRINT:PRINT CHR$(7) TAB(30) "[C]onfirma [N]ao confirma ";OP$=IN-
    PUT$(1)
2150 IF OP$="N" OR OP$="n" THEN GOTO 2070
2160 FOR I% = 1 TO 16
2170 PRINT 1,X(I%);";";
2180 NEXT I%
2190 PRINT 1,X(17)
2200 GOTO 2070
2210 CLOSE
2220 END
2230 *****
2240 ' ENTRADA DE DADOS '
2250 *****
2260 PRINT CHR$(95) CHR$(8);
2270 C$=SPACES$(0)
2280 PONTO%=0
2390 POSICAO%=0
2300 II%=LEN(C$)
2310 X$=INPUT$(1)
2320 NN%=ASC(X$)
2330 IF NN%=13 AND II%>0 THEN PRINT " " CHR$(8);:RETURN
2340 IF NN%=13 AND II%=0 THEN 2630
2350 IF NN%=8 THEN 2510
2360 IF NN%=127 THEN 2570
2370 IF LETRA%=1 THEN 2440
2380 IF NN%<43 OR NN%>57 THEN 2630
2390 IF NN%=47 OR NN%=44 THEN 2630
2400 IF II%>0 AND NN%=43 THEN 2630
2410 IF II%>0 AND NN%=45 THEN 2630
2420 IF PONTO%=1 AND NN%=46 THEN 2640
2430 IF NN%=46 THEN PONTO%=1:POSICAO%=II%+1
2440 II%=II%+1
2450 IF MINUSCLO%=1 THEN 2470
2460 IF NN%>96 AND NN%<123 THEN NN%=NN%-32:X$=CHR$(NN%)
2470 IF II%>MAXIMO% THEN II%=II%-1:GOTO 2640

```

```

2480 PRINT X$ CHR$(95) CHR$(8);
2490 C$=C$+X$
2500 GOTO 2310
2510 IF II%<1 THEN 2630
2520 IF POSICAO%=II% THEN PONTO%=0:POSICAO%=0
2530 II%=II%-1
2540 C$=LEFT$(C$,II%)
2550 PRINT " " CHR$(8) CHR$(8) CHR$(95) CHR$(8);
2560 GOTO 2310
2570 JJ%=LEN(C$)
2580 IF II%<1 THEN 2630
2590 FOR KK%=1 TO JJ%
2600PRINT " " CHR$(8) CHR$(8) CHR$(95) CHR$(8);
2610 NEXT KK%
2620 GOTO 2270
2630 PRINT CHR$(7);
2640 GOTO 2310
2650 '
2660 LETRA%=0
2670 FOR I% = 1 TO 17
2680PRINT FNP$(6+I%,10) EN$(I%)
2690 NEXT I%
2700 RETURN
1000 ON ERROR GOTO 2010
1010 DIM T3(6,20),T4(50,12),T5(50,12),NC(20),NL(6),Z(6,20)
1020 C=1
1030 ALFA=.25
1040 GOSUB 1530 ' leitura de tabelas
1050 PRINT CHR$(12) STRING$(5,10) "INFORME A DATA (f/fim) ";
1060 INPUT "",D$
1070 IF D$="f" OR D$="F" OR D$="FIM" OR D$="fim" THEN GOTO 1510
1080 OPEN "I", 1,"B:"+D$+".ETR"
1090 OPEN "O", 2,"B:"+D$+".PAR"
1100 INPUT 1,L$,D$,LAT$,LON$,ALT$,X
1110 WRITE 2,L$,D$,LAT$,LON$,ALT$,X
1120 M%=VAL(MID$(D$,3,2))
1130 LAT%=VAL(LEFT$(LAT$,2))
1140 ALT=VAL(ALT$)
1150 WHILE NOT EOF(1)

```

```

1160 INPUT 1,DIA,TS12,TS18,TS24,TU12,TU18,TU24,TMAX,TMIN,UR
      12,UR18,UR24,
      V12,V18,V24,N,PREC
1170 PRINT CHR$(20) CHR$(67) CHR$(142) "Processando dia " DIA
1180 V=(V12+V18+V24)/3
1190 TM=(TS12+2*TS24+TMIN+TMAX)/5
1200 TM%=INT(TM)
1210 U=86.4*V
1220 FU = .27*(1+(U*(1.05+.00395*X + .000538 * X^2 - .157 * LOG(X) +
      (.092/X)))/100)
1230 URM=(UR12+UR18+2*UR24)/4
1240 TU=(TU12+TU18+2*TU24)/4
1250 TS=(TS12+TS18+2*TS24)/4
1260 DT=TS-TU
1270 '
1280 ' a seguir busca o valor W na Tabela 3
1290 GOSUB 2030
1300 W=Z
1310 ' a seguir busca o valor de RA na Tabela 4
1320 RA=T4(LAT%,M%)
1330 ' a seguir busca o valor de NM na Tabela 5
1340 NM=T5(LAT%,M%)
1350 RS=((.25+(.5*N/NM)))*RA
1360 RNS=(1-ALFA)*RS
1370 ' a seguir calcula FT pela equacao f(t)=1.993306E-09*(tm+273.15)^4
1380 FT=1.98E-09*(TM+273.15)^4
1390 ' a seguir calcula o valor de ea atraves de ps
1400 EA=6.11*10^(8.47*TS/(273.3+TS))
1410 ED=(6.11 * 10^(8.47*TU/(273.3+TU))) - .63*(TS-TU)
1420 FED=.34-.044*SQR(ED)
1430 XFNSM=.1+(.9*N/NM)
1440 RNL=FT*FED*XFNSM
1450 RN=RNS-RNL
1460 ET0=C * (W*RN+(1-W)*FU*(EA-ED))
1470 WRITE 2,DIA,PREC,TM,TMAX,TMIN,URM,U,N,ET0
1480 WEND
1490 CLOSE
1500 GOTO 1050
1510 END
1520 '

```

```

1530 PRINT CHR$(12) CHR$(20) CHR$(70) CHR$(130) "LEITURA DA
      TABELA " TA
1540 '
1550 '
1560 ' tabela 3
1570 TA=3
1580 PRINT CHR$(20) CHR$(70) CHR$(148) TA
1590 '
1600 OPEN "I", 1,"TAB3"
1610 FOR I = 1 TO 20
1620 INPUT 1,NC(I)
1630 NEXT I
1640 FOR I = 1 TO 6
1650 INPUT 1,NL(I)
1660 NEXT I
1670 FOR I% = 1 TO 6
1680 FOR J% = 1 TO 20
1690 INPUT 1,Z(I%,J%)
1700 NEXT J%
1710 NEXT I%
1720 CLOSE 1
1730 '
1740 '
1750 ' tabela 4
1760 TA=4
1770 PRINT CHR$(20) CHR$(70) CHR$(148) TA
1780 '
1790 OPEN "I", 1,"TAB4"
1800 FOR I% = 50 TO 0 STEP -1
1810 FOR J% = 1 TO 12
1820 INPUT 1,T4(I%,J%)
1830 NEXT J%
1840 NEXT I%
1850 CLOSE 1
1860 '
1870 '
1880 ' tabela 5
1890 TA=5
1900 PRINT CHR$(20) CHR$(70) CHR$(148) TA
1910 '

```



```

1920 OPEN "I", 1, "TAB5"
1930 '
1940 FOR I% = 50 TO 0 STEP-1
1950 FOR J% = 1 TO 12
1960 INPUT 1, T5(I%, J%)
1970 NEXT J%
1980 NEXT I%
1990 CLOSE 1
2000 RETURN
2010 PRINT "ERRO " ERR " LINHA " ERL : RESUME NEXT
2020 RESUME NEXT
2030 '
2040 ' ROTINA PARA INTERPOLACAO TABELA 3
2050 '
2060 FOR I=1 TO 6
2070 IF ALT = NL(I) THEN GOTO 2100
2080 IF ALT < NL(I+1) THEN GOTO 2190
2090 NEXT I
2100 ' INTERPOLACAO ENTRE COLUNAS (se necessario)
2110 J=0 : T=1
2120 J=J+1 : T=T+1 : C1=NC(J-1) : C2=NC(J)
2130 IF T < C2 THEN GOTO 2150 ELSE Z=Z(I, J)
2140 IF T < TM% THEN GOTO 2120 ELSE GOTO 2340
2150 NUM=(Z(I, J)-Z(I, J-1)) * (1/C1-1/T)
2160 DEN=1/C1 - 1/C2 : Y=NUM/DEN : Z=Z(I, J)-Y
2170 T=T+1
2180 IF T <= TM% THEN GOTO 2130 ELSE GOTO 2340
2190 ' INTERPOLACAO ENTRE LINHAS E COLUNAS (se necessario)
2200 J=0 : T=1 : L1=NL(I) : L2=NL(I+1)
2210 J=J+1 : T=T+1 : C1=NC(J-1) : C2=NC(J)
2220 IF T < C2 THEN GOTO 2260
2230 NUM=(Z(I, J)-Z(I+1, J)) * (1/L1-1/ALT)
2240 DEN=1/L1-1/L2 : Y=NUM/DEN : Z=Z(I, J)-Y
2250 IF T < TM% THEN GOTO 2210 ELSE GOTO 2340
2260 NUM=(Z(I, J-1)-Z(I+1, J-1)) * (1/L1-1/ALT)
2270 DEN=1/L1-1/L2 : Y1=NUM/DEN : Z1=Z(I, J-1)-Y1
2280 NUM=(Z(I, J)-Z(I+1, J)) * (1/L1-1/ALT)
2290 DEN=1/L1-1/L2 : Y2=NUM/DEN : Z2=Z(I, J)-Y2
2300 NUM=(Z2-Z1)*(1/C1-1/T)
2310 DEN=1/C1-1/C2 : Y=NUM/DEN : Z=Z2-Y

```

```

2320 T=T+1
2330 IF T <= TM% THEN GOTO 2220
2340 RETURN
2350 '
1000 ' Saida para Evapotranspiracao de Referencia - ETRSAIDA
1010 DIM X(17),MM$(12)
1020 DATA JANEIRO,FEVEREIRO,MARCO,ABRIL,MAIO,JUNHO,JU-
LHO,AGOSTO
1030 DATA SETEMBRO,OUTUBRO,NOVEMBRO,DEZEMBRO
1040 FOR I = 1 TO 12 : READ MM$(I) : NEXT I
1050 NOM$="DADOS ORIGINAIS"
1060 PRINT CHR$(12)
1070 INPUT "Data... ",D$
1080 '
1090 OPEN "I", 1,"B:"+D$+".ETR"
1100 INPUT 1,LO$,DAT$,LAT$,LON$,ALT$,X
1110 GOSUB 1540
1120 WHILE NOT EOF(1)
1130 IF EOF(1) THEN 1250
1140 FOR I% = 1 TO 17
1150 INPUT 1,X(I%)
1160 NEXT I%
1170 LPRINT TAB(6); : LPRINT USING " ";X(1);
1180 FOR I% = 2 TO 16
1190 LPRINT USING " . ";X(I%);
1200 NEXT I%
1210 LPRINT
1220 PAG%=PAG%+1
1230 IF PAG%>63 THEN LPRINT TAB(6) STRING$(123,"-") CHR$(12) :
GOSUB 1540
1240 WEND
1250 CLOSE 1
1260 LPRINT CHR$(12)
1270 NOM$="DADOS CALCULADOS"
1280 OPEN "I", 1,"B:"+D$+".PAR"
1290 S=1
1300 '
1310 LINE INPUT 1,T$
1320 GOSUB 1510
1330 K%=0

```

```

1340 WHILE NOT EOF(1)
1350 K%=K%+1
1360 INPUT 1,DIA,PREC,TM,TMAX,TMIN,URM,U,N,ETb
1370 '
1380 LPRINT USING " ";DIA;
1390 LPRINT USING " . ";TM,TMAX,TMIN,URM,U,N,PREC,ETb
1400 S1=S1-TM : S2=S2-TMAX : S3=S3-TMIN
1410 S4=S4-URM : S5=S5-U : S6=S6-N : S7=S7-ETb
1415 S8=S8+PREC
1420 IF DIA=10 OR DIA=20 THEN GOSUB 2000
1425 IF EOF(1) AND DIA>=28 THEN GOSUB 2000
1430 IF EOF(1) AND DECA=2 THEN GOSUB 2000
1440 ' LPRINT
1450 PAG%=PAG%+1
1460 IF PAG%>65 THEN LPRINT TAB(6) STRING$(123,"-") :CHR$(12) :
      GOSUB 1510
1470 WEND
1480 CLOSE
1490 LPRINT CHR$(12)
1500 END
1510 '
1520 P%=P%+1 : PAG%=0
1530 LPRINT TAB(41) "EVAPOTRANSPIRACAO DE REFERENCIA : "
      NOM$ TAB(120);
1540 LPRINT "PAGINA " P%
1550 LPRINT TAB(41) STRING$(49,"-")
1560 LPRINT : LPRINT
1570 LPRINT TAB(20) "LOCAL : "LO$
1580 LPRINT
1590 LPRINT TAB(20) "DATA : " LEFT$(DAT$,2) "/" MID$(DAT$,3,2) "/"
      RIGHTS$(DAT$,2) TAB(50) "MES = " MM$(VAL(MID$(DAT$,3,2)))
      TAB(70) "ANO = " "19"+RIGHT$(DAT$,2);
1595 LPRINT SPC(5) "ALTURA ANEMOMETRO (m): " X
1600 LPRINT
1610 LPRINT TAB(20) "ALTITUDE : "ALT$ TAB(50) o73
      "LONGITUDE: "LON$ TAB(80)
      "LATITUDE : "LAT$
1620 LPRINT : LPRINT
1630 LPRINT TAB(6) STRING$(123,"-")
1640 LPRINT TAB(7) "DIA ";

```

```

1650 IF S=1 THEN GOTO 1690
1660 LPRINT USING " \ \";"TS12","TS18","TS24","TU12","TU18","TU24",
" TMAX","TMIN","UR12","UR18","UR24","V12 ","V18 ","V24 "," N "
1670 LPRINT TAB(6) STRING$(123,"-")
1680 GOTO 1710
1690 LPRINT USING " \ \ "; " Tm","Tmax","Tmin"," URm"," U ",
" n ","Prec"," ET0"
1700 LPRINT TAB(6) STRING$(123,"-")
1701 LPRINT TAB(14) "-----°C-----" SPC(8) "--%--"
SPC(8) "-Km/Dia-" SPC(7) "--hs--" SPC(6) "--mm--" SPC(5)
"--mm/dia--"
1702 LPRINT
1710 PAG%=PAG%+19
1720 RETURN
2000 LPRINT TAB(6) STRING$(123,"-")
2010 PAG%=PAG%+4
2020 LPRINT TAB(6) "SOMA ";TAB(84);
2030 LPRINT USING " . ";S6,S8,S7
2040 LPRINT TAB(6) "MEDIA ";
2050 LPRINT USING " . ";S1/K%,S2/K%,S3/K%,S4/K%,S5/K%,S6/K%;
2051 LPRINT SPC(13);:LPRINT USING " . ";S7/K%
2060 SM1=SM1+S1 : SM2=SM2+S2 : SM3=SM3+S3 : SM4=SM4+S4
2070 SM5=SM5+S5 : SM6=SM6+S6 : SM7=SM7+S7 : SM8=SM8+S8
2080 S1=0:S2=0:S3=0:S4=0:S5=0:S6=0:S7=0 : S8=0
2090 D%=D%+K%
2100 LPRINT TAB(6) STRING$(123,"-")
2110 K%=0
2120 DECA=DECA+1
2130 IF DECA=3 THEN 1950
2140 GOTO 2050
2150 ' saidas de totais e medias mensais
2160 LPRINT " TOTAL ";
2170 LPRINT TAB(84); : LPRINT USING " . ";
SM6,SM8,SM7
2180 LPRINT " MEDIA ";
2190 LPRINT USING
";SM1/D%,SM2/D%,SM3/D%,SM4/D%,SM5/D%,SM6/D%";
2191 LPRINT SPC(13);:LPRINT USING " . ";SM7/D%
2200 LPRINT TAB(6); : LPRINT STRING$(123,"=")
2210 SM1=0 : SM2=0 : SM3=0 : SM4=0 : SM5=0 : SM6=0 : SM7=0

```

2220 D%=0
2230 DECA=0
2240 PAG%=PAG%+4
2250 RETURN

2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,28,30,32,34,36,38,40
0,500,1000,2000,3000,4000
17.5,14.7,10.9,7.4,2.3,1,3,5,5.5,8.9,12.9,16.5,18.2
17.549,14.798,11.047,7.245,4.445,3.296,3.745,5.745,9.096,13.047,16.549,18.2
17.6,14.9,11.2,7.5,4.7,3.5,4,6,9.3,13.2,16.6,18.2
17.649,14.998,11.347,7.696,4.945,3.745,4.196,6.245,9.496,13.298,16.649,18.249
17.7,15.1,11.5,7.9,5.2,4,4.4,6.5,9.7,13.4,16.7,18.3
17.749,15.198,11.696,8.144,5.444,4.196,4.644,6.696,9.944,13.547,16.7,18.3
17.8,15.3,11.9,8.4,5.7,4.4,4.9,6.9,10.2,13.7,16.7,18.3
17.8,15.398,12.045,8.595,5.895,4.644,5.144,7.242,10.395,13.847,16.749,18.3
17.8,15.5,12.2,8.8,6.1,4.9,5.4,7.6,10.6,14,16.8,18.3
17.849,15.598,12.346,8.995,6.344,5.095,5.644,7.746,10.795,14.098,16.849,18.3
17.9,15.7,12.5,9.2,6.6,5.3,5.9,7.9,11,14.2,16.9,18.3
17.9,15.749,12.646,9.395,6.844,5.544,6.095,8.095,11.195,14.297,16.949,18.3
17.9,15.8,12.8,9.6,7.1,5.8,6.3,8.3,11.4,14.4,17,18.3
17.9,15.897,12.995,9.843,7.295,6.043,6.543,8.543,11.546,14.497,17,18.251
17.9,16,13.2,10.1,7.5,6.3,6.8,8.8,11.7,14.6,17,18.2
17.851,16.049,13.346,10.294,7.743,6.543,6.994,8.994,11.846,14.746,17.049,18.2
17.8,16.1,13.5,10.5,8.6,8,7.2,9.2,12,14.9,17.1,18.2
17.8,16.148,13.645,10.694,8.242,7.042,7.442,9.394,12.194,14.997,17.148,18.152
17.8,16.2,13.8,10.9,8.5,7.3,7.7,9.6,12.4,15.1,17.2,18.1
17.8,16.297,13.897,11.094,8.694,7.542,7.894,9.842,12.545,15.197,17.248,18.1
17.8,16.4,14,11.3,8.9,7.8,8.1,10.1,12.7,15.3,17.3,18.1
17.752,16.4,14.145,11.445,9.093,7.993,8.341,10.245,12.845,15.348,17.252,18.00317.7
17,16.4,14.3,11.6,9.3,8.2,8.6,10.4,13,15.4,17.2,17.9
17.652,16.4,14.348,11.793,9.493,8.441,8.841,10.641,13.096,15.448,17.2,17.852
17.6,16.4,14.4,12.9,7.8,7.9,1,10.9,13.2,15.5,17.2,17.8
17.552,16.448,14.496,12.144,9.94,8.892,9.292,11.044,13.296,15.548,17.152,17.752
17.5,16.5,14.6,12.3,10.2,9.1,9.5,11.2,13.4,15.6,17.1,17.7
17.452,16.5,14.696,12.443,10.391,9.339,9.739,11.391,13.543,15.648,17.052,17.604
17.4,16.5,14.8,12.6,10.6,9.6,10,11.6,13.7,15.7,17,17.5
17.352,16.5,14.895,12.79,10.79,9.79,10.19,11.79,13.795,15.748,17,17.452
17.3,16.5,15,13,11,10,10.4,12,13.9,15.8,17,17.4
17.205,16.5,15.047,13.095,11.189,10.189,10.589,12.142,13.995,15.8,16.905,17.258

17.1,16.5,15.1,13.2,11.4,10.4,10.8,12.3,14.1,15.8,16.8,17.1
17.006,16.453,15.147,13.341,11.541,10.588,10.988,12.441,14.194,15.8,16.753,16.959
16.9,16.4,15.2,13.5,11.7,10.8,11.2,12.6,14.3,15.8,16.7,16.8
16.807,16.4,15.247,13.593,11.887,10.987,11.387,12.74,14.393,15.8,16.607,16.707
16.7,16.4,15.3,13.7,12.1,11.2,11.6,12.9,14.5,15.8,16.5,16.6
16.654,16.354,15.346,13.838,12.285,11.385,11.785,13.038,14.592,15.8,16.454,16.554
16.6,16.3,15.4,14,12.5,11.6,12,13.2,14.7,15.8,16.4,16.5
16.509,16.3,15.445,14.091,12.636,11.782,12.182,13.336,14.745,15.845,16.309,16.364
16.4,16.3,15.5,14.2,12.8,12,12.4,13.5,14.8,15.9,16.2,16.2
16.267,16.211,15.5,14.289,12.933,12.178,12.533,13.589,14.844,15.856,16.111,16.111
16.1,16.1,15.5,14.4,13.1,12.4,12.7,13.7,14.9,15.8,16,16
15.971,16.057,15.543,14.529,13.229,12.571,12.871,13.829,14.943,15.757,15.914,15.871
15.8,16,15.6,14.7,13.4,12.8,13.1,14,15,15.7,15.8,15.7
15.68,15.92,15.6,14.78,13.56,12.96,13.22,14.12,15.04,15.66,15.68,15.58
15.5,15.8,15.6,14.9,13.8,13.2,13.4,14.3,15.1,15.6,15.5,15.4
15.433,15.767,15.633,14.967,13.9,13.3,13.5,14.367,15.133,15.567,15.433,15.3
15.3,15.7,15.7,15.1,14.1,13.5,13.7,14.5,15.2,15.5,15.3,15.1
15.3,15.7,15.7,15.1,14.1,13.5,13.7,14.5,15.2,15.5,15.3,15.1
15,15.5,15.7,15.3,14.4,13.9,14.1,14.8,15.3,15.4,15.1,14.8
15.9,14.5,12.7,10.8,9.1,8.1,8.5,10.1,11.8,13.8,15.4,16.3
15.753,14.402,12.651,10.849,9.198,8.198,8.647,10.149,11.8,13.702,15.302,16.153
15.6,14.3,12.6,10.9,9.3,8.3,8.8,10.2,11.8,13.6,15.2,16
15.502,14.251,12.6,10.9,9.398,8.496,8.947,10.298,11.849,13.551,15.053,15.853
15.4,14.2,12.6,10.9,9.5,8.7,9.1,10.4,11.9,13.5,14.9,15.7
15.302,14.102,12.6,10.949,9.598,8.798,9.198,10.449,11.9,13.451,14.802,15.553
15.2,14,12.6,11,9.7,8.9,9.3,10.5,11.9,13.4,14.7,15.4
15.053,13.951,12.6,11.049,9.749,8.998,9.349,10.549,11.9,13.4,14.651,15.302
14.9,13.9,12.6,11.1,9.8,9.1,9.4,10.6,11.9,13.4,14.6,15.2
14.802,13.802,12.551,11.149,9.898,9.198,9.498,10.649,11.9,13.351,14.502,15.102
14.7,13.7,12.5,11.2,10,9.3,9.6,10.7,11.9,13.3,14.4,15
14.628,13.664,12.482,11.218,10.054,9.39,9.69,10.754,11.9,13.264,14.328,14.91
14.553,13.626,12.463,11.237,10.111,9.484,9.784,10.811,11.9,13.226,14.253,14.816
14.473,13.586,12.443,11.257,10.17,9.584,9.884,10.87,11.9,13.186,14.173,14.716
14.389,13.544,12.422,11.278,10.233,9.689,9.989,10.933,11.9,13.144,14.089,14.611
14.3,13.5,12.4,11.3,10.3,9.8,10.1,11,11.9,13.1,14,14.5
14.229,13.447,12.4,11.335,10.353,9.871,10.153,11.018,11.918,13.065,13.929,14.412
14.155,13.391,12.4,11.373,10.409,9.945,10.209,11.036,11.936,13.027,13.855,14.318
14.075,13.331,12.4,11.413,10.469,10.025,10.269,11.056,11.956,12.988,13.775,14.219
13.99,13.268,12.4,11.455,10.532,10.11,10.332,11.077,11.977,12.945,13.699,14.113
13.9,13.2,12.4,11.5,10.6,10.2,10.4,11.1,12,12.9,13.6,14

13.831,13.166,12.383,11.517,10.652,10.269,10.452,11.134,12,12.866,13.548,13.948
13.757,13.129,12.364,11.536,10.707,10.343,10.507,11.171,12,12.829,13.493,13.893
13.678,13.089,12.344,11.556,10.767,10.422,10.567,11.211,12,12.789,13.433,13.833
13.592,13.046,12.323,11.577,10.831,10.508,10.631,11.254,12,12.746,13.369,13.769
13.5,13,12.3,11.6,10.9,10.6,10.7,11.3,12,12.7,13.3,13.7
13.45,12.967,12.3,11.617,10.95,10.65,10.75,11.333,12,12.683,13.267,13.633
13.396,12.93,12.3,11.635,11.004,10.704,10.804,11.37,12,12.665,13.23,13.561
13.336,12.891,12.3,11.655,11.064,10.764,10.864,11.409,12,12.645,13.191,13.482
13.271,12.848,12.3,11.676,11.129,10.829,10.929,11.452,12,12.624,13.148,13.395
13.2,12.8,12.3,11.7,11.2,10.9,11,11.5,12,12.6,13.1,13.3
13.153,12.768,12.284,11.716,11.232,10.947,11.047,11.516,12,12.584,13.053,13.253
13.1,12.733,12.267,11.733,11.267,11,11.1,11.533,12,12.567,13,13.2
13.041,12.694,12.247,11.753,11.306,11.059,11.159,11.553,12,12.547,12.941,13.141
12.975,12.65,12.225,11.775,11.35,11.125,11.225,11.575,12,12.525,12.875,13.075
12.9,12.6,12.2,11.8,11.4,11.2,11.3,11.6,12,12.5,12.8,13
12.857,12.571,12.186,11.8,11.429,11.243,11.343,11.629,12,12.471,12.771,12.957
12.808,12.538,12.169,11.8,11.462,11.292,11.392,11.662,12,12.438,12.738,12.908
12.75,12.5,12.15,11.8,11.5,11.35,11.45,11.7,12,12.4,12.7,12.85
12.682,12.455,12.127,11.8,11.545,11.418,11.518,11.745,12,12.355,12.655,12.782
12.6,12.4,12.1,11.8,11.6,11.5,11.6,11.8,12,12.3,12.6,12.7
12.567,12.389,12.1,11.822,11.633,11.533,11.622,11.811,12,12.289,12.567,12.667
12.525,12.375,12.1,11.85,11.675,11.575,11.65,11.825,12,12.275,12.525,12.625
12.471,12.357,12.1,11.886,11.729,11.629,11.686,11.843,12,12.257,12.471,12.571
12.4,12.333,12.1,11.933,11.8,11.7,11.733,11.867,12,12.233,12.4,12.5
12.3,12.3,12.1,12,11.9,11.8,11.8,11.9,12,12.2,12.3,12.4
12.3,12.3,12.1,12,11.9,11.8,11.8,11.9,12,12.2,12.3,12.4
12.3,12.3,12.1,12,11.9,11.8,11.8,11.9,12,12.2,12.3,12.4
12.3,12.3,12.1,12,11.9,11.8,11.8,11.9,12,12.2,12.3,12.4
12.3,12.3,12.1,12,11.9,11.8,11.8,11.9,12,12.2,12.3,12.4
12.1,12.1,12.1,12.1,12.1,12.1,12.1,12.1,12.1,12.1,12.1,12.1

