

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL SEGUNDO O MÉTODO DE TURC E UMA ANÁLISE COMPARATIVA DESSE MÉTODO COM OS MÉTODOS DE PENMAN E THORNTHWAITTE PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA\*

JOSÉ TAVARES NEVES DA SILVA\*\*  
MARIA LÚCIA DE PAULA HERRMANN\*\*  
LIA SILVA CAETANO\*\*  
RICARDO WAGNER AD-VÍNCULA VEADO\*\*  
ALBERTINA DUTRA SILVA\*\*

**1. Introdução**

A evapotranspiração refere-se ao total de perda de água para a atmosfera da superfície do solo e das plantas. Essa perda ocorre através da evaporação de água existente no solo e nas plantas bem como a água proveniente da transpiração dos vegetais.

A evapotranspiração potencial foi definida por THORNTHWAITTE (1948) como "a perda de água de um solo vegetado, sem déficit hídrico, num determinado período". Analisando-se os rendimentos máximos da grande maioria das culturas verifica-se que eles são obtidos quando não ocorrem limitações no suprimento de água e conseqüentemente as estimativas da evapotranspiração potencial são valiosas para propor a irrigação, fazer a interpretação dos

---

\* Trabalho apresentado como conclusão da disciplina Bioclimatologia Vegetal do Curso de Mestrado em Geografia da UFSC, sob a orientação da Professora Dr.<sup>a</sup> Leda Orselli.

\*\*Alunos do Curso de Mestrado em Geografia da UFSC.

resultados de muitos experimentos agronômicos e fazer o cálculo do balanço hídrico.

Verificando estudos feitos sobre a evapotranspiração potencial, constatou-se que, embora seja possível obter medidas da evapotranspiração potencial por meio de evapotranspirômetros, este método não tem sido aplicado no Brasil em número suficiente de locais e por períodos suficientemente longos para garantir a obtenção de medidas representativas da evapotranspiração potencial. De 1960 a 1962 foram executadas medições em Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul (Mota e Beirsdorf, 1976); de 1953 a 1955, em Pindamonhangaba, Ribeirão Preto e Campinas, no estado de São Paulo (Camargo, 1966); de março a abril de 1972, em Jaboaticabal, também em São Paulo, (Marques, 1972). Em Santa Catarina não se tem notícia de medidas direta da evapotranspiração potencial.

Observou-se que no Brasil a evapotranspiração potencial é obtida principalmente através de três métodos, sendo eles o método termométrico de THORNTWAITE e os métodos energéticos de PENMAN e TURC, após sofrerem algumas adaptações.

## **2. Objetivo**

Vários são os métodos propostos para a estimativa da evapotranspiração potencial, dentre os quais muitos foram adaptados para poderem ser aplicados no Brasil.

Para o estado de Santa Catarina foram feitas aplicações dos métodos de PENMAN pela EMPASC - Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária, ao realizar o Zoneamento Agroclimatológico em 1978 e do método de THORNTWAITE por Leda Orselli em 1983, em sua Tese de Doutorado.

O presente trabalho propõe-se a estimar para o estado de Santa Catarina a evapotranspiração potencial pelo método de TURC e fazer uma análise comparativa entre esses três métodos, objetivando estabelecer uma relação entre eles.

### 3. Aspectos teóricos

#### 3.1. Evapotranspiração

O termo evapotranspiração é frequentemente usado para indicar a combinação da quantidade de água evaporada da superfície do solo e transpirada que ocorre através dos estômatos e da cutícula das plantas utilizando a água que o seu sistema radicular absorveu ao longo do perfil do solo explorado.

Evaporação é o processo pelo qual um líquido é transformado em vapor ou gás. Evaporação acontecerá através de uma superfície de água quando a atmosfera sobre ela tiver uma umidade relativa menor que 100%.

A fonte de energia primária para evaporação da água é a radiação solar. A quantidade de evaporação é afetada pela velocidade do vento e pelo decréscimo da turbulência do ar acima da superfície de evaporação, assim como pela diferença da pressão do vapor entre a água superficial e o ar insaturado acima dela.

Transpiração é o processo pelo qual a água que penetra pelas raízes das plantas, utilizada na construção dos tecidos ou emitida pelas folhas, reintegra-se na atmosfera.

A transpiração é importante na translocação de compostos da planta, pois sob umidade relativa de 100% há queda de crescimento pela inexistência de transpiração e, conseqüentemente ausência de transporte de produtos. E um outro fator importante é o resfriamento que a transpiração provoca na superfície dos tecidos.

A evaporação é um processo físico enquanto que a transpiração é um processo biológico. Nesse último caso entram em jogo processos fisiológicos que controlam a perda de água pelos vegetais e que atuam concomitantemente com as condições atmosféricas.

O termo evapotranspiração potencial foi definido por THORNTHWAITE (1944) como: "a perda de água de um solo vegetativo, sem déficit hídrico, num determinado período". O índice de evapotranspiração potencial é essencialmente o índice pelo qual a água pode ser convertida do líquido para o vapor pela energia calorífica acessível. Se o suprimento de água do solo é limitado a quantidade de evapotranspiração atual será bem menor que o seu

valor potencial.

Quando o solo está a elevados potenciais de água, a evapotranspiração é mantida numa taxa potencial, determinada pelas condições meteorológicas. À medida que o solo seca, a taxa real torna-se mais baixa que a potencial, prevalecendo as condições meteorológicas, agora adicionadas das forças energéticas de retenção de água do solo. Um terceiro estágio envolve a predominância das características de retenção de umidade do solo, a evotranspiração real (ER) que é a taxa de água da superfície vegetada na unidade de tempo nas condições prevaescentes.

As condições climáticas, hídricas do solo e das culturas envolvidas interferem na taxa da evapotranspiração relativa (ET), que vem a ser a relação entre as evapotranspirações real e potencial ( $ET = ER/EP$ ).

As medidas que se tentou da evapotranspiração descançam todas sobre o estudo do comportamento do tempo de um solo coberto de vegetação. Certos aparelhos elétricos permitem medir, de um modo contínuo, o teor de água no solo, em diferentes níveis. Mas, sobretudo se tem recorrido às cubas lisimétricas (medida de umidade), cubas de cimento no interior das quais reconstitui-se um solo e uma vegetação que permitem recolher em totalidade a água filtrada. Alguns desses compartimentos são montados sobre gigantescas balanças e é por pesagem que se efetua a medição do conteúdo de água do solo e da vegetação. Reconstitui-se nas cubas lisimétricas o solo e a vegetação natural da região, onde aí se efetua as culturas.

As variações dessas medidas físicas e também a divergência dos resultados obtidos em função das técnicas operatórias, tem orientado numerosos pesquisadores em outras regiões. Há grupos que se dedicam ao estudo dos casos de zonas áridas, analisando o regime pluviométrico definindo a ausência ou inexistência de uma estação seca. Outros consideram a evapotranspiração potencial como altamente significativa de um clima; são procurados a raridade das medidas diretas por avaliações fundadas sobre os dados climáticos: temperatura, radiação (ou insolação), umidade atmosférica, etc. As fórmulas propostas são numerosas e no presente trabalho restringe-se a analisar apenas três: método de TURC, de PENMAN e o de THORNTHWAITE, com aplicação para o estado de Santa Catarina.

### 3.2. Fatores que condicionam a evapotranspiração

Os fatores intervenientes que condicionam a evapotranspiração são: balanço de energia, tensão de vapor d'água, temperatura, vento e abertura dos estômatos dos vegetais.

#### **Balanço de energia**

A evaporação da água na superfície evaporante requer 590 calorías em média para cada grama de água. Durante o dia essa energia provém do saldo positivo de radiação, mas mesmo durante a noite ela pode ser conseguida a partir dos fluxos de calor no solo e do ar. Indiretamente o balanço de radiação afeta a taxa de perda de água pelas variações que promove na temperatura da superfície e do ar, na umidade relativa do ar, na velocidade do vento e no estabelecimento da convecção livre, fatores estes que influem na taxa de evaporação. Na época do ano em que o balanço médio mensal de radiação é positivo, o calor é armazenado no corpo de água, retornando à superfície na época em que o balanço é negativo. Essa variação de armazenamento afeta as taxas de perda de água, de modo que, para uma mesma quantidade de radiação solar absorvida, a taxa será menor na época mais quente do ano e maior na época mais fria. As variações do calor armazenado podem afetar a distribuição mensal da evaporação no decurso do ano.

#### **Tensão de vapor d'água**

A tensão de vapor d'água na superfície evaporante é adotada como a de saturação na temperatura da superfície. Estabelece-se, portanto, uma diferença de tensão de vapor d'água entre a superfície e o ar. Se os demais fatores permanecerem constantes a taxa de evaporação será proporcional à essa diferença, com a tensão de vapor na superfície maior que a do ar. Por outro lado, o déficit de saturação do ar, definindo a sua capacidade evaporativa, também influencia a taxa de evaporação que lhe é diretamente proporcional.

#### **Temperatura**

A temperatura da superfície define a sua tensão de vapor d'água, de modo que a diferença de tensão de vapor entre a superfície e o ar é dependente da temperatura da superfície. A

temperatura do ar promove variações na sua umidade relativa, de modo que o déficit de tensão de vapor d'água do ar é dependente de sua temperatura. Por outro lado, o gradiente de temperatura do ar define o seu grau de instabilidade, promovendo a convecção livre durante o período de altos valores positivos do balanço de radiação, bem como suprimindo a turbulência junto ao solo quando o balanço de radiação é negativo.

#### **Vento**

O vento afeta a evaporação renovando a massa de ar em contato com a superfície evaporante e homogeneizando esse ar quanto a umidade. A taxa de perda de água cresce com o aumento da velocidade do vento e da sua turbulência até um certo limite, acima do qual o aumento não é mais significativo.

#### **Abertura dos estômatos**

A abertura dos estômatos influi adicionalmente na transpiração. Quanto maior a superfície de abertura dos estômatos maior a perda de água por transpiração.

A abertura dos estômatos é um mecanismo complexo, que varia com a espécie vegetal, mas que de uma maneira geral obedece aos seguintes fatores: disponibilidade de água no solo, intensidade de radiação solar, metabolismo da planta e concentração de  $CO_2$ . Destes, o que apresenta maior interesse meteorológico é a disponibilidade de água no solo. Os estômatos permanecem abertos enquanto houver disponibilidade de água no solo. A medida que vai havendo restrição de água, os estômatos vão diminuindo sua abertura, podendo se fechar completamente. Se a restrição de água aumenta gradativamente, a planta mobiliza mecanismos de redução de transpiração.

Sendo a evapotranspiração um processo conjugado, a sua intensidade depende da proporção com que cada fenômeno isolado atua.

A evapotranspiração potencial (ETP) é a máxima perda de água, na forma de vapor para a atmosfera, que ocorre com uma vegetação em crescimento, que cobre totalmente uma superfície horizontal de solo e é completamente exposta às condições atmosféricas, sem ocorrer restrição de água no solo.

A definição de evapotranspiração potencial implica em que a planta não ofereça nenhuma restrição às perdas de água por transpiração. Em consequência, a evapotranspiração potencial é função exclusiva das condições atmosféricas reinantes. Em vista disso, ela é tomada como elemento meteorológico de referência para estudos comparativos de perda de água pela vegetação em diferentes locais.

A medida que ocorre restrição de água no solo, os mecanismos de redução de transpiração das plantas passam a limitar a evapotranspiração e esta deixa de ocorrer potencialmente.

### 3.3. Métodos utilizados para estimar a evapotranspiração potencial em Santa Catarina

São descritos a seguir os elementos de cada uma das fórmulas utilizadas.

#### Método de PENMAN

PENMAN propôs-se a impelir ao máximo a análise das condições da evapotranspiração potencial multiplicando os parâmetros de uma parte, abaixando a escala das realidades diárias sucessivas de outra parte. PENMAN estabeleceu desde logo, que a evaporação física sobre uma superfície estendida da água livre é função das condições cósmicas da iluminação, quer dizer, da latitude e da estação. Para as condições cósmicas idênticas, sensivelmente proporcionais, de uma parte a tensão máxima de vapor d'água para a temperatura de superfície evaporante, e de outra parte a relação n/N da insolação real à insolação possível. A evaporação é crescente com a velocidade do vento.

PENMAN definiu a evapotranspiração potencial como a quantidade de água evapotranspirada na unidade de tempo por uma cultura verde, sombreando completamente o solo, de altura pequena e uniforme e nunca sofrendo falta d'água.

A fórmula geral de PENMAN é:

$$ETP = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} \times \frac{R_n}{59} + E_a}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1}$$

onde,

EPT = evapotranspiração potencial (mm/dia)

$\Delta$  = tangente à curva de tensão de saturação de vapor d'água na temperatura do ar (mm Hg/°C  $\partial e_s/\partial T$ )

$\gamma$  = constante psicrométrica (mm Hg/°C)

Rn = fluxo de radiação líquida na superfície ( $\text{cal.cm}^{-2} \cdot \text{seg}^{-1}$ )

Ea = poder evaporante do ar à sombra (mm/dia)

A radiação líquida é o balanço de radiação de onda curta  $k\uparrow$  e onda longa  $L\uparrow$ , expresso matematicamente como:

$$R_n = (K\uparrow - K\downarrow) - (L\uparrow - L\downarrow)$$

O balanço de radiação de onda curta ( $K\uparrow - K\downarrow$ ), na fórmula de PENMAN, é dado pela seguinte fórmula:

$$K\uparrow = Q_0 \left\{ a + b \frac{n}{N} (1 - r) \right\}$$

onde,

$Q_0$  = radiação solar no topo da atmosfera ( $\text{cal.cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) dependendo da latitude e época do ano

$N$  = número possível de horas de brilho solar (duração do dia),

$n$  = número de horas de insolação observadas no heliógrafo

$r$  = albedo no valor de 0,25

$a = 0,27$  e  $b = 0,45$  (para Lages e Florianópolis, segundo MOTA, 1976), na fórmula de ANGSTRON.

O balanço da radiação de onda longa ( $L\uparrow - L\downarrow$ ) é dado pela seguinte expressão proposta por BRUNT e GEIGER:

$$L\uparrow = \sigma T^4 (0,47 - 0,075 \sqrt{e_a}) \left( 0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right)$$

No trabalho da EMPASC, a radiação líquida de onda longa foi estimada pela fórmula de ANON, dada pela seguinte expressão:

$$L\uparrow = \sigma T^4 (0,47 - 0,075 \sqrt{e_a}) \left( 0,17 + 0,83 \frac{n}{N} \right)$$

onde,

$\sigma$  = constante de STEFAN-BOLTZMAN =  $1,19 \times 10^{-7} \text{ cal.cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ .

$^{\circ}\text{K}^{-4}$ .

$T$  = temperatura média diária do ar à sombra ( $^{\circ}\text{K}$ )



$e_a$  = pressão parcial de vapor, média diária =  $UR/100 \times e_s$

onde,

UR = umidade relativa

$e_s$  = tensão máxima de vapor

$\frac{n}{N}$  = razão de insolação

Desse modo, a radiação líquida (Rn) foi estimada pela seguinte equação:

$$Rn = Q_0 (0,27 + 0,45 \frac{n}{N}) - 0,75 - \sigma T^4 (0,47 - 0,075 \sqrt{e_a}) (0,17 + 0,83 \frac{n}{N})$$

O poder evaporativo do ar ( $E_a$ ) foi estimado pela seguinte equação:

$$E_a = 0,35 (1 + U_2 0,54) (e_s - e_a)$$

onde,

$U_2$  = velocidade do vento a 2 metros - m/s

$(e_s - e_a)$  = déficit de saturação mm Hg

Assim sendo, a fórmula geral de PENMAN utilizada, com os parâmetros determinados para a região, foi a seguinte:

$$ETP = \frac{\frac{4}{7.59} \cdot Q_0 (0,27 + 0,45 \frac{n}{N}) - 0,75 - \sigma T^4 (0,47 - 0,075 \sqrt{e_a}) (0,17 + 0,83 \frac{n}{N}) + 0,35 (1 + U_2 0,54) (e_s - e_a)}{\frac{4}{7} + 1}$$

O mapa número 1 mostra a evapotranspiração potencial segundo o método de PENMAN. O traçado das isolinhas de evapotranspiração potencial obedecem praticamente às isoterms de temperatura média anual, isto pelo fato de que a temperatura média reflete o balanço hídrico de energia, fator este de maior peso na evapotranspiração potencial.

#### Método de THORNTHWAITE

Trata-se de um método muito divulgado uma vez que não utiliza senão a temperatura média mensal.

Ao estudar o crescimento de algumas plantas, THORNTHWAITE concluiu que a quantidade de água disponível para as plantas está relacionada à temperatura mensal e que, esta, influencia diretamente no valor da evapotranspiração mensal. A relação entre a temperatura mensal e a evapotranspiração mensal é função do clima local, isto é, varia nos climas frios e nos quentes.

As pesquisas de THORNTHWAITE levaram, ao final, a uma classificação climática, depois de calculados cinco índices, além do índice de evapotranspiração potencial. Os outros quatro índices são: umidade efetiva, variação sazonal da umidade efetiva, eficiência térmica e concentração da eficiência térmica no verão.

Além destes, aparecem outros índices climáticos anuais e mensais: o cálculo da evapotranspiração real, os índices de aridez e umidade, o índice térmico, os índices de excesso ou deficiência de água, o índice de escoamento superficial e as anomalias climáticas. Cada um destes índices pode ser calculado independentemente do clima.

A fórmula de THORNTHWAITE utilizada para estimar a evapotranspiração potencial mensal ajustada a meses de 30 dias e 12 horas de luz por dia é expressa pela fórmula:

$$ETP = 1,6 \left( \frac{10 T}{I} \right)^a$$

onde,

ETP = evapotranspiração potencial mensal (mm/mês)

T = temperatura média diária do mês (°C)

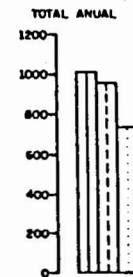
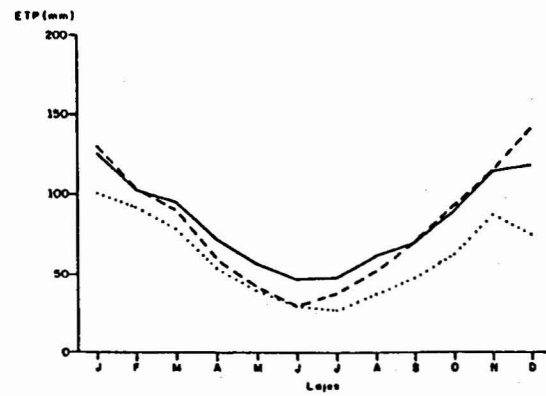
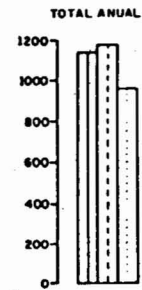
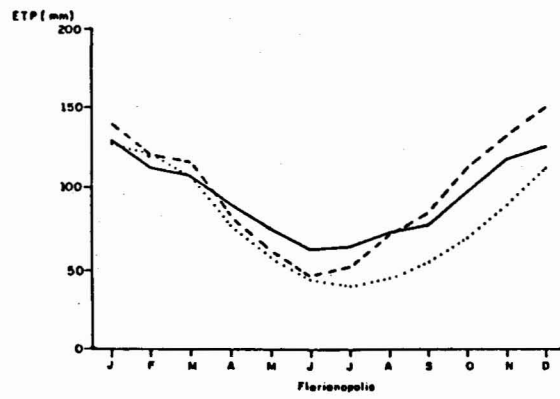
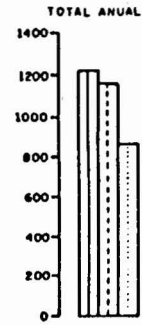
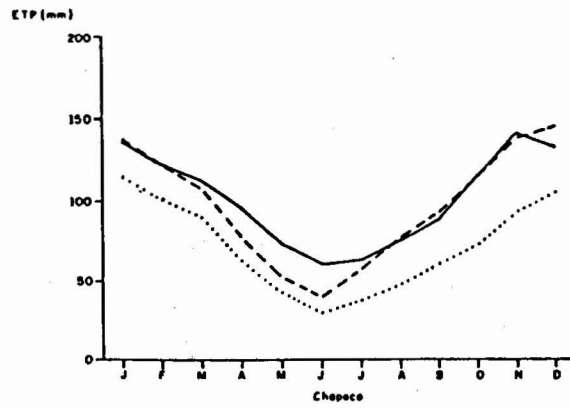
$$I = \text{índice térmico anual} = I = \sum_{i=1}^{12} (t_i/5)^{1,514}$$

sendo:

$t_i$  = temperaturas mensais ( $i = 1, 2, \dots, 12$ ) (°C)

a = função do índice térmico anual

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 17,92 \cdot 10^{-3} I + 0,49239$$



— TURC    - - - - - PENMAN    ..... THORNTWAITE

FIG 1 - Diagrama comparativo de Evapotranspiração Potencial estimada por tres métodos.

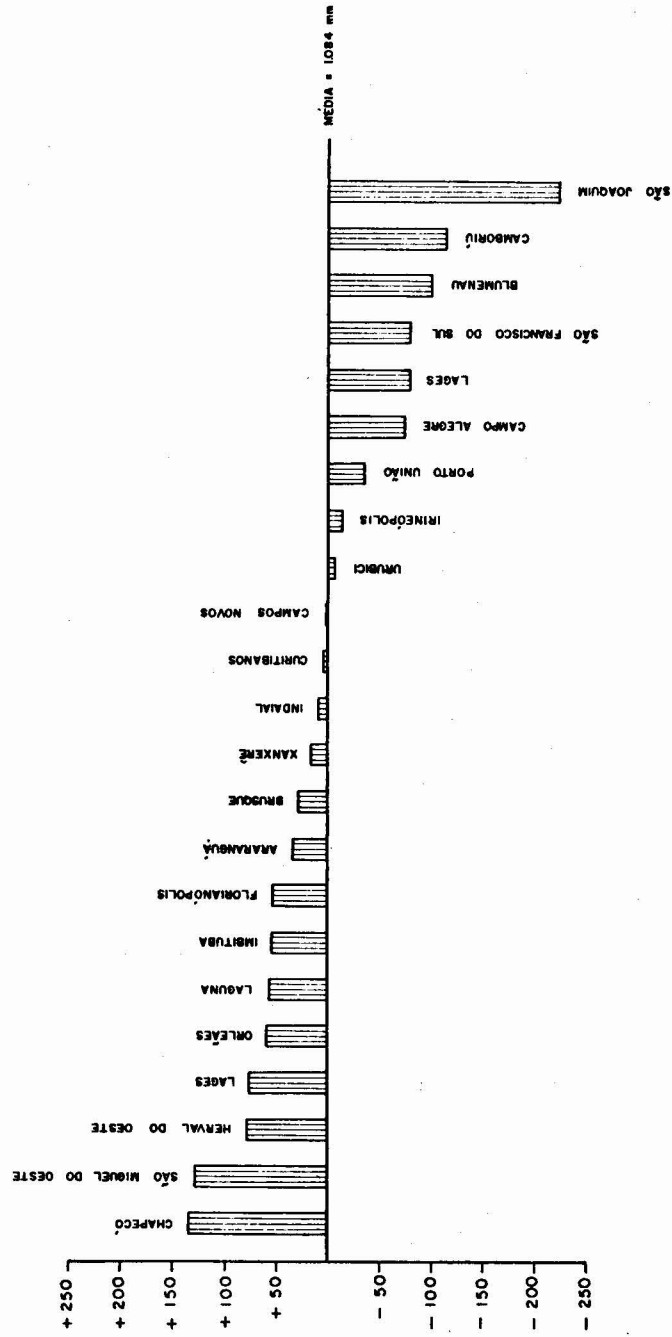


FIG. 2. EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (mm) CALCULADA PELO MÉTODO DE TURC PARA AS DIVERSAS LOCALIDADES EXPRESSADA EM DESVIOS DA MÉDIA ANUAL DO ESTADO.

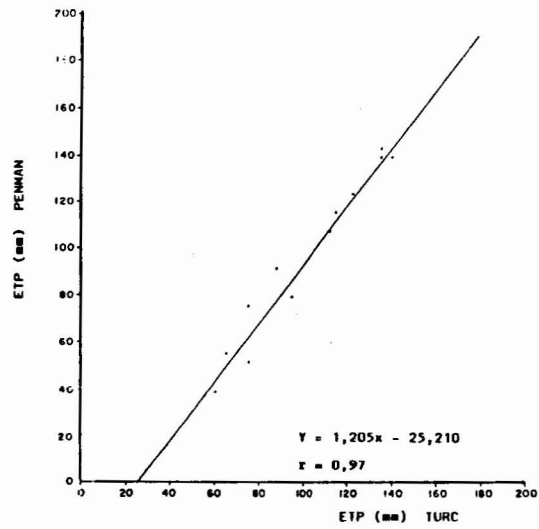


Fig. 3.a - Regressão da ETP calculada pelo método de PENMAN em função da ETP calculada pelo método de TURC. Estação de Chapecó.

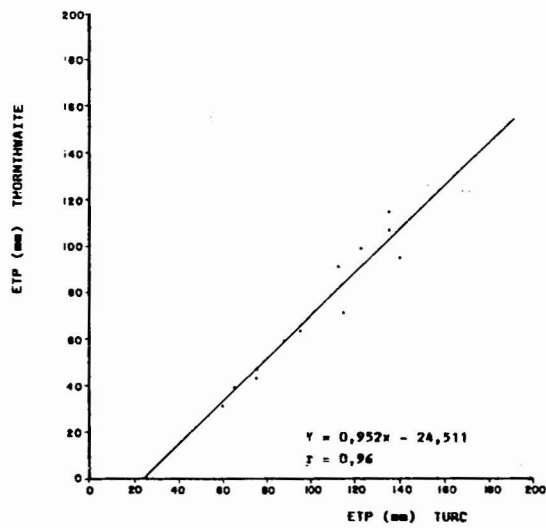


Fig. 3.b - Regressão da ETP calculada pelo método de THORNTWAITE em função da ETP calculada pelo método de TURC. Estação de Chapecó.

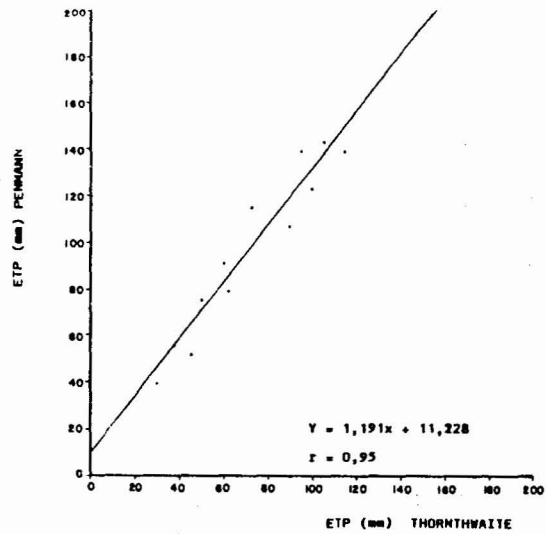


Fig. 3.c - Regressão da ETP calculada pelo método de PENMAN em função de ETP calculada pelo método de THORNTHWAITE. Estação de Chapecó.

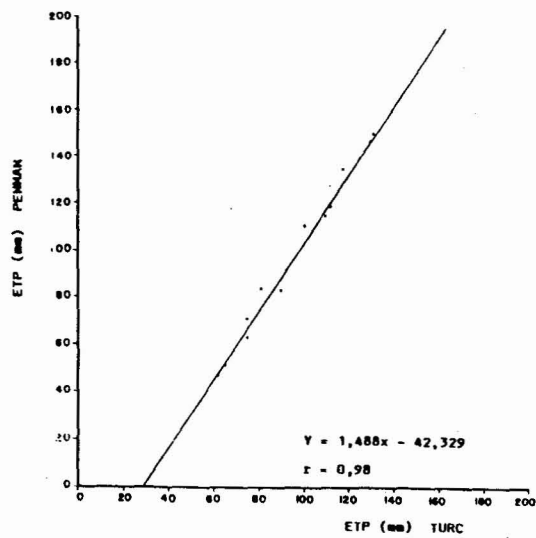


Fig. 4.a - Regressão de ETP calculada pelo método de PENMAN em função de ETP calculada pelo método de TURC. Estação de Florianópolis.

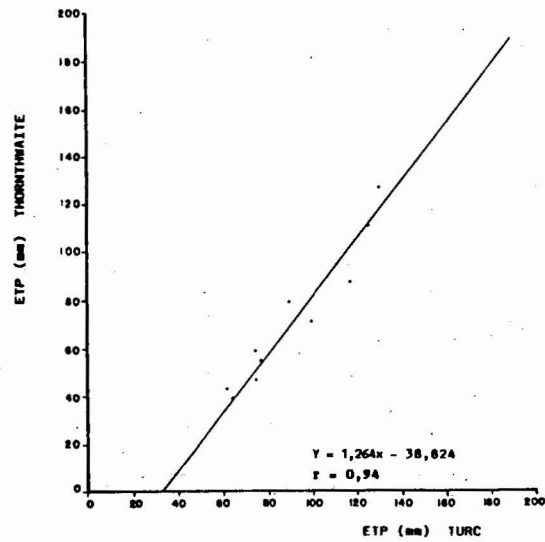


Fig. 4.b - Regressão da ETP calculada pelo método de THORNTHWAITE em função da ETP calculada pelo método de TURC. Estação de Florianópolis.

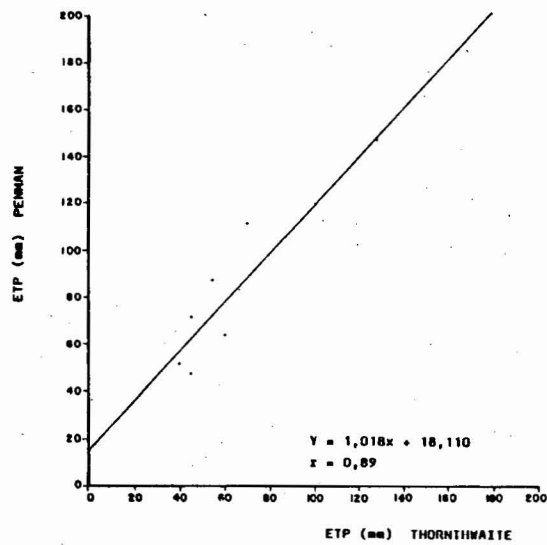


Fig. 4.c - Regressão da ETP calculada pelo método de PENMAN em função da ETP calculada pelo método de THORNTHWAITE. Estação de Florianópolis.

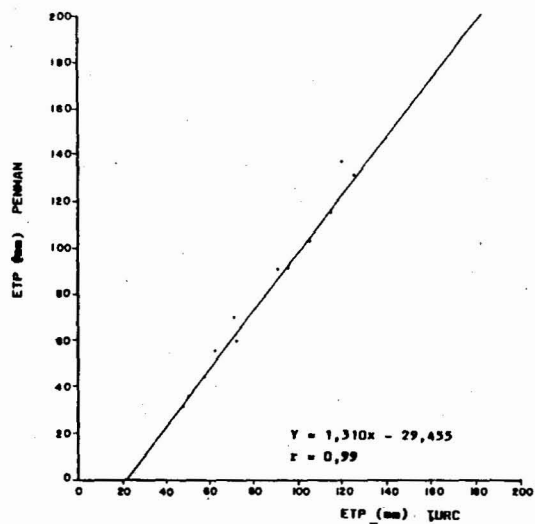


Fig. 5.a - Regressão da ETP calculada pelo método de PENMAN em função da ETP calculada pelo método de TURC. Estação de Lages.

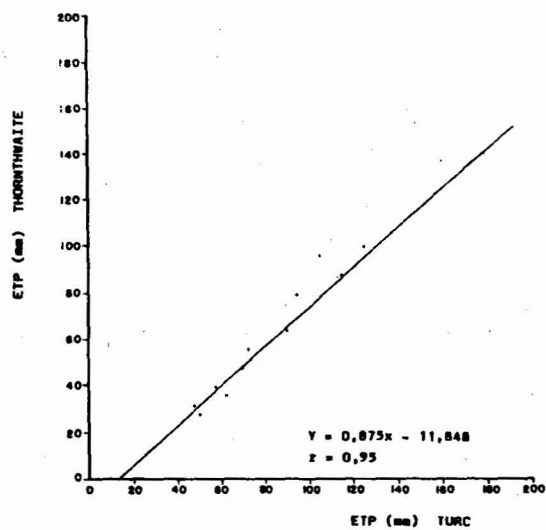


Fig. 5.b - Regressão da ETP calculada pelo método de THORNTHWAITE em função da ETP calculada pelo método de TURC. Estação de Lages.



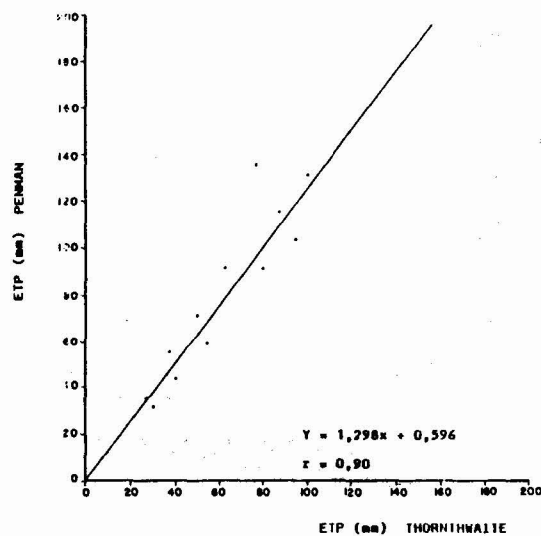


Fig. 5.c - Regressão da ETP calculada pelo método de PENMAN em função da ETP calculada pelo método de THORNTHWAITE. Estação de Legos.

O mapa número 2 mostra a evapotranspiração potencial segundo o método de THORNTHWAITE.

#### Método de TURC

No presente trabalho utilizou-se a fórmula desenvolvida por TURC adaptada para as regiões com umidade relativa mensal superior a 50%.

Esta fórmula é uma adaptação e simplificação de outras fórmulas desenvolvidas pelo autor que baseavam-se, em grande parte, sobre os balanços fluviiais e visavam avaliar a evapotranspiração real e não encaravam a evapotranspiração potencial como um caso particular.

A evapotranspiração potencial mensal pelo método de TURC é dada por:

$$ETP = 0,40 \frac{t}{t + 15} \times (Q_g + 50)$$

Para o mês de fevereiro a expressão acima torna-se:

$$ETP = 0,37 \frac{t}{t + 15} \times (Q_g + 50)$$

ETP = evapotranspiração potencial (mm/mes)

t = temperatura média mensal (°C)

$Q_g$  = radiação solar global (cal/cm<sup>2</sup>.dia)

Os dados reais de temperaturas médias mensais e radiação solar global utilizados na fórmula de TURC para estimar a evapotranspiração potencial em Santa Catarina encontram-se nas tabelas 1 e 2 respectivamente.

A evapotranspiração potencial estimada pelo método acima descrito, está representada cartograficamente pelo mapa número 3, onde o relevo foi levado em consideração para o traçado das isolinhas.

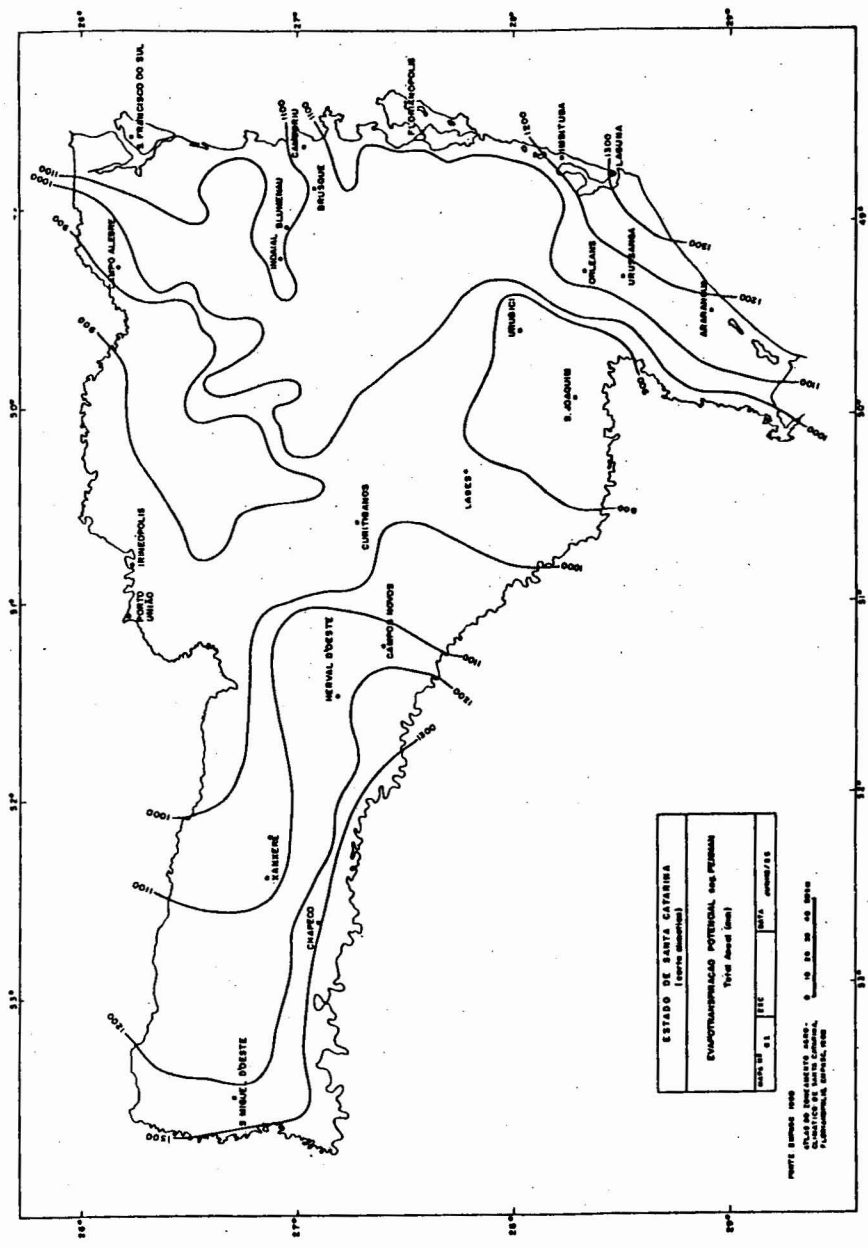
#### 4. Material e métodos

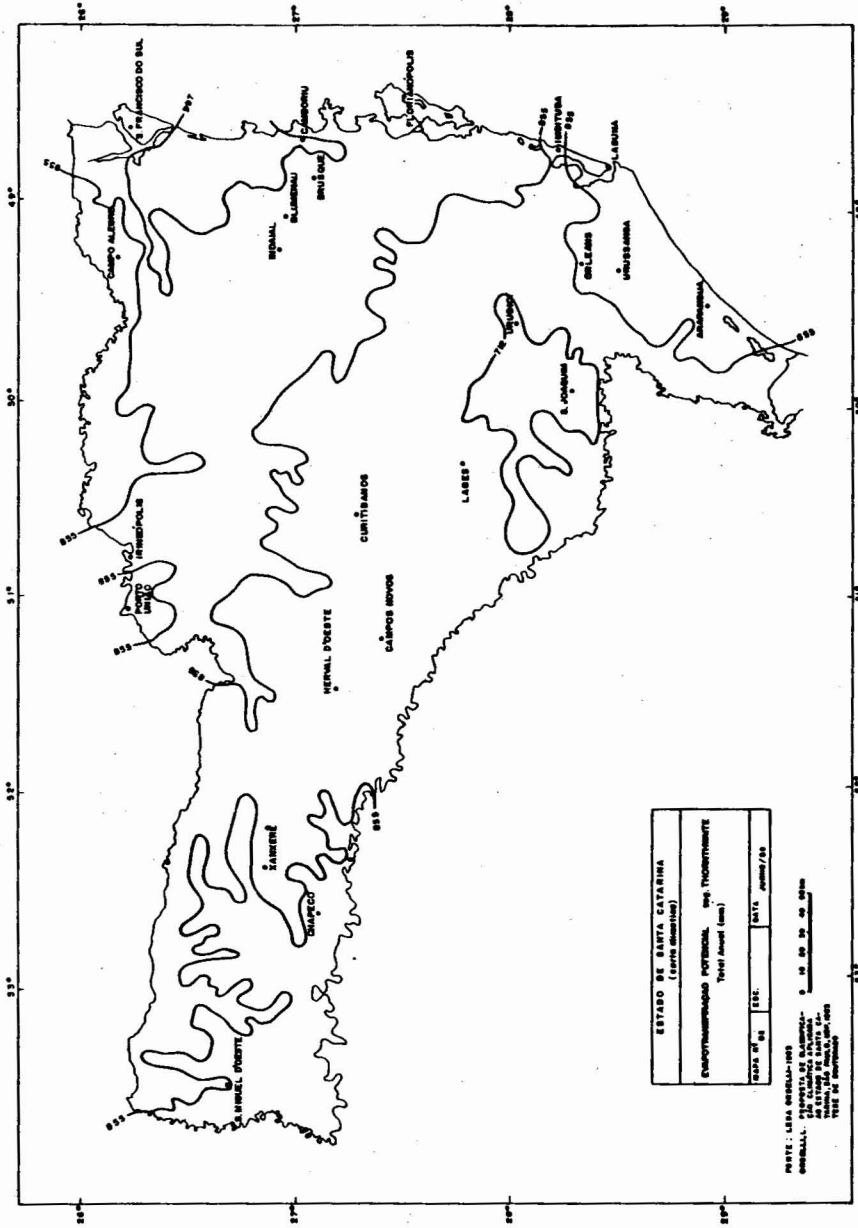
Para o estudo comparativo da evapotranspiração potencial em Santa Catarina foram utilizadas 23 estações distribuídas no território catarinense.

A evapotranspiração potencial estimada através do método de PENMAN foi obtida a partir de informações publicadas pela EMPASC, no Zoneamento Agroclimatológico do Estado de Santa Catarina em 1978, enquanto que a evapotranspiração potencial estimada através do método de THORNTHWAITE foi obtida no trabalho de Tese de Doutorado de Leda Orselli em 1983.

Para o cálculo da evapotranspiração potencial pelo método de TURC utilizou-se os dados de radiação solar global, extraídos do Atlas Solarimétrico do Estado de Santa Catarina (GAPLAN, 1980, p. 27) e temperaturas médias mensais, extraídas da Tese de Leda Orselli (1983, p. 23).

Os dados mensais de evapotranspiração potencial calculados





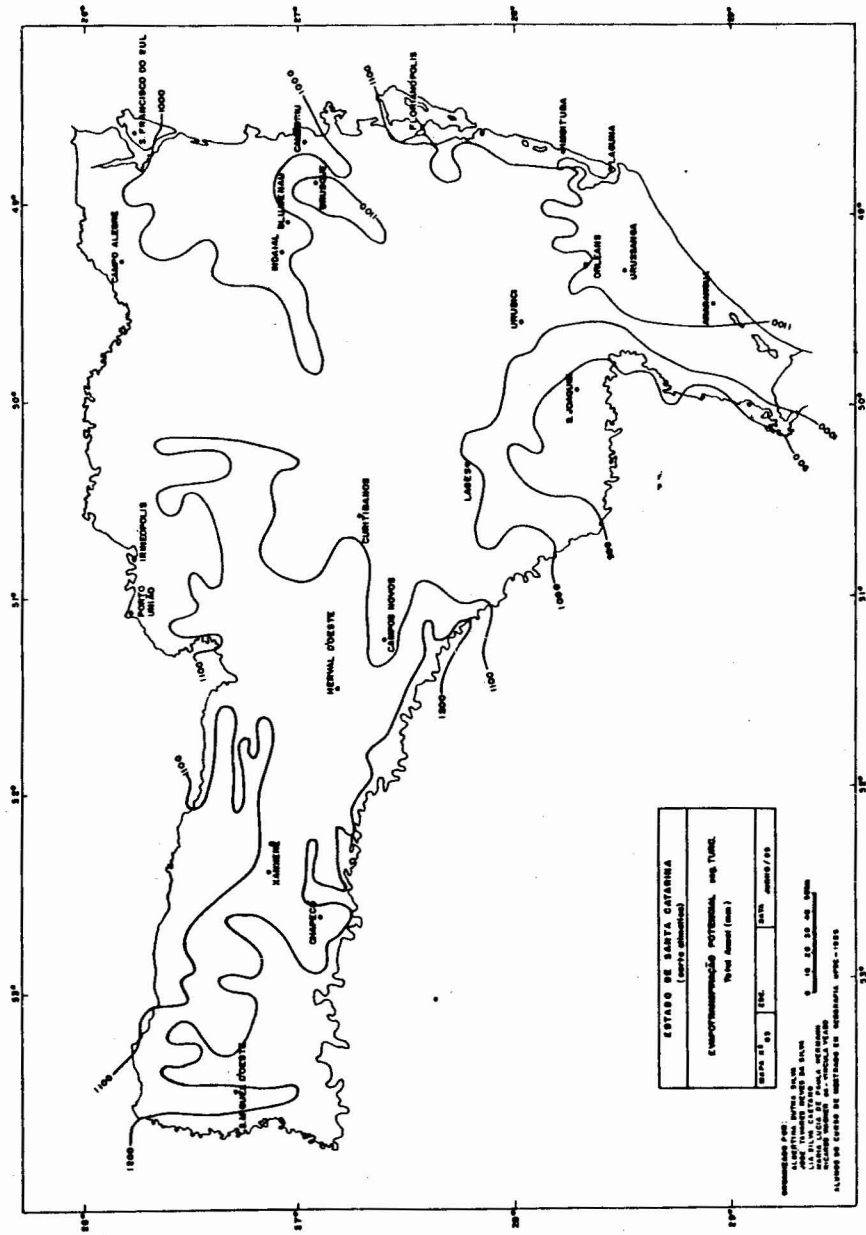


TABELA 1 - Radiação solar global - Q<sub>g</sub> - Estimada para o Estado de Santa Catarina, a partir da Equação de Angstron:  $Q_g = Q_0(a + b n/N)$ , em CAL/cm<sup>2</sup>.dia.

E S T A Ç Ã O	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
ARARANGUÁ	501	450	371	315	249	307	238	276	326	415	460	510	4.418
BLUMENAU	406	408	353	282	244	211	223	262	273	337	282	413	3.694
BRUSQUE	488	444	377	308	250	214	237	288	333	402	467	501	4.309
CAMBORIÚ	422	405	321	311	250	214	232	223	268	327	412	420	3.805
CAMPO ALEGRE	454	435	361	298	260	250	262	318	343	406	458	462	4.307
CAMPOS NOVOS	512	484	415	348	281	259	278	310	377	457	540	530	4.791
CHAPECÓ	518	500	433	383	314	274	275	318	357	485	565	517	4.939
CURITIBANOS	530	492	419	342	283	248	278	332	284	465	531	580	4.784
FLORIANÓPOLIS	475	445	393	333	283	245	266	300	327	392	455	474	4.388
HERVAL d'OESTE	517	488	433	342	274	239	271	321	371	450	530	535	4.771
IMBITUBA	521	469	403	327	264	225	267	300	356	415	538	530	4.615
INDAIAL	455	447	382	341	277	238	263	276	311	385	445	441	4.261
IRINEÓPOLIS	458	425	376	317	266	228	249	281	340	365	428	456	4.189
LAGES	491	441	379	398	254	220	243	294	319	398	469	510	4.326
LAGUNA	491	460	387	334	280	230	252	300	319	407	479	520	4.459
ORLEÃES	541	469	348	321	207	216	252	300	386	460	528	571	4.599
PORTO UNIÃO	458	481	368	323	261	238	254	293	327	418	496	487	4.404
SÃO FRANCISCO DO SUL	418	379	344	290	244	208	228	243	266	311	389	416	3.736
SÃO JOAQUIM	431	414	347	302	249	207	213	252	326	398	430	428	3.997
SÃO MIGUEL d'OESTE	508	500	409	350	298	248	275	318	388	481	535	537	4.847
URUBICI	541	506	419	340	269	253	287	325	378	469	538	571	4.896
URUSSANGA	511	460	403	340	275	230	262	300	349	424	499	541	4.594
XANXERÊ	518	453	400	350	276	233	254	299	372	454	525	537	4.671

FONTE: Atlas Solarimétrico do Estado de Santa Catarina - GAPLAN, 1980.

TABELA 2 - Temperaturas médias mensais (°C) no Estado de Santa Catarina.

E S T A Ç Ã O	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
ARARANGUÁ	23.3	23.2	22.4	19.5	17.0	15.2	14.4	15.2	16.5	18.4	20.3	22.2	18.9
BLUMENAU	24.5	24.4	23.1	21.4	18.2	16.2	15.6	16.5	17.8	19.5	21.6	23.5	20.2
BRUSQUE	24.1	24.0	23.1	20.8	17.7	15.7	15.0	16.0	17.3	19.0	20.8	22.9	19.7
CAMBORIÚ	23.7	23.9	22.9	20.3	17.5	15.9	15.0	15.7	17.3	19.1	20.8	22.5	19.5
CAMPO ALEGRE	20.4	20.0	19.6	17.2	14.1	12.9	12.1	13.3	14.1	15.9	17.4	19.4	16.3
CAMPOS NOVOS	20.9	19.8	19.1	15.7	13.4	12.4	12.1	12.7	14.1	15.7	17.6	19.5	16.0
CHAPECÓ	22.5	22.7	21.2	18.2	15.7	13.1	14.5	15.9	17.3	17.9	19.9	21.6	18.4
CURITIBANOS	19.4	19.1	18.2	15.8	12.8	11.3	10.9	12.1	13.3	14.9	16.8	18.6	15.3
FLORIANÓPOLIS	24.3	24.3	23.7	21.4	19.2	17.4	16.4	16.8	17.8	19.2	20.8	22.8	20.3
HERVAL d'OESTE	22.5	22.0	20.9	17.5	14.8	13.6	12.3	13.3	15.5	17.8	19.8	21.9	17.7
IMBITUBA	22.5	22.3	21.8	20.1	17.2	14.9	13.4	13.7	15.1	17.0	18.1	21.3	18.1
INDAIAL	24.6	24.8	23.9	21.0	18.5	16.3	16.1	17.0	18.3	19.5	21.4	23.5	20.4
IRINEÓPOLIS	23.2	23.1	22.4	19.8	17.4	15.9	14.8	15.8	17.0	18.6	20.3	20.6	19.0
LAGES	20.3	20.0	18.7	15.8	13.2	11.4	10.8	12.3	14.0	15.5	18.7	16.7	15.6
LAGUNA	23.6	23.7	23.0	20.7	18.2	16.5	15.8	16.0	17.1	18.6	20.2	21.6	19.5
ORLEÃES	23.0	22.8	21.6	18.0	15.8	14.0	14.0	14.6	16.2	18.5	19.9	22.1	18.3
PORTO UNIÃO	21.2	20.5	20.1	16.7	13.9	12.0	11.4	13.2	15.0	17.1	19.0	20.4	16.7
SÃO FRANCISCO DO SUL	24.1	24.2	23.5	21.4	19.2	17.6	16.5	17.0	17.9	19.4	21.0	22.5	20.3
SÃO JOAQUIM	16.8	17.0	15.6	12.4	10.8	9.4	9.3	10.7	11.6	12.6	14.3	16.5	13.0
SÃO MIGUEL d'OESTE	22.3	22.9	21.0	18.3	16.3	13.6	15.5	16.4	17.6	18.6	20.2	22.3	18.8
URUBICI	18.6	18.4	17.6	15.1	11.3	10.1	8.7	11.3	12.9	13.8	15.7	17.9	14.3
URUSSANGA	23.6	23.4	21.5	18.5	16.9	15.1	14.5	15.6	17.1	18.9	20.5	22.5	19.0
XANXERÊ	20.7	20.5	19.3	16.0	13.6	12.1	11.4	13.3	14.7	16.3	18.2	19.9	16.3

FONTE: Atlas Solarimétrico do Estado de Santa Catarina - GAPLAN, 1980.

através dos três métodos foram comparados entre si. Determinou-se os desvios para cada estação em relação à média para os valores obtidos através do método de TURC.

Aplicou-se uma correlação linear simples da forma  $Y=aX + b$  entre os valores calculados pelos métodos de PENMAN e TURC, entre THORNTHWAITE e TURC e entre PENMAN e THORNTHWAITE para cada uma das estações, determinando-se os coeficientes de correlação, variância explicada e erro padrão.

As equações de regressão foram estabelecidas pelo método dos mínimos quadrados.

### 5. Análise dos resultados

Os valores mensais de evapotranspiração potencial a partir das fórmulas já descritas, são apresentadas na tabela 4.

Considerando-se os valores mensais, observa-se diferenças acentuadas entre os resultados dos três métodos. O de THORNTHWAITE foi o que mais subestimou a evapotranspiração potencial em quase todos os meses do ano nas diversas estações em relação aos valores obtidos pelos métodos de TURC e de PENMAN.

Os diagramas da figura 1 mostram o curso anual da evapotranspiração potencial estimada pelos três métodos.

Em termos anuais, a evapotranspiração potencial estimada pelo método de TURC é maior que o valor estimado pelo método de PENMAN em 61% das estações.

A tabela 3 mostra os valores extremos mensais de evapotranspiração potencial estimada pelos três métodos.

TABELA 3 - Valores extremos mensais de evapotranspiração potencial.

MÉTODOS	MÁXIMO			MÍNIMO		
	ETP	ESTAÇÃO	MÊS	ETP	ESTAÇÃO	MÊS
TURC	148	Orleães	DEZ	40	São Joaquim	JUN
PENMAN	163	Araranguá	DEZ	30	Campo Alegre	JUN
THORNTHWAITE	130	Indaial	JAN	23	Urubici	JUL



TABELA 4 - Evapotranspiração potencial no Estado de Santa Catarina - (mm)

E S T A Ç Ã O	MÉTODOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
ARARANGUÁ	TURC	134	112	101	83	64	72	56	66	79	102	117	134	1.120
	PENMAN	144	117	110	76	53	42	48	79	79	122	137	163	1.161
	THORNTHWAITE	119	113	99	69	49	38	35	41	52	69	89	109	886
BLUMENAU	TURC	113	105	98	78	64	57	56	65	70	87	78	113	984
	PENMAN	125	106	98	71	51	38	43	56	67	97	112	123	987
	THORNTHWAITE	129	122	101	81	53	39	37	44	56	73	96	119	956
BRUSQUE	TURC	133	112	104	83	65	54	57	70	82	101	120	133	1.114
	PENMAN	135	108	99	72	49	40	41	55	68	99	119	132	1.017
	THORNTHWAITE	125	119	102	77	51	38	36	43	54	71	90	113	926
CAMBORIÚ	TURC	116	103	90	83	65	54	56	56	68	84	107	88	970
	PENMAN	120	101	87	64	44	32	35	45	60	86	104	120	898
	THORNTHWAITE	121	118	101	74	51	40	36	42	55	72	91	110	915
CAMPO ALEGRE	TUC	116	102	93	74	60	41	56	69	76	94	109	115	1.005
	PENMAN	135	84	80	62	31	30	43	58	71	94	93	104	885
	THORNTHWAITE	99	92	83	63	43	36	32	40	47	61	75	91	766
CAMPOS NOVOS	TURC	130	112	104	81	62	56	59	66	83	104	127	102	1.086
	PENMAN	134	118	103	70	53	46	48	73	89	112	142	151	1.139
	THORNTHWAITE	104	91	80	55	40	34	33	38	48	61	77	94	759
CHAPECÓ	TURC	136	123	113	95	74	60	64	76	87	116	140	134	1.218
	PENMAN	138	122	107	78	53	41	57	77	93	115	139	145	1.165
	THORNTHWAITE	116	100	91	63	44	31	38	49	60	73	94	106	869
CURITIBAMOS	TURC	131	112	103	80	61	51	55	68	63	103	123	140	1.090
	PENMAN	113	96	88	63	52	45	47	66	76	99	115	124	989
	THORNTHWAITE	95	88	77	58	39	31	30	38	46	59	75	90	732
FLORIANÓPOLIS	TURC	130	113	109	90	75	63	66	74	77	99	117	126	1.139
	PENMAN	147	121	117	84	62	48	53	72	86	113	134	150	1.187
	THORNTHWAITE	128	121	108	79	59	45	41	46	55	70	89	112	958
HERVAL D'OESTE	TURC	136	118	112	84	64	55	58	70	86	109	132	139	1.163
	PENMAN	147	117	106	76	54	47	48	61	81	121	138	158	1.154
	THORNTHWAITE	113	104	89	60	41	34	29	36	50	69	88	109	828
IMBITUBA	TURC	137	115	107	86	67	55	60	67	81	99	129	136	1.139
	PENMAN	139	113	110	86	57	45	46	57	70	102	113	153	1.091
	THORNTHWAITE	113	106	96	76	53	39	32	36	46	62	74	103	841
INDAIAL	TURC	125	115	106	91	72	60	65	69	68	98	105	120	1.094
	PENMAN	142	117	106	80	58	46	52	66	77	109	131	140	1.124
	THORNTHWAITE	130	126	109	77	54	39	39	47	59	72	93	118	969

TABELA 4 - Evapotranspiração potencial no Estado de Santa Catarina - (mm) (Continuação)

E S T A Ç Ã O	MÉTODOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
IRINEÓPOLIS	TURC	123	107	102	84	68	57	59	68	83	92	110	117	1.070
	PENMAN	131	106	94	70	49	38	40	57	76	110	124	132	1.027
	THORNTWAITE	117	111	98	72	52	42	37	43	55	70	88	92	881
LAGES	TURC	125	104	95	73	57	47	49	62	71	91	115	118	1.006
	PENMAN	130	103	90	61	42	31	37	54	70	93	115	140	966
	THORNTWAITE	101	94	80	56	40	30	28	37	49	62	87	75	746
LAGUNA	TURC	132	116	106	89	72	59	62	72	79	101	121	134	1.143
	PENMAN	147	122	114	84	62	48	52	68	80	109	130	155	1.171
	THORNTWAITE	121	116	103	76	55	43	40	44	53	68	86	102	911
ORLEÃES	TURC	143	116	94	81	50	51	58	69	90	113	132	148	1.145
	PENMAN	144	117	100	73	51	39	46	67	79	122	137	163	1.138
	THORNTWAITE	118	110	93	60	44	34	34	40	52	72	87	110	860
PORTO UNIÃO	TURC	119	113	96	79	60	42	53	64	75	100	122	124	1.047
	PENMAN	144	100	89	62	43	33	37	53	67	94	116	126	964
	THORNTWAITE	104	94	85	58	40	30	28	38	51	67	85	98	786
SÃO FRANCISCO DO SUL	TURC	117	98	96	80	66	60	58	62	69	82	105	112	1.005
	PENMAN	132	108	99	76	56	44	46	58	70	90	108	126	1.013
	THORNTWAITE	124	120	105	80	60	47	42	47	56	71	90	107	954
SÃO JOAQUIM	TURC	101	91	81	64	50	40	40	50	65	82	94	100	857
	PENMAN	107	88	80	58	44	49	43	58	69	87	100	111	894
	THORNTWAITE	85	82	69	47	37	29	29	38	45	54	67	84	671
SÃO MIGUEL D'OESTE	TURC	133	123	107	88	77	57	64	77	95	118	135	140	1.214
	PENMAN	132	118	97	82	64	48	78	86	98	130	153	150	1.236
	THORNTWAITE	116	107	91	63	50	31	44	52	60	66	87	116	887
URUBICI	TURC	131	113	101	78	55	49	50	65	79	100	120	135	1.076
	PENMAN	114	96	89	63	38	37	31	54	67	88	105	130	912
	THORNTWAITE	93	87	77	57	35	29	23	37	48	56	71	89	706
URUSSANGA	TURC	137	115	107	86	69	56	61	71	85	106	127	142	1.162
	PENMAN	144	113	104	76	51	42	46	71	83	111	137	153	1.131
	THORNTWAITE	122	115	91	62	48	37	35	43	55	73	90	112	889
XANXERÊ	TURC	132	107	101	82	62	50	53	66	83	105	126	134	1.101
	PENMAN	129	110	97	71	51	40	46	63	82	103	118	140	1.050
	THORNTWAITE	102	95	81	56	40	32	29	40	50	64	81	96	770

De maneira geral para os métodos, os maiores índices de evapotranspiração potencial ocorreram na estação de verão, mais precisamente nos meses de dezembro e janeiro. As estações que apresentaram os maiores índices foram Orleães, Araranguá e Indaial, situadas entre o litoral e a escarpa da Serra do Mar em altitudes que variam entre 100 a 200 metros aproximadamente e temperaturas máximas mensais em torno de 25 °C (tabela 5).

Os menores índices de evapotranspiração potencial, também para os três métodos, ocorreram na estação de inverno, nos meses de junho e julho. As estações que apresentaram os menores valores foram Campo Alegre, localizada na Serra do Mar e São Joaquim e Urubici localizadas na Serra Geral que apresentam cotas altimétricas entre 800 e 1.200 metros e temperaturas máximas mensais em torno de 20 °C (tabela 5).

A temperatura menor reduz a necessidade de água pela vegetação, natural ou cultivada, diminuindo a sua transpiração e evaporação. Nos meses de verão, onde ocorrem temperaturas médias anuais superiores a 18 °C, há um aumento da taxa de evapotranspiração potencial nos valores obtidos nos três métodos.

Procurando estabelecer-se uma relação para facilitar a obtenção de evapotranspiração de THORNTHWAITE e PENMAN, que são os métodos mais preconizados, sem contudo utilizar-se de suas equações, tentou-se uma correlação entre os valores da evapotranspiração potencial calculadas pelos dois métodos acima, juntamente com o de TURC, para todas as estações do estado. O resultado conseguido mostrou não haver uma correlação significativa pelas seguintes razões:

a) As variáveis envolvidas em cada método são muito diferentes. Enquanto TURC utiliza temperatura e radiação, PENMAN além destas inclui o vento, insolação e o albedo, dentre outras. Por sua vez, THORNTHWAITE utiliza somente a temperatura.

b) As variáveis de cada método diferem de região para região. Podemos encontrar valores de temperaturas de 16,8 °C em janeiro para São Joaquim, enquanto que em Blumenau para o mesmo mês registra-se 24,5 °C.

Optou-se então, por uma correlação linear simples onde foram analisados para cada estação os valores entre TURC e THORNTHWAITE, PENMAN e TURC e PENMAN e THORNTHWAITE.

TABELA 5 - Equações de regressão, coeficientes de correlação, variâncias explicadas e erros padrão entre os valores de evapotranspiração potencial estimadas pelos métodos de THORNTHWAITE e TURC, PENMAN e TURC e PENMAN e THORNTHWAITE para o Estado de Santa Catarina.

ESTAÇÕES	CORRELAÇÃO	EQUAÇÕES	r	S <sup>2</sup>	EP
ARARANGUÁ	THORN. x TURC	$Y = 1,073x - 26,643$	0,94	87,5	11,56
	PENMAN x TURC	$Y = 1,416x - 34,614$	0,96	91,4	12,41
	PENMAN x THORN.	$Y = 1,132x + 14,292$	0,88	76,9	20,29
BLUMENAU	THORN. x TURC	$Y = 1,546x - 47,625$	0,96	91,8	10,13
	PENMAN x TURC	$Y = 1,391x - 31,771$	0,92	85,3	12,66
	PENMAN x THORN.	$Y = 0,879x + 12,700$	0,94	88,7	11,12
BRUSQUE	THORN. x TURC	$Y = 1,076x - 23,292$	0,93	86,9	12,41
	PENMAN x TURC	$Y = 1,230x - 29,424$	1,00	99,6	2,25
	PENMAN x THORN.	$Y = 0,993x + 8,715$	0,92	86,5	13,47
CAMBORIÓ	THORN. x TURC	$Y = 1,385x - 36,045$	0,93	86,5	12,13
	PENMAN x TURC	$Y = 1,407x - 38,863$	0,92	84,9	13,16
	PENMAN x THORN.	$Y = 0,971x + 1,105$	0,95	89,8	10,84
CAMPO ALEGRE	THORN. x TURC	$Y = 0,892x - 11,182$	0,92	84,2	10,02
	PENMAN x TURC	$Y = 1,187x - 25,646$	0,94	88,6	11,04
	PENMAN x THORN.	$Y = 1,113x + 3,045$	0,86	73,7	16,76
CAMPOS NOVOS	THORN. x TURC	$Y = 0,832x - 16,862$	0,91	83,1	10,95
	PENMAN x TURC	$Y = 1,307x - 23,336$	0,92	84,9	15,18
	PENMAN x THORN.	$Y = 1,321x + 11,819$	0,90	81,1	16,98
CHAPECÓ	THORN. x TURC	$Y = 0,952x - 24,511$	0,96	92,8	8,09
	PENMAN x TURC	$Y = 1,205x - 25,210$	0,97	95,0	8,46
	PENMAN x THORN.	$Y = 1,191x + 11,228$	0,95	90,6	11,58
CURITIBANOS	THORN. x TURC	$Y = 0,721x - 5,006$	0,95	90,9	7,56
	PENMAN x TURC	$Y = 0,848x + 5,016$	0,96	93,0	7,70
	PENMAN x THORN.	$Y = 1,041x + 19,027$	0,90	80,3	12,92
FLORIANÓPOLIS	THORN. x TURC	$Y = 1,246x - 38,824$	0,94	88,8	11,06
	PENMAN x TURC	$Y = 1,488x - 42,329$	0,98	96,7	6,92
	PENMAN x THORN.	$Y = 1,018x + 18,110$	0,89	79,0	17,37
HERVAL DO OESTE	THORN. x TURC	$Y = 0,958x - 24,378$	0,96	92,3	9,06
	PENMAN x TURC	$Y = 1,273x - 27,232$	0,99	98,2	5,71
	PENMAN x THORN.	$Y = 1,209x + 13,336$	0,94	88,1	14,52
IMBITUBA	THORN. x TURC	$Y = 0,872x - 13,121$	0,89	79,1	14,04
	PENMAN x TURC	$Y = 1,188x - 21,813$	0,98	95,5	8,06
	PENMAN x THORN.	$Y = 1,136x - 11,748$	0,92	84,1	15,21
INDAIAL	THORN. x TURC	$Y = 1,405x - 47,856$	0,97	94,0	8,70
	PENMAN x TURC	$Y = 1,419x - 35,737$	0,96	91,6	10,59
	PENMAN x THORN.	$Y = 0,933x + 18,753$	0,91	83,2	14,98
IRINEÓPOLIS	THORN. x TURC	$Y = 1,148x - 29,252$	0,94	88,9	9,74
	PENMAN x TURC	$Y = 1,495x - 47,707$	0,97	94,4	8,72
	PENMAN x THORN.	$Y = 1,091x + 5,842$	0,86	74,6	18,61

TABELA 5 - Equações de regressão, coeficientes de correlação, variâncias explicadas e erros padrão entre os valores de evapotranspiração potencial estimadas pelos métodos de THRONTHWAITE e TURC, PENMAN e TURC e PENMAN e THRONTHWAITE para o Estado de Santa Catarina.

(Continuação)

ESTAÇÕES	CORRELAÇÃO	EQUAÇÕES	r	S <sup>2</sup>	EP
LAGES	THORN. x TURC	Y = 0,875x - 11,848	0,95	90,6	8,21
	PENMAN x TURC	Y = 1,310x - 29,455	0,99	97,2	6,46
	PENMAN x THORN.	Y = 1,297x + 0,596	0,90	80,6	17,05
LAGUNA	THORN. x TURC	Y = 1,012x - 20,800	0,94	84,5	12,18
	PENMAN x TURC	Y = 1,370x - 32,941	1,00	99,2	3,54
	PENMAN x THORN.	Y = 1,123x + 12,729	0,90	80,7	17,01
ORLEÃS	THORN. x TURC	Y = 0,816x - 6,709	0,91	82,3	13,88
	PENMAN x TURC	Y = 1,175x - 17,254	0,99	97,7	6,57
	PENMAN x THORN.	Y = 1,203x + 9,255	0,91	82,9	18,05
PORTO UNIÃO	THORN. x TURC	Y = 0,923x - 15,697	0,96	92,7	7,86
	PENMAN x TURC	Y = 1,228x - 26,842	0,97	93,5	9,83
	PENMAN x THORN.	Y = 1,269x - 1,945	0,96	91,7	11,08
SÃO FRANCISCO DO SUL	THORN. x TURC	Y = 1,315x - 31,034	0,94	88,7	10,43
	PENMAN x TURC	Y = 1,419x - 34,416	0,99	97,5	5,11
	PENMAN x THORN.	Y = 0,962x + 8,357	0,93	87,2	11,44
SÃO JOAQUIM	THORN. x TURC	Y = 0,891x - 8,190	0,96	92,8	5,94
	PENMAN x TURC	Y = 1,036x + 0,426	0,97	94,6	5,95
	PENMAN x THORN.	Y = 1,067x + 15,290	0,93	85,7	9,67
SÃO MIGUEL DO OESTE	THORN. x TURC	Y = 0,921x - 19,621	0,92	84,0	12,16
	PENMAN x TURC	Y = 1,113x - 9,576	0,95	91,1	10,53
	PENMAN x THORN.	Y = 0,944x + 33,531	0,81	66,2	20,52
URUBICI	THORN. x TURC	Y = 0,755x - 9,217	0,96	91,6	7,51
	PENMAN x TURC	Y = 1,034x - 16,705	0,99	98,7	3,83
	PENMAN x THORN.	Y = 1,244x + 3,222	0,94	89,0	11,30
URUSSANGA	THORN. x TURC	Y = 1,009x - 24,16	0,95	90,1	10,44
	PENMAN x TURC	Y = 1,288x - 30,452	0,99	98,3	5,20
	PENMAN x THORN.	Y = 1,119x + 11,905	0,92	84,0	16,21
XANXERÊ	THORN. x TURC	Y = 0,825x - 12,213	0,95	89,9	8,79
	PENMAN x TURC	Y = 1,105x - 13,851	0,99	98,3	4,61
	PENMAN x THORN.	Y = 1,210x + 10,244	0,95	90,1	11,08

r = coeficiente de correção; S<sup>2</sup> = variância explicada; EP = erro padrão.

Dos resultados obtidos das comparações entre os métodos, pode-se observar que as correlações apresentaram índices satisfatórios predominando um coeficiente de correlação superior a 0,90. Os melhores índices sucederam-se entre os métodos de TURC e de PENMAN onde encontrou-se inclusive um coeficiente de correlação de 1,00 para a estação de Laguna. A justificativa para esse índice positivo se deve a comparação de dois métodos energéticos. Os coeficientes menores de correlação encontram-se entre os métodos de PENMAN e THORNTHWAITE, por serem métodos energético e termométrico.

Na tabela 5 são apresentadas as equações de regressão para todas as estações e para os três tipos de correlação.

Foram feitas para cada estação e para cada correlação, as retas de regressão linear correspondentes. Para ilustrar essas correlações foram selecionadas estações distribuídas espacialmente pelo território catarinense:

Chapecó	- figuras 3.a, 3.b e 3.c
Florianópolis	- figuras 4.a, 4.b e 4.c
Lages	- figuras 5.a, 5.b e 5.c

Para o método de TURC calculou-se o valor médio da evapotranspiração potencial para o Estado a partir dos valores totais anuais. A seguir, calcularam-se os desvios dessa média e dos resultados obtidos traçou-se um gráfico (figura 2) no qual nota-se que a maior parte das localidades apresentam valores acima da média. Chapecó apresenta um desvio positivo de 134 mm e São Joaquim um desvio negativo de 227 mm. As estações de Curitiba, Campos Novos e Urubici situam-se dentro da média.

## 6. Conclusões

Do exposto, nas condições em que foi realizado o presente trabalho, pode-se concluir que:

1. A evapotranspiração potencial estimada pelo método de THORNTHWAITE fornece valores mensais inferiores aos estimados pelos métodos de TURC e PENMAN.

2. Houve correlação estatisticamente significativa entre os métodos de PENMAN e TURC.

3. Sendo o método de TURC relativamente simples pode-se, a partir dos resultados obtidos por este método, estimar a evapotranspiração potencial pelo método de PENMAN com bastante precisão para cada uma das estações.

4. Torna-se difícil avaliar qual dos métodos apresenta melhores resultados, pois eles variam conforme os parâmetros requeridos para fórmula.

5. Independente da escolha de um determinado método, o importante é o conhecimento da evapotranspiração potencial, pois através desses resultados permite estimar a umidade do solo através do balanço hídrico, oferecendo subsídios nos estudos de irrigação e análise de experimentos agrônômicos.

#### 8. Bibliografia

1. CAMARGO, A.P. de. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial do estado de São Paulo. Boletim do Instituto Agrônômico, Campinas (161), 1966.
2. IDE, B.Y. et alii. Zoneamento agroclimatológico do estado de Santa Catarina. Porto Alegre, Ed. Palotti, 1978, 150p., p. 31-48.
3. ———. Atlas do zoneamento agroclimatológico de Santa Catarina. 2a. etapa. Florianópolis, EMPASC, 1980.
4. KITSON, T. Regulated river basins. A review of hidrological aspects for operational management. Paris, UNESCO, 1984, 122p., p. 5-6.
5. KLAR, A.E. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo Nobel, 1984. 408 p., p. 189-203.
6. MIRA, M.A.F.B. Contribuição ao clima catarinense. O balanço hídrico. Florianópolis, UFSC, 1974, 94 p. Tese de livre docência.
7. MOTA, F.S. da. Meteorologia agrícola. 6a. ed., São Paulo, Nobel, 1983. 376 p., p. 252-79.

8. MOTA, F.S. da & BEIRSDORF, M.I.C. Medidas e estimativas da evapotranspiração potencial em Pelotas, Rio Grande do Sul. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28(6):665-72, jun. 1976.
9. NIMER, E. Descrição, análise e interpretação conceitual do sistema de classificação de climas de C.W. Thornthwaite, in *Revista Brasileira de Geografia*, IBGE, p. 87-95, ano 39, nº 1, jan-mar 1977. Rio de Janeiro.
10. ORSELLI, L. Proposta de classificação climática aplicada ao estado de Santa Catarina. São Paulo, USP. 1983. Tese de Doutorado.
11. PÉGUY, C.H.P. Le bilan de l'eau. In: *Précis de climatologie*. Paris. Masson, 1970. p. 264-84.
12. TEIXEIRA, J.A. Considerações sobre os métodos de determinação da evapotranspiração potencial e da evapotranspiração real no município de Olinda, PE. *Revista DAE*, 44(138):199-211, 1984.
13. THORNTHWAITTE, C.W. An approach toward a rational Classification of climate. *Geographical review*. 1948, 38:55-94.
14. TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F.J.L. *Meteorologia descritiva*. Nobel, São Paulo, 374 p., p. 282-299.