DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA CULTURA DO TRIGO
(*Triticum aestivum*, L.) ATRAVÉS DE LISÍMETRO

Maurice Barcellos da Costa
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel

Dissertação apresentada a Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do Título de
Mestre em Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1989

C837d Costa, Maurice Barcellos da
Determinação do consumo de água na cultura
do trigo (Triticum aestivum L.) através de li
símetro. Piracicaba, 1989.
62p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Evapotranspiração 2. Lisímetro 3. Trigo -
Água - Consumo I. Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.11

DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA CULTURA DO TRIGO
(*Triticum aestivum*, L.) ATRAVÉS DE LISÍMETRO

Maurice Barcellos da Costa

Aprovado em 05.09.89

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel

ESALQ/USP

Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova

ESALQ/USP

Prof. Dr. Rubens Scardua

ESALQ/USP

Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel

- Orientador -

A todos que com esforço
e amor próprio,
se empenham e realizam
com êxito aquilo que se
proponham fazer.

DEDICO

A meus pais,

Meus irmãos e

Meus amigos.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Aos Professores: Rubens Scardua,

Tarlei Arriel Botrel,

Nilson Augusto Villa Nova,

Geraldo José Aparecido Dário,

Sinval Silveira Netto,

Décio Barbim;

pelo incentivo e pela participação no processo que me permitiu chegar a um estágio mais avançado da formação profissional.

Aos Funcionários: Hélio Toledo Gomes, e

Laudelino Polizel;

pelo auxílio na condução do experimento.

Ao Sr. Arnaldo Silva e Sra. Dorotéia Silva, que me acolheram como filho durante grande parte de minha permanência em Piracicaba.

A D^{ca} Diva Ferreira Alves e família, pelo apoio, consideração e afeto maternal, que durante anos vem dispensando aos alunos da ESALQ.

Aos colegas da Pós-Graduação, e a todos os amigos, pelos inesquecíveis e agradáveis momentos de nossa convivência.

3.2.5.1 Método do tanque Classe A	21
3.2.5.2 Método da Radiação Solar	22
3.2.5.3 Método de Penman	23
3.2.5.4 Método de Penman modificado	25
3.2.5.5 Método de Thornthwaite	26
3.2.6 Obtenção dos valores de coeficiente de cultura (K_c)	26
3.2.7 Simbologia adotada	27
3.2.8 Parâmetros de rendimento da cultura	28
3.2.9 Análise Estatística	28
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	29
4.1. Desempenho dos Lisímetros	29
4.2. Valores da evapotranspiração máxima da cultura (ET_m)	30
4.3. Valores de estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o)	35
4.3.1 Método do tanque Classe A	36
4.3.2 Método da Radiação solar	37
4.3.3 Método de Penman	38
4.3.4 Método de Penman modificado	39
4.3.5 Método de Thornthwaite	40
4.3.6 Comparação entre os Resultados dos Cálculos de Estimativa da ET_o	41
4.4. Valores dos coeficientes de cultura aplicáveis aos diversos métodos de estimativas da ET_o ...	44

4.5. Representação Gráfica da Correlação entre os valores de ETm e ETo	49
4.6. Parâmetros de rendimento de cultura	54
4.6.1 Peso hectolítrico	54
4.6.2 Produtividade	55
5. CONCLUSÕES	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APÊNDICE	62

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Características físicas do solo	12
2	Características químicas do solo	12
3	Características físico-hídricas do solo	12
4	Dados climáticos médios no período de 45 anos (1941 - 1985)	13
5	Dados climáticos médios por pântadas, durante o período de condução do experimento	19
6	Simbologia adotada	27
7	Evapotranspiração máxima da cultura média durante o ciclo vegetativo total	32
8	Valores médios da evapotranspiração máxima da cultura, por fases de desenvolvimento vegetativo	34
9	Evapotranspiração de referência segundo o método do tanque Classe A	36
10	Evapotranspiração de referência segundo o método da Radiação solar	37
11	Evapotranspiração de referência segundo o método de Penman	38
12	Evapotranspiração de referência segundo o método de Penman modificado	39
13	Evapotranspiração de referência segundo o método de Thornthwaite	40

Quadro

Página

14	Comparação entre os resultados obtidos para ETo	41
15	Valores da evapotranspiração de referência por fases de desenvolvimento vegetativo	43
16	Valores de coeficientes de cultura determinados por diversos métodos de estimativas da ETo	45
17	Valores de coeficientes de cultura por fases de desenvolvimento vegetativo da cultura	47
18	Peso hectolítrico obtido	55
19	Produtividade da cultura	55

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Desenho esquemático do Lisímetro	15
2	Duração dos períodos de desenvolvimento vegetativo da cultura do trigo. Adaptado de DOOREMBOS e KASSAN (1980)	16
3	Fator de ajuste "C", feito graficamente sobre W.Rs	62
4	Valores acumulados de evapotranspiração máxima da cultura	31
5	Evapotranspiração média por pântadas	31
6	Comparação entre ETocA e ETm	49
7	Coeficiente de cultura pelo método do tanque Classe A. KccA	19
8	Comparação entre ETors e ETm	50
9	Coeficiente de cultura pelo método de Radiação solar. KcRs	50
10	Comparação entre ETOPn e ETm	51
11	Coeficiente de cultura pelo método de Penman. KcPn	51
12	Comparação entre ETOPn* e ETm	52
13	Coeficiente de cultura pelo método de Penman modificado. KcPn*	52
14	Comparação entre ETOTh e ETm	53
15	Coeficiente de cultura pelo método de Thornthwaite. KcTh	55

RESUMO

DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA CULTURA DE TRIGO
(*Triticum aestivum* L.) ATRAVÉS DE LISÍMETRO

AUTOR: Maurice Barcellos da Costa

ORIENTADOR: Tarlei Arriel Botrel

A finalidade do presente trabalho, realizado no Campus da ESALQ/USP em Piracicaba, Estado de São Paulo (22° 42'30" S; 47° 38' W e 576m nm), foi obter parâmetros que permitissem estimar a demanda evapotranspirativa da cultura do trigo. Para tanto, foram utilizados três Lisímetros com nível freático constante, através, dos quais obtivemos valores diários da evapotranspiração máxima da cultura e constatamos que no final do ciclo vegetativo, os valores totais do consumo de água não diferiram estatisticamente entre si, e apresentaram valor médio igual a 347,20mm. Os valores da evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) obtidos foram correlacionados com os valores da evapotranspiração de referência (ET_o) estimados através dos seguintes métodos:

- Método de Tanque Classe A (ETocA);
- Método de Radiação solar (EToRs);
- Método de Penman (EToPn);
- Método de Penman modificado (EToPn^{*});
- Método de Thornthwaite (EToTh).

Os valores das estimativas da ET_o para as fases de estabelecimento, perfilhamento, emborrachamento, floração, formação dos grãos e maturação, apresentaram diferença significativa entre EToRs e EToTh, e entre estes com os demais métodos, que não diferiram entre si. Os valores de EToRs com média igual a 4,34 mm/dia superaram os demais. Os valores de EToTh com média igual a 2,03 mm/dia foram inferiores. Os valores de ETocA, EToPn e EToPn^{*} apresentaram médias respectivamente iguais a: 3,12 mm, 3,34 mm e 3,42 mm.

Os valores dos coeficientes de cultura (Kc), obtidos pela relação entre a evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) e as estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o) apresentaram diferenças significativas, com os valores de KcTh superando os demais, com média igual a 1.40, os valores de KcRs abaixo dos demais, com média igual a 0.55 e os valores de KccA, KcPn e KcPn^{*} que estatisticamente não apresentaram diferenças significativas tiveram médias respectivamente iguais a: 0.78, 0.73 e 0.70.

SUMMARY

DETERMINATION OF WHEAT WATER CONSUMPTION

(Triticum aestivum L.) IN LYSIMETER

AUTHOR: Maurice Barcellos da Costa

ADVISER: Tarlei Arriel Botrel

The purpose of the present work, performed at ESALQ/USP in Piracicaba, state São Paulo of (22° 42' 30" S; 47° 38' W e 576 m nm), was to obtain parameters to estimate evapotranspiration of wheat crop. Therefore, three constant water table level lysimeters were used, and maximum daily evapotranspiration values were obtained for the wheat crop. It was concluded that at the end of the vegetative cycle, total values of the water consumption were not statistically different among them and presented mean value of 347,20 mm.

Maximum obtained evapotranspiration values (ET_m) were correlated to reference evapotranspiration values (ET_o) estimated by the following methods:

- Class A Pan Method (ETocA);
- Solar Radiation Method (EToRs);
- Penman Method (EToPn);
- Modified Penman Method (EToPn^{*});
- Thornthwaite (EToTh).

The estimated reference evapotranspiration values for the phases of establishment, tillering, head development, flowering, grain formation and ripening presented significative difference between EToRs and EToTh, and between these values and the other methods, that were not different among themselves. EToRs figures, with an average of 4,34 mm/day were greather than other ETo estimatives. On the other hand, EToTh values, with average of 0,23 mm/day were lower than ETocA, EToPn and EToPn^{*} with respectively 3,12, 3,34, 3,42 mm/day as average.

The crop coeficient values (Kc) obtained by the ratio between the crop maximum evapotranspiration and the estimated reference evapotranspiration (ETo) presented significative differences, with the KcTh values higher than the others, with a mean of 1.40, the KcRs values were lower than the others, with a mean of 0,55 and the KccA, KcPn and KcPn^{*} values that were not different statistically, presented means of 0.78, 0.73 and 0.70, respectively.

1. INTRODUÇÃO

Para que seja possível, ou se torne viável uma maior tecnificação da Agricultura Nacional, é necessário uma otimização no que tange a utilização dos recursos envolvidos no processo de produção, da mão-de-obra às fontes de energia. Para tanto as práticas culturais devem-se adequar às reais necessidades locais, buscando um maior favorecimento na relação custo/benefício.

Considerando os custos de energia, água e dos equipamentos de irrigação, devemos ter em mente que o conhecimento de quando e quanto irrigar é extremamente necessário quando se pratica uma Agricultura competitiva. Assim sendo, vários trabalhos foram realizados em diversas partes do mundo, objetivando racionalizar o uso da água na irrigação de diversas culturas. Os dados fornecidos por estes trabalhos podem servir de base, mas não seguidos rigorosamente, pois necessitam de ajustes devido ao fato de terem sido obtidos em regiões edafoclimáticas bastante diferente daquelas onde estamos trabalhando.

Vários são os métodos que através de dados climáticos, permitem estimar um valor de referência para se estabelecer a evapotranspiração da cultura. Este valor de

referência permite estimar o valor real de evapotranspiração da cultura, quando multiplicado por um coeficiente relativo a cultura e sua respectiva fase de desenvolvimento.

No presente trabalho, objetivou-se obter dados de demanda hídrica na cultura do trigo, proporcionando os parâmetros necessários a elaboração dos projetos de irrigação, uma vez que, a cultura do trigo vem abrindo novas fronteiras agrícolas no país, com futuro promissor dos cultivares irrigados, que apresentam uma produtividade, bem superior a média nacional que por ser em sua maioria, cultura de sequeiro, vem sofrendo com as adversidades climáticas dos últimos anos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O conhecimento e quantificação do processo de evapotranspiração define a quantidade de água necessária para as culturas, sendo por isso um parâmetro fundamental para o planejamento e operação de um projeto de irrigação, SEDIYAMA (1987).

O processo de evapotranspiração necessita de energia para evaporação da água, e de um gradiente de potencial favorável para que o fenômeno se realize, sendo este, dependente do suprimento de água no solo. Segundo REICHARDT (1987), esse processo pode ser subdividido em dois componentes:

Evaporação: Que se refere a água que passa à atmosfera diretamente do superfície do solo;

Transpiração: Que é a água que atinge a atmosfera através das plantas;

A evaporação, do ponto de vista agrônomo, é uma perda indesejável, devendo sempre que possível, ser evitada ou diminuída como pela utilização de uma cobertura morta. Por outro lado, a transpiração é uma perda necessária e por isso, até certo ponto desejável, pois promove a translocação de compostos dentro da planta, induz a absorção

pelas raízes, provoca o arrefecimento da superfície dos tecidos, entre outros.

THORNTHWAITE (1948) introduziu na literatura o termo evapotranspiração e definiu a perda máxima de água ocorrida em uma superfície de solo úmido, completamente coberto de vegetação em fase de desenvolvimento ativo, com dimensões grande o suficiente para minimizar o efeito oasis como sendo evapotranspiração potencial. Caso não se verificasse as condições citadas, ter-se-ia a evapotranspiração real ou atual.

Os conceitos citados, passaram a ser objetos de estudos de vários pesquisadores que procuraram aperfeiçoá-los, PENMAN (1956), diz que a evapotranspiração potencial seria a quantidade de água transpirada na unidade de tempo por uma cultura verde, de baixo porte, cobrindo completamente o solo, de altura uniforme e sem qualquer restrição hídrica. Esta definição foi considerada correta mas, ao mesmo tempo incompleta, devendo conforme CHANG (1974), apresentar especificação da cultura, como grau de cobertura, dimensões da superfície e condições da bordadura.

DOOREMBOS & PRUITT (1975), nesta linha de pensamento, definiram a cobertura como sendo grama, com 8 a 15 cm de altura, em desenvolvimento ativo, cobrindo uma superfície extensa, com a umidade do solo próxima a capacidade de campo, firmando o conceito de evapotranspiração potencial (ET_o).

WRIGHT & JENSEN (1972), argumentaram que a cultura de referência deveria apresentar características aerodinâmicas e anatômicas semelhantes às principais culturas, e assim elegeram a alfafa com tamanho variando de 30 a 50 cm de altura, em fase de desenvolvimento ativo e sem restrições de água no solo, como a cultura que viesse expressar a evapotranspiração potencial.

A determinação da evapotranspiração potencial para uma cultura de referência, simplifica a estimativa da evapotranspiração de outras culturas irrigados em diferentes estágios fenológicos, através de relações empíricas denominados coeficientes de cultura. Esses coeficientes, obtidos experimentalmente, incorporam os efeitos integrados do estágio de desenvolvimento da cultura, densidade de plantio e suprimento hídrico, entre outros fatores que afetam a evapotranspiração. É importante salientar, que tanto o método de estimativa da evapotranspiração potencial como o coeficiente de cultura correspondente, devem estar baseados na mesma cultura de referência. Assim, os coeficientes de cultura determinados em função da alfafa, não devem ser utilizados com métodos cuja cultura de referência foi a grama. O inverso também deve ser evitado, segundo BURMAN *et alii* (1983). Os autores salientam ainda que o ETo pode ser determinada a partir de medidas diretas e de dados climáticos. No primeiro grupo, estão classificados os diferentes tipos de lisímetros e métodos de balanço hídrico, enquanto no segundo estão incluídos as fórmulas

desenvolvidas por diversos autores, baseados em estudos físicos de termodinâmica ou simplesmente em observações que resultam fórmulas empíricas. Neste sentido DOOREMBOS & PRUITT (1977) relacionam 31 fórmulas e os respectivos parâmetros necessários para sua utilização. Segundo VILA NOVA (1988)* são mais de 50 as fórmulas empíricas existentes.

ORTOLANNI *et alii* (1966), fizeram estudos comparativos entre valores decendiais da ETo estimados pela fórmula de Penman e de Thornthwaite e valores da ETo medidos em lisímetros de drenagem, na região de Ribeirão Preto - SP. Nestes, foi evidenciado que o método de THORNTHWAITE subestimou em 9% a ETo medida no período e o método de PENMAN superestimou-a em 2%. A correlação entre os valores de ETo medida e os estimados pelos métodos de Penman e Thornthwaite foram respectivamente 0.95 e 0.84.

SEDIYAMA (1972), estudou a evapotranspiração potencial em lisímetro de drenagem tipo Thornthwaite confrontando os valores estimados pelos métodos de Penman, Thornthwaite, Blaney-Criddle, Hamon, Papadakis, evaporímetro Piche e tanque Classe A. Algumas das conclusões obtidas foram que entre os aparelhos meteorológicos usados na determinação da ETo na região de Viçosa - MG, o tanque "Classe A" apresentou melhor correlação com os valores

* INFORMAÇÃO PESSOAL

medidos em evapotranspirômetros. O método de Penman, embora trabalhoso, por incluir maior número de elementos meteorológicos que os demais, mostra-se superior, confirmando o fato deste ser recomendado pela O.M.M.*. Ainda com relação aos coeficientes determinados pela relação entre os valores medidos da ET_o e os estimados, seus resultados mostram que estes diferem em função do método e da época do ano confirmando novamente a recomendação da O.M.M., que sugere a determinação desses coeficientes para os diversos tipos microclimáticos.

Segundo HARGREAVES (1973) a ET_o pode ser calculada multiplicando-se a evaporação do tanque Classe A por um coeficiente igual a 0,8. Newman, citado por CHANG (1974), argumenta que a ET_o é aproximadamente 0.75 da evaporação de uma superfície de água livre. Para DOOREMBOS & PRUITT (1977), a relação entre a ET_o e a evaporação do Classe A é mais complexa e o coeficiente que multiplica a E_cA , depende da umidade relativa e velocidade do vento, visto que as plantas possuem mecanismo que diminuem a transpiração, em condições de umidade relativa baixa e ventos com grandes velocidades.

MARTINS (1988) reconhece a larga utilização dos coeficientes de tanque Classe A, encontrados na ampla bibliografia existente sobre o tema e alegando determinações

* ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA.

em locais diferentes com distintas características, preconiza a necessidade de se determinar os coeficientes de tanque "in situ", e utiliza para determinação da evapotranspiração de referência os métodos de Penman, Penman modificado e Radiação solar, propostos por DOOREMBOS & PRUITT (1977).

Utilizando dados relatados por Jensen para Kimberly, Idaho, SAAD & SCALOPI (1988) apresentam um estudo, para avaliação de onze métodos climatológicos para estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o), sendo que o método que forneceu os melhores resultados de estimativa foi o de Penman-Monteith e os baseados em temperatura média do ar, como Thornthwaite & Blaney-Criddle, os que apresentaram maiores desvios. Resultados insatisfatórios também foram obtidos pelos métodos de Makkink & Turc, ambos baseados na Radiação solar. As discrepâncias reveladas por estes métodos foram atribuídas às acentuadas diferenças climáticas entre o local considerado e aqueles para os quais, os respectivos métodos foram desenvolvidos. ASSIS (1978) fazendo uso de um lisímetro com nível freático constante, correlacionou a evapotranspiração potencial medida para grama com valores estimados através do tanque Classe A e Penman. A análise de regressão simples revelou que a relação entre os valores estimados (ET_{oE}) e medidos (ET_{oM}) de evapotranspiração, nas condições de Piracicaba é da forma: $ET_{oE} = 0.81 ET_{oM}$.

ENCARNAÇÃO (1980) utilizando evapotranspirômetro de nível freático constante, mediu a evapotranspiração da cultura do feijoeiro, (*Phaseolus Vulgaris*, L) nas condições de Piracicaba, determinando os valores de coeficientes culturais (K_c) relativos ao método de Penman, Radiação solar, Linacre e tanque Classe A. Foi o método do tanque que forneceu valores mais próximos aos recomendados pela FAO (1979). Para o mesmo autor, o equipamento utilizado apresentou-se bastante viável para as determinações do consumo de água pelas culturas, com o qual concorda BARBIERI (1981), que utilizando equipamento semelhante determinou os coeficientes de cultura para cana-de-açúcar através dos métodos de Penman, Radiação solar e tanque Classe A, não encontrando o autor, diferenças significativas entre eles.

CURY (1985), obteve os valores do coeficiente de cultura para o repolho (*Brassica oleracea var capitata* L.) com o emprego dos métodos de estimativas da evapotranspiração potencial de Penman, Penman modificado, tanque Classe A, Radiação solar, Thornthwaite, Thornthwaite modificado e Linacre. Comparando-os com os valores propostos pela FAO (1979) observou existir grandes diferenças entre eles, e que os valores obtidos no inverno são sempre superiores ao do verão.

PERES (1988), em continuação ao trabalho de BARBIERI (1981), determinou os coeficientes de cultura para a primeira soca, do ciclo da cana-de-açúcar, através dos métodos de Penman (K_{cPn}), tanque Classe A (K_{ccA}) e

Thornthwaite (KcTh), concluindo que ao nível de 5% de probabilidade KcPn e KccA não diferiram entre si, mas ambos diferiam de KcTh.

OMETTO (1988) apresenta para o cálculo da frequência de irrigação em cana-de-açúcar, conceitos importantes como da Radiação solar, definindo o balanço de energia radiante e associado aos métodos de estimativas da evapotranspiração de referência, o autor estuda os métodos de Penman, Penman modificado, Thornthwaite e do tanque Classe A.

Um dos estudos mais completos sobre necessidades hídricas das culturas, consta dos boletins da FAO, número 24, DOOREMBOS & PRUITT (1977) e número 33, DOOREMBOS & KASSAM (1980). Nestes, são preconizados quatro métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), que pode ser transformado em valores de ET_m, através dos coeficientes de culturas, considerando época de plantio e estágio de desenvolvimento vegetativo.

Para o trigo segundo DOOREMBOS & KASSAM (1980), a necessidade de água (ET_m) é de 450 a 600 mm, dependendo do clima e duração do período vegetativo. O coeficiente de cultura durante a etapa inicial é: 0,30-0,40 (15-20 dias); etapa de desenvolvimento é: 0,70-0,80 (25 e 30 dias); média estação é: 1,05-1,20 (50-65 dias); etapa final é 0,65-0,70 (30-40 dias) e colheita 0,2-0,25.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1 Área Experimental

O presente trabalho foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ-USP, situada no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: Latitude $22^{\circ} 42' 30''$ S, Longitude $47^{\circ} 30' 00''$ W e Altitude Média de 576 m.

3.1.2 Solo

O solo local, descrito e classificado por RANZANI *et alii* (1966), denominado Terra Roxa Extruturada, série "Luiz de Queiroz", teve origem em rochas básicas e apresentou os seguintes resultados nas análises Física, Química e Hidrica.

Quadro 1 - Características físicas do solo.

PROFUNDIDADE MÉDIA (cm)	GRANULOMETRIA (%)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)	
	ARGILA	LIMO	AREIA	APARENTE	REAL
30	61.28	9.02	29.70	1.28	2.90

- Dados obtidos no laboratório de solos do Departamento de Engenharia Rural ESALQ-USP.

Quadro 2 - Características químicas do solo.

PROFUN. MÉD. (cm)	pH CaCl ₂	M. O. %	P. Res. µg/cm ³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	S	T	V %	SAT Al ³⁺
				meq/100cm ³								
30	5.1	2.23	6.0	0.37	3.82	1.22	0.16	4.02	5.40	9.42	56	3

- Análise elaborada no laboratório do Departamento de solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ-USP.

Quadro 3 - Características físico-hídricas do solo, umidade volumétrica relativa nos pontos de potencial matricial (φm) considerados.

PROFUNDIDADE MÉDIA (cm)	POTENCIAL		MATRICIAL DO SOLO			φm (atm)		dg _s g/cm ³
	0(SAT)	0.1(C.C)	0.5	1.0	3.0	7.0	15(PMP)	
30	43.20	33.15	30.57	29.12	26.88	24.46	22.71	1.28

- Dados obtidos no laboratório de solos do Departamento de Engenharia Rural ESALQ-USP.

3.1.3 Clima

O clima da região, classificado segundo o sistema de KÖPEN, é do tipo Cwa (subtropical úmido, com estiagem de Inverno) com temperaturas médias, no mês mais frio inferior a 18°C e no mais quente superior a 22°C, segundo CAMARGO (1974), este é também classificado como tropical de Altitude.

O quadro 4 apresenta os dados de temperatura média, UR e horas de insolação médios para um período de 45 anos, obtidos no posto meteorológico da ESALQ-USP.

Quadro 4 - Dados climáticos médios no período de 45 anos (1941 a 1985).

MÊS	CHUVA (m. m)	TEMP. MÉDIA (°C)	U. R. (%)	INSOLAÇÃO (h)
Jan.	214	24.2	74.6	179
Fev.	178	23.6	77.7	174
Mar.	130	23.2	76.1	205
Abr.	68	21.3	75.9	204
Mai.	53	19.0	75.6	207
Jun.	51	17.2	71.6	211
Jul.	29	16.3	64.8	202
Ago.	30	18.2	62.0	235
Set.	62	20.5	59.6	178
Out.	109	21.6	66.2	193
Nov.	136	22.3	66.2	105
Dez.	179	23.5	77.6	201
TOTAL	1259	-	-	-
MÉDIA	-	20.9	68.4	199.5

3.1.4 Lisímetros

Instalados em número de três, cada um consistia de uma caixa de cimento amianto (1,10 m x 1,30 m x x 0,72 m), que considerando as bordas arredondadas, apresentavam uma área útil de exposição com valor de 1,42 m². À caixa, estava acoplado um tubo de 19 mm responsável pela condução e distribuição da água dentro da caixa.

A água era fornecida através do reservatório de alimentação que possuía uma escala graduada em litros que permitia estimar o consumo diário em até 0,05 l, o que representa aproximadamente 0,035 mm. A manutenção do nível da água nos lisímetros era feita através de um reservatório intermediário, provido de um sistema de bóia, que ficava sobre um suporte móvel verticalmente, possibilitando o ajuste ao nível desejado. Com a finalidade de se evitar a entrada indesejada, de água de chuva ou irrigação nos lisímetros, utilizou-se uma cobertura removível que era usada somente quando necessário. O esquema de montagem dos lisímetros pode ser observado na Figura 1.

Figura 01. Desenho Esquemático do Lisímetro, mostrando:
 1- Caixa de cimento amianto.
 2- Compartimento do reservatório Intermediário.
 3- Reservatório de alimentação.

3.1.5 Cultivar de trigo

O cultivar utilizado foi o IAC-24, que vem apresentando excelente desempenho quando comparado a outros cultivares irrigados, no que diz respeito ao ataque de pragas, a enfermidades e à produtividade. A época de plantio segundo o INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC (1987) é de 15 março até 15 de junho e a densidade de plantio de 400 plantas por metro quadrado. O ciclo de desenvolvimento da cultura é de 100 a 120 dias, e para uma melhor caracterização dos parâmetros estudados foi feita uma divisão por fases, que é mostrada na Figura 2.

Figura 2 - Duração dos períodos de desenvolvimento vegetativo da cultura do trigo. Adaptado de DOOREMBOS & KASSAN (1980).

3.2. Métodos

3.2.1 Instalação dos lisímetros

Em uma área de aproximadamente 500 m², previamente cercada, foram abertos os três buracos com dimensões um pouco maiores que as da caixa de cimento amianto, o solo retirado foi separado em três camadas de 25 cm, para que fossem recolocados obedecendo a ordem natural. No fundo dos buracos foram assentados com auxílio de um nível topográfico e uma mira, quatro suportes para cada caixa a fim de que todas permanecessem a um só nível. As caixas de cimento amianto foram ligados ao reservatório intermediário através de um tubo de 19 mm de diâmetro com aproximadamente 6,00 m de comprimento. Os reservatórios intermediários foram localizados dentro de um compartimento de alvenaria com as bordas superiores a 0,30 m do nível do solo, que possuía um tampão de madeira para sua proteção. A conexão do reservatório intermediário com o tubo que conduzia a água até as caixas foi feita com uma mangueira flexível de mesmo diâmetro. Junto ao compartimento dos reservatórios intermediários, foi^{ram} colocados os abrigos dos reservatórios de alimentação, e estes foram conectados ao sistema de bóia dos reservatórios intermediários através de uma mangueira flexível de 12 mm de diâmetro que deve ser opaca, evitando assim o desenvolvimento interno de algas nas áreas expostas à luz, o que poderia vir a causar

entupimentos.

3.2.2 Preparo do solo

Após a instalação das caixas, a área circundante foi gradeada com a finalidade de revolver o solo e incorporar a vegetação existente. A adubação utilizada com base na análise química do solo foi 15, 90 e 30 kg/ha de N, P e K respectivamente, feita a lanço e incorporada ao solo através de uma enxada rotativa acionada por microtrator tipo Tobata.

3.2.3 Plantio

Para proceder o plantio, a área foi sulcada com espaçamento de 0,18 m e profundidade de 0,06 m, sendo o plantio feito a uma densidade de 400 plantas por metro quadrado. O plantio se deu no período de 03 a 05 de junho e a partir do dia 08 se dava o início da germinação.

3.2.4 Condução do Experimento

3.2.4.1 Dados Climáticos

Os dados climáticos utilizados neste trabalho foram levantados no posto meteorológico do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ-USP e agrupados e pênadas

(períodos de 5 dias), a partir de 08 de junho, quando se deu o início da germinação. Os dados relativos a cada período durante a condução do experimento são mostrados no quadro 5.

Quadro 5 - Dados climáticos médios por pênadas, durante o período de condução do experimento.

PERÍODO DIA	R. GLOBAL Cal/cm ² dia	INSOL. h/dia	PRECIP. mm/dia	U. R. %	VENTO MED. Km/h	TEM. MED. °C	ECA mm	EPI mm
8 a 12/6	268	7.6	0	68	7.9	19.7	2.97	3.12
13 a 17/6	272	7.1	2.34	67	9.7	15.5	3.35	9.42
18 a 22/6	275	7.2	0.26	64	7.8	15.8	2.34	2.98
23 a 27/6	219	6.9	0.10	63	10.4	17.5	3.19	4.08
28/6 a 2/7	293	8.2	0	60	8.6	19.1	3.40	4.22
03 a 7/7	292	8.8	0	59	9.2	18.4	3.50	4.70
8 a 12/7	246	6.9	0	68	9.6	16.2	3.20	3.30
13 a 17/7	342	8.0	0	61	12.7	11.7	4.11	5.47
18 a 22/7	318	8.6	0	56	7.4	15.8	3.47	4.28
23 a 27/7	313	7.8	0	64	10.5	13.8	3.47	4.14
28/7 a 1/8	363	8.9	0	57	7.4	14.5	3.56	4.62
2 a 6/8	340	9.2	0	54	7.1	17.3	3.72	5.46
7 a 11/8	358	9.8	0	58	13.0	18.8	5.52	6.36
12 a 16/8	373	9.6	0	56	8.3	17.6	4.34	4.70
17 a 21/8	353	9.6	0	54	9.1	19.5	5.03	6.46
22 a 26/8	366	9.9	0	44	8.7	21.1	5.92	8.52
27 a 31/8	352	9.0	0	47	8.5	22.7	5.78	8.15
1 a 5/9	365	8.9	0	61	12.4	19.9	5.62	6.72
6 a 10/9	431	10.3	0	39	9.2	21.8	6.96	9.94
11 a 15/9	405	10.1	0	35	10.7	25.4	8.54	12.80
16 a 20/9	296	5.7	0	66	11.6	20.3	5.26	5.30
21 a 25/9	353	8.2	0	44	9.1	26.5	7.55	10.34
26 a 30/9	347	7.7	0	56	13.2	24.3	7.34	9.44

3.2.4.2 Irrigação da Bordadura

Para proceder irrigação na área de bordadura adotou-se o fator de depleção "y" igual a 50% visto que a umidade neste ponto corresponderia a um potencial matricial ao redor de 1.5 atm o que segundo Taylor, Hajam e Stewart, Salter e Good, citados por DOOREMBOB e PRUIT (1977) mantém a ETm em nível previsto para se obter máximo rendimento.

O sistema usado foi a aspersão, com turno de rega variável, pois o controle foi feito baseado no consumo observado nos lisímetros, aplicando-se uma lâmina idêntica àquela de depleção na profundidade considerada.

Acompanhando o desenvolvimento do sistema radicular, o controle da irrigação foi feito inicialmente a 0,15 m, posteriormente a 0,30 m e finalmente a 0,45 m.

3.2.4.3 Consumo de água nos lisímetros

Os valores de consumo de água nos lisímetros, ou seja, a evapotranspiração, foram obtidos diariamente, às 7:30 hs. da manhã, pois devido a diminuição das perdas, de água durante a noite, se dava a estabilização do nível freático no interior dos lisímetros, fornecendo assim valores mais estáveis a esta hora. Periodicamente se fazia necessário acrescentar água aos lisímetros, e esta água era computada juntamente com o valor do consumo do dia em questão.

3.2.4.4 Adubação de cobertura e uso de defensivos

Devido ao ótimo desenvolvimento da cultura, foi dispensada a adubação nitrogenada de cobertura e com relação ao uso de defensivos, foram feitas duas aplicações de inseticidas para controle de lagartas e pulgões e uma de fungicida para controle de helmintosporiose.

3.2.5 Determinação da Evapotranspiração de Referência (ETo)

Para a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo), foram selecionados cinco métodos dentre os vários apresentados em literaturas, quer pela sua confiabilidade ou quer pela facilidade de utilização. Os métodos foram os seguintes: Método do tanque Classe A, Método da Radiação solar, Método de Penman, Método de Penman modificado e o Método de Thornthwaite.

3.2.5.1 Método do tanque Classe A

Os dados necessários, para estimativa da evapotranspiração de referência por este método, são a evaporação do tanque Classe A (ECA) em mm/dia, os valores da umidade relativa do Ar (U.R.) em % e a velocidade média do vento (U) em km/dia.

A evapotranspiração de referência (ET_o), que representa o valor médio em mm/dia para o período considerado é obtida pela seguinte expressão:

$$ET_o = K_p \cdot ECA$$

onde: K_p = Coeficiente do tanque Classe A, que é função da umidade relativa do ar, velocidade média do vento e condições de bordadura do tanque (Tabela 01 do apêndice);

ECA = Evaporação do tanque Classe A (mm/dia).

3.2.5.2 Método da Radiação Solar

Os dados climáticos necessários para estimativa da evapotranspiração de referência por este método são: Temperatura média (T) em $^{\circ}C$, duração média real de insolação (n) ou radiação média recebida de ondas curtas (R_s) em mm de evaporação equivalente, valores de umidade relativa média (U.R.) em % e velocidade média do vento diurno (U) em m/s.

A evapotranspiração de referência (ET_o) que representa o valor médio em mm/dia para o período considerado é obtido por:

$$ET_o = C \cdot (W \cdot R_s)$$

onde: c = Fator de ajuste feito graficamente sobre W , R_s utilizando-se os dados de umidade relativa média velocidade média do vento. (Figura 03 do apêndice);

w = Fator de ponderação, dependente da temperatura média e da altitude (Tabela 02 do apêndice);

R_s = Radiação média recebida de onda curta em mm/dia medida ou obtida através de:

$$R_s = (a + b \cdot n/N) R_a$$

onde:

a e b = São parâmetros definidos para Piracicaba, segundo OMETTO (1968) como 0.26 e 0.51 respectivamente;

n = Insolação média real medida (h/dia);

N = Insolação máxima diária em horas e décimos, função da latitude local e do mês em questão (Tabela 03 do apêndice);

R_a = Radiação Extra-Terrestre, função da latitude local e época do ano (Tabela 4 do apêndice).

3.2.5.3 Método de PENMAN

Os dados necessários, são: Temperatura média diária (T) em $^{\circ}\text{C}$, umidade relativa média (U.R.) em %, velocidade média diária do vento (U) em Km/dia a 2.00 m de altura, duração média real de Insolação (n) em h/dia.

A evapotranspiração de referência (ET_o) que representa o valor médio em mm/dia para o período considerado é obtido por:

$$ET_o = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} \cdot H + E_a}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1}$$

onde: $\frac{\Delta}{\gamma}$ = Constante determinada em função da temperatura média do ar segundo VILLA NOVA (1967) (Tabela 05 do apêndice);

H = Balanço de energia diário determinado pela equação:

$$H = R_s(1 - r) - \frac{\sigma T_a^4}{59} (0.56 - 0.09 \sqrt{e_a}) (0.1 + 0.9 n/N)$$

sendo: R_s = Já definido;

r = Poder refletor da superfície (albedo) tomado como 0.25 para grama;

σT_a^4 = Produto da quarta potência da temperatura média diária do ar (K), pela constante de STEFAN BOLTZMAN (0.817×10^{-10} Cal/cm².min). (Tabela 06 do apêndice);

e_a = Valor médio diário da pressão parcial de vapor d'água do ar em mm de Hg, calculada por:

$$e_a = \frac{U.R.}{100} e_s$$

onde: UR = Umidade relativa média diária;

e_s = Tensão de saturação de vapor d'água obtido em função da temperatura média diária (°C). (Tabela 07 do apêndice);

E_a = Poder evaporante do ar mm/dia, obtido pela seguinte expressão:

$$E_a = 0.35 \left(1 + \frac{U}{160}\right) (e_s - e_a)$$

onde: U = Velocidade média diária do vento em km/dia;

e_a e e_s = Já definidos.

3.2.5.4 Método de PENMAN modificado.

(VILLA NOVA e OMETTO, 1976)

Os dados climáticos necessários são: Temperatura média diária (T) em °C, duração média real de insolação (n) em h/dia e evaporação medida em evaporímetro tipo Piche.

A evapotranspiração de referência (ET_o), que representa o valor médio em mm/dia para o período considerado é obtida por:

$$ET_o = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot H + 0.28 E_{Pi}$$

onde: $\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$ = Valor dado em função da temperatura do ar em °C. (Tabela 08 do apêndice);

H = Termo energético obtido a partir de R_a para dois períodos do ano;

H_{pv} = (0.19 + 0.23 n/N) R_a. (Primavera-Verão);

H_{oi} = (0.17 + 0.11 n/N) R_a. (Outono-Inverno);

E_{Pi} = Evaporação medida no evaporímetro tipo Piche.

(1 cm³ = 1 mm).

Como o presente trabalho foi conduzido no período de junho a setembro, a fórmula utilizada corresponde a do período Outono-Inverno.

3.2.5.5 Método de THORNTHWAITE

Este método é aqui apresentado pela grande facilidade de aplicação devido ao fato do único parâmetro envolvido ser a temperatura média do período.

Neste trabalho, utilizou-se a simplificação dos cálculos apresentado por CAMARGO (1966), onde o valor de ET_o é obtido em tabelas, sendo função da temperatura média do período e a temperatura média anual, (Tabela 9 do apêndice). Estes valores de ET_o devem ser corrigidos através de um fator de ajuste relacionado ao comprimento do dia, ou seja, a insolação máxima diária N , função do mês e latitude local. (Tabela 03 do apêndice). O fator de ajuste é dado por $N/12$, já que no original, os cálculos foram feitos para dias com 12 horas de insolação.

A evapotranspiração de referência (ET_o) que representa o valor médio em mm/dia para o período considerado é obtido por:

$$ET_o = ET_o \text{ (Tabelado)} \times N/12.$$

3.2.6 Obtenção dos valores do coeficiente de cultura - K_c .

De posse dos valores estimados para a evapotranspiração de referência (ET_o), através de cada um dos métodos citados, e os valores obtidos pela medida da

evapotranspiração máxima de cultura (ET_m), temos a seguinte relação:

$$K_c = \frac{ET_m}{ET_o}$$

onde: K_c = Coeficiente de cultura (adimensional);

ET_m = Evapotranspiração máxima da cultura (mm/dia);

ET_o = Evapotranspiração de referência (mm/dia).

3.2.7 Simbologia adotada.

Como no presente trabalho, foram usados cinco métodos para determinação das estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o) e da relação destes com a evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) foram obtidos cinco conjuntos de valores para o coeficiente de cultura relativo a cada método, há a necessidade de diferenciar os parâmetros determinados e a simbologia adotada se encontra no Quadro 6.

Quadro 6 - Simbologia adotada.

MÉTODO	EVAP. REF. (ET _o)	COEF. CULTURA (K _c)
Penman	ET _{oPn}	K _{cPn}
Penman Modif.	ET _{oPn} [*]	K _{cPn} [*]
Radiação Solar	ET _{oRs}	K _{cRs}
Tanque Classe A	ET _{oCA}	K _{cCA}
Thornthwaite	ET _{oTh}	K _{cTh}

3.2.8 Parâmetros de Rendimento da Cultura

Com o objetivo de avaliar o desempenho final da cultura, foram analisados os parâmetros, produtividade média por hectare e peso hectolítrico. Após colheita e trilhagem dos grãos, procedeu-se os cálculos necessários para se obter a produtividade e peso hectolítrico, seguido da determinação do teor da umidade pelo processo "padrão de estufa". Ambas tiveram correção de umidade para o valor padrão de 13%.

3.2.9 Análise Estatística

Os valores determinados para as estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o) e os valores dos coeficientes de cultura foram submetidos no teste F para análise de variância e do teste de Tukey para a comparação das médias.

Também foram aplicados os testes acima nos dados de evapotranspiração máxima da cultura nos três lisímetros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Desempenho dos Lisímetros

Estes equipamentos, pela sua simplicidade, apresentaram desempenho satisfatório com relação aos resultados obtidos. Em concordância com ENCARNAÇÃO (1987), BARBIERI (1981) e CURY (1985), foi evidenciado a quase inexistência de erros operacionais, pois as medições de forma direta, dispensavam quaisquer correções, sendo necessário apenas o reabastecimento do reservatório de alimentação, sempre que o nível atingisse valores extremos. Dentro dos lisímetros, o nível freático foi mantido constante, e sua verificação se dava através de piezômetros constituídos de tubos perfurados envoltos em manta filtrante.

Os valores obtidos para evapotranspiração máxima da cultura tiveram uma precisão adequada ao presente estudo, correspondendo a uma aproximação de 0,035 mm. O comportamento da cultura, relativo ao seu desenvolvimento, da germinação a maturação, apresentou de modo geral, uma uniformidade tanto na bordadura como nos lisímetros.

4.2. Valores da Evapotranspiração Máxima da Cultura (ET_m)

No quadro 7, são apresentados os valores médios diários, da evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), por pântadas, no período de 08 de Junho a 30 de setembro de 1988, somando um total de 115 dias a duração do ciclo vegetativo da cultura, correspondendo a 23 pântadas.

Observa-se que o valor médio de consumo total de água foi de 347,20 mm, o que corresponde a um consumo médio de 3,02 mm/dia durante o ciclo da cultura. O consumo mínimo de água, se deu durante a fase de estabelecimento e seu valor foi de 0,58 mm/dia e o valor do consumo máximo de água ocorreu na fase de formação dos grãos correspondendo a 7,25 mm/dia.

O valor médio do consumo total encontrado, apresentou-se inferior ao valor da demanda ideal apresentado por DOOREMBOS & KASSAN (1980), mas foi superior aos valores de demanda hídrica ideal para a cultura do trigo determinados por CAMARGO (1988) para diversas regiões paulistas.

Os valores da ET_m acumulados em função do tempo, apresentados na Figura 4, mostram a forma como ocorreu o consumo de água durante o ciclo vegetativo do trigo.

Figura 4 - Valores acumulados da evapotranspiração máxima da cultura.

A Figura 5 nos fornece a idéia de como foi a absorção média diária da cultura, ao longo do ciclo.

Figura 5 - Evapotranspiração média por pântadas.

Quadro 7 - Evapotranspiração máxima da cultura (ETm), média por pântadas, durante o ciclo vegetativo total.

PÊNTADA	LIS. 01 (l)	LIS. 02 (l)	LIS. 03 (l)	MÉDIA (l)	MÉDIA (mm)	ACUMULADA (mm)
I	0.78	0.85	0.83	0.82	0.58	2.90
II	1.12	1.21	1.18	1.17	0.82	7.00
III	0.80	0.85	0.85	0.83	0.59	9.95
IV	1.29	1.40	1.36	1.35	0.95	14.70
V	1.71	1.86	1.81	1.79	1.26	21.00
VI	2.27	2.46	2.40	2.38	1.67	29.35
VII	2.54	2.77	2.83	2.71	1.91	38.90
VIII	3.25	3.41	3.54	3.40	2.39	50.85
IX	3.41	3.79	3.78	3.66	2.58	63.75
X	3.24	3.75	3.62	3.54	2.49	76.20
XI	4.16	4.75	4.55	4.49	3.16	92.00
XII	5.16	4.85	5.24	5.08	3.58	109.90
XIII	5.58	5.76	5.88	5.74	4.04	130.10
XIV	5.59	6.08	6.18	5.95	4.19	151.05
XV	5.51	6.29	6.40	6.07	4.27	172.40
XVI	7.20	8.11	8.30	7.87	5.54	200.10
XVII	6.61	7.12	7.17	6.97	4.91	224.65
XVIII	7.49	7.84	7.45	7.59	5.35	251.40
XIX	8.40	8.06	7.18	7.88	5.55	279.15
XX	11.63	10.68	8.55	10.29	7.25	315.40
XXI	3.51	3.15	2.48	3.05	2.14	326.10
XXII	5.48	4.70	2.37	4.18	2.94	340.80
XXIII	2.27	1.96	1.20	1.81	1.28	347.20
TOTAIS	494,81	508.05	475.05	493.10	347.20	---

A Análise estatística, realizada sobre os dados do quadro 7, considerando o consumo em litros obtidos nos três lisímetros, constou do teste F para análise de

variância e do teste de Tukey para comparação de médias. A média geral foi de 4,29 l o que corresponde aos 3,02 mm/dia de consumo médio diário para o ciclo vegetativo da cultura.

O teste de Tukey para médias dos lisímetros, mostrou não haver diferença significativa entre os valores obtidos tanto a 1% como a 5%, permitindo-nos assim, trabalharmos com um valor médio na determinação dos demais parâmetros. O resultado do teste foi o seguinte:

Teste de Tukey para médias de lisímetros

Nº ORDEM	Nº TRAT.	NOME	Nº REP.	MÉDIAS	5%	1%
1	2	Lis.02	23	4.421739	a	A
2	1	Lis.01	23	4.303913	a	A
3	3	Lis.03	23	4.136957	a	A
DMS 5% = 0.39699			DMS 1% = 0.50341			

O quadro 8 apresenta os valores obtidos para a evapotranspiração máxima da cultura, por fases de desenvolvimento vegetativo caracterizando bem cada fase em função dos valores médios de consumo diário de água.

Quadro 8 - Valores médios da evapotranspiração máxima da cultura, por fases de desenvolvimento vegetativo.

FASE	DURAÇ. (dias)	LIS. 01 (l)	LIS. 02 (l)	LIS. 03 (l)	MÉDIA (l)	MÉDIA (mm)	ACUMUL. (mm)
Estab.	10	0.95	1.03	1.01	1.00	0.70	7.0
Perfilh.	15	1.27	1.37	1.34	1.33	0.93	20.95
Emborr.	25	2.94	3.24	3.23	3.14	2.21	76.20
Floração	20	5.12	5.36	5.46	5.31	3.74	151.00
For.grão	30	7.81	8.02	7.51	7.78	5.48	315.40
Maturaç.	15	3.75	3.27	2.02	3.01	2.12	347.20

A Primeira fase, a de estabelecimento foi de aproximadamente dez dias, durando do início da germinação até o início do perfilhamento, nesta, as plantas apresentavam tamanho reduzido e pequena cobertura do solo, o que justifica o consumo baixo, da ordem de 0,70 mm/dia.

A Segunda fase, a de perfilhamento, com duração aproximada de quinze dias, foi caracterizada pela intensa brotação lateral ou seja, pela formação de perfilhos. Nesta fase houve um pequeno acréscimo no consumo de água, mas devido ainda ao pequeno porte das plantas este permanece baixo, com valor médio da ordem de 0,93 mm/dia.

A Terceira fase, a de emborrachamento, prolongou-se por aproximadamente vinte e cinco dias, nesta fase a planta prepara-se para emitir os panículos que vão caracterizar a fase seguinte. Nesta, houve um acréscimo maior no consumo de água e o valor médio foi da ordem de

2,21 mm/dia.

A Quarta fase, a de floração que teve duração aproximada de vinte dias, indo do início da emissão dos panículas até que praticamente todas as plantas as tivessem emitido e se desse então o enchimento dos grãos, esta evidenciou o contínuo aumento do consumo de água ficando este na ordem de 3,74 mm/dia.

A Quinta fase, a de formação dos grãos, com duração aproximada de trinta dias, foi sem dúvidas a fase de maior consumo de água o que se explica pela maior atividade das plantas, nesta fase, o consumo acumulado foi dobrado em relação a fase anterior, fornecendo um valor médio da ordem de 5,48 mm/dia e um total acumulado de 164,40 mm.

A Sexta fase, a de maturação, com duração aproximada de quinze dias, foi caracterizada, como era de se esperar, por um declínio no consumo de água. Nesta fase o valor médio de consumo foi da ordem de 2,12 mm/dia, sendo que nos três últimos dias precedentes à colheita, o consumo girou em torno de 1,00 mm/dia.

4.3. Valores das Estimativas da Evapotranspiração de Referência (ETo)

Nos quadros 9 a 13, são apresentados todos os dados climáticos, os dados tabelados e os calculados, que foram necessários a determinação dos valores estimados da evapotranspiração de referência (ETo), através dos diversos

métodos propostos.

4.3.1 Método do Tanque Classe A

Quadro 9 - Evapotranspiração de referência segundo o método do Tanque Classe A.

PÊNTADA	U. R. %	VENTO Km/d.	E. C. A. mm	KP	EToCA mm
I	68	189.6	2.97	0.70	2.08
II	67	232.8	3.35	0.70	2.35
III	64	187.2	2.34	0.70	1.64
IV	63	249.6	3.19	0.70	2.23
V	60	206.4	3.40	0.70	2.38
VI	59	220.8	3.50	0.70	2.45
VII	68	230.4	3.20	0.70	2.24
VIII	61	304,8	4.11	0.70	2.88
IX	56	177.6	3.47	0.70	2.43
X	64	252.0	3.47	0.70	2.43
XI	57	177,6	3.56	0.70	2.49
XII	54	170.4	3.72	0.75	2.79
XIII	59	312.0	5.52	0.70	3.86
XIV	56	199.2	4.34	0.70	3.04
XV	54	218.4	5.03	0.70	3.52
XVI	44	208.8	5.92	0.70	4.14
XVII	47	204.0	5.78	0.70	4.05
XVIII	61	297.6	5.62	0.70	3.93
XIX	39	219.8	6.96	0.60	4.18
XX	35	256.8	8.54	0.60	5.12
XXI	66	278.4	5.26	0.70	3.68
XXII	44	218.4	7.55	0.70	5.29
XXIII	56	317.3	7.34	0.70	5.14

4.3.2 Método da Radiação Solar

Quadro 10 - Evapotranspiração de referência segundo o método da Radiação solar.

PENTADA	T °C	VENTO	U. R.	Ra/59	n	N	W	RS	W. RS	ETorS
	--	(m/s)	%	mm eq	h	h	-	mm	mm	mm
I	19.7	2.19	68	9.42	7.6	10.74	0.70	5.86	4.10	3.49
II	15.5	2.69	67	9.42	7.1	10.74	0.65	5.62	3.65	3.05
III	15.8	2.17	64	9.42	7.2	10.74	0.65	5.67	3.68	3.08
IV	17.5	2.89	63	9.42	6.9	10.74	0.67	5.52	3.70	3.10
V	19.1	2.39	60	9.58	8.2	10.78	0.68	6.20	4.22	3.61
VI	18.4	2.56	59	9.82	8.8	10.84	0.67	6.61	4.43	3.82
VII	16.2	2.67	68	9.82	6.9	10.84	0.65	5.76	3.74	3.14
VIII	11.7	3.53	61	9.82	8.0	10.84	0.60	6.26	3.76	3.16
IX	15.8	2.06	56	9.82	8.6	10.84	0.65	6.51	4.23	3.62
X	13.8	2.92	64	9.82	7.8	10.84	0.62	6.16	3.82	3.22
XI	14.5	2.06	57	10.15	8.9	10.95	0.63	6.83	4.30	3.69
XII	17.3	1.97	54	11.46	9.2	11.39	0.66	7.71	5.09	5.02
XIII	18.8	3.61	58	11.46	9.8	11.39	0.68	8.00	5.44	4.81
XIV	17.6	2.31	56	11.46	9.6	11.39	0.67	7.89	5.28	4.65
XV	19.5	2.53	54	11.46	9.6	11.39	0.70	7.89	5.52	5.46
XVI	21.1	2.42	44	11.46	9.9	11.39	0.71	8.06	5.72	5.67
XVII	22.7	2.36	47	11.46	9.0	11.39	0.73	7.60	5.54	5.49
XVIII	19.9	3.44	61	13.59	8.9	12.00	0.70	8.66	6.06	5.42
XIX	21.3	2.54	39	13.59	10.3	12.00	0.72	9.50	6.84	5.35
XX	25.4	2.97	35	13.59	10.1	12.00	0.75	9.36	7.02	7.56
XXI	20.3	3.22	66	13.59	10.1	12.00	0.70	6.86	4.80	4.18
XXII	26.5	2.52	44	13.59	8.2	12.00	0.76	8.24	6.26	6.24
XXIII	24.3	3.67	56	13.59	7.7	12.00	0.74	7.97	5.90	5.86

4.3.3 Método de Penman

Quadro 11 - Evapotranspiração de referência segundo o método de Penman.

DA	TEMP. °C	VENTO Km/d.	U. R. %	Ra/59 mm eq	n h	N h	es mmHg	ea mmHg	$\sigma T_a^4/59$ mm eq	Δ/γ	H mm eq	E mm eq	Rs mm eq	EToPn mm
	19.7	189.6	68	9.42	7.6	10.74	17.21	11.70	14.83	2.0	1.63	4.21	5.86	2.49
	15.5	232.8	67	9.42	7.1	10.74	13.21	8.85	13.98	1.7	1.38	3.78	5.62	2.27
	15.8	187.2	64	9.42	7.2	10.74	13.46	8.61	14.03	1.8	1.33	3.68	5.67	2.17
	17.5	249.6	63	9.42	6.9	10.74	15.00	9.45	14.37	1.9	1.39	4.97	5.52	2.63
	19.1	206.4	60	9.58	8.2	10.78	16.58	9.95	14.69	2.0	1.47	5.31	6.21	2.75
	18.4	220.8	59	9.82	8.8	10.84	15.87	9.36	14.56	2.0	1.52	5.42	6.61	2.82
	16.2	230.4	68	9.82	6.9	10.84	13.81	9.39	14.10	1.8	1.61	3.77	5.76	2.38
	11.7	304.8	61	9.82	8.0	10.84	13.46	8.29	13.27	1.4	1.30	4.09	6.26	2.46
	15.8	177.6	56	9.82	8.6	10.84	11.83	7.54	14.03	1.8	1.32	4.37	6.51	2.41
	13.8	252.0	64	9.82	7.8	10.84	11.83	7.57	13.66	1.6	1.43	3.84	6.16	2.36
	14.5	177.6	57	10.15	8.9	10.95	12.38	7.06	13.80	1.6	1.45	3.93	6.83	2.41
	17.3	170.4	54	11.45	9.2	11.39	14.81	8.00	14.32	1.9	2.16	4.92	7.71	3.11
	18.8	312.0	58	11.45	9.8	11.39	16.27	9.44	14.66	2.0	2.37	7.05	8.00	3.93
	17.6	199.2	56	11.45	9.6	11.39	15.09	8.45	14.39	4.9	2.24	5.22	7.89	3.27
	19.5	218.4	54	11.45	9.6	11.39	17.00	9.18	14.78	2.0	2.28	6.47	7.89	3.67
	21.1	208.8	44	11.45	9.9	11.39	18.77	8.26	15.10	2.2	2.03	8.48	8.06	4.04
	22.7	204.0	47	11.45	9.0	11.39	20.69	9.72	15.46	2.6	2.19	8.73	7.60	4.01
	19.9	297.6	61	13.59	8.9	12.00	17.43	10.63	14.86	2.0	3.46	6.81	8.66	4.58
	21.8	219.8	39	18.59	10.3	12.00	19.59	7.64	15.25	2.5	2.97	9.93	9.50	4.96
	25.4	256.8	35	13.59	10.1	12.00	24.33	8.52	16.00	2.9	2.95	14.42	9.36	5.89
	20.3	278.4	66	13.59	5.7	12.00	17.89	11.79	14.95	2.1	3.15	5.82	6.86	4.01
	26.5	218.4	44	13.59	8.2	12.00	25.96	11.42	16.24	3.0	3.23	12.04	8.25	5.43
	24.3	317.3	56	13.59	7.7	12.00	22.79	12.76	15.78	2.7	3.43	10.47	7.97	5.33

4.3.4 Método de Penman Modificado

Quadro 12 - Evapotranspiração de referência segundo o método de Penman modificado.

PENTADA	TEMP. °C	R _a /59 mm eq	n h	N h	$\Delta/\Delta+\gamma$ ---	H mm	EPi mm	EToPn* mm
I	19.7	9.42	7.6	10.74	0.67	2.34	3.12	2.44
II	15.5	9.42	7.1	10.74	0.63	2.29	3.42	2.40
III	15.8	9.42	7.2	10.74	0.64	2.30	2.98	2.30
IV	17.5	9.42	6.9	10.74	0.66	2.27	4.08	2.64
V	10.1	9.58	8.2	10.78	0.67	2.43	4.22	2.81
VI	18.4	9.58	8.8	10.84	0.67	2.55	2.70	3.02
VII	16.2	9.58	6.9	10.84	0.64	2.36	3.30	2.44
VIII	11.7	9.58	8.0	10.84	0.58	2.47	5.47	2.96
IX	15.8	9.58	8.6	10.84	0.64	2.52	4.28	2.81
X	13.8	9.82	7.8	10.84	0.61	2.45	4.14	2.65
XI	14.5	10.15	8.9	10.95	0.61	2.63	4.62	2.90
XII	17.3	11.45	9.2	11.39	0.65	2.97	5.46	3.46
XIII	18.8	11.45	9.8	11.39	0.67	3.03	6.36	3.81
XIV	17.6	11.45	9.6	11.39	0.66	3.01	4.70	3.30
XV	19.5	11.45	9.6	11.39	0.67	3.01	6.46	3.82
XVI	21.1	11.45	9.9	11.39	0.72	2.94	8.15	4.49
XVII	22.7	11.45	9.0	11.39	0.72	2.94	8.15	4.40
XVIII	19.9	13.59	8.9	12.00	0.67	3.42	6.72	4.17
XIX	21.8	13.59	10.3	12.00	0.71	3.60	9.94	5.34
XX	25.4	13.59	10.1	12.00	0.74	3.57	12.8	6.22
XXI	20.3	13.59	5.7	12.00	0.68	3.03	5.3	3.54
XXII	26.5	13.59	8.2	12.00	0.76	3.33	10.34	5.42
XXIII	24.3	13.59	7.7	12.00	0.73	3.27	9.44	5.03

4.3.5 Método de Thornthwaite

Quadro 13 - Evapotranspiração de referência segundo o método de Thornthwaite.

PENTADA	T°C	N	EToTh
	---	h	mm
I	19.7	10.74	2.00
II	15.5	10.74	1.16
III	15.8	10.74	1.25
IV	17.5	10.74	1.52
V	10.1	10.78	1.88
VI	18.4	10.84	1.81
VII	16.2	10.84	1.30
VIII	11.7	10.84	0.63
IX	15.8	10.84	1.26
X	13.8	10.84	0.90
XI	14.5	10.95	1.00
XII	17.2	11.39	1.61
XIII	18.8	11.39	1.99
XIV	17.6	11.39	1.61
XV	19.5	11.39	2.09
XVI	21.1	11.39	2.56
XVII	22.7	11.39	3.04
XVIII	19.9	12.00	2.30
XIX	21.8	12.00	2.90
XX	25.4	12.00	4.10
XXI	20.3	12.00	2.40
XXII	26.5	12.00	4.40
XXIII	24.3	12.00	3.60

4.3.6 Comparação entre os Resultados dos Cálculos de Estimativas da ETo

Quadro 14 - Comparação entre os resultados obtidos para ETo.

PÊNTADA	ETocA	EToRs	EToPn	EToPn*	EToTh
I	2.08	3.49	2.49	2.44	2.00
II	2.35	3.05	2.27	2.40	1.16
III	1.64	3.08	2.17	2.30	1.25
IV	2.23	3.10	2.63	2.64	1.52
V	2.38	3.61	2.75	2.81	1.88
VI	2.45	3.82	2.82	3.02	1.81
VII	2.24	3.14	2.38	2.44	1.30
VIII	2.88	3.16	2.46	2.96	0.63
IX	2.43	3.62	2.41	2.81	1.26
X	2.43	3.22	2.36	2.65	0.90
XI	2.49	3.69	2.41	2.90	1.00
XII	2.79	5.02	3.11	3.46	1.61
XIII	3.86	4.81	3.93	3.81	1.99
XIV	3.04	4.65	3.27	3.30	1.61
XV	3.52	5.46	3.67	3.82	2.09
XVI	4.14	5.67	4.04	4.49	2.56
XVII	4.05	5.49	4.01	4.40	3.04
XVIII	3.93	5.42	4.58	4.17	2.30
XIX	4.18	7.35	4.96	5.34	2.90
XX	5.12	7.56	5.89	6.22	4.10
XXI	3.68	4.18	4.01	3.54	2.40
XXII	5.29	6.24	5.43	5.42	4.40
XXIII	5.14	5.86	5.33	5.03	3.60

A análise Estatística realizada para comparação dos valores estimados da evapotranspiração

potencial (ETo), constou do teste F para análise de variância e do teste de Tukey para comparação de médias. O teste F, evidenciou diferenças significativas entre os valores analisados, apresentando uma média geral igual a 3,37 mm e um coeficiente de variação de 10.27%. O teste de Tukey evidenciou as diferenças da seguinte forma:

Teste de Tukey para médias de métodos.

Nº ORDEM	Nº TRAT.	NOME	Nº REP.	MÉDIAS	5%	1%
1	2	EToRs	23	4.551739	a	A
2	4	EToPn*	23	3.581304	b	B
3	3	EToPn	23	3.451304	bc	BC
4	1	ETocA	23	3.232174	c	C
5	5	EToTh	23	2.056957	d	D
DMS 5% = 0.28471			DMS 1% = 0.34291			

O Quadro 15, mostra os valores médios diários da evapotranspiração de referência obtidos pelos diversos métodos empregados, para as várias fases de desenvolvimento vegetativo da cultura.

Quadro 15 - Valores da evapotranspiração de referência por fases de desenvolvimento vegetativo

FASE	DURAÇ. dias	ETocA mm	EToRs mm	EToPn mm	EToPn* mm	EToTh mm
Estabelec.	10	2.22	3.27	2.38	2.42	1.58
Perfilh.	15	2.08	3.26	2.52	2.58	1.55
Emborrach.	25	2.49	3.39	2.49	2.78	1.18
Floração	20	3.05	4.54	3.18	3.37	1.55
Far. grão	30	4.16	6.16	4.53	4.74	2.83
Maturação	15	4.70	5.43	4.92	4.66	3.47

A análise estatística neste caso, evidência diferenças significativas entre os diversos métodos, o que pode ser melhor visualizado pelo resultado do teste de Tukey.

Teste de Tukey para médias de métodos.

Nº ORDEM	Nº TRAT.	NOME	Nº REP.	MÉDIAS	5%	1%
1	2	EToRs	6	4.341667	a	A
2	4	EToPn*	6	3.425000	b	B
3	3	EToPn	6	3.336667	b	B
4	1	ETocA	6	3.116667	b	B
5	5	EToTh	6	2.026667	c	C
DMS 5% = 0.4816				DMS 1% = 0.60236		

4.4. Valores dos Coeficientes de Cultura Aplicáveis aos Diferentes Métodos de Estimativas da Evapotranspiração de Referência

Os valores dos coeficientes de cultura (K_c), foram obtidos através da relação entre a evapotranspiração máxima da cultura e a evapotranspiração de referência estimada pelos métodos já vistos. Os valores são previamente apresentados por períodos de cinco dias, ou seja, por p^{en}tadas (Quadro 16) e posteriormente apresentados por fases de desenvolvimento vegetativo da cultura, (Quadro 17) visando uma maior adequação desses parâmetros ao manejo da irrigação. DOORENBOS & KASSAN (1980) apresentam estes coeficientes por estágios fenológicos da cultura.

Quadro 16 - Valores de coeficientes de cultura determinados por diversos métodos de estimativas da ETo.

PÊNTADA	KccA	KcRs	KcPn	KcPn*	KcTh
I	0.28	0.17	0.23	0.24	0.29
II	0.35	0.27	0.36	0.34	0.70
III	0.35	0.19	0.27	0.26	0.46
IV	0.42	0.31	0.36	0.36	0.62
V	0.53	0.35	0.46	0.45	0.67
VI	0.68	0.44	0.59	0.55	0.92
VII	0.85	0.61	0.80	0.78	1.47
VIII	0.83	0.76	0.97	0.81	3.79
IX	1.06	0.71	1.07	0.92	2.05
X	1.03	0.77	1.06	0.94	2.77
XI	1.27	0.86	1.31	1.09	3.16
XII	1.28	0.71	1.15	1.03	2.22
XIII	1.05	0.83	1.03	1.06	2.03
XIV	1.38	0.90	1.28	1.27	2.60
XV	1.21	0.78	1.16	1.12	2.04
XVI	1.34	0.98	1.37	1.23	2.16
XVII	1.21	0.89	1.22	1.12	1.62
XVIII	1.36	0.99	1.17	1.28	2.33
XIX	1.33	0.75	1.12	1.04	1.91
XX	1.41	0.96	1.23	1.16	1.77
XXI	0.58	0.51	0.53	0.60	0.89
XXII	0.55	0.47	0.54	0.54	0.67
XXIII	0.25	0.22	0.24	0.25	0.35

A análise estatística a que foram submetidos os valores constantes no Quadro 16, mostrou haver diferenças significativas entre os mesmos, o que pode ser melhor visualizado, através do teste de Tukey para comparação de médias.

Teste de Tukey para médias de coeficientes.

Nº ORDEM	Nº TRAT.	NOME	Nº REP.	MÉDIAS	5%	1%
1	5	KcTh	23	0.629130	a	A
2	1	KccA	23	0.895652	b	B
3	3	KcPn	23	0.848696	bc	B
4	4	KcPn*	23	0.801739	bc	B
5	2	KcRs	23	0.627391	c	B
DMS 5% = 0.26748				DMS 1% = 0.32215		

Devido ao fato do valor médio relativo aos valores de KcTh, ter se distanciado bastante dos demais, julgou-se necessário repetir o teste com a exclusão deste, obtendo-se assim o seguinte resultado do teste de Tukey.

Teste de Tukey para médias de coeficientes.

Nº ORDEM	Nº TRAT.	NOME	Nº REP.	MÉDIAS	5%	1%
1	1	KccA	23	0.895652	a	A
2	3	KcPn	23	0.848696	ab	AB
3	4	KcPn*	23	0.801739	c	B
4	2	KcRs	23	0.627391	c	c
DMS 5% = 0.06353				DMS 1% = 0.07804		

Quadro 17 - Valores de coeficientes de cultura por fases de desenvolvimento vegetativo da cultura.

FASE	DURAÇ.	KccA	KcRs	KcPn	KcPn*	KcTh
Estabelec.	10	0.32	0.22	0.30	0.29	0.50
Perfilh.	15	0.43	0.28	0.36	0.35	0.58
Emborrach.	25	0.89	0.66	0.90	0.80	2.20
Floração	20	1.25	0.83	1.19	1.12	2.50
Far. grão	30	1.31	0.89	1.21	1.16	1.97
Maturação	15	0.45	0.40	0.44	0.46	0.64

A análise Estatística aplicada aos valores contidos no Quadro 17, revela haver diferenças significativa entre determinações de coeficientes de cultura pelos diferentes métodos empregados o que pode ser melhor visualizado através do resultado do teste de Tukey.

Teste de Tukey para médias de coeficientes.

Nº ORDEM	Nº TRAT.	NOME	Nº REP.	MÉDIAS	5%	1%
1	5	KcTh	6	1.398333	a	A
2	1	KccA	6	0.775000	b	B
3	3	KcPn	6	0.733333	b	B
4	4	KcPn*	6	0.696667	b	B
5	2	KcRs	6	0.546667	b	B
DMS 5% = 0.46157				DMS 1% = 0.57723		

Neste caso, assim como no anterior, devido a discrepância do valor médio de KcTh em relação aos demais, julgou-se necessário analisar novamente o conjunto, excluindo-se os valores de KcTh, para que se confirmasse ou não, a não existência de diferenças significativas entre os demais coeficientes, e o resultado do teste de Tukey foi o seguinte:

Teste de Tukey para médias de coeficientes.

Nº ORDEM	Nº TRAT.	NOME	Nº REP.	MÉDIAS	5%	1%
1	1	KccA	6	0.775000	a	A
2	3	KcPn	6	0.733333	a	A
3	4	KcPn*	6	0.696667	a	AB
4	2	KcRs	6	0.546667	b	B
DMS 5% = 0.12060			DMS 1% = 0.15518			

4.5. Representação Gráfica da Correlação entre Valores de ETm e ETo

As Figuras de nº 6 a 15, apresentam a correlação entre os valores da ETm e os valores da ETo estimados pelos diversos métodos propostos, o que resulta na obtenção dos valores de coeficientes de cultura.

Figura 6 - Comparação entre ETocA x ETm

Figura 7 - Coeficiente de Cultura pelo método do Tanque Classe A. Kcca.

Figura 8 - Comparação entre ETors x ETm

Figura 9 - Coeficiente de cultura pelo metodo da Radiação solar. KcRs.

Figura 10 - Comparação entre ET0Pn x ETm.

Figura 11 - Coeficiente de cultura pelo método de Penman.
KcPn.

Figura 12 - Comparação entre EToPn* x ETm.

Figura 13 - Coeficiente de cultura pelo método de Penman modificado. KcPn*.

Figura 14 - Comparação entre ET0Th x ETM.

Figura 15 - Coeficiente de cultura pelo método de Thornthwaite. KcTh.

4.6. Parâmetros de Rendimento da Cultura

Os parâmetros considerados de maior importância, foram o peso hectolítrico e a produtividade, mas além desses dois parâmetros, para um acompanhamento do desempenho da cultura foram levantados os seguintes dados.

- Densidade de plantio: 400 plantas/m²;
- Número de espigas por metro: 75;
- Espiguetas por panícula: 17 a 18;
- Flores por espiguetas: 1 = 2,0%
2 = 21,0%
3 = 57,0%
4 = 20,0%

4.6.1 Peso Hectolítrico

O peso hectolítrico, representa a densidade dos grãos do trigo após a trilhagem ou seja, é o peso em quilogramas de cem litros de trigo e foi determinado no laboratório de análise de sementes do Departamento de Agricultura e Horticultura da ESALQ, apresentando valor médio de 79.20 Kg.

Quadro 18 - Peso hectolítrico obtido.

AMOSTRAS	REP. 1	REP. 2	MÉDIA
Lisímetro 01	79.25	79.25	79.250
Lisímetro 02	79.50	79.25	79.375
Lisímetro 03	79.25	79.50	79.375
Bordadura 01	78.75	79.00	78.875
Bordadura 02	79.00	79.25	79.125

4.6.2 Produtividade

A produtividade da cultura dada em quilograma por hectare representa em primeira análise, o desempenho da cultura com relação ao retorno do capital investido, ou seja, se o comportamento da cultura relativo ao rendimento corresponde ao manejo e tratos culturais empregados. No presente experimento os dados de produtividade são mostrados no quadro 19.

Quadro 19 - Produtividade da Cultura.

Lisímetro 01	3.344 Kg/ha
Lisímetro 02	3.420 Kg/ha
Lisímetro 03	3.478 Kg/ha
Bordadura	3.440 Kg/ha

5. CONCLUSÕES

A partir das informações contidas nesta pesquisa, foram obtidas as seguintes conclusões aplicáveis aos parâmetros definidos para o ciclo vegetativo da cultura do trigo.

1. Os valores do consumo máximo, médio e mínimo de água pela cultura do trigo foram respectivamente, 7.25, 3.02 e 0.58 mm/dia. A nível de projetos, define-se a ETm do trigo através do valor médio.

2. Os valores encontrados para a ETo pelos diversos métodos propostos mostraram que:

- EToRs foi superior com média igual a 4.34 mm/dia;
- EToTh foi inferior com média igual a 2.03 mm/dia;
- ETocA, EToPn e EToPn^{*}, com médias respectivamente iguais a 3,12; 3,34 e 3,42 mm/dia, não apresentaram diferenças significativas, sendo portanto os valores que melhor se adequaram a determinação da ETm para a cultura do trigo.

3. Os valores médios dos coeficientes de cultura definidos por fases de desenvolvimento vegetativo da cultura determinados pelos métodos de Penman (KcPn) e Penman modificado (KcPn^{*}) apresentaram maior concordância com os valores recomendados pela FAO (1980)^{*}, que os valores determinados pelo método do tanque Classe A, como mostra o quadro seguinte:

FASES	KccA	KcPn	KcPn [*]	KcFAO
Estabelec.	0,32	0,30	0,29	0,3-0,4
Perfilh.	0,43	0,36	0,35	0,3-0,4
Emborrach.	0,89	0,90	0,80	0,7-0,8
Floração	1,25	1,19	1,12	1,05-1,20
For. grão	1,31	1,21	1,16	1,05-1,20
Maturação	0,45	0,44	0,46	0,4-0,5

* DOOREMBOS & KASSAN (1980).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUKHALED, A. & ALFARO, J.F. Los Lisímetros. Estudio FAO Riego y Drenaje, n^o 39, FAO, Roma, 1986. 60 pág.
- ALLEN, R.G. A Penman for all seasons. Journal of irrigation and drainage Engineering. New York. 112(4) 348/69. Nov. 1986.
- ASSIS, F.N. O uso do evapotranspirametro no estudo de algumas relações entre evapotranspiração medida e estimada. ESALQ, PIRACICABA, 1978. 74 pág. (Tese Mestrado).
- BARBIERI, V. Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-áçúcar. ESALQ Piracicaba, 1981. 82 pág. (tese Mestrado).
- BURMAM, R.D; NIXON, P.R.; WRIGHT, J.L.; PRUITT, W.O. Water requeriments. IN: JESEN, M. E. Desing and operation of farm irrigation of farm irrigation systems. St. Joseph, MI, ASAE, 1983. 11.
- CAMARGO, A.P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico. 1966. 60 pág. (Boletim 16).
- CAMARGO, A.P. Clima do Estado de São Paulo. In: SAEESP. Instituto Agronômico. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. 1974. Vol. 1.

- CAMARGO, M.P. Probabilidade de atendimento da demanda hídrica da cultura do trigo pela precipitação pluvial no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico. 1988. 26 pág. (Boletim Técnico 120).
- CAMPINAS, INSTITUTO AGRONÔMICO. Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo. 4^a ed. Campinas. 1987. 231 pág. (Boletim 200).
- CURY, D.M. Avaliação da demanda hídrica da cultura do repolho (*Brassica oleracea*, var. *capitata* L) e suas interações climáticas. Piracicaba, ESALQ-USP 1985. 79 pág. (Tese Doutorado).
- CHANG, J.H. Climate and agriculture: an ecological SURVEY. Chicago, Aldine, 1974, 304 pág.
- DOOREMBOS, J. & PRUITT, J.O. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. n^o 24. FAO, Roma, 1977. 174 pág.
- DOOREMBOS, J. & KASSAN, A.H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, n^o 33. FAO, Roma 1980. 212 pág.
- ENCARNAÇÃO, C.R.F. Estudo da demanda de água do Feijoeiro (*Faseolus vulgaris*, L) cv. goiano precoce. Piracicaba - ESALQ-USP. 1980 62 pág. (Tese mestrado).
- ENCARNAÇÃO, C.R.F. Exigências Hídricas e coeficientes culturais da Batata (*Solanum tuberosum* L). Piracicaba ESALQ-USP. 1987 62 pág. (Tese Doutorado).
- HARGREAVES, G.H. The estimation of potencial and crop evapotranspiration. LOGAN, UTAH STATE UNIVERSITY. 1973.

- MARTINS, S.R. Contribuição ao estudo da evapotranspiração de referência - Determinação de coeficiente de tanque Classe A. VIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Florianópolis, 1988. Anais vol. 2. 1023/1036.
- MOTA, F.S. Meteorologia Agrícola. São Paulo, Nobel, 7^a Ed. 1986.
- OMETTO, J.C. Estudo das Relações entre Radiação Solar Global, Radiação Líquida e Insolação. Piracicaba, ESALQ/USP, 1968. 64 p. (Tese de Doutorado).
- OMETTO, J.C. Bioclimatologia Vegetal. São Paulo. Agrônomo Ceres, 1981.
- OMETTO, J.C. Frequência de irrigação em cana-de-açúcar. Fundação de Estudos Agrários. "Luiz de Queiroz" - FEALQ - Piracicaba- SP. 1988. 77 pág.
- ORTOLANNI, A.A; A.P. CAMARGO E N.A. VILLA NOVA. Correlação entre valores decendiais da evapotranspiração potencial calculada segundo métodos de Penman e Thornthwaite e dados de evapotranspirômetros na região de Ribeirão Preto. Bragantia, Campinas, 25(nota 15): LXV-LVXIII, 1966.
- PENMAN, H.L. Evaporation: an introductory survey. Netherlands Journal of Agricultural Science, 4: 9-29, 1956.
- PERES, J.G. Determinação dos coeficientes de cultura (Kc) da cana-de-açúcar: Ciclo de Cana-soca. Piracicaba-ESALQ/USP. 1988. 93 pág. (Tese Mestrado).
- RANZANI, G.; O. FREIRE e T. KINJO. Carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba, Centro de Estudos de

- Solos. ESALQ-USP. 1966. 85 pág.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo, Manole, 1987. 188 pág.
- SAAD, J.C.C. & SCALOPI, E.J. Análise dos principais métodos climatológicos para estimativa da evapotranspiração. VIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenage. Florianópolis - SC. 1988. Anais vol. 2. 99-1021.
- SEDIYAMA, G.C. Estudos de métodos para estimativa da evapotranspiração potencial em Viçosa. U.F.V. Viçosa - MG. 1972. (Tese mestrado).
- SEDIYAMA, G.C. Necessidades de água para os cultivos. Associação Brasileira Ensino Agrícola Superior - ABEAS. Brasília, 1987. 143 pág.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, New York, 38(1): 55-94, 1948.
- VILLA NOVA, N.A. A estimativa de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Piracicaba. ESALQ/USP, 1967. 66 p. (Tese Doutorado).
- VILLA NOVA, N.A. e J.C. OMETTO. Adaptação e simplificação do método de PENMAN às condições climáticas do Estado de São Paulo. Trabalho apresentado no IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos. Fortaleza - CE. 1976.
- WRIGHT, J.L. & JENSEN, M.E. Peak water requeriments in Southerm Idaho. Journal of the irrigation and drainage Division, ASCE, 98(IR2): 193-201, 1972.

A P Ê N D I C E

Figura 03. Relação para obter a ETo a partir de valores calculados de $W.Rs$ e um conhecimento geral da umidade relativa média e de velocidade de ventos diurnos.

Tabela 01. Valores do Coeficiente de Conversão do Tanque Classe A (Kp).

URZ (média)	Vento (Km/dia)	Exposição A: Tanque circundado por grama			Posição do Tanque d(m)*	Exposição B: Tanque circundado por solo nũ			Posição do Tanque d(m)*
		<40%	40-70	>70%		<40%	40-70	>70%	
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
Leve 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

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

* Por d entende-se, como a menor distância (expressa em metros), do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nũ).

Tabela 02. VALORES DO FATOR DE PONDERAÇÃO W PARA OS EFEITOS DA RADIAÇÃO SOBRE A ET₀,
A DIFERENTES TEMPERATURAS E ALTITUDES.

Temperatura °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W a una altitud de (m)																				
0	0.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.68	.71	.73	.75	.77 *	.78	.80	.82	.83	.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
4 000	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.76	.78	.79	.81	.83	.84	.85	.86	.88	.89	.90	.90

Tabela 03. Duração Máxima da Insolação (Fotoperíodo)(N).

Lat.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
5N	11,74	11,85	11,97	12,11	12,22	12,28	12,25	12,15	11,98	11,90	11,78	11,72
4N	11,80	11,88	11,98	12,09	12,18	12,22	12,20	12,12	12,02	11,91	11,82	11,77
3N	11,85	11,90	11,98	12,06	12,13	12,17	12,15	12,09	12,01	11,94	11,87	11,83
2N	11,90	11,93	11,98	12,04	12,09	12,11	12,10	12,06	12,01	11,95	11,91	11,88
1N	11,94	11,96	11,99	12,02	12,04	12,05	12,04	12,03	12,00	11,97	11,95	11,94
0	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
1S	12,05	12,02	12,00	11,97	11,95	11,94	11,04	11,97	11,99	12,02	12,04	12,05
2S	12,09	12,05	12,01	11,95	11,91	11,88	11,89	11,93	11,98	12,03	12,08	12,10
3S	12,15	12,08	12,01	11,93	11,86	11,83	11,84	11,90	11,97	12,05	12,12	12,16
4S	12,20	12,12	12,01	11,90	11,82	11,77	11,80	11,87	11,97	12,08	12,18	12,22
5S	12,24	12,15	12,01	11,86	11,78	11,71	11,74	11,83	11,97	12,10	12,22	12,28
6S	12,30	12,18	12,02	11,85	11,73	11,66	11,69	11,80	11,95	12,12	12,26	12,33
7S	12,35	12,18	12,02	11,84	11,68	11,61	11,65	11,77	11,95	12,14	12,30	12,39
8S	12,40	12,25	12,03	11,81	11,63	11,55	11,59	11,74	11,95	12,16	12,34	12,44
9S	12,45	12,28	12,04	11,79	11,59	11,50	11,54	11,70	11,93	12,18	12,40	12,50
10S	12,50	12,31	12,04	11,76	11,54	11,44	11,49	11,66	11,93	12,20	12,42	12,55
11S	12,55	12,33	12,05	11,74	11,50	11,37	11,43	11,63	11,92	12,22	12,48	12,61
12S	12,60	12,36	12,05	11,73	11,45	11,32	11,38	11,61	11,90	12,24	12,52	12,69
13S	12,65	12,38	12,05	11,70	11,40	11,24	11,34	11,57	11,89	12,28	12,58	12,75
14S	12,71	12,41	12,05	11,68	11,34	11,18	11,28	11,53	11,88	12,30	12,62	12,80
15S	12,76	12,43	12,06	11,62	11,28	11,12	11,23	11,48	11,85	12,33	12,69	12,88
16S	12,81	12,48	12,06	11,61	11,24	11,05	11,18	11,43	11,81	12,36	12,74	12,93
17S	12,88	12,51	12,06	11,55	11,20	11,03	11,12	11,39	11,80	12,38	12,76	13,00
18S	12,92	12,58	12,07	11,52	11,15	10,95	11,06	11,37	11,85	12,44	12,80	13,06
19S	13,00	12,62	12,07	11,50	11,08	10,89	11,00	11,30	11,90	12,46	12,88	13,10
20S	13,06	12,65	12,07	11,48	11,00	10,80	10,96	11,28	11,92	12,50	12,92	13,15
21S	13,10	12,67	12,07	11,45	10,97	10,72	10,92	11,25	11,96	12,56	12,98	13,21
22S	13,14	12,70	12,07	11,41	10,92	10,69	10,87	11,20	12,00	12,60	13,02	13,30
23S	13,20	12,80	12,07	11,38	10,85	10,60	10,80	11,14	12,00	12,70	13,10	13,40
24S	13,26	12,86	12,08	11,33	10,80	10,55	10,74	11,10	12,00	12,72	13,16	13,47
25S	13,35	12,87	12,08	11,30	10,78	10,48	10,68	11,09	12,00	12,74	13,20	13,54
26S	13,40	12,88	12,08	11,29	10,76	10,40	10,62	11,08	12,00	12,76	13,24	13,61
27S	13,46	12,90	12,10	11,28	10,70	10,35	10,60	11,10	12,01	12,78	13,26	13,68
28S	13,50	12,91	12,11	11,27	10,65	10,29	10,58	11,12	12,01	12,80	13,30	13,72
29S	13,55	12,93	12,12	11,24	10,62	10,20	10,50	11,13	12,01	12,82	13,34	13,80
30S	13,60	13,00	12,15	11,20	10,55	10,10	10,40	11,15	12,01	12,85	13,40	13,90
31S	13,68	13,07	12,18	11,17	10,49	10,00	10,34	11,11	12,01	12,88	13,46	13,98
32S	13,78	13,16	12,21	11,14	10,42	9,92	10,28	11,08	12,01	12,92	13,53	14,08
33S	13,86	13,25	12,25	11,10	10,34	9,86	10,20	11,04	12,02	12,95	13,60	14,19
34S	13,96	13,32	12,30	11,07	10,26	9,78	10,14	11,00	12,02	13,00	13,66	14,27
35S	14,08	13,39	12,34	11,04	10,20	9,70	10,09	10,95	12,01	13,04	13,72	14,38
36S	14,20	13,46	12,39	11,01	10,16	9,64	10,00	10,90	12,01	13,08	13,84	14,50

Tabela 04. Radiação Extra-terrestre (Ra), em mm. ev. eq.

Lat.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
0°	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
2	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
4	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,5	15,4
6	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
8	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
10	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
12	16,6	16,3	15,4	14,0	12,5	11,6	12,0	13,2	14,7	15,8	16,4	16,5
14	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	16,9	16,4	15,2	13,5	11,7	10,8	11,2	12,6	14,3	15,8	16,7	16,8
18	17,1	16,5	15,1	13,2	11,4	10,4	10,8	12,3	14,1	15,8	16,8	17,1
20	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,4
22	17,4	16,5	14,8	12,6	10,6	9,6	10,0	11,6	13,7	15,7	17,0	17,5
24	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	11,2	13,4	15,6	17,1	17,7
26	17,6	16,4	14,4	12,0	9,7	8,7	9,1	10,9	13,2	15,5	17,2	17,8
28	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,4	17,2	17,9
30	17,8	16,4	14,0	11,3	8,9	7,8	8,1	10,1	12,7	15,3	17,3	18,1
32	17,8	16,2	13,8	10,9	8,5	7,3	7,7	9,6	12,4	15,1	17,2	18,1
34	17,8	16,1	13,5	10,5	8,0	6,8	7,2	9,2	12,0	14,9	17,1	18,2
36	17,9	16,0	13,2	10,1	7,5	6,3	6,8	8,8	11,7	14,6	17,0	18,2
38	17,9	15,8	12,8	9,6	7,1	5,8	6,3	8,3	11,4	14,4	17,0	18,3
40	17,9	15,7	12,5	9,2	6,6	5,3	5,9	7,9	11,0	14,2	16,9	18,3

Tabela 5 - Valores de $\frac{\Delta}{\gamma}$ entre 1 e 40°C (calculados por VILLA NOVA, 1967).

t	$\frac{\Delta}{\gamma}$	t	$\frac{\Delta}{\gamma}$	t	$\frac{\Delta}{\gamma}$	t	$\frac{\Delta}{\gamma}$
1	0,6	11	1,4	21	2,2	31	4,0
2	0,8	12	1,4	22	2,6	32	4,2
3	0,8	13	1,6	23	2,6	33	4,2
4	0,8	14	1,6	24	2,6	34	4,4
5	1,0	15	1,6	25	2,8	35	4,6
6	1,0	16	1,8	26	3,0	36	5,2
7	1,2	17	1,8	27	3,0	37	5,2
8	1,2	18	2,0	28	3,2	38	5,4
9	1,2	19	2,0	29	3,6	39	5,6
10	1,2	20	2,0	30	3,8	40	5,8

Tabela 06. Valores de σT^4 em mm.ev.eq. ($\sigma = 11,90 \cdot 10^{-8} \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}.\text{ }^{\circ}\text{K}^{-4}$)

$T^{\circ}\text{C}$	σT^4	$T^{\circ}\text{C}$	σT^4	$T^{\circ}\text{C}$	σT^4
7,0	12,41	17,5	14,37	28,0	16,58
7,5	12,49	18,0	14,47	28,5	16,68
8,0	12,57	18,5	14,58	29,0	16,80
8,5	12,66	19,0	14,68	29,5	16,91
9,0	12,76	19,5	14,78	30,0	17,02
9,5	12,85	20,0	14,88	30,5	17,12
10,0	12,93	20,5	14,98	31,0	17,24
10,5	13,03	21,0	15,08	31,5	17,35
11,0	13,13	21,5	15,19	32,0	17,47
11,5	13,24	22,0	15,29	32,5	17,59
12,0	13,32	22,5	15,39	33,0	17,69
12,5	13,42	23,0	15,49	33,5	17,81
13,0	13,51	23,5	15,61	34,0	17,93
13,5	13,61	24,0	15,71	34,5	18,05
14,0	13,69	24,5	15,81	35,0	18,17
14,5	13,80	25,0	15,91	35,5	18,29
15,0	13,88	25,5	16,03	36,0	18,41
15,5	13,98	26,0	16,13	36,5	18,52
16,0	14,07	26,5	16,24	37,0	18,64
16,5	14,17	27,0	16,34	37,5	18,78
17,0	14,27	27,5	16,44	38,0	18,90

Tabela 07. Pressão Máxima do Vapor sobre a Água em mmHg.

(t)	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	7,94	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	11,01	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	12,79	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	19,71
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	21,37	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	32,75	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	36,27	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	55,02
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	70,03	70,41	70,77	71,14	71,51

Tabela 08. Valores do Coeficiente de Correção ($\Delta/\Delta+\gamma$)

$T^{\circ}\text{C}$	$\frac{\Delta}{\Delta+\gamma}$	$T^{\circ}\text{C}$	$\frac{\Delta}{\Delta+\gamma}$	$T^{\circ}\text{C}$	$\frac{\Delta}{\Delta+\gamma}$	$T^{\circ}\text{C}$	$\frac{\Delta}{\Delta+\gamma}$
1	0,37	11	0,58	21	0,69	31	0,80
2	0,44	12	0,58	22	0,71	32	0,81
3	0,44	13	0,61	23	0,72	33	0,81
4	0,44	14	0,61	24	0,72	34	0,81
5	0,50	15	0,61	25	0,74	35	0,82
6	0,50	16	0,64	26	0,75	36	0,84
7	0,54	17	0,64	27	0,76	37	0,84
8	0,54	18	0,67	28	0,76	38	0,84
9	0,54	19	0,67	29	0,78	39	0,85
10	0,54	20	0,67	30	0,79	40	0,85

Tabela O9 – Evapotranspiração tabular diária, segundo Thornthwaite, não ajustada para o comprimento do dia correspondente à temperatura média diária (Td) entre 6,5 e 26,0°C, em regiões frias, com temperatura média anual normal (Índice T) entre 12,5 e 17,0°C.

[illegible]

Continuação...

Tabela 09 – Evapotranspiração tabular diária, segundo Thornthwaite, não ajustada para o comprimento do dia, correspondente à temperatura média diária (Td) entre 6,5 e 26,0°C, em regiões subtropicais, com temperatura média anual normal (Índice T) entre 17,5 e 22,0°C.

Temperatura média diária Td °C	Temperatura média anual normal da região em °C – Índice T									
	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
7,0	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
7,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
8,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
8,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
9,0	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
9,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
10,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
10,5	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5
11,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
11,5	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
12,0	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6
12,5	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7
13,0	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8
13,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
14,0	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9
14,5	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
15,0	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1
15,5	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2
16,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3
16,5	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4
17,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
17,5	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6
18,0	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8
18,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9
19,0	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9
19,5	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1
20,0	2,8	2,8	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2
20,5	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4
21,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6
21,5	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7
22,0	3,3	3,3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9
22,5	3,5	3,5	3,3	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1
23,0	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3
23,5	3,7	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4	3,4
24,0	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6	3,5	3,5	3,5
24,5	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7
25,0	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9
25,5	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1
26,0	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,3

Tabela 09 – Evapotranspiração tabular diária, segundo Thornthwaite, não ajustada para o comprimento do dia, correspondente à temperatura média diária (Td) entre 9,0 e 35,5°C, em regiões tropicais -- equatoriais, com temperatura média anual normal (Índice T) entre 22,5 e 27,0°C.

[illegible]