

ADAISSA PESSOA DE AZEVEDO

INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO SOLO E OUTROS  
PARÂMETROS HIDRO-CLIMATOLÓGICOS NO  
DESENVOLVIMENTO DE CULTURAS.

Dissertação apresentada ao Curso  
de Mestrado da Universidade Fede-  
ral da Paraíba, em cumprimento aos  
requisitos exigidos para obtenção  
do grau de Mestre em Ciências -  
(M.Sc).

Área de Concentração: Recursos Hídricos.

Orientador : Prof. Ph.D - SARMA K..V. SEEMANAPALLI

Campina Grande - Paraíba

Agosto - 1986

FT  
585  
DIS  
0431.712(043)  
A 994



A994i Azevedo, Adaisa Pessoa de  
Influencia da umidade do solo e outros parametros hidro-climatologicos no desenvolvimento de culturas / Adaisa Pessoa de Azevedo. - Campina Grande, 1986.  
103 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -  
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e  
Tecnologia.

1. Solo - 2. Tomate - 3. Irrigacao - 4. Recursos Hidricos  
5. Dissertacao I. Seemanapalli, Sarma K. V., Dr.  
II. Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB)  
III. Título

CDU 631.412(043)

INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO SOLO E OUTROS  
PARÂMETROS HIDRO-CLIMATOLÓGICOS NO  
DESENVOLVIMENTO DE CULTURAS.

ADAISA PESSOA DE AZEVEDO

Dissertação aprovada em 29 / 08 / 1986.

S. V. Kameswara Sarma  
Prof. Ph.D - SARMA K.V. SEEMANAPALLI  
- Orientador -

S. V. Ramana Rao  
Prof. Ph.D - TANTRAVAHU V. RAMANARAO  
- Examinador -

Gledsneli Maria de Lima Lins  
Prof.<sup>a</sup> M.Sc - GLEDNELI MARIA DE LIMA LINS  
- Examinadora -

Campina Grande - Paraíba

Agosto - 1986

Ecclésiastes, 2,3,4

Tudo tem o seu tempo certo e há tempo para todas as coisas:

Há tempo de nascer e tempo de morrer.

Há tempo de plantar e tempo de colher.

Há tempo de matar e tempo de curar.

Há tempo de derrubar e tempo de edificar.

Há tempo de chorar e tempo de sorrir.

Há tempo de ficar quieto e tempo de agir.

Há tempo de atirar pedras e tempo de levar pedradas.

Há tempo de abraçar e tempo de afastar-se.

Há tempo de encontrar e tempo de perder.

Há tempo de guardar e tempo de jogar fora.

Há tempo de rasgar e tempo de coser.

Há tempo de estar calado e tempo de falar.

Há tempo de amar e tempo de aborrecer.

Há tempo de guerra e tempo de paz.

Dedico

A meu pai (in memorium) que com seu  
trabalho de construção de açudes,  
despertou-me desde a infância o interesse  
pela Engenharia de Recursos Hídricos.

A minha filha, Sheila  
com muito amor.

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

Agradeço

A minha mãe e irmãos pela ajuda e incentivo recebidos ao longo da minha vida.

Ao engenheiro Almir Távora, a quem devo especialmente a participação no Curso de Mestrado.

Ao professor Nelson Chaves pelo incentivo e inestimável amizade.

Ao professor S. V. K. Sarma pela orientação.

Ao professor Manoel Gilberto de Barros, que empenhou-se em proporcionar os meios de realização do presente trabalho.

Aos engenheiros do DNOCS, Francisco Franco de Abreu Pereira, José Antunes de Oliveira, Benedito Moreira de Figueiredo e Raimundo Nonato Alexandre e ao técnico Francisco de Assis Andrade pela prestimosa colaboração na realização de experimentos e aquisição de dados na área do IAJAT.

Aos técnicos e funcionários do Laboratório de Hidráulica do DEC/CCT/UFPb, Campus II, especialmente Ismael José Pereira, Raulino Farias de Brito, Alrezinha Dantas Veiga e Paulo Roberto Rodrigues Pessoa, pela ajuda e apoio.

Aos funcionários da SUDENE, Filomeno de Sena Oliveira e Jurandir Ferreira da Silva, pela especial colaboração na coleta de dados.

Aos engenheiros, técnicos e funcionários do DNOCS e UFPb não citados e que eventualmente e com boa vontade colaboraram com este trabalho, assim como ao Eng<sup>o</sup> da EMEPA, Aureli Barreto.

Ao professor Hugo Orlando C. Guerra que contribuiu com sua crítica construtiva para o aperfeiçoamento deste trabalho.

## R E S U M O

Analisou-se neste trabalho, o comportamento da água na zona radicular de um tomateiro (*Lycopersicon Esculentum*, Mill) , ao longo do ciclo da cultura, sob diferentes tratamentos de irrigação. Procurou-se definir que parcelas das lâminas aplicadas foram consumidas pelo processo de evapotranspiração do sistema solo-planta ou percolada.

Os parâmetros físicos de solo e hidro-climáticos, como umidade do solo na zona radicular, níveis do lençol freático , etc, e também o crescimento das raízes, foram estudados a partir das observações feitas na área experimental do IAJAT - Instituto Agrônomo José Augusto Trindade, em São Gonçalo, Souza, Pb, da micro-região homogênea 95 da Depressão do Alto Piranhas. Fez-se o acompanhamento de dois plantios de tomate em períodos diferentes, durante os anos de 1984 e 1985.

As irrigações foram aplicadas conforme quatro tratamentos simultâneos, em blocos específicos, ao atingir a umidade do solo 90; 70; 50 e 30 % da água disponível, em bacias de nível , pelo método de infiltração por sulcos.

Foram analisadas em laboratório algumas características físico-químicas do solo, como umidade , tensão capilar, porosidade, densidade aparente, textura, pH, etc.

A partir dos dados coletados em campo, laboratório e estação meteorológica, definiu-se a evapotranspiração pelo método da FAO, 1979.

O conhecimento das precipitações, umidade do solo, lâminas de irrigação aplicadas e da evapotranspiração, permitiu estabelecer-se o balanço hídrico na zona radicular da cultura em estudo, sendo discutidos cada um dos componentes citados.

A produção e o rendimento de cada parcela foram analisados do ponto de vista do tratamento aplicado e da variação do conteúdo de umidade do solo.

Foi feita a análise estatística dos elementos que compõem o balanço, bem como dos resultados dos ensaios realizados em laboratório.

A partir dos estudos realizados, foi possível definir-se entre os tratamentos aplicados, em qual limite de umidade do solo foi mais razoável a aplicação de irrigação, em termos de consumo de água e produtividade agrícola.



## A B S T R A C T

In this study, the behaviour of soil moisture in the vadose zone of roots of tomato (*Lycopersicon Esculentum*, Mill), under different irrigation treatments, was analysed, during the cycle of crop. A tentative was made to define the depths of application of irrigation water and those consumed by way of evapotranspiration of the soil-plant-system and that percolated into the soil.

The soil and hidro-climatological parameters, such as the soil-moisture in the root zone, freatic levels of water table etc, as also the root growth were studied from the observations conducted on the Experimental Area of IAJAT (Agronomic Institute of Jose Augusto Trindade) situated in São Gonçalo - Pb, in the homogeneous micro-region of Depression of High Piranhas, 95. The study pertains to the data collected on the tomato crop during the years 1984-1985 in two different periods (cycles).

The irrigation water applied refers to 04 different treatments, simultaneously applied to attain 90, 70, 50 e 30 % of available soil moisture in levelled plots done by furrow irrigation method.

In the laboratory were analysed certain physico-chemical characteristics of the soil, such as the soil moisture, moisture suction, porosity, apparent density, texture, pH, etc.

From the laboratory and the field data, as also that

from the meteorologic station, it was possible to define the evapotranspiration using the method of FAO, 1979.

The knowledge of rainfall, soil moisture, depths of irrigation applied and that of evapotranspiration, permitted one to establish water balance in the root-zone of the crop under consideration and each of the components involved were discussed separately.

The production and yield of each parcel of irrigated land were analysed, in the light of different treatments of irrigation and consequent variation of soil moisture.

A statistical analysis of the elements that make the water balance was done, and the results obtained from laboratory experiments were also correlated to draw conclusions.

From the studies conducted, it is possible for one to define the more reasonable limit of soil moisture to be used for irrigation purposes, in terms of the consumptive use, as well as agricultural productivity, under specified treatments.

## Í N D I C E

	Página
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO II	
REVISÃO DE LITERATURA	04
1 - Balanço Hídrico na Zona das Raízes	04
1.1 - Evapotranspiração	09
1.2 - Umidade do Solo	15
1.3 - Percolação e Capilaridade	17
CAPÍTULO III	
METODOLOGIA	21
1 - Parte Experimental	21
1.1 - Localização	21
1.2 - Solo	21
1.2.1 - Classificação	21
1.2.2 - Características Químicas e Físicas	22
1.3 - Delineamento Experimental	23
1.3.1 - Cultura	23
1.3.2 - Área de Estudo	23
1.3.3 - Umidade do Solo	23
1.3.4 - Irrigação	25
1.3.5 - Profundidade do Lençol Freático	29
1.3.6 - Profundidade da Zona Radicular	29

2 - Métodos de Cálculo Utilizados para Determinar a Evapotranspiração	33
2.1 - Evapotranspiração Máxima - ET <sub>m</sub>	33
2.1.1 - Evapotranspiração de Referência	34
2.1.2 - Coeficiente de Cultura - kc	36
2.2 - Evapotranspiração Real - ETr	38
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
1 - Condições Climáticas	47
2 - Lençol Freático e Ascensão Capilar	50
3 - Características do Solo	50
4 - Umidade do Solo	65
5 - Evapotranspiração	68
6 - Balanço Hídrico	80
7 - Rendimento	81
8 - Análise Estatística dos Resultados	91
8.1 - Tensão Capilar e Umidade do Solo	92
8.2 - Variação da Umidade do Solo e a Razão entre as Evapotranspirações Real e Potencial	92
8.3 - Variação de Umidade e Percolação	94
CAPÍTULO V	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	96
LITERATURA CITADA	99
ANEXO	104

## LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1 - Fluxo Capilar Máximo em mm/dia em função da Profundidade do Lençol Freático e da Textura do Solo - (FAO, 1973)	20
2 - Aplicação de Irrigação	27
3 - Volume de Água Aplicada às Parcelas	28
4 - Coeficiente de Tanque Classe A para Diferentes Coberturas Vegetal, Níveis de Umidade Relativa Média e Vento 24 h.	35
5 - Coeficiente de Cultura - $k_c$	37
6 - Coeficiente de Cultura - $k_c$ para o tomate	39
7 - Grupos de Culturas de Acordo com a Depleção de Água no Solo.	41
8 - Fração de Depleção de Água do Solo para Grupos de Culturas e Evapotranspiração Máxima (ET <sub>m</sub> )	41
9 - Evapotranspiração Real (mm/dia) para Intervalos de Irrigação, Valores ET <sub>m</sub> , Pr.θ <sub>d</sub> e fração p.	42
10 - Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> )	48
11 - Ensaio de Física do Solo	51
12 - Umidade x Tensão, camadas de 0-10, 10-30 e 30-60cm	53
13 - Umidade x Tensão, camada de 0-60 cm	57
14 - Evapotranspiração Máxima	69

15 - Evapotranspiração Real a Intervalos de Irrigação ou Precipitação, Plantio I.	71
16 - Evapotranspiração Real a Intervalos de Irrigação ou Precipitação, Plantio II.	73
17 - Evapotranspiração Real a Intervalos de Irrigação, Plantio I.	76
18 - Evapotranspiração Real a Intervalos de Irrigação, Plantio II.	78
19 - Balanço Hídrico na Zona Radicular, Plantio I.	82
20 - Balanço Hídrico na Zona Radicular, Plantio II.	85
21 - Produção e Rendimento.	90
22 - Coeficientes de Correlação e Equações de Regressão entre as Variáveis: Umidade do solo(x) e Sucção (y).	93

## LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1 - Fluxograma do Modelo SPAW (Saxton et alli, 1974).	14
2a - Relação entre a Taxa de Ascensão Capilar e o Potencial Mátrico para Várias Profundidades do Lençol Freático, Solo Franco-Arenoso (Rijtema, 1974).	19
2b - Relação entre a Profundidade do Lençol Freáti co e o Potencial Mátrico para Diferentes Taxas de Ascensão Capilar. Solo Franco-Arenoso (Rijtema, 1974).	19
3 - Área Experimental do IAJAT.	24
4 - Equipamento Utilizado nos Testes de Sucção	26
5 - Precipitação e Profundidade do Lençol Freático.	30
6 - Profundidade da Zona Radicular para os Trata mentos de Irrigação B e D, ao Longo do Ciclo Vegetativo do Tomateiro.	32
7a - Potencial Mátrico x Umidade do Solo. Camadas 0-10, 10-30 e 30-60 cm.	56
7b - Potencial Mátrico x Umidade do Solo. Camada 0-60 cm.	58
8 - Curvas de Depleção do Solo, Plantio I.	61
9 - Curvas de Depleção do Solo, Plantio II.	63

## CAPÍTULO I

### I N T R O D U Ç Ã O

A água sendo um fator limitante à agricultura nordestina, quer por sua escassez, quer sobretudo pela sua extrema irregularidade de distribuição espacial e temporal, justifica-se plenamente a fomentação de tecnologias que otimizem a utilização dos recursos hídricos da região.

O uso eficiente d'água na irrigação em locais com deficiência hídrica como o Sertão Paraibano, requer a investigação do balanço de umidade do solo na zona de aeração. Com esta finalidade, foi conduzida uma pesquisa na área de experimentação do IAJAT - Instituto Agrônomo José Augusto Trindade, na micro-região 95 da Depressão do Alto Piranhas, em São Gonçalo, Souza - Pb, tratando-se de determinar as condições de umidade do solo e variação do lençol freático para uma cultura de tomate.

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill) é uma planta cultivada em todos os continentes, sendo considerado o tomate, como uma das hortaliças de mais expressão econômica em todo o mundo, nesse sentido, colocando-se no Brasil em segundo lugar.

Pode ter alta viabilidade econômica em nossa região, no caso de ser cultivada sob irrigação, necessitando porém de informações experimentais dos efeitos desta sobre a produtividade e o uso eficiente da água, tendo em vista não serem ainda sufi



As técnicas de balanço meteorológico em que a taxa potencial é modificada com as culturas, o solo e a umidade disponível no solo, foram usadas com sucesso para previsão da umidade do solo com dados climatológicos.

O balanço de umidade no solo é considerado para explicar as variações de rendimentos das culturas. Os rendimentos estão relacionados com três fatores climáticos: precipitação e temperaturas máximas e mínimas. Estimativas dos rendimentos baseadas sobre umidade tem muitas aplicações práticas, como: dados históricos climatológicos podem ser mais eficientemente usados para estimar a variabilidade e a resposta das plantas para as variações físicas do ambiente. Embora apresente dificuldades na medição da umidade do solo, este método pode ser considerado como uma tentativa inicial.

O termo solo é geralmente empregado para representar as propriedades hidráulicas independentes na zona homogênea das raízes. O balanço d'água no solo depende de duas características hidro-físicas chamadas de capacidade de retenção e capacidade de infiltração. Um solo homogêneo que permite prontamente a entrada de água, geralmente não pode retê-la e vice-versa. Quando o solo tem uma baixa capacidade de infiltração, a maior parte da precipitação torna-se escoamento superficial com somente uma pequena porção aparecendo como fluxo subterrâneo. Com o aumento na capacidade de infiltração do solo a maior parte da precipitação entrará no solo e assim o escoamento superficial se reduz. Tal solo conduz com mais facilidade a infiltração, e assim aumenta o escoamento subterrâneo.

Os hidrológos Gannet, 1908 e Meyer, 1915, fizeram a formulação

ção da massa no começo do século XX, reconhecendo o fato de que o escoamento anual é uma diferença entre precipitação anual e evapotranspiração anual.

O método do balanço de umidade vem se popularizando cada vez mais como um meio para relacionar a precipitação da chuva e escoamento, desde o famoso trabalho de Snyder, 1939, que usou a temperatura e o tempo como índices de umidade do solo. O papel da evaporação vem sendo entendido de melhor maneira pelo trabalho de Linsley e Ackerman, 1942, que usaram evaporação acumulada como índice de umidade do solo. Kolher e Linsley, 1951, continuaram esse trabalho para elaborar a técnica que desenvolveram com base em dados diários.

Lenon e Philip, 1957 e Marlett 1958, estudaram a zona radicular das culturas e o armazenamento da umidade do solo, durante o ciclo da cultura, precipitação e evapotranspiração potencial.

Gangopadhya M. e Sarker, 1965, obtiveram relações curvilineares aplicando modelos de regressão e o fator dependência do tempo se relaciona com o rendimento da cultura.

Um modelo mais versátil é o de Baier e Robertson, 1966, no qual a litologia é dividida em camadas diferentes e a quantidade de água disponível em cada camada é considerada como a diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murcha. A evapotranspiração pode ocorrer simultaneamente em cada camada e depende da umidade presente naquela e da distribuição dos solos e das raízes da planta, esses fatores sendo representados pelos coeficientes. O modelo considera também o fluxo entre as camadas e assim a infiltração é computada. Modelo similar foi desenvolvido por Ritchie, 1972..

A maior parte das pesquisas foram feitas sobre a física de movimento da água no solo e o armazenamento sob condições sem cobertura vegetal. Para tais modelos, as situações mais aplicáveis são do tipo de fluxo não saturado unidimensional vertical e fluxo horizontal. Alguns processos foram desenvolvidos para interpretar esses modelos conectando-os com sistemas variáveis especiais. Hillel, 1977, descreveu modelos baseados nas características físicas do solo e da atmosfera para simular as condições de água no solo em terras sem cobertura vegetal.

Muitos modelos atuais que descrevem a absorção d'água pelo sistema radicular estão baseados na analogia com a lei de Ohm. Estes modelos exigem informações detalhadas acerca da distribuição das raízes, densidade das raízes, condutividades do sistema solo-raízes, resistências do solo e da planta, etc. Estes parâmetros variam com o tipo de solo, a profundidade das raízes e o tempo.

Uma aproximação mais simples foi proposta por Feddes, Kowalik e Zaraduy, 1978. Eles calcularam a extração d'água das raízes a várias profundidades em função da taxa de transpiração potencial, profundidade da zona das raízes e da pressão máxima da água no solo.

Schmugge, T.J. et alli, 1980, estabeleceram um modelo de exploração dos métodos para determinação da umidade do solo (NWSRFS) em que duas zonas são consideradas para simular o armazenamento e o movimento da água no solo. A parte superior dessas camadas responde rapidamente à precipitação e controle do fluxo superficial. Geralmente essa parte é rasa e a parte inferior representa a coluna que se estende até o nível freático. Em cada uma dessas partes, as propriedades hidráulicas médias

do solo são consideradas. A umidade é armazenada na forma de tensão capilar ou água livre (gravitacional). Esses componentes são computados pela equações empíricas, visando um fator de controle, sendo este a taxa entre água gravitacional e capacidade de campo. Até a depleção total da umidade na parte superior, a evapotranspiração real é considerada igual à potencial.

Um modelo de captação d'água pelas raízes, em função da pressão máxima da água no solo e da taxa de extração máxima, foi desenvolvido por S.C.Hoogland, R.A.Feddes e C. Belmans, 1981, em que a máxima absorção d'água pela raiz é considerada como uma função decrescente com a profundidade. Esta função apresenta na superfície do solo um valor derivado de dados obtidos em literatura. A modificação apresenta a possibilidade de que no começo do período seco as raízes possam extrair água do horizonte superior do solo, através do transporte da água do solo aos demais horizontes.

O método mais utilizado segundo Bezerra Neto, 1984, é o Balanço de Água, definido pela equação hidrológica, Silva e Millar, 1981:

$$P \pm G = Et \pm D \pm \Delta\theta$$

onde:

P - é a precipitação ou lâmina de irrigação

G - o escoamento superficial

Et - a evapotranspiração

D - a drenagem abaixo da zona radicular ou fluxo capilar por contribuição do lençol freático.

$\Delta\theta$  - a variação na lâmina de água armazenada na zona radicular, todos expressos em mm.

Mota F. S. da , 1985, aplicou o "Balanço Hídrico Diário Versátil Adaptado para Uso no Brasil" (Mota e Oliveira, 1978 ) que é uma versão simplificada adaptada, (modelo de Baier et alli 1972), para caracterizar os efeitos das secas sobre culturas de milho, soja, arroz e pessegueiro em várias regiões do Brasil , com bons resultados.

### 1.1 - Evapotranspiração

Há uma tendência entre os pesquisadores em, de certa forma, especializar a pesquisa da evapotranspiração em duas metas distintas. Determinar a evaporação por caminhos definidos pela física dos solos e climatologia, e a transpiração das plantas através dos conhecimentos da fisiologia da planta, percentagem de cobertura vegetal, distribuição das raízes e energia utilizada no processo.

A evapotranspiração seria então definida como o somatório da evaporação e do consumo direto pela planta.

O critério mais preciso que leva em conta a umidade pré-existente no solo é a evapotranspiração máxima ou potencial ( $E_t$ ). Corresponde a uma situação em que o grau de umidade do solo é mantido bem próximo de sua capacidade de retenção e o desenvolvimento vegetativo é ótimo.

A evapotranspiração potencial é decorrente da energia disponível ao nível da superfície do sistema solo-planta. Caso a água seja disponível prontamente, a maioria dessa energia é usada para evaporação do solo ou transpiração da planta e assim, a evapotranspiração potencial é obtida nas regiões áridas e se

mi-áridas, quando a água é suficientemente disponível. Esta energia é dividida entre muitas saídas.

A evapotranspiração real é uma das tais saídas, assim a estimativa de evapotranspiração real a partir da evapotranspiração potencial torna-se uma questão da estimativa da divisão da energia disponível em dado local.

A infiltração é calculada como a diferença entre valores observados de precipitação e escoamento superficial.

A energia para a evapotranspiração é o mecanismo principal que dirige o movimento da água no sistema. A tensão da água no solo (tensão capilar) e a gravidade são fatores secundários, mas também tem sua influência.

Thornthwaite, 1944, foi o primeiro a mostrar que a evapotranspiração tem dois aspectos, real e potencial, e o papel de cada um deles no balanço hídrico, dependendo da deficiência da umidade do solo. Ele desenvolveu uma relação empírica para evapotranspiração potencial como função somente da temperatura atmosférica e um índice da eficiência de temperatura.

No seu clássico trabalho de 1948, usou o conceito de evapotranspiração potencial, como um fator que chamou classificação racional de clima. Ele corretamente reconheceu o papel importante da climatologia, mas não levou em conta o papel das propriedades do solo, uma vez que fez cálculos de balanço de umidade mês a mês para obter o índice de umidade do solo.

Blaney e Cridle, 1949, correlacionaram medições de uso consutivo ou evapotranspiração com valores de temperatura média mensal para obter o coeficiente do sistema solo/planta. Quando esta relação é incorporada na fórmula empírica, tem muitas aplicações.

A evapotranspiração é uma função dos fatores meteorológicos, do solo e da planta. Marlet, 1958, investigou as mudanças na evapotranspiração real com os dados de lisímetros e de lotes no campo durante o processo de secagem. Ele observou que a evapotranspiração acompanha a taxa de evapotranspiração potencial até certo ponto, que depende principalmente da umidade da zona radicular, caindo subitamente a partir de certa fração de redução de umidade. É claro que a descrição precisa do balanço hídrico do solo não é tão simples. A planta é o único indicador e ainda hoje as condições da planta para dada umidade não foram minuciosamente estudadas. É necessário fazer suposições simplificadas, baseadas no estágio de crescimento das culturas, características da zona radicular e outros fatores relativos a solo e planta.

Holmes e Robertson, 1959, apresentaram um modelo mais simples que trata com uma única camada homogênea. A evapotranspiração potencial é computada empiricamente e a evapotranspiração real é considerada igual a evapotranspiração potencial, enquanto há disponibilidade de umidade. Toda a precipitação torna-se infiltração e as outras interações de água subterrânea são negligenciáveis. Todos os cálculos são feitos com base em dados coletados diariamente.

Stalier e McIlroy, 1961, consideram que, sob ótimas condições de umidade do solo, a evapotranspiração seja apenas função da evaporação da superfície livre da água e do tipo de vegetação.

A evapotranspiração potencial é influenciada somente pelas condições meteorológicas existentes, enquanto a real é influenciada também pela disponibilidade de água do solo, segundo

Eagleman & Decker, 1965.

Uma aproximação simples e prática para estimativa da evapotranspiração real é primeiro calcular a evapotranspiração potencial com base em dados meteorológicos ou pelo método do tanque de evaporação; então considerar os fatores que limitam a obtenção da evaporação potencial. Métodos para determinar a evapotranspiração potencial estão disponíveis na literatura.

Van Bavel, 1966, estudou a evaporação separadamente do fenômeno evapotranspiração.

Ele usou a combinação de uma equação de balanço de energia para superfície e uma expressão aproximada de vapor de água e transferência de calor mensal, formando uma equação para a evaporação potencial por radiação líquida, propriedades do ar ambiente, e rugosidade da superfície.

Como um melhoramento à versão mais recente da fórmula de Penman, o modelo contém constantes ou funções não empíricas.

Black et alli, 1970 apresenta um método para separar a evapotranspiração, estimando a evaporação do solo de duas formas, dependendo do fornecimento de energia ou do fluxo capilar da água até a superfície do solo limitarem a evaporação. Utilizou para o cálculo da transpiração a equação combinada.

A evapotranspiração potencial é aproximadamente equivalente à energia utilizável pela superfície solo planta. Se a água é facilmente utilizável, a maior parte desta energia é usada pela evaporação do solo da superfície ou transpiração da planta e a evapotranspiração potencial é atingida. Quando a água não é adequadamente disponível esta energia é reduzida por vários meios. Evapotranspiração real é resultado daquelas perdas de energia.



Uma aproximação simples e prática para estimativa da evapotranspiração real é primeiro calcular a evapotranspiração com base em dados meteorológicos ou pelo método do tanque de evaporação; então considerar os fatores que limitam a obtenção da evapotranspiração potencial.

Com base neste princípio, Saxton, et alli, 1974, desenvolveram um modelo bastante objetivo em que o sistema solo/planta/água é simulado em maiores detalhes (ver figura 1), considerando todos os fatores que influenciam o sistema. Os processos de redistribuição da umidade no solo é simulado usando aproximações baseadas nos princípios da física do solo, enquanto outros fenômenos foram calculados por aproximações semi-empíricas.

Três sequências principais estão envolvidas: a) Calculando-se a evapotranspiração real e retirando-a da umidade do solo; b) Acrescentando-se infiltração à umidade do solo; e c) Redistribuindo a umidade do solo. Embora todas as três possam se processar simultaneamente, elas foram consideradas separadamente em base diária, e na sequência referida.

Millar, A.A., 1978, propôs que a evaporação do solo e a transpiração do cultivo devem ser determinadas separadamente para um bom entendimento do balanço hídrico de energia e da eficiência do uso da água.

Bakel, P.J.T. Van, 1981, discute vários métodos e modelos para determinação da evapotranspiração potencial e afirma que na prática há dificuldades em se escolher o melhor e que o modelo unidimensional significa estudar um ponto e estendê-lo para grandes áreas. A complexidade da realidade é esquematizada situando-se o sistema solo/planta/atmosfera em um número limitado de situações características, deixando porém muitos problemas a

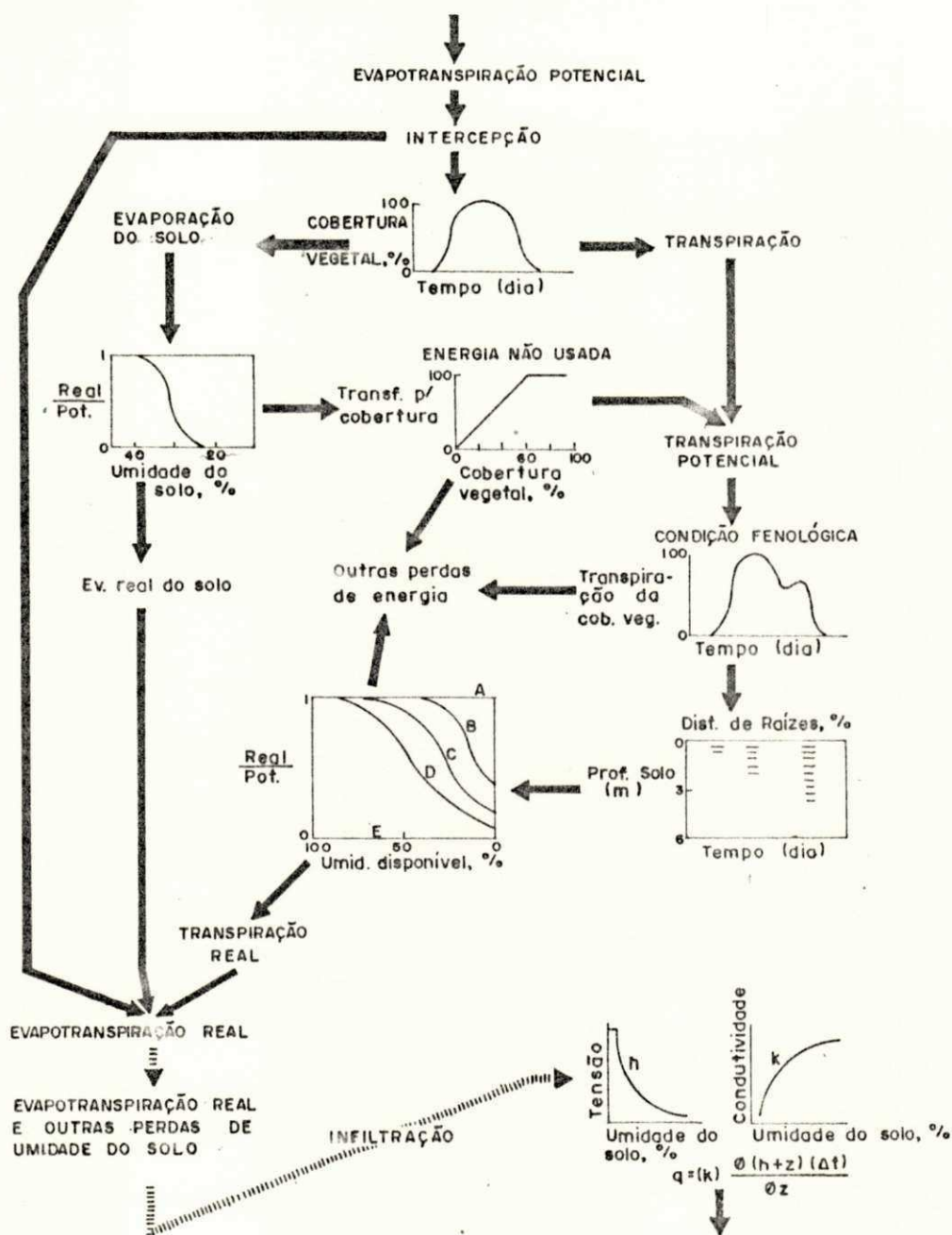


Fig. 01 - Fluxograma do modelo SPAW, (SAXTON et al, 1974).

serem resolvidos em zona não saturada relativos a evapotranspiração.

## 1.2 - Umidade do Solo

A fase mais importante na pesquisa em meteorologia agrícola e física do solo trata da umidade do solo e processo de evaporação.

O solo, a planta e a atmosfera tem papéis individuais neste processo, mas formam partes do sistema contínuo de transporte de água da terra para a atmosfera. Enquanto a atenção esteve voltada para componentes individuais do sistema, ninguém tentou considerar o sistema total.

É reconhecido que o uso da umidade pelo cultivo não pode ultrapassar um máximo a ser determinado pelo conceito de energia disponível. Enquanto a água é continuamente disponível para a evaporação, a taxa de evaporação é principalmente dependente da evapotranspiração requerida para satisfazer a demanda atmosférica e chamada evapotranspiração potencial, porém, com a secagem do solo, a água disponível diminui com correspondentes aumento da tensão hidráulica (sucção da umidade) e do transporte de água para a superfície, e não é suficiente para atingir a demanda atmosférica, assim a evapotranspiração real será menor que o valor potencial.

A umidade no solo deve manter uma relação próxima com o crescimento da planta e rendimento da cultura, para dado fator meteorológico.

Foram estabelecidas altas correlações entre rendimento

e umidade, especialmente na hora do plantio.

Quando o solo seca, a evapotranspiração real é menor do que a evapotranspiração potencial. Neste caso, Thornthwaite, 1955, sugere que a evapotranspiração real tem certa relação com a umidade armazenada no solo. Assim, quando a umidade do solo é a metade do valor total armazenado, a evapotranspiração real é a metade da evapotranspiração potencial.

Silva, 1972, verificou a manutenção de teores de umidade entre os níveis de 30, 75 e 100 por cento de água disponível, concluindo que a umidade do solo acima de 50 % de água, apresenta-se como a forma ideal para economia da água utilizada na irrigação.

Silva & Simão, 1973, verificaram, no acompanhamento de culturas de tomate, em função da água disponível, que o tratamento de 50 % de água disponível foi superior aos demais em economia de água.

A disponibilidade de umidade para as culturas depende, segundo Hargreaves, 1976, da qualidade e frequência de chuva ou irrigação, da capacidade de retenção da água no solo, e da profundidade das raízes da cultura, recomendando que se deve irrigar a cultura do tomateiro quando tiver sido consumida de 30 a 40 % da água disponível do solo.

Choudhury & Millar, 1977, observando o efeito do déficit fenológico de água sobre a produção e características do tomate industrial, verificaram que os períodos mais sensíveis à deficiência de água foram no início da frutificação e desenvolvimento dos primeiros frutos, com reduções nos rendimentos de 61,9 e 56,9 %, respectivamente.

### 1.3 - Percolação e Capilaridade

Van Bavel, 1968, indicou erros de até 20 a 30 % no cálculo da evapotranspiração baseado nas medições de teor de umidade do solo, quando a percolação é desprezada.

Wilcox, 1967, observou que para alguns solos, desprezando a percolação profunda após 8 dias da irrigação, pode-se superestimar a evaporação até 15 a 50 %.

Jensen, 1971, desenvolveu um modelo para determinação do tempo de aplicação de rega que leva em conta a umidade do solo e considera que a evapotranspiração real é afetada por deficiências de umidade. A percolação foi computada usando relações empíricas, considerando também uma única camada do solo.

A percolação, escoamento superficial e secagem dos solos em zonas diferentes foram estudadas por diversos pesquisadores. As suposições dessas técnicas são:

- a) Toda umidade na zona de depleção é evapotranspirada a taxa potencial;
- b) A água disponível é retirada da superfície do solo antes da extração da mesma das camadas inferiores;
- c) A precipitação é evapotranspirada a taxa potencial até a Depressão completa;
- d) Se o solo está saturado a precipitação é considerada como escoamento superficial;
- e) A umidade entre o valor de saturação e capacidade de campo, supõe-se que é percolada.

McGowern, 1974, definiu a profundidade efetiva das raízes da cultura como a profundidade máxima em que quantidades

mensuráveis de água podem ser extraídas pelas raízes. Uma vez que a profundidade máxima de extração d'água da zona radicular é especificada, o procedimento será simples para calcular a deficiência hídrica que resulta da evaporação e pode ser distinguida da perda total da água do perfil do solo.

O processo de elevação capilar da água a partir do lençol freático até a superfície do solo, segundo Millar, A.A., 1982, pode ser analisado como um fluxo permanente, onde a variação do conteúdo de umidade é constante com o tempo, isto é,  $d\theta/dt = 0$ .

Devido às perdas por evapotranspiração, se produz uma inversão dos gradientes do potencial e a água se move para cima.

Se a evapotranspiração for maior que o fluxo de água do lençol para a superfície, o conteúdo d'água deste, diminuirá, aumentando portanto o gradiente hidráulico e o fluxo ascendente da água. Este processo continua até a evapotranspiração se tornar igual ao fluxo capilar, quando o processo pode ser descrito pela equação de Darcy para fluxo não saturado.

Rijtema, 1965, relacionou a altura sobre o lençol freático e o potencial mátrico ( $\Psi_m$ ) para diferentes taxas de ascensão capilar ( $g$ ), como também a taxa de ascensão capilar ( $g$ ) e o potencial mátrico ( $\Psi_m$ ) para várias profundidades do lençol freático ( $Z$ ), (figuras 2a, b). O fluxo capilar máximo em função da profundidade e da textura do solo, pode ser visto na tabela 1.

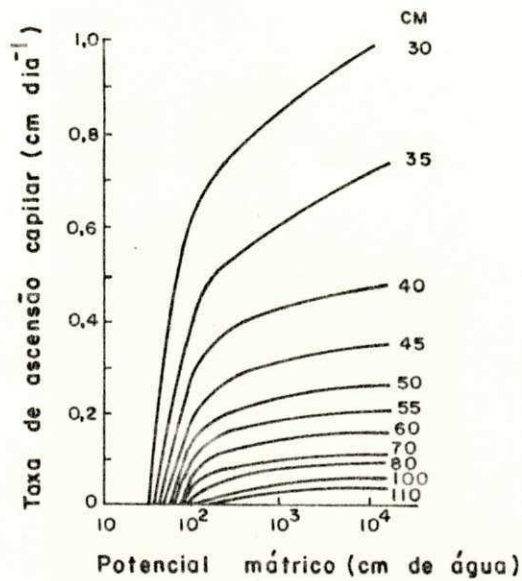


Fig. 2. a - Relação entre a taxa de ascensão capilar e o potencial mátrico para várias profundidades do lençol freático. Solo franco-arenoso. (Rijtema, 1965).

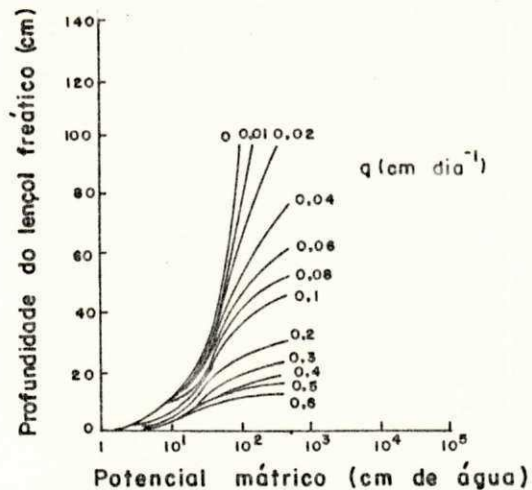


Fig. 2. b - Relação entre a profundidade do lençol freático e o potencial mátrico para diferentes taxas de ascensão capilar. Solo franco-arenoso. (Rijtema, 1965).

Tabela 1 - Fluxo Capilar Máximo em mm/dia em função da Profundidade do Lençol Freático e da Textura do Solo - (FAO, 1973).

Profundidade do Lençol Freático (cm)	Fluxo Capilar Máximo (mm/dia)			
	Argiloso e Franco - Argiloso	Franco	Franco/Arenoso	Areia Média
25	10	Alta	Muito Grande	10
40	4	10	Muito Grande	2,5
50	2,5	3	Grande	1
75	1	1	Grande	0,5
100	0,5	-	10	0,2
150	0,2	-	1 - 4	-
200	-	-	0,5 - 1	-



## CAPÍTULO III

### M E T O D O L O G I A

#### 1 - Parte Experimental

##### 1.1 - Localização

Os ensaios de campo desenvolveram-se em uma área do Centro Técnico de Experimentação e Desenvolvimento Tecnológico do Instituto Agrônômico "José Augusto Trindade" - IAJAT, em São Gonçalo-Souza, Pb, da micro-região 95 da depressão do Alto Piranhas, vale do Rio São Gonçalo.

Esta localidade tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude  $56^{\circ}45'$  e Longitude W.Gr,  $38^{\circ}13'$ .

O clima é Sb24, segundo a classificação da UNESCO, apresentando uma precipitação média anual de 894 mm com período chuvoso de janeiro a maio, temperatura média anual  $27^{\circ}\text{C}$ , com máxima de  $38^{\circ}\text{C}$  e mínima de  $12^{\circ}\text{C}$ .

##### 1.2 - Solo

###### 1.2.1 - Classificação

O campo experimental do IAJAT, segundo o estudo da

HIDROSERVICE, tem um solo de aluvião, textura leve sobre textu  
ra média, ATL 5.

### 1.2.2 - Características Químicas e Físicas

O solo da área experimental apresenta as seguintes carac  
terísticas químicas:

pH.....	7,0
K <sup>+</sup> .....	0,53 e.mg por 100g de solo
Ca <sup>++</sup> .....	5,80 e.mg por 100g de solo
Mg <sup>++</sup> .....	2,00 e.mg por 100g de solo
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,06 %
N.....	0,09 %
C.....	0,78 %
Argila.....	14,00 %
Limo.....	32,00 %
Areia fina.....	40,00 %
Areia grossa.....	14,00 %

Classificação granulométrica: Franco

Capacidade de campo (C<sub>c</sub>): 21,20 %

Ponto de murcha permanente (P<sub>mp</sub>): 9,08 %

Densidade aparente (D<sub>a</sub>): 1,54 g/cm<sup>3</sup>

Densidade real (D<sub>r</sub>): 2,04 g/cm<sup>3</sup>

Porosidade (P<sub>o</sub>) : 38 %.

Amostras do solo da área de estudo, obtidas nas camadas  
0-10, 10-30, e 30 - 60 cm foram analisadas nos Laboratórios  
de Hidráulica e de Irrigação da UFPb, Campus II e os resulta-  
dos encontram-se em tabelas e figuras, no Capítulo IV.

### 1.3 - Delimitação Experimental

#### 1.3.1 - Cultura

Acompanhou-se, ao longo do ciclo vegetativo, dois tomateiros (*Lycopersicon Esculentum*, Mill), variedade Rossol, cultivados, o primeiro no período de outubro de 1984 a janeiro de 1985 e o segundo de agosto a novembro de 1985.

#### 1.3.2 - Área de Estudo

A nossa área de experiências constituiu-se de 4 blocos de repetição para quatro tratamentos de irrigação, representando portanto, dezesseis sub-parcelas, cada uma com quatro linhas de 3,20 m, com espaçamento de 1,40 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, ocupando uma área total de 1.043 m<sup>2</sup>. A figura 3 mostra a disposição dos blocos, de conformidade com o tratamento de irrigação aplicado, como também as dimensões de cada bloco.

Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com as normas empregadas na região com capinas e pulverizações contra doenças e pragas.

#### 1.3.3 - Umidade do Solo

Diariamente, foram colhidas amostras de solo nas camadas de 0-30 e 30-60 cm e determinados os teores de umidade pelo método gravimétrico no Laboratório do IAJAT. Os valores diários pa

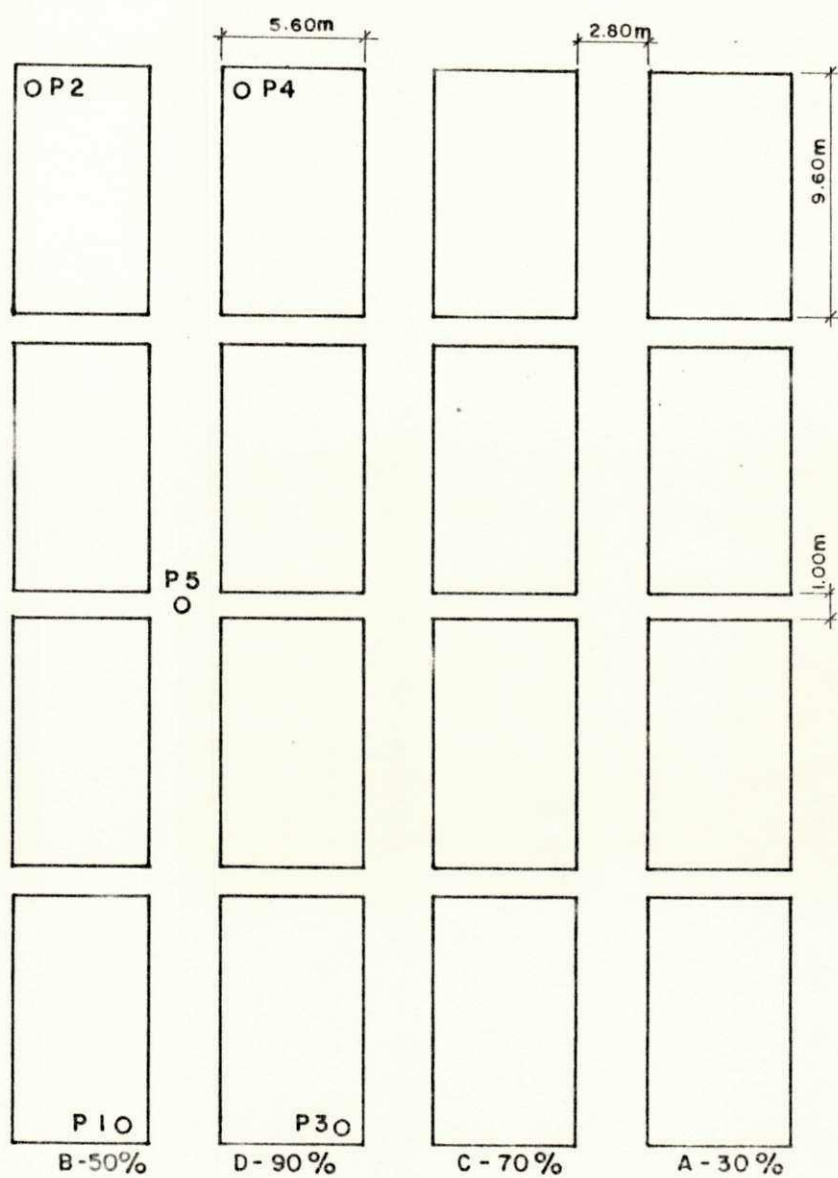


Fig. 03 - Área experimental no IAJAT.

ra a camada 0-60, encontram-se nas figuras 10 e 11. Os ensaios de sucção foram realizados com o uso do equipamento mostrado na figura 04.

#### 1.3.4 - Irrigação

Os tratamentos usados, com variação de umidade do solo nos limites da água disponível, foram os seguintes:

Tratamento A - A parcela era irrigada sempre que a umidade do solo baixava a 30 % da água disponível;

Tratamento B - A parcela era irrigada sempre que a umidade do solo baixava a 50 % da água disponível;

Tratamento C - O mesmo procedimento quando a umidade do solo baixava a 70 % da água disponível;

Tratamento D - O mesmo procedimento quando a umidade do solo baixava a 90 % da água disponível.

O método de irrigação empregado foi o de sulcos de infiltração em bacias de nível.

A umidade atual para cada tratamento foi definida como o produto da percentagem de umidade mínima admissível pela diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murcha, acrescido do valor correspondente ao ponto de murcha.

A lâmina líquida foi determinada pela expressão:

$$L_i = \frac{C_c - \theta_a}{100} \times D_a \times P_r$$

onde:

$L_i$  = lâmina líquida (mm)

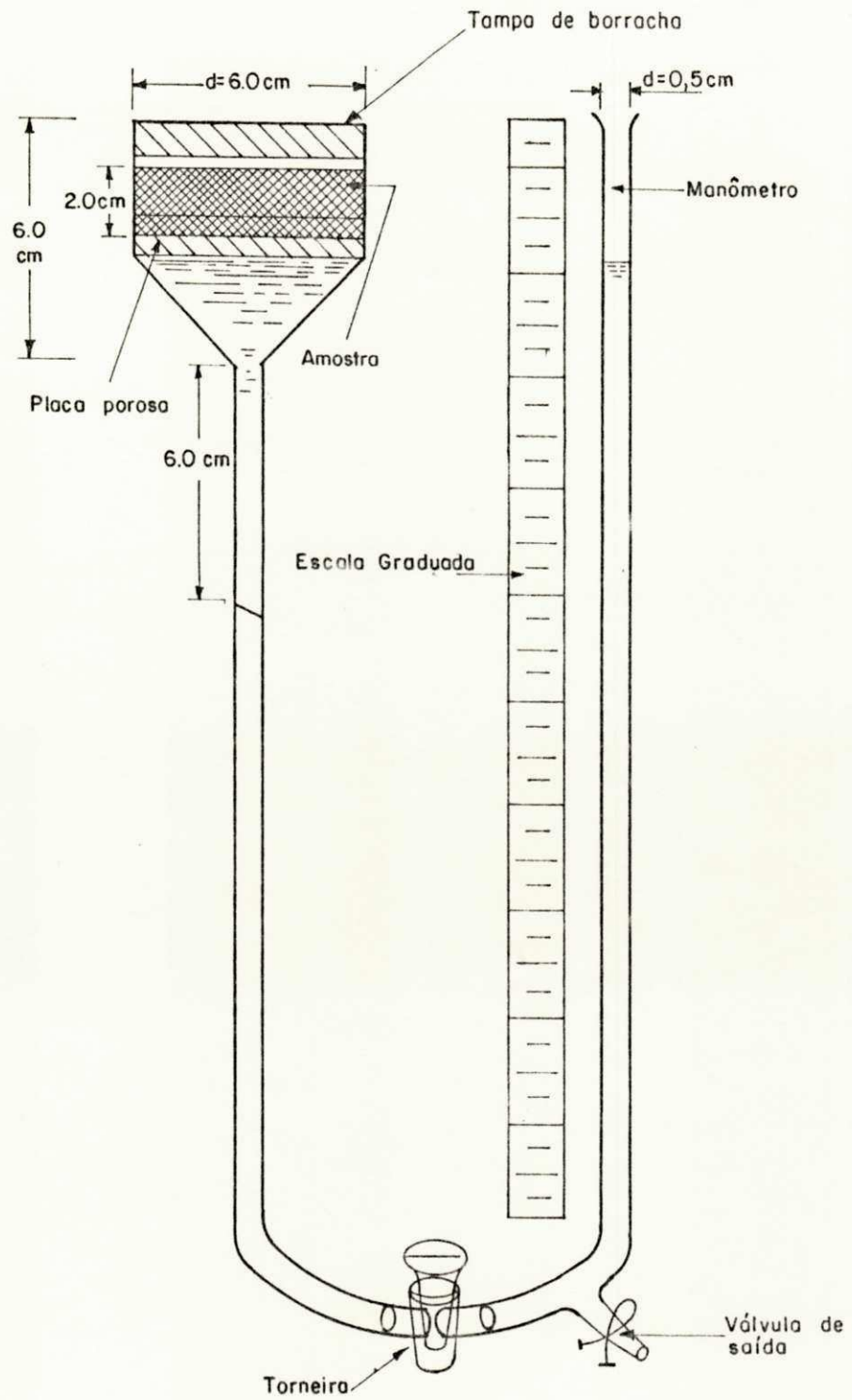


Fig. 04 - Equipamento utilizado nos testes de sucção.

$C_c$  = capacidade de campo (%)

$\theta_a$  = umidade atual (%)

$D_a$  = densidade aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$P_r$  = profundidade das raízes (cm), considerada igual a 40 cm.

O cálculo da lâmina bruta ou lâmina de irrigação foi desenvolvido considerando-se uma eficiência de aplicação de 80 %.

Os resultados desses cálculos, encontram-se na tabela 2.

O método de sulcos de infiltração em bacias de nível, foi utilizado por ser ele o de uso mais generalizado na cultura do tomateiro nos principais perímetros irrigados da região.

Após o tratamento das mudas, foi aplicada às parcelas a mesma quantidade de água com a finalidade de elevar o teor de umidade do solo até a capacidade de campo. A partir daí foram aplicadas as lâminas de irrigação correspondentes a cada tratamento. O volume de água aplicado às parcelas encontra-se na tabela 3.

Tabela 2 - Aplicação de Irrigação

Tratamento	Água disponível (%)	Umidade Atual (%)	Lâmina Líquida (mm)	Lâmina Bruta (mm)
A	30	12,72	52,24	65,3
B	50	15,14	37,33	46,7
C	70	17,56	22,42	28,0
D	90	19,99	7,45	9,3

Tabela 3. - Volume de Água Aplicado às Parcelas  
(m<sup>3</sup>)

	Tratamento A (30 %)	Tratamento B (50 %)	Tratamento C (70 %)	Tratamento D (90 %)	T O T A L
Plantio I	15.345,5	12.072,0	12.502,0	5.463,7	45.383,2
Plantio II	15.345,5	15.364,3	12.502,0	5.463,7	48.675,5



### 1.3.5 - Profundidade do Lençol Freático

Foi instalada uma rede de 5 piezômetros na área estudada, dispostos como mostra a figura 3. Através deles, verificou-se diariamente, durante 48 dias, as profundidades do lençol subterrâneo, cujos valores podem ser observados na figura 5.

### 1.3.6 - Profundidade da Zona Radicular

A profundidade das raízes foi medida a cada semana durante o ciclo da cultura no período II (agosto/novembro, 1985), da seguinte maneira: escolhendo um pé representativo do nível de desenvolvimento das plantas, sendo o mesmo arrancado e verificado a que profundidade do solo se encontrava a extremidade da raiz.

Os dados de profundidade da zona radicular da cultura foram captados durante o desenvolvimento do plantio II, para os tratamentos B (50 %) e D (90 %). Em relação ao tratamento C, foram tomados os valores correspondentes a média dos observados para os tratamentos B e D, deduzindo-se pela observação do gráfico que o comprimento das raízes seria maior quanto mais frequente a irrigação. Quanto às profundidades correspondentes ao tratamento A (30 %) foram estimados tomando-se os valores relativos ao tratamento B (50 %) e deduzindo-se a diferença entre os valores dos tratamentos C (70 %) e B (50 %).

Na figura 6 constam os valores assim tomados para a profundidade da zona radicular, conforme cada tratamento. Tendo em vista não se dispor de dados de crescimento das plantas para a

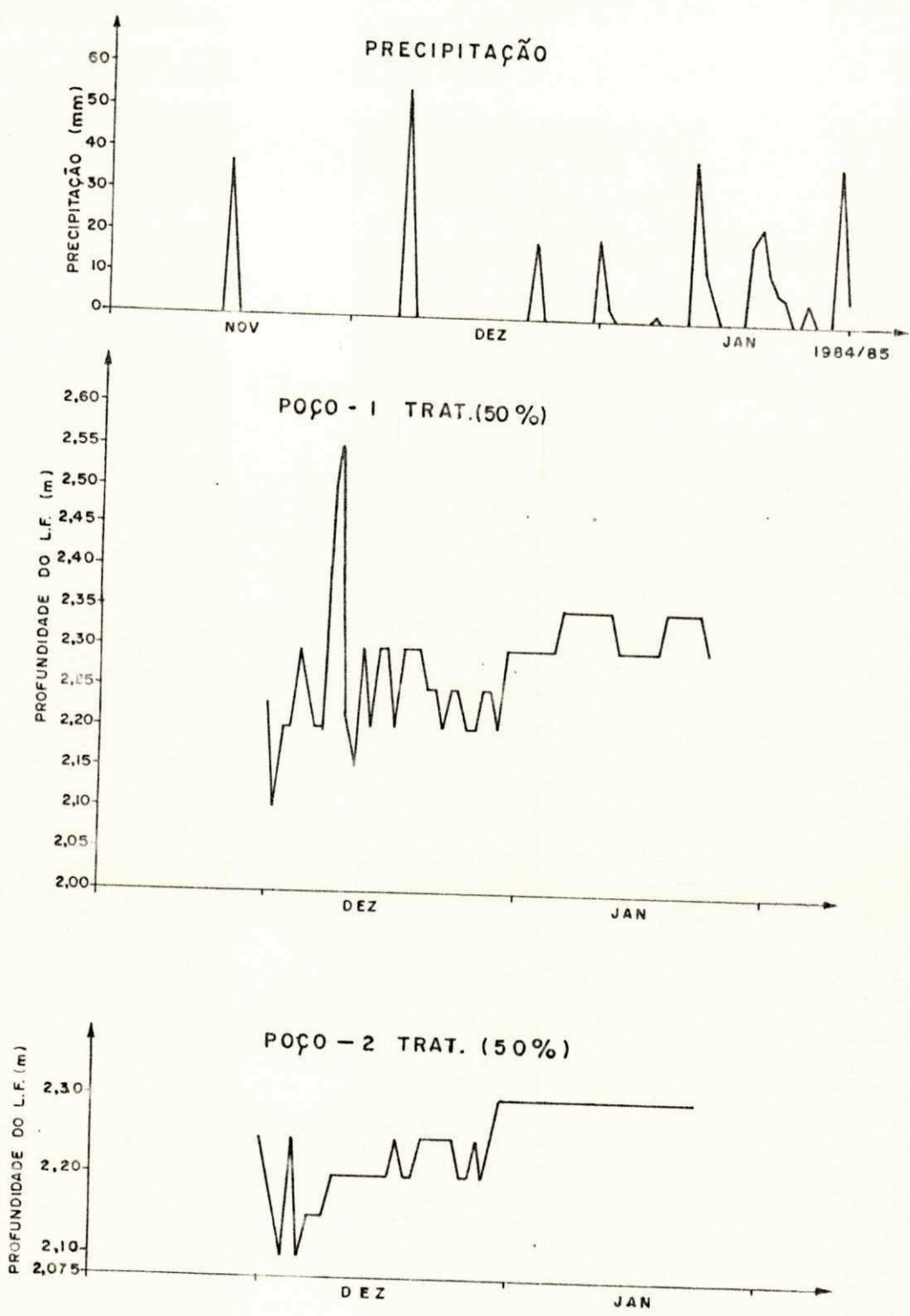


Fig. 05 - Precipitação e profundidade do lençol freático.

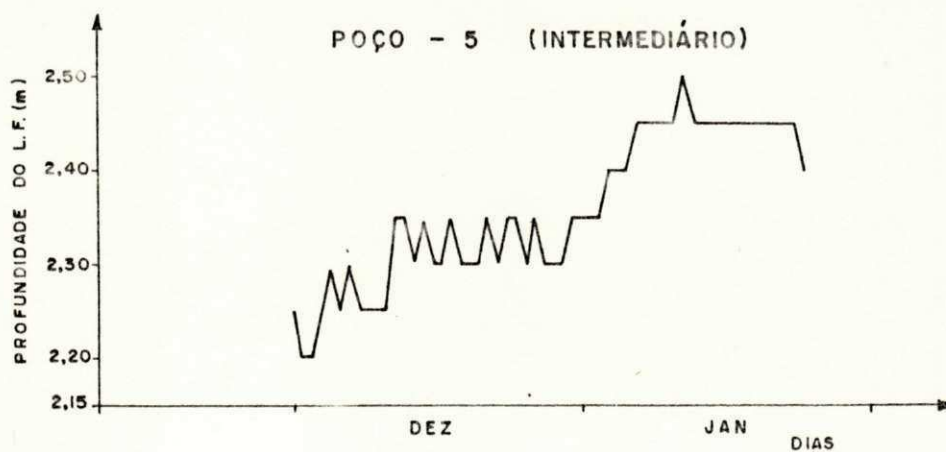
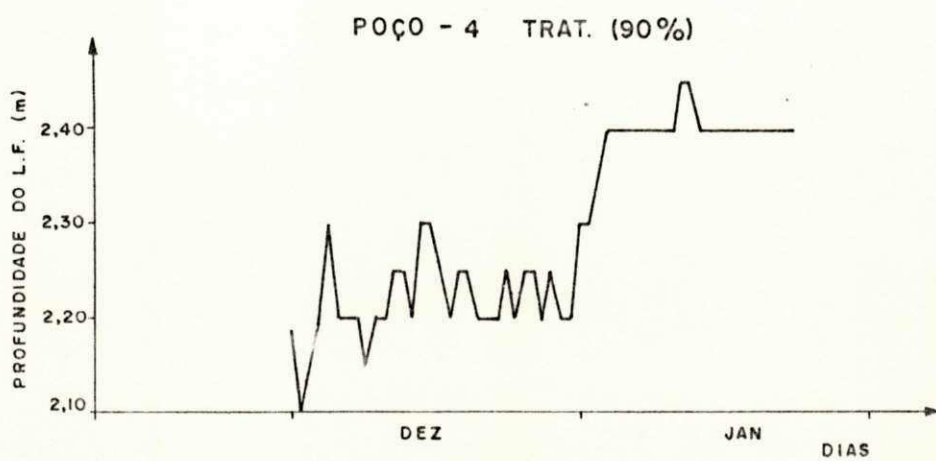
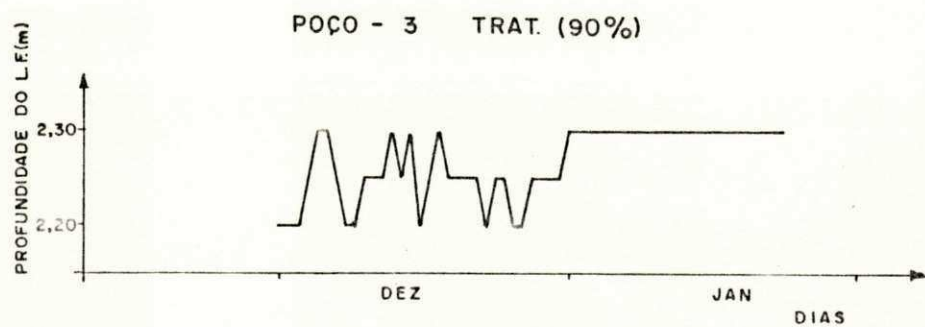


Fig. 05 - Precipitação e profundidade do lençol freático.  
(Continuação)

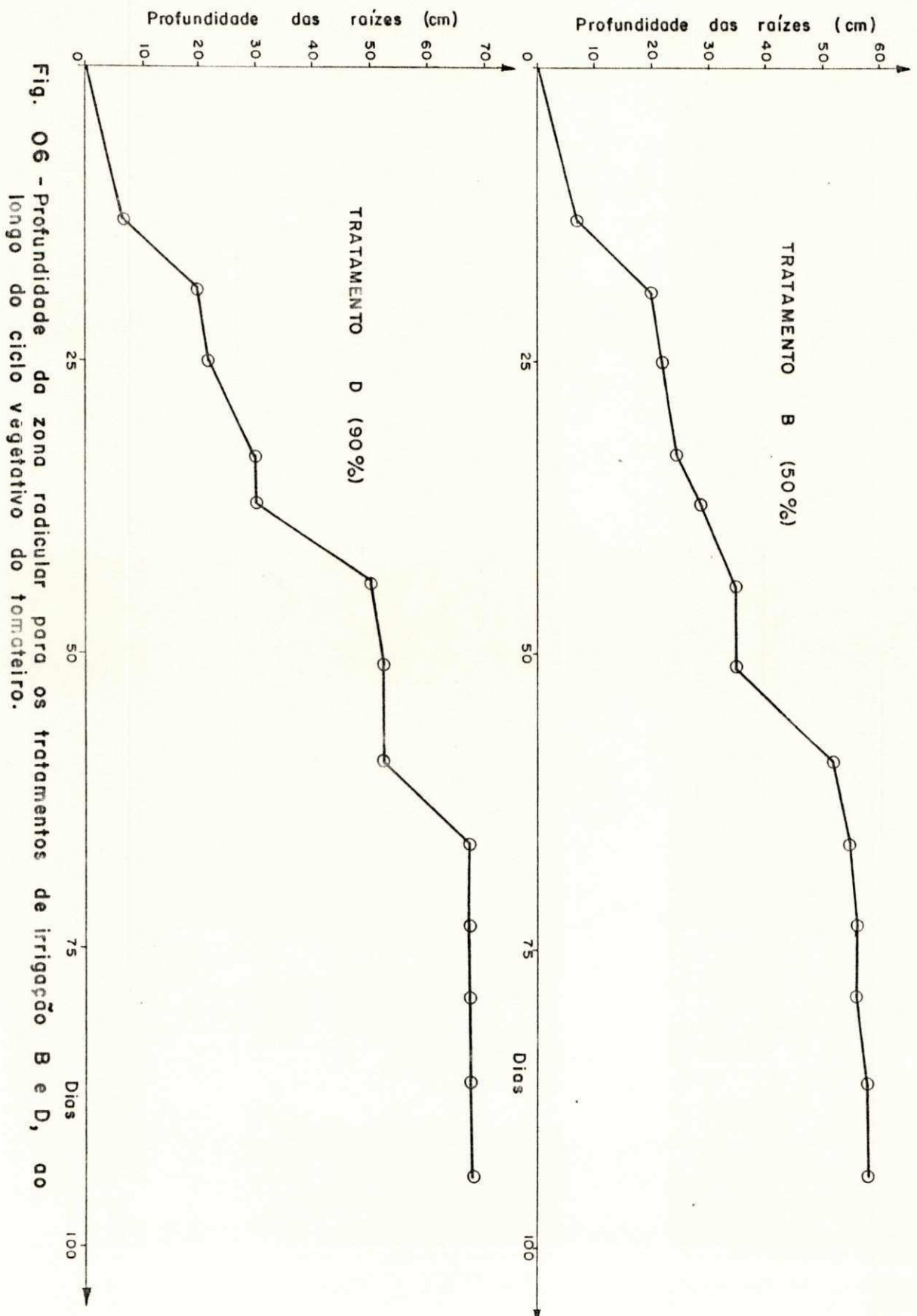


Fig. 06 - Profundidade da zona radicular para os tratamentos de irrigação B e D, ao longo do ciclo vegetativo do tomateiro.

cultura do período I, considerou-se os mesmos valores para os dois períodos.

## 2 - Métodos de Cálculo Utilizados para Determinar a Evapotranspiração

Alguns pesquisadores preferem estudar separadamente a evaporação do solo e o consumo de água pelas plantas, através da transpiração. Este trabalho, no entanto, desenvolveu o estudo do fenômeno global chamado de evapotranspiração da forma que se apresenta na prática da irrigação.

Determinou-se a evapotranspiração potencial, diariamente, e a partir desta, procurou-se, levando em consideração os fatores limitantes a sua ocorrência, definir a evapotranspiração real para cada período entre irrigações.

### 2.1 - Evapotranspiração Máxima - $ET_m$

Foi determinada através do método adotado pela FAO, utilizado por Doorembos, J. e Kassan, A.H., "Yield Response to Water", Roma, 1979, definido pela seguinte fórmula:

$$ET_m = K_c \cdot ET_o$$

onde:

$ET_m$  = Evapotranspiração máxima (mm)

$ET_o$  = Evapotranspiração de referência (mm)

$K_c$  = Coeficiente de cultivo.

Os valores determinados para a evapotranspiração máxima encontram-se na tabela 14.

### 2.1.1 - Evapotranspiração de Referência

Um método bastante usado para estimar a evapotranspiração é o chamado do tanque "Classe A", devido à facilidade de sua aplicação, quando se dispõe de dados fornecidos por uma estação meteorológica na área de estudo.

Nesse método, a evaporação medida no tanque ( $E_v$ ) é considerada proporcional à evapotranspiração potencial ( $ET_o$ ), nas condições próximas ao local de instalação do tanque.

Tem-se então:

$$ET_o = K_p \cdot E_v$$

onde  $ET_o$  e  $E_v$  são expressos em mm/dia e  $K_p$  é o coeficiente adimensional de conversão. Normalmente, utiliza-se os valores de  $K_p$  recomendados pela FAO, obtidos em função das condições do solo (com ou sem cobertura vegetal) no local em torno do tanque, velocidade do vento e umidade relativa do ar (tabela 4). Os valores diários da evapotranspiração de referência estão apresentados na tabela 10.

A Evapotranspiração de Referência é determinada através da expressão acima, onde:

Tabela 4 - Coeficiente de tanque Classe A para diferentes coberturas vegetais, níveis de umidade relativa média e vento em 24 horas.\*

Umidade Relativa Média (%)	Tanque colocado em área cultivada com vegetação baixa			Tanque colocado em área não cultivada				
		baixa < 40	média 40-70	alta > 70		baixa < 40	média 40-70	alta > 70
Vento km/dia	Tamanho da borda dura (grama) m				Tamanho da borda dura (solo) m			
Leve <175	1	.55	.65	.75	1	.7	.8	.85
	10	.65	.75	.85	10	.6	.7	.8
	100	.7	.8	.85	100	.55	.65	.75
	1000	.75	.85	.85	1000	.5	.6	.7
Moderado 175 - 425	1	.5	.6	.65	1	.65	.75	.8
	10	.6	.7	.75	10	.55	.65	.7
	100	.65	.75	.8	100	.5	.6	.65
	1000	.7	.8	.8	1000	.45	.55	.6
Forte 425-700	1	.45	.5	.6	1	.6	.65	.7
	10	.55	.6	.65	10	.5	.55	.65
	100	.6	.65	.7	100	.45	.5	.6
	1000	.65	.7	.75	1000	.4	.45	.55
Muito Forte > 700	1	.4	.45	.5	1	.5	.6	.65
	10	.45	.55	.6	10	.45	.5	.55
	100	.5	.6	.65	100	.4	.45	.5
	1000	.55	.6	.65	1000	.35	.4	.45

(\*) Dorembos e Print, 1979.

$K_p$  = coeficiente do Tanque de Evaporação Classe A; obtido a partir da umidade relativa média do ar, da cobertura vegetal e da velocidade do vento.

De acordo com os dados básicos do presente trabalho, temos as seguintes condições:

Umidade relativa média entre 40 - 70 %

Ventos moderados de 175 - 425 km/dia

Tanque colocado em área não cultivada, o que de acordo com a tabela dá um valor de  $K_p = 0,65$

$E_v$  = Evaporação medida pelo processo do tanque de Evaporação Classe A (mm/dia), (dados fornecidos pela Estação Meteorológica de São Gonçalo).

### 2.1.2 - Coeficiente de Cultura ( $k_c$ )

Varia de conformidade com a fase de desenvolvimento da cultura. Tem um valor mínimo no início do desenvolvimento da planta, alcançando um valor máximo quando esta atinge seu pleno desenvolvimento e declinando a medida que é alcançada a maturação.

Os valores de  $K_c$  para diversas culturas e estágios de desenvolvimento são apresentados na tabela 5. Observa-se que para cada estágio, tem-se dois valores, o primeiro indica o coeficiente de cultura para as condições de alta umidade ( $UR_{\min} > 70\%$  e vento fraco ( $U < 5$  m/s) e o segundo para baixa umidade



Tabela 5 - Coeficientes de Cultura. - kc.\*

CULTURA	Estágio de Desenvolvimento da Cultura					Período total de crescimento
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	
Banana tropical	0.4-0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
sub-tropical	0.5-0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Feijão verde	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.9	0.85-0.9
seco	0.3-0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Repolho	0.4-0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Algodão	0.4-0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Amendoim	0.4-0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Milho verde	0.3-0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -0.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
grãos	0.3 0.5	0.8 -0.85	1.05-1.2	0.8 -0.95	0.55-0.6	0.75-0.9
Cebola seca	0.4-0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
verde	0.4-0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Ervilha (fr.)	0.4-0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Pimenta (fr.)	0.3-0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Batata	0.4-0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Arroz	1.1-1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Açafrão	0.3-0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.0
Sorgo	0.3-0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Beterraba	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9
Cana-de-Açúcar	0.4-0.5	0.7 -1.0	1.0 -1.3	0.75-0.8	0.5 -0.6	0.85-1.05
Fumo	0.3-0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.2	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
<b>TOMATE</b>	<b>0.4-0.5</b>	<b>0.7 -0.8</b>	<b>1.05-1.25</b>	<b>0.8 -0.95</b>	<b>0.6 -0.65</b>	<b>0.75-0.9</b>
Melancia	0.4-0.5	0.7 -0.8	0.95-1.05	0.8 -0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Trigo	0.3-0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2 -0.25	0.8 -0.9
Alfafa	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Cítricas						
contr. erv.						0.65-0.75
sem contr.						0.85-0.9

(\*) FAO, 1979.

( $UR_{\min} < 20 \%$ ) e vento forte ( $U > 5 \text{ m/s}$ ).

Tanto para a cultura de tomate da plantação I como da plantação II tem-se as seguintes condições:  $20 \% < UR_{\min} < 70 \%$  e  $U < 5 \text{ m/s}$ .

Assim, como em relação ao vento o valor de  $K_c$  seria dado pelo primeiro número e quanto à umidade relativa do ar, seria intermediária entre os dois números, optou-se por considerar os valores de  $K_c$  como os valores médios entre os dois números. Com base nessas considerações definiu-se os valores de  $K_c$  para o presente trabalho, conforme consta na tabela 6.

## 2.2. - Evapotranspiração Real - ( $ET_r$ )

Foi determinada pelo método apresentado por Doorembos e Kassan, 1979, definidos pela expressão:

$$ET_r = \frac{\theta_d \cdot P_r}{t} \left[ 1 - (1-p)e^{-\frac{Et_m \cdot t}{(1-p)\theta_d \cdot P_r}} + \frac{p}{1-p} \right]$$

onde:

$ET_r$  = Evapotranspiração real média no período entre irrigações (mm/dia)

$\theta_d$  = Umidade disponível

$P_r$  = Profundidade das raízes (m)

$t$  = Número de dias depois da irrigação (dia)

$p$  = Fração da umidade disponível total que pode sofrer depressão e a evapotranspiração real permanecer igual à evapotranspiração máxima.

Tabela 6 - Coeficiente de Cultura -  $k_c$   
para o Tomate

Estágio de Desenvolvimento	$k_c$	Nº DE DIAS		PERÍODO	
		Plantio I	Plantio II	Plantio I	Plantio II
Estabelecimento	0,450	31	31	09.09.84	01.07.85
				10.10.84	01.08.85
Desenvolvimento Vegetativo	0,750	20	20	30.10.84	21.08.85
Floração	1,150	28	28	27.11.84	18.09.85
Maturação	0,875	28	27	25.12.84	15.10.85
Colheita	0,625	20	20	14.01.85	04.11.85
Total do Ciclo		127	126		

Os valores de  $ET_r$  (ver tabelas 15,16) são dados diretamente pelo uso da tabela 9, entrando-se com a evapotranspiração máxima, o produto da umidade disponível máxima pela profundidade da zona radicular, e fração "P" definida anteriormente e o intervalo entre duas ocorrências de umidade disponível máxima para a profundidade das raízes considerada.

Tomando-se a profundidade máxima das raízes (ver figura 6) e multiplicando-se pela umidade disponível máxima, verifica-se que o resultado é menor que 25. Isto significa que todos os valores de  $ET_r$ , no presente trabalho, estão contidos na primeira faixa da tabela 9.

Foram considerados para o cálculo de  $ET_r$  os períodos compreendidos entre duas ocorrências de umidade disponível máxima, independente de terem sido provocadas por chuva, irrigação ou contribuição do lençol freático. Quanto a fração p, com o emprego das tabelas 7 e 8, determinou-se o valor correspondente a cada período.

Os valores da evapotranspiração máxima e da evapotranspiração real para os intervalos entre irrigações estão apresentados nas tabelas 17 e 18 e representam a média ponderada dos valores das tabelas 15 e 16.

Tabela 7 - Grupos de Culturas de Acordo com a Depleção de Água do Solo.

GRUPO	C U L T U R A S
1	alho, pimenta, batata
2	banana, repolho, uva, ervilha, tomate
3	alfafa, feijão, citrus, amendoim, abacaxi, girassol, melancia trigo.
4	algodão, milho, azeitona, sorgo, soja, beterraba, cana de açúcar, fumo.

Tabela 8 - Fração de Depleção, p, de Água do Solo para Grupos de Culturas e Evapotranspiração Máxima (ETm)

GRUPO DE CULTURA	ETm mm/dia									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0.50	0.425	0.35	0.30	0.25	0.225	0.20	0.20	0.175	
2	0.675	0.575	0.475	0.40	0.35	0.325	0.275	0.25	0.225	
3	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45	0.425	0.375	0.35	0.30	
4	0.875	0.80	0.70	0.60	0.55	0.50	0.45	0.425	0.40	









ETm = 8.0 mm/dia																		
Pr.θd P	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	
25	0.2	6.7	5.0	3.8	3.0	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
	0.4	7.5	5.4	4.0	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
	0.6	8.0	5.8	4.1	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
	0.8	8.0	6.1	4.2	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
50	0.2	7.8	6.7	5.8	5.0	4.3	3.8	3.4	3.0	2.7	2.5	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4	1.3
	0.4	7.9	7.5	6.4	5.4	4.6	4.0	3.5	3.1	2.8	2.5	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4	1.3
	0.6	8.0	8.0	7.0	5.8	4.8	4.1	3.6	3.1	2.8	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4	1.3
	0.8	8.0	8.0	7.6	6.1	5.0	4.2	3.6	3.1	2.8	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4	1.3
100	0.2	8.0	7.8	7.3	6.7	6.2	5.8	5.3	5.0	4.6	4.3	4.0	3.8	3.6	3.4	3.2	2.8	2.5
	0.4	8.0	8.0	7.9	7.5	6.9	6.4	5.9	5.4	5.0	4.6	4.3	4.0	3.7	3.5	3.3	2.8	2.5
	0.6	8.0	8.0	8.0	8.0	7.6	7.0	6.4	5.8	5.3	4.9	4.5	4.1	3.8	3.6	3.3	2.9	2.5
	0.8	8.0		8.0	8.0	7.6	6.9	6.1	5.5	5.0	4.5	4.1	3.8	3.6	3.3	2.9	2.5	
150	0.2	8.0	8.0	7.8	7.5	7.1	6.7	6.4	6.1	5.8	5.5	5.2	5.0	4.7	4.5	4.3	3.9	3.5
	0.4	8.0	8.0	8.0	8.0	7.8	7.5	7.1	6.7	6.4	6.0	5.7	5.4	5.1	4.8	4.6	4.1	3.6
	0.6	8.0		8.0	8.0	8.0	7.7	7.4	7.0	6.6	6.2	5.8	5.5	5.1	4.8	4.2	3.7	
	0.8	8.0		8.0	8.0	8.0	7.9	7.6	7.1	6.6	6.1	5.7	5.3	5.0	4.3	3.7		
200	0.2	8.0	8.0	8.0	7.8	7.5	7.2	7.0	6.7	6.5	6.2	6.0	5.7	5.5	5.3	5.1	4.7	4.3
	0.4	8.0		8.0	8.0	8.0	7.9	7.7	7.5	7.2	6.9	6.6	6.4	6.1	5.9	5.6	5.1	4.6
	0.6	8.0		8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.8	7.6	7.3	7.0	6.7	6.4	6.1	5.4	4.8	
	0.8	8.0		8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9	7.6	7.2	6.9	6.5	5.7	5.0			
300	0.2	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9	7.8	7.6	7.5	7.3	7.1	6.9	6.7	6.6	6.4	6.2	5.8	5.5
	0.4	8.0		8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9	7.8	7.6	7.5	7.3	7.1	6.9	6.5	6.0
	0.6	8.0		8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9	7.7	7.6	7.1	6.7	
	0.8	8.0		8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9	7.7	7.6	7.1	6.7	

ETm = 10.0 mm/dia																		
Pr.ød P	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	
25	0.2	7.8	5.4	4.0	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
	0.4	8.7	5.7	4.1	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
	0.6	9.5	6.0	4.2	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
	0.8	10.0	6.2	4.2	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
50	0.2	9.4	7.8	6.4	5.4	4.6	4.0	3.5	3.1	2.8	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4	1.3
	0.4	10.0	8.7	7.0	5.7	4.8	4.1	3.5	3.1	2.8	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4	1.3
	0.6	10.0	9.5	7.6	6.0	4.9	4.2	3.6	3.1	2.8	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4	1.3
	0.8	10.0	10.0	8.1	6.2	5.0	4.2	3.6	3.1	2.8	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4	1.3
100	0.2	10.0	9.4	8.6	7.8	7.1	6.4	5.9	5.4	5.0	4.6	4.3	4.0	3.7	3.5	3.3	2.8	2.5
	0.4	10.0	10.0	9.5	8.7	7.8	7.0	6.3	5.7	5.2	4.8	4.4	4.1	3.8	3.6	3.3	2.8	2.5
	0.6	10.0	10.0	10.0	9.5	8.5	7.6	6.8	6.0	5.4	4.9	4.5	4.2	3.8	3.6	3.3	2.9	2.5
	0.8	10.0	10.0	10.0	9.3	8.1	7.1	6.2	5.6	5.0	4.5	4.2	3.9	3.6	3.3	2.9	2.5	
150	0.2	10.0	9.9	9.4	8.9	8.3	7.8	7.3	6.8	6.4	6.0	5.7	5.4	5.1	4.8	4.6	4.0	3.7
	0.4	10.0	10.0	10.0	9.7	9.2	8.7	8.1	7.5	7.0	6.6	6.1	5.7	5.4	5.1	4.8	4.2	3.7
	0.6	10.0	10.0	10.0	9.9	9.5	8.9	8.2	7.6	7.0	6.5	6.0	5.6	5.3	4.9	4.3	3.7	
	0.8	10.0	10.0	10.0	10.9	10.0	9.6	8.9	8.1	7.4	6.8	6.2	5.8	5.4	5.0	4.3	3.7	
200	0.2	10.0	10.0	9.8	9.4	9.0	8.6	8.2	7.8	7.4	7.1	6.7	6.4	6.1	5.9	5.6	5.1	4.6
	0.4	10.0	10.0	10.0	10.0	9.8	9.5	9.1	8.7	8.2	7.8	7.4	7.0	6.7	6.3	6.0	5.4	4.8
	0.6	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.8	9.5	9.0	8.5	8.1	7.6	7.2	6.8	6.4	5.6	4.9	
	0.8	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.8	9.3	8.7	8.1	7.6	7.1	6.6	5.7	5.0	
300	0.2	10.0	10.0	10.0	9.9	9.7	9.4	9.2	8.9	8.6	8.3	8.0	7.8	7.5	7.3	7.1	6.5	6.0
	0.4	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.9	9.7	9.5	9.2	8.9	8.7	8.4	8.1	7.3	7.1	6.5
	0.6	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.9	9.7	9.5	9.2	8.9	8.5	7.7	7.0	
	0.8	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.9	9.6	9.3	8.3	7.4	

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 1 - Condições Climáticas

As precipitações, durante o plantio I, ocorreram nos períodos de 12 a 21 de novembro e 01 a 13 de dezembro de 1984, nas fases de floração e de maturação das plantas e de 21 de dezembro desse ano a 05 de janeiro de 1985, no início da colheita do tomate. (tabela 6).

Em relação ao plantio II, houve ocorrência significativa de chuva apenas no período de 09 a 23 de setembro, na fase de maturação do tomate (tabela 6).

Os valores de vento e umidade relativa média, encontrando-se para os dois plantios nas mesmas faixas de 175 - 425 km/dia e 40 - 70 % e permanecendo a localização do tanque classe A nas mesmas condições (tabela 4), as diferenças da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) residem somente nos distintos valores de evaporação do tanque (tabelas 10a e 10b) para os dois ciclos. Pelas referidas tabelas, verifica-se que os valores de ET<sub>o</sub> foram quase sempre maiores, ao longo da primeira exploração.

A temperatura máxima média é 35°C para o primeiro período de exploração e 34°C para o segundo enquanto que a temperatura mínima média é 21°C para os dois ciclos.

Tabela 10a - Evapotranspiração de Referência

ET<sub>o</sub> (mm) - k = 0,65

## PLANTIO I

D A T A	EV (mm)	ET <sub>o</sub> (mm)	D A T A	EV (mm)	ET <sub>o</sub> (mm)	D A T A	EV (mm)	ET <sub>o</sub> (mm)
16.10.84	11,2	7,28	17.11.84	10,8	7,02	19.12.84	10,0	6,50
17.10.84	11,3	7,35	18.11.84	10,2	6,63	20.12.84	10,3	6,70
18.10.84	10,6	6,89	19.11.84	9,2	5,98	21.12.84	8,8	5,72
19.10.84	10,4	6,76	20.11.84	9,8	6,37	22.12.84	8,0	5,20
20.10.84	10,2	6,63	21.11.84	10,0	6,50	23.12.84	9,5	6,18
21.10.84	10,0	6,50	22.11.84	10,0	6,89	24.12.84	8,1	5,27
22.10.84	10,1	6,57	23.11.84	10,5	6,83	25.12.85	7,1	4,62
23.10.84	11,4	7,41	24.11.84	10,1	6,57	26.12.84	7,7	5,01
24.10.84	10,1	7,57	25.11.84	10,7	6,96	27.12.85	8,2	5,33
25.10.84	10,0	6,50	26.11.84	10,7	6,96	28.12.84	9,3	6,05
26.10.84	9,5	6,18	27.11.84	10,9	7,09	29.12.84	10,6	6,89
27.10.84	11,1	7,22	28.11.84	10,5	6,83	30.12.84	8,8	5,72
28.10.84	7,6	4,94	29.11.84	9,8	6,37	31.12.84	9,1	5,92
29.10.84	11,6	7,54	30.11.84	8,2	5,53	01.01.85	10,2	6,63
30.10.84	11,3	7,35	01.12.84	8,1	5,27	02.01.85	7,4	4,81
31.10.84	11,4	7,41	02.12.84	10,3	6,70	03.01.85	7,3	4,75
01.11.84	11,6	7,54	03.12.84	9,6	6,24	04.01.85	8,7	5,66
02.11.84	12,7	8,26	04.12.84	10,2	6,63	05.01.85	9,0	5,85
03.11.84	11,0	7,15	05.12.84	10,3	6,70	06.01.85	8,7	5,66
04.11.84	11,6	7,54	06.12.84	8,4	5,46	07.01.85	8,8	5,72
05.11.84	10,0	6,50	07.12.84	6,6	4,29	08.01.85	9,0	5,85
06.11.84	11,0	7,15	08.12.84	8,8	5,72	09.01.85	8,6	5,59
07.11.84	10,8	7,02	09.12.84	8,8	5,72	10.01.85	10,0	6,50
08.11.84	10,8	7,02	10.12.84	9,0	5,85	-	-	-
09.11.84	11,8	7,67	11.12.84	9,6	6,24	-	-	-
10.11.84	10,5	6,83	12.12.84	9,4	6,11	-	-	-
11.11.84	10,8	7,02	13.12.84	9,0	5,85	-	-	-
12.11.84	11,0	7,15	14.12.84	8,1	5,27	-	-	-
13.11.84	10,4	6,76	15.12.84	9,1	5,92	-	-	-
14.11.84	9,4	6,11	16.12.84	10,0	6,50	-	-	-
15.11.84	9,6	6,24	17.12.84	9,4	6,11	-	-	-
16.11.84	8,0	5,20	18.12.84	9,3	60,5	-	-	-

Tabela 10b - Evapotranspiração de Referência

ET<sub>o</sub> (mm) - k = 0,65

## PLANTIO II

DATA	EV (mm)	ET <sub>o</sub> (mm)	DATA	EV (mm)	ET <sub>o</sub> (mm)	DATA	EV (mm)	ET <sub>o</sub> (mm)
08.08.85	6,0	3,90	-	-	-	-	-	-
09.08.85	7,2	4,68	09.09.85	10,0	6,50	10.10.85	10,6	6,89
10.08.85	7,1	4,62	10.09.85	10,4	6,76	11.10.85	9,5	6,18
11.08.85	6,0	3,90	11.09.85	11,0	7,15	12.10.85	9,3	6,05
12.08.85	6,2	4,03	12.09.85	9,2	5,98	13.10.85	9,1	5,92
13.08.85	7,2	4,68	13.09.85	7,6	4,94	14.10.85	10,0	6,50
14.08.85	7,2	4,68	14.09.85	8,9	5,79	15.10.85	8,2	5,33
15.08.85	8,6	5,59	15.09.85	10,0	6,50	16.10.85	9,6	6,24
16.08.85	8,0	5,20	16.09.85	10,4	6,76	17.10.85	7,4	4,81
17.08.85	8,6	5,59	17.09.85	11,2	7,28	18.10.85	9,6	6,24
18.08.85	8,4	5,46	18.09.85	8,9	5,79	19.10.85	9,8	6,37
19.08.85	8,6	5,59	19.09.85	5,1	3,32	20.10.85	9,9	6,44
20.08.85	8,0	5,20	20.09.85	6,0	3,90	21.10.85	9,8	6,37
21.08.85	8,4	5,46	21.09.85	8,9	5,79	22.10.85	9,4	6,11
22.08.85	8,4	5,46	22.09.85	9,2	5,98	23.10.85	8,4	5,46
23.08.85	7,4	4,81	23.09.85	9,4	6,11	24.10.85	9,8	6,37
24.08.85	5,8	3,77	24.09.85	9,4	6,11	25.10.85	9,3	6,05
25.08.85	7,0	4,55	25.09.85	10,0	6,50	26.10.85	10,0	6,50
26.08.85	7,0	4,55	26.09.85	10,0	6,50	27.10.85	10,2	6,63
27.08.85	6,6	4,29	27.09.85	10,1	6,57	28.10.85	10,2	6,63
28.08.85	8,0	5,20	28.09.85	9,3	6,05	29.10.85	9,6	6,24
29.08.85	9,0	5,85	29.09.85	8,6	5,59	30.10.85	10,3	6,70
30.08.85	9,0	5,85	30.09.85	9,4	6,11	31.10.85	9,3	6,05
31.08.85	9,0	5,85	01.10.85	8,8	5,72	01.11.85	9,0	5,85
01.09.85	9,3	6,05	02.10.85	8,7	5,66	02.11.85	9,3	6,05
02.09.85	9,6	6,24	03.10.85	10,0	6,50	03.11.85	8,0	5,20
03.09.85	9,8	6,37	04.10.85	7,2	4,68	04.11.85	7,2	4,68
04.09.85	9,6	6,24	05.10.85	8,3	5,40	-	-	-
05.09.85	9,4	6,11	06.10.85	8,7	6,76	-	-	-
06.09.85	9,8	6,37	07.10.85	8,7	5,66	-	-	-
07.09.85	9,8	6,37	08.10.85	8,7	5,66	-	-	-
08.09.85	9,4	6,11	09.10.85	10,2	6,63	-	-	-

## 2 - Lençol Freático e Ascensão Capilar

A observação da profundidade da superfície do lençol subterrâneo, feita no período de 30 de novembro de 1984 a 16 de janeiro de 1985, mostrou que no referido período, a profundidade mínima daquele foi de 2,10 m, enquanto a máxima registrada foi de 2,55 m, apresentando assim uma amplitude de variação de 45 cm. Embora tratando-se de um solo classificado como franco (tabela 11), o fluxo capilar a estas profundidades do lençol freático muito provavelmente não atingiu a superfície do solo, nem mesmo, significativamente, a parte inferior da zona radicular que foi de 60 cm (figuras 5 e 6) aproximadamente, podendo-se considerar desprezível essa forma de contribuição ao conteúdo de umidade do solo na zona radicular da cultura.

A análise da relação entre a taxa de ascensão capilar e o potencial mátrico para diversos níveis de lençol freático mostra que mesmo para valores muito altos de potencial mátrico, à profundidade de lençol freático da área em estudo, a taxa de ascensão capilar é sempre muito baixa (figura 2a).

O mesmo pode ser constatado analisando-se a relação entre a profundidade do lençol freático e o potencial mátrico para diferentes taxas de ascensão capilar (2b).

## 3 - Características do Solo

Os ensaios realizados para determinação dos valores de umidade natural, densidade real e porosidade, apresentaram valores semelhantes para as três camadas estudadas (0-10, 10-30 e

Tabela 11 - Ensaio de Física do Solo.

CAMADA (cm)	Unidade Natural (%)	Densidade Real (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidade (%)	G R A N U L O M E T R I A			CLASSI- FICAÇÃO
				Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	
0 - 10	2,04	2,51	38	13,88	33,67	52,45	Franco Arenoso
10 - 30	2,04	2,54	39	15,92	40,81	43,57	Franco
30 - 60	2,04	2,51	38	16,94	33,67	49,89	Franco
0 - 60	2,04	2,52	38	15,92	37,24	47,00	Franco

30-60 cm (tabela 11).

Em relação aos ensaios de granulometria (tabela 11), estes apresentaram resultados bastante aproximados para as camadas de 10-30 e 30-60 cm de profundidade, classificando-se o solo como franco, pelo triângulo de texturas. Apenas a camada mais superficial (0-10 cm) é, pelo mesmo processo de classificação, franco-arenosa.

Os ensaios de sucção, como também os citados anteriormente, foram realizados com cada uma das quinze amostras retiradas dos poços onde foram instalados piezômetros para observação da profundidade do lençol subterrâneo e apresentaram para cada camada valores aproximados de conteúdo de umidade do solo para uma mesma altura de sucção aplicada (tabelas 12a, b, c).

As curvas traçadas a partir dos valores médios das amostras analisadas para as tres camadas encontram-se na figura 7a, onde pode ser observada a semelhança entre estas, no que se refere ao potencial mátrico, relativo a um mesmo teor de umidade. Por exemplo: para uma sucção de 100 cm de altura de água tem-se um teor de umidade de 21 % para a camada de 0-10 cm, 25 % para a de 10-30 e 25 % para a de 30-60 cm. À sucção de 20 cm de altura de água, tem-se teores de umidade de 33 %, 32 e 33 % respectivamente para as tres camadas citadas. Para estas, a comparação dos resultados dos diversos ensaios realizados, citados anteriormente, nos mostra que não será muito significativo o erro cometido ao ser considerada a camada de solo de 0-60 cm como homogênea. Assim procedendo, tomou-se a média dos teores de umidade a cada sub-camada, para uma determinada altura de sucção, definindo-se a curva relativa à camada de 0-60 cm de profundidade. Nesse caso, o solo tem um grau de saturação de 36,9 % (tabela 13) e a curva assim



Tabela 12.a - Umidade X Tensão

Camada: 0 - 10cm

AMOSTRA 1		AMOSTRA 2		AMOSTRA 3		AMOSTRA 4		AMOSTRA 5		$\theta$ (%)	$\Psi$ (cm)
$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$		
33,88	0	35,93	0	35,09	0	45,00	0	40,60	0	38,10	0
30,43	11,0	30,77	9,75	-	-	41,93	14,0	36,54	11,35	34,90	11,5
28,10	22,2	27,78	21,7	32,14	33,7	39,39	22,7	33,96	21,2	32,30	22,3
-	-	-	-	31,25	28,2	-	-	-	-	31,2	28,2
-	-	-	-	-	-	38,24	33,3	30,00	34,0	30,8	33,6
26,70	43,2	-	40,7	29,55	45,0	37,50	46,6	28,07	48,6	30,5	44,8
25,40	64,0	-	-	28,57	65,7	32,79	66,4	-	-	28,9	65,4
18,90	93,0	-	91,0	25,00	95,0	31,00	94,1	26,09	96,5	25,2	93,9
18,18	133,7	-	138,75	22,22	139,5	24,39	140,1	22,22	146,5	21,8	139,7
14,80	188,7	-	184,7	18,52	184,5	23,40	183,3	20,73	194,5	19,4	187,8

Tabela 12.b - Umidade X Tensão

Camada: 10-30 (cm)

AMOSTRA 1		AMOSTRA 2		AMOSTRA 3		AMOSTRA 4		AMOSTRA 5		$\theta$ (%)	$\Psi$ (cm)
$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$		
38,81	0	31,88	0	37,04	0	33,33	0	35,83	0	35,4	0
36,05	10,75	30,43	12,50	31,91	12,00	30,43	12,25	33,96	10,50	32,6	11,6
34,25	19,25	-	22,00	30,43	21,75	30,30	19,25	-	-	-	-
33,65	38,10	30,00	46,00	29,81	46,50	28,85	42,75	32,50	35,50	31,0	41,8
30,96	92,25	26,53	87,50	28,95	90,00	25,00	80,75	30,68	81,90	28,4	87,5
23,68	141,75	-	144,55	27,74	132,25	21,13	135,00	28,41	123,00	25,2	135,3
16,98	183,00	-	193,75	26,67	190,50	20,69	187,00	27,50	173,00	23,0	185,4

Tabela 12.c - Umidade X Tensão

Profundidade: 50-60 (cm)

AMOSTRA 1		AMOSTRA 2		AMOSTRA 3		AMOSTRA 4		AMOSTRA 5		$\theta$ (%)	$\Psi$ (cm)
$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$	$\theta$	$\Psi$		
36,36	0	34,78	0	38,99	0	32,76	0	42,67	0	37,1	0
35,11	11,75	-	-	29,41	10,75	31,40	10,25	38,88	8,50	33,7	10,3
32,73	18,50	34,00	19,00	28,81	20,25	-	-	35,29	14,00	32,7	17,9
-	-	32,84	27,00	-	-	28,05	32,75	-	-	-	-
32,28	44,50	30,00	46,40	28,57	44,00	26,09	47,25	34,88	34,00	30,4	43,2
-	-	28,00	79,90	-	-	-	-	-	-	28,0	70,9
31,03	85,00	21,30	91,00	24,68	93,50	17,44	90,75	33,33	60,00	25,6	84,0
29,49	130,75	19,20	142,00	12,50	134,00	15,38	139,25	30,23	129,50	21,4	135,1
26,00	182,00	12,50	183,70	-	177,50	14,00	179,00	28,17	170,00	20,2	178,4

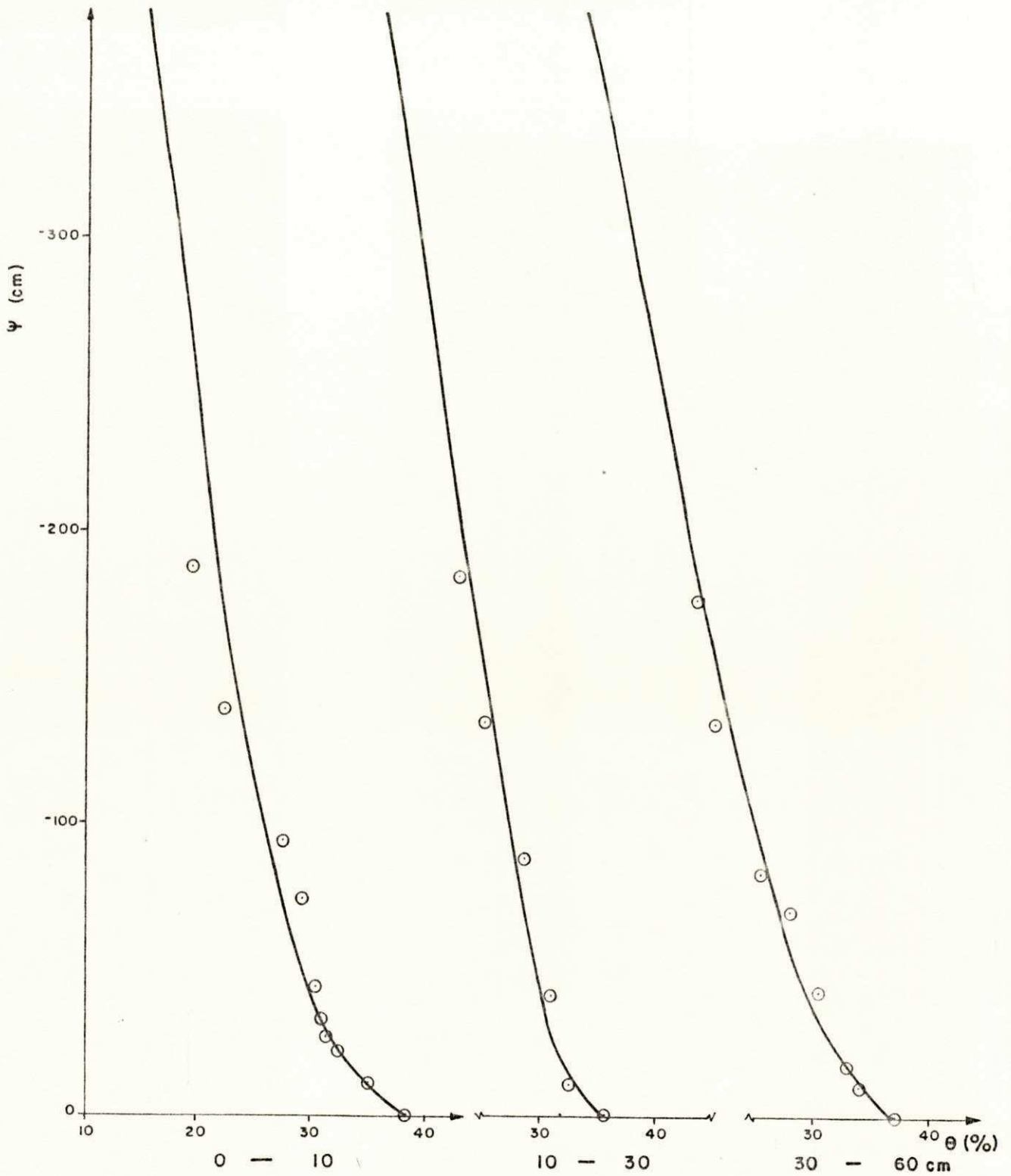


Fig. 07.a - Potencial mátrico x umidade do solo. Camadas de 0 a 10, 10 a 30 e 30 a 60 cm.

Tabela 13 - Umidade X Tensão

Camada: 0 - 60 cm

$\theta$ (%)	$\Psi$ (cm)
36,9	0
33,7	10,9
32,3	19,7
31,3	31,0
30,5	43,2
26,2	87,3
22,4	136,3
20,7	182,5

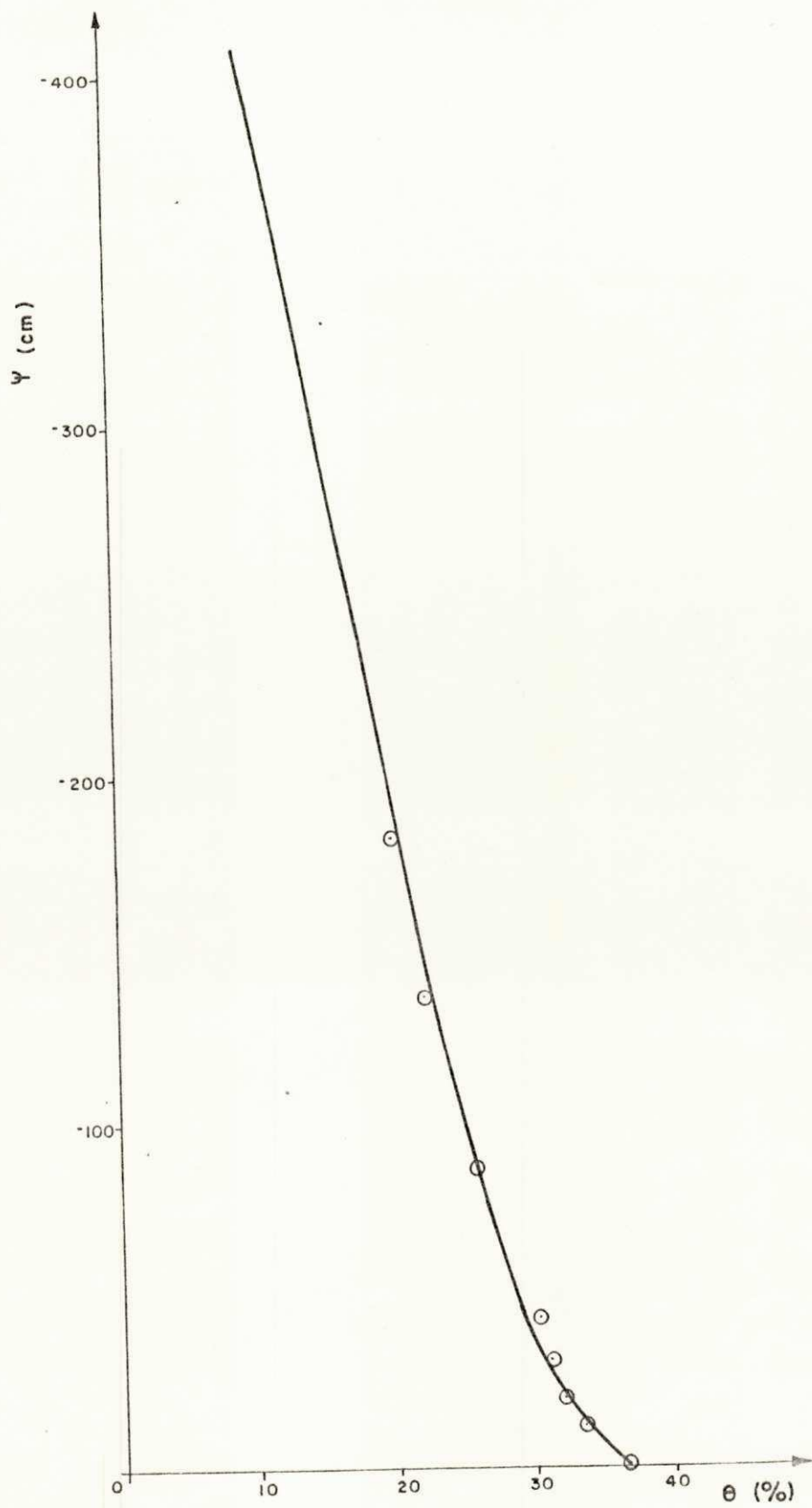


Fig. 07.b - Potencial mátrico x umidade do solo.  
Camada de 0 a 60 cm.

definida passou a ser considerada como representativa de cada uma das camadas estudadas. Por exemplo: pelo procedimento anterior observa-se que para a camada de 0-60 cm, a altura de água de 100 cm corresponde a um teor de umidade de 25 %, enquanto para uma altura de água de 20 cm, tem-se 32 %. A relação entre a tensão de umidade do solo e o seu conteúdo de umidade para a camada de 0-60 cm de profundidade é mostrada na figura 7b, onde se pode observar que a sucção do solo é zero quando este se encontra saturado ou seja, quando o teor de umidade deste atinge 36,9 %.

A capacidade de campo, ou seja, um teor de umidade de 21,2 %, corresponde para a referida camada a uma sucção de 176 cm e o ponto de murcha permanente, 9,08 % a 430 cm de altura de água. São valores determinados no campo e nenhum método de laboratório os substituiu adequadamente.

Na realidade, não é constante a capacidade de campo e o referido teor de umidade pode se alterar com o tempo, devido ao manejo do solo, intensidade de irrigação, precipitação e contribuição da água subterrânea. Desse modo, é provável que tenha ocorrido diferenças entre as capacidades de campo das parcelas relativas aos quatro tratamentos aplicados A, B, C e D. Richard, 1973, encontrou a respeito, uma variação de até 15 % quando aumentou o número de irrigação de duas para oito vezes durante o ciclo da cultura, para uma camada de 100 cm.

A profundidade do lençol freático; camadas impermeáveis, condutividades diferentes das mesmas e condições antecedentes diferentes de umidade influenciam a capacidade de campo. No entanto, considerou-se no presente trabalho aquele parâmetro como constante, em vista da pequena espessura da camada em estudo (60 cm) e da

razoável homogeneidade da mesma, para facilidade de análise do comportamento da água do solo ao longo dos ciclos dos dois plantios de tomate.

Analisando-se os tratamentos de irrigação em relação à curva sucção versus umidade, verifica-se que no tratamento A, a irrigação deveria ser efetuada quando a umidade do solo era de 12,72 % (tabela 2), correspondendo assim a uma sucção de 354 cm de água; no tratamento B, a irrigação sendo aplicada ao se encontrar o solo com a umidade de 15,14 %, a sucção seria de 300 cm de água. Enquanto isso, no tratamento C, ter-se-ia uma sucção, por ocasião da irrigação, de 25 cm de água, tendo em vista, para esse tratamento, aquela corresponder a uma umidade de 17,50%. Finalmente, para o tratamento D, a irrigação deveria ocorrer quando o solo se encontrasse com 19,99 % de umidade, e portanto, a uma sucção de 200 cm de água. Estes valores que dizem respeito ao planejamento da irrigação, estão bastante razoáveis e mesmo o que se refere à maior sucção (354 cm) não deveria provocar uma redução significativa na produção (Choudhury et alii, 1977).

Com respeito ao plantio I, a observação das curvas de conteúdo de umidade do solo (ver figuras 8a, e 8b) mostram que os valores mínimos registrados anteriormente às aplicações de irrigação foram de 9,43 %; 12,00 %; 11,00 % e 13,50 % respectivamente, para os tratamentos A, B, C e D, que correspondem a sucções de 420; 360; 384 e 336 cm de água. Quanto ao plantio II, os mínimos de umidade (figura 9.) registrados foram de 10,00 % para os tratamentos A e B, 9,65 para o C e 12,00 % para o tratamento D, correspondendo portanto a sucção de 408 cm de água para os três primeiros e de 360 para o último.



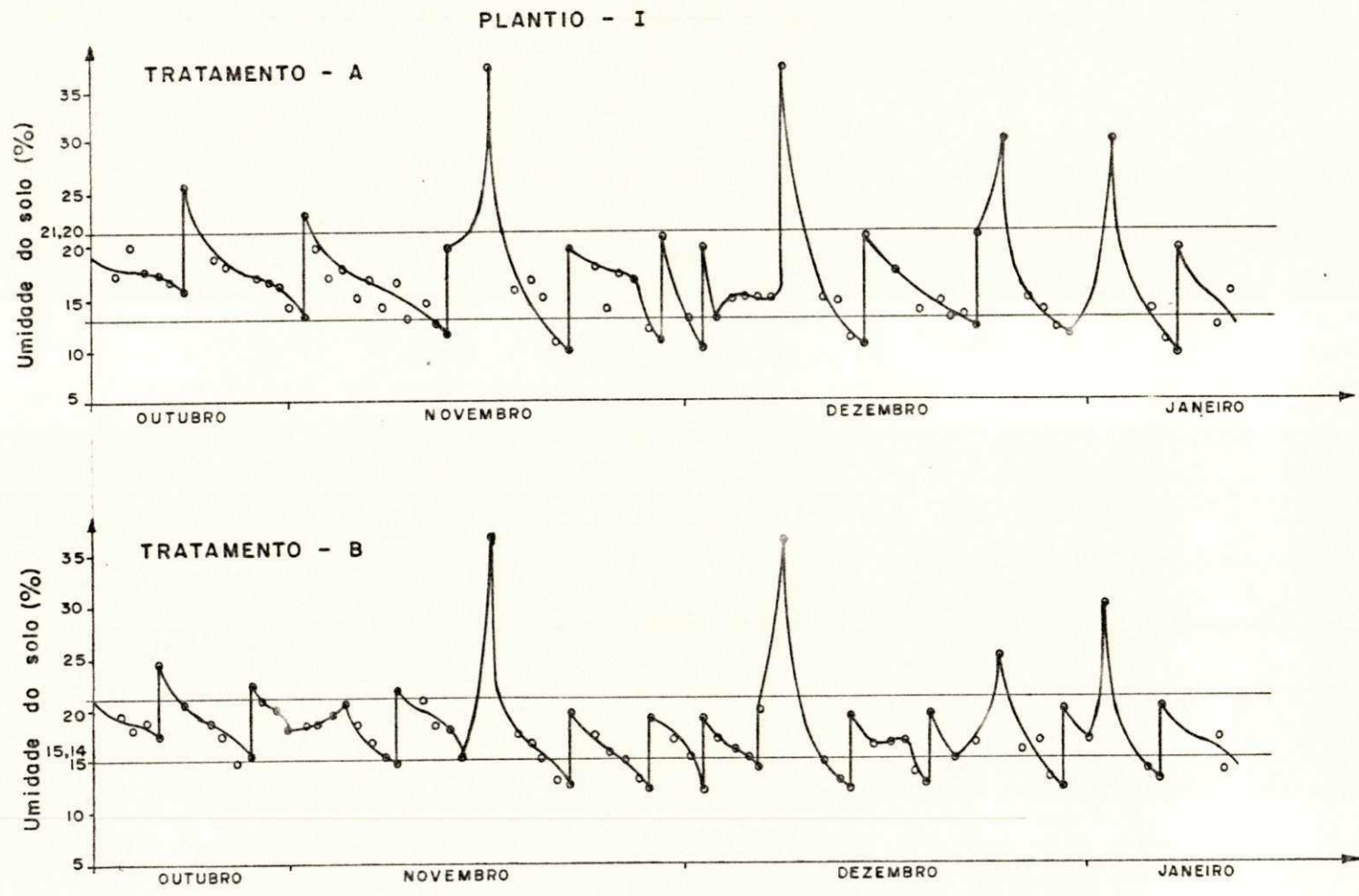


Fig. 08.a - Curvas de depleção.

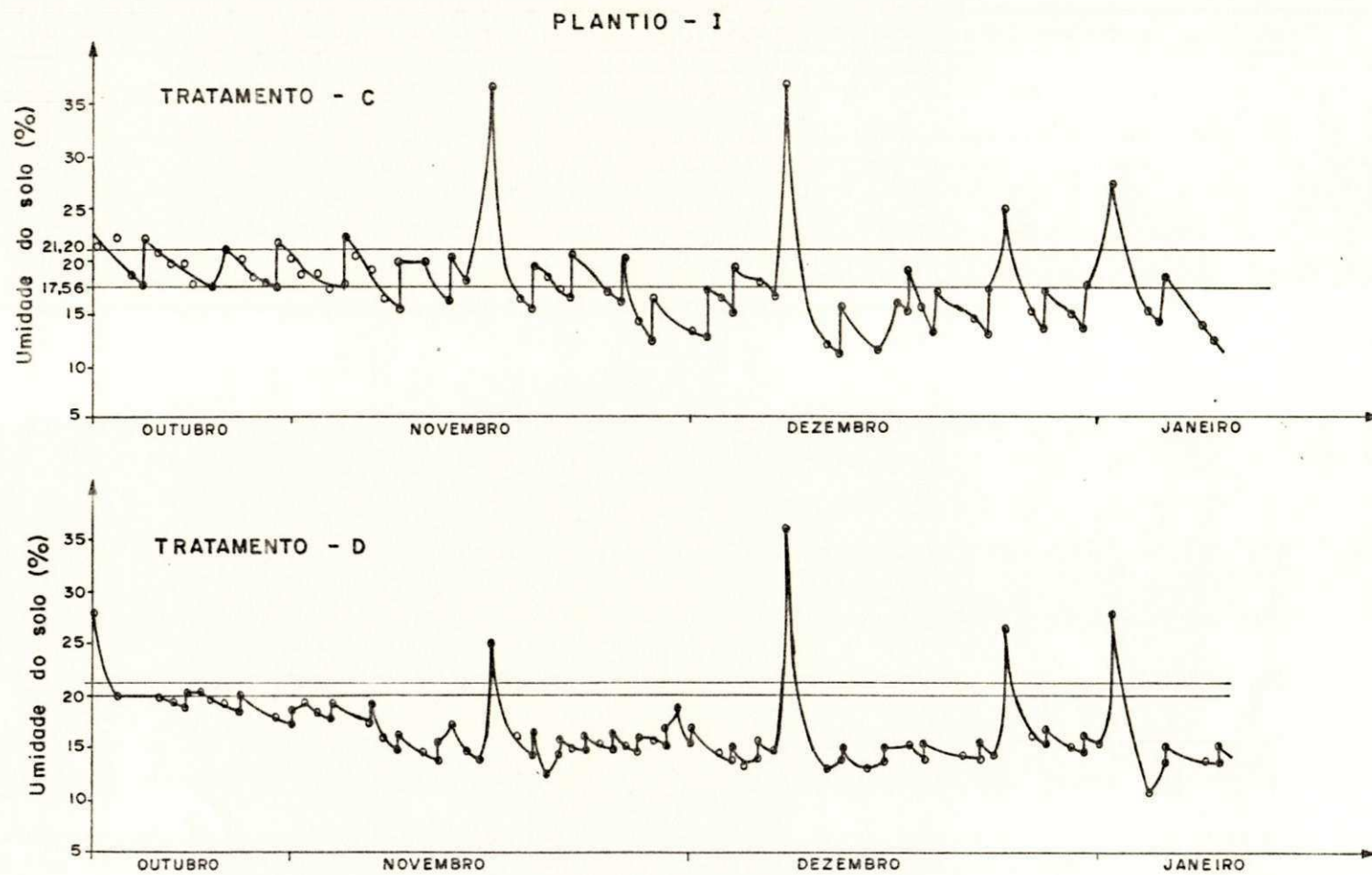


Fig. 08.b - Curvas de depleção.

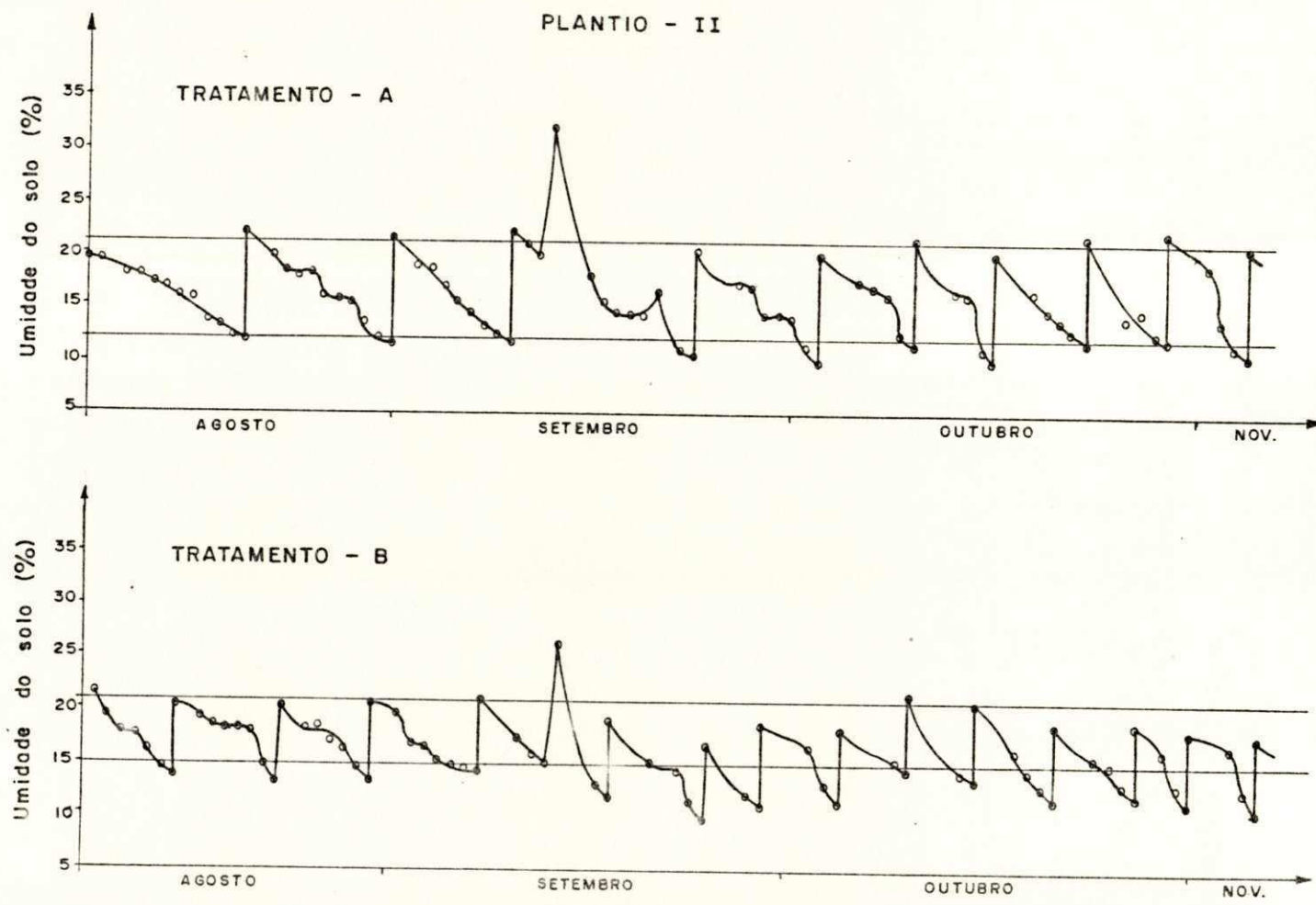


Fig.09.a - Curvas de depleção.

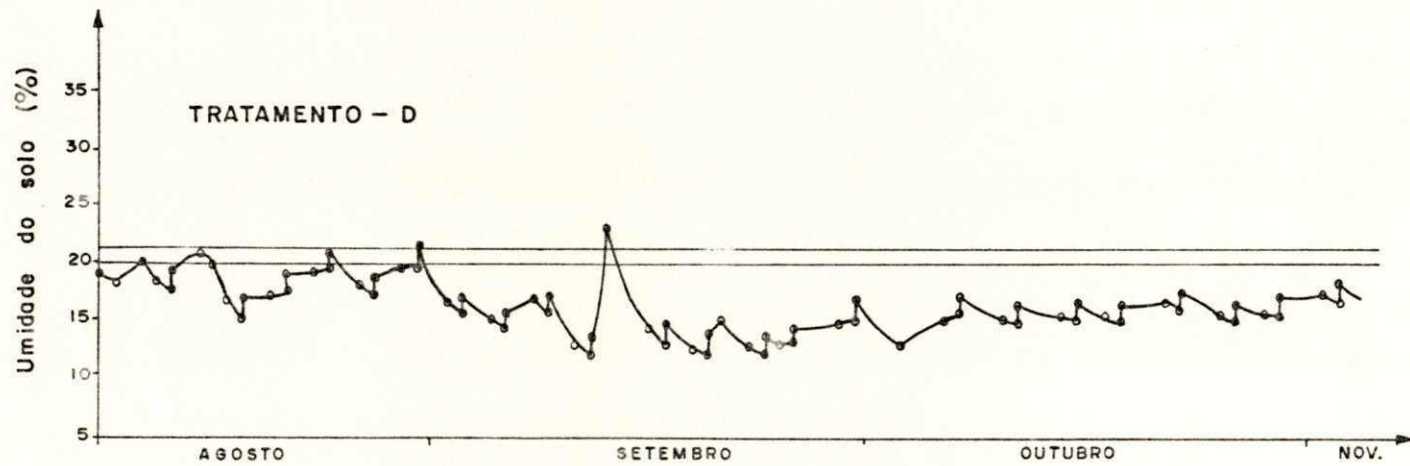
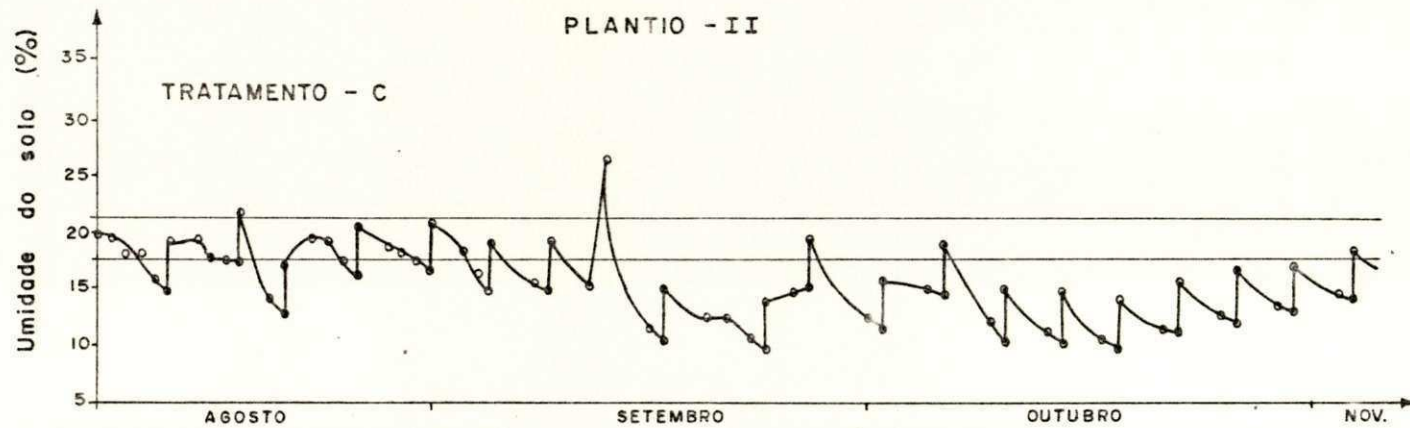


Fig.09.b - Curvas de depleção.

#### 4 - Umidade do Solo

O método gravimétrico para a determinação da umidade do solo apresenta a desvantagem de só se conhecer o seu valor vinte e quatro horas depois de colhida a amostra. Isto contribue para que a irrigação nem sempre seja efetuada quando a umidade do solo encontra-se no teor recomendado no planejamento. Nos ciclos dos dois plantios em questão, este fato ocorreu diversas vezes, principalmente no tratamento D, onde se fazia necessária uma maior frequência na aplicação da irrigação.

O número de irrigações e quantidades de água aplicadas podem ser vistos na tabela 3.

A irrigação não correspondeu ao planejamento em termos de ser aplicada sem que o conteúdo de umidade do solo se encontrasse em pré-determinada fração de água disponível de conformidade com cada tratamento (tabela 2).

Analisando o plantio I, verificou-se que em relação ao tratamento A, a irrigação deveria ser efetuada sempre que o teor de umidade do solo abaixasse até 12,72 %. Na realidade, a primeira ocorreu quando o solo se encontrava com 15,50 % de umidade; a segunda foi aplicada aproximadamente nas condições planejadas; quanto às oito restantes aconteceram com a umidade do solo sempre abaixo de 12,72 %, chegando mesmo por ocasião da última irrigação a se encontrar o solo próximo ao ponto de murcha permanente.

No tratamento B, a parcela deveria ser irrigada sempre que a umidade do solo se reduzisse a 50 % da água disponível, ou seja, se encontrasse em teor de 15,14 %. No experimento, a umidade do solo foi mantida próxima do valor citado até a ter

ceira irrigação, isto é, o 39º dia do ciclo, portanto, na fase de maturação da cultura (tabela 6). As aplicações seguintes ocorreram quando o solo se encontrava em condições de umidade inferiores aquele valor.

Este quadro que não é tão significativo em relação aos tratamentos A e B, pois nestes se aproxima o teor de umidade da capacidade de campo após a irrigação, torna-se relevante nos demais, C e D, principalmente neste último. Em relação ao tratamento C, permanece o conteúdo de umidade próximo à capacidade de campo desde o 20º dia do ciclo até o 55º, abrangendo assim desde o início do período de floração, até a fase de maturação do tomate (tabela 6). Enquanto isso, no tratamento D, a umidade do solo passa a se distanciar da capacidade de campo ainda na fase de crescimento da planta, permanecendo distante não somente daquele parâmetro como também do limite inferior de umidade estabelecido no planejamento. Neste último caso, a irrigação deveria ser efetuada sempre que a umidade do solo baixasse a 90 % da umidade disponível. Na realidade, esta foi aplicada quando o solo se encontrava com um conteúdo de umidade, a partir da terceira irrigação, sempre abaixo daquele valor, situação que não se modificou nem mesmo com as precipitações ocorridas. Essas, embora tenham algumas vezes deixado o solo saturado, por ser a condutividade hidráulica muito alta para os solos francos, provocando assim uma acentuada depleção de umidade, logo este voltava à condição de umidade anterior.

Em resumo, o conteúdo de umidade mínimo vai sendo mantido em um nível mais elevado, a medida que a irrigação é efetuada sequentemente cada vez com mais frequência para os tratamentos B, C e D. Por outro lado, a capacidade de campo é cada vez

menos atingida nos tratamentos subsequentes, ocorrendo que no último referido, conservou-se a partir do 28º dia do ciclo da cultura e após a segunda irrigação, abaixo da capacidade de campo, exceto por ocasião das precipitações.

A umidade do solo, de um modo geral, se manteve na faixa correspondente à percentagem de umidade disponível por mais tempo, numa relação inversa ao teor de umidade fixado. Isto é, para o tratamento A (30 % de umidade disponível), o que ocorreu no campo está mais próximo ao planejamento que os demais e o tratamento D é o que menos se aproxima da situação planejada.

Analisando-se agora as condições de umidade do plantio II, verifica-se que a pouca incidência de precipitação e o período abrangido pela cultura (apresentando maior regularidade de evaporação do tanque classe A) apresentou condições de que a irrigação se procedesse a intervalos mais regulares. Daí, observa-se mais homogeneidade das condições de umidade do solo em relação ao plantio I. Vê-se pelas curvas (figuras 9a, e 9b), como no caso do plantio I, uma tendência de acréscimo da umidade no final, já na fase de colheita (tabela 6), justamente quando a cultura resiste a uma certa carência de umidade. De modo geral, pode ser estendida a esse ciclo a observação em relação ao comportamento de umidade no plantio I, ou seja, não atendimento às condições de planejamento, pouco acentuado para o tratamento A e significativo para o tratamento D. Neste último, a umidade do solo permanece abaixo da mínima admitida no planejamento da irrigação, porém após o período de floração e início da maturação da planta, conforme a referida tabela.

## 5 - Evapotranspiração

A evapotranspiração máxima ou potencial, calculada empiricamente pelo método da FAO, 1979, apresentou seu maior valor 9,5 mm, para o plantio I, em 02.11.84 (tabela 14a) no 33º dia do ciclo da cultura, no qual coincidiu o maior valor de evaporação do tanque classe A, 12,7 mm, com o período de maior consumo daquela, durante a fase de frutificação, quando o coeficiente de cultura  $k_c$ , tinha o valor de 1,15.

Quanto ao plantio II, ocorreu a máxima evapotranspiração potencial, 8,37 mm, na data de 17.09.85, 40º dia do ciclo da cultura, quase ao final do período de maior consumo da mesma (tabela 14b). Comparando-se os valores da evapotranspiração para os dois plantios, verifica-se que, geralmente, correspondendo a cada período de desenvolvimento, a evapotranspiração do primeiro está sempre mais elevada, justo por serem mais altos os valores de evaporação do tanque classe A no período de sua exploração.

Comparando-se as figuras 8 e 9 e as tabelas 15 e 16, observa-se que há estreita relação entre a evapotranspiração real e a umidade do solo correspondente a cada intervalo de irrigação ou precipitação. Analisando-se cada período, quando o conteúdo de umidade do solo aumenta, acontece o mesmo com a evapotranspiração real, tendendo esta a aproximar-se da evapotranspiração potencial.

Quanto a esta última, deveriam valores altos desta, corresponderem a intervalos de irrigação mais curtos. Não acontecendo isto no experimento realizado, houve a insuficiência de



Tabela 14a - Evapotranspiração Máxima

## PLANTIO I

DATA	ET <sub>o</sub> (mm)	ET <sub>m</sub> (mm)	DATA	ET <sub>o</sub> (mm)	ET <sub>m</sub> (mm)	DATA	ET <sub>o</sub> (mm)	ET <sub>m</sub> (mm)
$k_c = 0,750$			14.11.84	6,11	7,03	15.12.84	5,92	5,18
			15.11.84	6,24	7,18	16.12.84	6,50	5,69
16.10.84	7,28	5,46	16.11.84	5,20	5,98	17.12.84	6,11	5,35
17.10.84	7,35	5,51	17.11.84	7,02	8,07	18.12.84	6,05	5,29
18.10.84	6,89	5,17	18.11.84	6,63	7,62	19.12.84	6,50	5,69
19.10.84	6,76	5,07	19.11.84	5,98	6,88	20.12.84	6,70	5,86
20.10.84	6,63	4,97	20.11.84	6,37	7,32	21.12.84	5,72	5,00
21.10.84	6,50	4,87	21.11.84	6,50	7,47	22.12.84	5,20	4,55
22.10.84	6,57	4,93	22.11.84	6,89	7,92	23.12.84	6,18	5,41
23.10.84	7,41	5,56	23.11.84	6,83	7,85	24.12.84	5,27	4,61
24.10.84	6,57	4,93	24.11.84	6,57	7,56	25.12.84	4,62	4,04
25.10.84	6,50	4,87	25.11.84	6,96	8,00	$k_c = 0,625$		
26.10.84	6,18	4,63	26.11.84	6,96	8,00			
27.10.84	7,22	5,41	27.11.84	7,09	8,15			
28.10.84	4,94	3,70	$k_c = 0,875$			26.12.84	5,01	3,13
29.10.84	7,54	5,65	28.11.84	6,83	5,98	27.12.84	5,33	3,33
30.10.84	7,35	5,51	29.11.84	6,37	5,57	28.12.84	6,05	3,78
$k_c = 1,150$			30.11.84	5,33	4,66	29.12.84	6,89	4,31
31.10.84	7,41	8,52	01.12.84	5,27	4,61	30.12.84	5,72	3,57
01.11.84	7,54	8,67	02.12.84	6,70	5,86	31.12.84	5,92	3,70
02.11.84	8,26	9,50	03.12.84	6,24	5,46	01.01.85	6,63	4,14
03.11.84	7,15	8,22	04.12.84	6,63	5,80	02.01.85	4,81	3,01
04.11.84	7,54	8,67	05.12.84	6,70	5,86	03.01.85	4,75	2,97
05.11.84	6,50	7,47	06.12.84	5,46	4,78	04.01.85	5,66	3,54
06.11.84	7,15	8,22	07.12.84	4,29	3,75	05.01.85	5,85	3,66
07.11.84	7,02	8,07	08.12.84	5,72	5,00	06.01.85	5,66	3,54
08.11.84	7,02	8,07	09.12.84	5,72	5,00	07.01.85	5,72	3,57
09.11.84	7,67	8,82	10.12.84	5,85	5,12	08.01.85	5,85	3,66
10.11.84	6,83	7,85	11.12.84	6,24	5,46	09.01.85	5,59	3,49
11.11.84	7,02	8,07	12.12.84	6,11	5,35	10.01.85	6,50	4,06
12.11.84	7,15	8,22	13.12.84	5,85	5,12	-	-	-
13.11.84	6,76	7,77	14.12.84	5,27	4,61	-	-	-

Tabela 14b - Evapotranspiração Máxima

## PLANTIO II

DATA	ET <sub>o</sub> (mm)	ET <sub>m</sub> (mm)	DATA	ET <sub>o</sub> (mm)	ET <sub>m</sub> (mm)	DATA	ET <sub>o</sub> (mm)	ET <sub>m</sub> (mm)
$k_c = 0,750$			06.09.85	6,37	7,32	07.10.85	5,66	4,95
08.08.85	3,90	2,92	07.09.85	6,37	7,32	08.10.85	5,66	4,95
09.08.85	4,68	3,51	08.09.85	6,11	7,03	09.10.85	6,63	5,80
10.08.85	4,62	3,46	09.09.85	6,50	7,47	10.10.85	6,89	6,03
11.08.85	3,90	2,92	10.09.85	6,76	7,77	11.10.85	6,18	5,41
12.08.85	4,03	3,02	11.09.85	7,15	8,22	12.10.85	6,05	5,29
13.08.85	4,68	3,51	12.09.85	5,98	6,88	13.10.85	5,92	5,18
14.08.85	4,68	3,51	13.09.85	4,94	5,68	14.10.85	6,50	5,69
15.08.85	5,59	4,19	14.09.85	5,79	6,66	15.10.85	5,33	4,66
16.08.85	5,20	3,9	15.09.85	6,50	7,47	$k_c = 0,625$		
17.08.85	5,59	4,19	16.09.85	6,76	7,77	16.10.85	6,24	3,90
18.08.85	5,46	4,09	17.09.85	7,28	8,37	17.10.85	4,81	3,01
19.08.85	5,59	4,19	18.09.85	5,79	6,66	18.10.85	6,24	3,90
20.08.85	5,20	3,9	$k_c = 0,875$			19.10.85	6,37	3,98
21.08.85	5,46	4,09	19.09.85	3,32	2,90	20.10.85	6,44	4,02
$k_c = 1.150$			20.09.85	3,90	3,41	21.10.85	6,37	3,98
22.08.85	5,46	6,28	21.09.85	5,79	5,07	22.10.85	6,11	3,82
23.08.85	4,81	5,53	22.09.85	5,98	5,23	23.10.85	5,46	3,41
24.08.85	3,77	4,34	23.09.85	6,11	5,35	24.10.85	6,37	3,98
25.08.85	4,55	5,23	24.09.85	6,11	5,35	25.10.85	6,05	3,78
26.08.85	4,55	5,23	25.09.85	6,50	5,69	26.10.85	6,50	4,06
27.08.85	4,29	4,93	26.09.86	6,50	5,69	27.10.85	6,63	4,14
28.08.85	5,20	5,98	27.09.85	6,57	5,75	28.10.85	6,63	4,14
29.08.85	5,85	6,73	28.09.85	6,05	5,29	29.10.85	6,24	3,90
30.08.85	5,85	6,73	29.09.85	5,59	4,89	30.10.85	6,70	4,19
31.08.85	5,85	6,73	30.09.85	6,11	5,35	31.10.85	6,05	3,78
01.09.85	6,05	6,96	01.10.85	5,72	5,00	01.11.85	5,85	3,66
02.09.85	6,24	7,18	02.10.85	5,66	4,95	02.11.85	6,05	3,78
03.09.85	6,37	7,32	03.10.85	6,50	5,69	03.11.85	5,20	3,25
04.09.85	6,24	7,18	04.10.85	4,68	4,09	04.11.85	4,68	2,92
05.09.85	6,11	7,03	05.10.85	5,40	4,72	-	-	-
			06.10.85	6,76	5,91			

Tabela 15 - Evapotranspiração Real a intervalos de irrigação ou precipitação.

## PLANTIO I

DATA	INTER-VALO (d)	ETm (mm/dia)	FRAÇÃO P	ETr (mm/dia)	DATA	INTER-VALO (d)	ETm (mm/dia)	FRAÇÃO P	ETr (mm/dia)
Tratamento "A"					Tratamento "C"				
16.10.84					16.10.84				
23.10.84	7	5	0,4	3,2	20.10.84	4	5	0,4	4,3
01.11.84	9	5	0,4	2,6	30.10.84	10	5	0,4	2,4
12.11.84	11	8	0,3	2,3	04.11.84	5	9	0,2	4,6
15.11.84	3	8	0,3	6,2	08.11.84	4	8	0,3	5,2
21.11.84	6	7	0,3	3,8	12.11.84	4	8	0,3	5,2
28.11.84	7	8	0,3	3,5	15.11.84	3	8	0,3	6,2
01.12.84	3	5	0,4	4,6	18.11.84	3	7	0,3	5,6
07.12.84	6	5	0,4	3,5	21.11.84	3	7	0,3	5,6
13.12.84	6	5	0,4	3,5	25.11.84	4	8	0,3	5,2
21.12.84	8	5	0,4	2,9	27.11.84	4	8	0,3	7,1
23.12.84	2	5	0,4	5,0	01.12.84	2	6	0,4	4,8
28.12.85	5	4	0,5	3,6	03.12.84	2	6	0,4	5,9
31.12.85	3	4	0,5	3,9	07.12.84	4	5	0,4	4,3
05.01.85	5	3	0,6	2,9	11.12.84	4	5	0,4	4,3
09.01.85	4	4	0,5	3,9	16.12.84	5	5	0,4	3,9
Tratamento "B"					18.12.84	2	6	0,4	5,9
16.10.84					22.12.84	4	5	0,4	4,3
21.10.84	5	5	0,4	3,9	23.12.84	1	5	0,4	5,0
28.10.84	7	5	0,4	3,5	26.12.84	3	5	0,4	4,6
08.11.84	11	8	0,3	2,3	29.12.84	3	3	0,6	3,0
15.11.84	7	8	0,3	3,5	31.12.84	2	4	0,5	4,0
21.11.84	6	7	0,3	3,8	04.01.85	4	6	0,4	4,8
27.11.84	6	8	0,3	3,9	08.01.85	4	4	0,5	3,9
01.12.84	4	6	0,4	4,8	09.01.85	1	4	0,5	4,0
05.12.84	4	6	0,4	3,8	-	-	-	-	-
07.12.84	2	5	0,4	5,0	-	-	-	-	-
12.12.84	5	5	0,4	3,9	-	-	-	-	-
18.12.84	6	5	0,4	3,5	-	-	-	-	-
23.12.84	5	5	0,4	3,9	-	-	-	-	-
28.12.84	5	4	0,5	3,6	-	-	-	-	-
31.12.84	3	4	0,5	3,9	-	-	-	-	-
04.01.85	4	3	0,6	3,0	-	-	-	-	-
09.01.85	5	4	0,5	3,6	-	-	-	-	-

Conti.

Tabela 15 - (continuação)

DATA	INTER- VALO (d)	ETm (mm/ dia)	FRAÇÃO P	ETr (mm/ dia)
Tratamento "D"				
16.10.84	7	5	0,4	3,2
23.10.84	4	5	0,4	4,3
27.10.84	4	6	0,4	4,8
31.10.84	3	9	0,2	6,2
03.11.84	3	8	0,3	6,2
06.11.84	2	8	0,3	7,1
08.11.84	3	8	0,3	6,2
11.11.84	2	8	0,3	7,1
13.11.84	2	6	0,4	5,9
15.11.84	3	6	0,4	5,4
18.11.84	2	7	0,3	6,4
20.11.84	2	8	0,3	7,1
22.11.84	2	8	0,3	7,1
24.11.84	2	8	0,3	7,1
26.11.84	2	7	0,3	6,4
28.11.84	2	5	0,4	5,0
30.11.84	3	6	0,4	5,4
03.12.84	2	6	0,4	5,9
05.12.84	2	6	0,4	5,9
07.12.84	4	5	0,4	4,3
11.12.84	3	5	0,4	4,6
14.12.84	3	6	0,4	5,4
17.12.84	4	5	0,4	4,3
21.12.84	2	5	0,4	5,0
23.12.84	3	5	0,4	4,6
26.12.84	3	4	0,5	3,9
29.12.84	2	4	0,5	4,0
31.12.84	1	4	0,5	4,0
01.01.85	3	3	0,6	3,0
04.01.85	4	4	0,5	3,9
08.01.85	1	4	0,5	4,0
09.01.85				

Tabela 16 - Evapotranspiração Real a intervalos de irrigação ou precipitação

## PLANTIO II

DATA	INTER-VALO (d)	ETm (mm)	FRAÇÃO P	ETr (mm)	DATA	INTER-VALO (d)	ETm (mm)	FRAÇÃO P	ETr (mm)
Tratamento "A"					Tratamento "C"				
08.08.85	12	4	0,5	2,1	08.08.85	5	3	0,6	2,9
20.08.85	5	5	0,4	3,9	13.08.85	5	4	0,5	3,6
25.08.85	6	6	0,4	3,7	18.08.85	3	4	0,5	3,9
31.08.85	9	7	0,3	3,5	21.08.85	4	5	0,4	4,3
09.09.85	3	8	0,3	6,2	25.08.85	1	5	0,4	5,0
12.09.85	8	7	0,3	3,0	26.08.85	5	7	0,3	4,3
20.09.85	3	5	0,4	4,6	31.08.85	4	7	0,3	4,9
23.09.85	9	5	0,4	2,6	04.09.85	4	7	0,3	4,9
02.10.85	7	5	0,4	3,2	08.09.85	4	8	0,3	5,2
09.10.85	6	5	0,4	3,5	12.09.85	4	7	0,3	4,9
15.10.85	7	4	0,5	3,1	16.09.85	4	6	0,4	4,8
22.10.85	6	4	0,5	3,4	20.09.85	3	5	0,4	4,6
28.10.85	6	4	0,5	3,4	23.09.85	3	6	0,4	5,4
03.11.85	1	3	0,6	3,0	26.09.85	5	5	0,4	3,9
04.11.85					01.10.85	4	5	0,4	4,3
Tratamento "B"					05.10.85	4	5	0,4	4,3
08.08.85	6	3	0,6	2,8	09.10.85	4	5	0,4	4,3
14.08.85	8	4	0,5	2,8	13.10.85	4	4	0,5	3,9
22.08.85	3	5	0,4	4,6	17.10.85	4	4	0,5	3,9
25.08.85	4	5	0,4	4,3	21.10.85	4	4	0,5	3,9
29.08.85	8	7	0,3	3,0	25.10.85	4	4	0,5	3,9
06.09.85	6	8	0,3	3,9	29.10.85	4	4	0,5	3,9
12.09.85	4	7	0,3	4,9	02.11.85	2	5	0,4	5,0
16.09.85	4	6	0,4	4,8	04.11.85				
20.09.85	3	5	0,4	4,6	-	-	-	-	-
23.09.85	4	6	0,4	4,8	-	-	-	-	-
27.09.85	6	5	0,4	3,5	-	-	-	-	-
03.10.85	5	5	0,4	3,9	-	-	-	-	-
08.10.85	5	5	0,4	3,9	-	-	-	-	-
13.10.85	5	5	0,4	3,9	-	-	-	-	-
18.10.85	6	4	0,5	3,4	-	-	-	-	-
24.10.85	4	4	0,5	3,9	-	-	-	-	-
28.10.85	5	4	0,5	3,6	-	-	-	-	-
02.11.85	2	5	0,4	5,0	-	-	-	-	-
04.11.85									

Cont.

Tabela 16. (continuação)

DATA	INTER- VALO (d)	ET <sub>in</sub> (mm)	FRAÇÃO P	ET <sub>r</sub> (mm)
Tratamento "D"				
08.08.85	1	3	0,6	3,0
09.08.85	4	3	0,6	3,0
13.08.85	5	4	0,5	3,6
18.08.85	3	4	0,5	3,9
21.08.85	3	5	0,4	4,6
24.08.85	1	4	0,5	4,0
25.08.85	2	5	0,4	5,0
27.08.85	3	7	0,3	5,6
30.08.85	3	7	0,3	5,6
02.09.85	3	7	0,3	5,6
05.09.85	3	7	0,3	5,6
08.09.85	3	8	0,3	6,2
11.09.85	1	8	0,3	8,0
12.09.85	4	7	0,3	4,9
16.09.85	3	6	0,4	5,4
19.09.85	1	3	0,6	3,0
20.09.85	3	5	0,4	4,6
23.09.85	3	6	0,4	5,4
26.09.85	4	5	0,4	4,3
30.09.85	7	5	0,4	3,2
07.10.85	4	6	0,4	4,8
11.10.85	4	5	0,4	4,3
15.10.85	3	3	0,6	3,0
18.10.85	4	4	0,5	3,9
22.10.85	4	4	0,5	3,9
26.10.85	3	4	0,5	3,9
29.10.85	4	4	0,5	3,9
02.11.85	2	5	0,4	5,0
04.11.85				

umidade em relação ao planejamento de irrigação, pois a períodos de evapotranspiração potencial alta, o decrescimo de umidade ocorria com muita rapidez e o sistema usado para determinação da umidade (gravimétrico) não facilitou a detectação da necessidade de irrigação no momento adequado. Quanto menor é a evapotranspiração potencial, maior é o período de tempo em que a evapotranspiração real permanece igual à potencial. Assim,  $ET_p$  maior corresponde a menor valor da fração "P" que indica a duração de tempo em que ocorre a coincidência de valor das duas evapotranspirações.

Em relação aos tratamentos de irrigação aplicados, vê-se que no tratamento A, a evapotranspiração potencial de cada período, corresponde uma evapotranspiração real bem inferior aquela. Nos demais tratamentos, (B, C e D), a medida que o conteúdo de umidade é mantido mais elevado e os intervalos de irrigação vão se tornando menores, observa-se que a evapotranspiração real vai se aproximando mais da potencial, de modo que no tratamento D, encontram-se muito próximos os dois valores.

A cada período de tempo ao longo do ciclo da cultura, observa-se que ao se conservar a umidade do solo próxima à capacidade de campo, como ocorre no tratamento D, em que se mantém o solo em 100 a 90 % da umidade disponível, a evapotranspiração real se mantém próxima à evapotranspiração potencial. Por outro lado, ao permitir-se que a umidade do solo permaneça mais tempo abaixo da capacidade de campo, a medida que vai diminuindo o teor de umidade, como acontece nos demais tratamentos (100-70, 100-50 e 100-30%), a evapotranspiração real vai se tornando cada vez mais distante da evapotranspiração potencial (tabelas 16, 17, 1 e 18).

Tabela 17 - Evapotranspiração Real a intervalos de irrigação

## PLANTIO I

DATA	INTER-VALO (d)	ETm (mm/dia)	ETr (mm/dia)	ETr/ETm (mm/dia)	DATA	INTER-VALO (d)	ETm (mm/dia)	ETr (mm/dia)	ETr/ETm (mm/dia)
Tratamento "A"					Tratamento "C"				
16.10.84					16.10.84	4	5	4,3	0,86
23.10.83	7	5	3,2	0,64	20.10.84	10	5	2,4	0,48
01.11.84	9	5	2,6	0,52	30.10.84	5	9	4,6	0,51
12.11.84	11	8	2,3	0,29	04.11.84	4	8	5,2	0,65
21.11.84	9	7	4,6	0,66	08.11.84	4	8	5,2	0,65
28.11.84	7	8	3,5	0,44	12.11.84	6	8	5,9	0,74
01.12.84	3	5	4,6	0,92	18.11.84	3	7	5,6	0,80
13.12.84	6	5	3,5	0,70	21.11.84	4	8	5,2	0,65
21.12.84	8	5	2,9	0,58	25.11.84	2	8	7,1	0,89
28.12.84	7	4	4,0	1,00	27.11.84	4	6	4,8	0,80
05.01.85	8	3	3,0	1,00	01.12.84	2	6	5,9	0,98
09.01.85	4	4	3,9	0,98	03.12.84	8	5	4,3	0,86
Tratamento "B"					11.12.84	5	5	3,9	0,78
16.10.84					16.12.84	2	6	5,9	0,98
21.10.84	5	5	3,9	0,78	18.12.84	4	5	4,3	0,86
28.10.84	7	5	3,5	0,70	22.12.84	4	5	4,7	0,94
08.11.84	11	8	2,3	0,29	26.12.84	3	3	3,0	1,00
21.11.84	13	8	3,6	0,45	29.12.84	6	5	4,5	0,90
27.11.84	6	8	3,9	0,49	04.01.85	4	4	3,9	0,98
01.12.84	4	6	4,8	0,80	08.01.85	1	4	4,0	1,00
05.12.84	4	6	4,8	0,80	09.01.85				
12.12.84	7	5	4,2	0,84	-	-	-	-	-
18.12.84	6	5	3,5	0,70	-	-	-	-	-
28.12.84	10	5	3,8	0,48	-	-	-	-	-
04.01.85	7	3	3,0	1,00	-	-	-	-	-
09.01.85	5	4	3,6	0,9	-	-	-	-	-

Cont.



Tabela 17 - (continuação)

DATA	INTER- VALO (d)	ETm (mm/ dia)	ETr (mm/ dia)	ETr/ETm (mm/ dia)
Tratamento "D"				
16.10.84	7	5	3,2	0,64
23.10.84	4	5	4,3	0,86
27.10.84	4	6	4,8	0,80
31.10.84	3	9	6,2	0,69
03.11.84	3	8	6,2	0,78
06.11.84	2	8	7,1	0,89
08.11.84	3	8	6,2	0,78
11.11.84	2	8	7,1	0,89
13.11.84	5	6	5,6	0,93
18.11.84	2	7	6,4	0,91
20.11.84	2	8	7,1	0,89
22.11.84	2	8	7,1	0,89
24.11.84	2	8	7,1	0,89
26.11.84	2	7	6,4	0,91
28.11.84	2	5	5,0	1,00
30.11.84	3	6	5,4	0,90
03.12.84	2	6	5,9	0,98
05.12.84	6	5	4,8	0,96
11.12.84	3	5	4,6	0,92
14.12.84	3	6	5,4	0,90
17.12.84	4	5	4,3	0,86
21.12.84	5	5	4,8	0,96
26.12.84	3	4	3,9	0,98
29.12.85	6	4	3,5	0,88
04.01.85	4	4	3,9	0,98
08.01.85	1			
09.01.85				

Tabela 18 - Evapotranspiração Real a intervalos de irrigação

## PLANTIO II

DATA	INTER-VALO (d)	ETm (mm/dia)	ETr (mm/dia)	ETr/ETm (mm/dia)	DATA	INTER-VALO (d)	ETm (mm/dia)	ETr (mm/dia)	ETr/ETm (mm/dia)
Tratamento "A"					Tratamento "C"				
08.08.85					08.08.85	5	3	2,9	0,97
20.08.85	12	4	2,1	0,53	13.08.85	5	4	3,6	0,90
31.08.85	11	6	3,2	0,53	18.08.85	5	4	3,9	0,98
09.09.85	9	7	3,5	0,50	21.08.85	3	4	3,9	0,98
23.09.85	14	7	4,0	0,57	26.08.85	5	5	4,4	0,88
02.10.85	9	5	2,6	0,52	31.08.85	5	7	4,3	0,61
09.10.85	7	5	3,2	0,64	04.09.85	4	7	4,9	0,70
15.10.85	6	5	3,5	0,70	08.09.85	4	7	4,9	0,70
22.10.85	7	4	3,1	0,78	16.09.85	8	8	5,1	0,64
28.10.85	6	4	3,4	0,85	23.09.85	7	6	4,7	0,78
03.11.85	6	4	3,4	0,85	26.09.85	3	6	5,4	0,90
04.11.85	1	3	3,0	1,00	01.10.85	5	5	3,9	0,65
Tratamento "B"					05.10.85	4	5	4,3	0,86
08.08.85					09.10.85	4	5	4,3	0,86
14.08.85	6	3	2,8	0,93	13.10.85	4	4	3,9	0,98
22.08.85	8	4	2,8	0,70	17.10.85	4	4	3,9	0,98
29.08.85	7	5	4,4	0,88	21.10.85	4	4	3,9	0,98
06.09.85	8	7	3,0	0,43	25.10.85	4	4	3,9	0,98
16.09.85	10	8	5,1	0,64	29.10.85	4	4	3,9	0,98
23.09.85	7	6	4,7	0,78	02.11.85	4	4	3,9	0,98
27.09.85	4	6	4,8	0,80	04.11.85	2	5	5,0	1,00
03.10.85	6	5	3,5	0,70	-	-	-	-	-
08.10.85	5	5	3,9	0,78	-	-	-	-	-
13.10.85	5	5	3,9	0,78	-	-	-	-	-
18.10.85	5	5	3,9	0,78	-	-	-	-	-
24.10.85	6	4	3,4	0,85	-	-	-	-	-
28.10.85	4	4	3,9	0,98	-	-	-	-	-
02.11.85	5	4	3,6	0,90	-	-	-	-	-
04.11.85	2	5	5,0	1,00	-	-	-	-	-

Cont.

Tabela 18 (continuação)

DATA	INTER- VALO (d)	ETm (mm/ dia)	ETr (mm/ dia)	ETr/ETm (mm/ dia)
Tratamento "D"				
08.08.85	1	3	3,0	1,00
09.08.85	4	3	3,0	1,00
13.08.85	5	4	3,6	0,90
18.08.85	3	4	3,9	0,98
21.08.85	3	5	4,6	0,92
24.08.85	3	5	5,0	1,00
27.08.85	3	7	5,6	0,80
30.08.85	3	7	5,6	0,80
02.09.85	3	7	5,6	0,80
05.09.85	3	7	5,6	0,80
08.09.85	3	8	6,2	0,78
11.09.85	5	7	5,5	0,79
16.09.85	3	6	5,4	0,90
19.09.85	4	5	4,2	0,84
23.09.85	3	6	5,4	0,90
26.09.85	4	5	4,3	0,86
30.09.85	7	5	3,2	0,64
07.10.85	4	6	4,8	0,80
11.10.85	4	5	4,3	0,86
15.10.85	3	3	3,0	1,00
18.10.85	4	4	3,9	0,98
22.10.85	4	4	3,9	0,98
26.10.85	3	4	3,9	0,98
29.10.85	4	4	3,9	0,98
02.11.85	2	5	5,0	1,00
04.11.85				

Analisando-se a relação entre a evapotranspiração real e a potencial, observa-se que aumentando os intervalos de irrigação, esta diminui, Vê-se ainda que a valores de evapotranspiração potencial baixos, aquela é maior, o que confirma as afirmações do parágrafo anterior.

## 6 - Balanço Hídrico

O balanço foi efetuado a partir da clássica equação:

$$I + P = ET + ES \pm \Delta\theta \pm C$$

onde:

I - irrigação

P - precipitação

ET - evapotranspiração

ES - escoamento superficial

$\Delta\theta$  - variação no conteúdo de umidade do solo

C - capilaridade ou percolação.

As lâminas de irrigação foram constantes para cada tratamento, conforme o planejamento, e os dados de precipitação fornecidos pela Estação Meteorológica existentes no local do experimento.

O escoamento superficial foi considerado desprezível tendo em vista a irrigação ser aplicada na forma de sulcos em bacias de nível.

A evapotranspiração foi calculada empiricamente pelo

método da FAO, a umidade do solo foi medida diariamente no local do experimento pelo método gravimétrico e a ascensão capilar ou percolação determinadas como a incógnita da equação.

A evapotranspiração tendo sido analisada a partir das tabelas 14 a 18, trata-se aqui principalmente de observar-se as tabelas 19 e 20 do ponto de vista de verificar a carência ou excesso de água a cada período e para os diversos tratamentos de irrigação aplicados.

O comportamento é semelhante para os dois plantios em relação a percolação. Enquanto para o tratamento A é excessiva a percolação, esta vai se reduzindo nos tratamentos seguintes (B e C) e no último considerado (D), ocorre mesmo uma acentuada deficiência da umidade.

A maior quantidade de precipitação ocorrida no período do plantio I (tabela 16) contribuiu para ser mais elevada neste a percolação correspondente a cada tratamento, em relação ao plantio II.

## 7 - Rendimento

Estudos realizados por pesquisadores mostram que o tomateiro é mais sensível a carência de água por ocasião do replantio e logo após este, como também durante a floração e a maturação.

Quando aquela ocorre durante o período de floração, há uma redução do número de flores, por outro lado, uma carência moderada de água no período vegetativo aumenta o crescimento das raízes. Para um alto rendimento e boa qualidade, a cultura

Tabela 19 - Balanço Hídrico na Zona Radicular

PLANTIO I

D A T A	Precipi tação (mm)	Varição da Umida de do So lo (mm)	Evapotrans piração (mm)	Percola- ção ou Capilari dade(mm)
Tratamento "A" - Lâmina de Irrigação: 65,3 mm				
16.10.84	-	- 31,8	22,4	- 11,1
23.10.84	-	- 21,1	23,4	- 20,8
01.11.84	-	- 15,9	25,3	- 24,1
12.11.84	38,2	- 14,4	41,4	- 47,7
21.11.84	-	9,7	24,5	- 50,5
28.12.84	-	- 7,8	13,8	- 43,7
01.12.84	55,6	4,2	21,0	- 104,1
13.12.84	-	12,9	23,2	- 55,0
21.12.84	18,8	- 7,0	28,0	- 49,1
28.12.84	23,4	- 16,8	24,0	- 47,9
05.01.85	1,2	55,3	15,6	- 40,9
09.01.85				
TOTAL	137,2	- 32,7	262,6	- 494,9
Tratamento "B" - Lâmina de Irrigação: 46,7 mm				
16.10.84	-	- 7,0	19,5	+ 26,5
21.10.84	-	- 17,0	24,5	- 5,2
28.10.84	-	- 6,8	25,3	- 14,6
08.11.84	38,2	- 21,3	46,8	- 16,8
21.11.84	-	- 4,3	23,4	- 19,0
27.11.84	-	+ 0,2	19,2	- 27,7
01.12.84	-	+ 18,6	19,2	- 46,1
05.12.84	55,6	- 16,4	29,4	- 56,5
12.12.84	-	- 0,1	21,0	- 25,8
18.12.84	18,8	+ 2,1	38,0	- 29,6
28.12.84	23,4	+ 5,5	21,0	- 54,6
04.01.85	1,2	+ 11,1	18,0	- 41,0
09.01.85				
TOTAL	137,2	- 35,4	305,3	- 310,4

Cont.

Tabela 19 (continuação)

D A T A	Precipi tação (mm)	Varição da Umida de do So lo (mm)	Evapotrans piração (mm)	Percolação ou Capila- ridade (mm)
Tratamento "C" - Lâmina de Irrigação: 28 mm				
16.10.84				
20.10.84	-	- 38,2	17,2	+ 55,4
30.10.84	-	- 2,9	24,0	- 1,1
04.11.84	-	+ 2,9	23,0	- 7,9
08.11.84	-	- 19,5	20,8	+ 12,3
12.11.84	-	+ 5,1	20,8	- 12,3
18.11.84	38,2	- 5,3	35,4	- 25,5
21.11.84	-	- 9,1	16,8	- 20,3
25.11.84	-	- 5,3	20,8	- 1,9
27.11.84	-	- 33,2	14,2	+ 19,4
01.12.84	-	+ 6,9	19,2	- 25,7
03.12.84	-	+ 18,5	11,8	- 34,7
11.12.84	55,6	- 37,0	34,4	- 12,2
16.12.84	-	+ 36,2	19,5	- 44,7
18.12.84	-	- 20,5	11,8	+ 4,3
22.12.84	-	+ 1,0	17,2	- 11,8
26.12.84	18,8	+ 5,0	18,8	- 33,0
29.12.85	-	- 1,7	9,0	- 17,3
04.01.85	23,4	+ 10,1	27,0	- 34,5
08.01.85	1,2	- 16,0	15,6	+ 2,4
09.01.85	-	- 14,1	4,0	- 9,9
TOTAL	137,2	- 98,9	371,3	-199,0

Tabela 19 (continuação)

D A T A	Precipi tação (mm)	Varição da Umida de do So 10 (mm)	Evapotrans piração (mm)	Percolação ou Capila- ridade (mm)
Tratamento "D" - Lâmina de Irrigação: 9,3 mm				
16.10.84	-	- 89,0	22,4	+ 111,4
23.10.84	-	+ 0,4	17,2	+ 7,5
27.10.84	-	- 17,1	19,2	+ 27,0
31.10.84	-	+ 7,5	18,6	+ 1,8
03.11.84	-	+ 0,9	18,6	+ 8,4
06.11.84	-	- 26,3	14,2	+ 31,2
08.11.84	-	- 9,2	18,6	+ 18,5
11.11.84	-	+ 6,9	14,2	- 2,0
13.11.84	38,2	+ 2,3	28,0	- 21,8
18.11.84	-	- 5,0	12,8	+ 8,5
20.11.84	-	+ 2,2	14,2	+ 2,7
22.11.84	-	+ 2,8	14,2	+ 2,1
24.11.84	-	- 4,6	14,2	+ 9,5
26.11.84	-	+ 7,9	12,8	- 4,4
28.11.84	-	+ 0,5	10,0	+ 0,2
30.11.84	-	- 15,2	16,2	+ 22,1
03.12.84	-	+ 2,3	11,8	+ 0,2
05.12.84	55,6	- 2,7	28,8	- 22,2
11.12.84	-	- 2,0	13,8	+ 6,5
14.12.84	-	+ 2,3	16,2	+ 4,6
17.12.84	-	+ 2,3	17,2	+ 5,6
21.12.84	18,8	+ 12,5	24,0	- 16,6
26.12.84	-	- 7,9	11,7	+ 10,3
29.12.84	23,4	- 9,2	21,0	- 2,5
04.01.85	1,2	0	15,6	+ 5,1
08.01.85	-	+ 6,9	4,0	- 12,2
09.01.85	-			
TOTAL	137,2	- 130,5	429,5	+ 201,5



Tabela 20 - Balanço Hídrico na Zona Radicular

PLANTIO II

D A T A	Precipitação (mm)	Variação da Umidade do Solo (mm)	Evapotranspiração (mm)	Percolação ou Capilaridade (mm)
Tratamento "A" - Lâmina de Irrigação: 65,3 mm				
08.08.85	0,1	- 72,4	25,2	+ 97,5
20.08.85	3,1	- 2,8	35,2	- 30,4
31.08.85	-	+ 2,3	31,5	- 36,1
09.09.85	22,6	- 13,2	56,0	- 18,7
23.09.85	-	- 3,0	23,4	- 38,9
02.10.85	-	+ 13,9	22,4	- 56,8
09.10.85	-	- 13,9	21,0	- 30,4
15.10.85	0,6	+ 16,2	21,7	- 60,4
22.10.85	-	+ 2,3	20,4	- 47,2
28.10.85	-	- 12,0	20,4	- 32,9
03.11.85	-	+ 85,9	3,0	- 148,2
04.11.84	-			
TOTAL	26,4	+ 3,3	280,2	- 402,5
Tratamento "B" - Lâmina de Irrigação: 46,7 mm				
08.08.85	0,1	- 78,5	16,8	+ 95,2
14.08.85	0,2	- 2,3	22,4	- 22,2
22.08.85	2,9	+ 4,6	30,8	- 23,4
29.08.85	-	+ 4,6	24,0	- 27,3
06.09.85	18,6	- 20,8	51,0	+ 6,5
16.09.85	4,0	- 18,5	32,9	+ 0,7
23.09.85	-	+ 14,8	19,2	- 42,3
27.09.85	-	- 0,9	21,0	- 24,8
03.10.85	-	+ 28,6	19,5	- 55,8
08.10.85	-	- 10,2	19,5	- 17,0
13.10.85	-	- 18,5	19,5	- 18,7
18.10.85	0,6	+ 2,8	20,4	- 29,7
24.10.85	-	- 5,1	15,6	- 26,0
28.10.85	-	- 4,6	18,0	- 24,1
02.11.85	-	+ 50,8	10,0	- 87,5
04.11.85	-			
TOTAL	26,4	- 53,2	340,6	- 286,4

Tabela 20 (continuação)

D A T A	Precipi tação (mm)	Varição da Umida de do Sô lo (mm)	Evapotrans piração (mm)	Percolação ou Capila- ridade (mm)
Tratamento "C" - Lâmina de Irrigação: 28 mm				
08.08.85				
13.08.85	0,1	- 47,3	14,5	+ 61,7
18.08.85	-	+ 23,1	18,0	- 33,1
21.08.85	0,2	- 41,6	11,7	+ 25,1
26.08.85	2,9	+ 32,3	22,0	- 41,2
31.08.85	-	+ 2,3	21,5	- 8,8
04.09.85	-	- 16,2	19,6	+ 7,8
08.09.85	-	+ 2,3	19,6	- 10,7
16.09.85	18,6	- 41,6	40,8	+ 35,8
23.09.85	4,0	- 6,9	32,9	+ 7,8
26.09.85	-	+ 50,8	16,2	- 62,6
01.10.85	-	- 34,7	19,5	+ 26,2
05.10.85	-	+ 30,0	17,2	- 40,8
09.10.85	-	- 39,3	17,2	+ 28,5
13.10.85	-	- 1,8	17,2	- 9,0
17.10.85	-	- 6,0	15,6	- 6,4
21.10.85	0,6	+ 14,8	15,6	- 27,8
25.10.85	-	+ 9,2	15,6	- 21,6
29.10.85	-	+ 4,6	15,6	- 17,0
02.11.85	-	+ 11,5	15,6	- 23,9
04.11.85	-	+ 27,7	10,0	- 45,7
TOTAL	26,4	- 26,8	375,9	- 155,7

Tabela 20 (continuação)

D A T A	Precipitação (mm)	Varição da Umidade do Solo (mm)	Evapotranspiração (mm)	Percolação ou Capilaridade (mm)
Tratamento "D" - Lâmina de Irrigação: 9,3 mm				
08.08.85				
09.08.85	0,1	- 6,4	3,0	+ 9,3
13.08.85	-	- 4,6	12,0	+ 7,3
18.08.85	-	- 2,3	18,0	+ 11,0
21.08.85	0,2	+ 2,0	11,7	+ 0,2
24.08.85	-	+ 1,9	13,8	+ 2,6
27.08.85	2,9	- 19,9	15,0	+ 22,7
30.08.85	-	+ 25,4	16,8	- 17,9
02.09.85	-	- 41,1	16,8	+ 48,6
05.09.85	-	- 13,4	16,8	+ 20,9
08.09.85	-	+ 12,9	16,8	- 5,4
11.09.85	-	- 34,7	18,6	+ 44,0
16.09.85	18,6	+ 12,5	27,5	- 12,9
19.09.85	-	- 11,1	16,2	+ 18,0
23.09.85	4,0	+ 0,9	16,8	+ 2,6
26.09.85	-	+ 6,9	16,2	0
30.09.85	-	+ 23,1	17,2	- 15,2
07.10.85	-	+ 2,3	22,4	+ 10,8
11.10.85	-	- 6,9	19,2	+ 16,8
15.10.85	-	+ 2,3	17,2	+ 5,6
18.10.85	-	- 2,3	9,0	+ 2,0
22.10.85	0,6	+ 9,2	15,6	- 3,5
26.10.85	-	- 9,2	15,6	+ 15,0
29.10.85	-	+ 4,6	11,7	- 2,2
02.11.85	-	+ 11,5	15,6	- 5,2
04.11.85	-	+ 4,6	10,0	- 3,9
TOTAL	26,4	- 31,8	389,5	171,7

necessita um suprimento controlado de água durante o período de crescimento, ou seja, suficiente para permitir a absorção pelas raízes, porém sem impedir uma boa aeração do solo e que o calor da superfície possa ser transferido à zona radicular.

Em relação aos tratamentos aplicados (A, B, C e D), observa-se que o melhor rendimento corresponde ao tratamento B (50 % de água disponível). Isto pode significar que o ar é insuficiente com o tratamento D (90 % de água disponível). Quanto ao tratamento C (30 % de água disponível), a maior sinuosidade e descontinuidade (efeito de engarrafamento) na circulação da água no solo certamente contribuiu para uma boa redução no rendimento da cultura. A existência de maior quantidade de ar no solo, dificulta o preenchimento total dos poros e boa parte da água se escoou como percolação. A isto se deve o fenômeno conhecido como estereose, quando para uma tensão tem-se valores diferentes de umidade durante a irrigação e a drenagem.

O rendimento da cultura é bastante influenciado pela quantidade d'água aplicada e pelo intervalo de irrigação. Geralmente, uma redução da disponibilidade de água por um tempo prolongado durante o período vegetativo limita o crescimento e reduz o rendimento, pois dificilmente poderá haver uma compensação em outras fases de desenvolvimento da cultura.

A maior demanda de água é durante a floração, ainda assim, reduzir a irrigação neste período é algumas vezes recomendável para retardar a maturação das plantas em floração e obter uma floração e uma colheita uniformes. A irrigação excessiva no período de floração, assim como a carência, pode diminuir o número de flores e conseqüentemente o de frutos. É possível também que provoque crescimento da planta e atraso na colheita.

O suprimento de água durante e depois da formação dos frutos deve ser limitado a uma taxa que evite o estímulo a novo crescimento da planta, o que prejudicaria o desenvolvimento dos frutos.

O planejamento da pesquisa de certo modo levou estes fatores em consideração na medida em que o suprimento de água seria efetuado com base na evaporação do solo e consumo da planta. No entanto, a aplicação de água não se efetuou sempre de conformidade com as situações planejadas.

Ao se permitir que a umidade do solo baixasse de certo limite estabelecido para cada tratamento, possivelmente prejudicou-se o rendimento e produção dos tomateiros aqui estudados.

Sabe-se que é considerado um bom rendimento comercial para o tomate irrigado, 45 a 65 ton./ha de frutos frescos. No presente trabalho não se vai comparar o rendimento que se obteve na pesquisa efetuada com esses índices. Isto porque os plantios estudados foram submetidos a tres tratamentos de aplicação de nitrogênio o que certamente influenciou a produção.

É perfeitamente possível, no entanto, comparar-se o rendimento relativo a cada tratamento de irrigação. Observando-se a tabela 21, verifica-se que o maior rendimento ocorreu com o tratamento de 50 % para os dois plantios, o que está de acordo com a expectativa (Silva, 1972 e Silva & Simão, 1973). Pode-se ver que no plantio I, houve certa coerência entre tratamento de irrigação e rendimento, colocando-se como segundo em rendimento o tratamento C, seguido dos tratamentos D e A.

Quanto ao plantio II, não se observa uma relação direta entre tratamento de irrigação e rendimento. A diferença de rendimento entre os quatro tratamentos aplicados (A, B, C e D) é insignificante. Isto deve-se certamente a um controle inadequado

Tabela 21 - Produção e Rendimento.

PLANTIO I			
Tratamento	Nº de Frutos	Produção (kg)	Rendimento t/ha
A (30 %)	4.311	242,20	10,3
B (50 %)	8.659	510,60	21,7
C (70 %)	6.512	416,50	17,7
D (90 %)	5.605	335,80	14,3
TOTAL	25.087	1.505,10	16,7
PLANTIO II			
A	11.221	689,65	29,3
B	12.145	695,88	29,6
C	10.231	596,97	25,4
D	12.844	667,87	28,4
TOTAL	46.441	2.650,37	28,0

da umidade do solo em relação ao planejamento.

## 8 - Análise Estatística dos Resultados

O exame dos dados fornecidos pela análise de uma população bi-variante tem como finalidade verificar a existência de associação entre as duas variáveis da amostra e a proporção desta.

Com número suficiente de amostras e o diagrama de dispersão dos dados, pode-se sentir que a relação funcional entre os parâmetros é fundamental para se tirar conclusões. Existe regressão linear positiva ou negativa. No diagrama de dispersão, a correlação pode ser zero ou maior do que zero, as curvas de regressão sendo linhas retas tem-se uma regressão linear, de outro modo será curvilinear.

Estudos conduzidos durante as últimas décadas mostraram a relação funcional entre os parâmetros do solo e o ambiente, como também a existência de boas correlações entre rendimento, produção da cultura e os parâmetros físicos de solo-planta e clima que os influenciaram.

Esses parâmetros incluem umidade, textura, estrutura, permeabilidade, sucção do solo e profundidade do lençol freático. Quanto aos parâmetros da planta incluem a profundidade das raízes, penetração lateral das raízes, índice de área foliar, peso seco, etc. Os de clima são entre outros, precipitação, umidade da atmosfera, evaporação, velocidade do vento, temperaturas máximas e mínimas médias e radiação. Entre esses, tratar-se-á aqui de estatisticamente estabelecer a relação de alguns desses

parâmetros.

### 8.1 - Tensão Capilar e Umidade do Solo

Anteriormente viu-se que as sucções correspondente a diversos teores de umidade do solo foram determinadas para amostras de solo retiradas das camadas 0-10, 10-30 30-60 cm. Foi visto que a sucção é zero quando o solo está saturado e vai aumentando à medida que se vai reduzindo a umidade (tabelas 12 e 13 e figuras 7a e 7b.

O programa anexo, ao ser aplicado a essas duas variáveis nos dá as correlações e equações de regressão constantes da tabela 22, nos quais X é umidade do solo e Y a sucção.

Os valores apresentados naquela tabela mostram que existe uma boa correlação entre teor de umidade e sucção para as tres camadas que compõem a zona radicular da cultura em estudo.

### 8.2 - Variação da Umidade do Solo e a Razão entre as Evapotranspirações Real e Potencial

A variação da umidade é devida às mudanças no clima que influenciam a evaporação do solo e a transpiração da planta e assim a extração de água do solo. Portanto, pode-se esperar correlação entre variação de umidade do solo e a razão entre evapotranspiração real e a potencial. Com os dados constantes das tabelas, usando-se o programa citado (Programas práticos em BASIC, Editora MdGraw Hill, 1985, p.177) foram feitas correlações en



Tabela 22 - Coeficientes de Correlação e Equações de Regressão entre as Variáveis Umidade do Solo (X) e Sucção (Y).

Camada (cm)	Coeficiente de Correlação	Equação de Regressão
0 - 10	0,98	$Y = 378,23 - 10,75 X$
10 - 30	0,99	$Y = 585,40 - 17,58 X$
30 - 60	0,99	$Y = 391,78 - 11,47 X$

tre esses dados.

Veja-se que para o plantio I, tratamento A, para os valores referentes ao período de 16 de outubro de 1984 a 09 de janeiro de 1985, (tabela 17), o coeficiente de correlação foi de 0,26. É evidente que esse valor é muito baixo. A razão da baixa correlação entre os parâmetros é clara, uma vez que ETr/ETm foram relacionados com valores negativos de variação de umidade, bem como valores positivos. Separando-se os valores positivos e os negativos de variação de umidade e correlacionando-os através do programa citado, obtem-se o coeficiente de correlação de 0,45 para negativos e 0,83 para positivos.

De acordo com padrões internacionais (Meteorological Organization Guide to Hydrological Practices, 3ª Ed.nº 177, 1974), o coeficiente de correlação é razoavelmente bom de 0,50 a 0,60 e bom de 0,60 a 1,00.

Assim, os valores obtidos ficaram entre razoavelmente bom e bom.

### 8.3 - Variação de Umidade e Percolação

Foram usados os valores de umidade e percolação referentes ao plantio I, tratamento A da tabela 17 citada anteriormente.

Observa-se que neste caso todos os valores de percolação são negativos, enquanto a variação de umidade tem valores positivos e negativos.

Usando-se todos os valores da amostra encontram-se um coeficiente de correlação de 0,50. Separando-se os valores positivos e negativos e fazendo-se os cálculos tem-se um coeficien-

te de correlação de 0,62 para os primeiros e 0,82 para o segundo. Isto significa uma boa correlação entre variação de umidade e percolação.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A área escolhida no IAJAT, em São Gonçalo - Pb, por ter solos adequados à exploração de culturas regionais e tendo regimes pluviométrico, de temperatura e radiação característicos do semi-árido paraibano, é representativa para se estudar os efeitos hidro-climatológicas sobre o desenvolvimento do tomate.

Foram acompanhados dois plantios daquela cultura, com quatro tratamentos de irrigação em épocas diferentes nos anos de 1984 e 1985. Embora tenham sido determinadas lâminas de irrigação de conformidade com cada tratamento (A, B, C e D), as aplicações de água nem sempre foram efetuadas conforme o planejamento. As consequências dessas variações foram amplamente discutidas no Capítulo IV com respeito às taxas de percolação, variação da umidade na zona radicular e a razão entre a evapotranspiração real e a potencial.

O nível do lençol freático, estando geralmente bem abaixo da zona radicular do tomateiro, provavelmente a ascensão capilar não atingiu as raízes da planta e assim, a contribuição de água subterrânea foi considerada desprezível.

As camadas estudadas (0-10, 10-30 e 30-60 cm) mostraram mesmo tipo de granulometria do solo com pequenas variações (franco arenosa a primeira e franco as outras duas) e mesmos valores de porosidade, umidade natural e densidade real, enquanto as

curvas de sucção versus umidade também apresentaram comportamento semelhante para as tres camadas, o que permitiu considerar-se para alguns estudos aquelas três como uma única camada homogênea de 60 cm.

A observação dessas curvas mostrou que a tensão é zero quando o solo está saturado e vai crescendo à medida que a umidade vai diminuindo.

A capacidade de campo (21,2 %) corresponde a tensões pouca acima de 132 cm de água. Observa-se que para as camadas a correlação entre  $\Psi$  e  $\theta$  foi alta, de 0,99.

Os componentes da equação do balanço hídrico se correlacionaram bem, as perdas sendo consideradas como percolação. O escoamento superficial foi desprezível, em vista de tratar-se de irrigação em bacias de nível.

As variações de umidade foram computadas diariamente e comparadas com taxas de evapotranspiração e percolação e observa-se que as correlações obtidas variam entre boa e muito boa.

O tratamento B (50 % de umidade disponível) foi o que deu mais alto rendimento para ambos os plantios.

Com base nos estudos realizados, recomenda-se:

- O estudo foi feito no mesmo local do IAJAT, com solos do mesmo tipo, durante o período de um ano, cobrindo dois ciclos da cultura. Para fins de obter maiores informações, recomenda-se locais diferentes com variações de solo e clima, estudados durante um período de dois a tres anos, para resultados mais definitivos de rendimento em função dos parâmetros de solo e hidro-climatológicos.

- Os parâmetros capacidade de campo e ponto de murcha permanente são indispensáveis e somente podem ser medidos no

campo. Seria interessante tentar-se obter a relação entre estes parâmetros e tensão d'água no solo através de membranas de Richards.

- A evapotranspiração foi determinada aqui pelo método da FAO. Para conferir estes valores obtidos empiricamente seria conveniente a utilização de lisímetros e evaporímetros que dêem os componentes de evaporação e transpiração separadamente. As curvas de valores acumulados dos mesmos dão idéia sobre consumo da planta e evaporação do solo, ao longo do ciclo da cultura.

- A determinação das condutividades hidráulicas no campo em função do teor de umidade é recomendável para aplicação da Lei de Darcy sob condições de não saturação, e sob condições de saturação, no laboratório, para permitir conhecer a taxa de percolação do solo.

- A umidade do solo deveria ser determinada diariamente para diversas camadas, tendo em vista poder determinar-se o gradiente hidráulico, permitindo, assim, determinar-se quanto foi percolado.

- Deve-se evitar a determinação da umidade do solo, no caso de aplicação de irrigação, somente pelo método gravimétrico. Medidores modernos como sonda de Neutron e tipo "Speedy - Moisture-Meter" facilitam a determinação de umidade no campo de forma imediata. Tensiômetros embutidos no campo também permitem medidas imediatas de sucção diariamente.

## LITERATURA CITADA

- ALMEIDA JÚNIOR, H.S.C. Propagação Tri-Dimensional da Frente Úni-  
da por Cápsulas Porosas - Universidade Federal da Paraíba ,  
Campina Grande, Pb, Tese de Mestrado, p . 01-48, 1985.
- BAIER, W. & ROBERTSON, G.W. A New Versatile Soil Moisture Budget .  
Canadian Journal of Plant Science, p : 299-315, 1986.
- BAKEL, P.J.T, van, Unsaturated Zone and Evapotranspiration. Tech-  
nical Bulletins (first series) and the Miscellaneous Reprints.  
Institute for Land and Water Manegement Research (ICW), p.38-  
58, 1981.
- BAVEL, C.H.M, van, Potencial Evapotranspiration: The Combination  
Concept and its Experimental Verification. Water Resources  
Research, 2 (3): 445-67 , 1966.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, et alli. Hydraulic Properties of a Clay Loam Soil  
and the Field Measurement of Water Uptake by Roots: II. The  
Water Balance of the Root Zone. Soil Science Society of Ame-  
rica Proceedings, 32: 317-21 , 1968.
- BEZERRA NETO, R. Efeitos de Lâminas de Água e de Fertilidade na  
Cultura do Tomate Industrial. Universidade Federal da Paraí-  
ba, Campina Grande, Pb, Tese de Mestrado, 1984.
- BLACK, T.A., et alli. Water Storage and Drainage Under a Row  
Crop on a Sandy Soil. Agronomy Journal, 62 (1):48-51, 1970.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. Evapotranspiration From a Snap Bean Crop. Agro-  
nomy Journal, 62 (1): 66-9, 1970.

- BLANEY, H.F. & CRIDDLE, W.D. Consumptive Use of Water in The Irrigated Areas of Upper Colorado River Basin. Division of Irrigation and Water Conservation, S.C.S, USDA, 1949.
- CHOUDHURY, E.N., et alli. Efeitos de Diferentes Níveis de Irrigação na produção de Tomate Industrial. Petrolina, s.d. 4p. Mimeografado. XII Congresso da Sociedade de Olericultura do Brasil, Juazeiro, Ba, 1977.
- DOORENBOS, J. et alli. Yield Response to Water. FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33, Roma, 1979.
- EAGLEMAN, J.R. & DECKER, W.I. The Role of Soil Moisture in Evapotranspiration. , apud SOUZA, J. L.de. Estudo....op. cit.p.6 1965.
- FEDDES, R.A. et alli. Simulation of Field Water Use and Crop Yield. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen, 189 p. 1978.
- GANGOPADHYA M. & SARKER, R.P. Influence of Rainfall Distribution on Yield of Wheat Crop. Agr. Mat. 2 (5): 331-50, 1965.
- GANNET, H. Mean Annual Runoff in the United States. Map U. S . Geol. Surv. Washington, D.C. 1908.
- HARGREAVES, G.H. Climatic Effects on Irrigation Requeriments for Brazil. Apud BEZERRA NETO, R. Efeitos ..... op. cit. 1976.
- HIDROSERVICE. Solo e Água da Bacia de Irrigação de São Gonçalo. Levantamento detalhado dos Solos. São Paulo, V.1. 176 p. 1970.
- HILLEL, D. Computer Simulation of Soil - Water Dynamics. International Development Research Center, Ottawa, Canada, 1977.
- HOLMES R. M. & ROBERTSON, G.W. A Modulated Soil Moisture Budget. Mon. Weather Rev. 87: 101-5, 1959.



- HOOGLAND, J.C. et alli. Root Water Uptake Model Depending on Soil Water Pressure Head and Maximum Extraction Rate. Acta Horticultural. 119: 123-36, Wageningen, 1981.
- JENSEN, M.E. et alli. Estimating Soil Moisture Depletion From Climate Crop, and Soil Data. Trans. ASAE, 14: 954-9, 1971.
- KOHLER, M. A. & LINSLEY, R.K. Predicting the Runoff From Storm Rainfall. Res. Paper 34, U.S. Weather Bur., Washington, D.C., 1951.
- LENON, E.R. The Potentialities For Decreasing Soil Moisture Evaporation Loss. Proc. Soil Sci. Soc. American, 20: 120-5, 1956.
- LINSLEY, R.K.Jr. & ACKERMANN, W.C. Method of Predicting the Runoff From Rainfall. Trans. American Soc. Civil Eng. 107 : 825-46, 1942.
- MARLETT, W. E. A Comparison of Evapotranspiration Computed From Climatic Data With Field and Lysimeter Measurements. M.Sc. Thesis, Rutgers Univ. New Brunswick, N.J. 1958.
- MEYER, A.F. Computing Runoff From Rainfall and Other Data. Trans. American Soc. Civil Eng. 79: 1056, 1915.
- MILLAR, A.A. Evaporacion Desde una Cubierta Vegetal. Modelage para Separacion entre Transpiration e Evaporacion del Suelo. IICA - OEA, 1978.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. Drenagem de Terras Agrícolas: Bases Agronômicas. Mc.Graw-Hill. São Paulo, 1982.
- MOTA, F.S. da & OLIVEIRA, M.O. de,. Indicações para Elaboração de um Programa de Computador para Cálculo do Balanço Hídrico Diário Versátil para Uso no Brasil. Instituto Nacional de Meteorologia, Boletim Técnico 16: 23-36, Brasilia, DF. 1978.

- MOTA, F.S.da, et alli. Processamento Manual e Microcomputadorizado do Balanço Hídrico Diário Versátil para Monitoriamento das Secas no Brasil. Universidade Federal de Pelotas, Boletim Técnico II. Pelotas. 1985.
- NIELSON, D.R. et alli. Spatial Variability of Field Measured Soil. Hilgardia, Water Properties, 42 (7): 215-60, 1973.
- PHILLIP, J.R. Evaporation and Moisture and Heat Fields in the Soil. J. Meteor. 14 (1) : 354-66, 1957.
- RITCHIE, J.T. Model for Predicting Evaporation from a Row Crop With Incomplete Cover. Water Resources Research, 8(5):1204-13 1972.
- RIJTEMA, P.E. An analysis of Actual Evapotranspiration, Pudoc . Wageningen. Agric. Res. Rep. 659, 1965.
- SAXTON, K.E. et alli. Modeling Evaporation and Soil Moisture . Agr. Res. Service, U.S.D.A., 17 (4):673-7, 1974.
- SCHMUGGE, T.J. et alli. Survey of Methods for Soil Moisture Determination. Water Resource Research, 16 (6):961-79, 1980.
- SILVA, J.F. Influência da Irrigação no Crescimento e Produção do Tomateiro (lycopersicon esculentum, Mill) Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 96 p. Tese de Mestrado, 1972.
- SILVA, J.F. da & SIMÃO, S. Influência da Umidade do Solo na Produção do Tomateiro. Apud. BEZERRA NETO, R. Efeitos ...op.cit. p. 5, - 1973.
- SILVA, M.A. & MILLAR, A.A. Influência do Teor de Umidade no Solo e da Adubação Nitrogenada no Rendimento de Grãos de Feijão . Apud BEZERRA NETO, R. Efeitos... op cit. p.18, 1981.

- SOUZA, J.L.de, Estudo da Evapotranspiração em Cultura de Feijoeiro (Phaseolus Vulgaris, L). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Pb, 73 p. Tese de Mestrado, 1983.
- STALIER, R.O. & McILROY, I.C. Evaporation and the Principles of its Measurements. Apud SOUZA, J.L.de, Estudo ....op. cit.p.5, 1961.
- THORNTHWAITE, C. W. Report of the Committee on Transpiration and Evaporation. E.O.S.Trans. Amer..Geo.Union, p.633-55, 1944.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geo. Rec. 38 : 55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W & MATHER, J.R. The Water Budget and Its Use in Irrigation. Water the Year book of Agriculture, USDA, p.358-64, 1955.
- WILCOX, J. C. Rate of Soil Drainage Following an Irrigation - Effects on Determination of Rate Consumption Use. Canadian Journal of Soil Science, 40 (1): 12-57, 1967.

A N E X O

```

10 'SARMA 15 LINEAR REGRESSION AND CORRELATION
15 KEY OFF:CLS
20 PRINT" LINEAR REGRESSION AND CORRELATION SARMA 15 "
26 REM- CALCULATE THE CURVE COEFFICIENT
40 DEFDBL A-Z: DEFSNG I
50 PRINT
60 PRINT" NUMBER OF POINTS WANTED (0 FOR STOPPING)
70 INPUT N
90 IF N=0 THEN 500
90 IF N<3 THEN PRINT " 3 OR MORE,PLEASE":GOTO 60
100 J=0
110 K=0
120 L=0
130 M=0
140 R2=0
150 REM- LOOP FOR ENTERING COORDINATES OF POINTS
160 FOR I=1 TO N
170 PRINT"X,Y OF POINT":I;
180 INPUT X,Y
190 REM-ACCUMULATED INTERMEDIATE SUMS
200 J=J+X
210 K=K+Y
220 L=L+X*X
230 M=M+Y*Y
240 R2=R2+X*Y
250 NEXT I
260 REM- CALCULATE THE CURVE COEFFICIENT
270 B=(N*K-R2-K*K)/ (N*L-J*X)
280 A=(K-B*X)/N
290 PRINT
300 PRINT"F(X)=";CSNG(A);"+(";CSNG(B);"X)"
310 REM- CALCULATE REGRESSION
320 J=B*(R2-J*K/N)
330 M=M-K*K/N
340 K=M-J
350 PRINT
360 R2=J/M
370 PRINT"COEFFT OF DETERMINATION(R^2)=";CSNG(R2)
380 PRINT " COEFFT.OF CORRELATION=";SQR(R2)
390 PRINT " ESTIMATE OF STD.ERROR/ERRO PADARO DE ESTIMATIVA="SQR(K/(N-2))
400 PRINT
410 REM-COORDINATES OF Y FROM X-COORDINATES
420 PRINT"INTERPOLATION:(INSERT X=0 FOR STOPPING THE PROGRAMME)"
430 PRINT,"X=";
440 INPUT X
450 REM-DO YOU WISHTO STOP THEPROGRAMME?
460 IF X=0 THEN GOTO 50
470 PRINT,"Y="CSNG(A+B*X)
480 PRINT
490 GOTO 430
500 PRINT:PRINT"*****END OF PROGRAMME*****"
510 PRINT"COEFFICIENT OF LINEAR CORRELATION"
520 DEFDBL A-Z:DESNB I
530 PRINT
540 PRINT "NUMBER OF PONT(S) FOR STOPPING)";
550 INPUT N
560 IF N=0 THEN 310
570 IF N<2 THEN 540
580 J=0
590 K=0
600 L=0
610 M=0
620 R=0
630 REM-ENTER WITH COORDINATES OF POINTS
640 FOR I=1 TO N
650 PRINT"X,Y OF POINT":I;
660 INPUT X,Y
670 REM- ACCUMULATE THE INTERMEDIATE VALUES
680 J=J+K
690 K=K+Y
700 L=L+X*X
710 M=M+Y*Y
720 R=R+X*X
730 NEXT I
740 REM-CALCULATE THE COEFFICIENT OF CORRELATION,PRINT
750 R2!=(N*R-J*K)/SQR((N*L-J*X)*(N*M-K*K))
760 PRINT"COEFFICIENT OF CORRELATION=";R2!
770 GOTO 50
780 PRINT:PRINT"**** END OF THE PROGRAMME"

```