BALANÇO HÍDRICO DE UMA CULTURA DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum*, Mill), SUB IRRIGADA ATRAVÉS DE CÁPSULAS POROSAS DE BARRO

JONAS DE PAIVA JÚNIOR

Prof. Colaborador do Departamento
Agropecuário do Centro de Tecnolo-
gia da Universidade Federal do
Rio Grande do Norte.

Orientador: PROF DR. PAULO LEONEL LIBARDI

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade
de São Paulo, para obtenção do Título de
Mestre em Agrometeorologia.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Outubro, 1980

LXIX

Os céus manifestam a glória de Deus
e o firmamento anuncia a obra de suas mãos.
Um dia faz declaração a outro dia,
e uma noite mostra sabedoria a outra noite.
Sem linguagem, sem fala, ouvem-se as suas vozes,
em toda a extensão da terra,
e as suas palavras até ao fim do mundo.
Neles pôs uma tenda para o sol,
que é qual noivo que sai do seu tálamo,
e se alegra, como um herói, a correr o seu caminho.
A sua saída é desde uma extremidade dos céus,
e o seu curso até a outra extremidade deles;
e nada se furta ao seu calor.
A lei do Senhor é perfeita, e refrigera a alma;
o testemunho do Senhor é fiel,
e dá sabedoria aos sêmplices.
Os preceitos do Senhor são retos,
e alegram o coração;
O mandamento do Senhor é puro,
e alumia os olhos.
O temor do Senhor é limpo,
e permanece eternamente;
os juízos do Senhor são verdadeiros
e justos juntamente.
Mais desejáveis são do que o ouro fino,
sim, do que muito ouro fino;
e mais doces que o mel e o licor dos favos.
Também por eles é admoestado o teu servo;
e em os guardar há grande recompensa.

. . .

*Ao Senhor DEUS DOS EXÉRCITOS,
Supremo Criador do Universo,
Excelso Dominador de todas as
coisas, na simplicidade e hu
mildade de seu servo.*

D E D I C O

Aos meus pais
JONAS e MARIA LISBOA,
a minha irmã LUCIANA,
a minha esposa AMILDE,
e a minha filhinha SILVANA,

O F E R E Ç O

.iii.

As irmãs MACRINA e ALINE
e a todos quantos oraram
a DEUS por mim,

A MINHA GRATIDÃO

AOS AMIGOS E MESTRES

Pastores: MANOEL NUNES DA PAZ
JOÃO BATISTA DA SILVA
JOÃO DA SILVA CAMPOS

Amigos: ELINALDO RENOVATO DE LIMA
HENRIQUE ROBERTO DA SILVA
JUVENAL LAMARTINE NETO

Mestres: JERÔNIMO VINGT-UN ROSADO MAIA
NILSON AUGUSTO VILLA NOVA

A MINHA HOMENAGEM

AGRADECIMENTOS

Ao concluirmos este trabalho sentimo-nos no dever de com sinceridade agradecermos às seguintes pessoas e instituições:

- Ao Prof. Dr. PAULO LEONEL LIBARDI, pela sábia orientação, a espontaneidade de gênio, a amizade sincera, e a sempre franca boa vontade com a qual nos distinguiu quando necessitávamos discutir as questões nas quais pairava sobre nós a dúvida. Nosso agradecimento.
- Ao Prof. Dr. KLAUS REICHARDT, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Agrometeorologia, pelos ensinamentos que dele aprendi, quando seu aluno, e pela franqueza com que sempre nos atendeu em tudo quanto necessitamos de sua parte. Nossa gratidão.
- Aos Professores do CPG em Agrometeorologia pelo que deles aprendi durante o Curso. Meu muito obrigado.
- A Sra. ÁUREA B. MICHELOTTO, secretária do Departamento de Física e Meteorologia, pela amizade e gentilezas a nós dispensadas. Nossa gratidão.
- A todos os colegas de curso com os quais convivemos estes anos.

- Aos meus amigos, funcionários da Biblioteca Central da ESALQ.
- Aos funcionários da Oficina Mecânica e carpintaria nosso agradecimento.
- A MANOEL e LUIZ, funcionários de campo do Departamento de Física, pelas ajudas recebidas nas tarefas de campo.
- *A todos aqueles cujos nomes não foram aqui citados, porém tiveram participação nesta tarefa, quer com uma ajuda física, quer com uma palavra de estímulo, ou mesmo de outra maneira, cooperando para que este trabalho atingisse seus objetivos.*
- A UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, pelo apoio financeiro recebido.
- Ao DEPARTAMENTO AGROPECUÁRIO DA UFRN pela concessão do afastamento das atividades docentes, bem como pelo gesto de boa vontade recebido da parte do chefe do Departamento, o amigo Prof. JUVENAL LAMARTINE NETO.
- Ao PLANO INSTITUCIONAL DE CAPACITAÇÃO DE DOCENTES (PICD), pela concessão da Bolsa de Pós-Graduação.
- A FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO (FAPESP), através do Projeto Tomate - pelo apoio recebido nos aspectos financeiro e material, bem como no Projeto Tomate, agradecemos ao Dr. KEIGO MINAMI as sugestões por ele feitas. Agradecemos ainda aos Profs. MARDEN e OLITTA pelas sugestões que nos fizeram.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.	3
2.1. A cultura do tomateiro.	9
2.2. O sistema de irrigação.	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS	12
3.1. Princípio de funcionamento e teste do sistema de irrigação por cápsulas porosas em laboratório.	12
3.2. Montagem em campo do sistema de irrigação . .	13
3.3. Fundamentos teóricos do método do balanço hídrico.	21
3.4. Caracterização geral do experimento	25
3.4.1. Local.	25
3.4.2. Solo e cultura	25
3.4.3. Espaçamento da cultura e práticas culturais	26
3.5. Medidas para determinação do balanço hídrico.	29
3.5.1. Instrumental utilizado	29
3.5.2. Variação do armazenamento da água no solo (ΔS , mm).	30
3.5.3. Dados de precipitação pluvial (P, mm).	32
3.5.4. Irrigação (I, mm).	32
3.5.5. Deflúvio superficial do "Runoff"(R,mm)	36
3.5.6. Evapotranspiração atual (ET, mm)	37
3.5.7. Drenagem profunda ou percolação profunda (Q_L , mm).	37

	<u>Página</u>
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. Balanço hídrico	38
4.2. Restrições à pesquisa e à metodologia empre- gada.	54
5. CONCLUSÕES	58
6. LITERATURA CITADA.	61
7. APÊNDICE.	66

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
1 - Vazão de uma cápsula porosa de barro submetida a uma carga hidráulica de 1,50 m e colocada no interior de um volume de solo saturado. . .	14
2 - Vazão de uma cápsula porosa de barro submetida a uma carga hidráulica de 1,50 m e colocada em condições de atmosfera livre.	15
3 - Vazão de uma cápsula porosa de barro submetida a uma carga hidráulica de 2,00 m colocada em condições de atmosfera livre	16
4 - Vazão da cápsula porosa fabricada em Petrolina-Pe., submetida a uma carga hidráulica de 0,50 m colocada em condições de atmosfera livre.	17
5 - Características físicas do solo na camada de 0 a 40 cm de profundidade.	27
6 - Distribuição dos valores componentes do balanço hídrico na parcela irrigada, da evaporação do tanque classe A (ECA) e da razão ET acum./ECA acum.	47
7a- Distribuição dos valores dos componentes do balanço hídrico na parcela. Testemunha "A". . .	48
7b- Distribuição dos valores dos componentes do balanço hídrico na parcela. Testemunha "B". . .	49

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1 - Diagrama representativa do sistema de irrigação utilizado nesta pesquisa, evidenciando detalhes da disposição da cultura; inclusive das parcelas testemunhas. Os números indicados na figura representam centímetros.	19
2 - Desenho esquemático do experimento em campo ..	20
3 - Disposição dos tensiômetros a um raio de 0,10m do centro de uma cápsula porosa de barro . . .	31
4 - Curva de retenção da água no solo em estudo, a profundidade de 15 cm (obtida por CASTRO,1980).	33
5 - Curva de retenção da água no solo em estudo, a profundidade de 30 cm (obtida por CASTRO,1980).	34
6 - Curva de retenção da água no solo em estudo, a profundidade de 45 cm (obtida por CASTRO,1980).	35
7 - Dados de precipitação e irrigação (pelas cápsulas porosas) durante o período do balanço: t = 0 corresponde ao dia 7/7.	40
8 - Perfis de potencial matricial para diversos dias a uma distância de 10 cm da cápsula porosa de barro.	42
9 - Perfis de potencial matricial para diversos dias a uma distância de 20 cm da cápsula porosa de barro	43
10 - Perfis de potencial matricial para diversos dias a uma distância de 30 cm da cápsula porosa de barro.	44
11 - Potencial hidráulico as profundidades de 30 e 40 cm em função do tempo, durante o período do balanço, a 20 cm da cápsula porosa. Parcela irrigada.	51

Figura

Página

- 12 - Potencial hidráulico as profundidades de 30 e 40 cm em função do tempo, durante o período do balanço a 20 cm da cápsula porosa. Testemunhas "A" e "B". 52
- 13 - Evapotranspiração atual acumulada (ET acum.), evaporação do tanque classe A acumulada (ECA acum.) e relação entre ambas (ET acum./ECA acum.) em função do tempo, durante o período do balanço. 55

BALANÇO HÍDRICO EM UMA CULTURA DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum*, MILL),
IRRIGADA ATRAVÉS DE CÂPSULAS POROSAS DE BARRO

Jonas de Paiva Júnior

ORIENTADOR: *Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi*

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho a utilização do sistema de irrigação por câpsulas porosas de barro em cultura de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill). O experimento foi conduzido numa parcela de Terra Roxa Estruturada (Oxic Paleudolf) de dimensões 6,0 x 17,5 m.

O espaçamento adotado entre cada linha da cultura foi de 50 cm, deixando-se entre linhas duplas uma distância de 120 cm. A distância entre plantas foi de 30 cm. Resultaram 11 linhas duplas de 6,0 m, quatro das quais foram deixadas como testemunhas (sem irrigação).

As câpsulas foram enterradas no centro de cada fileira dupla da cultura espaçadas de 60 cm, de tal maneira

.xii.

que cada uma delas irrigava um total de 12 plantas, isto é, 4 covas. Eram ligadas entre si e a um reservatório de água de 1.000 litros de capacidade, localizado a uma altura de 2,5m da superfície do solo. Tinham uma forma cônica possuindo uma altura de 15 cm e base de 12 cm. Sua profundidade de instalação foi tal que seu ápice ficava 5 cm abaixo da superfície do solo.

Tensiômetros foram instalados ao redor das cápsulas às profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm, tanto na parcela irrigada como nas testemunhas. Calculou-se a evapotranspiração atual (ET) da cultura pelo método do balanço hídrico através da avaliação de todos os outros processos envolvidos no balanço, durante um período de 76 dias (do raleamento a maturação). Obteve-se um valor médio diário de ET de $5,56 \text{ mm.dia}^{-1}$ para a parcela irrigada e $0,87 \text{ mm.dia}^{-1}$ para a testemunha.

A produção média da parcela irrigada foi de 26,05 t/ha e a da não irrigada 11,08 t/ha. Isto mostra que a irrigação por cápsulas porosas de barro aumentou de mais do dobro a produção de tomate.

Medidas de tanques de evaporação Classe "A" (ECA) também foram feitas e comparadas com a evapotranspiração estimada pela equação do balanço. Desta comparação resultou que ET acumulada foi, em média, praticamente o dobro de ECA acumulada, durante o período do balanço.

Restrições, dificuldades e vantagens da metodologia empregada também foram analisadas neste trabalho.

WATER BALANCE OF A TOMATO (*Lycopersicum esculentum*, MILL)
CROP IRRIGATED BY CLAY POROUS CUPS

Jonas de Paiva Júnior

ORIENTADOR: *Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi*

SUMMARY

The utilization of the clay porous cup irrigation system in tomato (*Lycopersicum esculentum*, Mill) crop is discussed. An experiment was conducted in a "Terra Roxa Estruturada" (Oxic Paleudalf) plot with 6,0 X 17,5 m dimension.

The distribution of the plants in the plot was in 50 cm spaced double lines with 120 cm between them and 30 cm between plants. There were 11 lines with 6,0 m, four of them being left as control (without irrigation).

The cups were buried in the center of each double line at 60 cm space so that each irrigated a total of 12 plants or 4 holes. They were connected together and to a 1000 l water reservoir located at 2.5 m above the soil surface.

They were cone-shaped with 15 cm height and 12 cm base. The depth of the installation was such that their tops were 5 cm below the soil surface.

Tensiometers were installed around the cups at 10, 20, 30 and 40 cm depth in both irrigated and non irrigated lines. Actual evapotranspiration (ET) was calculated by the water balance method through evaluation of all the other processes involved in the balance during a period of 76 days (from thinning out to maturity). Mean ET values obtained were 5.56 mm.day^{-1} for the irrigated treatment and 0.87 mm.day^{-1} for the control.

The mean yield of the irrigated part was 26.05 t.ha^{-1} whereas for the control it was 11.08 t.ha^{-1} . This indicates that irrigation by clay porous cups increases tomato yield by more than double.

Measurements of Class A evaporation pan (ECA) were also made and compared with ET. Cumulative ET was on average approximately twice the cumulative ECA for the balance period.

Restrictions, difficulties and advantages of the methodology employed are also discussed.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, para que a produção agrícola atinja níveis nos quais o rendimento econômico seja satisfatório, é necessário, especialmente nas regiões semi-áridas e sub-úmidas, que sejam usadas práticas irrigacionistas. Particularmente para as culturas hortícolas que se situam entre as mais exigentes do ponto de vista hídrico, o suprimento de água deve ser feito sempre de modo equilibrado e racional.

Por apresentar grande demanda e um mercado consumidor em expansão, a produção de hortaliças tem a tendência de continuar aumentando, razão pela qual a tecnologia de produção tende a cada dia para um maior aperfeiçoamento com o fim de na época da entre-safra não ocorrerem colapsos dos produtos para o público consumidor. A escassez da água de chuva na entre-safra tem sido uma das causas para que o produto apresente-se em pequena oferta no mercado. Daí estar se tornando uma prática por demais difundida, irrigar estas cultu-

raś.

Os sistemas de irrigação mais usados, particularmente na cultura do tomate industrial, são os de sulcos de infiltração e aspersão (MINAMI e HAAG, 1979). Neste trabalho introduz-se o sistema de sub-irrigação por meio de câpsulas porosas de barro para esta cultura. Este sistema foi empregado experimentalmente no México por SANTOS (1977), com sucesso, em cultura de trigo. Também tem sido objeto de estudo de uma equipe de técnicos do Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Semi-árido, em Petrolina-Pe. (SILVA *et alii*, 1978).

A irrigação por câpsulas porosas apresenta-se como uma possível alternativa nos sistemas de irrigação subterrânea que poderá ser aplicada a culturas como o tomateiro, nas quais os sistemas que simulam chuva nem sempre apresentam resultados satisfatórios, especialmente quando encarado o aspecto fitossanitário.

Utilizou-se o método do balanço hídrico para o cálculo da evapotranspiração da cultura através da medida dos seus outros processos (irrigação, precipitação, runoff, drenagem e variação de armazenagem).

O objetivo do presente trabalho, portanto, foi verificar a viabilidade de utilização das câpsulas porosas de barro para fornecimento de água a cultura de tomate, através da realização de seu balanço hídrico e dos seus dados de produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Existem diversos métodos que permitem estimar a evapotranspiração de uma cultura. Entre eles a Organização Mundial de Meteorologia, cita os seguintes: Método do Armazenamento de Água no Solo, Método do Perfil Aerodinâmico, Método da Correlação de Eddy, Métodos Combinados e Métodos das Fórmulas Empíricas ou Métodos Empíricos (World Meteorological Organization, 1966).

O método do Armazenamento de Água no Solo ou Método do Balanço Hidrológico, apresenta uma precisão razoável, em torno de 5% para estimativa da evapotranspiração potencial, segundo Kohler, Nordenson e Baker (1959). Tem como suas principais componentes a precipitação, a irrigação, a evapotranspiração, a variação do armazenamento da água no solo, o deflúvio superficial ou runoff, e a drenagem profunda. Está dividido basicamente em dois tipos principais: O que utiliza lisímetro para estimativa dos processos envolvidos no balanço

e um outro que faz uso de um volume determinado de solo cultivado e não confinado para estimativa da evapotranspiração.

Quando se utiliza lisímetro, obtêm-se medidas de evapotranspiração bastante precisas. Daí, em muitos centros de pesquisa os lisímetros serem utilizados para padronização das medidas obtidas por outros métodos (HARROLD e DREIBELIS, 1951, PRUITT e ANGUS, 1960). Existem lisímetros de diferentes modelos, alguns dos quais utilizam sistema de registro da água evapotranspirada providos de sensores eletrônicos capazes de registrar variações de centésimos de polegada ou seja, 0,25 mm (McILROY e ANGUS, 1963, PARAMESHWARAN, 1956). Diversos modelos de lisímetros são descritos na nota técnica nº 83 da Organização Mundial de Meteorologia.

Embora os lisímetros apresentem medidas precisas, seu uso se torna limitado em certos casos porque sua construção, seu manejo, as modificações provocadas na estrutura e nas propriedades físicas do solo, seu elevado custo econômico, as necessidades de pessoal técnico capacitado para operá-lo, todos estes fatores, limitam sua utilização nas atividades de pesquisa (LUCHIARI JUNIOR, 1978).

Existem muitos trabalhos sobre o método do balanço hídrico feito pela utilização de um volume determinado de solo, entre os quais citam-se na literatura os de ROSE e STERN (1966), ROSE (1966), SLATYER (1967), BARRADA (1971),

REICHARDT (1975), LUCHIARI JÚNIOR (1978), CASTRO (1979), STERN (1967) entre outros.

Cada um dos parâmetros do método do balanço hídrico possui hoje muitas formas alternativas para ser medido.

As medidas de precipitação, normalmente são feitas com pluviômetros e/ou pluviôgrafos (HANDBOOK OF METEOROLOGICAL INSTRUMENTS, London, 1956).

O controle do volume de água de irrigação pode ser feito pelo uso da técnica de mudança de nível de água no reservatório, pelo uso de hidrômetros ou por qualquer outro sistema de medida que se adapta as condições do experimento (SCOTT e HOUSTON, 1959).

Nos locais planos o escoamento superficial da água tem sido considerado igual a zero, assumindo-se a posição que o runoff raramente ocorre (STAMERS, IGWE e WHITELEY, 1973). Posição similar é defendida por PEREIRA e outros (1974), quando em seu trabalho o consideram nulo em função das condições topográficas do local, no qual a declividade seja inferior a 3%. Esta componente é de difícil determinação, especialmente por envolver grande quantidade de água e técnicas complexas (REICHARDT, 1975) e por apresentar em solos inclinados um controle muito difícil (TANNER, 1968).

O termo armazenamento é definido como o total

de água retido no interior de um perfil de solo de profundidade Z , em dado instante t . Integrando-se os perfis de umidade do solo determina-se o armazenamento. A umidade de cada horizonte de um perfil de solo pode ser determinada gravimetricamente, ou pela utilização de uma sonda de neutrons, (STAMERS, IGWE e WHITELEY, 1973, BARROS FERRAZ, 1968, CRUCIANI, 1972, REICHARDT *et alii*, 1974). Indiretamente pode-se determinar o armazenamento de água no solo a partir de medidas tensiôométricas. Estas, a partir de curvas de retenção de água, indicam os perfis consecutivos de umidade do solo θ ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), os quais uma vez integrados fornecem o armazenamento de água no solo (CASTRO, 1979).

A drenagem profunda é uma das componentes do balanço hídrico cuja determinação apresenta maiores dificuldades. Para períodos longos (um ano ou mais) tem sido considerada como parte do armazenamento, prática esta muito discutível (World Meteorological Organization, 1970). Quando desprezado o termo drenagem profunda, o balanço hídrico apresenta erros tidos como substanciais por KING (1910), ROBINS *et alii* (1954), NIXON e LAWLESS (1960), citados por TANNER (1968). Este mesmo autor reforça o dito acima com as seguintes palavras: "*Normalmente resultam erros muito sérios devidos a drenagem profunda, uma vez que não existe um caminho para assegurar que ela seja negligenciável, particularmente on-*

de podem ocorrer frequentemente precipitações de grande intensidade" (TANNER, 1968). Pesquisas recentes em física de solos mostraram que as mudanças nas medidas de umidade do solo, podem refletir no adulteramento das quantidades de água que percolam ou evaporam, em virtude das grandes quantidades de vapor e fluxos líquidos nas direções ascendente e descendente, como consequência de gradientes hidráulicos e térmicos (van BAVEL, BRUST e STIRK, 1968, citados por ROSENBERG (1974). Novamente TANNER (1967) considera em outro de seus trabalhos a drenagem profunda como um parâmetro negligenciável, podendo ser igualada a zero na maioria dos casos, ou mesmo desprezada quando comparada aos outros termos da equação do balanço hídrico. No entanto, para condições tropicais este parâmetro não deve ser desprezado, porque pode constituir até 30% do balanço hídrico total (REICHARDT *et alii*, 1974).

Um dos parâmetros do balanço que merece maior atenção é a evapotranspiração. A evapotranspiração consiste na passagem para forma de vapor, da água que se encontra no solo em estado líquido, através do processo de evaporação pelo solo nudo e da transpiração por meio das plantas (TANNER, 1967). É chamada de evapotranspiração potencial quando as perdas de água são máximas e se processam em uma área ampla na qual o solo está completamente tomado por cobertura vegetal e cujos níveis de umidade são adequados durante todo o ciclo da cultura (YAO, 1974).

Ainda segundo TANNER (1968), a evapotranspiração pode ser determinada por três métodos principais: pelo balanço hídrico, também chamado de método hidrológico (aplicado no presente estudo), os métodos micrometeorológicos e os métodos empíricos.

A equação do balanço hídrico permite estimar a evapotranspiração com precisão bastante relativa, dependendo da maneira como foram determinados os demais parâmetros. LYNCH (1975), citado por LYNCH e EDWARDS (1980), desenvolveu um método para determinação da evapotranspiração no qual os níveis de umidade do solo são determinados para cada mês do ano, a precipitação, evaporação do solo nu, a capacidade de armazenamento do solo são também medidos e deste modo a evapotranspiração é estimada.

A evapotranspiração potencial e a evaporação das superfícies livres de água constituem as perdas máximas de água de uma área, as quais estão submetidas a um grupo de condições atmosféricas, e são consideradas equivalentes por KOHLER (1957), citado na nota técnica nº 26 da World Meteorological Organization.

O instrumental utilizado para as medidas de evapotranspiração potencial é constituído hoje por uma imensa gamma de aparelhos que inclui os evaporímetros, os evapotranspirômetros e as parcelas experimentais no campo. Na classe dos

evaporímetros encontram-se os tanques de evaporação, os quais apresentam como modelos mais comuns o tanque classe "A" e o GGI 3000. Entre os evapotranspirômetros destacam-se os lisiímetros, nos seus diferentes modelos (Technical Note nº 83 da World Meteorological Organization).

As parcelas experimentais no campo para medida de evapotranspiração devem apresentar uma bordadura de 20 m a partir de seu centro, conforme STANHILL (1965) citado por ROSENBERG (1974).

2.1. A cultura do tomateiro

O tomateiro é uma planta herbácea de ciclo relativamente curto, que exige água durante todo o seu período de desenvolvimento. Pode consumir de 2,5 a 7 mm de água por dia, o que permite que em seu ciclo venha a consumir de 400 a 700 mm de água. Quando irrigado, o suprimento de água deve ser feito de tal forma que a água seja colocada no solo sem atingir a parte aérea. As raízes que funcionam ativamente podem ultrapassar 1,20 m de profundidade, sendo que as plantas obtidas de semeadura direta produzem raízes mais profundas. As chuvas frequentes bem como as irrigações, levam as plantas a formarem raízes superficiais (MINAMI e HAAG, 1979, BIGGI, 1977).

2.2. O sistema de irrigação

A irrigação por cápsulas porosas de barro é relativamente nova. SANTOS (1977) utilizou este sistema de irrigação para cultura do trigo, denominando-o de irrigação por sucção. Utilizou o método do balanço hídrico aplicado em determinações lisimétricas, com o fim de averiguar o consumo de água na cultura do trigo durante o ciclo vegetativo em um lisímetro de peso, e a água consumida através do sistema de irrigação. SILVA *et alii* (1978) desenvolveram trabalho de confecção e testagem de cápsulas porosas para serem utilizadas em irrigação por sucção, no qual demonstraram a viabilidade da utilização do material argiloso proveniente de Nova Olinda - Ce, para confecção de cápsulas porosas a serem utilizadas para irrigação pelo método supra citado.

O sistema de irrigação subterrânea por tubos de STAUCH (1953) foi utilizado por DEMATTE (1972), com as culturas de cenoura (*Daucus carota*, L.), alface (*Lactuca sativa*, L.) e ervilha (*Pisum sativum*, L.). As linhas de irrigação foram dispostas nas profundidades de 0,30 a 0,40 m no solo, profundidades estas nas quais o sistema radicular das culturas, quando plenamente desenvolvidas, tem a sua concentração mais efetiva. Esperava-se que a água atingiria a superfície do solo por ascensão capilar, o que no entanto segundo observações do autor não se verificou de modo efetivo, e em decorrência dis-

to a camada mais superior do solo, na qual se concentram as raízes das culturas quando ainda jovens, veio a sofrer dêficite hídrico.

Verifica-se que nos sistemas de irrigação subterrânea, as linhas de irrigação não devem ser colocadas a grandes profundidades no solo, para não ocorrer que a água não seja aproveitada pela cultura e resulte em grandes perdas por drenagem profunda, Além disto ocorrem também prejuízos para a cultura que está sendo irrigada a qual quando jovem não desenvolveu ainda suficientemente o seu sistema radicular para atingir a umidade nos n^{íveis} mais profundos do solo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Princípio de funcionamento e teste do sistema de irrigação por cápsulas porosas em laboratório

O sistema de irrigação por cápsulas porosas de barro, como o próprio nome indica, permite a passagem da água para o solo através dos poros da cápsula. Estabelece-se entre os dois sistemas (cápsula-solo) quando em íntimo contato, devido a uma diferença de potencial hidráulico que possibilita um fluxo de água da cápsula para o solo.

Determinou-se, em laboratório, a vazão das cápsulas porosas submetendo-as a cargas hidráulicas diferentes. Foram montados quatro depósitos com capacidade iguais de 20 l cada, providos de uma válvula acoplada a um sistema de boia que mantinha o nível da água constante. Colocaram-se dois destes a uma altura de 1,50 m conectados por meio de tubo de polietileno a duas cápsulas porosas. Uma das cápsulas foi co

locada no interior de um cilindro de PVC com 25 cm de diâmetro por 35 cm de altura contendo solo convenientemente umedecido. A outra cápsula, submetida a carga hidráulica semelhante, foi colocada sobre uma tela numa bandeja para que sua vazão fosse obtida em condições de atmosfera livre. As Tabelas 1 e 2 mostram as observações feitas e as vazões médias de cada cápsula.

Uma terceira cápsula porosa foi submetida a uma carga hidráulica de dois metros em condições de atmosfera livre e teve sua vazão comparada a de uma outra cápsula fabricada em Petrolina - Pe., submetida a idênticas condições. A vazão média da cápsula de Petrolina foi de 980 ml/h, enquanto que a da outra 52,52 ml/h (Tabela 3). Diminuiu-se, então, a carga hidráulica da cápsula de Petrolina para 0,50 m (Tabela 4), e passou-se a comparar as duas vazões.

A partir destas observações decidiu-se qual a carga hidráulica que deveria ser aplicada no sistema de cápsulas em campo, considerando-se também a densidade de cápsulas por metro quadrado e o espaçamento da cultura.

3.2. Montagem em campo do sistema de irrigação

As cápsulas porosas eram alimentadas por um tubo de polietileno de 1/2 polegada, o qual foi introduzido

Tabela 1 - Vazão de uma cápsula porosa de barro submetida a uma carga hidráulica de 1,50 m e colocada no interior de um volume de solo saturado.

Tempo (hora)	Volume (ml)	Vazão (ml.hora ⁻¹)
26,00	870	33,46
22,00	730	33,18
20,70	710	34,30
23,80	810	34,03
24,83	850	34,23
29,83	1.030	34,50
26,00	883	33,96
24,25	910	37,52
$\bar{X} = 34,37\text{ml/h}$		

$\bar{X}$ = Vazão média do sistema.

Tabela 2 - Vazão de uma cápsula porosa de barro submetida a uma carga hidráulica de 1,50 m e colocada em condições de atmosfera livre.

Tempo (hora)	Volume (ml)	Vazão (ml.h ⁻¹)	
04,58	110	24,01	
15,50	330	21,29	
08,25	180	21,81	
17,33	390	22,50	
23,66	520	21,97	
26,08	590	22,62	
22,08	480	21,73	
21,16	470	22,34	
24,00	490	20,41	
24,75	520	21,01	
29,85	620	20,77	
26,41	585	22,50	
25,00	500	20,00	$\bar{X} = 21,77 \text{ ml/h}$

$\bar{X}$ = Vazão média do sistema.

Tabela 3 - Vazão de uma cápsula porosa de barro submetida a uma carga hidráulica de 2,00 m colocada em condições de atmosfera livre.

Tempo (hora)	Volume (ml)	Vazão (ml/h)
23,00	1.300	56,52
07,00	390	55,71
16,00	870	54,37
05,00	260	52,00
04,50	235	52,22
15,50	790	50,96
08,16	440	53,92
17,58	900	51,20
23,66	1.270	53,67
26,08	1.400	53,68
21,91	1.120	51,11
21,05	1.070	50,81
24,00	1.260	52,50
24,75	1.210	48,88
30,00	1.550	51,66
26,41	1.200	45,77
25,00	1.180	47,20
18,00	1.334	53,38
$\bar{X} = 52,52 \text{ ml/h}$		

$\bar{X}$ = Vazão média do sistema.

Tabela 4 - Vazão da cápsula porosa fabricada em Petrolina-Pe., submetida a uma carga hidráulica de 0,50 m colocada em condições de atmosfera livre.

Tempo (hora)	Volume (ml)	Vazão (ml.hora ⁻¹)	
04,90	1.050	214,0	
15,66	3.590	229,0	
08,25	1.540	187,0	
17,33	3.350	193,3	
23,66	3.540	149,6	
26,00	3.690	141,9	
22,16	3.000	135,3	
19,83	3.000	151,3	
24,00	3.470	144,6	
24,75	4.420	178,6	
29,75	5.318	179,0	
26,50	4.000	150,9	
24,66	3.650	148,0	
18,00	3.970	220,5	$\bar{X} = 183,7 \text{ ml/h}$

$\bar{X}$ = Vazão média do sistema.

na cápsula atravessando-a na sua porção superior. Tal tubo tinha um orifício de um centímetro de diâmetro no seu centro, orifício este que coincidia com o centro da cápsula. Para vedar as junções cápsula-tubo de polietileno foi usado Durepox ou massa plástica Iberê com o que se formava um anel em torno do tubo e do orifício de entrada deste na cápsula.

Todo o sistema de irrigação esteve submetido a uma carga hidráulica de 2,50 m fornecida por um reservatório com capacidade de 1000 l de água. Este reservatório foi colocado sobre um suporte de madeira de 2,50 m de altura (Figura 1). Neste foi adaptado um tubo de PVC de 4 polegadas de diâmetro através de uma derivação. O tubo foi então fechado em suas extremidades por tampões do mesmo material após o que foram abertas doze saídas independentes correspondentes as linhas de irrigação. Estas saídas independentes foram assim planejadas para possibilitarem isolar do restante do conjunto uma das linhas de irrigação quando isto se fizesse necessário.

As linhas de irrigação foram formadas por um total de 10 cápsulas espaçadas de 60 cm e interligadas por tubos de polietileno de 1/2" por meio de conectores do mesmo material. Estas foram colocadas no centro de cada fileira dupla da cultura, a profundidade de 20 cm, e cada uma delas irrigava um total de doze plantas, ou seja: quatro covas (Figura 2).

Figura 1 - Diagrama representativo do sistema de irrigação utilizado nesta pesquisa, evidenciando detalhes da disposição da cultura; inclusive das parcelas testemunhas. Os números indicados na figura representam centímetros.

Figura 2 - Desenho esquemático do experimento em campo.

Como se pode notar, a Figura 2 mostra a disposição das linhas de irrigação em todo o experimento bem como a maneira como a cultura estava situada no terreno. As duas primeiras linhas de cada lado da parcela experimental foram consideradas como testemunhas A e B as quais sō receberam água por irrigação até o momento em que foi efetuado o raleamento na cultura. Melhor explicando, quando a cultura atingiu uma altura média de 15 cm (30 dias apōs o plantio), o sistema de irrigação pelas cāpsulas de barro foi desativado nas linhas testemunhas. A irrigação, até o momento do raleamento, nas parcelas testemunhas, foi efetuado para garantir um bom pegamento das mudas.

3.3. Fundamentos teōricos do mētodo do balanço hídrico

O balanço hídrico de um solo cultivado ou de uma cultura vem a ser a contabilidade da água de um volume delimitado pela superfície do solo e por um plano logo abaixo do sistema radicular da cultura. Estā, portanto, baseado na lei da conservação das massas e intimamente relacionado ao balanço de energia.

A equação que descreve o balanço hídrico de um solo cultivado de espessura z durante um intervalo de tempo

$\Delta t = t_1 - t_0$, estabelece que a soma algébrica das quantidades de água que entram (+) e saem (-) do volume de solo considerado é sempre igual a variação da quantidade de água nele armazenada no intervalo de tempo $t_1 - t_0$, podendo ser escrita como se segue:

$$\int_{t_0}^{t_1} p \, dt + \int_{t_0}^{t_1} i \, dt - \int_{t_0}^{t_1} e \, dt \pm \int_{t_0}^{t_1} q_L \, dt - \int_{t_0}^{t_1} r \, dt = \pm \int_0^L \int_{t_0}^{t_1} \frac{\partial \theta}{\partial z} \, dt \, dz$$

sendo p a intensidade de precipitação; i a intensidade de irrigação; e a intensidade de evapotranspiração; q_L o fluxo de percolação profunda em $z = L$; e r a intensidade de deflúvio superficial. θ indica a umidade do solo medida em $\text{cm}^3 \text{H}_2\text{O}/\text{cm}^3$ solo.

Façamos a análise dos termos do primeiro membro da equação:

$$\int_{t_0}^{t_1} p \, dt = P, \quad \begin{array}{l} \text{é a precipitação pluvial que atingiu a superfície} \\ \text{do volume considerado de solo em } (z=0) \\ \text{no intervalo } t_1 - t_0, \text{ dada em } \text{cm}^3 \text{H}_2\text{O}/\text{cm}^2 \text{ solo} \\ \text{ou cm ou, como é mais comum, em mm.} \end{array}$$

$$\int_{t_0}^{t_1} i \, dt = I, \quad \begin{array}{l} \text{é a água aplicada ao volume de solo em estudo} \\ \text{no intervalo } t_1 - t_0 \text{ por meio da irrigação,} \\ \text{também dada em mm.} \end{array}$$

$-\int_{t_0}^{t_1} e \, dt = -E$, a quantidade de água perdida por evaporação do solo somada da transpiração pelas plantas, que juntas respondem pela evapotranspiração em $z = 0$.

$\pm \int_{t_0}^{t_1} q_L \, dt = \pm Q_L$, representa a quantidade de água que entra (+) ou que sai (-) no limite inferior do volume de solo em ($z = L$). Se os fluxos são ascendentes, são ditos positivos (+) e se descendentes negativos (-).

Q_L é calculado através da equação de Darcy, a qual é escrita como se segue abaixo,

$$q_z = -K(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial z} \Big|_L$$

integrada no intervalo $t_1 - t_0$.

$\frac{\partial \psi}{\partial z} \Big|_L$ - representa o gradiente de potencial hidráulico na profundidade $z = L$.

$K(\theta)$ - é a condutividade hidráulica do solo como função de sua umidade. É a propriedade do solo em transmitir água.

$-\int_{t_0}^{t_1} r \, dt = -R$, representa a parte da água de precipitação pluvial (P) que atinge a superfície do solo em estudo ($z = 0$), porém não infiltra, e escorre superficialmente. Este escoamento superficial é também chamado de deflúvio superficial ou runoff (R) e depende da capacidade de infiltração e de armazenamento de água do solo, bem como da intensidade e quantidade de chuva e da topografia do terreno.

.2ª.

O segundo membro da equação do balanço hídrico,

$$\pm \int_0^L \int_{t_0}^{t_1} \frac{\partial \theta}{\partial t} dt dz = \pm \Delta S,$$

é chamado variação do armazenamento da água no solo e vem a ser o aumento ou diminuição da quantidade de água (em mm) no perfil de solo (de 0 a z) durante o intervalo de tempo $t_1 - t_0$. Pode, portanto ser positivo ou negativo dependendo da magnitude dos termos do primeiro membro da equação, de vez que pela lei da conservação das massas a soma algébrica de todos os termos deve permanecer nula, isto é:

$$P + I - E \pm Q_L - R \pm \Delta S = 0$$

Como o interesse principal do presente trabalho é determinar a evapotranspiração da cultura a equação pode ser escrita como segue:

$$P + I \pm Q_L - R \pm \Delta S = E$$

3.4. Caracterização geral do experimento

3.4.1. Local

O presente ensaio foi conduzido em área experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", nas circunvizinhanças do Posto Agro-Meteorológico do Departamento de Física e Meteorologia, em Piracicaba, Estado de São Paulo, que tem como coordenadas:

Latitude: $22^{\circ} 42' S$

Longitude: $47^{\circ} 38' W$

De acordo com a classificação de Wilhelm Koeppen, diz-se que o clima é do tipo sub-tropical com inverno seco (Owa), conforme citação de LEITE (1978).

3.4.2. Solo e cultura

O solo no qual o ensaio foi conduzido é uma Terra Roxa Estruturada, Oxic Paleudalf, segundo a classificação americana (E.U.A., 1975).

REICHARDT e LIBARDI (1974) citados por LUCHIARI JUNIOR (1978) determinaram as características físicas desse

solo as quais estão transcritas na Tabela 5 até a camada que é objeto de interesse deste estudo, qual seja, de 0 a 40cm.

A cultura utilizada neste estudo foi o tomateiro (*Lycopersicum esculentum*, Mill), variedade Roma V.F., com sementes que apresentaram percentual de germinação em torno de 99%. Esta é uma variedade do tipo rasteiro cujo fruto é utilizado para fins industriais. Foram lançadas em média 35 sementes por cova, para que no raleamento fossem deixadas no solo as 3 plantas mais vigorosas.

3.4.3. Espaçamento da cultura e práticas culturais

O espaçamento adotado entre cada linha foi de 0,50 m, deixando-se entre linhas duplas uma distância de 1,20m. Esta disposição para os cultivos industriais tem sido adotada para facilitar os trabalhos de capina mecânica, realizados via de regra com micro-tratores. Entre plantas o espaçamento é de 0,30 m.

As práticas culturais foram iniciadas com os trabalhos de aração e gradagem do solo. Em seguida delimitou-se toda a área com piquetes para que as plantas fossem dispostas de modo mais uniforme possível de acordo com a disposição das linhas de irrigação.

Tabela 5 - Características físicas do solo na camada de 0 a 40 cm de profundidade.

Camadas (cm)	Análise Mecânica			Densidade global (g/cm ³)
	Areia (%)	Limo (%)	Argila (%)	
0 - 5				1,30
5 - 10	23	17	60	1,30
10 - 15				1,40
15 - 20				1,50
20 - 25				1,60
25 - 30	14	23	63	1,60
30 - 35				1,50
35 - 40				1,45

A semeadura foi feita manualmente a 12 de maio de 1980. As sementes foram envolvidas numa mistura de areia e vermiculita fina (0,1 a 0,5 mm) com o fim de facilitar o processo de germinação.

A cada 15 dias em média foram realizadas capinas manuais para eliminar as ervas daninhas, especialmente o *Cyperus rotundus*, L; muito abundante na área.

Inicialmente foram feitas pulverizações com uma mistura de Folidol + Benlate + Espalhante adesivo Novapal a 1%, a cada 8 dias. Posteriormente passou-se a aplicar a mesma composição a cada 4 dias ou de acordo com as necessidades da cultura.

Quando as plantinhas atingiram 15 cm de altura realizou-se o desbaste, deixando em cada cova as 3 melhores plantas. Seguindo-se ao raleamento realizou-se adubação nitrogenada em cobertura utilizando-se para tal sulfato de amônia na proporção de 20 g por cova. A cada intervalo de 20 dias, nos dias subsequentes ao raleamento foi aplicada nova adubação nitrogenada nos moldes acima descritos.

3.5. Medidas para determinação do balanço hídrico

3.5.1. Instrumental utilizado

Através de uma linha traçada na caixa d'água media-se duas vezes ao dia, ou seja às 10,00 e às 17,00 horas, a altura da água aplicada ao solo, utilizando-se uma régua de boa precisão. Foram escolhidos estes horários por coincidirem com as horas do dia em que nesta estação do ano aqui nesta região, começa a se intensificar e a diminuir, respectivamente (às 10,00 e às 17,00 horas), os processos evapotranspirativos, os quais são responsáveis pelos aumentos e quedas na demanda hídrica.

Foram instalados 5 baterias de 4 tensiômetros. Destas, 3 foram dispostas na linha central do experimento (parcela irrigada), obedecendo a seguinte disposição: medindo-se a partir do centro da cápsula porosa raios de 10, 20 e 30 cm procurou-se dispor os tensiômetros no solo às profundidades de 10, 20, 30, e 40 cm respectivamente para cada uma das distâncias da cápsula porosa anteriormente citadas. Nas testemunhas "A" e "B" estabeleceu-se a distância média de 20 cm das cápsulas para instalar os tensiômetros, respectivamente às profundidades de 10, 20, 30, e 40 cm no solo. Para colocar os tensiômetros no solo fez-se uso de um trado de 3/4 de polegada de diâmetro e para uniformizar melhor a abertura um pis-

tão de mesma espessura. Observou-se a verticalidade da abertura e também a maneira como a terra foi retirada do orifício, cuidados estes que visavam conferir as cápsulas porosas dos tensiômetros, uma mais perfeita intimidade com o solo. Cumpridos estes requisitos, os tensiômetros foram cheios de água previamente destilada e fervida, e fluxados para eliminar o ar residual do sistema de manômetros. A operação fluxão, foi, a partir de então, realizada a cada 8 dias. As leituras de tensões foram feitas a intervalos regulares de 24 horas, às 10 horas da manhã de cada dia. A Figura 3 mostra esquematicamente a disposição de uma bateria de tensiômetros em torno de cápsula porosa de barro.

3.5.2. Variação do armazenamento da água no solo (ΔS , mm)

Estimou-se este componente a partir de perfis consecutivos de umidade do solo $\theta(\text{cm}^3.\text{cm}^{-3})$ obtidos a partir de dados de tensiômetro. Foram utilizados valores médios de leituras de tensiômetro para cada profundidade.

A determinação do potencial matricial médio ψ_m a profundidade z foi feita a partir da expressão:

$$\psi_m = - 12,6 H_z + h_c + z \text{ (cm H}_2\text{O)}$$

Figura 3 - Disposição dos tensiômetros a um raio de 0,10 m do centro de uma câpsula porosa de barro.

h_c = é a altura da cuba de mercúrio em relação a superfície do solo.

$\bar{H}_z$ = média das leituras em cm Hg.

z = profundidade da cápsula (cm).

Os dados de $\bar{\psi}_m$ foram transformados em θ utilizando as curvas de retenção mostradas nas Figuras 4, 5 e 6.

O armazenamento até uma profundidade L , em um instante t_i , foi calculado pela expressão:

$$A(L, t_i) = \int_0^L \theta(z, t_i) dz$$

3.5.3. Dados de precipitação pluvial (P , mm)

A precipitação pluvial foi medida em um pluviôgrafo modelo 95, marca FUKSS, com sifonação automática e registro diário de precipitação, instalado no Posto Agro-Meteorológico do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP.

3.5.4. Irrigação (I , mm)

O sistema de irrigação utilizado está descrito

Figura 4 - Curva de retenção da água no solo em estudo, a profundidade de 15 cm (obtida por CASTRO, 1980).

Figura 5 - Curva de retenção da água no solo em estudo, à profundidade de 30 cm (obtida por CASTRO, 1980).

Figura 6 - Curva de retenção da água no solo em estudo, à profundidade de 45 cm (obtida por CASTRO, 1980).

nos itens 3.1 e 3.2. A parcela irrigada do experimento era formada por sete linhas de irrigação, com seis metros lineares cada linha, contendo um total de setenta câpsulas porosas de barro. Estas apresentaram uma vazão média num período de 76 dias de $0,2720 \text{ m}^3/\text{dia}$, ou seja, o equivalente a uma média de $4,2367 \text{ mm}$ de chuva diários.

O sistema fornecia água ao solo de modo contínuo durante 24 horas por dia. Esta água era suprida por um reservatório Eternit com capacidade de 1000 litros, o qual era abastecido duas vezes ao dia, às 10,00 e às 17,00 horas, utilizando-se uma eletro-bomba de 3,00 HP, sendo a água conduzida até ao tanque por meio de uma mangueira flexível de PVC de uma polegada de diâmetro.

3.5.5. Deflúvio superficial ou "Runoff" (R, mm)

Neste trabalho, por usar-se um sistema de irrigação subterrâneo, não ocorreu a preocupação de determinar o escoamento superficial ou "runoff" a não ser das precipitações pluviais. Mesmo estas, só terão real influência no deflúvio superficial se suas intensidades forem muito elevadas em virtude de alguns fatores de importância relevante, quais sejam; a boa permeabilidade do solo em estudo e as excepcionais condições topográficas locais, que no local

do experimento apresentam-se completamente planas.

3.5.6. Evapotranspiração atual (ET, mm)

A evapotranspiração atual é um parâmetro cuja determinação direta é extremamente difícil. Ela foi calculada de modo indireto através do balanço hídrico.

3.5.7. Drenagem profunda ou percolação profunda (Q_L , mm)

Para estimativa dos fluxos de drenagem profunda, Q_L , no limite inferior do elemento de volume, $z = 40\text{cm}$, empregou-se a equação,

$$q_L = - K(\theta) \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} \right)_L$$

utilizando os dados de tensiômetro e condutividade hidráulica $K(\theta)$ medida no local por ARAUJO SILVA (1980).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Balanço Hídrico

O sistema de irrigação por cápsulas porosas de barro, alimentou o solo com água de modo contínuo e ininterupto, desde o início do ciclo da cultura. No entanto, para fins de Balanço Hídrico passou-se a computar a água fornecida à cultura, a partir de quando foi efetuado o raleamento, isto é, quando a cultura tinha a altura média de 15 cm e o seu sistema radicular já se presumia suficientemente desenvolvido para retirar do solo toda a água necessária à cultura para o seu crescimento e desenvolvimento.

O volume de água fornecido por irrigação e computado durante os 76 dias nos quais foram coletados dados, correspondeu a 20,67 m³ (Apêndice 1 e Figura 7). A área irrigada era constituída de um talhão de 64,20 m². Fazendo-se a transformação do volume de água fornecido por irrigação na

Área acima citada, em unidades de mm de água, obtem-se, para a água de irrigação o valor correspondente a 322 mm, o que equivale a uma intensidade de irrigação média de 4,24 mm/dia.

As precipitações pluviométricas registradas no período em apreço (07/07 a 20/09), somaram 55,10 mm. Analisando-se a tabela do Apêndice 2 que mostra os dados de precipitação pluviométrica no período, observa-se que a maior parte das precipitações pluviométricas concentrou-se num intervalo, de 7 dias, ou seja entre 12/09 a 19/09 com um total de 33,10 mm de chuvas precipitado. Isto pode ser melhor visualizado na Figura 7 que mostra as curvas de irrigação e precipitação em função do tempo.

O somatório da água de irrigação junto à água de precipitação forma o total de água recebido pelo sistema em estudo. Constitui este total o ponto de partida para o processo de Balanço Hídrico, sendo estas duas componentes obtidas de modo bastante simples e com razoável precisão. Somando-se $P + I$ obteve-se o equivalente a 377,10 mm de água na porção irrigada do experimento.

O deflúvio superficial ou "runoff" no presente estudo foi considerado igual a zero por duas razões:

19) Por se estar trabalhando com um sistema de irrigação subterrâneo.

Figura 7 - Dados de precipitação e irrigação (pelas cápsulas porosas) durante o período do balanço: $t = 0$ corresponde ao dia 7/7.

29) Devido à intensidade das precipitações pluviométricas constantes na Figura 7 e Apêndice 2 não exceder a $0,38 \text{ mm.min}^{-1}$, valor este considerado insignificante quando levados em consideração o solo local e a área sem declividade na qual foi conduzido o trabalho.

A partir dos dados dos Apêndices 3 e 4 de potencial matricial na parcela irrigada e testemunhas A e B, respectivamente, e das curvas características da água no solo mostradas nas Figuras 4, 5 e 6, elaboraram-se as tabelas do Apêndice 5 (que mostra os perfis de umidade na área irrigada) e do apêndice 6 (que mostra os perfis de umidade nas testemunhas A e B). As Figuras 8, 9 e 10 apresentam alguns perfis dos dados dos apêndices 3A, 3B e 3C, respectivamente. Notamos algumas peculiaridades do comportamento do sistema de irrigação por cápsulas porosas de barro, quando medimos estes potenciais a 10, 20 e 30 cm respectivamente do seu centro. A umidade do solo decresce progressivamente ao efetuarmos medidas mais distantes do centro do elemento irrigante e consequentemente os potenciais matriciais apresentam valores bem elevados. Isto indica que o movimento lateral da água no solo em estudo é lento e também que a influência mais acentuada do elemento irrigante se limita a um pequeno raio de 10 a 15 cm do seu centro, o que foi constatado "in loco" por várias vezes pelo autor deste trabalho. Nota-se, outrossim, pela re

Figura 8 - Perfis de potencial matricial para diversos dias a uma distância de 10 cm da cápsula porosa de barro.

Figura 9 - Perfis de potencial matricial para diversos dias a uma distância de 20 cm da cápsula porosa de barro.

Figura 10 - Perfis de potencial matricial para diversos dias a uma distância de 30 cm da cápsula porosa de barro.

apresentação gráfica da figura 8, que os potenciais matriciais ali medidos às profundidades de 10, 20 e 30 cm apresentam valores bastante baixos, embora a 40 cm estes sejam um pouco mais elevados o que satisfaz em muito as pretensões do sistema, porque desta forma poderemos considerar como mínimas ou mesmo inexistentes as perdas de água por drenagem profunda. Verificamos também neste fato uma relação positiva, no que diz respeito à cultura em estudo e mesmo em relação a outras espécies cultivadas, nas quais, como é do conhecimento geral, a maior porção dos pelos absorventes está situada na faixa de solo com profundidade de 10 a 30 cm, embora como também é dito por MINAMI (1979), especificamente para o tomateiro, que o sistema radicular deste pode atingir a profundidade de até 1,20 m. No presente trabalho tivemos por várias vezes a oportunidade de constatar a influência do sistema radicular provocando variações no potencial matricial às profundidades de 10 a 30 cm, especialmente na bateria de tensiômetros a um raio de 10 cm do centro da cápsula porosa, no intervalo de tempo compreendido entre a leitura de 10 e a de 17,00 hs. Durante o período noturno a planta apresenta, como é sabido, uma atividade metabólica de menor intensidade e o sistema de irrigação fornecia água ao solo de modo contínuo e ininterrupto o que fazia com que no dia seguinte tivéssemos potenciais matriciais bem mais baixos do que aqueles verificados às 17,00 hs do dia anterior. Nas demais medidas feitas a 20 e 30 cm do

centro da cápsula porosa as variações eram de pequena intensidade, não havendo diferença muito acentuada entre as leituras de 10 e 17,00 hs que o autor realizou apenas para fins comparativos. Assim sendo, para que o solo apresente um umedecimento mais uniforme, necessário se faz que seja usada uma densidade de cápsulas porosas de barro mais acentuada.

Para o cálculo da variação de armazenagem durante o período do balanço, utilizou-se da fórmula apresentada no item 3.5.2. com os valores de umidade θ , a intervalos de cinco dias, retirados do Apêndice 5B (parcela irrigada), Apêndice 6A (testemunha A) e Apêndice 6B (testemunha B). Os resultados encontram-se dispostos nas Tabelas 6, 7a e 7b.

O componente drenagem profunda em $z = 40$ cm do balanço hídrico foi estimado a partir da equação de Darcy (ver item 3.5.7.) na qual os valores de $K(\theta)$ foram calculados pela equação de regressão $\ln K = -83,78 + 217,42\theta$, obtida por ARAUJO SILVA (1980) para o mesmo solo, no mesmo local e na mesma profundidade. Os valores de θ utilizados para o cálculo da condutividade, para os intervalos de cinco dias, são médias das profundidades 30 e 40 cm. O gradiente de potencial em $z = 40$ cm (calculado a partir dos dados do Apêndice 3B) foi considerado apenas quando os valores de θ eram maiores que 0,35. A razão disto é de que para valores de umidade menores que 0,35 resultam valores de $K(\theta)$ extremamente baixos, indicando

Tabela 6 - Distribuição dos valores componentes do balanço hídrico na parcela irrigada, da evaporação do tanque classe A (ECA) e da razão ET acum./ECA acum.

PERÍODO	Nº DE DIAS	COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO						
		PRECIPITAÇÃO (P) (mm)	IRRIGAÇÃO (I) (mm)	VARIAÇÃO NO ARMAZ. (ΔS) (mm)	DRENAGEM PROF. Q _L (mm)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO ATUAL (E) (mm)	E.C.A. (mm)	ET acum. / ECA acum.
07/07 a 11/07	05	-	40,1	- 5,0	- 0,58	44,52	16,74	2,66
12/07 a 16/07	05	-	38,6	- 6,6	21,78	66,98	18,74	3,14
17/07 a 21/07	05	-	37,1	- 6,1	4,72	47,92	18,88	2,93
22/07 a 26/07	05	-	37,7	- 6,2	-	43,90	20,30	2,72
27/07 a 31/07	05	-	22,4	- 2,6	-	25,00	25,36	2,28
01/08 a 05/08	05	-	19,4	- 1,8	-	21,20	28,00	1,95
06/08 a 10/08	05	00,7	11,0	+ 1,5	-	10,20	16,70	1,79
11/08 a 15/08	05	07,6	22,0	- 0,4	-	30,00	19,60	1,76
16/08 a 20/08	05	-	17,0	+ 4,4	-	12,60	11,93	1,72
21/08 a 25/08	05	13,4	21,5	- 4,0	-	38,90	13,08	1,80
26/08 a 30/08	05	00,3	11,6	+ 1,2	-	10,70	13,24	1,74
31/08 a 04/09	05	-	11,1	- 3,3	-	14,40	27,22	1,59
05/09 a 09/09	05	-	08,7	- 2,4	-	11,10	31,86	1,44
10/09 a 14/09	05	02,7	10,2	+ 4,0	-	08,90	15,13	1,39
15/09 a 20/09	05	30,4	13,6	+ 7,4	-	36,60	16,71	1,44

Tabela 7a - Distribuição dos valores dos componentes do balanço hídrico na par-cela. Testemunha "A".

COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO					
PERÍODO	Nº DE DIAS	PRECIPITAÇÃO (P) (mm)	VARIAÇÃO NO ARMAZ. (ΔS) (mm)	DRENAGEM PROF. Q _L (mm)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO ATUAL (Ea) (mm)
17/07 a 21/07	05	-	- 9,4	-	- 9,4
22/07/a 26/07	05	-	- 3,9	-	- 3,9
27/07 a 31/07	05	-	- 1,4	-	- 1,4
01/08 a 05/08	05	-	+ 0,9	-	+ 0,9
06/08 a 10/08	05	00,7	- 0,3	-	- 1,0
11/08 a 15/08	05	07,6	- 0,2	-	- 7,8
16/08 a 20/08	05	-	0,0	-	0,0
21/08 a 25/08	05	13,4	+ 0,6	-	-12,8
26/08 a 30/08	05	00,3	- 0,5	-	- 0,8
31/08 a 04/09	05	-	+ 0,3	-	+ 0,3
05/09 a 09/09	05	-	+ 0,5	-	+ 0,5
10/09 a 14/09	05	02,7	- 0,1	-	- 2,8
15/09 a 20/09	06	30,4	+ 10,1	-	-20,3

Total = 57,9

Média diária = 0,76 mm/dia

Tabela 7b - Distribuição dos valores dos componentes do balanço hídrico na par-cela. Testemunha "B".

COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO					
PERÍODO	Nº DE DIAS	PRECIPITAÇÃO (P) (mm)	VARIAÇÃO NO ARMAZ. (ΔS) (mm)	DRENAGEM PROF. Q _L (mm)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO ATUAL (Ea) (mm)
17/07 a 21/07	05	-	- 15,2	-	- 15,2
22/07 a 26/07	05	-	- 3,0	-	- 3,0
27/07 a 31/07	05	-	- 1,0	-	- 1,0
01/08 a 05/08	05	-	- 0,9	-	- 0,9
06/08 a 10/08	05	00,7	+ 0,3	-	- 0,4
11/08 a 15/08	05	07,6	+ 0,4	-	- 7,2
16/08 a 20/08	05	-	+ 0,9	-	+ 0,9
21/08 a 25/08	05	13,4	- 1,0	-	- 14,4
26/08 a 30/08	05	00,3	0,0	-	- 0,3
31/08 a 04/09	05	-	- 0,1	-	- 0,1
05/09 a 09/09	05	-	- 0,4	-	- 0,4
10/09 a 14/09	05	02,7	+ 0,4	-	- 2,3
15/09 a 20/09	06	30,4	+ 0,4	-	- 30,0

Total = 74,3 mm

Média diária = 0,98 mm/dia

pouca influência do gradiente de potencial no cálculo do fluxo, isto é, a drenagem se torna negligível. Os resultados de drenagem também podem ser vistos na Tabela 6 para a parcela irrigada. Para as testemunhas A e B, este componente foi negligível pelo que acabamos de explicar acima e pelo que será explicado a seguir.

Analizando a Figura 11 que mostra os dados de potencial hidráulico em função do tempo, durante o período do balanço, para as profundidades de 30 e 40 cm da parcela irrigada, verifica-se que após o dia 21/7 os valores de potencial hidráulico se apresentam bastante elevados. Apesar de sua diferença entre as profundidades de 30 e 40 cm serem relativamente altas, não contribuíram para o fluxo devido ao fato anterior, isto é, sempre existe fluxo mas sua magnitude é baixa devido aos baixos valores de $K(\theta)$. No início (do dia 7/7 a 21/7) houve contribuição da drenagem profunda conforme mostra a Tabela 6. Já na Figura 12, que é semelhante à Figura 11 porém para as testemunhas A e B, os potenciais hidráulicos a 30 e 40 cm de profundidade são praticamente idênticos, ilustrando definitivamente que, neste caso, o fluxo entre $z = 30$ cm e $z = 40$ cm foi nulo.

Com os valores de precipitação, irrigação, variação de armazenagem e drenagem profunda, calculou-se a evapotranspiração atual por meio da equação do balanço em sua

Figura 11 - Potencial hidráulico as profundidades de 30 e 40 cm em função do tempo, durante o período do balanço, a 20 cm da cápsula porosa. Parcela irrigada.

Figura 12 - Potencial hidráulico as profundidades de 30 e 40 cm em função do tempo, durante o período do balanço a 20 cm da cápsula pos-rosa. Testemunhas "A" e "B".

forma integrada para os períodos de cinco dias conforme mostram a Tabela 6 (parcela irrigada), Tabela 7a (testemunha A) e Tabela 7b (testemunha B). Encontram-se também dispostos na Tabela 6, para o período em questão, os valores de evaporação do tanque classe A obtidos no Posto Agrometeorológico localizado bem próximo da área experimental (aproximadamente 50 metros). Os dados diários de evaporação do tanque podem ser vistos no Apêndice 7.

A partir dos dados de ET da Tabela 6, referentes à parcela irrigada, obtem-se para o período, uma intensidade de evapotranspiração média de 5,56 mm/dia. Por outro lado, das Tabelas 7a e 7b, referentes às testemunhas, resulta um valor médio de intensidade de ET de 0,87 mm/dia. Isto mostra que a sub-irrigação por cápsulas de barro aumentou a evapotranspiração atual da cultura de mais de seis vezes.

Com relação à produção de tomate, obteve-se um valor médio de 26,05 t/ha para a parcela irrigada e um valor médio de 11,08 t/ha para a testemunha. Assim, um aumento de 6,4 vezes de ET (pela irrigação pelas cápsulas) causou um aumento de 2,35 vezes na produção. Em outras palavras, um aumento em ET de 356 mm (devido à irrigação) aumentou a produção de 11,08 a 26,05 t/ha, ou melhor, um aumento de 1 cm de água usado como ET aumentou a produção de 0,42 t/ha.

A Figura 13 mostra o gráfico da evapotranspiração atual, e da evaporação do tanque Classe A (Tabela 6) como uma função do tempo de forma cumulativa. Mostra também a razão entre ambas em função do tempo. Como se pode notar por esta figura, a tendência de variação das duas curvas são similares podendo-se dizer que são praticamente paralelas e lineares principalmente partir do mês de agosto. Desta maneira, pode-se dizer que existe um fator constante entre ET e ECA acumulados para o período considerado que, em *termos médios*, é da ordem de 2,02 (ver última coluna da Tabela 6). Mais corretamente seria melhor considerar que para o período de 07/07 a 31/07 este fator constante é em média, igual a 2,75 e, para o período de 01/08 a 20/09, em média, 1,66. Com esta relação entre ET acum. e ECA acum., pode-se calcular os valores de ET da cultura dia a dia a partir das leituras diárias do tanque de evaporação em experimentos semelhantes.

Finalmente, apresenta-se no Apêndice 8 o cronograma das atividades desenvolvidas no campo durante a realização deste experimento

4.2. Restrições à pesquisa e à metodologia empregada

O presente estudo apresenta, apesar do esforço

Figura 13 - Evapotranspiração atual acumulada (ET acum.), evaporação do tanque classe A acumulada (ECA acum.) e relação entre ambas (ET acum./ECA acum.) em função do tempo, durante o período do balanço.

empreendido pelo autor, algumas falhas, as quais se tivessem a tempo sido corrigidas proporcionariam um trabalho melhor e mais perfeito. De modo generalizado as principais causas que motivaram os mais graves problemas foram:

1 - A pequena densidade de cápsulas porosas de barro por metro quadrado, em consequência da deficiência de recursos financeiros para adquiri-las em maior quantidade. Diante deste problema, propuzemos uma elevação do nível do reservatório d'água de irrigação, numa tentativa de que ao aumentar-se a carga hidráulica a qual o sistema ficaria submetido elevar-se-ia uma vazão. Este fato melhorou a vazão, mas não tanto quanto era necessário.

2 - A dificuldade de vedação do sistema de irrigação nas junções polietileno x cápsulas porosas de barro, nas quais a massa plástica DUREPOX apresentou problemas, desprendendo-se da cápsula porosa quando esta era umedecida e também quando, por motivos de manuseio era submetida a pequenas torções. Mudamos para outra massa plástica, IBERÊ, a qual solucionou o problema de vazamentos. Todavia, sendo um material de manuseio muito difícil exige muita paciência e habilidade de quem vai com ele trabalhar. Por tais razões sugerimos que as cápsulas porosas de barro sejam já confeccionadas com conectores laterais do mesmo material de que são feitas as cápsulas (cápsula e conector formando uma só peça), para ne

les serem encaixados os tubos de polietileno. Deste modo é possível evitarmos o inconveniente problema dos vazamentos.

3 - Podemos citar ainda como restrição, os testes de laboratório feitos com as cápsulas porosas de barro, cujos resultados quando deslocados para condições de campo, apresentam-se incongruentes em muitos dos principais aspectos. Sugerimos para este tipo de trabalho, que os testes preliminares sejam desenvolvidos em campo, para que os resultados tenham maior validade.

4 - O pequeno conhecimento das propriedades dos materiais com os quais foram confeccionadas as cápsulas porosas e seu comportamento no interior do solo com o decorrer do tempo. Sugerimos que sejam estudadas as melhores combinações de materiais a fim de melhorar a porosidade do sistema e de averiguar o seu melhor comportamento no tempo.

5 - A cultura de tomate mostrou-se muito sensível às variações nas condições atmosféricas, notadamente no que diz respeito às variações de temperatura e umidade do ar (MINAMI, 1979). Estas trouxeram como consequências sérios problemas fitossanitários, mesmo a despeito do intenso e cuidadoso emprego de recursos e cuidados fitossanitários tecnicamente recomendáveis.

5. CONCLUSÕES

No Brasil, até o ano de 1976 foi plantada com a cultura de tomate uma área de 48.000 hectares. Nesta área foram produzidas 1.154.000 toneladas de tomate. Esta produção equivale a uma média de 24,04 toneladas por hectare. (MINAMI, 1979).

No presente estudo obteve-se uma produção estimada em 26,05 toneladas por hectare na parcela irrigada através da irrigação por cápsulas porosas de barro. Como já se fez referência no capítulo 4.1., a vazão média deste sistema foi equivalente a 4,24 mm diários. Este volume de água fornecido por irrigação mostra-se suficiente para o desenvolvimento adequado da cultura e para que esta produza economicamente. Situa-se também próximo ao limite inferior das necessidades de chuva durante o ciclo da cultura que é de 400 mm segundo, MINAMI (1979). Constatou-se que as perdas de água

do sistema de irrigação por cápsulas porosas são insignificantes, o que leva a crer que o sistema é viável onde as disponibilidades hídricas são pequenas. No entanto, para que se possa recomendar com segurança este sistema de irrigação, necessário se faz que sejam melhor entendidas algumas particularidades do comportamento das cápsulas porosas, no que diz respeito às bruscas variações que foram detectadas na vazão do sistema.

A parcela não irrigada (testemunha), apresentou uma produção média estimada em 11,08 toneladas por hectare. Esta produção está situada significativamente abaixo da produção média nacional e demonstra que a cultura sofreu, com a deficiência da água em disponibilidade no solo.

O trabalho foi conduzido numa época do ano na qual as precipitações pluviométricas mostraram-se bastante reduzidas. Este fato contribuiu para que a cultura dependesse essencialmente do sistema de irrigação durante o período de coleta de dados, para seu suprimento hídrico.

Pela aplicação da equação do balanço hídrico, estimou-se a evapotranspiração atual (ET) para a cultura do tomateiro. O valor médio diário de ET da cultura do tomateiro industrial, no intervalo compreendido entre o pós-raleamento (altura média das plantas superior a 15 cm) e a maturação dos

foi de $5,56 \text{ mm.dia}^{-1}$ quando irrigado pelo sistema de irrigação proposto e, em média, $0,87 \text{ mm/dia}$ quando recebeu água apenas através das precipitações. A irrigação pelas cápsulas porosas de barro aumentou, portanto, a evapotranspiração atual de 6,4 vezes e a produção de 2,35 vezes.

Finalmente, obteve-se também uma relação média para o período entre o pós-raleamento e a maturação entre a evapotranspiração atual acumulada (ET acum.) calculada pelo balanço hídrico, e a evaporação acumulada (ECA acum.) do tanque de evaporação classe A: $ET \text{ acum.} \approx 2,02 \text{ ECA acum.}$

6. LITERATURA CITADA

ARAUJO SILVA, J.C., 1980. Comunicação Pessoal (Tese em andamento).

BARRADA, Y., 1971. Water balance studies. In: Water use seminar. Damascus. Roma, FAO, p.90-96 (Irrigation and Drainage Paper, nº13).

BARROS FERRAZ, E.S., 1968. Determinação da evapotranspiração real pela moderação de neutrons. Piracicaba, ESALQ/USP. 48p. (Tese de Doutorado).

BIGG, E., 1971. Manual da cultura do tomateiro. Livroceres. São Paulo.

CASTRO, P.T., 1979. Evapotranspiração atual e potencial de uma cultura de milho (*Zea mays*, L.). Piracicaba, SP., ESALQ/USP. 61p. (Dissertação de Mestrado).

- CRUCIANI, D.E., 1972. Balanço hídrico em solo cultivado com cana-de-açúcar. Utilização do método da moderação de neutrons. Piracicaba, *CENA - Boletim Científico* nº6. 35p.
- DEMATTE, J.B.I., 1972. Contribuição ao estudo da sub-irrigação por tubos de Stauch nas culturas de cenoura (*Daucus carota*, L.), alface (*Lactuca sativa*, L.) e ervilha (*Pisum sativum*, L.). Piracicaba, SP, ESALQ/USP. 150p. (Tese de Doutorado).
- E.U.A., 1975. Soil survey staff soil taxonomy - A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook, nº 436. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.
- KING, F.M., 1910. Physics of agriculture. Publish by autor. Madison, Wisconsin, USA.
- KOHLER, M.A., 1957. Meteorological aspects of evaporation phenomena. *Trans. Int. Assoc. Sci. Hydrology*. Toronto General Assembly.
- LEITE, A.C., 1978. Aplicação do método do balanço hídrico de energia e de métodos aerodinâmico de Thornthwaite e Holzman na estimativa da evapotranspiração em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). Piracicaba, SP., ESALQ/USP. 65p. (Dissertação de Mestrado).
- LUCHIARI JÚNIOR, A., 1978. Determinação do coeficiente de cultura (K_c) para feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) pelo método do balanço hídrico. Piracicaba, SP., ESALQ/USP. 59p. (Dissertação de Mestrado).

- LYNCH, L.G. e K. EDWARDS, 1980. The analysis of limited climatic data with reference to wind erosion risk in semi-arid to arid regions. *Agricultural Meteorology*, (21):37-47.
- McILROY, I.C. e D.E. ANGUS. 1963. Div. of Meteor. Phys. *Tech. Pap. nº 14*, CSIRO, Australia.
- MINAMI, K. e H.P. HAAG, 1979. O tomateiro. Campinas. Fundação Cargill.
- NIXON, P.R. e G.P. LAWLESS, 1960. Translocations of moisture with time in unsaturated soil profiles. *Journal of Geophysics Research*, 65:655-661.
- PARAMESHWARAN, S., 1956. *Curriculum Science* (25)8:250-252
- PEREIRA, A.R., E.S.B. FERRAZ, K. REICHARDT e P.L. LIBARDI, 1974. Estimativa da evapotranspiração consultiva e da drenagem profunda em cafezais cultivados em solos podzolizados Lins - Marília. Piracicaba, CENA - *Boletim Científico* nº5. 13p.
- PRUITT, W.O. e D.E. ANGUS, 1960. Large weighing lysimeter for measuring evapotranspiration. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 3(2):13-18.
- REICHARDT, K.; P.L. LIBARDI e J.M. SANTOS, 1974. An analysis of soil water movement in the field. II- Water balance in a snap bean crop. Piracicaba, CENA - *Boletim Científico*, nº22.

- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo, FUNDAÇÃO CARGILL, Piracicaba, CENA. 286p.
- ROSE, C.W., 1966. Agricultural Physics. Pergamon Press. Oxford.
- ROSE, C.W. e W.R. STERN., 1966. Determination of withdrawal of water from soil by crop roots as a function of depth and time. *Australian Journal Soil Research*, 15:11-19
- ROSENBERG, N.J., 1974. Microclimate: The biological environment. John Wiley & Sons, Inc. New York. 315p.
- SANTOS, E.D., 1977. Determinacion de la evapotranspiracion en trigo mediante riego por succion. Chapingo, México. 107p. (Dissertação de Mestrado).
- SCOTT, V.H. e C.E. HOUSTON, 1959. Measuring irrigation water. Division of Agricultural Science. University of California. Circular 473. 65p.
- SILVA, A.S.; E.D. SANTOS e A.A. MAGALHÃES, 1978. Introdução e avaliação do método de irrigação por sucção na região do Trópico Semi-árido. Apresentado no Congresso de Irrigação e Drenagem em Salvador-Ba. 14p.
- SLATYER, R.O., 1967. Plant-water relationships. Academic Press. New York. 366p.

STAMMERS, W.N.; O.G. IGWE e H.R. WASTELEY, 1973. Calculation of evapotranspiration from measurements of soil water and soil water characteristic. *Canadian Agric. Eng.*, 15:2-5.

STERN, W.R., 1967. Seasonal evapotranspiration of irrigated cotton in a low latitude environment. *Australian Journal Agricultural Research*, 18:259-69.

TANNER, C.B., 1967. Measurement of evapotranspiration. Irrigation of agricultural lands. Agronomy (11). *American Society of Agronomy*. Publisher Madison. Wisconsin, USA. 1180p.

TANNER, C.B., 1968. Evaporation of water from plants and soil. Water deficits and plant growth. In: Kolowski, T.T. (1). Academic Press. New York.

W.M.O., 1966. Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration. Geneva. 121p. (Technical Note, n983).

W.M.O., 1970. Techniques for surveying surface-water resources. Geneva, 41p. (Technical Note, n926).

YAO, A.Y.M., 1974. Agricultural potencial estimated from the ratio of actual to potential evapotranspiration. *Agricultural Meteorology*, 13(3):405-417.

7. APÊNDICE

APÊNDICE 1 - Volume de água fornecido (irrigação) a cultura de tomate durante o período do balanço hídrico.

DIA	HORA	ALTURA DA COLUNA(cm)	ALTURA TOTAL EM 1 DIA(cm)	VOLUME D'ÁGUA TOTAL EM m ³	EQUIVALÊNCIA EM mm
07/07	10,00	23,00			
07/07	17,00	08,00	31,00	0,4659	07,2570
08/07	10,00	23,80			
08/07	17,00	10,00	33,80	0,5159	08,0358
09/07	10,00	26,10			
09/07	17,00	09,00	35,10	0,5553	08,6495
10/07	10,00	24,20			
10/07	17,00	08,50	32,70	0,5174	08,0591
11/07	10,00	23,20			
11/07	17,00	09,50	32,70	0,5174	08,0591
12/07	10,00	23,20			
12/07	17,00	08,80	32,00	0,5063	07,8862
13/07	10,00	23,30			
13/07	17,00	09,80	33,10	0,5237	08,1573
14/07	10,00	23,80			
14/07	17,00	09,90	33,70	0,5332	08,3052
15/07	10,00	24,20			
15/07	17,00	09,50	33,70	0,5332	08,3052
16/07	10,00	14,50			
16/07	17,00	09,70	24,20	0,3829	05,9641
17/07	10,00	23,60			
17/07	17,00	08,40	32,00	0,5063	07,8862
18/07	10,00	22,60			
18/07	17,00	08,90	31,50	0,4984	07,7632
19/07	10,00	21,40			
19/07	17,00	07,50	28,90	0,4572	07,1214

Continua

APÊNDICE 1 (Cont.)

DIA	HORA	ALTURA DA COLUMNA(cm)	ALTURA TOTAL EM 1 DIA(cm)	VOLUME D'ÁGUA TOTAL EM m ³	EQUIVALÊNCIA EM mm
20/07	10,00	21,30			
20/07	17,00	08,00	29,30	0,4636	07,2211
21/07	10,00	20,10			
21/07	17,00	08,60	28,70	0,4541	07,0732
22/07	10,00	22,50			
22/07	17,00	09,30	31,80	0,5031	07,8364
23/07	10,00	23,10			
23/07	17,00	08,50	31,60	0,5000	07,7881
24/07	10,00	25,50			
24/07	17,00	08,80	34,30	0,5155	08,0295
25/07	10,00	22,90			
25/07	17,00	07,40	30,30	0,4554	07,0934
26/07	10,00	21,50			
26/07	17,00	08,20	29,70	0,4464	06,9532
27/07	10,00	22,30			
27/07	17,00	05,30	27,60	0,4148	06,4610
28/07	10,00	14,40			
28/07	17,00	06,20	20,60	0,3096	04,8224
29/07	10,00	16,00			
29/07	17,00	04,60	20,60	0,3096	04,8224
30/07	10,00	13,60			
30/07	17,00	03,60	17,20	0,2585	04,0264
31/07	10,00	06,70			
31/07	17,00	03,20	09,90	0,1488	02,3177
01/08	10,00	10,40			
01/08	17,00	02,60	13,00	0,1954	03,0436
02/08	10,00	07,70			
02/08	17,00	02,80	10,50	0,1578	02,4579

Continua

APÊNDICE 1 (Cont.)

DIA	HORA	ALTURA DA COLUNA (cm)	ALTURA TOTAL EM 1 DIA (cm)	VOLUME D'ÁGUA TOTAL EM m ³	EQUIVALÊNCIA EM mm
03/08	10,00	08,60			
03/08	17,00	04,10	12,70	0,1909	02,9735
04/08	10,00	14,10			
04/08	17,00	07,80	21,90	0,3291	05,1261
05/08	10,00	16,60			
06/08	17,00	08,00	24,60	0,3697	05,7585
06/08	10,00	07,60			
06/08	17,00	02,00	09,60	0,1443	02,2476
07/08	10,00	05,00			
07/08	17,00	02,00	07,00	0,1052	01,6386
08/08	10,00	03,50			
08/08	17,00	02,00	05,50	0,0826	01,2866
09/08	10,00	06,60			
09/08	17,00	02,50	09,10	0,1367	02,1292
10/08	10,00	11,40			
10/08	17,00	04,50	15,90	0,2390	03,7227
11/08	10,00	14,50			
11/08	17,00	02,30	16,80	0,2525	03,9330
12/08	10,00	13,00			
12/08	17,00	07,30	20,30	0,3051	04,7523
13/08	10,00	20,20			
13/08	17,00	04,60	24,80	0,3727	05,8052
14/08	10,00	15,00			
14/08	17,00	03,50	18,50	0,2780	04,3302
15/08	10,00	12,50			
15/08	17,00	01,00	13,50	0,2029	03,1604
16/08	10,00	14,50			
16/08	17,00	03,50	18,00	0,2705	04,2133

Continua

APÊNDICE 1 (Cont.)

DIA	HORA	ALTURA DA COLUMNA(cm)	ALTURA TOTAL EM 1 DIA(cm)	VOLUME D'ÁGUA TOTAL EM m ³	EQUIVALÊNCIA EM mm
17/08	10,00	12,50			
17/08	17,00	03,50	16,00	0,2405	03,7461
18/08	10,00	08,30			
18/08	17,00	01,70	10,00	0,1503	02,4112
19/08	10,00	09,80			
19/08	17,00	03,10	12,90	0,1939	03,0202
20/08	10,00	12,50			
20/08	17,00	02,20	14,70	0,2325	03,6214
21/08	10,00	13,00			
21/08	17,00	04,00	17,00	0,2689	04,1884
22/08	10,00	22,20			
22/08	17,00	05,90	28,10	0,4446	06,9252
23/08	10,00	11,50			
23/08	17,00	04,30	15,80	0,2500	03,8940
24/08	10,00	11,80			
24/08	17,00	05,20	17,00	0,2689	04,1884
25/08	10,00	08,00			
25/08	17,00	01,50	09,50	0,1503	02,3411
26/08	10,00	07,40			
26/08	17,00	02,20	09,60	0,1518	02,3644
27/08	10,00	07,80			
27/08	17,00	02,80	10,60	0,1672	02,6043
28/08	10,00	08,00			
28/08	17,00	02,50	10,50	0,1661	02,5872
29/08	10,00	06,00			
29/08	17,00	01,50	07,50	0,1186	01,8473
30/08	10,00	06,50			
30/08	17,00	02,50	09,00	0,1424	02,2180

Continua

APÊNDICE 1 (Cont.)

DIA	HORA	ALTURA DA COLUNA (cm)	ALTURA TOTAL EM 1 DIA (cm)	VOLUME D'ÁGUA TOTAL EM m ³	EQUIVALÊNCIA EM mm
31/08	10,00	03,50			
31/08	17,00	01,50	05,00	0,0791	01,2320
01/09	10,00	06,00			
01/09	17,00	02,00	08,00	0,1265	01,9704
02/09	10,00	05,30			
02/09	17,00	02,30	07,60	0,1202	01,8722
03/09	10,00	07,50			
03/09	17,00	03,80	11,30	0,1787	02,7834
04/09	10,00	09,60			
04/09	17,00	03,50	13,10	0,2072	03,2274
05/09	10,00	07,50			
05/09	17,00	02,00	09,50	0,1503	02,3411
06/09	10,00	06,00			
06/09	17,00	02,00	08,00	0,1265	01,9704
07/09	10,00	07,00			
07/09	17,00	01,70	08,70	0,1376	02,1433
08/09	10,00	03,00			
08/09	17,00	01,20	04,20	0,0664	01,03426
09/09	10,00	03,50			
09/09	17,00	01,50	05,00	0,0791	01,2320
10/09	10,00	04,30			
10/09	17,00	02,10	06,60	0,1044	01,6261
11/09	10,00	07,50			
11/09	17,00	02,00	09,50	0,1503	02,3411
12/09	10,00	12,60			
12/09	17,00	02,40	15,00	0,2373	03,6962
13/09	10,00	04,50			
13/09	17,00	01,70	06,20	0,0981	01,5280
14/09	10,00	02,30			
14/09	17,00	01,70	04,00	0,0632	00,9844

Continua

APÊNDICE 1 (Cont.)

DIA	HORA	ALTURA DA COLUNA(cm)	ALTURA TOTAL EM 1 DIA(cm)	VOLUME D'ÁGUA TOTAL EM m ³	EQUIVALÊNCIA EM mm
15/09	10,00	02,50			
15/09	17,00	01,60	04,10	0,0648	01,0093
16/09	10,00	02,50			
16/09	17,00	02,50	05,00	0,0791	01,2320
17/09	10,00	06,50			
17/09	17,00	03,50	10,00	0,1582	02,4641
18/09	10,00	07,50			
18/09	17,00	03,00	10,50	0,1661	02,5872
19/09	10,00	11,00			
19/09	17,00	03,80	14,80	0,2341	03,6464
20/09	10,00	09,00			
20/09	17,00	02,00	11,00	0,1740	02,7102

APÊNDICE 2 - Precipitações pluviométricas - Dados do pluviô-
grafo instalado no posto agrometeorológico da Es-
cola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

DIA	HORAS E MINUTOS		ALTURA (mm)	DURAÇÃO (min)	INTENSIDADE (mm/min)
	INÍCIO	FINAL			
06/08	10,00	10,30	00,70	30	0,023
15/08	10,10	10,30	03,30	20	0,165
15/08	12,20	13,00	03,50	40	0,087
15/08	16,50	17,20	00,80	30	0,026
23/08	02,25	02,40	03,20	15	0,213
23/08	03,15	03,20	00,70	05	0,140
23/08	08,50	09,10	00,20	20	0,010
24/08	00,50	01,20	02,30	30	0,076
25/08	07,05	07,20	05,70	15	0,380
25/08	08,20	08,30	01,30	10	0,130
26/08	17,50	18,00	00,30	10	0,030
12/09	18,40	19,00	02,70	20	0,135
16/09	23,10	07,10	16,50	510	0,032
18/09	04,20	04,40	00,80	20	0,040
18/09	06,50	07,10	00,30	20	0,015
18/09	07,20	08,40	01,10	80	0,013
19/09	07,15	08,40	00,40	85	0,004
19/09	10,40	10,50	00,20	10	0,020
19/09	11,50	12,30	10,40	40	0,260
19/09	17,10	19,10	00,70	120	0,006

APÊNDICE 3A - Potenciais matriciais medidos a um raio de 10 cm da câpsula porosa de barro na parcela irrigada.

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
07/07	10,00	03,50	- 20,52	- 31,94	- 20,68
08/07	10,00	00,98	- 20,52	- 34,46	- 21,94
09/07	10,00	03,50*	- 20,52	- 31,94	- 21,94
10/07	10,00	- 22,96	- 34,38	- 38,24	- 26,98
11/07	10,00	- 31,78	- 38,16	- 39,50	- 28,24
12/07	10,00	- 43,12	- 49,50	- 43,28	- 34,54
13/07	10,00	- 54,46	- 54,54	- 48,32	- 34,54
14/07	10,00	- 74,62*	- 73,44	- 55,88	- 40,84
15/07	10,00	03,50	- 60,84	- 63,44	- 49,66
16/07	10,00	03,50	- 39,42	- 65,96	- 45,88
17/07	10,00	- 00,28	- 39,42	- 74,78	- 54,70
18/07	10,00	00,98	- 48,24	- 81,08	- 58,48
19/07	10,00	- 00,28	- 54,54	- 89,90	- 59,74
20/07	10,00	- 10,36	- 59,66	- 98,72	- 68,56
21/07	10,00	- 20,44	- 52,02	-111,32	- 73,60
22/07	10,00	- 30,52	- 49,50	-128,96	- 86,20
23/07	10,00	- 46,90	- 35,64	-135,26	- 89,98
24/07	10,00	- 48,16	- 36,90	-160,46	- 97,54
25/07	10,00	- 62,02	- 53,28	-178,10	-103,84
26/07	10,00	- 84,70	-184,32	-195,74	-126,52
27/07	10,00	- 51,94	-363,24	-234,80	-151,72
28/07	10,00	- 53,20	-388,44	-234,80	-169,36
29/07	10,00	-378,28	-597,60	-228,50	-205,90
30/07	10,00	-470,26	-679,50	-237,32	-231,10

Continua

*Os dois sinais são indicadores da desativação e reativação do sistema de irrigação.

APÊNDICE 3A (Cont.).

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
31/07	10,00	- 17,92	-388,44	-229,76	-194,56
01/08	10,00	- 9,10	-377,10	-237,32	-209,68
02/08	10,00	- 11,62	-669,90	-233,54	-265,12
03/08	10,00	- 83,44	-750,06	-227,24	-305,44
04/08	10,00	-248,50	-752,58	-246,14	-393,64
05/08	10,00	-266,14	-821,80	-234,80	-466,72
06/08	10,00	-639,10	-843,30	-247,40	-559,96
07/08	10,00	- 70,84	-790,38	-247,40	-533,50
08/08	10,00	- 48,16	-704,70	-254,96	-551,14
09/08	10,00	-147,70	-796,68	-242,36	-653,20
10/08	10,00	- 58,24	-766,52	-242,36	-425,14
11/08	10,00	- 75,88	-674,46	-272,60	-464,20
12/08	10,00	-292,60	-702,18	-270,08	-703,60
13/08	10,00	-217,00	-466,56	-229,76	-602,80
14/08	10,00	- 53,20	-401,04	-222,20	-483,10
15/08	10,00	-116,20	-349,38	-243,62	-474,28
16/08	10,00	- 9,10	- 62,10	-212,12	-693,52
17/08	10,00	- 9,10	- 55,80	-194,48	-741,40
18/08	10,00	- 6,58	- 67,14	-227,24	-745,18
19/08	10,00	- 7,84	- 84,78	-225,98	-770,38
20/08	10,00	-257,32	-200,70	-222,20	-761,56
21/08	10,00	- 73,36	-455,22	-228,50	-713,68
22/08	10,00	-298,90	-622,80	-227,24	-634,30
23/08	10,00	- 9,10	-723,60	-251,10	-476,80
24/08	10,00	- 2,80	-452,70	-236,06	-633,04
25/08	10,00	- 4,06	-207,00	-228,50	-679,66
26/08	10,00	- 2,80	-106,20	-220,94	-711,16

Continua

APÊNDICE 3A (Cont.).

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
27/08	10,00	- 2,80	- 55,80	-222,20	-747,70
28/08	10,00	- 12,88	-104,94	-234,80	-401,20
30/08	10,00	- 40,60	-162,90	-228,50	-697,74
31/08	10,00	- 22,96	-239,76	-223,46	-469,24
01/09	10,00	- 31,78	-467,82	-241,10	-195,82
02/09	10,00	- 15,40	-622,80	-237,32	-267,64
03/09	10,00	-116,20	-705,96	-242,36	-416,32
04/09	10,00	- 40,60	-776,52	-237,32	-440,26
05/09	10,00	-156,52	-450,18	-274,40	-766,60
06/09	10,00	- 9,10	-655,56	-232,28	-643,12
07/09	10,00	- 12,88	- 43,20	-274,40	-610,36
08/09	10,00	-269,920	-753,84	-246,14	-474,28
09/09	10,00	- 10,36	-450,18	-249,92	-420,10
10/09	10,00	- 6,58	-286,38	-251,18	-382,30
11/09	10,00	-128,80	-689,58	-253,70	-384,28
12/09	10,00	- 15,40	-772,74	-248,66	-370,96
13/09	10,00	- 2,80	-747,54	-257,48	-439,00
14/09	10,00	- 10,36	-685,80	-261,26	-483,10
15/09	10,00	- 2,80	-748,80	-273,86	-530,98
16/09	10,00	- 2,80	-653,04	-261,26	-747,70
17/09	10,00	- 2,80	-404,82	-257,48	-769,12
18/09	10,00	- 2,80	- 49,50	-266,30	-880,00
19/09	10,00	- 2,80	- 36,90	-267,56	-779,20
20/09	10,00	- 2,80	- 49,50	-241,10	-756,52

APÊNDICE 3B - Potenciais matriciais medidos a um raio de 20 cm da cápsula porosa de barro na parcela irrigada.

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
07/07	10,00	- 59,50	- 26,82	- 16,82	- 32,02
08/07	10,00	- 44,30	- 39,42	- 30,68	- 52,18
09/07	10,00	- 51,94*	- 14,22	- 28,16	- 42,10
10/07	10,00	-160,30	- 41,49	- 34,46	- 39,58
11/07	10,00	-214,48	- 58,32	- 36,98	- 55,96
12/07	10,00	-256,06	- 69,66	- 43,28	- 47,14
13/07	10,00	-343,00	- 82,26	- 45,80	- 48,40
14/07	10,00	-495,46*	-106,20	- 54,62	- 21,94
15/07	10,00	-654,22	-149,04	- 72,26	- 09,34
16/07	10,00	-736,12	-205,74	- 69,74	- 10,82
17/07	10,00	-770,14	-258,66	- 98,72	- 09,34
18/07	10,00	-791,56	-338,04	-123,92	- 10,60
19/07	10,00	-797,86	-426,24	-157,94	- 08,08
20/07	10,00	-668,08	-508,14	-200,78	- 58,48
21/07	10,00	-771,40	-635,40	-272,60	- 61,00
22/07	10,00	-731,08	-729,90	-375,92	- 88,72
23/07	10,00	-789,04	-777,78	-474,20	- 98,80
24/07	10,00	-835,66	-797,94	-559,88	-112,66
25/07	10,00	-830,62	-796,68	-659,42	-134,08
26/07	10,00	-799,12	-786,60	-780,38	-137,86
27/07	10,00	-810,46	-712,26	-808,10	-163,05
28/07	10,00	-879,76	-669,42	-829,42	-192,04
29/07	10,00	-868,42	-805,50	-809,36	-222,28
30/07	10,00	-882,28	-673,20	-845,90	-275,20
31/07	10,00	-898,66	-723,60	-853,46	-313,00
01/08	10,00	-896,14	-699,66	-861,02	-360,88

Continua

*Os dois sinais são indicadores da desativação e reativação do sistema de irrigação.

APÊNDICE 3B (Cont.).

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
02/08	10,00	-899,92	-815,58	-694,70	-415,06
03/08	10,00	-911,26	-826,92	-776,60	-465,46
04/08	10,00	-810,46	-801,72	-785,42	-527,20
05/08	10,00	-887,32	-758,88	-832,04	-596,50
06/08	10,00	-834,40	-792,90	-810,62	-344,50
07/08	10,00	-897,40	-815,58	-791,72	-672,10
08/08	10,00	-877,24	-859,68	-848,42	-267,64
09/08	10,00	-840,70	-831,96	-612,80	-328,12
10/08	10,00	-841,96	-746,28	-792,98	-330,64
11/08	10,00	-841,96	-833,22	-814,40	-408,76
12/08	10,00	-838,18	-834,48	-852,20	-754,00
13/08	10,00	-840,70	-835,74	-857,24	-393,64
14/08	10,00	-896,14	-837,00	-863,54	-363,40
15/08	10,00	-825,58	-826,92	-832,04	-425,14
16/08	10,00	-841,96	-834,48	-871,10	-169,36
17/08	10,00	-830,62	-823,14	-703,52	-035,80
18/08	10,00	-821,80	-800,46	-798,02	-363,40
19/08	10,00	-834,40	-794,16	-694,70	-287,80
20/08	10,00	-872,20	-799,20	-839,60	-747,70
21/08	10,00	-829,36	-811,80	-805,58	-756,52
22/08	10,00	-820,54	-809,28	-799,28	-561,22
23/08	10,00	-891,10	-805,50	-808,10	-678,40
24/08	10,00	-840,70	-810,54	-806,84	-629,26
25/08	10,00	-835,66	-806,76	-798,02	-633,04
26/08	10,00	-824,32	-806,76	-798,02	-653,20
27/08	10,00	-796,60	-819,36	-805,58	-704,86

Continua

APÊNDICE 3B (Cont.).

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
28/08	10,00	-802,90	-790,38	-796,75	-617,92
29/08	10,00	-826,84	-805,50	-800,54	-460,42
30/08	10,00	-834,40	-800,46	-789,20	-325,60
31/08	10,00	-836,92	-800,46	-791,72	-454,12
01/09	10,00	-878,50	-802,98	-794,24	-764,08
02/09	10,00	-831,88	-801,72	-809,36	-771,64
03/09	10,00	-824,32	-815,58	-799,28	-761,56
04/09	10,00	-829,36	-820,62	-803,06	-767,86
05/09	10,00	-807,94	-806,76	-804,32	-789,28
06/09	10,00	-649,18	-826,92	-818,18	-779,20
07/09	10,00	-865,90	-823,14	-810,62	-769,12
08/09	10,00	-825,58	-790,38	-794,24	-754,00
09/09	10,00	-840,70	-828,18	-815,66	-777,94
10/09	10,00	-839,44	-826,92	-813,14	-781,72
11/09	10,00	-829,36	-796,68	-806,84	-719,98
12/09	10,00	-834,40	-821,88	-814,40	-772,90
13/09	10,00	-841,46	-829,44	-819,44	-784,24
14/09	10,00	-834,40	-799,20	-804,32	-769,12
15/09	10,00	-833,14	-804,24	-801,80	-774,16
16/09	10,00	-839,44	-805,50	-868,58	-784,24
17/09	10,00	-840,70	-784,08	-820,70	-668,32
18/09	10,00	-399,70	-712,26	-808,10	-801,88
19/09	10,00	-040,60	-767,70	-808,10	-800,62
20/09	10,00	-034,40	-758,88	-785,42	-789,28

APÊNDICE 3C - Potenciais matriciais medidos a um raio de 30 cm da cápsula porosa de barro na parcela irrigada.

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
07/07	10,00	- 49,42	- 30,60	- 77,30	- 28,24
08/07	10,00	- 25,48	- 24,30	- 68,48	- 34,54
09/07	10,00	- 29,26*	- 29,34	- 47,06	- 32,02
10/07	10,00	- 30,52	- 26,82	- 50,84	- 32,02
11/07	10,00	- 49,42	- 26,82	- 65,96	- 38,32
12/07	10,00	-155,26	- 72,18	- 57,14	- 35,80
13/07	10,00	-189,28	-130,14	- 68,48	- 39,58
14/07	10,00	-247,24*	-195,66	- 68,48	- 40,84
15/07	10,00	-350,56	-312,84	- 78,56	- 43,36
16/07	10,00	-457,66	-413,64	- 88,64	- 48,40
17/07	10,00	-549,64	-525,78	-101,24	- 53,44
18/07	10,00	-646,66	-634,14	-118,88	- 55,96
19/07	10,00	-728,56	-712,26	-145,34	- 67,30
20/07	10,00	-778,96	-757,62	-160,46	- 66,04
21/07	10,00	-828,10	-801,72	-204,56	- 77,38
22/07	10,00	-828,10	-805,50	-251,18	- 83,68
23/07	10,00	-826,84	-806,76	-304,10	- 92,50
24/07	10,00	-829,36	-810,54	-358,28	-110,14
25/07	10,00	-824,32	-802,98	-426,32	-117,70
26/07	10,00	-805,42	-780,30	-499,40	-126,52
27/07	10,00	-862,12	-857,16	-575,00	-150,46
28/07	10,00	-850,78	-844,56	-640,52	-175,66
29/07	10,00	-799,12	-835,74	-702,26	-198,34
30/07	10,00	-872,20	-726,12	-765,26	-237,40
31/07	10,00	-894,88	-810,54	-815,66	-272,68

Continua

*Os dois sinais são indicadores da desativação e reativação do sistema de irrigação.

APÊNDICE 3C (Cont.).

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
01/08	10,00	-894,88	-869,76	-827,00	-319,30
02/08	10,00	-839,44	-889,92	-838,34	-362,14
03/08	10,00	-836,92	-834,48	-849,68	-408,76
04/08	10,00	-806,68	-797,94	-813,14	-446,56
05/08	10,00	-833,14	-816,84	-853,46	-512,08
06/08	10,00	-828,10	-811,80	-816,92	-571,30
07/08	10,00	-875,98	-820,62	-861,02	-615,40
08/08	10,00	-845,74	-835,74	-813,14	-639,34
09/08	10,00	-834,40	-884,88	-819,44	-699,82
10/08	10,00	-881,02	-806,76	-857,24	-726,28
11/08	10,00	-834,40	-862,20	-819,44	-740,14
12/08	10,00	-838,18	-833,22	-821,96	-764,08
13/08	10,00	-838,18	-833,22	-861,02	-815,64
14/08	10,00	-878,50	-873,54	-704,78	-800,62
15/08	10,00	-855,82	-853,38	-724,94	-771,64
16/08	10,00	-836,92	-883,62	-650,60	-823,30
17/08	10,00	-825,58	-825,66	-638,00	-818,26
18/08	10,00	-829,36	-810,54	-787,94	-808,18
19/08	10,00	-828,10	-804,24	-800,54	-794,32
20/08	10,00	-859,60	-847,08	-678,32	-804,40
21/08	10,00	-788,06	-830,52	-455,30	-810,70
22/08	10,00	-805,42	-800,46	-612,80	-813,22
23/08	10,00	-878,50	-818,10	-626,66	-835,90
24/08	10,00	-836,92	-780,30	-316,70	-842,20
25/08	10,00	-828,10	-774,00	-562,40	-842,20
26/08	10,00	-823,06	-772,74	-436,40	-799,36
27/08	10,00	-838,18	-790,38	-388,52	-806,92

Continua

APÊNDICE 3C (Cont.).

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
28/08	10,00	-799,12	-761,40	-323,00	-577,60
29/08	10,00	-818,02	-752,58	-512,00	-610,36
30/08	10,00	-815,50	-566,10	-461,60	-466,72
31/08	10,00	-814,24	-493,02	-713,60	-525,94
01/09	10,00	-855,82	-844,56	-379,70	-731,32
02/09	10,00	-826,84	-819,36	-534,68	-770,38
03/09	10,00	-820,54	-813,06	-360,80	-771,64
04/09	10,00	-826,84	-815,58	-379,70	-776,78
05/09	10,00	-821,80	-370,80	-569,96	-784,24
06/09	10,00	-833,14	-383,40	-389,78	-803,14
07/09	10,00	-824,32	-823,14	-656,90	-796,84
08/09	10,00	-818,02	-814,32	-432,62	-790,54
09/09	10,00	-831,88	-828,18	-467,90	-798,10
10/09	10,00	-831,88	-522,00	-449,00	-799,36
11/09	10,00	-825,58	-815,58	-247,40	-464,20
12/09	10,00	-829,36	-505,62	-411,20	-403,72
13/09	10,00	-835,66	-585,00	-514,52	-786,76
14/09	10,00	-828,10	-820,62	-602,72	-796,84
15/09	10,00	-829,36	-818,10	-727,46	-798,10
16/09	10,00	-839,44	-819,36	-726,20	-786,76
17/09	10,00	-839,44	-806,76	-814,40	-788,02
18/09	10,00	-854,56	-789,12	-816,92	-800,62
19/09	10,00	-733,60	-824,40	-816,92	-801,88
20/09	10,00	-380,80	-805,50	-799,28	-785,50

APÊNDICE 4A - Potenciais matriciais medidos a um raio médio de 20 cm de distância das cápsulas porosas de barro na testemunha "A".

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
17/07	10,00	-537,32	-481,95	- 66,24	- 31,04
18/07	10,00	-567,56	-629,38	-127,98	- 44,90
19/07	10,00	-615,44	-704,98	-178,38	- 63,80
20/07	10,00	-767,90	-747,82	-211,14	- 65,06
21/07	10,00	-790,58	-788,14	-304,38	- 83,96
22/07	10,00	-796,88	-790,66	-388,80	-101,60
23/07	10,00	-818,30	-788,14	-492,12	-124,28
24/07	10,00	-833,42	-785,62	-562,68	-139,40
25/07	10,00	-825,86	-781,84	-650,88	-191,06
26/07	10,00	-785,54	-780,58	-723,96	-242,72
27/07	10,00	-790,58	-784,36	-789,20	-324,62
28/07	10,00	-801,92	-847,36	-527,40	-415,34
29/07	10,00	-774,20	-751,60	-807,12	-548,90
30/07	10,00	-780,50	-841,06	-831,06	-782,00
31/07	10,00	-814,52	-828,46	-852,48	-742,94
01/08	10,00	-875,00	-749,00	-766,80	-782,00
02/08	10,00	-814,52	-814,60	-819,72	-810,98
03/08	10,00	-809,48	-813,34	-817,20	-829,88
04/08	10,00	-796,88	-795,70	-754,20	-826,10
05/08	10,00	-803,18	-795,70	-826,02	-843,74
06/08	10,00	-805,70	-794,44	-807,12	-857,60
07/08	10,00	-813,26	-815,86	-789,48	-805,94
08/08	10,00	-837,20	-793,18	-848,70	-800,90
09/08	10,00	-830,90	-802,00	-812,16	-804,68
10/08	10,00	-815,78	-795,70	-771,84	-785,78

Continua

APÊNDICE 4A (Cont.).

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
11/08	10,00	-795,62	-796,96	-861,30	-775,70
12/08	10,00	-805,70	-830,98	-785,70	-803,42
13/08	10,00	-829,64	-795,70	-861,30	-855,08
14/08	10,00	-848,54	-859,96	-861,30	-858,86
15/08	10,00	-842,24	-863,74	-872,64	-856,34
16/08	10,00	-805,70	-870,04	-817,20	-789,56
17/08	10,00	-806,96	-857,44	-804,60	-779,48
18/08	10,00	-812,00	-798,22	-794,52	-768,14
19/08	10,00	-812,00	-796,96	-793,26	-766,88
20/08	10,00	-790,58	-798,22	-768,06	-782,00
21/08	10,00	-779,24	-789,40	-776,88	-751,76
22/08	10,00	-809,48	-796,96	-780,66	-785,78
23/08	10,00	-809,48	-793,18	-771,84	-794,60
24/08	10,00	-804,44	-775,62	-768,06	-789,56
25/08	10,00	-788,06	-781,84	-774,36	-784,52
26/08	10,00	-808,22	-790,66	-781,92	-805,94
27/08	10,00	-786,80	-807,04	-847,44	-788,30
28/08	10,00	-774,20	-803,26	-786,96	-734,12
29/08	10,00	-790,58	-799,48	-788,22	-736,64
30/08	10,00	-788,06	-812,08	-765,54	-731,60
31/08	10,00	-795,62	-805,78	-766,80	-778,22
01/09	10,00	-795,62	-805,78	-781,92	-779,48
02/09	10,00	-790,58	-798,22	-778,14	-773,18
03/09	10,00	-794,36	-789,40	-768,06	-766,88

Continua

APÊNDICE 4A (Cont.).

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
04/09	10,00	-793,10	-789,40	-771,84	-769,40
05/09	10,00	-794,36	-796,96	-789,48	-788,30
06/09	10,00	-803,18	-796,96	-813,42	-798,38
07/09	10,00	-812,00	-788,14	-804,60	-789,56
08/09	10,00	-810,74	-778,06	-785,70	-788,30
09/09	10,00	-825,86	-789,40	-794,52	-790,82
10/09	10,00	-827,12	-791,92	-795,78	-792,08
11/09	10,00	-800,66	-802,00	-764,28	-779,48
12/09	10,00	-815,78	-810,82	-786,96	-790,82
13/09	10,00	-820,82	-815,86	-792,00	-793,34
14/09	10,00	-809,48	-798,22	-792,00	-779,48
15/09	10,00	-809,48	-812,08	-790,74	-784,52
16/09	10,00	-804,44	-814,60	-770,58	-659,78
17/09	10,00	-810,34	-813,34	-785,70	-788,30
18/09	10,00	-043,40	-795,70	-745,38	-792,08
19/09	10,00	-037,10	-815,86	-770,58	-787,04
20/09	10,00	-040,88	-793,18	-757,98	-771,92

APÊNDICE 4B - Potenciais matriciais medidos a um raio médio de 20 cm de distância das câpsulas porosas de barro na testemunha "B".

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m	ψ m	ψ m	ψ m
		PROF. 10 cm	PROF. 20 cm	PROF. 30 cm	PROF. 40 cm
17/07	10,00	-110,18	-145,54	-227,52	-149,48
18/07	10,00	-437,78	-148,06	-316,98	-178,46
19/07	10,00	-712,46	-121,60	-417,78	-242,72
20/07	10,00	-846,02	-153,18	-483,30	-325,88
21/07	10,00	-800,66	-161,92	-604,26	-383,84
22/07	10,00	-823,34	-	-679,86	-469,52
23/07	10,00	-823,34	-	-740,34	-616,94
24/07	10,00	-648,20	-624,34	-774,36	-635,84
25/07	10,00	-798,14	-818,38	-803,34	-711,44
26/07	10,00	-800,66	-813,34	-613,08	-760,58
27/07	10,00	-798,14	-812,08	-693,72	-793,34
28/07	10,00	-803,18	-820,09	-734,04	-800,90
29/07	10,00	-849,80	-810,82	-809,64	-818,64
30/07	10,00	-779,24	-843,58	-834,84	-765,62
31/07	10,00	-806,96	-825,94	-861,30	-819,80
01/08	10,00	-847,28	-862,48	-862,56	-841,22
02/08	10,00	-835,94	-825,94	-818,16	-807,20
03/08	10,00	-830,90	-819,64	-817,20	-805,94
04/08	10,00	-793,10	-786,88	-781,92	-778,22
05/08	10,00	-828,38	-825,94	-817,20	-776,96
06/08	10,00	-803,18	-812,08	-810,90	-775,70
07/08	10,00	-818,30	-802,00	-785,70	-783,26
08/08	10,00	-805,70	-823,42	-807,12	-839,96
09/08	10,00	-819,56	-824,68	-813,42	-803,42
10/08	10,00	-813,26	-802,00	-804,60	-800,90

Continua

APÊNDICE 4B (Cont.).

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
11/08	10,00	-834,68	-827,20	-839,88	-805,94
12/08	10,00	-813,26	-823,42	-847,44	-804,68
13/08	10,00	-784,28	-829,72	-857,52	-857,60
14/08	10,00	-852,32	-825,94	-842,40	-837,44
15/08	10,00	-840,98	-837,28	-855,00	-853,82
16/08	10,00	-818,30	-825,94	-799,56	-804,68
17/08	10,00	-823,34	-813,34	-805,86	-797,12
18/08	10,00	-794,36	-808,30	-797,04	-790,82
19/08	10,00	-645,68	-798,22	-786,96	-783,26
20/08	10,00	-830,90	-833,50	-779,40	-782,00
21/08	10,00	-819,56	-805,78	-768,06	-782,00
22/08	10,00	-814,52	-798,22	-778,14	-771,92
23/08	10,00	-812,00	-820,09	-779,40	-800,90
24/08	10,00	-815,78	-823,42	-780,66	-797,12
25/08	10,00	-809,48	-813,34	-792,00	-788,30
26/08	10,00	-808,22	-808,30	-792,00	-783,26
27/08	10,00	-830,90	-822,16	-804,60	-795,86
28/08	10,00	-780,50	-788,14	-798,30	-797,12
29/08	10,00	-804,44	-795,70	-797,04	-795,86
30/08	10,00	-813,26	-785,62	-795,78	-785,78
31/08	10,00	-812,00	-795,70	-794,52	-782,00
01/09	10,00	-822,08	-819,64	-795,78	-780,74
02/09	10,00	-813,26	-805,78	-783,18	-766,88
03/09	10,00	-809,48	-798,22	-775,62	-775,70
04/09	10,00	-817,04	-805,78	-780,66	-789,56

Continua

APENDICE 4B (Cont.).

DIA	HORA	POTENCIAIS MATRICIAIS EM Cm DE H ₂ O			
		ψ m PROF. 10 cm	ψ m PROF. 20 cm	ψ m PROF. 30 cm	ψ m PROF. 40 cm
05/09	10,00	-809,48	-798,22	-785,70	-795,86
06/09	10,00	-825,86	-825,94	-785,70	-797,12
07/09	10,00	-819,56	-814,60	-802,08	-793,34
08/09	10,00	-810,74	-794,44	-792,00	-783,26
09/09	10,00	-822,08	-808,30	-804,60	-794,60
10/09	10,00	-828,38	-810,82	-805,86	-797,12
11/09	10,00	-815,78	-800,74	-795,78	-782,00
12/09	10,00	-819,56	-809,56	-802,08	-788,30
13/09	10,00	-828,38	-824,68	-813,42	-737,90
14/09	10,00	-818,30	-807,04	-795,78	-736,64
15/09	10,00	-806,96	-832,24	-795,78	-783,26
16/09	10,00	-828,38	-830,98	-809,64	-768,14
17/09	10,00	-834,68	-825,94	-809,64	-750,50
18/09	10,00	-829,64	-798,22	-802,08	-798,38
19/09	10,00	-809,48	-585,28	-848,70	-783,26
20/09	10,00	-815,78	-807,04	-795,78	-773,18

APÊNDICE 5A - Valores diários da umidade volumétrica θ ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) num perfil de solo nas profundidades: 10, 20, 30 e 40 cm; a um raio de 10 cm da fonte de irrigação (cápsula porosa de barro).

DIA / PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
07/07	0,380	0,365	0,398	0,390
08/07	0,380	0,365	0,393	0,388
09/07	0,380	0,365	0,398	0,388
10/07	0,368	0,358	0,395	0,382
11/07	0,360	0,355	0,392	0,372
12/07	0,355	0,350	0,391	0,366
13/07	0,348	0,347	0,390	0,366
14/07	0,338	0,338	0,389	0,372
15/07	0,380	0,343	0,388	0,368
16/07	0,380	0,355	0,387	0,369
17/07	0,380	0,355	0,386	0,365
18/07	0,380	0,350	0,384	0,362
19/07	0,380	0,347	0,383	0,361
20/07	0,370	0,345	0,381	0,355
21/07	0,365	0,346	0,380	0,352
22/07	0,360	0,350	0,376	0,348
23/07	0,352	0,359	0,375	0,345
24/07	0,350	0,357	0,374	0,341
25/07	0,342	0,343	0,372	0,340
26/07	0,332	0,310	0,371	0,332
27/07	0,348	0,290	0,368	0,326
28/07	0,346	0,286	0,368	0,322
29/07	0,288	0,274	0,325	0,318
30/07	0,278	0,263	0,322	0,313
31/07	0,377	0,271	0,332	0,321
01/08	0,379	0,290	0,331	0,318
02/08	0,379	0,292	0,333	0,316

continua

APÊNDICE 5A (Cont.)

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
03/08	0,372	0,288	0,334	0,314
04/08	0,362	0,278	0,332	0,310
05/08	0,360	0,266	0,333	0,308
06/08	0,282	0,255	0,332	0,300
07/08	0,375	0,260	0,332	0,299
09/08	0,368	0,278	0,332	0,298
10/08	0,375	0,280	0,333	0,309
11/08	0,375	0,282	0,333	0,299
12/08	0,357	0,280	0,334	0,295
13/08	0,364	0,283	0,332	0,300
14/08	0,376	0,288	0,333	0,300
15/08	0,372	0,294	0,332	0,301
16/08	0,379	0,343	0,373	0,29
17/08	0,379	0,348	0,362	0,298
18/08	0,380	0,342	0,370	0,297
19/08	0,379	0,335	0,371	0,298
20/08	0,365	0,324	0,371	0,298
21/08	0,374	0,271	0,370	0,293
22/08	0,358	0,269	0,368	0,301
23/08	0,379	0,267	0,367	0,302
24/08	0,379	0,270	0,369	0,299
25/08	0,379	0,273	0,368	0,298
26/08	0,379	0,275	0,370	0,299
27/08	0,379	0,348	0,370	0,300
28/08	0,376	0,328	0,370	0,305
29/08	0,379	0,333	0,368	0,306
30/08	0,352	0,317	0,368	0,300
31/08	0,365	0,302	0,370	0,301

continua

APENDICE 5A (Cont.)

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
01/09	0,361	0,288	0,332	0,321
02/09	0,367	0,268	0,333	0,318
03/09	0,335	0,265	0,332	0,305
04/09	0,354	0,263	0,333	0,308
05/09	0,322	0,266	0,367	0,298
06/09	0,373	0,264	0,368	0,279
07/09	0,370	0,377	0,367	0,278
08/09	0,298	0,268	0,366	0,308
09/09	0,362	0,272	0,365	0,309
10/09	0,375	0,269	0,365	0,310
11/09	0,324	0,271	0,365	0,310
12/09	0,368	0,268	0,364	0,310
13/09	0,379	0,266	0,368	0,305
14/09	0,371	0,265	0,367	0,301
15/09	0,379	0,266	0,366	0,300
16/09	0,379	0,265	0,367	0,279
17/09	0,378	0,281	0,368	0,278
18/09	0,380	0,375	0,366	0,279
19/09	0,380	0,376	0,366	0,280
20/09	0,380	0,376	0,367	0,280

APÊNDICE 5B - Valores diários da umidade volumétrica θ ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) num perfil de solo nas profundidades: 10, 20, 30 e 40 cm; a um raio de 20 cm da fonte de irrigação (cápsula porosa de barro).

DIA / PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
07/07	0,347	0,362	0,375	0,389
08/07	0,353	0,355	0,368	0,368
09/07	0,350	0,369	0,367	0,362
10/07	0,318	0,353	0,363	0,375
11/07	0,306	0,345	0,363	0,364
12/07	0,303	0,342	0,361	0,370
13/07	0,292	0,338	0,361	0,369
14/07	0,286	0,325	0,358	0,383
15/07	0,282	0,316	0,351	0,397
16/07	0,280	0,308	0,350	0,393
17/07	0,279	0,301	0,348	0,397
18/07	0,279	0,299	0,345	0,393
19/07	0,279	0,289	0,340	0,398
20/07	0,282	0,288	0,338	0,363
21/07	0,281	0,287	0,335	0,361
22/07	0,282	0,285	0,328	0,345
23/07	0,282	0,283	0,327	0,341
24/07	0,281	0,281	0,323	0,338
25/07	0,281	0,281	0,321	0,330
26/08	0,282	0,281	0,319	0,329
27/07	0,283	0,283	0,317	0,325
28/07	0,279	0,284	0,316	0,320
29/07	0,279	0,281	0,317	0,318
30/07	0,279	0,286	0,315	0,312
31/07	0,278	0,284	0,315	0,310
01/09	0,278	0,285	0,314	0,308
02/08	0,278	0,281	0,322	0,303

continua

APÊNDICE 5B (Cont.)

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
03/08	0,277	0,281	0,318	0,303
04/08	0,281	0,282	0,319	0,301
05/08	0,280	0,283	0,317	0,300
06/08	0,281	0,282	0,318	0,311
07/08	0,280	0,281	0,317	0,298
08/08	0,280	0,280	0,316	0,315
09/08	0,281	0,280	0,320	0,310
10/08	0,281	0,282	0,317	0,310
11/08	0,281	0,281	0,317	0,310
12/08	0,281	0,281	0,316	0,305
13/08	0,280	0,281	0,316	0,296
14/08	0,281	0,281	0,317	0,303
15/08	0,281	0,281	0,317	0,305
16/08	0,281	0,281	0,320	0,301
17/08	0,280	0,281	0,317	0,390
18/08	0,281	0,281	0,318	0,404
19/08	0,281	0,281	0,316	0,378
20/08	0,279	0,281	0,317	0,380
21/08	0,281	0,281	0,317	0,300
22/08	0,281	0,281	0,317	0,295
23/08	0,278	0,281	0,318	0,300
24/08	0,281	0,281	0,318	0,297
25/08	0,281	0,281	0,319	0,300
26/08	0,281	0,281	0,319	0,300
27/08	0,280	0,281	0,317	0,300
28/08	0,280	0,282	0,318	0,298
29/08	0,281	0,281	0,318	0,300
30/08	0,281	0,281	0,317	0,304

continua

APÊNDICE 5B (Cont.)

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
31/08	0,281	0,281	0,317	0,308
01/09	0,278	0,281	0,317	0,302
02/09	0,281	0,281	0,317	0,293
03/09	0,281	0,281	0,317	0,292
04/09	0,281	0,281	0,317	0,291
05/09	0,280	0,281	0,317	0,292
06/09	0,279	0,281	0,317	0,292
07/09	0,278	0,281	0,317	0,293
08/09	0,281	0,281	0,317	0,293
09/09	0,281	0,281	0,317	0,292
10/10	0,281	0,281	0,317	0,295
11/09	0,281	0,281	0,317	0,294
12/09	0,281	0,281	0,317	0,296
13/09	0,280	0,280	0,317	0,298
14/09	0,281	0,281	0,317	0,296
15/09	0,281	0,281	0,317	0,298
16/09	0,281	0,281	0,315	0,298
17/09	0,281	0,280	0,317	0,299
18/09	0,355	0,281	0,317	0,300
19/09	0,378	0,281	0,317	0,300
20/09	0,378	0,281	0,317	0,300

APÊNDICE 5C - Valores diários da umidade volumétrica θ ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) num perfil de solo nas profundidades: 10, 20, 30 e 40 cm; a um raio de 30 cm da fonte de irrigação (cápsula porosa de barro).

DIA / PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
07/07	0,348	0,363	0,350	0,382
08/07	0,364	0,364	0,353	0,376
09/07	0,360	0,360	0,357	0,378
10/07	0,358	0,364	0,356	0,378
11/07	0,350	0,364	0,352	0,375
12/07	0,283	0,339	0,355	0,376
13/07	0,278	0,292	0,353	0,372
14/07	0,273	0,310	0,353	0,372
15/07	0,272	0,294	0,351	0,371
16/07	0,268	0,287	0,350	0,367
17/07	0,270	0,282	0,347	0,364
18/07	0,268	0,282	0,340	0,363
19/07	0,268	0,278	0,325	0,358
20/07	0,267	0,277	0,323	0,358
21/07	0,267	0,276	0,310	0,354
22/07	0,267	0,275	0,309	0,351
23/07	0,267	0,275	0,302	0,342
24/07	0,265	0,275	0,303	0,338
25/07	0,264	0,276	0,305	0,335
26/07	0,263	0,275	0,300	0,331
27/07	0,264	0,274	0,300	0,326
28/07	0,263	0,273	0,302	0,322
29/07	0,266	0,273	0,302	0,321
30/07	0,265	0,277	0,302	0,317
31/07	0,265	0,279	0,301	0,316
01/08	0,265	0,278	0,300	0,309

continua

APÊNDICE 5C (Cont.)

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
02/08	0,267	0,278	0,299	0,307
03/08	0,268	0,278	0,298	0,305
04/08	0,268	0,277	0,300	0,303
05/08	0,268	0,278	0,300	0,301
06/08	0,267	0,278	0,301	0,300
07/08	0,272	0,279	0,300	0,299
08/08	0,270	0,278	0,301	0,297
09/08	0,271	0,277	0,302	0,296
10/08	0,272	0,278	0,300	0,297
11/08	0,269	0,281	0,301	0,297
12/08	0,269	0,281	0,301	0,297
13/08	0,268	0,281	0,299	0,299
14/08	0,267	0,279	0,300	0,298
15/08	0,266	0,280	0,300	0,296
16/08	0,267	0,280	0,301	0,294
17/08	0,266	0,280	0,300	0,293
18/08	0,265	0,280	0,299	0,297
19/08	0,266	0,279	0,304	0,296
20/08	0,268	0,278	0,305	0,295
21/08	0,273	0,277	0,303	0,296
22/08	0,272	0,278	0,301	0,294
23/08	0,270	0,278	0,303	0,293
24/08	0,269	0,279	0,299	0,294
25/08	0,268	0,279	0,300	0,292
26/08	0,268	0,279	0,300	0,295
27/08	0,267	0,280	0,303	0,302
28/08	0,269	0,282	0,300	0,299

continua

APENDICE 5C (Cont.)

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
30/08	0,268	0,283	0,301	0,302
31/08	0,267	0,285	0,305	0,299
01/09	0,271	0,278	0,302	0,298
02/09	0,272	0,277	0,306	0,297
03/09	0,272	0,277	0,309	0,297
04/09	0,273	0,278	0,305	0,295
05/09	0,272	0,289	0,308	0,296
06/09	0,271	0,290	0,304	0,297
07/09	0,270	0,270	0,304	0,296
08/09	0,272	0,271	0,303	0,297
09/09	0,271	0,270	0,302	0,302
10/09	0,271	0,272	0,306	0,305
11/09	0,272	0,270	0,304	0,297
12/09	0,271	0,270	0,303	0,298
13/09	0,271	0,268	0,300	0,298
14/09	0,272	0,262	0,301	0,299
15/09	0,272	0,263	0,300	0,300
16/09	0,271	0,264	0,299	0,298
17/09	0,271	0,263	0,298	0,299
18/09	0,270	0,265	0,298	0,297
19/09	0,272	0,264	0,299	0,298
20/09	0,273	0,263	0,305	0,299

APÊNDICE 6A - Valores diários da umidade volumétrica θ ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) num perfil de solo nas profundidades: 10, 20, 30 e 40 cm a um raio médio de 20 cm da fonte de irrigação (câpsula porosa de barro). Testemunha "A".

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
17/07	0,282	0,350	0,352	0,380
18/07	0,280	0,342	0,342	0,373
19/07	0,279	0,340	0,340	0,351
20/07	0,275	0,337	0,336	0,351
21/07	0,274	0,335	0,330	0,349
22/07	0,273	0,334	0,328	0,341
23/07	0,272	0,333	0,322	0,336
24/07	0,272	0,334	0,321	0,328
25/07	0,273	0,334	0,318	0,320
26/07	0,278	0,335	0,316	0,312
27/07	0,278	0,334	0,314	0,305
28/07	0,278	0,334	0,320	0,303
29/07	0,277	0,333	0,316	0,300
30/07	0,277	0,332	0,315	0,297
31/07	0,277	0,332	0,315	0,297
01/08	0,275	0,331	0,314	0,297
02/08	0,275	0,331	0,314	0,297
03/08	0,275	0,330	0,313	0,297
04/08	0,275	0,331	0,317	0,298
05/08	0,276	0,337	0,316	0,298
06/08	0,277	0,335	0,317	0,297
07/08	0,278	0,336	0,316	0,298
08/08	0,276	0,337	0,317	0,297
09/08	0,277	0,337	0,317	0,297
10/08	0,275	0,335	0,318	0,297
11/08	0,275	0,336	0,314	0,298

Continua

APENDICE 6A (Cont.).

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
12/08	0,276	0,334	0,315	0,290
13/08	0,275	0,338	0,315	0,290
14/08	0,276	0,335	0,314	0,290
15/08	0,276	0,336	0,316	0,298
16/08	0,275	0,336	0,315	0,295
17/08	0,276	0,338	0,315	0,294
18/08	0,276	0,336	0,313	0,297
19/08	0,274	0,337	0,316	0,298
20/08	0,275	0,337	0,315	0,298
21/08	0,273	0,336	0,315	0,297
22/08	0,273	0,335	0,314	0,299
23/08	0,273	0,337	0,316	0,297
24/08	0,279	0,334	0,315	0,296
25/08	0,280	0,335	0,316	0,297
26/08	0,279	0,336	0,314	0,298
27/08	0,273	0,335	0,313	0,297
28/08	0,273	0,337	0,315	0,296
29/08	0,274	0,337	0,316	0,298
30/08	0,275	0,336	0,317	0,293
31/08	0,277	0,336	0,315	0,294
01/09	0,277	0,337	0,316	0,295
02/09	0,278	0,337	0,315	0,298
03/09	0,276	0,335	0,317	0,290
04/09	0,275	0,334	0,314	0,295
05/09	0,278	0,337	0,317	0,293
06/09	0,276	0,335	0,315	0,296
07/09	0,273	0,336	0,315	0,297

Continua

APENDICE 6A (Cont.).

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
08/09	0,274	0,337	0,314	0,295
09/09	0,273	0,337	0,315	0,297
10/09	0,280	0,337	0,316	0,297
11/09	0,278	0,335	0,314	0,298
12/09	0,277	0,334	0,313	0,296
13/09	0,276	0,336	0,315	0,297
14/09	0,281	0,337	0,315	0,298
15/09	0,280	0,336	0,316	0,297
16/09	0,279	0,335	0,315	0,296
17/09	0,281	0,338	0,316	0,297
18/09	0,379	0,338	0,316	0,297
19/09	0,379	0,339	0,317	0,297
20/09	0,379	0,338	0,316	0,297

APÊNDICE 6B - Valores diários da umidade volumétrica θ ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) num perfil de solo nas profundidades: 10, 20, 30 e 40 cm; a um raio médio de 20 cm da fonte de irrigação (câpsula porosa de barro). Testemunha "B".

DIA / PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
17/07	0,325	0,370	0,336	0,325
18/07	0,289	-	0,330	0,322
19/07	0,289	-	0,324	0,317
20/07	0,275	-	0,323	0,311
21/07	0,276	-	0,321	0,307
22/07	0,276	-	0,320	0,303
23/07	0,276	-	0,319	0,300
24/07	0,282	0,283	0,318	0,299
25/07	0,278	0,281	0,315	0,298
26/07	0,276	0,281	0,322	0,297
27/07	0,276	0,281	0,321	0,296
28/07	0,276	0,280	0,319	0,296
29/07	0,274	0,281	0,317	0,295
30/07	0,280	0,276	0,317	0,297
31/07	0,278	0,277	0,316	0,294
01/08	0,277	0,278	0,315	0,294
02/08	0,278	0,278	0,316	0,293
03/08	0,276	0,278	0,317	0,294
04/08	0,279	0,279	0,317	0,293
05/08	0,276	0,276	0,318	0,297
06/08	0,272	0,271	0,317	0,295
07/08	0,274	0,276	0,317	0,297
08/08	0,275	0,276	0,317	0,296
09/08	0,275	0,275	0,319	0,297
10/08	0,278	0,279	0,317	0,296
11/08	0,272	0,273	0,316	0,297

Continua

APENDICE 6B (Cont.).

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
12/08	0,278	0,273	0,316	0,298
13/08	0,279	0,272	0,313	0,296
14/08	0,271	0,272	0,313	0,297
15/08	0,271	0,271	0,312	0,296
16/08	0,274	0,273	0,316	0,299
17/08	0,274	0,273	0,315	0,300
18/08	0,278	0,272	0,316	0,301
19/08	0,281	0,274	0,317	0,302
20/08	0,272	0,271	0,318	0,302
21/08	0,274	0,276	0,319	0,302
22/08	0,275	0,277	0,317	0,303
23/08	0,275	0,276	0,314	0,296
24/08	0,275	0,276	0,314	0,297
25/08	0,275	0,276	0,313	0,298
26/08	0,275	0,275	0,313	0,298
27/08	0,274	0,274	0,312	0,297
28/08	0,276	0,277	0,312	0,297
29/08	0,276	0,276	0,312	0,297
30/08	0,275	0,276	0,312	0,298
31/08	0,275	0,276	0,312	0,298
01/09	0,274	0,274	0,312	0,298
02/09	0,274	0,275	0,313	0,299
03/09	0,275	0,275	0,315	0,298
04/09	0,273	0,274	0,314	0,297
05/09	0,275	0,275	0,314	0,296
06/09	0,273	0,273	0,314	0,296
07/09	0,273	0,273	0,313	0,296

Continua

APENDICE 6B (Cont.).

DIA PROF.	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
08/09	0,274	0,275	0,314	0,297
09/09	0,273	0,274	0,314	0,296
10/09	0,272	0,274	0,314	0,296
11/09	0,273	0,275	0,315	0,297
12/09	0,271	0,276	0,315	0,296
13/09	0,270	0,273	0,314	0,298
14/09	0,271	0,276	0,316	0,298
15/09	0,275	0,273	0,316	0,296
16/09	0,270	0,273	0,315	0,297
17/09	0,269	0,273	0,315	0,298
18/09	0,270	0,275	0,316	0,296
19/09	0,271	0,284	0,313	0,297
20/09	0,271	0,280	0,315	0,298

APÊNDICE 7 - Valores diários de evaporação do Tanque Classe "A" (ECA).

DATA	EVAPORAÇÃO (mm)	DATA	EVAPORAÇÃO (mm)
07/07	3,92	14/08	4,03
08/07	2,94	15/08	2,59
09/07	3,58	16/08	-
10/07	3,98	17/08	2,14
11/07	2,32	18/08	5,39
12/07	3,48	19/08	4,40
13/07	3,14	20/08	5,30
14/07	4,88	21/08	5,14
15/07	5,24	22/08	7,94
16/07	2,00	23/08	-
17/07	2,74	24/08	-
18/07	3,80	25/08	-
19/07	2,58	26/08	-
20/07	6,00	27/08	-
21/07	3,76	28/08	4,04
22/07	3,64	29/08	4,28
23/07	3,64	30/08	4,92
24/07	5,72	31/08	6,04
25/07	3,00	01/09	5,50
26/07	4,30	02/09	5,16
27/07	7,86	03/09	5,56
28/07	2,90	04/09	4,96
29/07	6,80	05/09	8,30
30/07	7,80	06/09	6,00
31/07	-	07/09	5,74
01/08	3,34	08/09	5,04
02/08	5,18	09/09	6,78
03/08	3,82	10/09	2,33
04/08	2,80	11/09	4,42
05/08	6,26	12/09	5,90
06/08	6,60	13/09	-
07/08	-	14/09	1,60
08/08	3,34	15/09	5,00
09/08	3,86	16/09	-
10/08	2,90	17/09	3,30
11/08	3,74	18/09	6,81
12/08	5,18	19/09	-
13/08	4,06	20/09	-

APÊNDICE 8 - CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM CAMPO.

ARAÇÃO E GRADAGEM DO TERRENO.	23/04/80
MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	28/04 a 07/05
PLANTIO.	12/05
CAPINAS	27/05; 10/06; 23/06; 02/07; 18/07; 04/08; 18/08
PULVERIZAÇÕES	26/05; 04/06; 19/06; 02/07; 11/07; 22/07; 18/08
ADUBAÇÕES NITROGENADAS.	24/06 e 18/07
RALEAMENTO DA CULTURA	20/06
INSTALAÇÃO DAS BATERIAS DE TENSÍMETROS	30/06
INÍCIO DAS LEITURAS TENSIO MÉTRICAS E DAS LEITURAS DE CON-	
SUMO D'ÁGUA.	07/07
INÍCIO DO FLORESCIMENTO	10/07
INÍCIO DA FRUTIFICAÇÃO.	21/07
INÍCIO DO AMADURECIMENTO.	18/08
INÍCIO DA COLHEITA	30/08
TÉRMINO DA COLHEITA	05/10
TÉRMINO DAS LEITURAS TENSIO MÉTRICAS E DAS LEITURAS DE CON	
SUMO D'ÁGUA.	20/09