

[REDACTED]

USO CONSUNTIVO DA CULTURA DO MELÃO (*Cucumis melo*, L)

GERSON ANTUNES DE SOUZA SANTOS

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

[REDACTED]


[REDACTED]

FORTALEZA - 1985


[REDACTED]


Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia com Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.


A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.


Gerson Antunes de Souza Santos

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: ___/___/___


Prof. Luis Carlos Uchôa Saunders, Doutor
Orientador da Dissertação


Prof. Francisco de Souza, Ph.D.
Conselheiro


Prof. Paulo Teodoro de Castro, Mestre
Conselheiro

Aos meus pais AUGÊNCIO e DURVALINA, exemplo de fê, retidão e bondade, que muito me influenciou no cumprimento desta tarefa.

Aos meus sogros, CARLOS e ZULNARA, que durante dois anos dis pensaram todo o carinho a meu filho DANILLO.

MEU RECONHECIMENTO

A minha esposa NILZA, pelo constante estímulo e companheirismo.

Ao meu filho DANILLO, que durante a realização deste curso, foi cercado do carinho paterno.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À EMATERBA - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Bahia, e à EMBRATER - Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural pela minha liberação e pela concessão de recursos financeiros para realização do Curso e deste trabalho.

À Universidade Federal do Ceará, através do Departamento de Engenharia Agrícola pela acolhida e ensinamentos.

Ao Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico para o Nordeste - PDCT/CE-01, que contribuiu com recursos financeiros para hospedagem, insumos e mão de obra durante a execução das atividades de campo.

Ao Professor LUIS CARLOS UCHÔA SAUNDERS pelo apoio e orientação dada para realização deste trabalho.

Aos Professores FRANCISCO DE SOUZA e PAULO TEODORO DE CASTRO pelas sugestões dadas.

Ao Engenheiro Agrônomo FRANCISCO MARCUS LIMA BEZERRA pelo apoio na implantação dos trabalhos de campo.

Ao Técnico Agrícola GILVAN TORQUATO LOBO - agradecimento póstumo - pela colaboração na tomada de dados de campo.

Aos colegas de curso, pelo convívio amigável e sincero.

A todos que, direta e indiretamente contribuíram pa-

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| <u>LISTA DE TABELAS</u> | vii |
| <u>LISTA DE FIGURAS</u> | ix |
| <u>RESUMO</u> | xii |
| <u>ABSTRACT</u> | xiv |
| 1 - <u>INTRODUÇÃO</u> | 1 |
| 2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> | 3 |
| 3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> | 20 |
| 3.1 - <u>Caracterização do experimento</u> | 20 |
| 3.1.1 - <u>Localização geográfica</u> | 20 |
| 3.1.2 - <u>Características climáticas</u> | 20 |
| 3.1.3 - <u>Classificação do solo</u> | 21 |
| 3.1.4 - <u>Manejo da cultura</u> | 21 |
| 3.2 - <u>Fundamentos do método do balanço hídrico</u> (<u>Se-</u> <u>gundo ROSE & STERN, 1967</u>) | 24 |
| 3.3 - <u>Procedimento para determinação dos componentes</u> <u>do balanço hídrico</u> | 28 |
| 3.3.1 - <u>Variação do armazenamento de água do solo</u> ... | 28 |
| 3.3.1.1 - <u>Tensiômetros</u> | 29 |

| | Página |
|---|--------|
| 3.3.1.2 - Curvas características da água do solo ... | 29 |
| 3.3.1.3 - Umidade do solo | 31 |
| 3.3.1.4 - Armazenamento | 31 |
| 3.3.2 - Drenagem profunda | 33 |
| 3.3.3 - Precipitação pluvial | 36 |
| 3.3.4 - Irrigação | 36 |
| 3.3.5 - Escoamento superficial | 37 |
| 3.4 - <u>Medida direta da intensidade de evaporação</u> ... | 37 |
| 3.5 - <u>A evapotranspiração atual</u> | 37 |
| 3.6 - <u>Coefficiente de cultura</u> | 28 |
| 4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> | 39 |
| 5 - <u>CONCLUSÕES</u> | 62 |
| 6 - <u>RECOMENDAÇÕES</u> | 64 |
| 7 - <u>LITERATURA CITADA</u> | 65 |

LISTA DE TABELAS

| TABELA | | Página |
|--------|--|--------|
| 01 | Dados da estação agrometeorológica da Fazenda Experimental do Vale do Curu (Pentecoste-CE - anos de 1966-1980) | 22 |
| 02 | Características físicas e químicas do solo . | 23 |
| 03 | Valores do conteúdo de água ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) correspondentes aos diferentes potenciais matriciais (Ψ_m) e profundidades (L) da parcela estudada | 32 |
| 04 | Componentes do balanço hídrico da cultura do melão (<i>Cucumis melo</i> , L) - profundidade de 0-30 cm | 40 |
| 05 | Componentes do balanço hídrico da cultura do melão (<i>Cucumis melo</i> , L) - profundidade de 0-60 cm | 41 |
| 06 | Componentes do balanço hídrico da cultura do melão (<i>Cucumis melo</i> , L) - profundidade de 0-90 cm | 42 |
| 07 | Coefficientes do tanque "Classe A", da cultura e de irrigação em função do tanque para a cultura do melão nos períodos considerados do balanço | 48 |

TABELA

Página

| | | |
|----|--|----|
| 08 | Elementos básicos de irrigação obtidos durante o balanço hídrico | 60 |
|----|--|----|

LISTA DE FIGURAS

| FIGURA | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Evaporação do solo nu em função da umidade média da coluna | 5 |
| 2 | Corte Longitudinal de um tensiômetro instalado no solo | 30 |
| 3 | Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período e as lâminas de irrigação aplicadas | 45 |
| 4 | Valores em mm/dia da evaporação do Tanque "Classe A" (ECA) evapotranspiração potencial (ETA) e evapotranspiração atual (ETA) | 47 |
| 5 | Variação do Kc durante os períodos estudados na cultura do melão (<i>Cucumis melo</i> , L) | 50 |
| 6 | Curvas de regressão linear da evapotranspiração atual acumulada do melão, ETA (mm) e da evapotranspiração potencial acumulada, ETP (mm) | 51 |
| 7 | Variação diária do conteúdo de água (θ) e potencial matricial (ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm no 1º período | 53 |
| 8 | Variação diária do conteúdo de água (θ) e potencial matricial (ψ_m) na profundidade (Z) | |

| FIGURA | | Página |
|--------|--|--------|
| | de 0 a 105 cm no 2º período | 54 |
| 9 | Variação diária do conteúdo de água (θ) e po tencial matricial (Ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm do 3º período | 55 |
| 10 | Variação diária do conteúdo de água (θ) e po tencial matricial (Ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm do 4º período | 56 |
| 11 | Variação diária do conteúdo de água (θ) e po tencial matricial (Ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm do 5º período | 57 |
| 12 | Variação diária do conteúdo de água (θ) e po tencial matricial (Ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm do 6º período | 58 |
| 13 | Variação diária do conteúdo de água (θ) e po tencial matricial (Ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm do 7º período | 59 |

ra o êxito deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho foi realizado na Fazenda Experimental do Vale do Curu, localizada no município de Pentecoste-CE, propriedade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

Através da aplicação da lei da conservação da massa em um volume de controle de solo, foram estudados os fatores envolvidos na determinação da evapotranspiração atual da cultura do melão (*Cucumis melo*, L) em um solo Aluvial Eutrófico.

Na parcela estudada foram instalados tensiômetros às profundidades de 15, 45, 75 e 105 cm os quais permitiram acompanhar a variação de umidade ao longo do perfil.

Os dados de evapotranspiração atual (ETA) foram estimados pelo método do balanço hídrico preconizado por ROSE & STERN e foram correlacionados com os dados de evapotranspiração potencial, obtidos a partir do Tanque "Classe A" utilizando recomendação da FAO. A evapotranspiração atual foi obtida para um período de 28 dias distribuídos em sete períodos, totalizando 141,70 mm com uma média diária de 5,07 mm.

Foram determinados os coeficientes de cultura (Kc) e de irrigação (Ki) para os períodos estudados, sendo o Kc médio igual a 0,82. Este valor pode ser utilizado para fins de

irrigação em regiões com características edafo-climáticas se
melhantes às da área onde se desenvolveu este trabalho.

ABSTRACT

This study was conducted at the "Fazenda Experimental Vale do Curu", Pentecoste-CE, Brazil.

Melon (*Cucumis melo*, L) actual evapotranspiration (ETA) was obtained by applying the ROSE and STERN balance method to a soil control volume (alluvial eutrophic).

Soil water variations were determined by tensiometers located at depths of 15, 45, 75, 105 and 135 cm.

ETA data were correlated to potential evapotranspiration through Class A pan evaporation, according to FAO recommendation. ETA was estimated for a 28 days period, divided in seven subperiods, being 141,5 mm and 5,07 mm/day.

Crop coefficients (Kc) were found for each subperiod and the mean value was 0,82. This value can be used for irrigation management in regions similar to the one under study.

1 - INTRODUÇÃO

O Brasil é o 5º país do mundo em recursos hídricos e o 31º em aproveitamento. Na América Latina, detém o 2º lugar em potencial para a irrigação. E dos 62 milhões de hectares cultivados, apenas 1,9 % é com cultura irrigada.

A irrigação no Nordeste tem se constituído numa tecnologia capaz de garantir o suprimento de água necessário às culturas exploradas, haja vista que as constantes estiagens prolongadas têm comprometido o abastecimento de produtos alimentares básicos provenientes da agricultura de sequeiro, e ao mesmo tempo provocado o êxodo rural, gerando problemas sociais nos centros urbanos.

Sendo os recursos hídricos escassos no Nordeste, faz-se necessário que a irrigação se processe fornecendo às plantas a quantidade de água necessária à sua demanda e, se justificável, acrescentar a lâmina requerida para lixiviação de sais. Visto que a escassez de água é incontestável em muitas áreas da região semi-árida, urge a necessidade de se desenvolverem pesquisas voltadas para a "função de produção de irrigação", que permite determinar o ótimo econômico no tocante ao fornecimento de água para as diferentes culturas exploradas sob irrigação no Nordeste.

A cultura do melão tem se apresentado como uma das olerícolas mais importantes do Nordeste, pela sua adaptação

às condições semi-áridas, comportando-se sem maiores problemas fitossanitários e cujo nível de produtividade tem alcançado 10 a 12 toneladas por hectare.

Este trabalho se propôs determinar o uso consuntivo pelo método do balanço hídrico, os coeficientes de cultura, tanque e irrigação, e os demais elementos básicos da cultura do melão sob regime de irrigação na micro-região homogênea de Uruburetama.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

O globo terrestre está permanentemente liberando água na forma de vapor para a atmosfera através da evaporação das superfícies hídricas e do solo, e da transpiração. A evaporação é um processo controlado por leis físicas, enquanto a perda de água pelas plantas é limitada por fenômenos biológicos. Aos dois processos, ocorrendo de forma simultânea, dá-se o nome de evapotranspiração, que tem grande importância no ciclo hidrológico.

A transpiração das plantas é imprescindível ao seu processo vital, podendo, em condições normais, variar em função da resistência da superfície estomática, albedo e condições aerodinâmicas. Na fase inicial de crescimento dos vegetais, a transpiração é muito pequena, sendo basicamente controlada pelas condições de umidade do solo (PRUITT et alii, 1972). Quando estes fatores, tais como fertilidade, doenças e outros, não são limitantes do crescimento das plantas, a transpiração está fortemente relacionada com o crescimento da cultura. Sendo a água limitante, a transpiração e o crescimento estão relacionados mais com a disponibilidade de água do que com outros fatores (HANKS et alii, 1968). As características próprias do crescimento, o meio ambiente, as condições de solo e solo/água, o uso de fertilizantes e as práticas de irrigação, influenciam na taxa de evapotranspiração

(DOOREMBOS & PRUITT, 1975).

SKIDMORE et alii (1968) utilizaram um modelo proposto por Van Bavel (1966), para medir a influência do vento na evapotranspiração potencial, contendo dois termos referentes a radiação e vento, respectivamente. Em ambiente sob pressão de vapor d'água de 20 mb, temperatura a 30°C e vento a 2,4 e 6 m.seg⁻¹, a contribuição do vento dominante na evaporação da superfície úmida foi de 0,15; 0,30 e 0,45 mm.h⁻¹ respectivamente. Variando a pressão de vapor de 10 mb, e à mesma temperatura, os dados correspondentes de evaporação foram de 0,22; 0,43 e 0,65 mm.h⁻¹.

KOLASEW (1941) & LEMON (1965), citados por REICHARDT (1972) dividiram o processo de evaporação de um solo nu, exposto à condições constantes de radiação, deslocamento de ar e temperatura, em três estágios (FIGURA 1). O estágio (a), representado pela parte superior da curva, caracteriza-se por uma velocidade de evaporação E, constante e independente da umidade média do perfil do solo. Neste estágio a evaporação depende das condições externas reinantes, e é definida como potencial. No segundo estágio (b), a evaporação é função linear da umidade média do perfil e passa a ser governada pelas condições intrínsecas do solo. Quando a função que correlaciona velocidade de evaporação com a umidade do perfil começa a perder a linearidade, inicia-se o terceiro estágio (c) do processo, que se caracteriza por um movimento bastante lento da água do solo, decorrente de forças de adsorção e da Condutividade Hidráulica que se torna muito baixa. REICHARDT

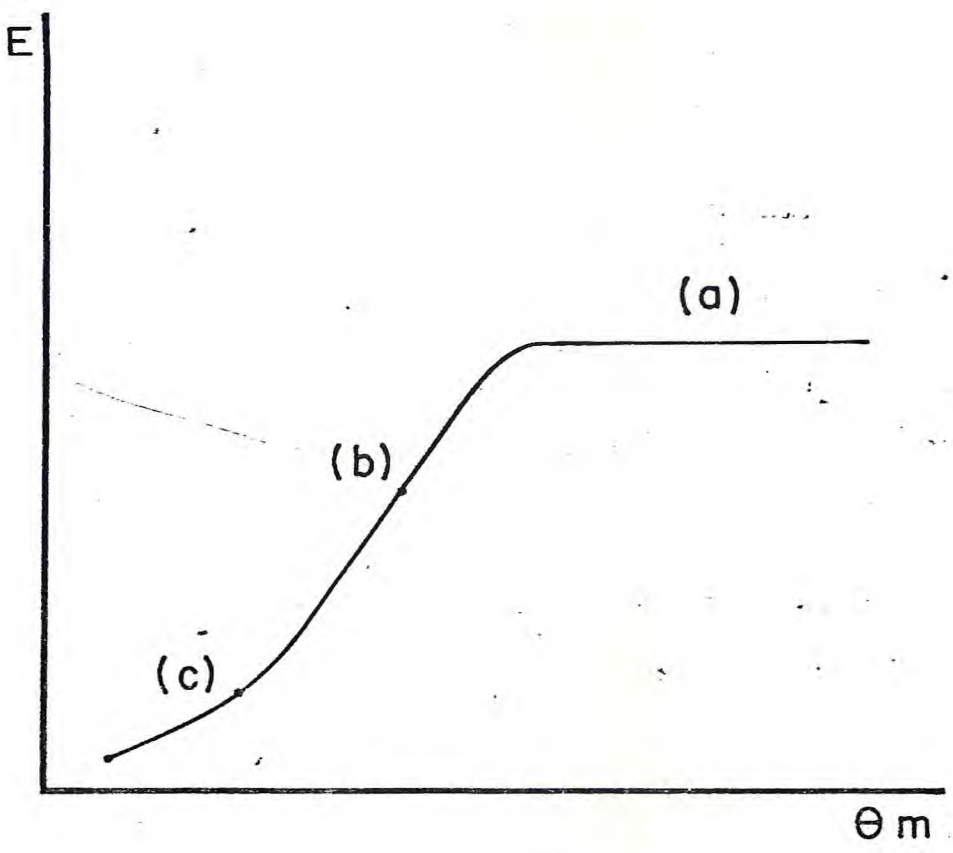


FIGURA 1 - Evaporação do solo nu em função da unidade média da coluna (após REICHARDT, 1972).

(1972), estudando o processo de evaporação em solos arenosos, variando a velocidade do vento, concluiu que no primeiro estágio a evaporação da água dá-se igualmente a todas as profundidades, significando que perfis homogêneos quanto à textura e estrutura, a umidade média representa muito bem a umidade em qualquer ponto do perfil.

Segundo JENSEN (1973), embora evaporação e transpiração venham sendo pesquisadas há mais de 200 anos, o termo "Uso Consuntivo", provavelmente não foi aplicado antes de 1900.

De acordo com PEREIRA et alii (1974), citados por SILVEIRA & STONE (1979) a camada superficial do solo é de inestimável importância no ciclo hidrológico. A interação entre a água da atmosfera e a água subterrânea se dá na camada superficial do solo, através dos processos de evapotranspiração, precipitação pluviométrica e artificial, escoamento superficial e percolação profunda. Todas as atividades que o homem executa ocorrem na camada superficial, para as quais a água é o recurso natural mais limitante.

São três as fases que compreendem a evapotranspiração: fluxo de água no perfil do solo, em direção à superfície e à zona de adsorção radicular; fluxo de água do sistema radicular às superfícies foliares e remoção do vapor d'água por fluxos turbulentos. THORNTHWAITTE (1944), citado por CASTRO (1979), à partir dessa premissa conceituou a evapotranspiração como a "perda de água de uma superfície de solo úmido, completamente coberta por vegetação suficientemente

grande para tornar desprezível o efeito de oásis. E PENMAN (1956), citado por JENSEN (1973) define a evapotranspiração potencial como sendo a "quantidade de água transpirada por unidade de tempo, por uma cultura de porte baixo e altura uniforme, cobrindo totalmente o solo, em condições ótimas de umidade".

Os fatores determinantes da evaporação de uma superfície livre de água são radiação solar, temperatura, vento e pressão de vapor. E a evaporação da superfície do solo, descoberto está condicionada à presença ou não de lençol freático. Com a presença do lençol freático não muito profundo, pode haver um suprimento contínuo de água para a superfície evaporante, BERLATO & MOLLION (1981).

Segundo TANNER (1968) os métodos de estimativa da evapotranspiração são representados por três classes principais. A primeira regida pelos parâmetros micrometeorológicos; a segunda pelo balanço hídrico; e a terceira por métodos empíricos que necessitam correções em função dos métodos anteriormente citados. Os métodos micrometeorológicos são os mais precisos, porém, em face da necessidade de grande número de dados, sua utilização torna-se difícil em países subdesenvolvidos, VIETS JUNIOR (1976), citado por CASTRO (1979).

GUERRERO (1975) estudou o modelamento do fenômeno da evapotranspiração, considerando modelo como "uma conceituação das interações e respostas de um sistema real, e que por sua vez, é capaz de predizer aquelas interações essenciais e suas respostas relacionadas a um conjunto proposto de condições".

Foram utilizados modelos baseados em dados de umidade (Ostramecki e Papadakis), dados de evaporação (PRUITT), dados de radiação (Olivier, Belmke-Maxey, Turc, Gensen-Haise), dados de energia e vapor (Penman, Kohler-Nordenson-Fox), dados de temperatura (Thorntwaite, Blaney-Criddle) e dados obtidos por múltipla regressão (Christiansen). Tendo chegado à conclusão de que a utilização dos modelos para regiões tropicais, áridas e semi-áridas, deve ser feita cuidadosamente pois nem sempre as premissas do modelo são satisfatórias, e que um conjunto de modelos de evapotranspiração orientadas à computação digital tem sido montado, os quais com o auxílio de dados de campo, poderão servir para selecionar e testar modelos de outras regiões para as condições do país.

VANKLAVEREM & HEDSTROM (1976), compararam os métodos modificados de Jensen-Haise, Thorntwaite e Blaney-Criddle, com os dados ajustados de evaporação de tanque. Concluíram que para temperaturas médias diárias elevadas, o método modificado de Jensen-Haise apresentou, em geral, maiores valores da estimativa da evapotranspiração, enquanto que os valores obtidos pelos métodos de Thorntwaite e Blaney-Criddle, foram menores do que os dados ajustados da evaporação do tanque.

A fórmula de Blaney-Criddle foi ajustada para regiões áridas, dando bons resultados em condições semelhantes (ISRAELSEN & HANSEN, 1965). TANNER & PELTON (1960) e ARIZ (1961), citados por GRASSI (1968), realizaram estudos comprovando que a fórmula de Penman, quando aplicada em regiões

áridas e semi-áridas, e para taxas diárias de evapotranspiração, apresenta erros por não considerar o efeito da energia advectiva. Dado a pouca disponibilidade de dados meteorológicos para a utilização da fórmula de Penman, MILLAR (1973) propõe simplificações a fim de facilitar o seu uso no cálculo da evapotranspiração. CASTRO NETRO et alii (1980) estudando a estimativa da evapotranspiração real (E), baseada na evapotranspiração potencial (ETP) determinada pela equação de Penman e a umidade do solo, concluíram que a relação E/ET aumenta à medida que o conteúdo de água do solo é mais facilmente disponível.

As fórmulas e os evaporímetros constituem os métodos empíricos. Entre as equações, as mais usadas são as fórmulas de Blaney-Criddle, Penman, Thornthwaite, Papadakis e Hamon (BERNARDO, 1982); Hargreaves e Grassi Christiansen (PERA, 1971). E os evaporímetros são os instrumentos mais sensíveis em períodos curtos e mais fáceis de serem manuseados no campo para se medir a evapotranspiração do que as equações, sendo o mais usado o Tanque USWB "Classe A", que consiste em um tanque circular de aço galvanizado ou de metal "monel" com 1,21 m de diâmetro e 25,5 cm de altura (BERNARDO, 1982). Outros tanques mais simples como lata de querosene ou tambor de gasolina, parcialmente enterrados, estão sendo experimentados como bons resultados (DAKER, 1970).

O emprego de evaporímetros tem sido difundido em aplicações práticas, oferecendo resultados representativos do consumo de água pelas plantas. O Tanque "Classe A" é utilizado

pelo serviço meteorológico dos Estados Unidos e também mais utilizado no Brasil (BERLATO & MOLLION, 1981). A evaporação do Tanque "Classe A" resulta um bom indicador de evapotranspiração máxima, e para regiões de baixa umidade, diversas observações indicam que a evapotranspiração mais alta chega a ser para períodos curtos, 10 a 20% superior à evaporação do tanque (ISRAELSEN & HANSEN, 1965). O "Classe A" é recomendado como o método de maior viabilidade prática na estimativa da frequência e da quantidade de aplicação de água através da irrigação, tendo sido proposto pela FAO junto aos métodos de Penman, Blaney-Criddle e Makking, para estimativas da evapotranspiração com vistas à práticas agrícolas (DOOREMBOS & PRUITT, 1975).

VILLA NOVA & OMETTO (1975) consideram o Tanque "Classe A" de larga utilização para a determinação da evapotranspiração potencial e real. Através dele estima-se a ETP ou seja, a perda de água sofrida por uma superfície coberta de vegetação rasteira, em fase de desenvolvimento ativo, cobrindo totalmente o solo, estando este nos limites ideais de umidade, para o desenvolvimento da planta. A ETP, através da utilização do Tanque "Classe A" é obtida mediante um coeficiente de conversão (K_p) definido como:

$$K_p = \frac{\text{Evapotranspiração (ETP)}}{\text{Evaporação Tanque "Classe A" (ECA)}}$$

ou seja, $ETP = K_p \times ECA$. Em várias partes do mundo, diversos pesquisadores revelam que o K_p varia em função da umidade re

lativa do ar, da velocidade do vento e da forma pela qual o tanque é exposto. Sendo que ET (evapotranspiração real) é dada pela expressão: $ET = Kc \times ETP$, onde o Kc (coeficiente da cultura) depende da umidade do solo, estágio de desenvolvimento e tipo de cultura.

PRUITT (1977) citado por ASSIS (1978), postula que embora a evaporação do tanque pareça oferecer uma das melhores estimativas da evapotranspiração potencial (ETP) em grande variedade de clima, a diferença do local de instalação do tanque, bem como valores de velocidade do vento, umidade e radiação podem afetar grandemente os resultados. O mesmo autor cita que KRISHAM & KVSHWAHA (1973), em análise de regressão múltipla, encontraram coeficientes de correlação altamente significativas entre a evaporação do Tanque "Classe A" e a Radiação Global, Radiação Líquida estimada, velocidade do vento, déficit de saturação e máxima temperatura. HANSON & RAUZI (1977), citados por ALBÉRIO (1979), observaram que obstáculos próximos do Tanque "Classe A" provocavam uma redução de 15% na evaporação.

ASSIS (1978), efetuou modificações no sistema convencional de leitura do Tanque "Classe A", adaptando reservatórios de recarga para nível constante no tanque. Embora não apresentando diferença significativa na leitura convencional, adiciona a vantagem de permitir leituras de forma mais simples do que no micrômetro.

Estudando sete métodos de determinação indireta da evapotranspiração, SEDIYAMA & BERNARDO (1973), citados por

BERNARDO (1982), compararam as equações de Penman, Blaney-Criddle, Thornthwaite, Hamon, Papadakis, Tanque "Classe A" e Piche, com a evapotranspiração medida pelo método do evapotranspirômetro de Thornthwaite, para períodos de 10 a 30 dias, tendo encontrado maior correlação para o Tanque "Classe A".

Uma das formas de determinar o ciclo da água numa lavoura é através do balanço hídrico. O balanço está baseado na leitura da conservação da matéria e estabelece, que a água não pode ser criada ou destruída espontaneamente. Na forma mais simples, o balanço de água estabelece que em dado volume de solo, a diferença entre a quantidade de água aplicada e a quantidade retirada, num intervalo de tempo, é igual a variação do teor de água no tempo considerado (HILLEL, 1970). ROSE & STERN (1967) propuseram uma metodologia de cálculo da retirada de água pelas raízes das plantas, em função do tempo, considerando o movimento de água no solo e que a retirada da água está relacionada com a sua evaporação e o estágio de desenvolvimento da cultura. WEAVER & STEPHENS (1963), postulam que a avaliação do papel da umidade do solo, através das leis físicas que regem o movimento da água, e que implicam que a evapotranspiração é inversamente proporcional à tensão de umidade do solo, não está muito clara.

O intervalo de tempo considerado no balanço hídrico é de grande importância, por se constituir em causa de erro no cálculo da evapotranspiração. Segundo JENSEN (1967), citado por ARAGÃO JUNIOR (1982), intervalos de 3 a 5 dias podem

incorrer em erros de 15 a 30% na estimativa da evapotranspiração.

Na elaboração dos balanços hídricos, a maior dificuldade encontra-se na estimativa de drenagem profunda, obtida a partir da integração de fluxos calculados segundo a equação de Darcy, por existir várias dificuldades na sua aplicação (REICHARDT et alii, 1977), citado por REICHARDT et alii (1979).

Visando facilitar a elaboração do balanço hídrico, BARBIERI & MANIERO (1984) estabeleceram um programa para computador HP 85, utilizando dados de precipitação pluviométrica, evaporação do Tanque "Classe A", e quando necessário a água aplicada através da irrigação complementar. Também foram utilizados coeficientes de tanque (K_p) e de cultura (K_c) como auxiliares para corrigir a evaporação do tanque em relação à evapotranspiração máxima, armazenamento de água do solo, precipitação efetiva hídrica, excesso hídrico e o somatório da precipitação e irrigação efetivas.

Para o cálculo da Condutividade Hidráulica [$K(\theta)$] o método de HILLEL et alii (1972), tem sido utilizado e considerado como padrão, o qual permite determiná-la através de leituras frequentes e concomitantes das medidas de umidade e da sucção mátrica do perfil. Destas medidas obtém-se os valores instantâneos dos gradientes de potencial, dos fluxos que ocorrem dentro do perfil e em consequência, os valores de Condutividade Hidráulica. Uma vez que ela é conhecida, para cada profundidade dentro do perfil, os dados podem ser apli-

cados para avaliar a drenagem, a evaporação numa superfície descoberta ou evapotranspiração quando coberta de vegetação.

SAUNDERS (1978) estudou a Condutividade Hidráulica de determinado solo pelo método do perfil instantâneo, empregando o procedimento proposto por HILLEL et alii (1972), denominado de HILLEL Modificado I; esse mesmo modificado por CHO et alii (1977), citado por SAUNDERS (1978) e a modificação na determinação do fluxo através de um processo analítico denominado de HILLEL Modificado II. Os resultados dos três procedimentos não diferiram entre si em ordem de grandeza, sendo sugerido, entretanto, a utilização do método de HILLEL Modificado II por apresentar as vantagens de uma maior precisão no cálculo da densidade de fluxo e manter a linearidade da curva $K(\theta)$, quando a variação da umidade na base de volume (θ) for relativamente pequena. Os valores da Condutividade obtidos em quatro locais, ao acaso na parcela, mostraram uma variação de 100 vezes deste parâmetro entre dois locais para um mesmo conteúdo de água, denotando grande variabilidade espacial. Enfim, considerando que θ também apresenta variabilidade espacial, a veracidade $K(\theta)$ só ocorre quando este parâmetro for obtido no mesmo local onde se mediu a umidade θ .

CRUCIANI (1972), utilizando o método da moderação de neutrons, realizou o balanço hídrico da cultura da cana de açúcar considerando três períodos. Neste estudo encontrou correlação altamente significativa entre a evapotranspiração real (ET) e a evaporação do Tanque "Classe A". Através do coeficiente de proporcionalidade calcula-se a evapotranspiração

real da cultura. FERRAZ (1972) utilizou a mesma metodologia para determinação da evapotranspiração real "in situ", considerando-a satisfatória, mesmo levando em conta as dificuldades da correta obtenção dos fluxos verticais, e que, nas condições mais desfavoráveis, supondo-se um erro de 300% no cálculo da Condutividade Hidráulica ($K(\theta)$), o erro no cálculo da evapotranspiração real, devido a esse fato foi inferior a 5,7%.

AGUIAR et alii (1975), comparando métodos de estimativa da evapotranspiração potencial em cultura de feijão comum, nas condições de Piracicaba-SP, encontrou um valor de K_p de 0,7 para a fórmula de Penman, concluindo que a evaporação do Tanque "Classe A", superestimou a evapotranspiração determinada pelos métodos de Penman, Hargreaves, Van Bavel e Thornthwaite e, ainda a evaporação do Tanque "CGI-3000" nos tratamentos irrigados. Nos tratamentos não irrigados a evaporação dos Tanques "Classe A" e CGI-3000 não apresentou estatisticamente diferenças significativas.

SCALOPPI (1972), citado por ASSIS (1979), em cultura de batata, comparou a evapotranspiração medida pelo método gravimétrico com a estimada pela evaporação do Tanque "Classe A", encontrando valores de K_p (coeficiente de tanque) de 0,59; 0,68 e 0,69 quando os valores de umidade no solo variaram de 25, 50 e 70% da água disponível, respectivamente. Para os tratamentos com níveis mais elevados de umidade, a fórmula de Penman forneceu valores mais aproximados dos valores medidos. GOLDBERG (1974) recomenda para todos os fins e pró-

pósitos, um coeficiente de 0,75 e sugere o Tanque "Classe A" como a medida e o indicador para determinar o uso consuntivo das culturas em geral, e que a utilização de mais de um tanque é de grande importância na área do projeto.

SILVEIRA & STONE (1979), realizaram um balanço de água na cultura do feijão. A distribuição dos estádios foi de 36 dias para o estágio da germinação ao início da floração, 24 para o de floração e 15 para o desenvolvimento de vagens à maturação. A evapotranspiração atual encontrada foi de 3,2; 3,2 e 1,7 mm.dia⁻¹ ou 0,62; 0,77 e 0,38 E_o (E_o = evaporação do Tanque "Classe A"), respectivamente para os períodos considerados. O valor da drenagem profunda, atingiu 11% da E_o. E de acordo com CARVALHO et alii (1975) e PEREIRA et alii (1974), citados por SILVEIRA & STONE (1979), este valor não pode ser desprezado em estudos de balanço hídrico quando se deseja aumentar a eficiência de uso da água.

REICHARDT et alii (1979) desenvolveram estudo da dinâmica da água no solo, em Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, cultivado com milho. Para o cálculo da condutividade hidráulica, foi utilizado o método padrão de HILLEL et alii (1972). Os resultados alcançados evidenciaram altos valores de percolação profunda, os quais podem ter importância na lixiviação de fertilizantes, nutrientes de solo e, principalmente herbicidas, que pode se agravar com as ocorrências de pluviosidades maiores. A evapotranspiração média foi de 3,4 mm.dia⁻¹, bem abaixo da evapotranspiração potencial que foi de 7 mm.dia⁻¹ na época.

BRUNINI et alii (1981) através da moderação de neutrons determinaram o balanço hídrico no campo, para dois cultivares de arroz sob duas densidades de plantio, encontrando valores menores de evapotranspiração para a densidade menor. Os resultados indicam que a drenagem profunda é um parâmetro importante a ser determinado nesse tipo de estudo.

SILVA et alii (1981) obtiveram o balanço hídrico da cultura do feijão de corda em condições de 80 a 120 kg de N/ha. O componente drenagem profunda se apresentou insignificante na camada de 60 a 90 cm, devido ao fato das irrigações terem sido aplicadas somente nos primeiros 30 cm. Os Kc médios encontrados foram de 0,42 e 0,40 respectivamente com 446 mm de água aplicados somente durante o ciclo. SAUNDERS et alii (1981) desenvolvendo a dinâmica da água solo, em aluvião eutrófico, para a mesma cultura sob irrigação, e mantendo o nível de umidade inferior de - 240 cm (Ψ_m), verificaram ser de grande importância a percolação profunda. E que, considerando a soma da evapotranspiração e percolação profunda como 100%, em determinados períodos ela alcançou 30%, valor que não pode ser negligenciado no cálculo da evapotranspiração real em solos de clima tropical. Os valores do coeficiente da cultura apresentaram a mesma tendência da evapotranspiração real, já que variam com o desenvolvimento da cultura. Estes mesmos autores, em 1984, conduziram trabalho semelhante com a mesma cultura, em solo Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico, confirmando a importância da percolação profunda, que no mesmo critério anterior, contribuiu com mais de 50% para a depleção do solo, o que mostra a importan

cia deste parâmetro nos trabalhos desta natureza.

MAGALHÃES (1982), determinou o coeficiente de cultura para o pimentão, pelo método do balanço hídrico. Concluiu que nos últimos 60 dias de desenvolvimento da cultura, a evapotranspiração real foi de $4,10 \text{ mm.dia}^{-1}$; que o coeficiente de cultura para o mesmo período foi de 0,83, valor que pode ser usado para estimar a evapotranspiração real do pimentão a partir da evaporação do Tanque "Classe A", e que em outros trabalhos semelhantes com pimentão, o coeficiente de cultura deve ser calculado para um maior número de dias, cobrindo todo o ciclo do vegetal, o que permite obter informações mais completas de sua exigência hídrica. SILVA et alii (1981), encontraram para a cultura do melão, na região do sub-médio São Francisco, um coeficiente de cultura corrigido (relação entre a evapotranspiração real e evaporação do Tanque "Classe A") de 0,52 para o meio do ciclo e 0,39 na fase da colheita.

ARAGÃO JUNIOR (1982), constatou na determinação do coeficiente de cultura para cenoura, pelo balanço hídrico, que se deve considerar todos os componentes integrantes do processo, para que não se cometam erros de cálculos de evapotranspiração, quando se aplica a lei da conservação da massa. Os resultados indicaram que o fluxo de evapotranspiração real médio da cultura para os períodos estudados foi de $4,1 \text{ mm.dia}^{-1}$; que os coeficientes de cultura (Kc) médios, estimados a partir do Tanque "Classe A" foram 0,77; 0,99 e 0,86 em três estádios distintos da cultura.

COELHO et alii (1978) comparando os métodos de irri-

gação por sulcos e gotejo na cultura do melão, obtiveram maiores produções quando a cultura foi irrigada por gotejo, dentro de uma frequência de dois dias e as lâminas calculadas com base nos fatores 0,75 e 1,00 do Tanque "Classe A". Em trabalho realizado por MANCINA (1977), citado por COELHO et alii (1978) com lâminas de 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 e 0,9 da evaporação do Tanque "Classe A", para frequência diária, a que deu melhor resultado foi o fator 0,8.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Caracterização do experimento

3.1.1 - Localização geográfica

O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental do Vale do Curu, unidade de apoio de pesquisa do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. Está localizada no município de Pentecoste, a 100 km de Fortaleza, situada entre os paralelos $3^{\circ}45'$ e $4^{\circ}00'$, latitude sul e os meridianos $39^{\circ}45'$ e $39^{\circ}30'$ a oeste de Greenwich.

3.1.2 - Características climáticas

Segundo Wilhelm Koeppen, o clima é classificado como seco, tipo BShW', que se caracteriza por apresentar a temperatura do mês mais frio nunca inferior a 18°C , concentrando-se as precipitações no período de janeiro a maio. De acordo com os parâmetros utilizados por Thornthwaite, o clima classifica-se como semi-árido D, com índice efetivo de umidade igual a - 36,1. O balanço hídrico elaborado para uma capacida

de de armazenamento de 125 mm, apresentou uma deficiência de 1075 mm e nenhum excedente anual (CARVALHO, 1983). A altitude do município é de 47 m.

Outras informações agrometeorológicas são apresentadas na TABELA 1.

3.1.3 - Classificação do solo

O experimento foi instalado em solo aluvional que segundo critérios de classificação adaptados pela equipe de Pedagogia e Fertilidade do Solo do Ministério da Agricultura, COELHO (1971), é classificado como Aluvial Eutrófico, argila de atividade alta, horizonte A fraco, textura indiscriminada, e como Typic Torrifluent, de acordo com o sistema americano de classificação, 7ª aproximação. Na TABELA 2 encontram-se as características físicas e químicas deste solo.

3.1.4 - Manejo da cultura

A cultura utilizada foi o melão (*Cucumis melo*, L) cujo ciclo foi de aproximadamente 80 dias, e que segundo SILVA et alii (1981) possui profundidade efetiva de raízes de 0,60 a 0,75 m.

TABELA 1 - Dados da Estação Agrometeorológica da Fazenda Experimental do Vale do Curu (Pentecoste-CE) - Anos de 1966 - 1980.

| Meses | Temperatura do Ar | | | | | Umidade de Relativa | Vento | | Radiação Solar cal/cm ² | Inso- lação Horas | Evapo- ração (mm) | Pre- cipi- ta- ção (mm) | Nebu- losi- dade n/10 | Pressão Atmosfê- rica mm Hg |
|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------|-------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| | Média Comp. °C | Média Máxima °C | Média Mínima °C | Máxima Absol. °C | Mínima Absol. °C | | Dir. | Vel. m/s | | | | | | |
| jan. | 27,8 | 33,7 | 23,0 | 36,8 | 20,2 | 71,8 | NE | 4,7 | 13.254 | 207,0 | 132,6 | 62,9 | 4,7 | 750,6 |
| fev. | 27,0 | 32,4 | 22,6 | 37,0 | 19,8 | 78,9 | NE | 4,0 | 11.822 | 162,7 | 84,5 | 129,5 | 5,6 | 750,0 |
| mar. | 26,2 | 31,0 | 22,4 | 36,0 | 20,4 | 84,7 | NE | 2,6 | 12.266 | 145,0 | 55,8 | 174,6 | 6,5 | 750,9 |
| abr. | 26,2 | 31,0 | 22,3 | 35,4 | 20,2 | 85,2 | NE | 2,7 | 11.883 | 155,7 | 54,1 | 175,4 | 5,6 | 750,5 |
| maio | 26,2 | 31,0 | 21,8 | 35,6 | 19,4 | 84,1 | S | 2,6 | 12.442 | 189,4 | 64,0 | 136,3 | 4,9 | 751,6 |
| jun. | 26,0 | 31,0 | 21,1 | 35,3 | 18,3 | 79,4 | S | 3,0 | 11.865 | 201,5 | 86,1 | 51,3 | 4,0 | 752,5 |
| jul. | 26,2 | 32,0 | 21,0 | 36,4 | 16,5 | 73,6 | ESE | 3,6 | 12.832 | 224,7 | 122,3 | 33,5 | 3,6 | 752,9 |
| ago. | 27,1 | 33,8 | 21,5 | 37,0 | 17,0 | 65,9 | E | 4,5 | 14.271 | 265,4 | 162,2 | 5,8 | 2,5 | 752,4 |
| set. | 27,7 | 34,5 | 22,22 | 37,4 | 19,4 | 65,5 | E | 5,7 | 14.611 | 265,0 | 163,0 | 9,2 | 2,4 | 752,2 |
| out. | 28,0 | 34,7 | 22,5 | 37,2 | 19,0 | 66,7 | NE | 5,5 | 14.642 | 264,5 | 168,6 | 4,7 | 2,8 | 750,8 |
| nov. | 28,1 | 34,6 | 22,3 | 36,7 | 18,3 | 66,3 | NE | 5,4 | 14.312 | 257,5 | 154,4 | 5,6 | 3,3 | 750,7 |
| dez. | 28,1 | 34,2 | 22,7 | 36,7 | 19,5 | 67,9 | NE | 4,9 | 14.168 | 243,3 | 149,9 | 17,3 | 3,7 | 750,6 |
| Soma | | | | | | | | | | 2.573,0 | 1397,5 | 806,1 | | |
| Média | 27,0 | 32,8 | 22,1 | | | 74,1 | NE | 4,1 | | | | | 4,1 | 751,3 |

TABELA 2 - Características físicas e químicas do solo

| Amostra | Profundidade ou Camada | | Composição Granulométrica (%) | | | | Argila Natural % | Classificação Textural | Grau de Floculação | Porosidade Natural |
|---------|------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|------------------|--------------|------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| | Símbolo | Profundidade | Areia Grossa 2-2,0 | Areia Fina 0,2-0,05 | Silte 0,05-0,002 | Argila 0,002 | | | | |
| 80606 | C ₁ | 0- 45 | 3,0 | 60,3 | 20,3 | 11,4 | 11,3 | Franco Arenoso | 0 | 49,10 % |
| 697 | C ₂ | 45- 75 | 7,8 | 55,8 | 23,3 | 13,1 | 13,1 | Franco Arenoso | 0 | 44,00 % |
| 698 | C ₃ | 75-120 | 2,8 | 54,6 | 27,5 | 15,1 | 14,5 | Franco Arenoso | 3,9 | 45,30 % |
| 699 | C ₄ | 120-370 | 1,7 | 37,9 | 23,6 | 23,6 | 23,6 | Franco | 0 | 42,00 % |

| Densidade | | Unidade (%) | | Água Útil | pH | CE a 25°C Ext. Sat. | Carbônio (%) | Nitrogênio (%) | C/N | Matéria Orgânica | P Assimilável mg/100 g | Na (%) |
|-----------|------|-------------|--------|-----------|------------------|---------------------|--------------|----------------|-----|------------------|------------------------|--------|
| Aparente | Real | 1/3 Atm | 15 Atm | (%) | H ₂ O | mmhos/cm | | | | | | |
| 1,57 | 2,65 | 11,6 | 3,4 | 6,2 | 6,60 | 0,40 | 0,282 | 0,028 | 10 | 0,48 | 2,29 | 2,43 |
| 1,56 | 2,65 | 13,7 | 5,5 | 8,2 | 7,00 | 0,26 | 0,198 | 0,022 | 9 | 0,34 | 1,87 | 2,04 |
| 1,64 | 2,65 | 15,4 | 6,3 | 9,1 | 7,20 | 0,36 | 0,222 | 0,019 | 11 | 0,38 | 2,50 | 4,10 |
| 1,61 | 2,66 | 21,8 | 9,8 | 12,2 | 7,40 | 0,80 | 0,306 | 0,028 | 10 | 0,52 | 4,11 | 17,87 |

| Complexo Sortivo mE/100 g de Solo | | | | | | | 100 S/T | | Macroporosidade | Microporosidade |
|-----------------------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------|---------|-----|-----------------|-----------------|
| Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S ⁻⁻ | H ⁺ + Al ³⁺ | Al ³⁺ | T | % | % | % |
| 5,30 | 2,40 | 0,09 | 0,21 | 8,00 | 0,85 | 0,01 | 8,65 | 92 | 11,7 | 37,1 |
| 4,80 | 5,20 | 0,09 | 0,21 | 10,30 | 0,00 | 0,00 | 10,30 | 100 | 13,4 | 30,6 |
| 4,10 | 6,40 | 0,13 | 0,46 | 11,08 | 0,00 | 0,00 | 11,00 | 100 | 7,2 | 38,3 |
| 5,00 | 7,00 | 0,15 | 2,64 | 14,78 | 0,00 | 0,00 | 14,78 | 100 | 3,4 | 38,6 |

O preparo da área constou de aração, gradagem e sulcamento para se processar a irrigação, cuja área do experimento foi de 120 m^2 (10 m x 12 m), localizada no centro de um experimento com essa cultura, numa área de 1800 m^2 .

O plantio foi feito em covas, espaçadas de 1,5m x 1,0 m, cujas dimensões foram de 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m. As covas foram adubadas com 4 litros de esterco de curral devidamente curtido e mais 50 g de superfosfato triplo e 50 g de cloreto de potássio. Foram aplicadas 5 g por cova do nematocida TERRACUR e a semeadura ocorreu em 18/10/84, tendo sido colocadas 5 a 6 sementes por cova, e a germinação ocorreu 4 a 5 dias após o plantio.

Visando combater o ataque de pulgão e possíveis doenças fúngicas, houve aplicação sistemática de KARATHANE à base de 10 g para 20 litros de água e CUPRAVIT AZUL à base de 40 g para 20 litros de água, a cada semana, de forma alternada.

Em 05/11/84 foi realizado o primeiro desbaste, deixando-se três plantas por cova. E em 30/11/84, realizou-se o segundo desbaste deixando uma planta por cova. Após o último desbaste foi realizada uma adubação de cobertura com ureia à base de 5 g por cova.

O início da floração ocorreu em 10/11, tendo início a formação dos primeiros frutos em 20/11/84.

3.2 - Fundamentos do método do balanço hídrico (segundo ROSE

& STERN, 1967)

O balanço hídrico num determinado volume de controle de solo de profundidade Z de 0 a L , durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$, é regido pela lei da conservação da massa, podendo ser escrito em equação da seguinte forma:

$$\int_{t_1}^{t_2} (p + i \pm e \pm q_L \pm r) dt = \int_0^L \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial \theta}{\partial t} dt dz \quad (01)$$

que desdobrada se transforma em:

$$\begin{aligned} & \int_{t_1}^{t_2} p dt + \int_{t_1}^{t_2} i dt \pm \int_{t_1}^{t_2} e dt \pm \int_{t_1}^{t_2} q_L dt \pm \int_{t_1}^{t_2} r dt = \\ & = \int_0^L \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial \theta}{\partial t} dt dz \end{aligned} \quad (02)$$

sendo que p , i , e , q_L e r são fluxos (LT^{-1}), onde:

p = fluxo de precipitação

i = fluxo de irrigação

e = fluxo de evapotranspiração

q_L = fluxo de água em $Z = L$

θ = conteúdo de água do solo, em cm^3 de água

. cm^{-3} de solo

Integrando-se de forma isolada os membros da equação tem-se:

$$\int_{t_1}^{t_2} p dt = P \quad (03)$$

que representa a quantidade de água que chega à superfície do volume de solo, em $Z = 0$, na forma de precipitação.

O segundo termo é a quantidade de água que chega à superfície $Z = 0$, sob forma de irrigação (I)

$$\int_{t_1}^{t_2} i dt = I \quad (04)$$

O terceiro termo indica a quantidade de água por unidade de área, que sai da superfície do volume de solo, $Z = 0$, na forma de evapotranspiração (ET)

$$\pm \int_{t_1}^{t_2} e dt = \pm ET \quad (05)$$

O quarto termo representa a quantidade de água (Q_L) que passa através do limite inferior do volume de solo, $Z=L$,

denominado de drenagem profunda quando negativo e ascensão capilar se positivo

$$\pm \int q_L dt = \pm Q_L \quad (06)$$

O quinto termo,

$$\pm \int_{t_1}^{t_2} r dt = \pm R \quad (07)$$

representa a porção da quantidade de água que chega à superfície do solo, $Z = 0$, na forma de precipitação pluvial ou irrigação, que não sendo infiltrada, escorre superficialmente, constituindo portanto, o escoamento ou deflúvio superficial (R). Que por sua vez, depende da capacidade de infiltração e armazenamento do solo, da intensidade e quantidade de precipitação pluvial ou de lâmina de irrigação e da declividade do local. No presente trabalho este termo não foi considerado, em face da área onde se desenvolveu o estudo possuir relevo plano e os sulcos de irrigação terem sido fechados no final.

O segundo membro da equação (02)

$$\pm \int_0^L \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right) dt dz = \pm \Delta A \quad (08)$$

determina que o somatório das variações do conteúdo de água do solo (θ) em um intervalo de tempo $t_2 - t_1$, integrados ao longo da profundidade 0 a L, é igual à variação do armazenamento (ΔA) no intervalo de tempo considerado.

A variação do armazenamento pode ser positiva ou negativa de acordo com a magnitude dos outros componentes P, I, E, Q_L e R. Assim, a equação pode ser apresentada da seguinte forma:

$$P + I \pm E \pm Q_L \pm R = \pm \Delta A \quad (09)$$

que é comumente a mais usada no estudo do balanço hídrico.

3.3 - Procedimento para determinação dos componentes do balanço hídrico

Foi considerado, para o presente estudo, um volume de solo de profundidade $L = 90$ cm, no qual foram determinados os diferentes componentes do balanço hídrico.

3.3.1 - Variação do armazenamnto de água do solo (ΔA ,mm)

Este componente foi estimado à partir de perfis con-

secutivos de umidade do solo θ ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) obtidos indiretamente mediante leitura de tensiômetros e da curva característica às profundidades de 15, 45, 75 e 105 cm.

3.3.1.1 - Tensiômetros

Foi instalada uma bateria de tensiômetro às profundidade de 15, 45, 75 e 105 cm. Cada tensiômetro possuía uma cuba de mercúrio individual, a 15 cm da superfície do solo (ver esquema na FIGURA 2). A partir das leituras realizadas nos tensiômetros calculou-se o potencial matricial (ζ) pela fórmula:

$$\zeta = - 12,6 \text{ hz} + \text{hc} + z \quad (10)$$

hz = leitura da coluna de mercúrio, do manômetro conectado ao tensiômetro (cm de Hg)

hc = altura do nível de mercúrio na cuba em relação a superfície do solo (cm)

z = profundidade de instalação do tensiômetro (cm)

3.3.1.2 - Curvas características da água do solo

Elaborou-se uma curva característica para cada pro-

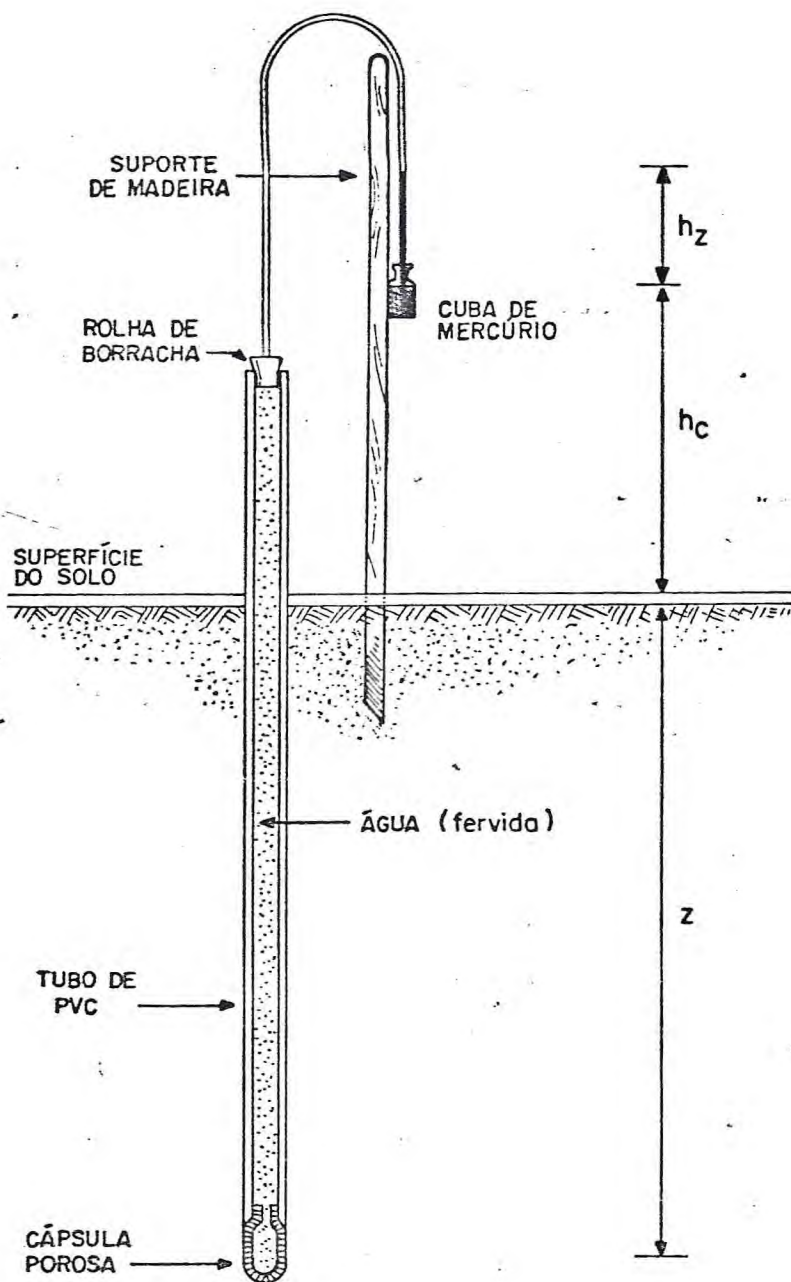


FIGURA 2 - Corte longitudinal de um tensiômetro instalado no solo. h_z = altura da coluna de mercúrio; h_c = distância do nível de mercúrio na cuba à superfície do solo e z = profundidade de instalação.

fundidade de instalação do tensiômetro, cujos resultados são apresentados na TABELA 3. Para potenciais matriciais até - 0,8 atmosfera foi utilizado o método de COELHO & OLIVEIRA (1983), utilizando-se amostras de solo indeformadas, e para potenciais menores até - 15 atmosferas utilizou-se a panela e a placa de pressão. A umidade θ correspondente a cada potencial matricial, foi calculada pela equação:

$$\theta = U_p \cdot d \quad (11)$$

onde: θ = conteúdo de água ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)

U_p = conteúdo de água na base de peso seco ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)

d = densidade do solo

3.3.1.3 - Umidade do solo

Com os valores de potencial matricial (ζ) obtidos através das leituras dos tensiômetros e das curvas características do solo ($\zeta \times \theta$), para cada profundidade, obteve-se os valores correspondentes do conteúdo de água em volume (θ).

3.3.1.4 - Armazenamento (A_L , mm)

Para a determinação do armazenamento da água do solo

TABELA 3 - Valores do Conteúdo de Água ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) Correspondentes aos Diferentes Potenciais Matriciais (Ψ_m) e Profundidade (L) da Parcela Estudada.

| Potencial Matricial (cm) | Profundidade (cm) | | | |
|--------------------------|-------------------|---------|---------|----------|
| | 0 - 30 | 30 - 60 | 60 - 90 | 90 - 120 |
| 1 | 0,378 | 0,040 | 0,440 | 0,382 |
| 20 | 0,369 | 0,333 | 0,423 | 0,333 |
| 40 | 0,356 | 0,296 | 0,396 | 0,307 |
| 60 | 0,341 | 0,256 | 0,367 | 0,287 |
| 80 | 0,323 | 0,218 | 0,335 | 0,272 |
| 100 | 0,299 | 0,195 | 0,284 | 0,256 |
| 200 | 0,241 | 0,153 | 0,204 | 0,207 |
| 333 | 0,210 | 0,135 | 0,167 | 0,165 |
| 500 | 0,168 | 0,120 | 0,137 | 0,128 |
| 800 | 0,134 | 0,108 | 0,111 | 0,107 |
| 1.000 | 0,123 | 0,103 | 0,100 | 0,098 |
| 2.000 | 0,098 | 0,093 | 0,076 | 0,082 |
| 5.000 | 0,080 | 0,082 | 0,058 | 0,068 |
| 10.000 | 0,070 | 0,072 | 0,052 | 0,067 |
| 15.000 | 0,060 | 0,043 | 0,048 | 0,060 |

utilizou-se a expressão $A = \theta \cdot L$ e sua variação num intervalo $\Delta t = t_2 - t_1$, obteve-se pela fórmula:

$$\Delta A = (\bar{\theta}_2 - \bar{\theta}_1) L \quad (12)$$

onde: ΔA = variação do armazenamento (mm)

$\bar{\theta}_2$ = conteúdo de água médio do perfil, $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$,
no instante t_2

$\bar{\theta}_1$ = conteúdo de água médio do perfil, $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$,
no instante t_1

L = profundidade do perfil, em mm

3.3.2 - Drenagem profunda

Constitui-se no componente mais difícil de ser determinado, podendo ser obtido através da equação de Darcy:

$$Q_L = - K_L(\theta) \left(\frac{\partial \Psi}{\partial Z} \right) \quad (13)$$

sendo $K_L(\theta)$ a condutividade hidráulica do solo (LT^{-1}) na profundidade L , que é função do conteúdo de água $\theta(L^3 \cdot L^{-3})$; $\partial \Psi / \partial Z$ é o gradiente de potencial total da água do solo, na profundidade $Z = L$. O potencial total da água do solo é a soma dos componentes matricial (ζ) e gravitacional (Z), des-

prezando-se os demais.

O cálculo deste componente, nos limites de $Z = 30$, 60 e 90 cm do volume de solo considerado, foi obtido mediante a utilização da equação (13). Os valores da condutividade hidráulica do local do experimento para as três profundidades estudadas foram determinadas pelo Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico para o Nordeste - PDCT/CE-01, cujas expressões apresentadas no Relatório Anual de fevereiro/dezembro de 1984, são:

$$K_{30}(\theta) = \exp. 15.203 (3,075 \theta - 1) \quad (14)$$

$$K_{60}(\theta) = \exp. 12.508 (3,018 \theta - 1) \quad (15)$$

$$K_{90}(\theta) = \exp. 15.547 (3,104 \theta - 1) \quad (16)$$

A partir do valor de θ e destas expressões, calcula-se os "K" para o período considerado no experimento.

A determinação do gradiente de potencial total em $Z = 30$, 60 e 90 cm, foi feita por aproximação de variáveis finitas através das expressões: (17), (18) e (19), as quais foram obtidas pela aplicação da equação (10), considerando o potencial total como sendo a soma do potencial matricial mais o potencial gravitacional.

$$\left. \frac{\partial \Psi}{\partial Z} \right|_{30} \approx \left. \frac{\Delta \Psi}{\Delta Z} \right|_{30} = \frac{-12,6 (h_{15} - h_{45})}{30} \quad (17)$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial Z} \Big|_{60} \approx \frac{\Delta \Psi}{\Delta Z} \Big|_{60} = \frac{-12,6 (h_{45} - h_{75})}{60 - 30} \quad (18)$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial Z} \Big|_{90} \approx \frac{\Delta \Psi}{\Delta Z} \Big|_{90} = \frac{-12,6 (h_{75} - h_{105})}{90 - 30} \quad (19)$$

onde: $\Delta \Psi$ = diferença de potencial entre: Z=15 e Z=45 cm;
 Z=45 e Z=75 cm; Z=75 e Z=105 cm
 ΔZ = distância entre os tensiômetros
 h = leitura dos tensiômetros nas profundidades con-
sideradas

A partir da substituição das equações 14, 15, 16, 17, 18 e 19 na equação (13) obtém-se as equações para o cálculo do fluxo de drenagem profunda em Z = 30, 60 e 90 cm ou seja:

$$q_{30} = \exp. 15.203 (3,075 \theta^{-1}) \cdot \frac{-12,6 (h_{15} - h_{45})}{30}$$

$$q_{60} = \exp. 12.508 (3,018 \theta^{-1}) \cdot \frac{-12,6 (h_{45} - h_{75})}{30}$$

$$q_{90} = \exp. 17.547 (3,104 \theta^{-1}) \cdot \frac{-12,6 (h_{75} - h_{105})}{30}$$

as quais, integradas para um determinado período de tempo, em dias, fornecem a drenagem profunda em mm, para as profun-

didades de $Z = 30, 60$ e 90 cm, ocorridos nesse período.

3.3.3 - Precipitação pluvial

Este componente não foi considerado devido ao fato de não ter ocorrido precipitação pluviométrica no período em que o estudo do balanço hídrico foi realizado. Sua determinação é feita através de pluviômetros e/ou pluviógrafos instalados na área.

3.3.4 - Irrigação

A irrigação da área estudada foi feita através de sulcos em nível, fechados no final e interligados entre si. A distribuição foi feita através de tubos janelados, tendo sido medida a vazão em todas as janelas pelo método direto. A irrigação era realizada quando o potencial matricial atingia $- 0,3$ atmosfera à profundidade de 15 cm. E a quantidade de água fornecida era calculada para que a capacidade de campo fosse atingida até 60 cm de profundidade, baseada nas curvas características de umidade das profundidades de 15 e 45 cm.

3.3.5 - Escoamento superficial

Este componente não foi considerado pelo fato dos sulcos de irrigação terem sido em nível e fechados no final, o que possibilitou que toda água fornecida pela irrigação fosse restrita somente à parcela experimental, sendo, portanto, nulo este componente. Podendo ser obtido através de balanço de volume, determinando-se os volumes de percolação e de evapotranspiração, que subtraídos do volume total aplicado obtém-se o volume de escoamento superficial, ou diretamente através da instalação de calhas no final da parcela.

3.4 - Medida direta da intensidade de evaporação (mm.dia^{-1})

Os dados de evaporação diária foram obtidos em um Tanque "Classe A", instalado a 200 m da área experimental, e as leituras foram efetuadas todos os dias às 8:00 h.

3.5 - A evapotranspiração atual

Foi estimada mediante o uso da equação (09), a partir da determinação dos demais componentes, com base na metodologia descrita anteriormente.

3.6 - Coefficiente da cultura

O coeficiente da cultura foi obtido pela equação:

$$K_c = \frac{ETA}{ECA \times K_p} = \frac{ETA}{ETP} \quad (20)$$

onde: ETA = evapotranspiração atual

ECA = evaporação do Tanque "Classe A"

ETP = evapotranspiração potencial

K_p = coeficiente de tanque

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanço hídrico, conforme metodologia proposta por ROSE & STERN (1967), foi realizado na cultura do melão (*Cucumis melo*, L), num total de 28 dias, contados a partir do vigésimo quinto dia do plantio, quando as plantas apresentavam desenvolvimento vegetativo satisfatório. Foram considerados sete períodos, sendo que seis tiveram variação de 2 a 5 dias, em consonância com JENSEN (1967), citado por ARAGÃO JUNIOR (1982), que recomenda períodos nunca superiores a 5 para que não ocorram erros da ordem de 15 a 30% no cálculo da evapotranspiração atual. Apenas um dos períodos ultrapassou 5 dias.

Nas TABELAS 4, 5 e 6 encontram-se os valores dos componentes do balanço hídrico, para as profundidades de 0 - 30; 0 - 60 e 0 - 90 cm, respectivamente. O componente irrigação não aparece nas tabelas citadas, muito embora ele tenha sido responsável pela variação do armazenamento nos períodos estudados. Desta forma, a metodologia utilizada considerou a variação do conteúdo de água do solo, para o cálculo do armazenamento, após uma irrigação e anteriormente à subsequente.

Na TABELA 4, que corresponde à profundidade de 0 - 30 cm, observa-se que houve fluxo positivo, denotando ascensão capilar em todos os períodos, originada pela maior intensidade de evaporação, com conseqüente redução do potencial hídrico

TABELA 4 - Componentes do Balanço Hídrico da Cultura do Melão (*Cucumis melo*, L) - Profundida
de de 0 - 30 cm.

| Período (Dias) | Intervalo em Dias | Q_L (mm) | ΔA (mm) | ETA (mm) | ETA/Dia (mm) | Q_L % |
|------------------|-------------------|------------|-----------------|----------|--------------|---------|
| 14/11 a 18/11/84 | 4 | + 2,90 | - 8,40 | 11,30 | 2,80 | 20,42 |
| 19/11 a 22/11/84 | 3 | + 0,90 | - 15,00 | 15,90 | 5,30 | 5,35 |
| 25/11 a 27/11/84 | 2 | + 0,70 | - 8,10 | 8,80 | 4,40 | 5,37 |
| 29/11 a 05/12/84 | 6 | + 1,00 | - 27,00 | 28,00 | 4,70 | 3,45 |
| 09/12 a 13/12/84 | 5 | + 3,30 | - 19,80 | 23,10 | 4,60 | 12,50 |
| 16/12 a 20/12/84 | 4 | + 3,10 | - 10,50 | 13,60 | 3,40 | 18,56 |
| 21/12 a 25/12/84 | 4 | + 1,90 | - 13,50 | 17,30 | 4,30 | 9,89 |
| 14/11 a 25/12/84 | 28 | +13,80 | -102,30 | 118,00 | 4,20 | |

TABELA 5 - Componentes do Balanço Hídrico da Cultura do Melão (*Cucumis melo*, L) - Profundida
de de 0 - 60 cm.

| Período (Dias) | Intervalo em Dias | Q_L (mm) | ΔA (mm) | ETA (mm) | ETA/Dia (mm) | Q_L % |
|------------------|-------------------|------------|-----------------|----------|--------------|---------|
| 14/11 a 18/11/84 | 4 | - 2,90 | - 20,10 | 17,20 | 4,30 | 14,43 |
| 19/11 a 22/11/84 | 3 | - 0,30 | - 18,00 | 17,70 | 5,90 | 1,66 |
| 25/11 a 27/11/84 | 2 | - 0,30 | - 9,30 | 9,00 | 4,50 | 3,22 |
| 29/11 a 05/12/84 | 6 | - 1,00 | - 31,50 | 30,50 | 5,10 | 3,17 |
| 08/12 a 13/12/84 | 5 | - 2,10 | - 30,30 | 28,20 | 5,60 | 6,93 |
| 16/12 a 20/12/84 | 4 | - 2,60 | - 25,50 | 22,90 | 5,70 | 10,19 |
| 21/12 a 25/12/84 | 4 | - 0,30 | - 19,50 | 19,20 | 4,80 | 1,54 |
| 14/11 a 25/12/84 | 28 | - 9,50 | - 154,20 | 144,70 | 5,20 | |

TABELA 6 - Componentes do Balanço Hídrico da Cultura do Melão (*Cucumis melo*, L) - Profundida
de de 0 - 90 cm.

| Período (Dias) | Intervalo em Dias | Q_L (mm) | ΔA (mm) | ETA (mm) | ETA/Dia (mm) | Q_L % |
|------------------|-------------------|------------|-----------------|----------|--------------|---------|
| 14/11 a 18/11/84 | 4 | - 3,40 | - 20,10 | 16,70 | 4,30 | 16,91 |
| 19/11 a 22/11/84 | 3 | - 0,30 | - 18,00 | 17,70 | 5,90 | 1,67 |
| 25/11 a 27/11/84 | 2 | - 0,30 | - 9,30 | 9,00 | 4,50 | 3,22 |
| 29/11 a 05/12/84 | 6 | - 1,00 | - 31,50 | 30,50 | 5,10 | 3,17 |
| 08/12 a 13/12/84 | 5 | - 0,90 | - 30,50 | 29,60 | 5,90 | 2,97 |
| 16/12 a 20/12/84 | 4 | - 3,40 | - 25,50 | 22,10 | 5,50 | 13,30 |
| 21/12 a 25/12/84 | 4 | - 3,40 | - 19,50 | 16,10 | 4,00 | 17,43 |
| 14/11 a 25/12/84 | 28 | - 12,70 | - 154,40 | 141,70 | 5,07 | |

co na superfície do solo e pela atividade radicular, favorecendo o fluxo ascendente.

Nas profundidades de 0 - 60 e 0 - 90 cm, TABELAS 5 e 6 ocorreram fluxos negativos, indicando serem descendentes, havendo portanto perda de água por drenagem profunda. Este componente se constitui no de maior importância no estudo do balanço hídrico, porque a ele estão relacionadas eficiência do uso da água (SILVEIRA & STONE, 1975), lixiviação de fertilizantes, nutrientes do solo e resíduos de agrotóxicos quando lavados pela ocorrência de precipitação (REICHARDT, *et alii*, 1979). Ainda dentro da sua importância está o fato de que, para sua avaliação é necessário conhecer a condutividade hidráulica e o gradiente de potencial total da água do solo. E segundo SAUNDERS (1968), o valor da condutividade hidráulica $K(\theta)$, pode variar 100 vezes entre dois locais para um mesmo conteúdo de água, e K e θ guardam entre si relação exponencial. Sendo a condutividade hidráulica um parâmetro básico na equação de Darcy, que é utilizada para a estimativa do fluxo, pode-se concluir o quanto é vulnerável a mensuração deste componente. FERRAZ (1972) mostra que a variação de K em função de θ pode apresentar erro da ordem de 300%. Entretanto, este resultado não mascara a utilização da equação de Darcy, uma vez que o erro devido à drenagem profunda cometido na determinação da evapotranspiração, foi inferior à 5,7% segundo o mesmo autor.

Considerando a drenagem profunda (Q_L) e evapotranspiração atual (ETA) tomados com 100%, na profundidade de 0 - 90

cm, Q_L alcançou valores que variaram de 1,67 no segundo intervalo a 17,43% no último intervalo. Estes baixos valores se devem ao ótimo manejo da irrigação, que era aplicada sempre que a umidade atingia um potencial de $-0,3$ atm. Mesmo sendo considerados valores baixos, em comparação com trabalho semelhante realizado por SAUNDERS *et alii* (1981), quando não considerado no balanço hídrico, pode mascarar fortemente a evapotranspiração atual. Em trabalho congênere, SAUNDERS *et alii* (1984) encontraram valores de drenagem profunda de 59,54%, concluindo que tal componente, quando não considerado pode superestimar a evapotranspiração. Resultados semelhantes foram alcançados por REICHARDT *et alii* (1979).

A evapotranspiração atual, na profundidade de 0 - 90 cm, teve um comportamento normal, isto é, um menor consumo de água no início, seguido de uma maior intensidade quando as plantas atingiam maior área foliar, auge de floração e frutificação; e redução do uso consuntivo no final do ciclo, resultando num consumo médio diário de 5,07 mm.

A FIGURA 3 mostra as variações dos componentes do balanço para cada período e as lâminas de irrigação fornecidas à cultura durante a fase de estudo. A água utilizada pela planta foi proveniente somente de irrigação, tendo sido aplicada quando o potencial matricial da água do solo atingia $-0,3$ atm, e na magnitude para elevar à capacidade de campo uma camada de solo de 60 cm, baseado nas curvas características de água do solo e nos tensiômetros com manômetros de mercúrio instalados na área. Observa-se que a variação do fluxo

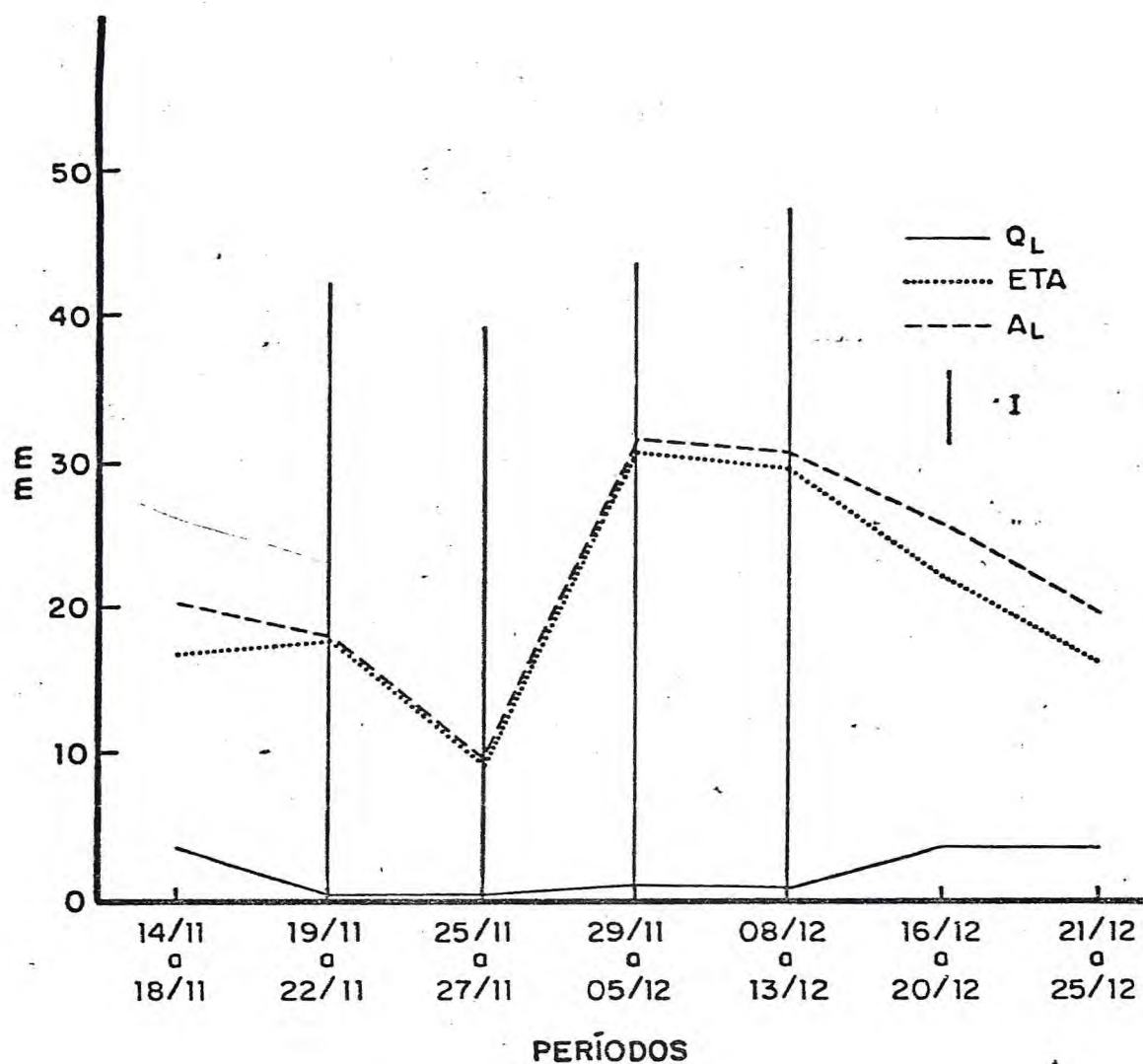


FIGURA 3 - Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período e as lâminas de irrigação aplicadas.

(Q_L) obedeceu ao maior ou menor afastamento entre os valores da evapotranspiração (ET) e da variação do armazenamento (ΔA). Pode-se observar, portanto que no primeiro período, onde o fluxo atingiu um máximo de 7 mm a evapotranspiração (ET) foi inferior à variação do armazenamento (A_L), enquanto que no 2º e 5º período onde houve pequena diferença entre os dois componentes, o fluxo manteve-se em níveis baixos, voltando a se elevar quando os valores dos referidos componentes voltam a apresentar maior diferença.

Com base nos dados de evaporação do Tanque "Classe A", como mostra na TABELA 7, estimou-se a evapotranspiração potencial, obedecendo recomendações da FAO (DOOREMBOS & PRUITT, 1975) que propõe um coeficiente de tanque (K_p) em função da velocidade do vento, umidade relativa e condições de exposição do tanque. Os coeficientes de tanque determinados variaram de 0,67 a 0,78, cujo valor médio, considerando todos os períodos, foi de 0,72. Este valor é aproximado de 0,75 proposto por GOLDBERG (1974) para todos os fins e propósitos, que propõe também a utilização do Tanque "Classe A" como a medida e o indicador para determinar o uso consuntivo das culturas em geral. Mesmo em condições de baixa umidade relativa a evapotranspiração potencial não ultrapassou a evaporação do tanque que, segundo ISRAELSEN & HANSEN (1975), pode exceder 10 a 20%. No total de 28 dias a evapotranspiração atual (ETA) foi 0,84 da evapotranspiração potencial (ETP) e 0,60 da evaporação do Tanque "Classe A" (ECA). A FIGURA 4 apresenta a variação diária por período da evaporação do Tanque "Classe A" (ECA), evapotranspiração potencial (ETP) e

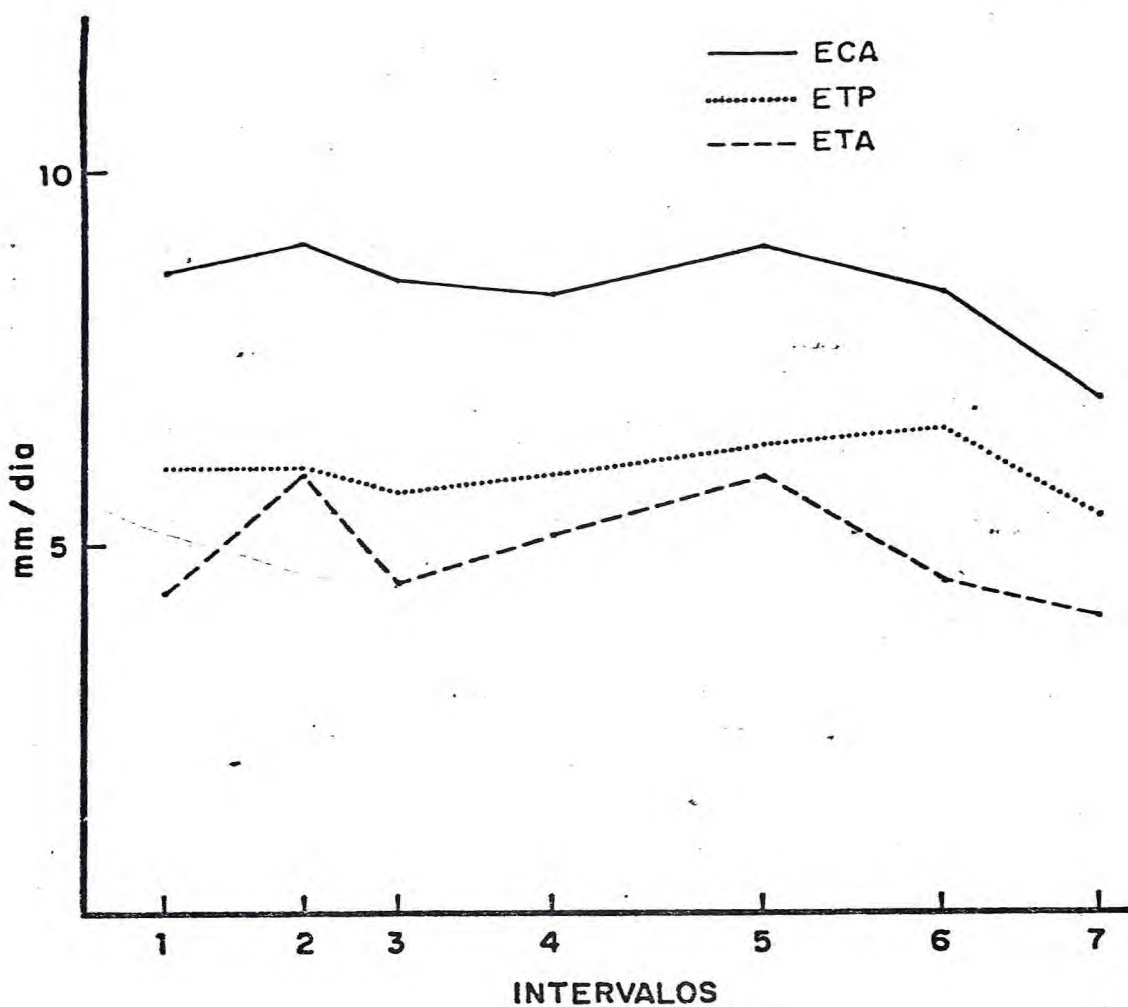


FIGURA 4 - Valores em mm/dia da evaporação do Tanque "Classe A" (ECA), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração atual (ETA).

TABELA 7 - Coeficientes do Tanque "Classe A", da Cultura e de Irrigação em Função do Tanque, para a Cultura do Melão nos Sete (7) Períodos Considerados para o Balanço.

| Períodos | Inter valo Dias | ECA | | Kp | ETP | | ETA | | Kc | Ki |
|------------------|-----------------------|-------|--------|------|-------|--------|-------|--------|------|------|
| | | mm | mm/dia | | mm | mm/dia | mm | mm/dia | | |
| 14/11 a 18/11/84 | 4 | 34,31 | 8,58 | 0,70 | 24,02 | 6,00 | 16,70 | 4,30 | 0,72 | 0,50 |
| 19/11 a 22/11/84 | 3 | 26,99 | 8,99 | 0,67 | 18,08 | 6,03 | 17,70 | 5,90 | 0,98 | 0,65 |
| 25/11 a 27/11/84 | 2 | 17,04 | 8,52 | 0,67 | 11,42 | 5,71 | 9,00 | 4,50 | 0,79 | 0,53 |
| 29/11 a 05/12/84 | 6 | 49,95 | 8,32 | 0,71 | 35,46 | 5,91 | 30,50 | 5,10 | 0,86 | 0,61 |
| 08/12 a 13/12/84 | 5 | 44,88 | 8,97 | 0,70 | 31,42 | 6,28 | 29,40 | 5,90 | 0,94 | 0,66 |
| 16/12 a 20/12/84 | 4 | 33,38 | 8,34 | 0,78 | 26,04 | 6,51 | 22,10 | 5,50 | 0,84 | 0,65 |
| 21/12 a 25/12/84 | 4 | 27,80 | 6,95 | 0,78 | 21,68 | 5,42 | 16,10 | 4,00 | 0,78 | 0,61 |

Sendo: ECA = evaporação do Tanque "Classe A" em mm

ETP = Evapotranspiração potencial corrigida pela evaporação do Tanque "Classe A" em mm

ETA = Evapotranspiração atual, determinada pelo balanço hídrico em volume de controle de solo, em mm

Kp = Coeficiente de tanque

Kc = Coeficiente de cultura

Ki = Coeficiente de irrigação

evapotranspiração atual (ETA), cujos valores médios foram 8,36; 6,00 e 5,07 mm respectivamente.

O coeficiente de cultura (K_c) é definido como a relação entre a evapotranspiração atual e a evapotranspiração potencial, que foi obtido pela equação (20). Na TABELA 7 estão apresentados todos os coeficientes para os períodos considerados no balanço. Nesta mesma tabela são mostrados os valores dos coeficientes de irrigação (K_i) para os mesmos períodos, obtidos multiplicando-se o coeficiente de tanque pelo coeficiente de cultura.

A FIGURA 5 mostra a variação do K_c durante o período estudado, cujo início ocorreu quando as plantas estavam no estágio inicial do período crítico, que segundo DOOREMBOS & PRUITT (1975), citado por MILLAR (1984), ocorre da floração à colheita, o que determinou um K_c médio de 0,82. Este valor relativamente elevado deve-se também ao alto nível de umidade no qual a cultura se desenvolveu. Em relação ao K_c corrigido proposto por SILVA *et alii* (1981) que recomenda para a cultura do melão 0,52 para o meio do ciclo e 0,39 para a colheita, o K_c encontrado é superestimado.

A FIGURA 6 apresenta as curvas obtidas por regressão linear com os dados acumulados de evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração atual (ETA) no tempo, cujos coeficientes de correlação (r) e determinação (r^2) foram 0,9998 e 0,9996 para ETP; e 0,9993 e 0,9986 para ETA. Os valores acumulados de ETP e ETA foram 162,12 e 141,70 mm, respectivamente.

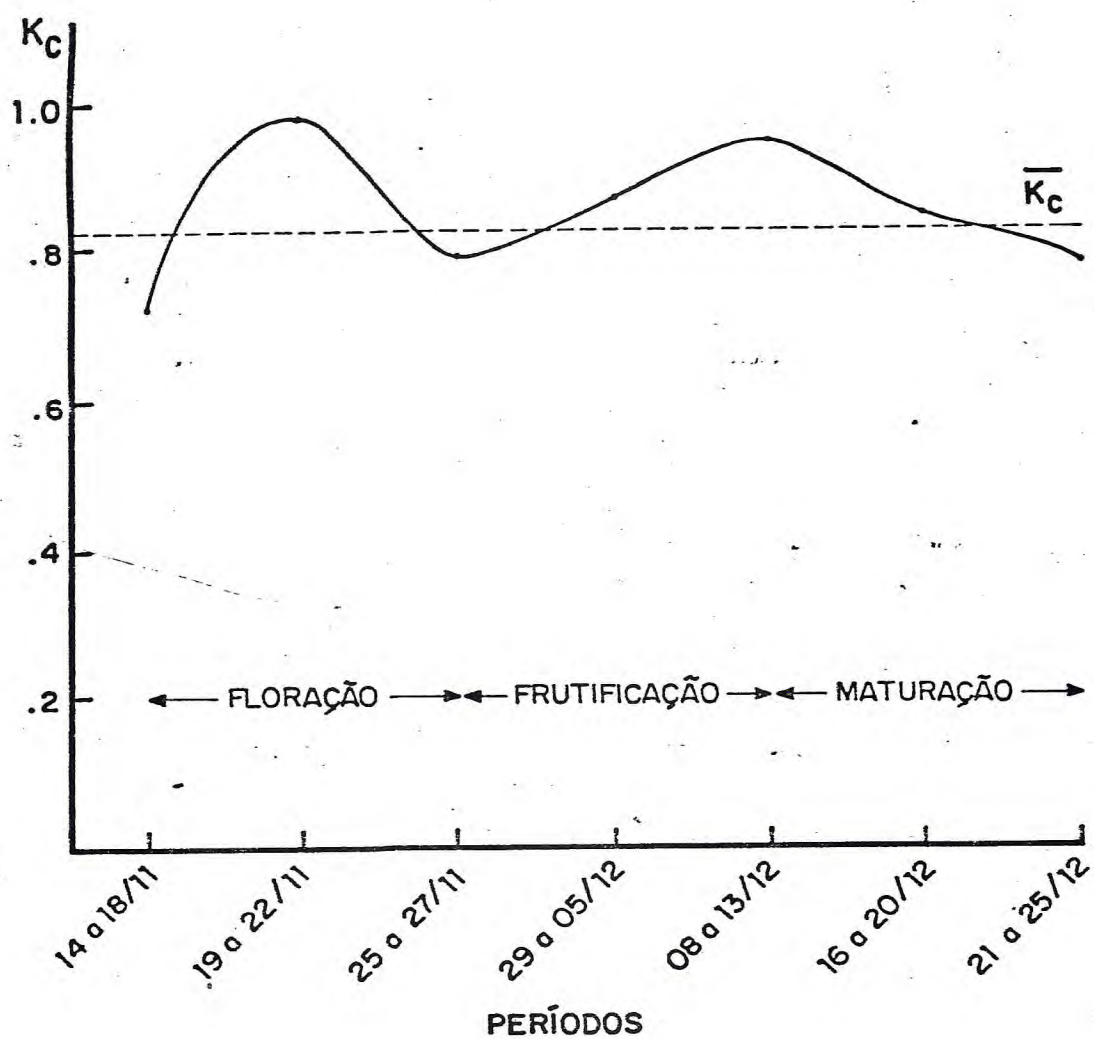


FIGURA 5 - Variação do K_c durante os períodos estudados na cultura do melão (*Cucumis melo*, L).

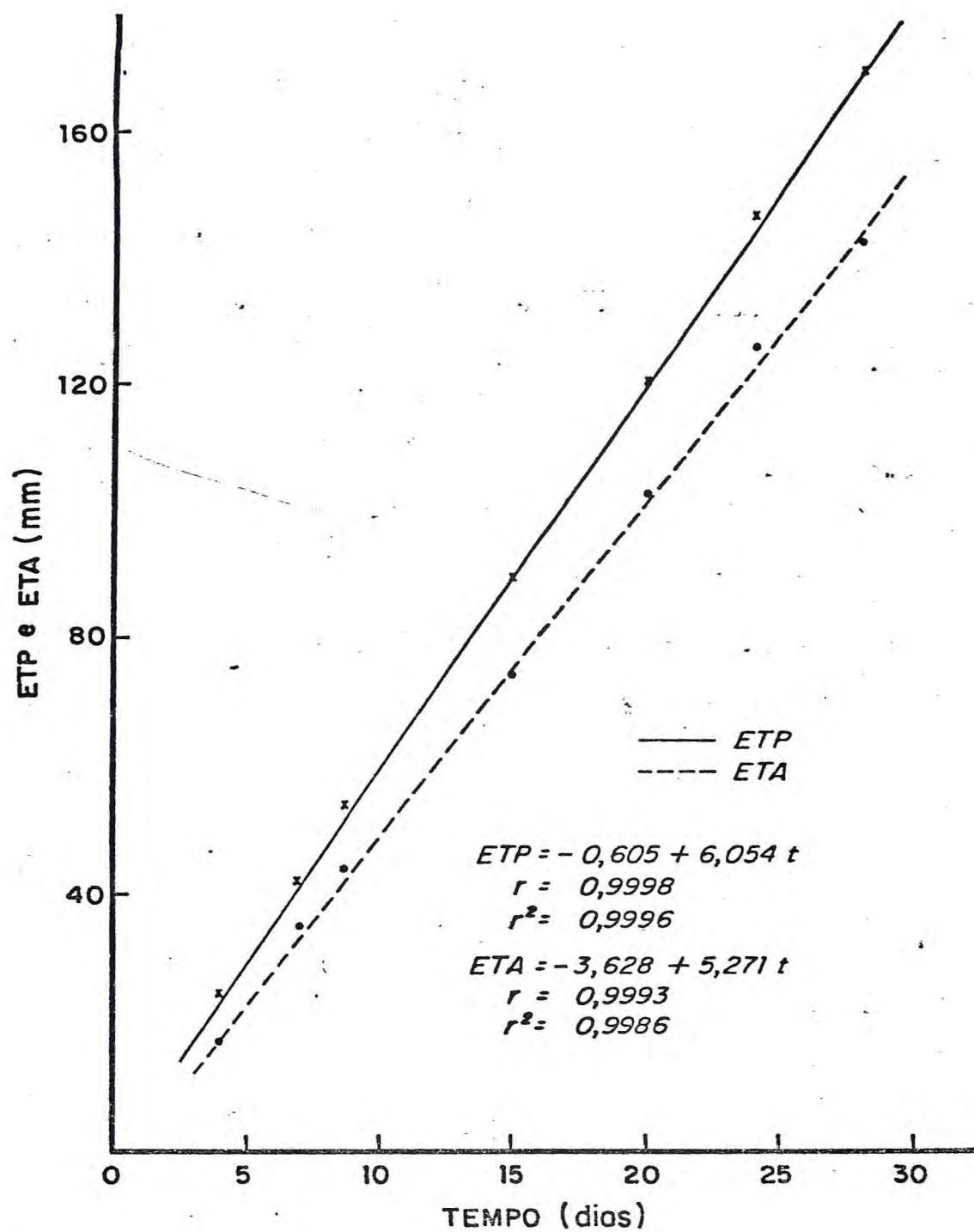


FIGURA 6 - Curvas de regressão linear da evapotranspiração atual acumulada do melão, ETA (mm) e da evapotranspiração potencial acumulada, ETP, (mm).

Para os diferentes períodos estudados, as FIGURAS 7 a 13, mostram o comportamento do potencial matricial (Ψ_m) e o conteúdo de água θ ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) no perfil. Observa-se que houve uma redução de θ até a profundidade de 45 cm devido à ascensão capilar ocorrida, como mostra a TABELA 1 que considerou a profundidade média de 30 cm. Estes resultados evidenciaram ocorrência de uma maior atividade radicular nesta camada. A partir de 45 cm verifica-se que houve aumento de θ provocado pelo fluxo negativo até a profundidade de 75 cm, daí passando a diminuir devido ao processo de redistribuição interna, face à reposição de água no solo quando o tensiômetro indicava um potencial matricial de - 0,3 atm. Quanto à variação do potencial matricial, observa-se que à medida que diminui θ , diminui também o potencial matricial em cada profundidade, visto que há relação direta entre estes dois parâmetros.

A TABELA 8 apresenta os elementos básicos de irrigação obtidos durante o balanço. A irrigação foi aplicada tendo em vista elevar à "capacidade de campo" uma camada de 60 cm. A partir de um conteúdo de água (θ) mínimo correspondente ao potencial matricial de - 0,3 atm e um θ máximo referente à "capacidade de campo", obtidos em curvas características da água do solo às profundidades de 15 a 45 cm, foi calculada a lâmina requerida para as camadas de 0 - 30 e 30-60 cm, que somadas totalizam a lâmina necessária para elevar ao conteúdo máximo de água desejado para a profundidade de 60 cm. A lâmina média por irrigação foi de 41,1 mm e

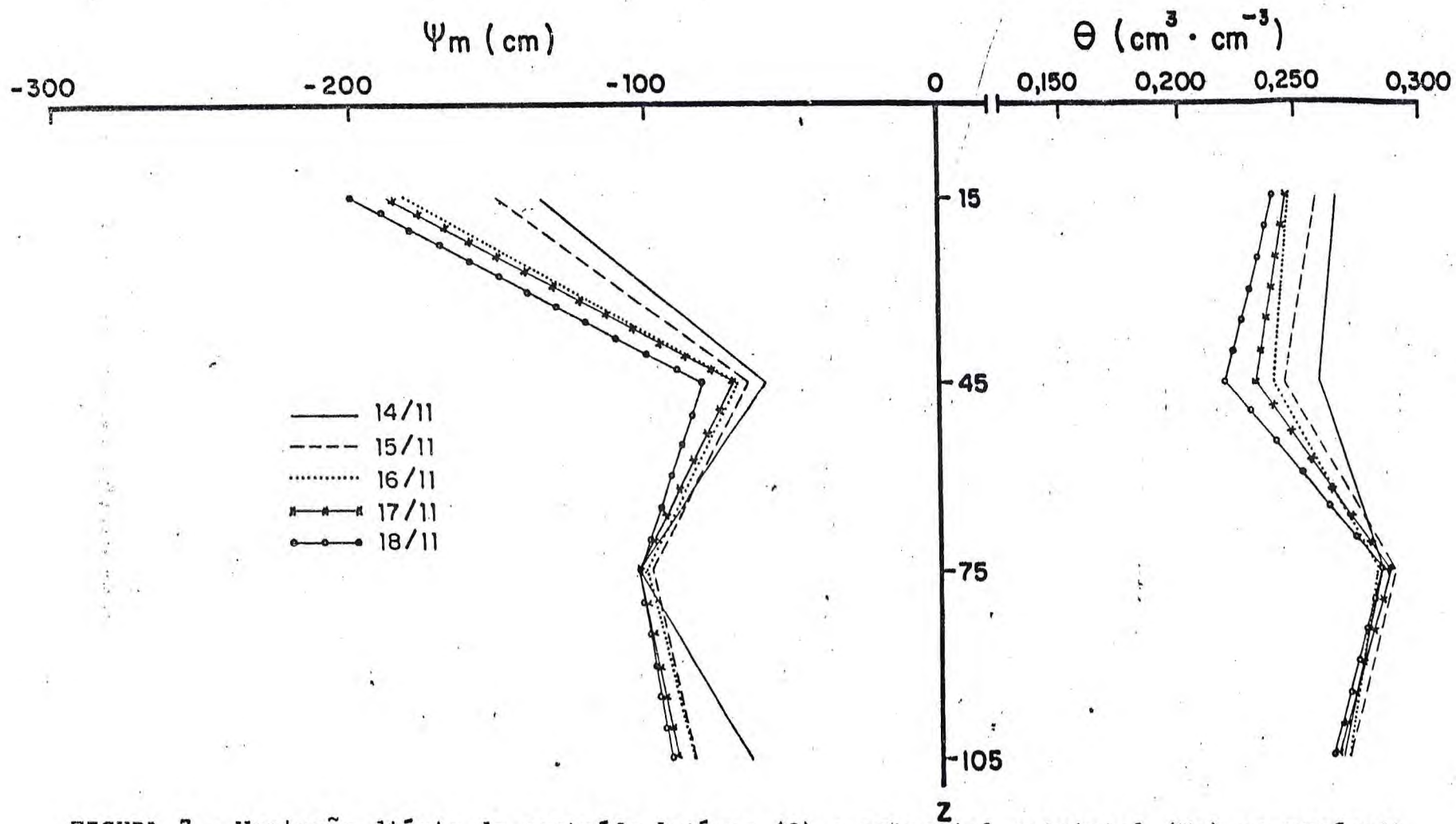


FIGURA 7 - Variação diária do conteúdo de água (θ) e potencial matricial (ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm no 19 período.

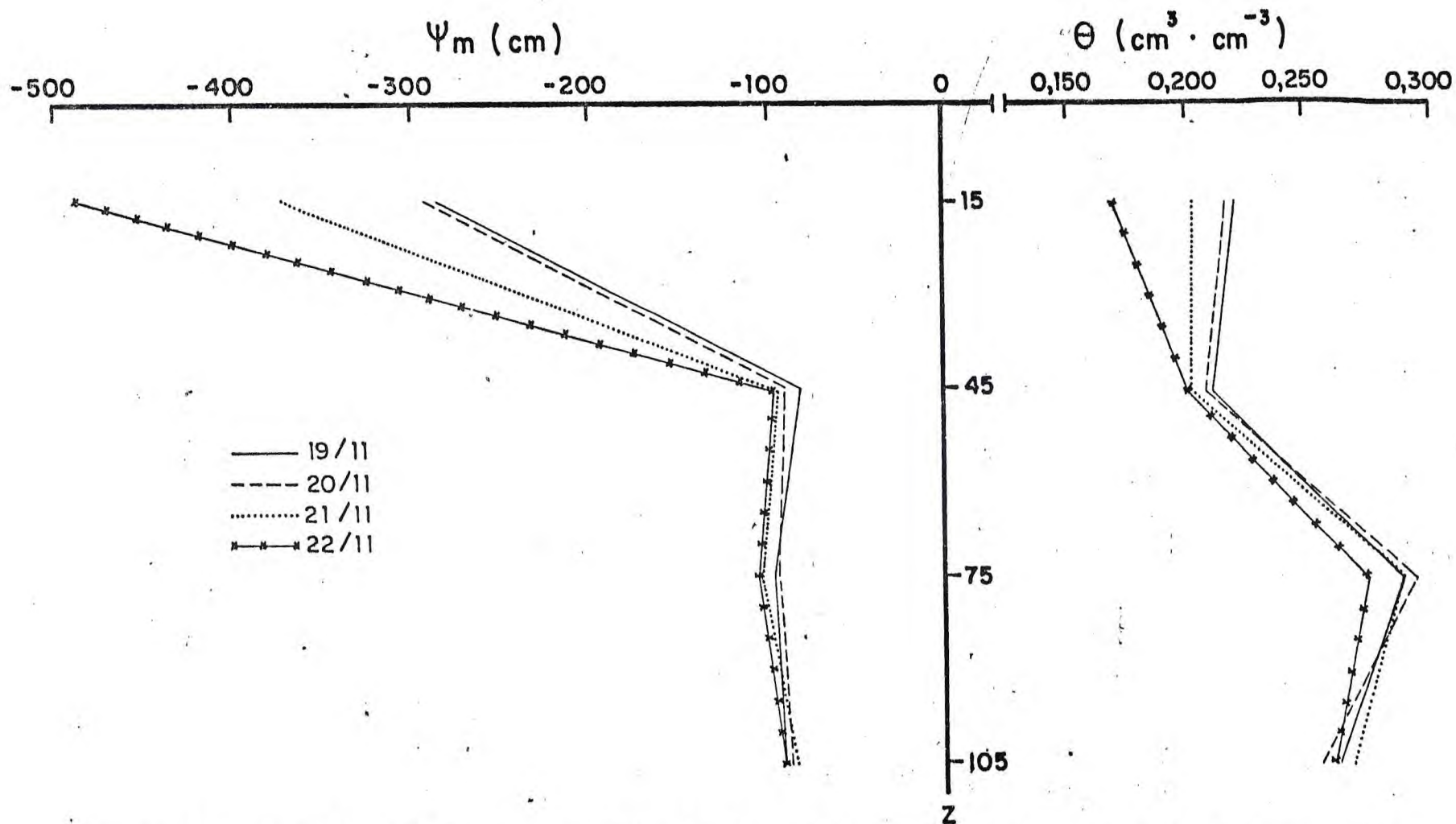


FIGURA 8 - Variação diária do conteúdo de água (θ) e potencial matricial (Ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm no 2º período.

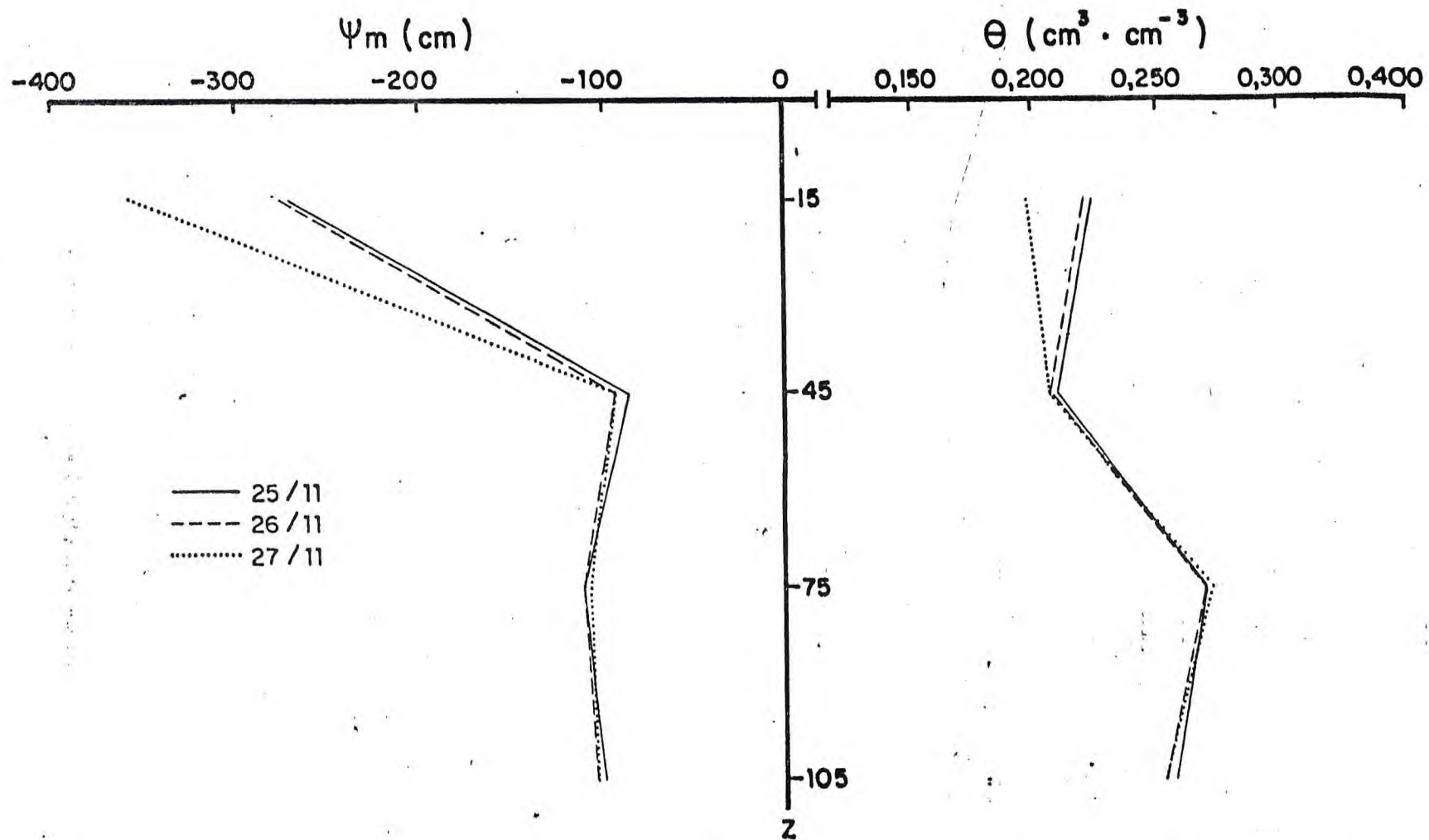


FIGURA 9 - Variação diária do conteúdo de água (θ) e potencial matricial (Ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm no 3º período.

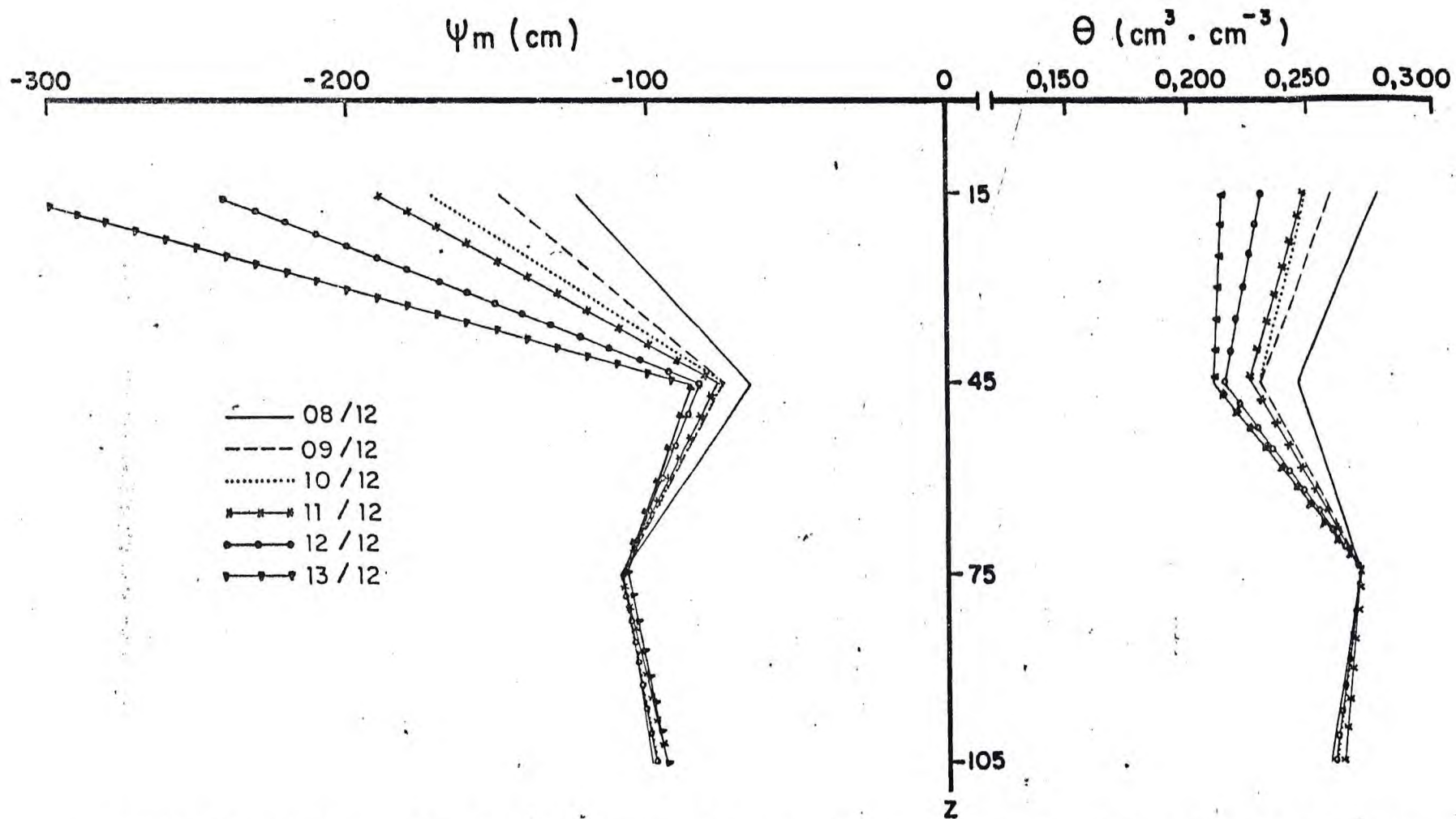


FIGURA 11 - Variação diária do conteúdo de água (θ) e potencial matricial (Ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 10 cm no 5º período.

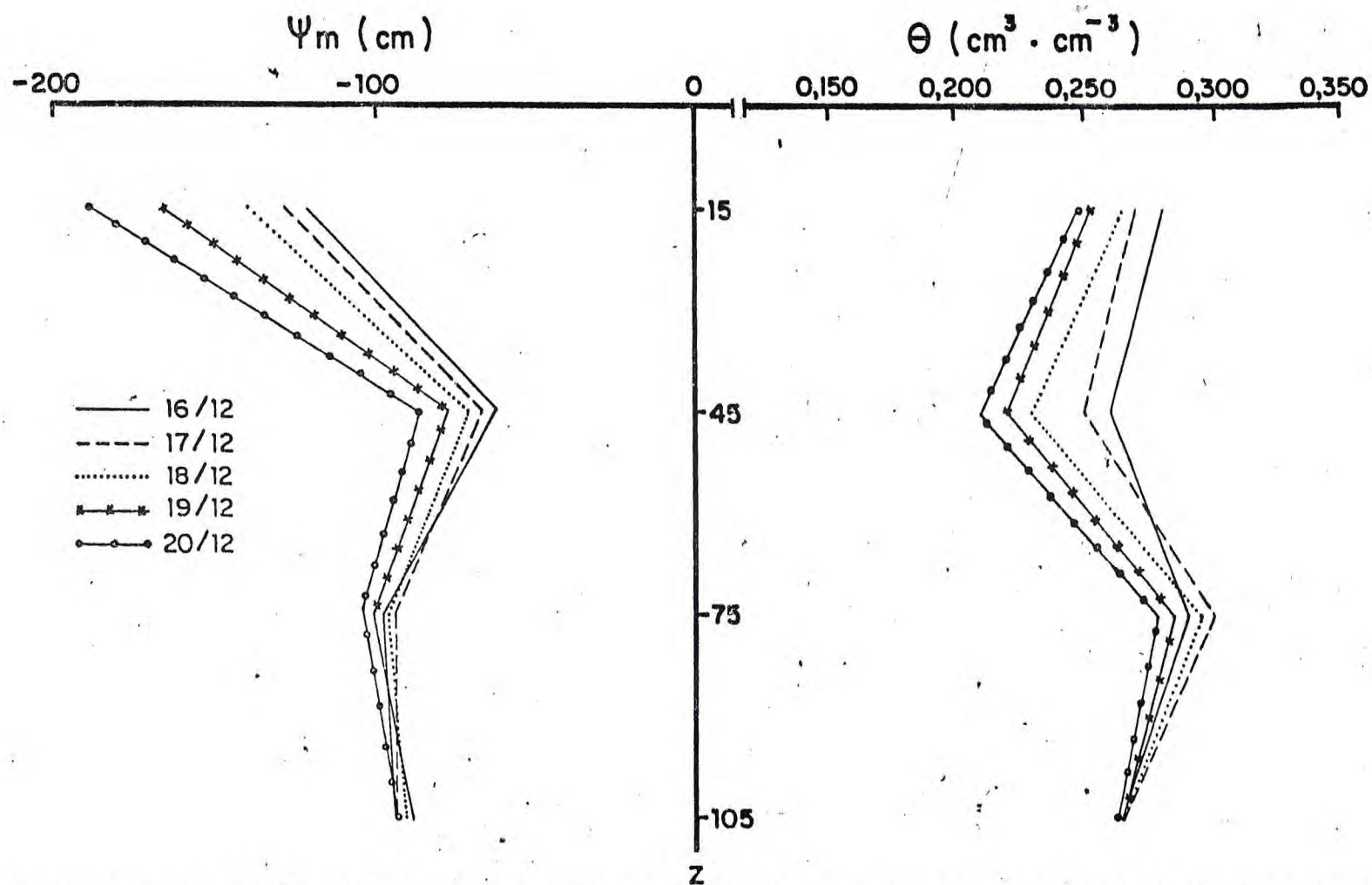


FIGURA 12 - Variação diária do conteúdo de água (θ) e potencial matricial (Ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm no 6º período.

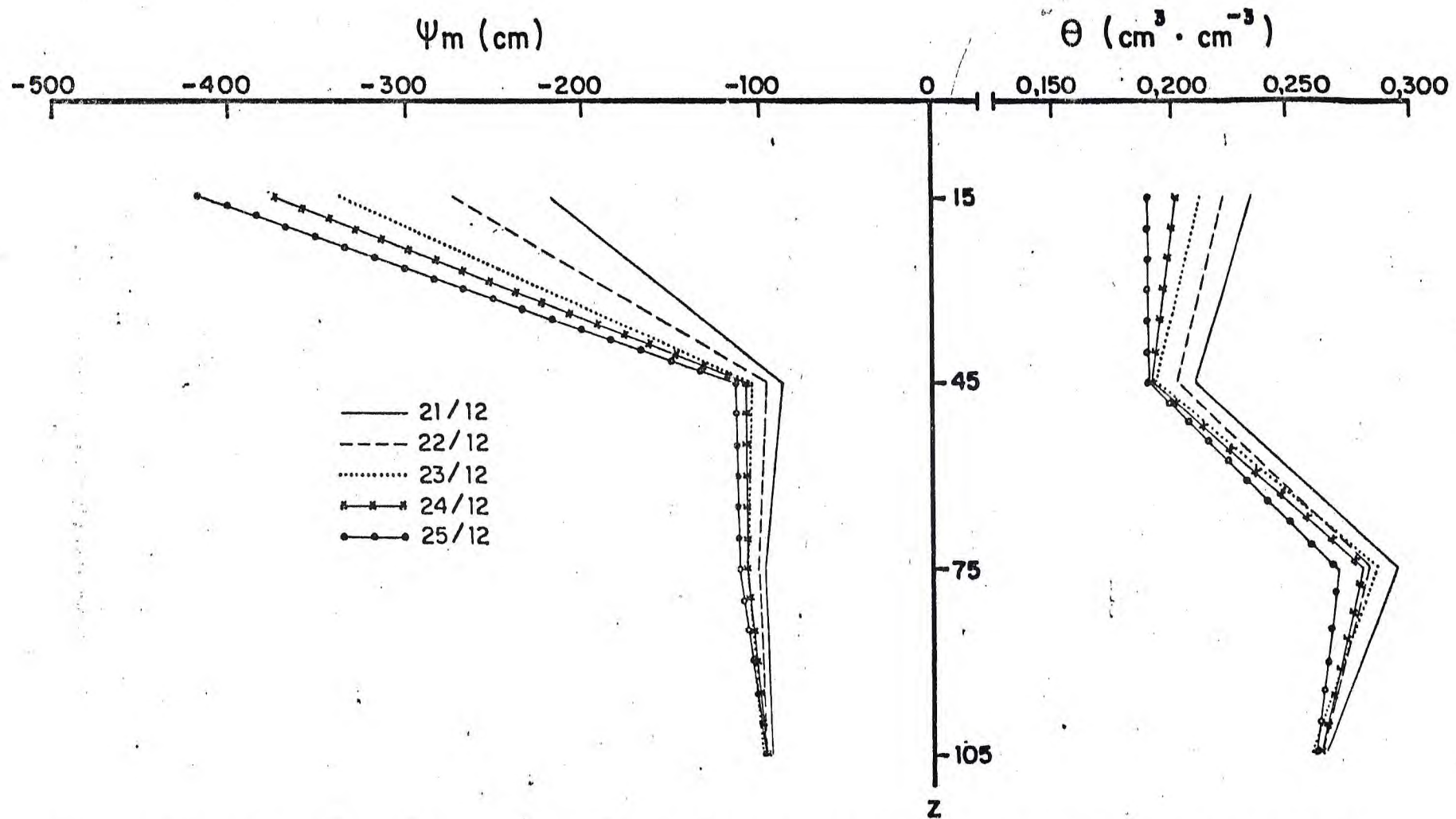


FIGURA 13 - Variação diária do conteúdo de água (θ) e potencial matricial (Ψ_m) na profundidade (Z) de 0 a 105 cm no 7º período.

TABELA 8 - Elementos básicos de irrigação obtidos durante o balanço hídrico da cultura do melão

| Data | Profundidade (cm) | $\theta(\Psi_{m.max})$ $cm^3 \cdot cm^{-3}$ | $\theta(\Psi_{m.min})$ $cm^3 \cdot cm^{-3}$ | $\Delta\theta$ $cm^3 \cdot cm^{-3}$ | Lâmina Líquida Parcial (mm) | Lâmina Líquida Total (mm) | Ea* (%) | Ea** (%) | Ear (%) | Lâmina Bruta (mm) | Turno de Rega (Dia) | Dotação Diária (mm) | Número de Irrigações (Dia) |
|----------|-------------------|--|--|--|-----------------------------|---------------------------|---------|----------|---------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|
| 22/11/84 | 15 | 0,273 | 0,170 | 0,103 | 30,9 | 37,8 | 0,9 | 0,60 | 0,66 | 42,0 | 5 | 7,8 | 1 |
| | 45 | 0,247 | 0,200 | 0,047 | 6,9 | | | | | | | | |
| 27/11/84 | 15 | 0,273 | 0,197 | 0,076 | 22,8 | 35,1 | 0,9 | 0,76 | 0,84 | 49,0 | 8 | 5,4 | 2 |
| | 45 | 0,247 | 0,206 | 0,041 | 12,3 | | | | | | | | |
| 05/12/84 | 15 | 0,273 | 0,210 | 0,063 | 18,9 | 39,0 | 0,9 | 0,76 | 0,85 | 43,3 | 8 | 5,9 | 3 |
| | 45 | 0,247 | 0,180 | 0,067 | 20,1 | | | | | | | | |
| 13/12/84 | 15 | 0,273 | 0,185 | 0,088 | 26,1 | 42,6 | 0,9 | 0,70 | 0,77 | 47,3 | 13 | 4,3 | 4 |
| | 45 | 0,247 | 0,193 | 0,054 | 16,2 | | | | | | | | |
| 26/12/84 | 15 | 0,273 | 0,165 | 0,180 | 32,4 | 51,0 | 0,9 | | | 56,6 | | | 5 |
| | 45 | 0,247 | 0,185 | 0,062 | 18,6 | | | | | | | | |

* Eficiência de aplicação estimada

** Eficiência de aplicação estimada

visando sua aplicação com segurança estimou-se uma eficiência de 90%. A média do conteúdo de água (θ) máximo foi de $0,189 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, e a do conteúdo mínimo $0,071 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$. O turno de rega variou de 5 a 13 dias, com um valor médio de 8,5 e a dotação média diária por turno de rega foi de 5,8 mm. Foram calculadas as eficiências de aplicação (E_a) e de armazenamento (E_{ar}), considerando para ambas que o volume útil é igual à evapotranspiração atual (ETA). Sendo que E_a foi obtida dividindo-se ETA pela lâmina bruta e E_{ar} , dividindo-se ETA pela lâmina líquida, considerando a evapotranspiração ocorrida entre os intervalos de irrigação. A eficiência de aplicação calculada variou de 60 a 76%, tendo atingido valores relativamente baixos, devido à evaporação da água durante o processo de infiltração e à percolação profunda. A eficiência de armazenamento oscilou de 66 a 85%, tendo contribuído para estes valores a baixa eficiência de aplicação.

5 - CONCLUSÕES

Os valores médios diários, em mm.dia^{-1} , de evaporação no Tanque "Classe A", evapotranspiração potencial e evapotranspiração atual encontrados foram 8,00; 6,00 e 5,07 respectivamente.

O coeficiente de cultura (kc) médio para os períodos considerados foi de 0,82. Os coeficientes de cultura foram considerados elevados, devido aos altos valores de evapotranspiração atual, valores estes decorrentes do elevado nível de umidade em que se desenvolveu a cultura.

O componente drenagem profunda apresenta dificuldade na sua estimativa. Mas sua determinação com menor margem de erro, torna-se imprescindível, porque a ele estão ligados a eficiência de aplicação da irrigação e a lixiviação de nutrientes do solo. Os valores encontrados variam de 1,67 a 17,43%, que não podem ser desprezados em estudos congêneres.

Apesar de algumas desvantagens do método, o balanço hídrico da forma apresentada, constitui-se num instrumento capaz de fornecer informações básicas para um manejo correto de água em diferentes culturas e solos.

A relação exponencial da condutividade hidráulica (K) com o conteúdo de água do solo θ ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), evidenciando

que uma pequena variação de θ implica numa grande variação de K , denota a importância da determinação correta de θ quando da estimativa da drenagem profunda, utilizando a equação de Darcy para o cálculo do fluxo.

O método do balanço da forma apresentado, pode ser utilizado sem maiores custos financeiros e material, constituindo-se numa alternativa simples na estimativa da evapotranspiração atual das culturas, informação pouco disponível e necessária no dimensionamento de projetos de irrigação.

6 - RECOMENDAÇÕES

Sendo a região nordeste carente de recursos hídricos para fins de irrigação, faz necessária a determinação do uso consuntivo para o melão sob menores níveis de umidade.

É conveniente estudar o balanço hídrico na cultura do melão desde o estágio inicial da cultura, sendo necessário, entretanto, que a aplicação da água seja controlada desde a germinação, e a semeadura feita em covas.

Para uma maior precisão, em estudo semelhante, usando a tensiometria para o acompanhamento das variações de umidade do solo, recomenda-se a utilização de no mínimo duas baterias de tensiômetros na parcela estudada.

Enfim, estudo congênere deve ser conduzido em outras culturas de expressão econômica do Nordeste.

7 - LITERATURA CITADA

- AGUIAR, M.J. NOGUEIRA; REICHARDT, K. & SANTOS, J, MARDEN. - Evapotranspiração em *Phaseolus vulgaris*, L. Estimada por Evaporímetros e Fórmulas Empíricas. In: III SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, Fortaleza, 1975. Anais, v. 3, p. 75-84.
- ALBERIO, I.A.S. - Estudo sobre Modificações Introduzidas no Tanque "Classe A" e no Método de Penman. Piracicaba. 1979. 91 p. (Dissertação de Mestrado).
- ARAGÃO JUNIOR, T.C. - Determinação do Coeficiente da Cultura (Kc) para Cenoura (*Daucus carota*, L) pelo Método do Balanço Hídrico. Fortaleza. U.F.C. 1982. 45 p. (Dissertação de Mestrado).
- ASSIS, F.N. de - O Uso do Evapotranspirômetro no Estudo de Algumas Relações entre Evapotranspiração Medida e Estimada. Piracicaba. 1978. 68 p. (Dissertação de Mestrado).
- BARBIERI, V. & MANIERO, M.A. - Programa para Computador HP-85 para Cálculo de Balanço Hídrico em Cultura de Cana de Açúcar. Apresentado no XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Fortaleza. 1984.
- BRUNINI, O.; GROHMANN, F. & SANTOS, J.M. - Balanço Hídrico em Condições de Campo para Dois Cultivares de Arroz sob Duas

- Densidades de Plantio. Rev. Bras. de Ciência do Solo. 5: 1-6. Jan/abr. 1981.
- BERLATO, M.A. & MOLLION, L.C.B. - Evaporação e Evapotranspiração. Instituto de Pesquisas Agronômicas, Boletim Técnico nº 7. Porto Alegre. 1981. p. 3-96.
- BERNARDO, S. - Manual de Irrigação. Viçosa-MG. 2^a Edição. 463 p. 1982.
- CARVALHO, T.H.T. - Influência do Estresse Hídrico da Densidade de População e de Cultivares na Cultura do Feijão de Corda, *Vigna sinensis*, (L) Savi. Fortaleza. U.F.C. 1983. 47 p. (Dissertação de Mestrado).
- CARVALHO, N.O. - Irrigação no Brasil. Revista ITEM, nº 17. 1983. p. 23-26.
- CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G.C.; FERREIRA, P.A. & VIEIRA, M. - Estimativa da Evapotranspiração Real Baseada na Evapotranspiração Potencial Estimada pela Equação de Penman e na Umidade do Solo. Cien. Prant. Lavras 4(2):92-102. Jul/dez. 1980. p. 92-101.
- CASTRO, P.T. - Evapotranspiração Atual e Potencial de uma Cultura de Milho (*Zea mays*, L). Piracicaba. ESALQ/USP. 1979. 61 p. (Dissertação de Mestrado).
- COELHO, M.A. - Característica de Umidade de Alguns Solos de Aluvião: Normais, Sódicos e Sódicos-Salinos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 1971.

113 p. (Dissertação de Mestrado).

COELHO, M.A. & OLIVEIRA, F.N.S. - Procedimento para Determinação de Curva Característica da Água do Solo com o Emprego do Tensiômetro. Convênio FINEP/FCPC - Estudo do Solo do Ceará. Fortaleza. 1984. 28 p.

COELHO, M.B.; OLITTA, A.F.L. & ARAÚJO, J.P. - Influência dos Métodos de Irrigação por Sulco e Gotejo na Cultura do Melão. Apresentado no IV Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem. Salvador-BA. 1978. 19 p.

CRUCIANI, D.E. - Balanço Hídrico em Solo Cultivado com Cana de Açúcar, com Utilização do Método da Moderação de Neutrons. Piracicaba. CENA. 1972. 35 p. (Boletim Científico nº 6).

DOOREMBOS, J. & PRUITT, W.O. - Crop Water Requeriments. Revised, Roma. FAO. 1975. p. 144 (Irrigation and Drainage Paper, 24).

DAKER, A. - A Água na Agricultura. Freitas Bastos. V.3. 1970.

FERRAZ, E.S.B. - Estudo da Evaporação Real Através da Medida de Umidade do Solo por Moderação de Neutrons. Piracicaba. CENA. 1972. 40 p. (Boletim Científico nº 5).

GOLDBERG, S.D. - Técnicas y Métodos para Uso Eficiente del Agua en la Agricultura. Simpósio México-Brasil sobre um Enfoque Integral de la Utilizacion del Agua. México. 1974.

GRASSI, I. CARLUS - Estimation de los Usos Consuntivos de

- Agua y Requerimientos de Riego con Fines de Formulacion y Deseño de Proyectos. CIDIAT. Documento nº 53. 1968. 136 p.
- GUERERO, P. - Modelamento do Fenômeno da Evapotranspiração. In: III SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Fortaleza. 1975. Anais. V. 3. 60-64 p.
- HANKS, R.J.; GARDNER, H.R. & FRORIANI, R.L. - Plant Growth-Evapotranspiration Relations for Several Crops in the Central Great Plains. Agronomy Journal. -V. 61. - January-February. 1969.
- HILLEL, D. - Solo e Água - Fenômenos e Princípios. Porto Alegre. 1970. 231 p.
- HILLEL, D.; KRENTOS, V.D. & STYLIANOU, Y. - Procedure and Test of an Internal Drainage Method for Measuring Soil Hydraulic Conductivity in Situ. Soil. Sci. Amerc. Proc. 114:395-400. 1972.
- ISRAELSEN, O.W. & HANSEN, V.E. - Principios y Aplicaciones del Riego. Barcelona. 2ª Edição. 1965. 395 p.
- JENSEN, E.M. - Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requeriments. New York. 1973. 215 p.
- MAGALHÃES, C.A. - Determinação do Coeficiente de Cultura (Kc) para o Pimentão (*Capsicum annum*, L) pelo Método do Balanço Hídrico. Fortaleza. UFC. 1982. 40 p. (Dissertação de Mestrado).
- MILLAR, A.A. - Information Tabulada para el Calculo de

- Evaporacion Potencial Mediante a Ecuacion de Penman. IICA-OEA. Petrolina-PE. 1973. 30 p.
- MILLAR, A.A. - Manejo Racional da Irrigaçao: Uso de Informaçoes Básicas sobre Diferentes Culturas. IICA - Série Publicaçoes Miscelaneas nº 461. 1984. 55 p.
- PRUITT, W.O.; LOURENCE, J.F. & OETTINGEN, S. VON.- Water Use by Crop as Affected by Climate and Plant Factors. California Agriculture, 26(10):10-14. 1972.
- PERA, P.C. - Seminário de Irrigaçao. Centro de Hidrologia Aplicada. UNESCO. Porto Alegre. 1971. 60 p.
- REICHARDT, K. - Evaporaçao da Água do Solo. Piracicaba. CENA. 1972. 30 p. (Boletim Científico nº 4).
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L. & SAUNDERS, L.C.U. - Dinâmica da Água em Solo Cultivado com Milho. Rev. Bras. de Ciên. do Solo. 3:1-5. 1979.
- RELATÓRIO DO PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO PARA O NORDESTE. PDCT/NE-01. Fev/dez. 1984.
- ROSE, C.W. & STERN, W.R. - Determination of Wethdrawal from Soil by Crop Roots as Function of Depth and Time. Rust. g. Soil. Research. 1976. p. 5-11.
- SAUNDERS, L.C.U. - Métodos de Determinaçao e Variabilidade Espacial da Condutividade Hidráulica sob Condiçoes de Campo. Piracicaba. ESALQ/USP. 1978. 71 p. (Dissertaçao de Doutorado).

- SAUNDERS, L.C.U.; CASTRO, P.T.; BARBOSA, C.E. & MATIAS Fº,
J. - Dinâmica da Água no Solo com a Cultura do Feijão de
Corda (*Vigna sinensis* (L)) em Aluvião Eutrófico. Ciên.
Agron. Fortaleza. 1981. 12(1/2):141-148.
- SAUNDERS, L.C.U.; CASTRO, P.T.; BEZERRA, F.M.L. & PEREIRA,
A.L.C. - Evapotranspiração Atual da Cultura do Feijão de
Corda (*Vigna sinensis*, (L) Savi) na Região Homogênea de
Quixeramobim. Apresentado no XIV Congresso Brasileiro de
Engenharai Agrícola. Fortaleza. 1984. 14 p.
- SILVA, A.S.; CHOUDHURY, E.N.; GUROVICH, L.A. & MILLAR, A.A.-
Metodologia para Determinar as Necessidades de Água das
Culturas Irrigadas. Pesquisa em Irrigação no Trópico Se-
mi-Árido: Solo, Água, Planta. EMBRAPA. Boletim de Pesqui-
sa nº 4. 1981. 85 p.
- SILVA, M.A. & MILLAR, A.A. - Influência do Teor de Umidade
no Solo e da Adubação Nitrogenada no Rendimento de Grãos
do Feijão. Pesquisa em Irrigação no Trópico Semi-Árido:
Solo, Água, Planta. EMBRAPA. Boletim de Pesquisa nº 4.
1981. 85 p.
- SILVEIRA, P.M. & STONE, L.F. - Balanço de Água na Cultura do
Feijão em Latossolo Vermelho-Amarelo. Pesq. Agrop. Bras.
Brasília. 1979. 14(2):111-145.
- SKIDMORE, E.L.; JACOBS, H.S. & POWERS, W.L. - Potencial
Evapotranspiration as Influenced by Wind. Agronomy
Journal, V. 61. July/august. 1968. p. 543-546.

- TANNER, C.B. - Evaporation of Water from Plants and Soil.
In: Kolowski, T.T., ed. Water Deficits and Plant Growth.
New York. Academic. Press. 1968. p. 74-106.
- VANKLAVEREM, R.W. & HEDSTRON, W.E. - Comparison of Methods for
Estimating Potencial Evapotranspiration in the North
Platte Basin of Wyoming. Arizona. 1976. 15 p.
- VILA NOVA, N.A. & OMETTO, J.C. - Instruções para Utilização
do Tanque "Classe A" em Estimativas da Evapotranspiração
Potencial, Real e Frequência de Irrigação. In. III SEMINÁRIO
NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Fortaleza. 1975.
Anais. V. 3. p. 65-74.
- WEAVER, H.A. & STEPHENS, J.C. - Relations of Evaporation to
Potencial Evapotranspiration. Transactions of the ASAE.
1963. V. 6. nº 1. p. 55.56.