

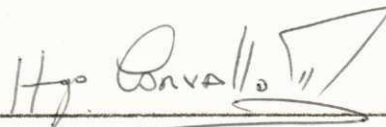
DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA EM SOLOS IRRIGADOS
POR GOTEJAMENTO

FRANCISCO MONTE ALVERNE DE SALES SAMPAIO


TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

Aprovada por:

COMISSÃO



Presidente



CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL
JULHO - 1976



S192d Sampaio, Francisco Monte Alverne de Sales.
Distribuição da água em solos irrigados por gotejamento / Francisco Monte Alverne de Sales Sampaio. - Campina Grande, 1976.
43 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1976.
"Orientação : Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra".
Referências.

1. Irrigação por Gotejamento. 2. Hidráulica Agrícola. 3. Irrigação Agrícola. 4. Dissertação - Ciências. I. Guerra, Hugo Orlando Carvalho. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 631.674.6(043)

À minha esposa e meus pais

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

O autor agradece:

Ao Dr. Hugo O. Carvalho Guerra, Professor do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, seu orientador, por sua ajuda valiosa na orientação, desenvolvimento, redação e correção deste trabalho.

Ao M.Sc. Luis Arnaldo J. Leite por seu empenho na planificação desta tese.

Ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, especialmente ao Departamento de Engenharia Civil, pelo apoio básico oferecido.

Ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, em especial à Gerência do Perímetro Irrigado Engenheiro Arcoverde e ao Laboratório de Solos e Água de Campina Grande, pelo grande apoio dado no desenvolvimento desta pesquisa,

Ao Banco do Nordeste do Brasil S/A e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro dado para execução deste trabalho.

Aos Professores, colegas, funcionários e a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram com este trabalho.

R E S U M O

O objetivo principal do presente trabalho foi estudar a distribuição da água em solos irrigados por gotejamento. Os trabalhos foram desenvolvidos em dois solos aluviões (de textura leve e média) do Perímetro Irrigado Engenheiro Arco verde, localizado no Estado da Paraíba e administrado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Os resultados obtidos, quando se irrigou estes dois solos por gotejamento, com uma vazão de 4 litros por hora, permitiu concluir o seguinte: A distribuição do conteúdo de água no solo aluvião de textura leve, quando irrigado por gotejamento, assemelhou-se à distribuição, nos solos de areia irrigados por sulcos, apresentada por DAKER (1970). Esta característica de distribuição da água não foi observada no solo aluvião de textura média. As profundidades máximas alcançadas pelos bulbos efetivos foram de 90 a 70 cm para os solos aluvião de textura leve e aluvião de textura média, respectivamente. Ambos os bulbos máximos foram obtidos após 100 horas de irrigação. Para ambos os solos, durante as primeiras 20 horas de irrigação, quando o solo estava relativamente seco, a infiltração lateral foi, aproximadamente, igual à infiltração vertical. Após 20 horas de funcionamento do gotejador a infiltração vertical foi maior que a infiltração lateral. A maior parte das áreas longitudinais dos bulbos efetivos, para ambos os solos, foram obtidas durante as primeiras 60 horas de irrigação. Assim, com 42,8% do tempo total de irrigação, formaram-se 65 e 61% das áreas longitudinais dos bulbos efetivos para os solos de textura leve e de textura média, respectivamente. Verificou-se que no solo aluvião de textura leve é possível usar-se maiores espaçamentos entre os gotejadores do que no solo aluvião de textura

média. Tempos de irrigação e espaçamentos entre gotejadores, foram determinados para culturas com diferentes profundidades da zona radicular, implantadas nos solos aluvião de textura leve e média estudados. O uso de tempo de irrigação ou espaçamentos entre gotejadores, maiores do que os apresentados, provavelmente, resultará numa diminuição da eficiência de irrigação.

S U M M A R Y

Experiments under drip irrigation were conducted at the Irrigation and Conolization Project of "Engenheiro Arcoverde", located in the State of Paraiba and supervised by the National Department of Drought Control (DNOCS).

The main objective of the work was to study the water distribution when two alluvial soils (medium and coarse textures) were irrigated by using a drip system.

The results obtained, when the soils were drip irrigated at a discharge of 4 liters por hour, led to the following consclussions: The water distribution obtained when the coarse textured soil was drip irrigated was very similar to the distribution obtained with furrow irrigation as indicated by Daker in 1970. This peculiar distribution was not observed in the medium textured soil. The maximum dephts that reached a "field capacity" soil water content were obtained after 100 hours of continue irrigation and were 90 and 70 cm for the coarse and medium textured soils, respectively.

For both soils, during the first 20 hours of irrigation, the horizontal infiltration was were similar to the vertical infiltration. After this time the water infiltrated vertically the soil in a greater extent than horizontally. Most of the longitdinal areas of the wetted volumes were obtained during the first 60 hours of irrigation. Thus, it was needed just a 42,8% of the total irrigation time to obtain 65 and 61% of the total areas for the coarse and medium textured soils, respectively.

It was determined that in the coarse textured soils it is possible to use greater emitter spacings than

in the medium textured soil. Times of irrigation and emitter spacings were determined for crops with different rooting depths, eventually planted in the studies soils. The use of different irrigation times and/or emitter spacings than those determined for these soils, will probaly result in a decrease of the irrigation efficiency.

Í N D I C E

			Página
CAPÍTULO	I	INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO	II	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
		1.0 - INTRODUÇÃO	3
		2.0 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO	3
		3.0 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO	6
		4.0 - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS	10
		5.0 - UMEDECIMENTO E APLICAÇÃO DA ÁGUA	13
CAPÍTULO	III	MATERIAIS E MÉTODOS	18
		1.0 - LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	18
		2.0 - CARACTERÍSTICAS DO SOLO UTILIZADO	18
		3.0 - APARELHO EXPERIMENTAL	19
		4.0 - LOCALIZAÇÃO DOS TESTES	22
		5.0 - METODOLOGIA	22
		6.0 - ANÁLISE DOS RESULTADOS	23
CAPÍTULO	IV	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
		1.0 - EVOLUÇÃO DO CONTEÚDO DE ÁGUA NO PERFIL DO SOLO	26

	Página
2.0 - EVOLUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO CONTEÚDO DE ÁGUA EFETIVO. FOR MAÇÃO DO BULBO EFETIVO	31
3.0 - TEMPO DE IRRIGAÇÃO E ESPAÇA MENTO ENTRE GOTEJADORES	39
CAPÍTULO V CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	42
BIBLIOGRAFIA	44
APÊNDICE	46

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Irrigação por gotejamento é um método de aplicação de água, desenvolvido recentemente, que proporciona melhores condições para o desenvolvimento vegetal, maior produção e maior eficiência de irrigação com relação aos outros métodos de irrigação.

Sua aplicação técnica é independente do tipo de solo, topografia, qualidade da água e do tipo de cultivo. Os equipamentos são simples e sua instalação e operação não requerem mão de obra muito especializada.

A irrigação por gotejamento é um sistema que vem obtendo resultados alentadores em muitos países, notadamente nos Estados Unidos e Israel. No Brasil, a aplicação comercial da irrigação por gotejamento, iniciou-se há poucos anos, desenvolvendo-se, principalmente, no Estado de São Paulo, em frutíferas de clima temperado.

Devido às suas características particulares o método poderia ser aplicado no Nordeste do Brasil, região onde as reservas de água superficiais, quer sejam dos rios ou açudes, já estão comprometidas com os programas de irrigação convencionais e ou de geração de energia elétrica e abastecimentos de água às cidades.

Verificada a viabilidade econômica, mediante pesquisas, utilizando-se características favoráveis desta região, a irrigação por gotejamento poderia ser aplicada nas áreas vizinhas aos projetos de irrigação onde a irrigação convencional não fosse adequada. Seu emprego poderia dar-se ainda a nível de fazenda, utilizando-se a água de pequenos açudes

ou poços subterrâneos, já que o método não requer grandes va
zões.

O presente trabalho tem como objetivo a determi
nação de parâmetros básicos necessários à aplicação da irriga
ção por gotejamento no Nordeste do Brasil, e especificamente,
estudar a distribuição da água em dois perfis de solos irri
gados por este método de irrigação.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 - INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejamento é uma técnica de distribuição superficial de água, mediante tubulações que descarregam em pontos localizados do terreno, através de difusores ou gotejadores. Sua aplicação comercial se iniciou em Israel em 1967, como resultado da necessidade que existe nesse País de administrar eficientemente a escassa água disponível e de incrementar a produção agrícola incorporando às suas áreas de cultivos, zonas áridas impossíveis de se usar sem irrigação. Até esta data existem em Israel mais de 7.365 hectares irrigados por gotejamento, dos quais 71,5% correspondem a cultivos perenes e 28,5% a cultivos anuais (NOYOLA, 1974).

O método de irrigação por gotejamento tem recebido um interesse extraordinário nos últimos anos, evidenciado pelo espetacular aumento em todo o mundo das áreas irrigadas mediante este método. Ainda que no Brasil esteja num estágio inicial de implantação, pois os primeiros fabricantes de equipamentos sõ recentemente iniciaram a comercialização desse tipo, é de interesse determinar as possibilidades de incorporar este método de irrigação às condições do Nordeste (OLLITA & MOREIRA, 1975).

2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

GOLDBERG & SHMUELI (1970) indicam que um sistema de irrigação por gotejamento compreende:

(a) Um cabeçal conectado à fonte principal de abastecimento de água, o qual consiste de filtros, válvulas, curvas, medidor de água, medidor de pressão e conexões para um tanque abastecedor de fertilizante.

(b) Tubulação de diâmetro adequado, segundo a distância e descarga.

(c) Tubos de distribuição (ramais) de diâmetros reduzidos (geralmente 1,3 a 1,9 cm), conectados em forma paralela à tubulação de condução.

(d) Gotejadores que podem ser de diversas formas, com perfuração pequena e disposta de modo que a pressão da água diminua possibilitando sua saída em pequenas vazões, em forma de gotas.

(e) Tanque abastecedor de fertilizante, conectado ao cabeçal e pelo qual passa de 1/3 a 1/4 do fluxo total. Neste a água dissolve o fertilizante.

A Figura 1 apresenta uma descrição dos equipamentos, geralmente usados, na irrigação por gotejamento. Os diferentes elementos do sistema, com exceção do cabeçal e o dispositivo fertilizante, geralmente são de material plástico. Os ramais e os gotejadores colocam-se na superfície do solo ou se enterram numa profundidade não maior do que 5 a 10 cm.

Em experimentos realizados, na região desértica de Israel, enfatizam que de acordo com as provas feitas, o comprimento ótimo de uma tubulação de distribuição com 1,3 cm de diâmetro é de 30,48 a 42,67 metros. A distância entre os gotejadores depende de sua descarga e do tipo de solo. Num solo de textura arenosa, para gotejadores com vazão de 1,5 l/h, se obteve ótimos resultados espaçando os gotejadores de 50,8 cm ao longo do ramal.

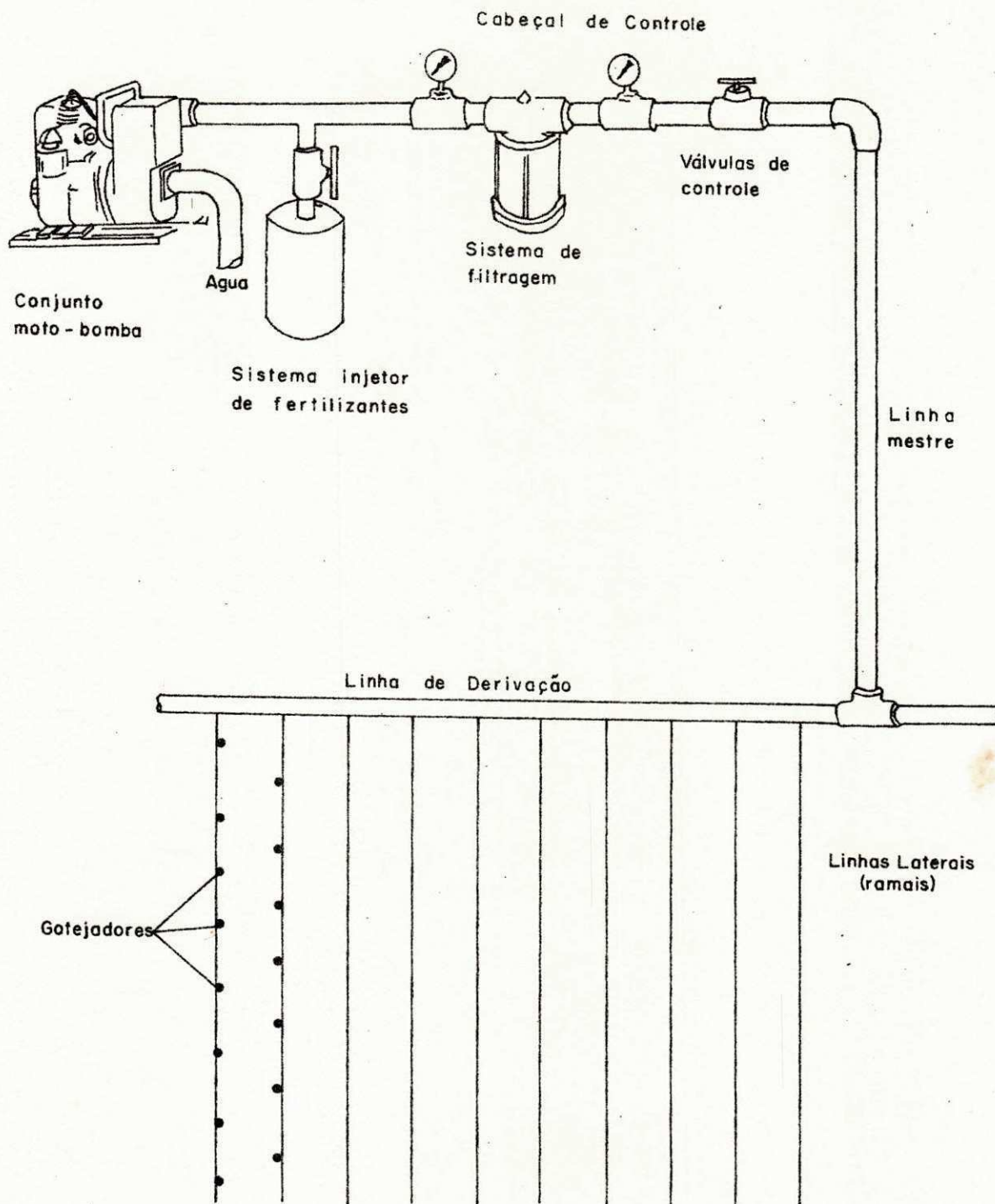


Figura 1 - Sistema completo de irrigação por gotejo (OLITTA, 1975).

A distância entre os ramais depende do tipo de plantas e de aspectos agrotécnicos (cultivos, luz, colheita, etc.), assim como de aspectos econômicos (custos dos ramais e gotejadores, comparado com os preços das tubulações de condução). As distâncias mais usadas nos projetos existentes no mundo, variam de 1,22 a 1,83 m.

Nos cultivos anuais os equipamentos podem ser colocados antes ou depois de ser feita a sementeira. O manejo do sistema é muito simples e consiste em abrir e fechar uma válvula de tal forma que aplique as vazões de acordo com o tamanho da parcela. Ao terminar a temporada de crescimento, desmonta-se o equipamento, deixando livre o terreno para preparar-se com vistas ao cultivo seguinte (GOLDBERG & SHMUELI, 1970).

3 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

A irrigação por gotejamento se pode descrever como uma forma de irrigação por sulcos. Embora, o sistema de irrigação por gotejamento difira da irrigação por sulcos em algumas características, as principais vantagens de irrigação por gotejamento proveem destas diferenças. Estas diferenças são (GOLDBERG, 1971):

(a) Não é necessário traçar sulcos. Portanto, tampouco se necessita nenhuma nivelção de terras que normalmente exige a irrigação por sulcos.

(b) Devido não haver escoamento de água na superfície do solo, não há erosão nem perda de água no final das parcelas como ocorre nos sulcos.

(c) Os gotejadores descarregam a água em gotas ao longo das fileiras de plantas distribuindo cada goteja

dor com grande aproximação a mesma quantidade de água. Portanto, a distribuição da água é sumamente uniforme e completamente controlada.

(d) As quantidades de água a aplicar podem ajustar-se usando-se gotejadores de diferentes tamanhos e por meio de uma menor ou maior descarga. As distâncias entre os gotejadores, ao longo das tubulações laterais, ou entre elas, podem variar de acordo com as condições de solo e dos cultivos.

Continuando com os estudos GOLDBERG (1973) menciona outras vantagens para irrigação por gotejamento, especialmente em regiões áridas caracterizadas por solos salinos e pobres, água de irrigação salina e altas taxas de evapotranspiração:

(a) Marcados aumentos nos rendimentos da colheita que com frequência ascendem ao dobro daqueles obtidos mediante a irrigação por aspersão ou por sulcos.

(b) Crescimento de cultivos em zonas afetadas por problemas de salinização.

(c) Uma abreviada temporada de cultivos e colheitas antecipadas, o que permite levar os produtos ao mercado em épocas de melhores preços.

RUIZ (1975) põe em evidência as seguintes outras vantagens da irrigação por gotejamento:

(a) Pode-se usar em solos de qualquer textura, com qualquer topografia e com qualquer clima, o qual incrementa, automaticamente, o valor comercial de solos marginalizados.

(b) Pode-se usar (com poucas exceções como, arroz e tabaco), em quase todos os cultivos. Embora considerando o aspecto econômico, atualmente só está restringido a

cultivos da alta rentabilidade econômica, como frutíferas e hortaliças. Em cultivos anuais como: trigo, cevada, linhaça, sorgo, cãrtamo, etc, todavia, não se conhece uma forma econômica de sua aplicação.

(c) Evita a nivelção do solo que quase sempre implica, além de uma grande inversão inicial, numa alteração na fertilidade dos solos que geralmente demoram muito em normalizarem-se, retardando o aproveitamento dos mesmos.

(d) Incrementa grandemente a produção tanto em quantidade como em qualidade (e esta é a principal vantagem de gotejamento).

(e) Está formado por equipamento que permite uma operação tão fácil que pode chegar a sua automatização total, com a qual se propicia uma grande economia de mão de obra.

(f) Permite aproveitar facilmente águas com altos conteúdos de sais solúveis, permitindo que se incrementem em forma relativa os recursos hídricos disponíveis. Em Israel tem-se utilizado com bom êxito, águas com até 3.000 p.p.m. de sais solúveis e águas com mais de 300 p.p.m. de cloro. Estas águas para os métodos convencionais de irrigação, são totalmente inutilizáveis, assim, faz-se pensar na necessidade de estabelecer para a irrigação por gotejamento outros índices de classificação de águas para irrigação, muito diferentes dos de Willcox ou Doneen, que são os mais utilizados atualmente.

(g) Não existe nenhuma possibilidade de interferência na operação da irrigação, pelo efeito do vento.

(h) Não dificulta os trabalhos com os cultivos, como colheitas e nem de aplicação de agroquímicos (inseticidas, fungicidas, fertilizantes, etc.).

(i) Há menor incidência de ervas daninhas, especialmente em lugares de clima com poucas chuvas; propiciando,

assim, economia de mão de obra, água de irrigação e fertilizantes.

Por outro lado, o método de irrigação por gotejamento tem algumas desvantagens entre as quais as mais importantes são (RUIZ, 1975):

(a) É necessário dispor de tubos, gotejadores e peças especiais, que sejam suficientemente resistentes aos agentes de intemperismo, especialmente considerando que de acordo com os estudos realizados até esta data, demonstram que o sistema deve ser superficial, principalmente as linhas regantes.

(b) Tem altos custos de inversão inicial.

(c) Necessita-se elaborar os projetos de tal maneira que se possa proporcionar a mesma quantidade de água a todas as plantas, para ter, logicamente, um desenvolvimento uniforme e máximo de produção.

(d) Existem possibilidades de maior incidência de enfermidades e pragas, pelo alto conteúdo de água no solo e nas plantas.

(e) Os fertilizantes que se aplicar com a água de irrigação devem ser altamente solúveis.

(f) É necessário uma vigilância constante para detectar qualquer irregularidade no funcionamento do sistema.

(g) Em caso de águas turvas, necessita-se de instalações especiais de decantação, para eliminar os materiais em suspensão, ou adicionar filtros especiais para evitar a obstrução dos gotejadores.

4 - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

BLAS & YESHAYAHUEN (1968), em experimentos efetuados em Beerseshes, Israel, nos cultivos de pimentão, melão, tomate e pepino, encontraram que se incrementou a produção em 50 a 60% com irrigação por gotejamento, em comparação com a irrigação por aspersão e sulcos. Também se observou que ao usar águas salinas para irrigação os rendimentos do pepino, com irrigação por gotejamento, foram superiores em 60% aos obtidos com a irrigação por aspersão (c.f. ROSALES JAYME, 1973).

VOTH & BRINHURST (1968), efetuaram um experimento de irrigação por gotejamento com maçãs, na Califórnia, Estados Unidos, em solos pesados e mal drenados, usando águas com concentração de 1.000 a 1.100 p.p.m. de sais totais. Obteve-se uma economia de água de 43% e um aumento na produção de 44% com a irrigação por gotejamento, em comparação com a irrigação em vasos. Com a irrigação por gotejamento a salinidade na zona radicular foi reduzida em 32%, em comparação com a irrigação feita em cultivos plantados em vasilhas (c.f. ROSALES JAYME, 1973).

GOLDBERG & SHMUELI (1968), no deserto de Avara, Israel, desenvolveram uma série de experimentos em cultivos anuais, obtendo-se os seguintes resultados:

(a) Em melão, estudou-se o efeito de três métodos de irrigação (aspersão, sulcos e gotejamento) encontrando-se marcadas diferenças entre a irrigação por gotejamento e os outros métodos que apresentaram dados semelhantes entre si. Com gotejamento se incrementaram os rendimentos em 80%, e eficiência do uso da água em 58%.

(b) Em pepino, comparou-se o efeito da irrigação por aspersão com a irrigação por gotejamento. Com asper

são não se obteve nenhum rendimento devido a problemas de salinidade; com gotejamento obtiveram-se 35,77 toneladas por hectare.

(c) Em tomate, comparou-se o efeito do uso de diferentes qualidades de água de irrigação aplicadas mediante aspersão e com gotejamento. Quando se aplicou água de boa qualidade (400 micromhos/cm a 25°C) e água com alto teor de sais (3.000 micromhos/cm a 25°C) pelo sistema de gotejamento, obteve-se rendimentos na produção dos cultivos superiores em 29 e 65%, respectivamente, comparados aos obtidos pelos cultivos irrigados por aspersão.

(d) Num vinhedo irrigado durante dois anos, com irrigação por gotejamento, o desenvolvimento das vinhas foi cinco vezes maior em comparação com o obtido nas plantas irrigadas por inundação.

REYES MANZANARES, em 1971, citado por ROSALES JAYME (1973), em Sonora, México, efetuou um experimento usando irrigação por gotejamento em algodão. Compararam-se diferentes volumes de água aplicada por gotejamento, tendo um testemunho de irrigação por sulcos. Ele encontrou que com ambos os métodos de irrigação se obtiveram os mesmos rendimentos máximos, mas com o gotejamento se usou somente a metade da água aplicada com o uso de sulcos.

RUIZ (1975), fazendo comparação de resultados obtidos em distintos lugares do mundo, em diversos cultivos, irrigados pela forma tradicional, por aspersão e por gotejamento, evidencia a superioridade da irrigação por gotejamento, conforme pode-se observar na Tabela seguinte:

EXPERIÊNCIA	SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO		
	SUPERFICIAL	ASPERSÃO	GOTEJO
VIDEIRA Austrália			
Água aplicada em cm	96,60	76,00	40,00
Nitrogênio aplicado em kg/ha	112	224	78
RENDIMENTOS em kg/ha	16.576	17.024	29.936
Horas/homem/ha	29,64	7,41	2,47
TOMATES Israel			
Água aplicada em cm	96,50	73,70	43,20
Nitrogênio aplicado em kg/ha	201	179	112
RENDIMENTOS em kg/ha	47.376	51.072	120.960
Horas/homem/ha	44,4	11,1	3,8
PEPINO Israel			
Água aplicada em cm	83,30	68,50	40,50
Nitrogênio aplicado em kg/ha	156	112	78
RENDIMENTOS em kg/ha	25.312	24.640	53.200
Horas/homem/ha	37,5	11,1	3,7
COUVE-FLOR Califórnia			
Água aplicada em cm	86,00	71,00	40,00
Nitrogênio em kg/ha	212	156	89
RENDIMENTOS em kg/ha	17.024	17.248	28.896
Horas/homem/ha	37,0	11,1	3,7

Finalmente, apresenta os resultados experimentais dos melhores tratamentos de irrigação por gotejamento, comparados com o tratamento de irrigação por gravidade (testemunho), verificados no

México, nas culturas de milho, melancia, melão, couve e alface. A irrigação por gotejamento deu rendimentos de 343, 474, 630, 250 e 233% superiores à aqueles obtidos quando se empregou irrigação por gravidade, para os cultivos de milho, melancia, melão, couve e alface, respectivamente.

5 - UMEDECIMENTO E APLICAÇÃO DE ÁGUA

GOLDBERG & SHMUELI (1971) indicam que uma das características da irrigação por gotejamento é o umedecimento intencional não uniforme da superfície do solo. Em solos arenosos se umedece a metade de toda a superfície do solo, a área visivelmente úmida é uma franja em torno de 90 centímetros de largura, onde a linha de gotejadores passa através de seu centro. Entre as franjas molhadas, outra franja medindo 90 centímetros permanece seca. A largura da franja molhada depende do tipo de solo, do regime de irrigação, da forma de cobertura das plantas, das condições de evapotranspiração e da vazão dos gotejadores. Experimentos preliminares têm sido realizados para estimar quantitativamente a relação entre estes fatores e a dispersão da água desde um gotejador ou desde uma linha de gotejadores. Os resultados quantitativos, todavia, não proporcionam uma boa estimação em condições de campo. Parece que, todavia, falta informação básica para estar em condições de construir um modelo mais digno de confiança para esta descrição quantitativa. Afirmam ainda que, através da franja molhada, existe um gradiente constante da tensão de umidade do solo, desde a linha de gotejadores até a margem da área molhada. O crescimento das plantas a diferentes distâncias da linha de gotejadores caracteriza parcialmente este gradiente, já que existe uma tendência no sistema das raízes das plantas de se desenvolverem na direção da fonte de água.

SOARES (1973), indica que para se determinar a quantidade de água necessária para formar um bulbo molhado (volume de solo molhado) que envolve o sistema radicular da planta, deve-se considerar o seguinte:

(a) A vazão por emissor ou microtubo que depende do cultivo e do solo.

(b) O número de emissores que dependem da carga hidráulica disponível, do tipo de emissor e do diâmetro da tubulação.

(c) A distribuição geométrica dos emissores e a distância entre eles.

Esclarece ainda que, os principais fatores que influenciam na localização e formação do bulbo molhado, são os cultivos e os solos. No caso do cultivo deve-se conhecer o desenvolvimento do sistema radicular em suas diferentes fases a fim de determinar a forma e dimensões que deve apresentar o bulbo molhado, segundo o desenvolvimento do cultivo, assim como a vazão por ponto de rego, de acordo com as diferentes etapas do cultivo. Com respeito ao solo, torna-se necessário conhecer-se suas características de permeabilidade, tanto vertical como horizontal para estabelecer o número e a distância dos emissores em que se distribuirá a vazão do ponto de rego, também levando-se em conta a etapa de desenvolvimento do cultivo.

Finalmente, aconselha que no Nordeste Brasileiro, onde praticamente ainda não se utiliza o sistema de gotejamento, é imprescindível o desenvolvimento a priori de pesquisas, a fim de determinar os bulbos molhados mais convenientes para cada cultura, assim como as vazões por emissores mais indicados para formar certo tipo de bulbo, segundo os diferentes tipos de solos.

ROSALES JAYME (1973), em trabalhos realizados, com irrigação por gotejamento na cultura de pimentão caribe, no Estado de Sonora, México, indica que o bulbo molhado pode ser considerado como o volume de solo que é servido de água por um ponto de irrigação, o qual no caso de cultivos em fileiras se considera igual ao produto das separações entre as mesmas, pela separação entre os pontos de irrigação e a profundidade que se quer umedecer o solo. Isto expressado matematicamente é como segue:

$$B = D \times S \times Pr \quad (1)$$

onde:

B = volume de solos do bulbo molhado, em m³

D = separação entre fileiras, em metro

S = separação entre os pontos de irrigação, em metro

Pr = profundidade radicular, em metro.

O volume de água necessário para levar o conteúdo de água do solo até a capacidade de campo no bulbo molhado, calcula-se a partir da fórmula para obter-se a lâmina de irrigação:

$$La = Da \times Pr \times (cc - ai)/100 \quad (2)$$

onde:

La = lâmina de irrigação necessária

Da = densidade aparente do solo

Pr = profundidade do sistema radicular

cc = Conteúdo de água a capacidade de campo

ai = conteúdo de água antes da irrigação

Multiplicando-se ambos os membros da equação (2) pela superfície de evapotranspiração (produto da separação das fileiras pela separação dos pontos de irrigação) e combinando as equações 1 e 2 tem-se:

$$V_B = D \times S \times Pr \times Da \times (cc - ai)/100 \quad (3)$$

onde:

V_B é o volume de água necessário, em m^3

O tempo de irrigação usado por RUIZ (1975), para formar o bulbo molhado foi calculado da seguinte maneira:

$$TR = VB/q \quad (4)$$

onde:

TR = tempo de irrigação, em hora

VB = volume de água necessário, em litro

q = vazão, por ponto de irrigação, litro/hora.

Referindo-se à quantidade de água a aplicar, em irrigação por gotejamento, RUIZ (1975), indica que depende do uso consuntivo dos cultivos, que está em função da espécie, variedade, desenvolvimento ou idade do cultivo e das condições climatológicas do lugar; indica ainda que a fórmula mais prática e útil para o cálculo do uso consuntivo é aquela que relaciona a evapotranspiração com a evaporação medida no tanque tipo "A" e que tem a seguinte expressão matemática:

$$UC = K \times Ev \quad (5)$$

onde:

UC = uso consuntivo, em milímetro, para um dia, uma semana, um mês, etc.

Ev = evaporação em milímetro, medida no tanque tipo "A", para um dia, uma semana, um mês, etc.

K = coeficiente de conversão cujo valor mais generalizado é de 0,60.

Aconselha o uso do coeficiente de conversão igual a 0,70 em vez de 0,60 para compensar as perdas por aplicação do sistema e para água de lixiviação dos sais; ressalvando que em regiões onde a precipitação anual seja superior a 300 milímetros não é necessário usar o coeficiente de conversão igual a 0,70 e sim 0,60. No cálculo da água a aplicar, esclarece que o mesmo deve ser feito em volume, uma vez que o uso consuntivo é obtido em lâmina e assim é muito importante saber-se qual é a área que se deve considerar neste cálculo e como também a distribuição da mesma para os cultivos.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

1 - LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi realizada no Perímetro Irrigado do Engenheiro Arcoverde, no Município de Condado, Estado da Paraíba, administrado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Sua localização geográfica corresponde a 6º 54'30" de latitude Sul, 37º 35' 50" de longitude Oeste de Greenwich e a uma altitude de 340 metros acima do nível do mar. O clima da região é do tipo Bsh da classificação de Koepen, caracterizado por apresentar evaporação maior que a precipitação. O valor médio anual da temperatura é de 27,0 ° C. A precipitação pluviométrica média é de 873,11 mm/ano, sendo que 90% das chuvas ocorrem entre janeiro e junho e as maiores nos meses de março e abril (DNOCS, 1971).

2 - CARACTERÍSTICAS DO SOLO UTILIZADO

O trabalho desenvolveu-se nos dois tipos de solos mais representativos do Perímetro, descritos como aluvião de textura leve (ATL) e aluvião de textura média (ATM), localizados, no lote da Estação Experimental e no lote 12, respectivamente (DNOCS, 1971).

Nas Tabelas 1 e 2 do Apêndice são apresentados os valores de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade aparente para cada um dos solos estudados. A capacidade de campo foi estimada através de dados de umidade equivalente. Com esta finalidade, usou-se a relação capaci

dade de campo versus umidade equivalente, determinada experimentalmente por I. V. Botelho da Costa (DNOCS, 1971) e apresentada na Figura 2.

A umidade equivalente foi determinada em laboratório. As amostras foram saturadas e logo após submetidas, durante 30 minutos, a uma força centrífuga igual a mil vezes a da aceleração da gravidade.

A determinação do ponto de murcha permanente foi feita através da membrana de pressão, onde o solo foi submetido a uma pressão positiva de 15 atmosferas.

A densidade aparente foi determinada através de cilindros metálicos apropriados de 50 cm³ de volume.

Acham-se indicados também nas Tabelas 1 e 2 do Apêndice os resultados das análises físico-mecânicas dos dois solos, obtidos através do método da pipeta (DAY, 1965), e suas respectivas classificações texturais, feitas segundo o triângulo de classificação textural descrito por BUCKMAN & BRADY (1974). Todas estas características são apresentadas em incrementos de 30 cm, até uma profundidade de 90 cm.

3 - APARELHO EXPERIMENTAL

O equipamento usado para simular a irrigação por gotejamento consistiu de um gotejador CIPLA^{1/} de vazão regulável tipo parafuso, acoplado a uma tubulação flexível de 5,0 metros de comprimento e 19,05 mm de diâmetro. Tal tubulação estava conectada a um reservatório com capacidade de 40 litros de água, com uma carga hidráulica constante de 2,0 metros e 0,15 metros de carga variável (Figura 3).

O gotejador foi regulado manualmente para uma vazão média de 4,0 litros por hora (vazão mais comumente usada

^{1/} CIPLA - Companhia Industrial de Plásticos - Joinville, Estado de Santa Catarina, Brasil.

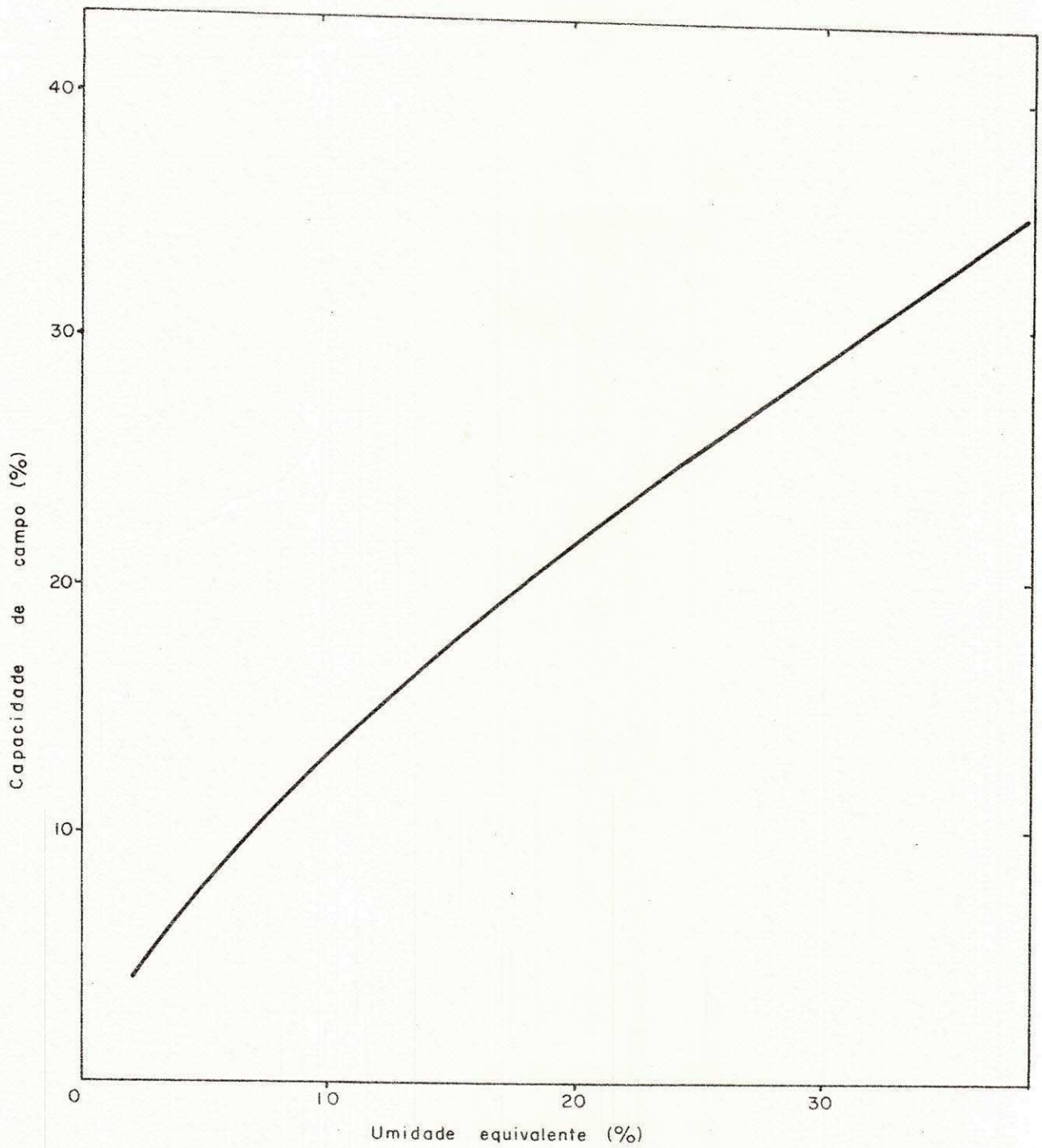


Figura 2. - Relação aproximada entre a capacidade de campo e a umidade equivalente.

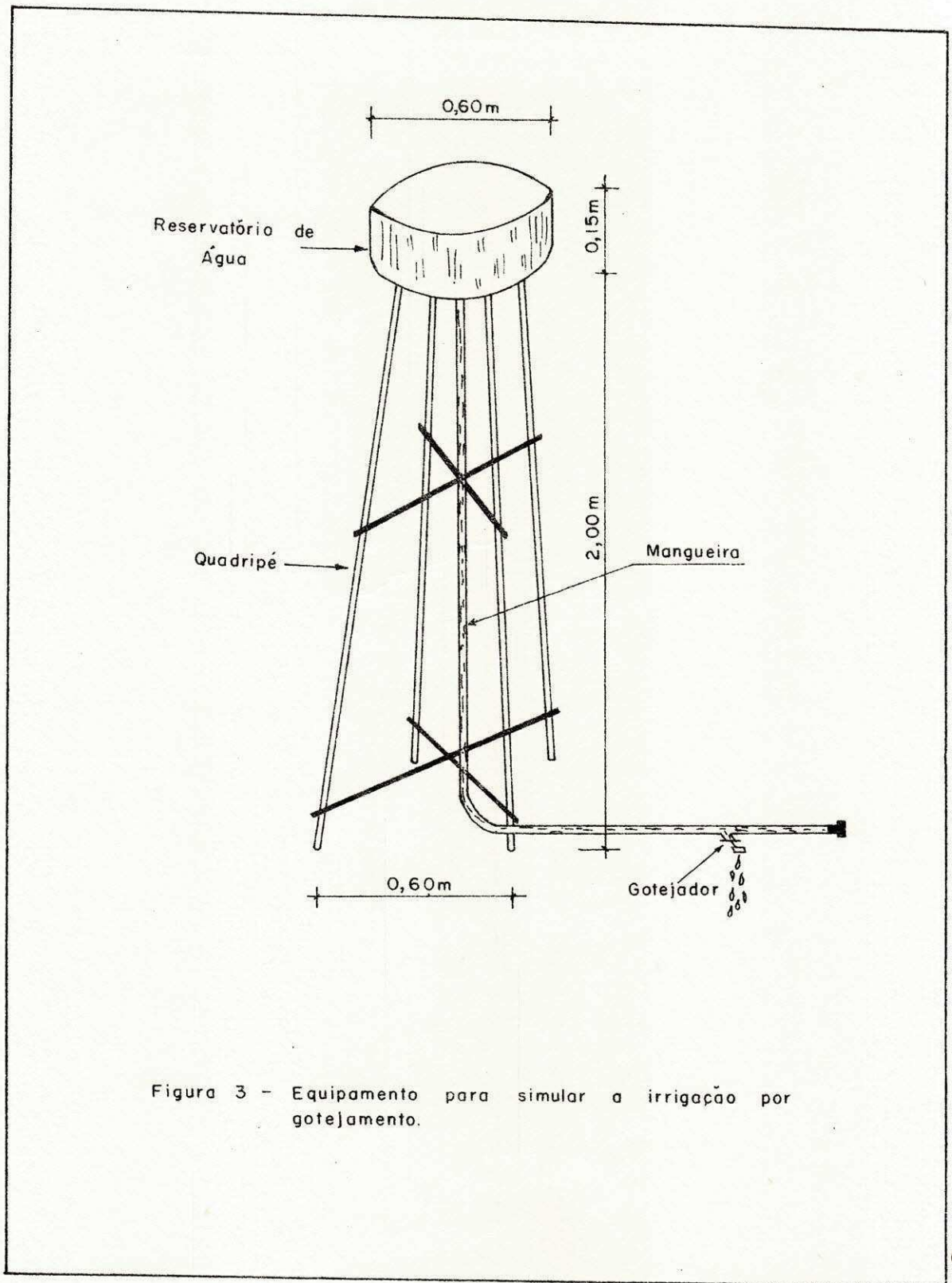


Figura 3 - Equipamento para simular a irrigação por gotejamento.

por diversos pesquisadores, em irrigação por gotejamento). Tal regulagem foi feita ajustando-se a vazão que saía do gotejador, mediante deslocamentos efetuados na peça central do mesmo (parafuso). O reservatório de água era abastecido a intervalos de 6 horas e o gotejador era limpo de 12 em 12 horas. Desta forma, mantinha-se a vazão de 4,0 litros por hora.

4 - LOCALIZAÇÃO DOS TESTES

Os testes foram realizados nas duas manchas de solo mais representativas do Perímetro (Aluvião de Textura Leve e Aluvião de Textura Média) e nestas, em dois pontos onde o solo não estava sendo irrigado, momentaneamente, e onde o lençol freático estava a uma profundidade superior a 1,30 metros. As áreas escolhidas eram planas e sem culturas.

5 - METODOLOGIA

A fim de se estudar a distribuição da água no solo, na irrigação por gotejamento, especificamente na formação do bulbo molhado, em cada um dos pontos escolhidos para os testes abriu-se uma trincheira. Tal trincheira tinha 3,0 metros de comprimento, 0,80 metros de largura e 1,30 metros de profundidade. As trincheiras foram cavadas, na direção Norte Sul e a coleta das amostras foi feita no plano de corte da trincheira que estava localizado na posição Oeste. Assim se procurou evitar a incidência dos raios solares no plano de coleta de amostras, e conseqüentemente impedindo alteração no conteúdo de água do referido plano. A área usada para cada teste permaneceu protegida por uma cobertura de plástico de cor preta a fim de evitar a evaporação e como também prevenir contra a contribuição de água de chuva. O gotejador foi colocado a 0,16 metros da borda da trincheira e equidistante dos extre

mos da mesma (Figura 4). Em cada teste o gotejador funcionou continuamente, com a vazão média de 4,0 litros por hora, num período de 140 horas.

As amostras de solo foram colhidas com um trado de 2,54 cm de diâmetro, a cada 20 horas. A posição do gotejador e a localização da amostragem são indicadas na Figura 4. A primeira amostragem foi tomada antes do início do teste.

O teor de água das amostras, assim colhidas, foi determinado pelo método gravimétrico. As amostras trazidas do campo, em recipientes apropriados, eram pesadas e logo após levadas à estufa (105 a 110°C) e depois de 24 horas eram pesadas novamente e por subtração determinava-se o conteúdo de umidade de cada amostra, que foi expresso em base de peso de solo seco.

6 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com a finalidade de proceder-se à análise dos resultados, usou-se o valor médio dos dados obtidos das duas repetições feitas em cada um dos solos estudados e assumiu-se que a distribuição da água na direção radial, durante a irrigação para formação do bulbo molhado, seria uniforme.

A partir dos dados obtidos analisou-se os seguintes parâmetros da irrigação por gotejamento:

(a) Evolução do conteúdo de água no perfil do solo.

A evolução do conteúdo de água do solo foi determinada gravando-se os conteúdos de água obtidos através do tempo que durou a irrigação versus as coordenadas do perfil do solo.

(b) Evolução e distribuição do conteúdo de água efetivo.

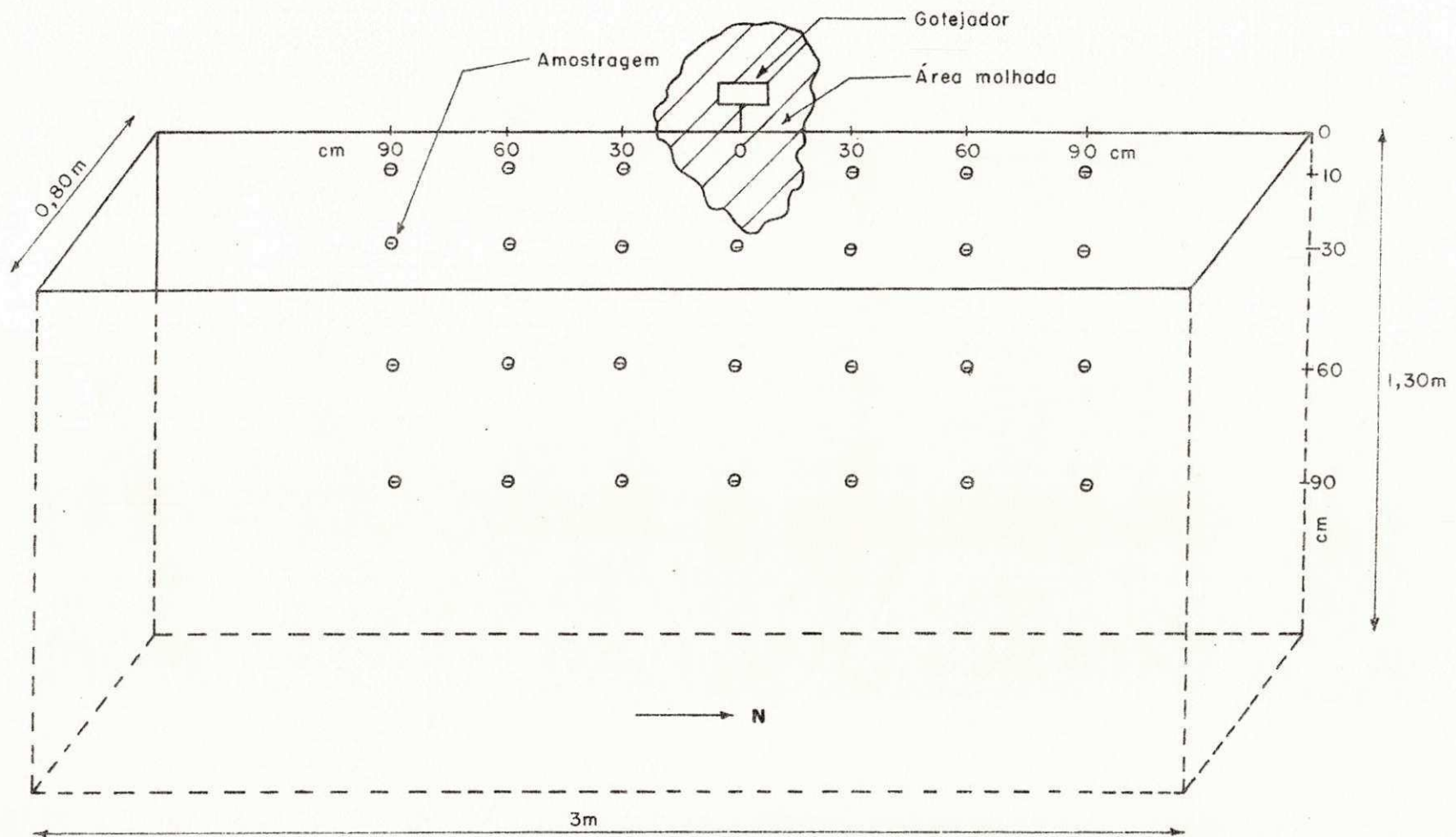


Figura 4 - Representação tridimensional da trincheira empregada para tomar as amostras e localização da amostragem.

Chamou-se aqui conteúdo de água efetivo ao teor de água do solo igual à capacidade de campo.

Com o objetivo de conhecer-se a evolução e a distribuição da água efetiva, no solo, ou seja, para determinar a formação do bulbo efetivo, compararam-se os conteúdos de água existentes no solo a cada 20 horas de irrigação com o conteúdo de água efetivo, em cada um dos dois solos analisados. Entende-se por bulbo efetivo todo o volume de solo, servido por um ponto de irrigação, com conteúdo de água efetivo.

Com a finalidade de estimar-se o volume de cada bulbo efetivo formado no solo, introduziu-se o conceito de diâmetro médio do bulbo efetivo, que para cada bulbo representa a média ponderada dos segmentos de reta tomados a cada 0,10 metros de profundidade, paralelos à superfície do solo e com extensão limitada pela curva do conteúdo de água efetivo, tendo como peso sua fração de área correspondente.

A profundidade até onde foram efetuadas as medidas para o cálculo do diâmetro médio, foi chamada de profundidade correspondente.

O bulbo efetivo foi determinado através da seguinte fórmula:

$$V_e = \pi/4 \times D_e^2 \times P_c \quad (6)$$

onde:

V_e = Volume do bulbo efetivo, em metros cúbicos.

D_e = Diâmetro médio, em metros.

P_c = Profundidade correspondente, em metros.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 - EVOLUÇÃO DO CONTEÚDO DE ÁGUA NO PERFIL DO SOLO

Com a finalidade de estudar-se o comportamento dos bulbos molhados, nos solos aluvião de textura leve e aluvião de textura média, procedeu-se à análise da evolução e distribuição do conteúdo de água. A Figura 5 apresenta a distribuição dos conteúdos de água no perfil do solo aluvião de textura leve, medidos a intervalos de 20 horas, ao longo das 140 horas de funcionamento do gotejador, determinados verticalmente em intervalos de 0-10, 10-30, 30-60 e 60-90 cm e horizontalmente em intervalos de 30 cm, até 90 cm de distância do gotejador. Os conteúdos de água no ponto imediatamente abaixo do gotejador (ponto zero, no intervalo de profundidade 0-10 cm) não foram determinados, para não prejudicar a ocorrência da infiltração natural da água através do solo. Assim, para este intervalo de profundidade, os conteúdos de água tomados a 30 cm de cada lado do gotejador foram unidos diretamente mediante linhas interrompidas.

A análise desta Figura, comparando-se às camadas de solo permite observar que houve um decréscimo natural no conteúdo de água, desde a superfície até o intervalo de profundidade 30-60 cm, havendo porém, um acréscimo de água na camada 60-90 cm. O decréscimo inicial no conteúdo de água é plenamente justificável devido a que o conteúdo de argila diminua com a profundidade, e assim também diminuía a capacidade de retenção de água do solo (Tabela 1). Analisando-se a Tabe

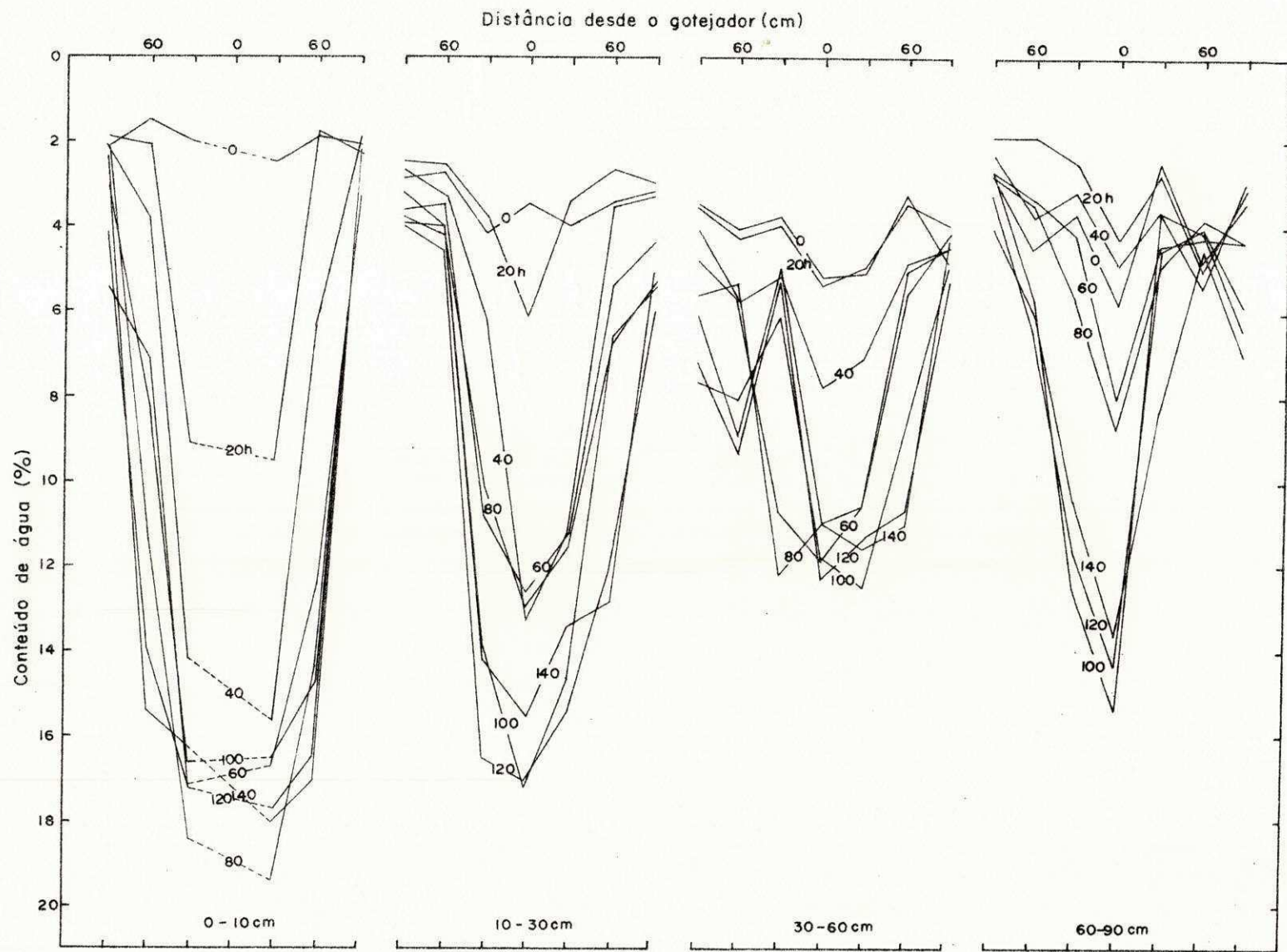


Figura 5 - Evolução do conteúdo de água no solo aluvião de textura leve para o intervalos de profundidades 0-10, 10-30, 30-60 e 60-90cm ao longo das 140 horas de duração do experimento (Os zeros correspondem à localização do gotejador)

La 1, do Apêndice, observa-se que no solo vai aumentando o conteúdo de areia com a profundidade. Considerando que esta tendência continua abaixo dos 90 cm de profundidade, a qual foi visualmente observada no campo, por ocasião da operação dos testes. Esta condição poderia explicar o aumento do conteúdo de água na camada 60-90 cm, ou seja, quando a água foi se infiltrando através deste intervalo e alcançou os limites da camada inferior mais grossa, foi submetida a uma sucção por parte da camada 60-90 cm, impedindo a passagem da água para a camada inferior. Assim, se produziu uma acumulação de água ao redor do gotejador na camada 60-90 cm. Este fenômeno foi observado por MILLER & GARDNER em 1972, os quais indicaram que esta acumulação continua até que se obtenha uma carga de pressão suficiente para fazer com que a água passe à camada mais grossa. A Figura 5 mostra que o máximo conteúdo de água na camada de 60-90 cm, foi obtido 100 horas após ter começado o teste e que às 120 e 140 horas os conteúdos de água decresceram. Isto poderia estar indicando que após 100 horas se atingiu esta carga de pressão e a água começou a passar para a camada mais arenosa, diminuindo, conseqüentemente, o conteúdo de água determinado na camada de 60-90 cm.

Ainda na Figura 5 pode-se observar que, com exceção da camada 30-60 cm, houve uma diminuição do conteúdo de água quase vertical a partir do gotejador, ou seja, os teores de água decresceram lateralmente ao longo da profundidade, desde o ponto de distribuição da água. Nota-se, portanto, que o perfil de umidade em solos de areia, irrigados por gotejamento, assemelha-se à distribuição da umidade em solos de areia irrigados por meio de sulcos, cujo perfil segundo DAKER (1970), assemelha-se à forma de uma cenoura.

Na Figura 6 apresenta-se a distribuição do conteúdo de água no perfil do solo aluvião de textura média.

Da mesma maneira que para o solo aluvião de textura leve, esta distribuição é apresentada para os intervalos de profundidades 0-10, 10-30, 30-60 e 60-90 cm e horizontalmente para uma largura de 90 cm para cada lado do gotejador. Pelas mesmas razões explicadas para o solo aluvião de textura leve, os conteúdos de água no ponto zero para o primeiro intervalo de profundidade não foram determinados, e os conteúdos de água determinados nos 30 cm a cada lado do gotejador, para a camada 0-10 cm, são unidos diretamente mediante linhas interrompidas.

Observando-se esta Figura constata-se que houve um decréscimo natural do conteúdo de água, no decorrer das 140 horas de irrigação, a partir da superfície do solo (0-10 cm) até a profundidade de 90 cm (60-90 cm). Este decréscimo é explicado em virtude de que o conteúdo de argila ia diminuindo com a profundidade e assim também diminuía a capacidade de retenção de água do solo (Tabela 2).

Observa-se também, na Figura 6, que os conteúdos máximos de água nem sempre ocorreram debaixo do gotejador e que, em consequência, teve-se uma distribuição horizontal em torno do mesmo. Pode-se notar também, que o decréscimo do conteúdo de água a partir do gotejador, nos sentidos laterais, 60 cm para cada lado do mesmo, não foi muito acentuado. A ocorrência dos conteúdos máximos de água nem sempre debaixo do gotejador, a distribuição horizontal da água e o decréscimo da umidade não muito acentuado no sentido radial, são justificados, pois trata-se de um solo franco arenoso (Tabela 2). Ao comparar-se a distribuição da água na Figura 5 com a distribuição da água na Figura 6, pode-se evidenciar a influência da permeabilidade na distribuição da água, observando-se que, na Figura 5, onde o solo é mais arenoso (Tabela 1) a distribuição da água deu-se mais no sentido vertical, enquanto que, na Figura 6, onde o solo é mais fino (Tabela 2), a distribuição ve

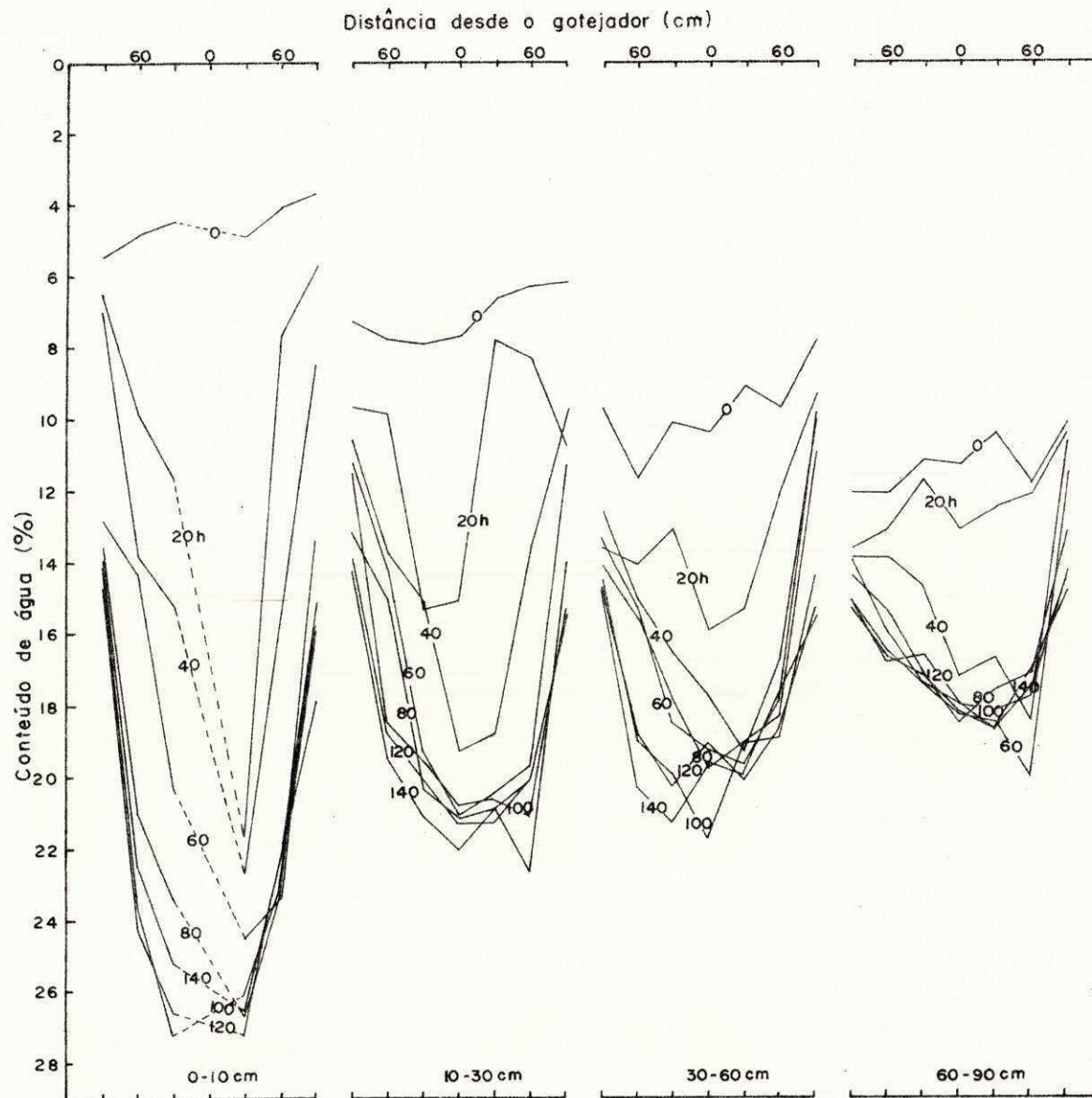


Figura 6 - Evolução do conteúdo de água no solo aluvião de textura média para os intervalos de profundidade, 0-10, 10-30, 30-60 e 60-90 cm ao longo das 140 horas de duração do experimento (Os zeros correspondem à localização do gotejador)

rificou-se mais no sentido lateral.

2 - EVOLUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO CONTEÚDO DE ÁGUA EFETIVO. FORMAÇÃO DO BULBO EFETIVO.

As Figuras 7 e 8, apresentam cortes longitudinais dos bulbos efetivos (volume de solo com conteúdo de água igual à capacidade de campo), nas quais se estuda a distribuição do conteúdo de água efetivo (teor igual à capacidade de campo), ao longo das 140 horas de duração dos testes para os perfis de solo aluvião de textura leve (ATL) e aluvião de textura média (ATM), respectivamente. Na Figura 7 as linhas interrompidas, indicadas logo abaixo da profundidade de 90 cm, representam a provável tendência final da formação dos bulbos, uma vez que a amostragem de solo somente foi feita até esta profundidade.

A análise da Figura 7 permite observar que, durante as primeiras 20 horas de teste, a distribuição da água efetiva foi quase uniforme em todas as direções e, posteriormente, esta se acentuou na direção vertical. Isto acontece porque em solo relativamente seco, os gradientes de sucção são inicialmente maiores que os gradientes gravitacionais e assim a infiltração horizontal é quase igual à infiltração vertical. Este fenômeno foi observado, também, durante as primeiras 20 horas de irrigação, no solo aluvião de textura média. Porém, neste solo, o centro da distribuição uniforme não correspondeu com o ponto de localização do gotejador (ponto zero). Aparentemente, tal ocorrência verificou-se devido à heterogeneidade do solo.

Comparando as Figuras 7 e 8, é possível obser

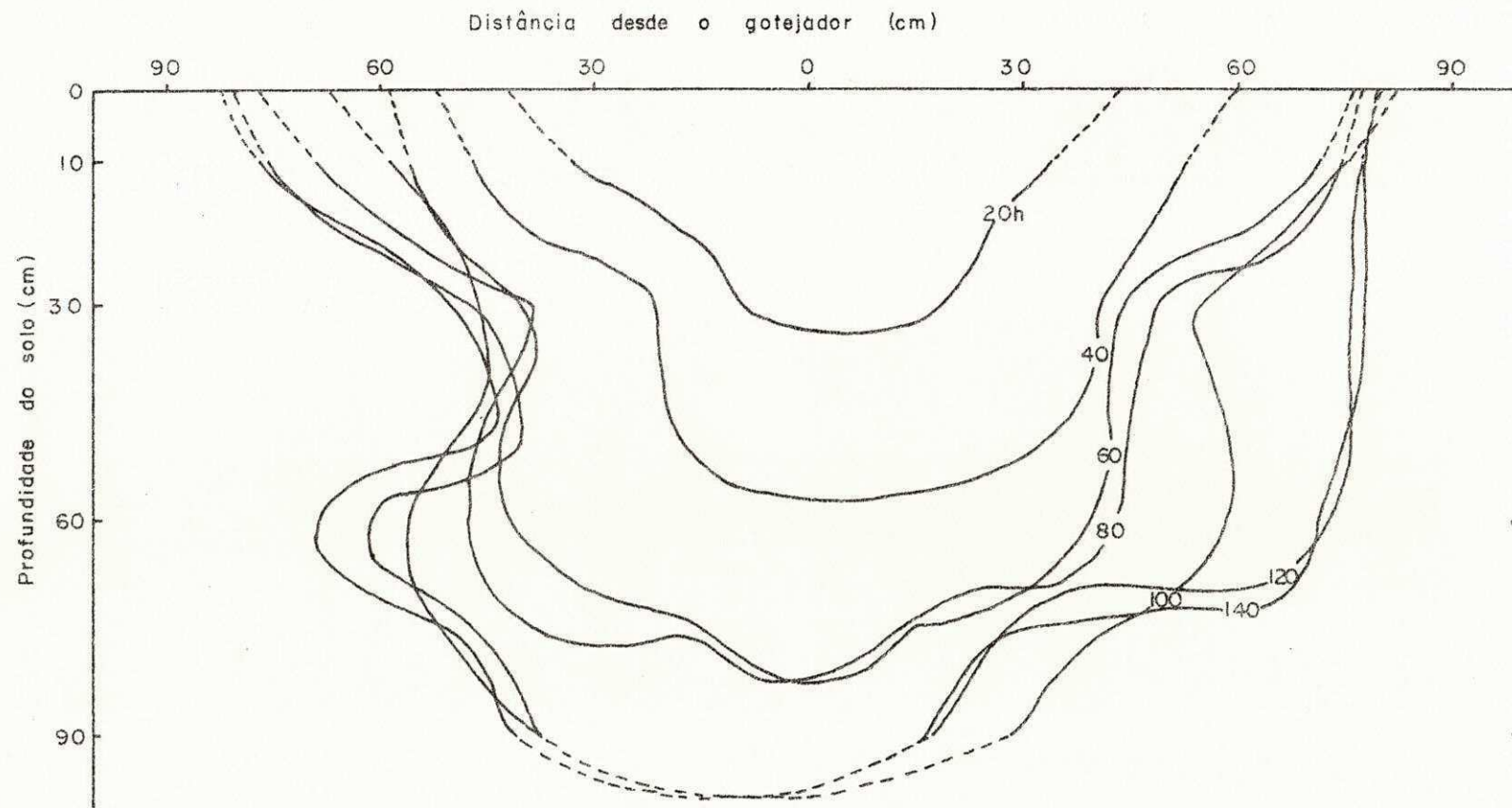


Figura 7 - Bulbos efetivos formados durante as 140 horas de duração dos testes para o solo aluvião de textura leve (O ponto zero corresponde à localização do gotejador)

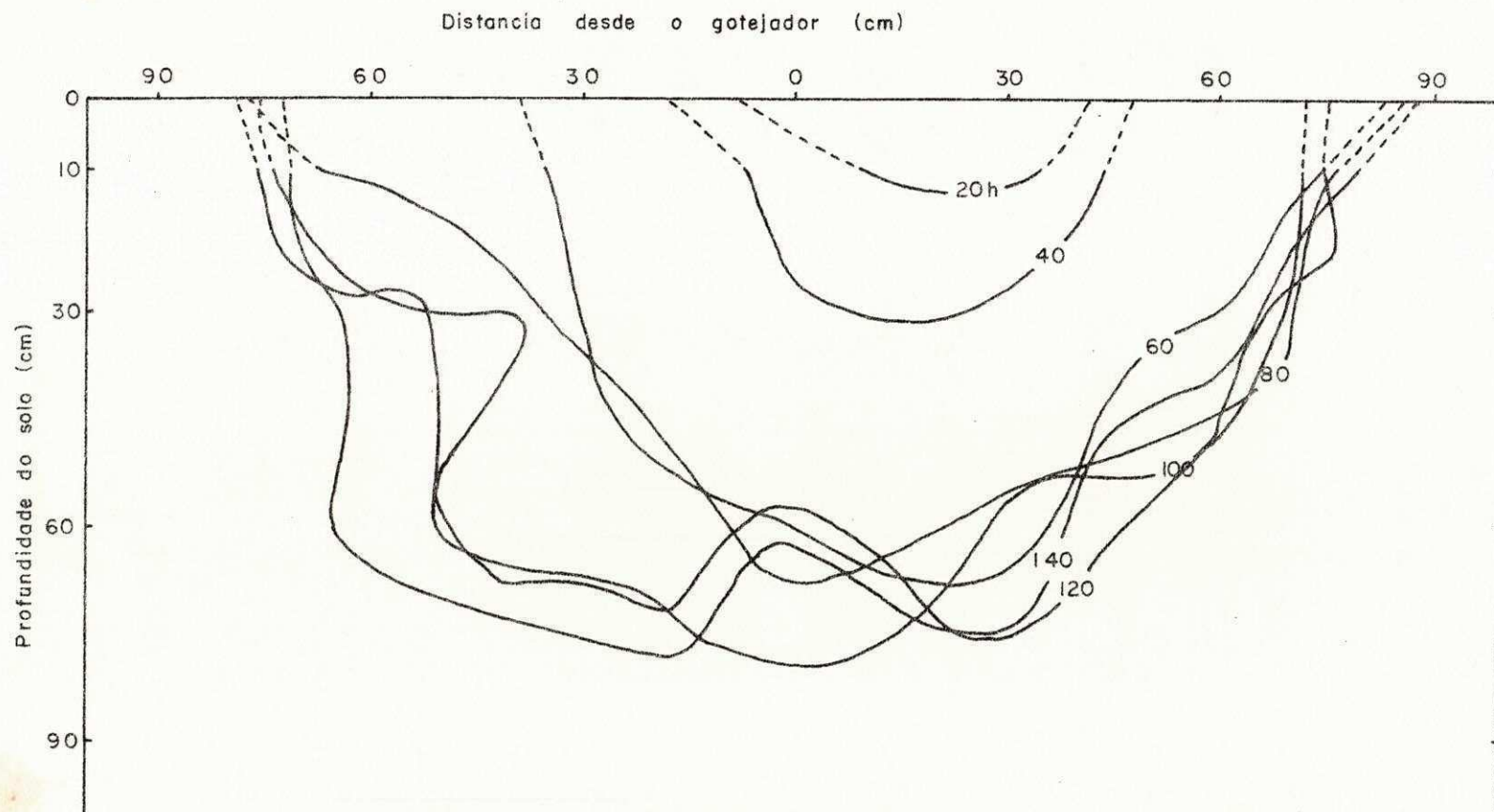


Figura 8 - Bulbos efetivos formados durante as 140 horas de duração dos testes para o solo aluvião de textura média (0 ponto zero corresponde a localização do gotejador)

var que, os bulbos efetivos formados no solo aluvião de textura leve alcançaram maiores profundidades do que os bulbos efetivos formados no solo aluvião de textura média. Admite-se que esta diferença tenha ocorrido em virtude de que o solo aluvião de textura média, por ter maior conteúdo de argila e consequentemente maior capacidade de armazenamento da água tenha influido no seu deslocamento e assim impedido seu movimento no solo, enquanto que a água no solo aluvião de textura leve, classificado como areia, não foi muito retida e teve assim maior deslocamento no sentido vertical, do que no solo aluvião de textura média.

Com o objetivo de quantificar-se as dimensões dos bulbos efetivos, elaborou-se a Tabela 3, na qual acham-se indicados os valores de diâmetro médio, profundidade correspondente, área longitudinal acumulada e volume do bulbo efetivo. Estes valores foram calculados em intervalos de 20 em 20 horas de funcionamento do gotejador, para os dois solos estudados. A análise desta Tabela permite se verificar o que já foi discutido anteriormente. Assim, é possível observar, que para o solo aluvião de textura leve, durante as primeiras 20 horas de teste, o raio médio do bulbo efetivo foi de 0,29 m enquanto que sua profundidade correspondente foi de 0,25 m. Para o solo aluvião de textura média, durante as primeiras 20 horas o raio médio do bulbo efetivo foi de 0,19 m enquanto que sua profundidade correspondente foi de 0,12 m. Portanto se verifica que para ambos os solos, no início dos testes, quando estavam relativamente secos, a infiltração lateral foi aproximadamente igual à vertical pelas razões previamente apresentadas. Também se verifica que a profundidade correspondente do bulbo efetivo para o solo aluvião de textura leve alcançou um máximo valor de 0,90 m, enquanto que, para o solo aluvião de textura média, este máximo valor foi de 0,70 m.

TABELA 3

BULBOS EFETIVOS PARA OS SOLOS ALUVIÃO DE TEXTURA
LEVE E ALUVIÃO DE TEXTURA MÉDIA

Tempo (h)	ALUVIÃO DE TEXTURA LEVE				ALUVIÃO DE TEXTURA MÉDIA			
	DIÂMETRO MÉDIO (m)	PROFUNDI DADE COR RESPONDEN TE (m)	ÁREA LONGI TUDINAL \bar{A} CUMULADA (m ²) *	VOLUME DO BULBO EFE TIVO (m ³)	DIÂMETRO MÉDIO (m)	PROFUNDIDA DE CORRES PONDENTE (m)	ÁREA LONGI TUDINAL \bar{A} CUMULADA (m ²) *	VOLUME DO BULBO EFE TI VO (m ³)
20	0,58	0,25	0,160	0,058	0,38	0,12	0,045	0,014
40	0,78	0,57	0,393	0,272	0,47	0,30	0,130	0,052
60	1,00	0,75	0,669	0,589	0,91	0,60	0,497	0,390
80	1,13	0,75	0,747	0,752	1,13	0,60	0,580	0,601
100	1,09	0,90	0,892	0,839	1,19	0,70	0,759	0,778
120	1,30	0,90	1,027	1,194	1,28	0,70	0,766	0,900
140	1,26	0,90	1,027	1,122	1,29	0,70	0,824	0,914

* Estas não foram as áreas usadas para calcular os volumes dos bulbos efetivos.

Considerando que os raios efetivos e principalmente as profundidades correspondentes foram maiores no solo aluvião de textura leve, então, a ocorrência de maiores bulbos efetivos no solo aluvião de textura leve do que no solo aluvião de textura média é naturalmente explicada.

A análise das Figuras 7 e 8 e da Tabela 3 permite deduzir que, aparentemente, os maiores incrementos de bulbos efetivos se verificaram ao longo das primeiras 60 horas de funcionamento do gotejador.

Com o objetivo de verificar este fato construiu-se a Figura 9, que representa o tempo necessário para formação da área longitudinal total do bulbo efetivo para ambos os solos, ao longo das 140 horas de duração de experimento. Observando-se esta Figura, verifica-se que, efetivamente, a formação da maior parte dos bulbos foi obtida durante as primeiras 60 horas de funcionamento do gotejador. Assim, para o solo aluvião de textura leve, durante este tempo, formaram-se 65% da área total do bulbo efetivo, e para o solo aluvião de textura média formaram-se 61%. Assim, com 42,8% do tempo total de funcionamento do gotejador, deu-se a formação da maior parte da área total do bulbo efetivo em ambos os solos. Este fenômeno verificou-se em decorrência de que, neste intervalo de tempo, os solos apresentaram os maiores incrementos de área (Figura 10). Acredita-se que este maior valor de incrementos de área, ocorrido nas primeiras 60 horas de funcionamento do gotejador, tenha-se verificado em virtude de os solos neste intervalo de tempo ainda não terem sofrido o efeito de obturação dos seus poros pelas partículas finas e ou pelo ar neles existentes.

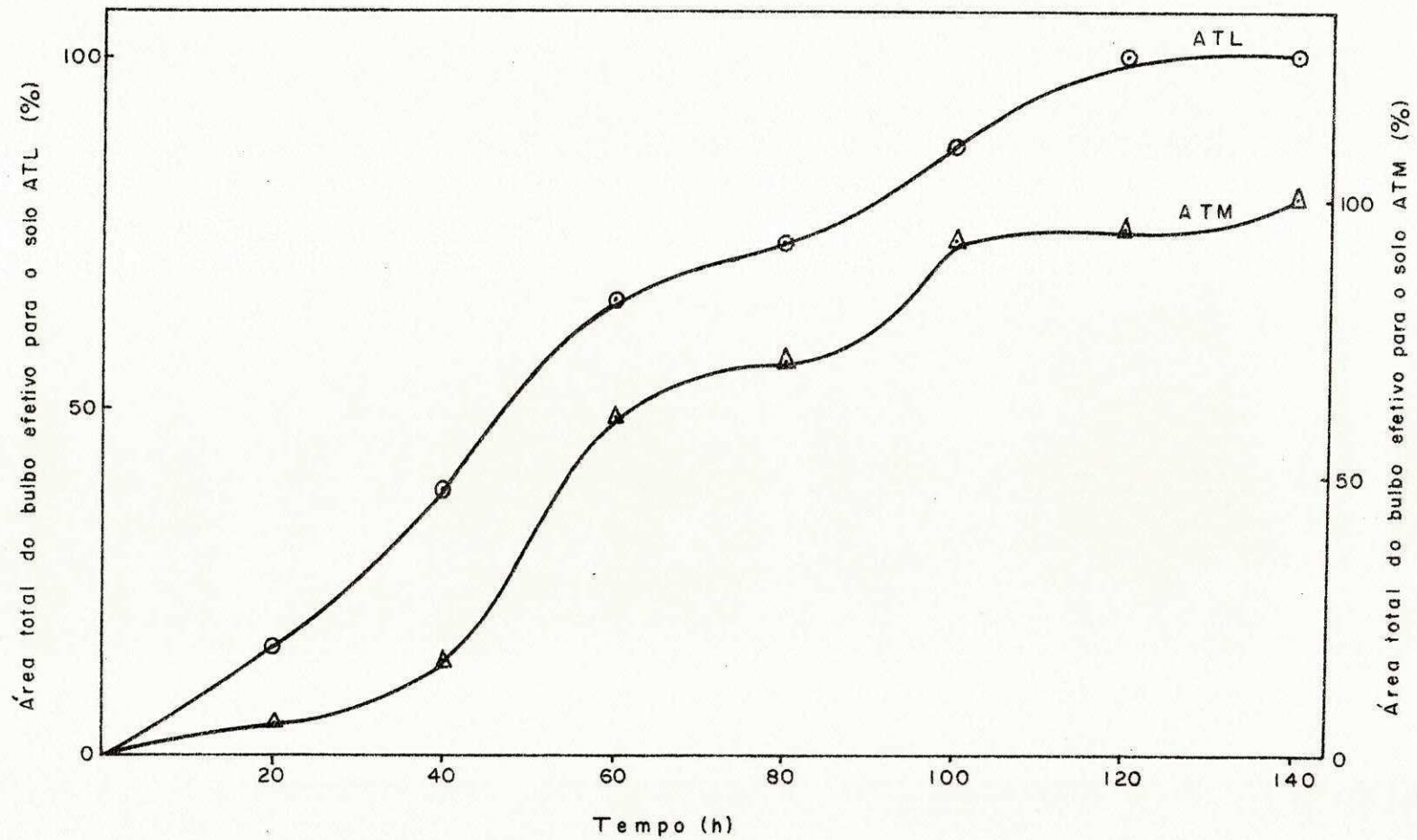
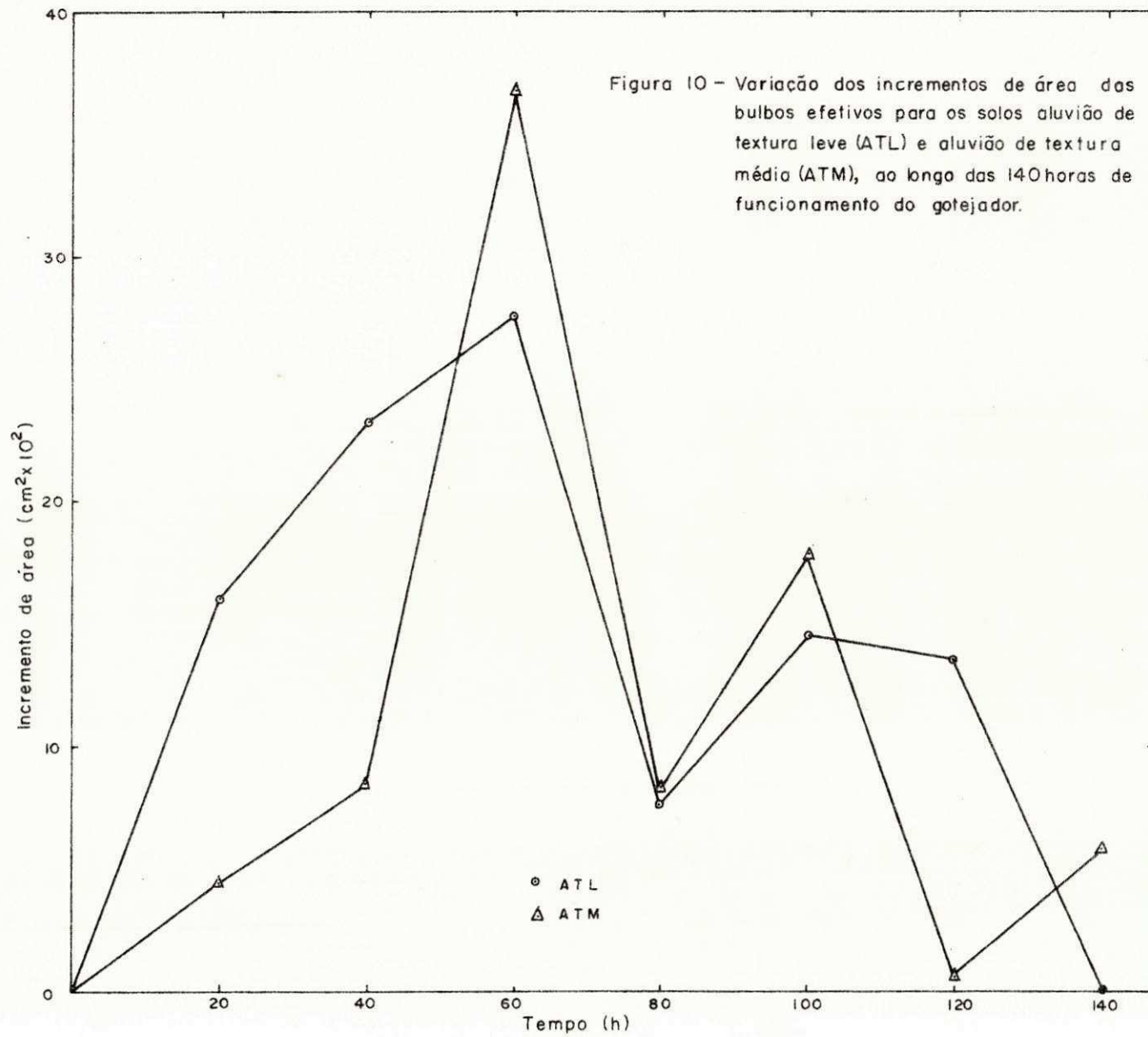


Figura 9 - Tempo necessário para formar a área total do bulbo efetivo nos solos aluvião de textura leve (ATL) e aluvião textura média (ATM)



3 - TEMPO DE IRRIGAÇÃO E ESPAÇAMENTO ENTRE GOTEJADORES

Com o objetivo de assegurar uma aplicação uniforme de água na superfície a irrigar, os gotejadores devem ser localizados, na lateral ou numa ramificação desta, de tal maneira, que os bulbos efetivos formados por eles se constituam num único de tal forma que venha a envolver a parte mais ativa do sistema radicular.

Quando se conhece o tipo de solo e a vazão a aplicar o tempo de irrigação e o espaçamento entre gotejadores vai depender basicamente do tipo de cultivo a ser implantado e mais especificamente da extensão de sua zona radicular. A extensão desta zona é um fator importante a considerar-se, pois, em parte o conhecimento desta é de importância para o estabelecimento do bulbo efetivo que irá servi-la.

Aproveitando os resultados obtidos no presente trabalho, elaborou-se a Tabela 4 que apresenta a profundidade correspondente, tempo de irrigação e espaçamento entre gotejadores (com vazão de 4,0 l/h) para os dois solos estudados, aluvião de textura leve e aluvião de textura média. Verifica-se que, se no solo aluvião de textura leve, por exemplo, deseja-se irrigar uma cultura que tem uma profundidade radicular de aproximadamente 50 cm os gotejadores deverão funcionar durante 40 horas com um espaçamento máximo de 65 cm. Por outro lado, se a cultura a irrigar necessita de um molhamento efetivo até uma profundidade de 0,90 m, também no solo aluvião de textura leve, o gotejador deverá funcionar durante 100 horas e o espaçamento máximo será de 105 cm entre gotejadores. Um espaçamento menor resultará numa perda de eficiência no uso da água.

Observando-se ainda a Tabela 4, pode-se notar que, o solo aluvião de textura leve apresentou, em geral, espa

TABELA 4

ESPAÇAMENTO ENTRE GOTEJADORES PARA OS SOLOS ALUVIÃO
DE TEXTURA LEVE E ALUVIÃO DE TEXTURA MÉDIA

TEMPO NECESSÁRIO PARA ATINGIR A PROFUNDIDA DE CORRESPONDENTE (h)	ALUVIÃO DE TEXTURA LEVE		ALUVIÃO DE TEXTURA MÉDIA	
	PROFUNDIDADE CORRESPONDENTE (cm)	ESPAÇAMENTO MÁXI MO DOS GOTEJADORES (cm)	PROFUNDIDADE CORRESPONDENTE (cm)	ESPAÇAMENTO MÁXI MO DOS GOTEJADORES (cm)
20	25	55	12	25
40	57	65	30	35
60	75	85	60	75
80	75	95	60	85
100	90	105	70	105
120	90	125	70	115
140	90	125	70	115

çamentos maiores do que o solo aluvião de textura média. Julga-se que a ocorrência de espaçamentos maiores entre os gotejadores, no aluvião de textura leve, deve-se ao fato deste solo ter apresentado maiores diâmetros médios do que o solo aluvião de textura média, o que teoricamente, não se esperava acontecer.

Constata-se também, observando-se a referida Tabela, que nas duas últimas estimativas (120 e 140) horas houve repetição de valores para os espaçamentos entre os gotejadores nos dois solos estudados. Acredita-se que estas repetições foram motivadas pelos pequenos acréscimos de área, com teor de água efetivo, nestes intervalos; o que leva a crer-se que os bulbos nestes intervalos estavam assumindo suas formas definitivas.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos, quando se irrigou dois solos por gotejamento, com uma vazão de 4 litros por hora, permitiu concluir e recomendar o seguinte:

1. Quando se irrigou por gotejamento no solo aluvião de textura leve, a distribuição do conteúdo de água assemelhou-se, bastante, à distribuição geralmente obtida quando se irriga por sulcos, segundo DAKER (1970). Esta característica de distribuição da água não foi observada no solo aluvião de textura média.
2. As máximas profundidades alcançadas pelos bulbos efetivos (volume de solo com conteúdo de água igual à capacidade de campo), foram de 90 e 70 cm para os solos aluvião de textura leve e aluvião de textura média, respectivamente. Ambos os bulbos máximos foram obtidos após 100 horas de irrigação.
3. O diferente comportamento dos solos estudados atribui-se às suas diferentes propriedades físico-hídricas.
4. Para ambos os solos, durante as primeiras 20 horas de irrigação, quando o solo estava relativamente seco, a infiltração lateral foi, aproximadamente, igual à infiltração vertical. Após 20 horas de funcionamento de gotejador a infiltração vertical foi maior que a infiltração lateral.
5. Para ambos os solos, a maior parte das áreas longitudinais dos bulbos efetivos, foram obtidas durante as primeiras 60

horas de irrigação. Assim, com 42,8% do tempo total de irrigação, formaram-se 65 e 61% das áreas longitudinais dos bulbos efetivos para os solos aluvião de textura leve e aluvião de textura média, respectivamente.

6. Concluiu-se que no solo aluvião de textura leve estudado, é possível usar-se maiores espaçamentos entre os gotejadores do que no solo aluvião de textura média.
7. Quando se deseja conhecer os tempos de irrigação e os espaçamentos entre gotejadores para culturas com diferentes profundidades da zona radicular, implantadas nos solos aluvião de textura leve e aluvião de textura média, recomenda-se o uso da Tabela 4. O uso de tempo de irrigação ou espaçamentos entre gotejadores menores do que os indicados, provavelmente, resultará numa diminuição da eficiência da irrigação.
8. Com o objetivo de obter-se mais informações sobre a irrigação por gotejamento, recomenda-se:
 - Conduzir novos testes usando desta vez diferentes vazões em diferentes tipos de solos.
 - Determinar a máxima vazão que pode ser infiltrada, em diferentes tipos de solos, a fim de que não haja escoamento superficial.
 - Verificar in situ, com diferentes culturas, os tempos de irrigação e os espaçamentos entre gotejadores aqui recomendados.
 - Determinar os conteúdos de água do solo 48 horas após terminar a irrigação. Desta forma se poderá avaliar a eficiência de aplicação de água.

B I B L I O G R A F I A

- (7) BUCKMAN, Harry O. & BRADY, Nyle. Natureza e Propriedades dos Solos. 3ª ed. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos, 1974.
- DAKER, Alberto. Irrigação e Drenagem. In: _____ A Água na Agricultura. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos, 1970, 3v.
- (18) DAY, Paul R. Particle Fractionation and Particle-size Analysis. In: Black, C. A. ed. Methods of Soil Analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965, p.546-67.
- (18) DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contrás as Secas. Projeto Engenheiro Arcoverde. Recife, DNOCS, 1971, Vol. I & II.
- (23) GOLDBERG, S. Dan. Irrigation Methods and Techniques in Israel. Rehovot, ECAFE, 1971.
- (24) GOLDBERG, S. Dan. Forecasts and Expectations on Irrigation Development in Israel to the Year 1990. Israel, the Water Commissioner's, 1973.
- (25) GOLDBERG, S. Dan & SHMUELI, M. Drip Irrigation-a Method Used Under Arid and Desert Conditions of High Water and Soil Salinity. St. Joseph, Michigan, American Society of Agricultural Engineers, v. 13. n.1, p.38-41, 1970.
- (26) GOLDBERG, S. Dan & SHMUELI, M. The Effect of Distance from the Tricklers on Soil Salinity and Growth and Yield os Sweet Corn in an Arid Zone. s,l, Hort Science, v.6(6), 1971.

- (58) MILLER, E.E. & GARDNER W.E. Water Infiltration into Stratified Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26,115-118, 1962.
- (60) NOYOLA, Francisco Torres. Estudios sobre Diferentes Procedimientos de Aplicación del Riego por Goteo en el Cultivo del Tomate. Mexico, D.F, Secretaria de Recursos Hidraulicos, 1974.
- (62) OLITTA, Antonio Fernando. O Método de Irrigação por Goteo, Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1975.
- (63) OLITTA, Antonio Fernando & MOREIRA, Celio S. Irrigação por Goteo em Pomelo: Dados Preliminares. Fortaleza, III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem, 1975.
- (71) ROSALES JAYME, Juan Raul. Riego por Goteo del Chile Caribe en el Distrito de Riego del Rio Yaqui, Sonora, Mexico, D.F, Secretaría de Recursos Hidraulicos, 1973.
- (72) RUIZ, Tomás Valenzuela. Principios Básicos del Riego por Goteo y Experiencias de su Aplicación en la Republica Mexicana, Mexico, D.F, Secretaría de Recursos Hidraulicos, 1975.
- (77) SOARES, Juracy Braga. Irrigação por Gotejamento, Considerações Básicas. Petrolina, GEIDA - SUDENE, IICA - CIDIAT, 1973.

APENDICE

TABELA 1

ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO
ALUVIÃO DE TEXTURA LEVE (ATL)

PROFUNDIDADE DO SOLO (cm)	CC (%)	PMP (%)	D.Ap. (g/cm ³)	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL
0-30	11,6	3,6	1,78	7,0	4,5	88,5	AREIA
30-60	7,7	1,4	1,52	3,5	4,0	92,5	AREIA
60-90	5,8	1,3	1,42	1,0	3,5	95,5	AREIA

CC - Capacidade de Campo
PMP - Ponto de Murcha Permanente
D.Ap. - Densidade Aparente

TABELA 2

ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO
ALUVIÃO DE TEXTURA MÉDIA (ATM)

PROFUNDIDADE DO SOLO (cm)	CC (%)	PMP (%)	D.Ap. (g/cm ³)	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL
0-30	19,8	4,8	1,66	18,0	8,5	73,5	FRANCO ARENOSO
30-60	19,8	8,6	1,56	14,5	12,0	73,5	FRANCO ARENOSO
60-90	18,4	6,8	1,63	11,0	9,0	80,0	FRANCO ARENOSO

CC - Capacidade de Campo

PMP - Ponto de Murcha Permanente

D.Ap. - Densidade Aparente