

A IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO *

I PARTE — Influência sobre as relações solo-água

HÉLIO A. MANFRINATO **

RESUMO

Por meio de colunas de terra, convenientemente preparadas em laboratório, em tubos cilíndricos, estudou-se a distribuição da umidade no momento da infiltração, aplicando-se água em forma de gotas, simulando chuva, a oito diferentes intensidades, com duas repetições para cada tratamento.

Verificou-se que quando se reduzia a intensidade de aplicação da água, a intervalos mais ou menos constantes, aquele teor de umidade também decrescia, e vice-versa.

Constatou-se também que, quando as intensidades de gotejamento eram muito pequenas, o teor de umidade se reduzia com menor intensidade, caminhando para um limite, ao qual se atribuía com lógica e senso, ser a capacidade de campo do solo.

INTRODUÇÃO

A técnica de irrigação por gotejamento, como mais um sistema de fornecimento suplementar de água à planta, surgiu em Israel, devido principalmente a escassez de recursos hídricos.

Os resultados obtidos naquele país, concernente à produção das plantas irrigadas por gotejamento, foram de tal forma surpreendentes, que provocou um interesse por parte de agricultores e técnicos de outras regiões do globo, em tentar esse tipo de irrigação, mesmo onde havia fatura de mananciais aquíferos.

Em nosso país foram realizadas algumas pesquisas nesse campo estando outras em andamento, tudo fazendo crer, que em breve os nossos agricultores terão subsídios para aplicação daquela técnica em suas lavouras.

* Entregue para publicação em 18/2/1974.

** Departamento de Engenharia Rural da ESALQ.

Com o aparecimento da irrigação por gotejamento surgiu a necessidade de se conhecer melhor o que ocorre com a distribuição de umidade do solo no momento da infiltração, pois é um processo de irrigação mais demorado e em quantidades reduzidas de água.

Os estudos das relações solo-água, no que concerne aos problemas de irrigação, têm sido realizados nos aspectos estático e dinâmico, predominantemente visando o comportamento desses elementos, algum tempo depois que se interrompeu o fornecimento da água. Poucas pesquisas têm sido dirigidas com o objetivo de se conhecer as relações solo-água durante a aplicação da água ao solo.

O presente trabalho, visa exatamente estudar o que ocorre com a relação solo água no momento da infiltração quando se processa a irrigação por gotejamento a diferentes intensidades, pois acreditamos que com base nas pesquisas já realizadas, pode-se atingir uma condição ideal nessa relação, para um melhor desenvolvimento da planta.

REVISÃO DE LITERATURA

A distribuição do conteúdo de umidade ao longo do perfil de solo, no momento em que se processa a infiltração de água, tem sido objeto de estudos e experimentação. Alguns aspectos do assunto já se acham bem caracterizados e esclarecidos, havendo, contudo, outros que carecem de estudos mais profundos.

As pesquisas de BODMAN e COLMAN, que trabalharam com colunas de solo em laboratório, revelaram entre outras coisas que durante o processo de infiltração, exceto para uma camada relativamente fina na superfície, o teor de umidade ao longo do perfil do solo não atinge o de saturação. Ele se mantém mais ou menos constante, a um valor entre saturação e capacidade de campo, na maior parte do perfil, dentro do que se denomina «zona de transmissão».

No entanto, é bastante escasso o número de trabalhos publicados sobre a influência que existe acerca das diferentes intensidades de irrigação no conteúdo de umidade atual do solo, no momento da infiltração.

Acreditava-se, via de regra, que o perfil do solo se umedecia igualmente ao longo do seu comprimento, fossem quaisquer as intensidades de aplicação da água, pois atribuiu-se que as camadas do solo se umedeciam, sucessivamente, de cima para baixo, numa seqüência em que a camada inferior só recebia água, quando a superior já estivesse saturada ou mesmo próxima deste estado.

No entanto, com base no conceito da condutibilidade hidráulica, compreende-se facilmente que a água caminha no solo, regida por leis, que não somente a da gravidade. Quando a intensidade de aplicação é muito pequena o conteúdo de umidade, ao longo do perfil, se distribui de acordo com a condutibilidade hidráulica que, reciprocamente, é baixa.

Os poucos trabalhos conhecidos sobre o assunto se devem principalmente a YOUNGS, BUDAGOWSKII e MARSHALL. RUBIN et al apresentaram resultados surpreendentes, trabalhando com colunas de solos arenosos e argilosos, constatando que o conteúdo de umidade ao longo do perfil decrescia quando o solo era submetido a intensidades de chuvas também decrescentes.

O presente trabalho pode ser encarado como um prolongamento das pesquisas de Rubin et al, visando um aspecto mais relacionado com a irrigação por gotejamento, no que tange à água disponível. Sabe-se que a água disponível do solo tem como limite superior o que se denomina de Capacidade de Campo (Cc). Assim sendo, procurou-se, em última análise, ampliar as informações existentes, acrescentando-se às pesquisas anteriormente citadas, novos resultados que pudessem esclarecer a respeito de um melhor aproveitamento da água na agricultura.

Os resultados obtidos neste experimento são convincentes quanto ao referido limite e se mostram bastante úteis no contexto de irrigação das plantas, conforme relato que será objeto de uma próxima publicação.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho foram empregados os materiais e métodos descritos como se segue:

1. Materiais

1.1. Solo

O solo em causa, cuja amostra se tomou a uma profundidade de 0—20 cm, ocorre no município de Piracicaba, enquadra-se na classificação de Ranzani e colaboradores (9) como da série Luiz de Queiroz, tendo uma composição textural de 34%, 11% e 55% respectivamente de areia, limo e argila.

Esse solo preparado na forma de T.F.S.A., foi acondicionado em cilindros (colunas de solo), adiante descritos, e compactados de modo a adquirirem peso específico uniforme. Verificou-se que este foi de 1,21 gm³ para todas as colunas, resultando uma porosidade total de 54,5%.

As relações entre o potencial e conteúdo de umidade das amostras, foram determinadas por meio de placas porosas e da membrana de Richards. Destacamos os dados da Capacidade de Campo e do Ponto de Murchamento Permanente, respectivamente 25,5% e 15,5% de umidade, com base no peso de solo seco.

1.2. Tubos cilíndricos

Os tubos cilíndricos usados para se conseguir as colunas de solo se

constituíram de anéis superpostos de material plástico e rígido, de 2 e 3 cm de altura por 5,2 e 7,9 cm de diâmetro, respectivamente.

Para superposição e união dos anéis, usou-se fita adesiva, conseguindo-se assim, tubos de 54 e 58 cm de altura. Completou-se o acabamento dos tubos, arcabouço das colunas de solo, tampando-se a extremidade inferior com um tecido de malha grossa, estirado sobre uma delgada placa de madeira perfurada, afim de permitir a saída de ar, durante o processamento da infiltração de água no solo.

1.3. Gotejador

O gotejador se constituiu de um recipiente de vidro, com capacidade de um litro, funcionando como reservatório de água, com tampa plástica atravessada por um tubo de alumínio de 5 mm de diâmetro por 10 cm de comprimento.

Este recipiente se mantinha emborcado axialmente, sobre outro, de forma prismática e de dimensões reduzidas, de modo a permitir o escoamento da água para o seu interior, até uma certa altura, onde o próprio nível líquido obstruía a saída do tubo de alumínio, mantendo-se assim constante (princípio do Vaso de Mariotti). Este seria o reservatório distribuidor.

Das paredes desse pequeno recipiente, próximo ao fundo, partiam saídas (quantas necessárias) que se ligavam a tubos capilares de plástico (flexível), cujas extremidades livres se dirigiam às colunas de terra, para o suprimento de água por gotejamento contínuo.

Essas três partes, reservatório de vidro (alimentador), tubo de alumínio e recipiente de nível constante (distribuidor), eram solidários umas das outras, formando um só conjunto.

Os tubos capilares tinham comprimentos variáveis, com o que se conseguia controlar a perda de carga hidráulica (maior o menor) a fim de que o fluxo de manifestasse sob forma de gotejamento a pequena e a grande intensidade.

O principal controle de carga hidráulica se obtinha, fazendo variar a altura do reservatório prismático, em relação à extremidade livre do tubo capilar. No entanto a maior sensibilidade, principalmente para as chuvas de 0,5 mm/h e 2 mm/h só foi possível à custa de tubos capilares suficientemente longos.

1.4. Estante de sustentação

Uma estante de madeira, constituída de uma base de 0,40 m de largura por 1,20 m de comprimento, da qual se eleva verticalmente um quadro de madeira, com seis varões de ferro de 1/2 polegada, servia para receber as colunas de terra e sustentar os gotejadores. Estes, presos por

meio de grampos aos varões de ferro, podiam ser deslocados verticalmente, numa altura conveniente, de acordo com o potencial hidráulico exigido.

2. Métodos

Tinha-se como principal objetivo o estudo da distribuição da umidade do perfil do solo em questão, trabalhando-se com gotejamentos de intensidades menores do que aquelas operadas por RUBIN et al. Acreditava-se mesmo que, quando estas intensidades fossem extremamente pequenas, os teores de umidade do perfil deveriam se aproximar do da capacidade de campo, no momento da infiltração. Assim sendo, aplicaram-se, ao acaso, gotejamentos de intensidades previstas no já mencionado QUADRO N.º 1. E' oportuno lembrar que Rubin e outros estabeleceram, para solo argiloso, as intensidades mínima e máxima de gotejamento, de 35 e 295 mm/hora, respectivamente, com valores intermediários de 70 e 150 mm/hora. A razão da presença do QUADRO N.º 1 de intensidades inferiores a 35 mm/hora (mínima de Rubin e outros), foi a de, justamente, procurar encontrar-se um gotejamento de intensidade tão pequena que proporcionasse um limite mínimo de conteúdo de umidade no perfil de solo, no momento da infiltração, o que, de certa forma, se conseguiu.

O delineamento experimental obedeceu a uma distribuição inteiramente casualizada, com 8 tratamentos. Cada tratamento foi repetido por duas colunas de solo, de sorte que resultaram 16 repetições.

Os tratamentos, aqui representados pelas letras A, B, C, D, E, F, G, H, se constituíram na aplicação de gotas d'água de intensidades conofrme constam no QUADRO N.º 1.

QUADRO N.º 1 — Intensidades de gotejamento usadas nos diferentes tratamentos e suas respectivas variações.

Tratamento	Intensidade mm/h	Varição mm/h
A	0,47	± 0,02
B	1,16	± 0,08
C	2,34	± 0,15
D	4,10	± 0,2
E	10,48	± 0,03
F	29,82	± 0,05
G	57,50	± 1,12
H	137,45	± 1,0

Os trabalhos, obdeceram ao desenvolvimento que, a seguir, será comentado.

2.1. Calibragem do gotejador

Dada a simplicidade do dispositivo, a calibragem se fazia mais ou menos rapidamente. É claro que testes preliminares comprovaram que uma vez calibrado o aplicador para fornecer um gotejamento a uma específica intensidade, esta se mantinha indefinidamente, dentro de uma variação aceitável, a não ser em caso de um entupimento imprevisto no tubo capilar. No entanto, com o uso da água filtrada pôde-se evitar totalmente este inconveniente.

Para a calibragem, usou-se de uma proveta graduada de 25 cm³ com graduações de 0,2 cm³, para captar as gotas, cronometrando-se o tempo para a obtenção de um determinado volume de água. Sendo conhecida a área da secção transversal da coluna, fácil se tornou transformar o volume captado, em termos de intensidade de gotejamento expressando-o em milímetros por hora.

2.2. Preparação das colunas de solo

Uma vez montados os tubos cilíndricos de plástico, o solo foi despejado no seu interior com um cuidado especial a fim de se conseguir aquela uniformidade mencionada anteriormente. Após o enchimento, percutia-se moderadamente pelo lado externo da coluna, fazendo-a vibrar suficientemente para um acamamento de solo, até o nível do anel superior.

Preparam-se seis colunas de cada vez, que foram numeradas e pesadas.

2.3. Gotejamento

Colocadas as colunas na estante, ajustava-se o aplicador de gotas à intensidade estabelecida pelo tratamento experimental, sorteado dentre os previstos.

Os tubos capilares eram dispostos de forma a permitir que as gotas de água caíssem de uma altura constante de 1 cm sobre a superfície do solo das colunas, a qual se apresentava protegida por um papel de filtro, previamente perfurado. Obtinha-se, desse modo, uma boa uniformidade da distribuição superficial da água, sem o inconveniente da destruição dos pequenos agregados expostos na superfície.

O volume de água de distribuição se estabelecia para até o momento em que a frente de umidificação não tivesse ainda ultrapassado uma altura de, aproximadamente, 6 cm acima da base da coluna, o que pôde ser avaliado através dos ensaios preliminares.

Quando se empregaram tubos de plástico transparente, essa fixação do volume foi desnecessária, pois o avanço da frente úmida podia ser observado e avaliado.

Embora seis colunas fossem preparadas e instaladas, a execução dos tratamentos se fazia com duas colunas de cada vez, para permitir-se cuidadosa fiscalização, de tempo em tempo, da constância de intensidade de gotejamento. Da análise dos dados anotados, calcularam-se os pequenos desvios que constam da última coluna do QUADRO N.º 1.

2.4. Seccionamento da coluna e determinação da umidade do solo

Interrompido o fornecimento de água, a coluna era retirada da estante e imediatamente colocada em posição horizontal (prevenção contra a drenagem), pesada e em seguida seccionada.

Como a montagem do tubo se fizera pela união dos anéis com fitas adesivas, a retirada dessas fitas permitia libertarem-se os anéis, rasando-os pelos seus planos de contacto, o que correspondia a seccionar a coluna de solo por cisalhamento.

Para executar essa operação, mantinha-se sempre a coluna na posição horizontal e à medida em que se seccionavam os anéis, a porção de solo umedecido de cada anel era transferida para pequenas latas de alumínio, previamente taradas e numeradas.

O volume de água de distribuição se estabelecia para até o momento em que a frente de umedecimento não tivesse ainda ultrapassado uma altura de, aproximadamente, 6 cm acima da base da coluna, o que pode ser avaliado através dos ensaios preliminares.

Efetuava-se, em seguida, a determinação da umidade pelo método gravimétrico e afinal, obtinha-se a distribuição dessa umidade por todo o perfil da coluna, até onde se havia constatado a presença da frente de umedecimento. Abaixo dessa linha no perfil a umidade do solo se mantinha no seu estado inicial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das determinações se acham registrados no Quadro N.º 2, e se referem à distribuição do conteúdo de umidade de 16 colunas.

Tais dados representam a média das duas repetições que por serem tão semelhantes, dispensaram a análise estatística.

Tomando os valores médios de alguns tratamentos, pode-se construir as curvas da FIG. 1 que espelham a distribuição do conteúdo de umidade ao longo do perfil.

Quadro II: Resultados médios do conteúdo de umidade distribuído ao longo do perfil, em base volumétrica (%).

Prof. cm	TRATAMENTOS							
	A	B	C	D	E	F	G	H
3	40,5	42,5	43,5	45,0	45,5	46,0	48,0	52,0
6	38,0	39,5	40,5	43,5	44,0	45,5	49,0	51,5
9	37,0	37,5	38,5	42,5	43,5	46,0	49,0	51,0
12	36,5	37,0	38,5	41,5	43,0	47,0	51,0	52,0
15	35,0	37,0	37,5	41,0	42,5	45,0	49,5	49,5
18	35,5	36,5	37,5	40,0	41,5	45,0	48,0	49,0
21	34,0	35,5	36,5	38,5	41,5	43,5	46,5	47,0
24	34,0	35,0	35,5	38,5	41,0	44,0	46,0	47,0
27	33,5	34,5	35,0	38,5	41,0	43,5	47,0	48,0
30	32,5	33,5	34,0	38,0	40,5	43,5	46,0	48,0
33	32,0	32,5	33,5	36,5	40,5	42,5	46,0	47,0
36	31,5	32,0	32,5	35,5	40,0	41,5	44,0	47,0
39	31,5	32,0	32,0	34,0	37,5	41,0	43,0	47,0
42	29,5	30,0	31,5	34,5	37,0	40,0	43,5	45,0

Quadro III: Análise de variância para as médias dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	
Entre Tratamentos	7	1.946,14	278,02	52,46* *
Dentro	104	551,55	5,30	
Total	111	2.497,69		

$$\bar{x} = 33,66$$

$$C.V. = 6,84\%$$

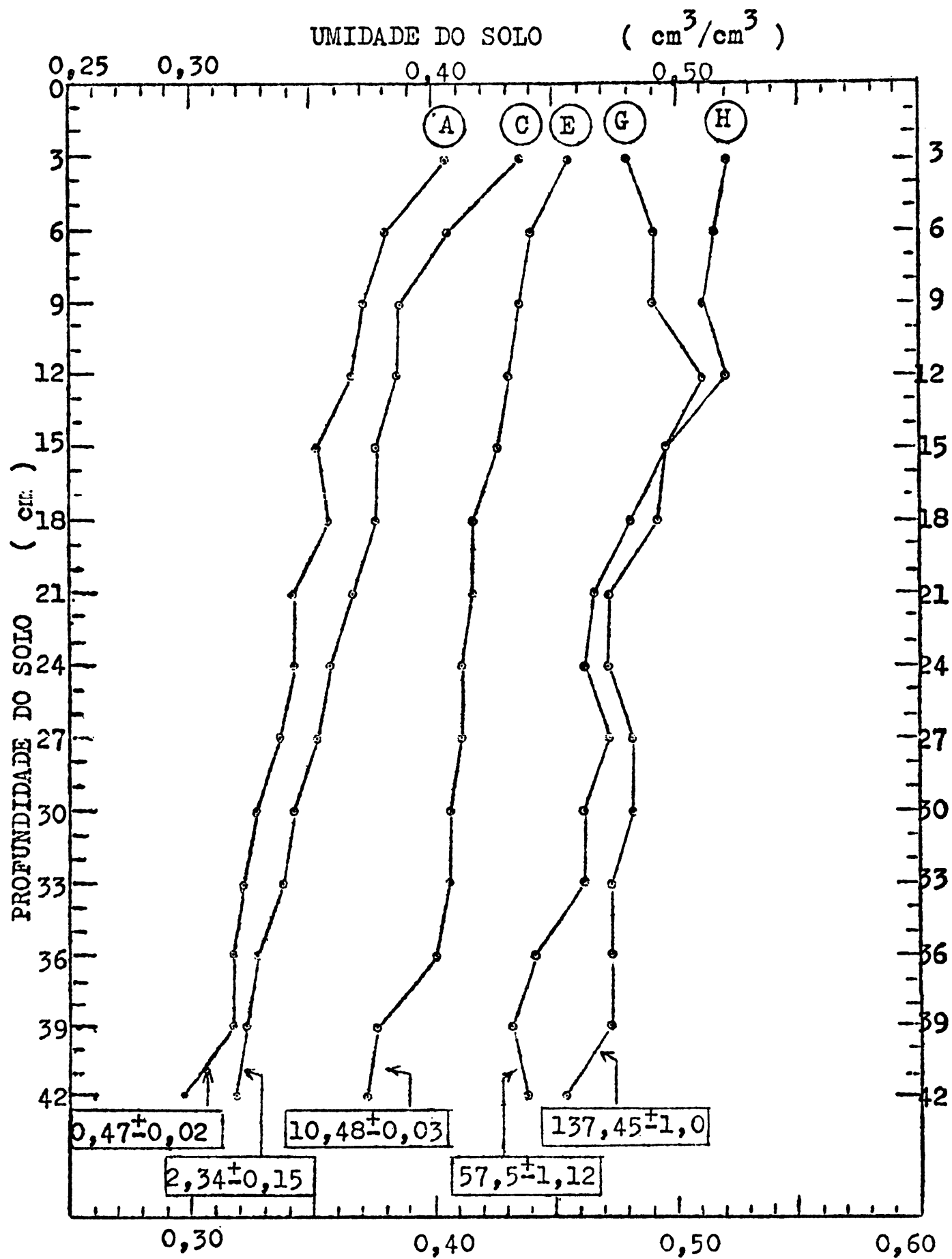


FIG. N.º 1 — Curvas de distribuição do conteúdo de umidade do solo ao longo do perfil, durante a infiltração da água de chuva de diferentes intensidades.

Ao pé de cada curva estão indicadas as intensidades de gotejamento aplicadas por tratamento, com os respectivos desvios (mm/hora).

Para efetuar-se a análise dos resultados, foram computados os teores de umidade somente até a profundidade de 42 cm, pois, conforme se pode apreciar pelos resultados, abaixo desse nível já se faz sentir a transição para a zona de umedecimento, onde os teores de umidade começam a cair bruscamente.

Dessa forma, consideraram-se 14 parcelas correspondentes aos teores de umidade, desde o primeiro anel até aquele à profundidade de 42 cm de cada coluna, o que permitiu elaborar-se o QUADRO N.º 2.

A análise de variância, segundo PIMENTEL GOMES, acha-se contida nos QUADROS 3 e 4.

Os resultados obtidos no experimento, refletidos na Fig. 1, revelaram que a distribuição da umidade ao longo do perfil do solo, permitiam curvas típicas de infiltração, em analogia às conseguidas por outros pesquisadores.

Os tratamentos A, B e C que se constituíram de intensidades de gotejamento, em redução progressiva no sentido C, B e A, provocaram nessa mesma ordem um umedecimento cada vez menor ao longo dos perfis, até alcançar um teor (Tratamento A) que, comparado aos demais, é o que mais se aproxima do da capacidade de campo do solo. Com isso poder-se-ia admitir que se meios existissem de fazer baixar ainda mais a intensidade gotejamento seria bem provável alcançar-se essa distribuição ideal de umidade, no momento da infiltração.

Por outro lado, enquanto a análise revelou que não houve diferença significativa entre os resultados obtidos com esses três tratamentos consecutivos em menores intensidades de gotejamento, o mesmo não ocorreu com os demais, isto é, quando se compararam, consecutivamente, 3 ou mais tratamentos.

Isto sugere que os intervalos de distribuição de umidade entre as colunas de solo, que podem ser observados pelo exame das três primeiras curvas, são muito pequenos, comparados aos das demais curvas, evidenciando que o gradiente de umidade decresceu mais rapidamente com o decréscimo da intensidade de chuva de H para D, enquanto que daí até A o decréscimo foi muito lento, ou a intervalos cada vez mais reduzidos.

Face a esses resultados, tudo indica que a distribuição de umidade caminha neste ritmo, tendendo rapidamente para um limite mínimo no momento da infiltração. Do ponto de vista do autor, este limite de teor de umidade seria o teor da capacidade de campo do solo.

Comparando-se as curvas da Fig. 1, com as que se obtém na distribuição da umidade nos diferentes estágios ao longo do perfil de qualquer solo, depois que se interrompe uma irrigação pelos métodos convencionais MANFRINATO verifica-se uma semelhança indiscutível. Deseja-se com

isso confirmar a tese de que o teor de umidade da capacidade de campo poderia ser alcançado, desde que para isso existissem meios adequados que poderão ainda ser desenvolvidos.

Os resultados revelaram, ainda, um fato de suma importância para a planta. É que em consequência dos baixos teores de umidade no perfil do solo, quando irrigado a pequenas intensidades houve um acréscimo na porosidade livre da água do mesmo solo, isto é, aumentou a quantidade de poros ocupados pelo ar. E esta situação se mantém durante todo o tempo de irrigação, de sorte que, ao mesmo tempo em que a planta já pode fazer uso, com maior intensidade, da água, visto que o solo está mais próximo da capacidade do campo, há ainda condições mais favoráveis de aeração para beneficiar as raízes.

A composição do ar do solo é levemente diferente da do ar atmosférico. RUSSEL e APPLEYARD fizeram essa determinação, chegando aos seguintes resultados: $N_2 = 79,2$, $O_2 = 20,6$ e $CO_2 = 0,25$, e enquanto que para o ar atmosférico a composição era: $N_2 = 79,0$, $O_2 = 20,97$ e $CO_2 = 0,03$, e da comparação nota-se que o conteúdo de CO_2 no solo é de 6 a 7 vezes o do ar atmosférico.

Embora esses teores não se mantenham rigidamente para todos os solos, camadas de solos, estações do ano, etc., está fora de dúvida que o teor de CO_2 do solo é sempre mais elevado do que o ar atmosférico.

Em virtude das exigências de O_2 pelas raízes e atividades biológicas de microorganismos do solo, dando em troca o CO_2 , o teor deste elemento aumentaria acima daquela proporção, se não houvesse renovação pelas trocas com o ar atmosférico. O aumento do teor de CO_2 é nocivo à vitalidade das raízes. Russel e Appleyard afirmaram que o aumento do teor de CO_2 é mais devido às dificuldades de trocas gasosas com a atmosfera, do que devido àquela proveniente da respiração das plantas.

As trocas dos elementos gasosos do solo e do ar atmosférico, se dão por difusão. A difusão é muito maior no ar do que no solo.

BUCKINGHAM foi um dos primeiros a aplicar a teoria cinética no estudo de difusão do ar do solo. Suas conclusões enfatizaram que essa difusão é diretamente proporcional à porosidade do solo livre de água. Sugeriu uma equação que expressa essa relação a qual tornou-se muito conhecida e estudada até hoje:

$$D = k S^2$$

em que

D = constante de difusão

S = porosidade do solo livre de água

k = coeficiente de difusão

Assim, sob esse aspecto, os tratamentos de solo que favorecem o aumento da porosidade e especialmente a porosidade livre de água (S),

obviamente, são os que maiores benefícios trazem às plantas. Em BAVER e FARNSWORTH que conduziram experimentos com beterraba, tem-se a informação: quando a capacidade de ar do solo caiu de apenas 2%, houve decréscimo de produção num total de 5 a 10 ton/ha.

As condições de irrigação a pequenas intensidades, como aqui se fizeram, revelaram-se altamente favoráveis ao aumento da porosidade do solo livre de água.

Mais recentemente, WEBLEY concluiu que o «fator de aeração», decrescia rapidamente, à medida que aumentava o teor de umidade do solo. O «fator de aeração» de Webley expressa o consumo do oxigênio do solo.

Pelos resultados do experimento constatou-se que a irrigação, quando feita a grandes intensidades, provocava uma distribuição de teores de umidade, ao longo do perfil, a altos níveis, que fugiam da distribuição ideal (correspondente ao teor da capacidade de campo) e se aproximavam ao da saturação.

O tempo que decorre para se efetuar a irrigação do solo, somado ao tempo gasto para atingir a capacidade de campo, quando se aplica água a grandes intensidades, torna-se assim, diante dos argumentos apresentados, prejudicial às raízes, principalmente no que tange ao fornecimento de condições para o perfeito metabolismo das células vivas, responsáveis pela passagem da maior porcentagem do fluxo de água do solo para a xilema, como afirmaram MEES e WEATHERLEY.

CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos e analisados, e nas condições aqui estudadas, permitiu-se chegar às principais conclusões:

1. Foi possível conseguir-se, por meio da aplicação de chuvas a diferentes intensidades, teores de umidade a níveis diferentes no perfil do solo, no momento da infiltração.

2. À medida que se reduziu, segundo uma progressão constante a intensidade de gotejamento, o gradiente entre esses níveis tendeu a reduzir-se, inicialmente, com diferenças significativas, mas no final com diferenças não significativas, caminhando para um limite, além do qual o teor de umidade do solo permanece invariável, mesmo quando submetido a gotejamento de intensidades menores.

3. Contrariamente, à medida que, obedecendo ao mesmo critério anterior, se elevou a intensidade de gotejamento, as diferenças no final foram significativas.

4. No caso da aplicação de gotejamento a pequenas intensidades, os dados sugeriram que o limite mínimo que se poderia alcançar no conteúdo de umidade distribuído ao longo do perfil seria aquele correspon-

dente ao da capacidade de campo do solo, nas condições em que ele se encontrava.

5. Quanto menor for a intensidade de aplicação de água, tanto maior resultou a porosidade livre no solo e, reciprocamente, quanto maior foi a intensidade, menor a porosidade livre no solo, no momento da infiltração.

SUMMARY

DRIP IRRIGATION — I — Soil water relation during water transient infiltration.

The moisture content distribution along a soil profile at the water transient-state infiltration, depends on the rate of water application on the soil surface.

Soil columns, prepared in the laboratory, by packing sieved and air dried soil into cylinder tubes were used to study the distribution of moisture content at the moment of infiltration. Drops of water, were applied simulating rain, at eight different intensities, called treatments, with two repetitions.

It was found that when the water application rate was continually reduced throughout the treatments, the moisture content also diminished and vice versa.

It was also concluded that when the rain application intensity was decreasing to very small rate, the moisture content had such a slow reduction, as if going to a limit, which was logically found to be the soil field capacity.

LITERATURA CITADA

- BAVER, L. D. & FRANSWORTH. Soil structure affects in the growth of sugar beets. *Soil Sci. Am. Proc.* 5 : 45-48. 1940.
- BODMAN, G. B., & COLMAN, E. A. Moisture and energy conditions during downward entry of water into soils. *Soil Soc. Am. Proc.* 8 : 116-122. 1943.
- BUCKINGHAM, E. Contribution to our knowledge of the aeration of soils. *U. S. D. A. Bur. Soils. Bull.* 25, 1904.
- BUDGAWISKII, A. I. Infiltration of water into soil. *URSS Academy of Sciences, Institute of Geography, Moscow* 130. 1955.
- GOMES, F. P. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba, Instituto de Genética, 1960. 229 p.
- MANFRINATO, H. A. A influência da intensidade de chuva na disponibilidade da água do solo às plantas. Tese Livre Docência. 1970. 100 p.
- MARSHALL, T. J. & STIRK, G. B. Pressure potential of water moving down ward into soils. *Soil Sci.* 68, 359-370.
- MEES, G. C. & WEATHERLEY, P. E. The mechanism of water absorption by roots. *Proc. Roy. Soc. B.* 147 : 367. 1957.

-
- RANZANI, G., FREIRE, O. & KINTO, T. Carta de solos do Município de Piracicaba. Piracicaba Centro de Estudos de Solos. 1966. 85 p.
- RUBIN, J., STEINHARDT, R. & REINIGER, P. Soil-water relations during rain infiltration: II. Moisture content profiles during rains of low intensities. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28:1-5. 1964.
- RUSSEL, E. J. & APPLEYARD, A. The atmosphere of the soil: its composition and the causes of variation. J. Agr. Sci. 7:1-48. 1915.
- YOUNGS, E. G. The histeresis effect in soil moisture studies. Trans. Inte. Congr. Soil Sci. 7th. Madison. 1:107-113. 1960.
- WEBLEY, D. M. A. technique for the study of oxygen availability to microorganisms in soil and its possibile use as an index of soil aeration. J. Agr. Sci. 37:249-256. 1947.

