

REVISTA CERES

Maio e Junho de 1968

VOL. XV

N.º 83

Viçosa — Minas Gerais

UNIVERSIDADE RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS

CAPACIDADE DE CAMPO E A RETENÇÃO DE ÁGUA EM TRÊS SOLOS DE MINAS GERAIS*

Bairon Fernandes
Dwane J. Sykes**

1. INTRODUÇÃO

A água, que pode tornar-se um fator limitante na produção agrícola, principalmente nas épocas secas, deve merecer a atenção dos pesquisadores para que seja usada o mais racionalmente possível. Tanto a escassez quanto o excesso de água pode ocasionar uma redução na produção vegetal.

O vegetal, através de seu sistema radicular, absorve a água do solo, utilizando-a em processos metabólicos e em transpiração. Assim, é necessário que o solo contenha água em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades dos vegetais. Por outro lado, o solo recebe essa água através das chuvas ou de irrigações. Tratando-se de irrigações, é conveniente saber, com relativa segurança, quando e quanto de água se deve adicionar ao solo para que seu uso seja tão econômico quanto pos-

* Trabalho conduzido na Divisão de Solos do Instituto de Fitotecnia da ESA, UREMG.

Recebido para publicação em 18/10/67.

** Respectivamente, Instrutor no Instituto de Fitotecnia, Professor Assistente da Universidade de Purdue EE. UU.

sível. Contudo, para isto, há necessidade de que haja conhecimento da disponibilidade de água do solo para a planta.

Na relação solo-água-planta, dois níveis de umidade do solo são de importância: teor máximo de água prontamente disponível no solo, e teor mínimo necessário à planta. Esses dois níveis de água, no solo, há muito são denominados capacidade de campo e ponto de murcha, respectivamente.

O popular conceito de capacidade de campo, admitido a longo tempo, vem, nos últimos anos, sofrendo severas restrições por parte de uma grande corrente de pesquisadores. A conceituação usual dessa chamada "constante de umidade" parece não se coadunar com as verificações práticas.

Apesar de quase não ser aceita a conceituação dada à referida "constante de umidade", por parte dos especialistas em física do solo de países estrangeiros, ela é bastante popular e largamente usada pelos nossos técnicos. Deste modo, o presente estudo teve como escôpo tentar a verificação para alguns solos do Estado de Minas Gerais, da validade da conceituação comumente aceita para capacidade de campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

BRIGGS, citado por BAVER (1), propôs a classificação da água, no solo, em três tipos:

- a) Água Higroscópica - é a água que está fixada por adsorção na superfície dos colóides;
- b) Água Capilar - é a água retida pela força de-tensão superficial, constituindo películas contínuas em torno das partículas de solo e nos orifícios capilares;
- c) Água Gravitante - é a água que não é retida pelo solo, infiltrando-se sob a ação da gravidade.

Como se pode observar, da água retida pelo solo apenas a classificada como capilar tem movimento no estado líquido, já que a água dita higroscópica movimenta-se somente no estado de vapor. Contudo, as teorias mais recentes consideram não haver fundamento para que a água no solo seja assim dividida (15). COSTA (4) acentua que as designações referidas não correspondem a estados diferentes de água. Toda ou parte da água que atravessa certa espessura de solo poderá ser retida, como

água capilar, em nível inferior do perfil. A água gravitante que tenha atingido o lençol freático, por causa da redução no teor de umidade do solo acima daquele lençol, tem movimento ascensional, como água capilar. RICHARDS (15) sugeriu que, diante da natureza contínua das funções de retentividade e condutibilidade, tais termos de classificação deveriam ser considerados abandonados.

Os conceitos de capacidade de campo foram desenvolvidos levando-se em conta a classificação da água no solo, anteriormente descrita. Cada estudioso do assunto procurou conceituar a capacidade de campo, dando ênfase quer ao movimento gravitacional, quer ao movimento capilar. Para melhor elucidação do assunto, relaciona-se a seguir os principais conceitos tirados de compêndios de Agronomia e Fisiologia Vegetal (17):

- a) Capacidade de Campo - "é a quantidade de água mantida no solo, depois que a taxa de movimento vertical tenha materialmente diminuído, o que usualmente se dá dentro de dois ou três dias" (VEIHMEYER E HENDRICKSON, 1931);
- b) Capacidade de Campo - "o máximo de conteúdo de umidade em equilíbrio com a força da gravidade" (CRAFTS et alii, 1949);
- c) "Analiticamente, a capacidade de campo de qualquer camada de solo é a porcentagem de água (baseada na matéria seca) que ele pode reter contra a gravidade, quando drenagem adequada é permitida" (LYON et alii, 1952);
- d) Capacidade de Campo - "é a condição de umidade do solo, quando o movimento vertical da água capilar para dentro do solo seco, tenha virtualmente cessado" (THOMPSON, 1952);
- e) Capacidade de Campo - "o conteúdo de água da camada úmida do solo, depois que o movimento capilar da água tenha se tornado desprezível" (MEYER et alii, 1960);
- f) Capacidade de Campo - "... representa somente um ponto na curva umidade-drenagem-tempo, no qual a taxa de drenagem tenha se tornado tão baixa que, em comparação com as taxas anteriores, seja insignificante". "A capacidade de campo de um solo representa o limite superior prático de umidade do

solo sob condições de drenagem desimpedida». Não é uma «condição de equilíbrio de umidade do solo» (COLMAN, 1944).

RICHARDS (15) procurou manter correspondência com técnicos de vários países a respeito dos conceitos de umidade do solo, chegando à conclusão de que o assunto era por demais controvertido. Ao lado disso, afirma que:

«... o conceito de capacidade de campo tem sido mais prejudicial do que útil. Enquanto livros, texto elementares de solos e irrigações continuarem a trazer idéias errôneas sobre esse termo (capacidade de campo), esse pequeno vocábulo confundirá aos especialistas em solos e a confusão será maior quando tal vocábulo for adotado pelos especialistas em fisiologia vegetal. Seria, portanto, aconselhável adotar uma espécie de quarantena para este vocábulo. Se este estado de umidade do solo tem importância ou significado agrícola, agora ele pode ser explicado, tendo por base a teoria das funções de retenção e condutibilidade capilar, ao lado das propriedades de gradiente».

É conveniente lembrar que, de acordo com a conceituação geralmente aceita para capacidade de campo, a curva esperada dessa «constante de umidade» tem uma representação gráfica (Fig. 1) que dá a entender uma camada de solo úmido sobre o solo seco, logo abaixo. A linha tracejada representa o efeito da evaporação da água.

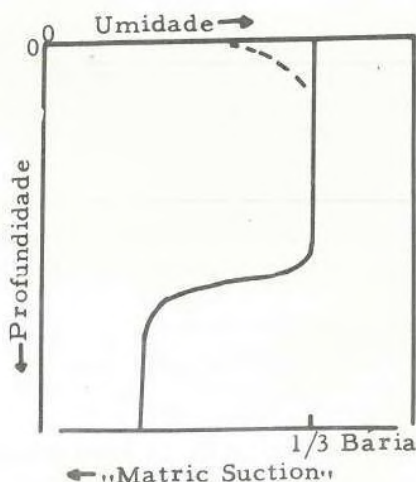


FIGURA 1 - Curva Esperada de Capacidade de Campo

Assim, o solo uma vez em capacidade de campo, poderá manter seu aproximado teor de umidade por um período de tempo bastante longo, a menos que essa água seja utilizada pelas plantas ou venha a perder-se por evaporação. É largamente aceito que o solo, uma vez na capacidade de campo, poderá reter a água com uma força de sucção correspondente, aproximadamente a um terço de bária.

As pesquisas mais recentes discordam quanto ao conceito de capacidade de campo, como até aqui é considerado, pelo menos para grande parte dos solos. SYKES (17), através de suas pesquisas, mostrou que nem todos os solos se comportam do mesmo modo quanto à curva esperada de capacidade de campo, e alguns deles nem mesmo chegam a apresentar tal chamada constante de umidade, dado o rápido movimento vertical apresentado. O referido autor cita ainda observações de outros pesquisadores que observaram resultados semelhantes.

O movimento capilar verifica-se em qualquer direção, dependendo de diferença de potencial capilar. Esse movimento será mais rápido ou mais lento, de acordo com o tipo de solo e de seu estado de agregação. Solos diferentes apresentam impedância também diferente. Assim, dependendo do solo, uma vez cessada a ação da gravidade, a água continua, por longo tempo, o movimento capilar no sentido da profundidade e também no sentido lateral. Solos que se comportam dessa maneira, dificilmente apresentarão uma curva de retenção de umidade que se compare com a curva esperada de capacidade de campo, a menos que o movimento capilar torne-se tão lento que seja considerado desprezível.

No método de determinação de capacidade de campo comumente usado, procura-se observar a paralização do movimento gravitante. Depois de um período de chuvas ou de encharcamento do solo por irrigação, coletam-se amostras para verificar a porcentagem de umidade. O movimento descendente da água é praticamente nulo, e considera-se como de dois a quatro dias, posteriores às chuvas ou a irrigação, a ocorrência deste período.

A determinação em colunas de solo no laboratório, tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores (17), que encontraram boa aproximação com as condições de campo. O método baseia-se, também, em verificar a paralização do movimento descendente da água, depois de feita a saturação da parte superior da coluna.

Ao que parece, um grande número de pesquisadores que

necessita usar essa «constante de umidade», o faz baseado no conceito de Veihmeyer e Hendrickson, na década de trinta, (2, 7, 8, 9, 10, 11).

A equivalente de umidade, conceituada por Briggs, em 1907, conforme cita BAYER (1), foi anteriormente empregada em certos países como aproximação da capacidade de campo, mas, no momento, esse método não é comum (17). Contudo, no Brasil, essa aproximação vem sendo usada com frequência por alguns pesquisadores (5, 10, 12, 13, 14).

SAMPAIO et alii (16), procuraram estabelecer relação entre capacidade de campo e equivalente de umidade, para um solo classificado como barro arenoso, encontrando um fator prático de conversão igual a 1,32. Outros trabalhos têm sido desenvolvidos nesse sentido, procurando-se, desse modo, estabelecer um fator prático de relação entre as duas constantes de umidade, para solos específicos (3, 18).

Em síntese, verifica-se que o conceito de capacidade de campo, nos últimos anos, tem sido causa de grande polêmica sem, contudo, se ter chegado a uma solução. No Brasil, porém, esse vocábulo vem sendo empregado, em grande escala, no seu conceito antigo sem que se faça nenhuma restrição à sua validade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os solos, pertencentes a três regiões morfológicas (fisiográficas) bem definidas do Estado de Minas Gerais, acham-se localizados nos municípios de Capinópolis, Sete Lagoas e Viçosa.

As amostras foram coletadas em um só local, em cada região, execução feita para Viçosa, onde foram abertas duas trincheiras. Abriram-se trincheiras com oitenta centímetros, aproximadamente. Foi eliminada a parte superficial, mostrando-se o primeiro horizonte mineral. A profundidade variou de quinze a cinquenta centímetros para os solos de Sete Lagoas e Viçosa. Em Capinópolis, porque a amostra foi coletada em um local erodido, limpou-se apenas a parte superficial e amostrou-se até cinquenta centímetros de profundidade.

As amostras foram recebidas em sacos de anagem, perfazendo um total de mais ou menos sessenta quilos, por solo. Depois da coleta as amostras foram conduzidas ao laboratório e, convenientemente secas, foram trituradas em cápsulas de porcelana com pistilo de madeira e passadas através de penei-

ras com malhas de dois milímetros de abertura.

Todo o trabalho de laboratório foi executado com as amostras assim preparadas.

3. 1. Características Gerais das Regiões (1)

3. 1. 1. Capinópolis - localiza-se sobre as estruturas mezozóicas da Bacia do Paraná, dentro do âmbito de ação direta do Rio Paranaíba. O encaixamento gradual e assimétrico do Rio Paranaíba permite o afloramento dos derrames basálticos do rético no local da amostra, enquanto na margem direita o capeamento arenítico-cretáceo aflora, próximo à calha. Está inserida dentro do grande quadro de Floresta Pluvial Estacional Tropical, perenifolia do planalto centro sul (Tropical Seasonal Rainforest). A topografia é avançada para uma maturidade com relevos muito baixo entre os divisores e os talwegues. Nos movimentos de material predominam processos externos, em decorrência da topografia geral.

3. 1. 2. Sete Lagoas - o local da amostra está situado dentro da «Depressão de Belo Horizonte» sobre terreno do eo-paleozóico, da formação Sete Lagoas, da Série Bambuí. A topografia é madura, representada por vales bem abertos e são ainda visíveis, sinais de uma topografia Kárstica, do tipo coberto. A cobertura vegetal é de cerrado, possibilitando processos erosivos mais acelerados. O local situa-se dentro da depressão ortoclinal da Cuesta de Sete Lagoas, onde já ocorreu a completa remoção do pacote de ardósias da formação Santa Helena, possibilitando o aparecimento do calcareo cinza-negro, no qual a drenagem reelabora feições Kársticas secundárias. A estrutura é muito calma, a sedimentação do material bem organizada e bem típica desta área de planaltos soerguidos a partir de uma grande bacia de sedimentação eo-paleozóica.

3. 1. 3. Viçosa - área de constituição geológica do pré-cambiano inferior, com predominância de gnaisses. Está inserida dentro do grande quadro de Floresta Pluvial Estacional Tropical, perenifolia do planalto centro sul, onde atuam pro-

(1) Com a contribuição do professor Getúlio Vargas Barbosa, Catedrático interino do Instituto Central de Geo-ciências da Universidade Federal de Minas Gerais.

cessos geomorfológicos vigorosos com predominância de ação de solifluxão e ravinamentos ativos. A considerável espessura do material alterado mostra-se particularmente apta para tais mecanismos. O local das amostras está numa topografia madura de idade terciária superior (650m), reelaborada pelos rejuvenescimentos quaternários, que abriram os vales novos da drenagem atual.

3. 2. Características dos Solos (2)

3. 2. 1. Capinópolis - latosol roxo (terra roxa), a 2,3 km do lado esquerdo da estrada Capinópolis - Lagoa Dourada. O perfil está a 35 m da cerca de arame, parte de cima, situado em meio de longa e suave encosta com uma inclinação local de 2%, na beira de uma voçoroca.. Altitude aproximada de 480 metros. Relevo suavemente ondulado com encostas longas e plano-convexas. A rocha de origem é do derrame basáltico. Terreno cultivado há 8 anos, sendo o milho a cultura atual. Acentuadamente drenado.

3. 2. 2. Sete Lagoas - a amostra foi coletada na fazenda "Santa Rita", da Secretaria da Agricultura de Minas Gerais, numa meia encosta, com declive aproximado de 5%. Relevo suavemente ondulado. Material de origem da série Bambuí. Terreno cultivado há vários anos, estando arado na época da amostragem.

3. 2. 3. Viçosa - latosol vermelho-amarelo, localizado em terrenos da UREMG, horta do Fundão, situado num terraço aluvial antigo, perto da escarpa. Altitude aproximada de 650 metros. O gnaiss é a rocha predominante na região. Solo bem drenado e cultivado há vários anos, sendo a cobertura atual de grama bermuda.

No quadro 1. observam-se algumas características físicas dos três solos estudados.

3. 3. Curva de Retenção de Umidade

A curva característica de retenção de umidade para cada solo foi determinada usando-se a panela-de-pressão, para as

(2) Com a colaboração do professor Mauro Resende, do Instituto de Fitotecnia da ESA - UREMG.

QUADRO 1 - Algumas características físicas dos solos de Capinópolis, Sete Lagoas e Viçosa

Solo	Profundidade em cm	Análise Granulométrica*				Índice de Agre- gação (%)	Equiva- lente de Umidade (%)	Classifica- ção Textural
		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Argila Natural (%)			
Capinópolis	5 - 50	18,1	28,7	53,2	5,2	90,2	24,5	Argila
Sete Lagoas	15 - 50	23,2	17,4	59,4	8,7	85,4	22,4	Argila
Viçosa	15 - 50	3,6	25,9	70,5	1,4	98,0	42,9	Argila Pesada

*Segundo as Normas da Sociedade Brasileira de Ciências do Solo.

tensões de um décimo e um terço de bária. Utilizou-se o aparelho de membrana para as tensões de uma, três, cinco, dez e quinze bárias. Cerca de vinte gramas de solo foram colocadas nos anéis de borracha. Adicionou-se água destilada nos pratos, ao lado dos anéis. Os solos foram deixados em saturação, durante uma noite. Cada solo ocupou, em cada sequência, quatro anéis de borracha. Foram efetuadas três ou mais sequências, para cada tensão usada.

A panela de pressão foi sempre usada em conjugação com o aparelho de membrana, através da válvula de escape desse último. Em tais casos, o aparelho de membrana funcionava com baixa pressão.

A panela funcionou sempre com dois de seus quatro pratos, colocados em posição alternada. Cada prato recebeu doze anéis de borracha, contendo amostras dos três solos.

O tempo de operação para cada sequência nunca foi inferior a setenta e duas horas de pressão constante. Utilizou-se o ar comprimido como fonte de pressão, diante da impossibilidade de conseguir nitrogênio. As amostras, após a operação, foram pesadas, colocadas na estufa por 48 horas, na faixa térmica de 105° - 110°C. A porcentagem de umidade foi expressa em relação ao peso do solo seco.

3. 4. Colunas de Solo no Laboratório

Tubos de vidro, com 60 cm de comprimento e 4 cm de diâmetro interno, tendo em uma das extremidades um disco de flandres preso com uma fita de celulose, foram cheios uniformemente com os solos, até a altura de 53 cm. O disco tinha por finalidade segurar o solo na coluna, deixando, entretanto,

passagem para que o ar interno pudesse ser expelido para o exterior, quando irrigado. Foi empregado um agitador com dispositivo próprio e rotação controlada, para o acondicionamento do solo nos tubos (Fig. 2). O solo era colocado por meio de um recipiente que permitia vazão uniforme. Simultaneamente, o agitador era ligado, e a coluna baixada lentamente, procurando-se manter dois terços da vareta cobertos com solo.

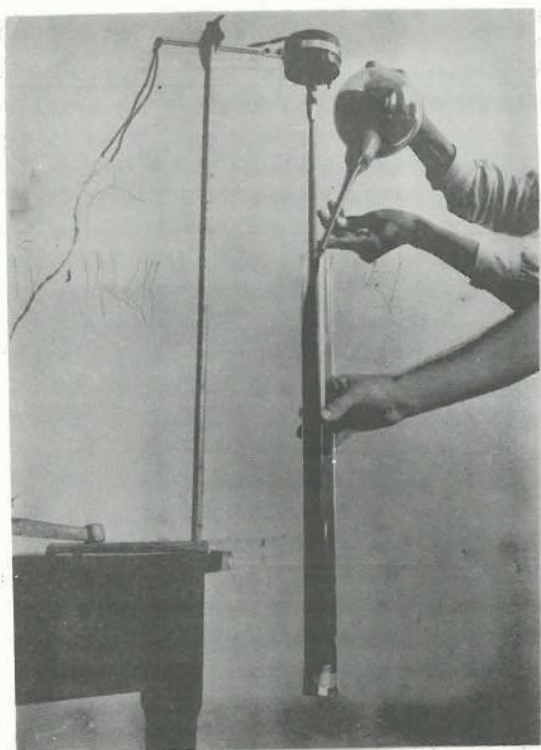


FIGURA 2 - Acondicionamento do Solo nos Tubos

Com o arranjo descrito, as colunas apresentaram regular distribuição das partículas do solo e uma uniformidade externa sem falhas prejudiciais ao movimento da água. Na figura 3, vê-se um corte das colunas, para os solos de Sete Lagoas e Viçosa, após alguns dias da adição da água.

A uniformidade externa e a distribuição das partículas de solo podem ser vistas nas referidas colunas.

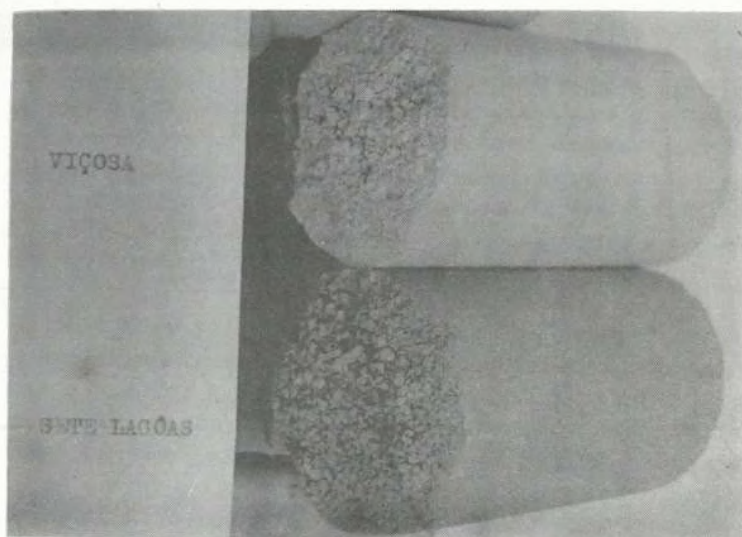


FIGURA 3 - Corte Transversal das Colunas do Solo, Alguns Dias depois da Adição de Água.

As colunas de solo, depois da operação de acondicionamento, foram colocadas, duas a duas, sobre uma peneira com movimento horizontal lento de uma máquina classificadora de milho, marca D'ANDREA, por um período de dez minutos. Os tubos foram mantidos na vertical, deixando-se, entretanto, condições para que pudessem vibrar livremente. Posteriormente, os tubos sofreram um ligeiro movimento vertical, caindo, com seu próprio peso, de uma altura aproximada de um centímetro, sobre uma almofada. Esses procedimentos visaram dar um melhor acondicionamento e contato entre as partículas do solo, sem permitir compactação. No final das operações, o solo tinha abaixado, em média, um centímetro na coluna.

Todos os trabalhos referentes à coluna de solo foram realizados com o acondicionamento assim descrito.

3. 5. Capacidade de Campo em Colunas de Solo

No ápice das colunas de solo, adicionou-se água destilada, com auxílio de um funil, sobre um disco de borracha para evitar a perturbação superficial das colunas. Depois da infiltra-

ção de toda água no solo, os tubos foram fechados, na parte superior, com um plástico fixado com um elástico. Isso visou evitar a evaporação da água da parte superficial. Os tubos foram mantidos na vertical, em suportes de madeira. Para cada solo, foram usadas colunas duplas.

A quantidade de água adicionada dependeu do solo, sendo determinada em ensaios preliminares. As quantidades usadas, sempre as mesmas no decorrer do estudo, foram: solo de Capinópolis, 75 ml; Sete Lagoas, 70 ml e Viçosa, 100 ml.

Transcorridos dois dias, a contar da adição da água, a capacidade de campo foi determinada para cada solo. Coletaram-se amostras espaçadas de dois centímetros, com auxílio de um trado adaptado para a operação. As amostras, assim extraídas, eram colocadas em latas de flandres (Fig. 4) que, logo a seguir, eram tampadas. O teor de umidade foi determinado gravimetricamente. O tempo de secagem foi de 48 horas na faixa térmica de 105° - 110°C . A porcentagem de umidade foi expressa em relação ao peso do solo seco.



FIGURA 4 - Operação de Desmontagem das Colunas de Solo

3.6. Retenção de Umidade com o Tempo

Em tubos preparados de igual modo, a retenção de umidade foi determinada com 2, 16, 40, 150 e 360 dias, depois da

adição da água. As amostras foram retiradas em intervalos de dois centímetros e colocadas nas latas. A porcentagem de umidade foi determinada na base de peso seco. Foram usadas duas repetições para cada solo. O tempo de secagem foi de 48 horas.

3. 7. Parcelas de Campo

Parcelas de campo, em Viçosa, foram instaladas no dia 19/7/66, para se verificar a relação existente entre os dados de laboratório e campo. As parcelas foram localizadas onde a amostra de solo foi coletada. Foram usados dois tratamentos: cobertura com plástico e descoberto.

As parcelas tiveram as dimensões de 6m x 6m,, estando afastadas dois metros uma da outra. Abriram-se valetas circundando toda a área experimental, assim como entre os tratamentos. Visou-se, com isso, evitar o acesso às parcelas da água superficial advinda de chuvas. Toda a área experimental foi uniformemente irrigada. Empregou-se para isto um conjunto moto-bomba. A operação de molhagem levou, aproximadamente, oito horas. Após esse período o solo apresentou-se, na superfície, completamente saturado d'água. Terminada a infiltração superficial, colocou-se uma camada de capim seco em duas parcelas e as mesmas foram cobertas com um plástico de polietileno, cor escura. Esse foi fixado nos bordos por meio de uma cobertura com solo (Fig. 5). O plástico foi mantido durante todo o transcurso do estudo e só era retirado, assim mesmo parcialmente, por ocasião da amostragem (Fig. 6). Duas parcelas ficaram descobertas e foram sempre mantidas livres de qualquer vegetação.



FIGURA 5 - Parcelas de Campo, cobertas com Plástico e Descobertas, em Viçosa.



FIGURA 6 - Retirada das Amostras nas Parcelas com Plástico

A amostragem foi feita usando-se um trado holandês. As amostras foram coletadas nas profundidades de 3, 20, 50, 100, 150 e 200 cm, respectivamente. O solo foi colocado nas latas (Fig. 7) que, imediatamente depois eram fechadas. Usaram-se amostras duplicadas para cada parcela. A amostragem foi realizada com 2, 16, 40, 150 e 360 dias, após a irrigação. Paralelamente foi conduzida uma amostragem ao lado da área experimental, em terreno não irrigado e com vegetação. A porcentagem de umidade foi determinada gravimetricamente.

3. 8. Colunas Invertidas

Para verificar a influência dos movimentos capilar e gravitante, colunas de solo foram montadas e invertidas. Montaram-se duas séries. Na primeira, os tubos foram invertidos logo depois do desaparecimento superficial da água. Na segunda, foram invertidos quarenta e oito horas depois da adição da água. As colunas ficaram apoiadas em torniquetes de madeira, recobertos com parafina, para evitar o fendilhamento após a inversão.

Para cada solo usaram-se dois tubos por série. Para os



FIGURA 7 - Coleta das Amostras, nas Latas

solos de Capinópolis e Sete Lagoas as séries foram desmontadas quarenta dias depois da adição da água. No caso do solo de Viçosa a desmontagem foi realizada após dezesseis dias. Os dados foram computados em relação ao peso do solo seco.

3. 9. Equivalente de Umidade

Usando-se a "Centrifuge International Moisture Equivalent", modelo ME, equivalente de umidade foi determinado para os três solos em estudo. Esses foram colocados nas caixetas apropriadas, possuindo fundo de tela bastante fina. Antes, porém, ajustou-se um papel de filtro no fundo das caixetas. Assim acondicionados, os solos ficaram dentro de uma bandeja com água destilada, durante uma noite, para completa saturação. A operação na centrífuga durou trinta minutos a 2 440 rpm.

Isso feito, as caixetas foram pesadas e a porcentagem de umidade determinada por diferença de peso. A operação foi repetida três vezes, sendo que em todas, cada solo entrou com quatro caixetas colocadas em posição diametralmente oposta, duas a duas, no disco da centrífuga. A porcentagem de umidade foi corrigida para peso de terra fina, seca na estufa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. 1. Curva de Retenção de Umidade do Solo

Os resultados obtidos para os solos estudados são vistos no quadro 2, sendo dispostos, graficamente, na Figura 8.

QUADRO 2 - Teor de umidade, em peso, relacionado com a força de retenção, para os solos de Capinópolis, Sete Lagoas e Viçosa

Solo	«Matric Suction» (Bárias)						
	0, 1	1/3	1	3	5	10	15
	%	%	%	%	%	%	%
Capinópolis	34, 7	30, 0	27, 8	25, 6	24, 9	24, 0	23, 4
Sete Lagoas	30, 5	25, 9	25, 2	23, 0	21, 6	20, 6	19, 9
Viçosa	56, 4	52, 0	46, 7	40, 8	37, 4	34, 8	33, 3

Os dados para um terço e quinze bárias foram analisados estatisticamente, apresentando significância ao nível de 0, 01 de probabilidade. Os desvios padrões das médias foram de $\pm 0, 38\%$ e $\pm 0, 18\%$, respectivamente.

Na Figura 8, tem-se no eixo das ordenadas o teor de umidade e no das abcissas a «matric suction», em bárias. O termo «matric suction» foi aqui usado em substituição a tensão, de vez que esse último é um termo mais amplo e de interrelações complicadas, conforme frisa RICHARDS (15). Para a terminologia empregada, uma bária é semelhante a uma atmosfera.

Como se pode verificar (Fig. 8) a forma suave das curvas indica que não existe mudança brusca no teor de umidade, com o aumento da força aplicada. Entretanto, verifica-se que as maiores mudanças ocorrem no início das curvas. As curvas pa-

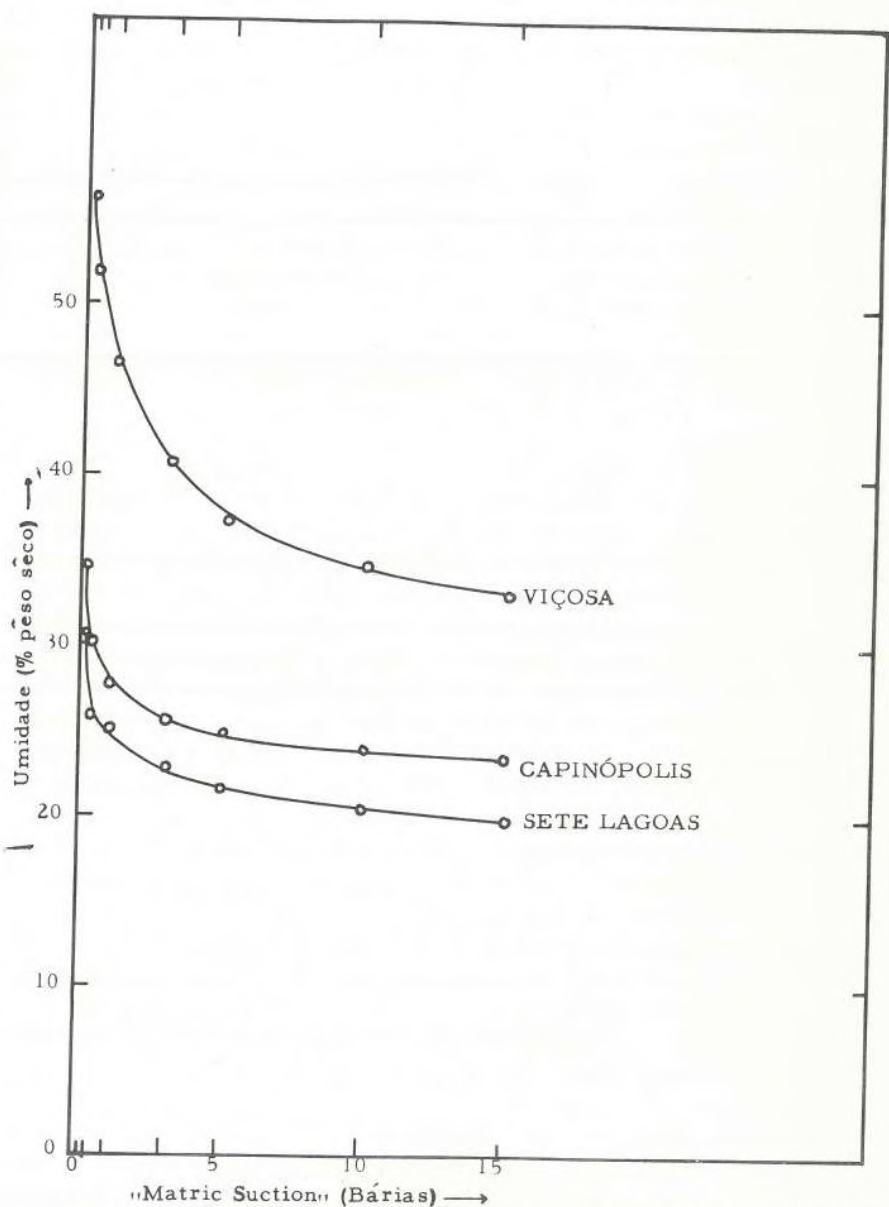


FIGURA 8 - Curva de Retenção de Umidade Para os Solos de Capinópolis, Sete Lagoas e Viçosa.

ra os solos de Capinópolis e Sete Lagoas apresentam uma maior mudança entre 0,1 e $1/3$ de bária, sendo que para Viçosa a mudança mais acentuada ocorreu entre 0,1 e 5 bárias. O solo de Capinópolis apresentou uma curva bastante similar à encontrada por GROHMANN & MEDINA (6) para um solo descrito como terra roxa legítima, cultivada. O solo de Viçosa apresenta uma capacidade de retenção mais acentuada que os outros solos, sendo que a quantidade de água retida em equilíbrio com quinze bárias é quase igual à retida pelo solo de Capinópolis e superior ao de Sete Lagoas, à força de 0,1 bária.

As curvas parecem indicar uma maior similaridade em características físicas entre os solos de Capinópolis e Sete Lagoas do que entre estes e o solo de Viçosa.

4. 2. Capacidade de Campo e a Retenção de Umidade em Colunas de Solo

Nas Figuras 9, 10 e 11, é encontrada a retenção de água com 2, 16, 40, 150 e 360 dias, para os solos de Capinópolis, Sete Lagoas e Viçosa. As figuras, relacionam umidade, profundidade e força de retenção da água no solo («Matric Suction»). Partindo da origem para a direita, está marcado o teor de umidade; o aprofundamento na coluna segue a direção vertical, a partir da origem; a «matric suction» está anotada paralelamente à linha de umidade, na parte inferior, aumentando o seu valor no sentido contrário a esta. Isso porque a «Matric suction» aumenta com o decréscimo do teor de umidade. As linhas pontilhadas indicam os limites da água chamada «disponível para a planta», entre um terço e quinze bárias. Idêntico critério é seguido para as demais figuras apresentadas.

Segundo o conceito de capacidade de campo comumente aceito, quando certa quantidade de água é adicionada ao solo, para umedecer até determinada profundidade, como ocorreu no presente estudo em colunas, depois de dois a quatro dias a parte superior da coluna deveria apresentar um teor de umidade uniforme e numa força de retenção em torno de um terço de bária, acompanhada de uma zona de transição brusca para o solo seco, logo abaixo.

Na figura 9, para o solo de Capinópolis com 75 ml de água, a curva para dois dias assemelha-se bastante à curva esperada de capacidade de campo (Fig. 1), apenas apresentando uma força de retenção um pouco menor que um terço de bária. Se o topo da coluna não estivesse fechado, a parte supe-

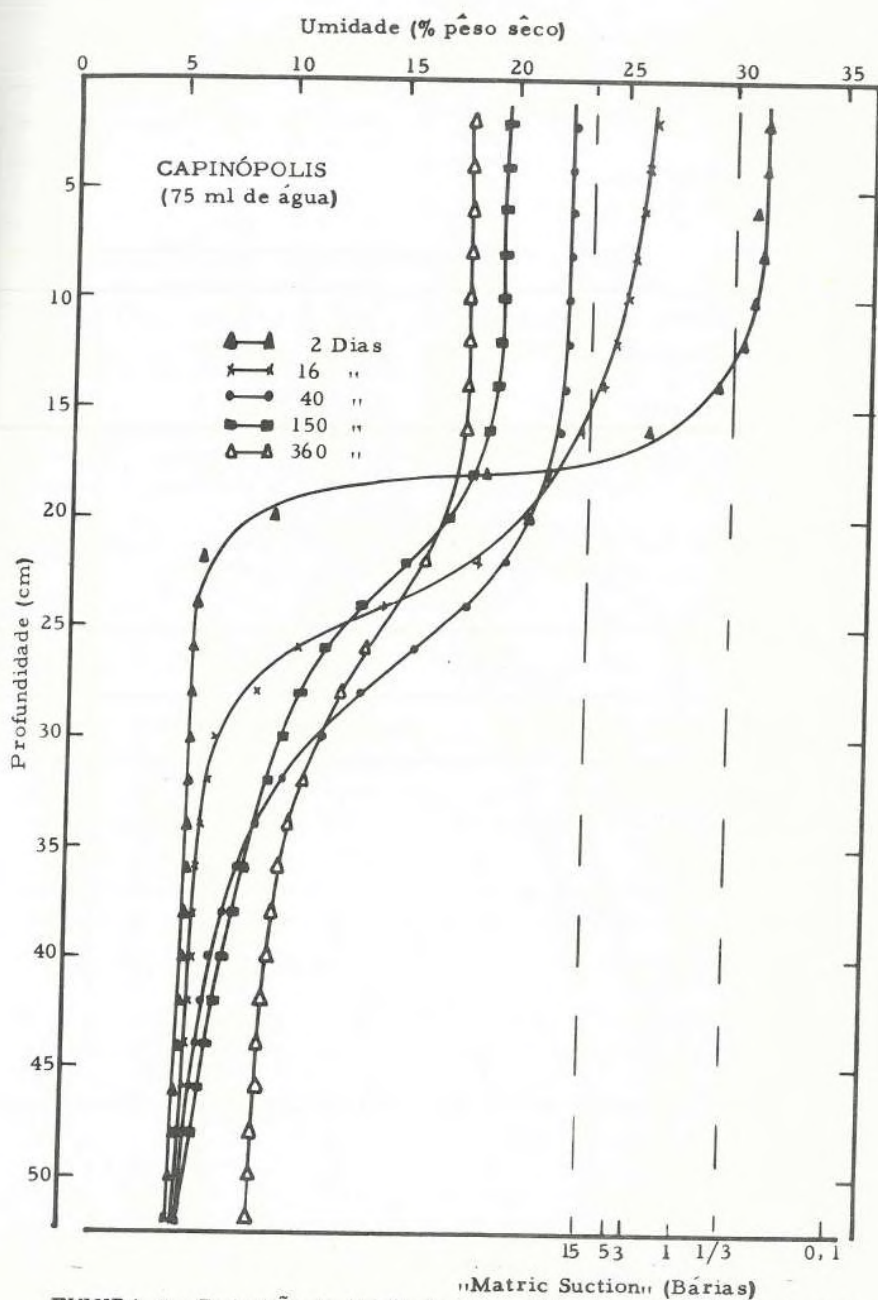


FIGURA 9 - Retenção de Umidade com o Tempo, em Colunas de Solo de Capinópolis, no Laboratório.

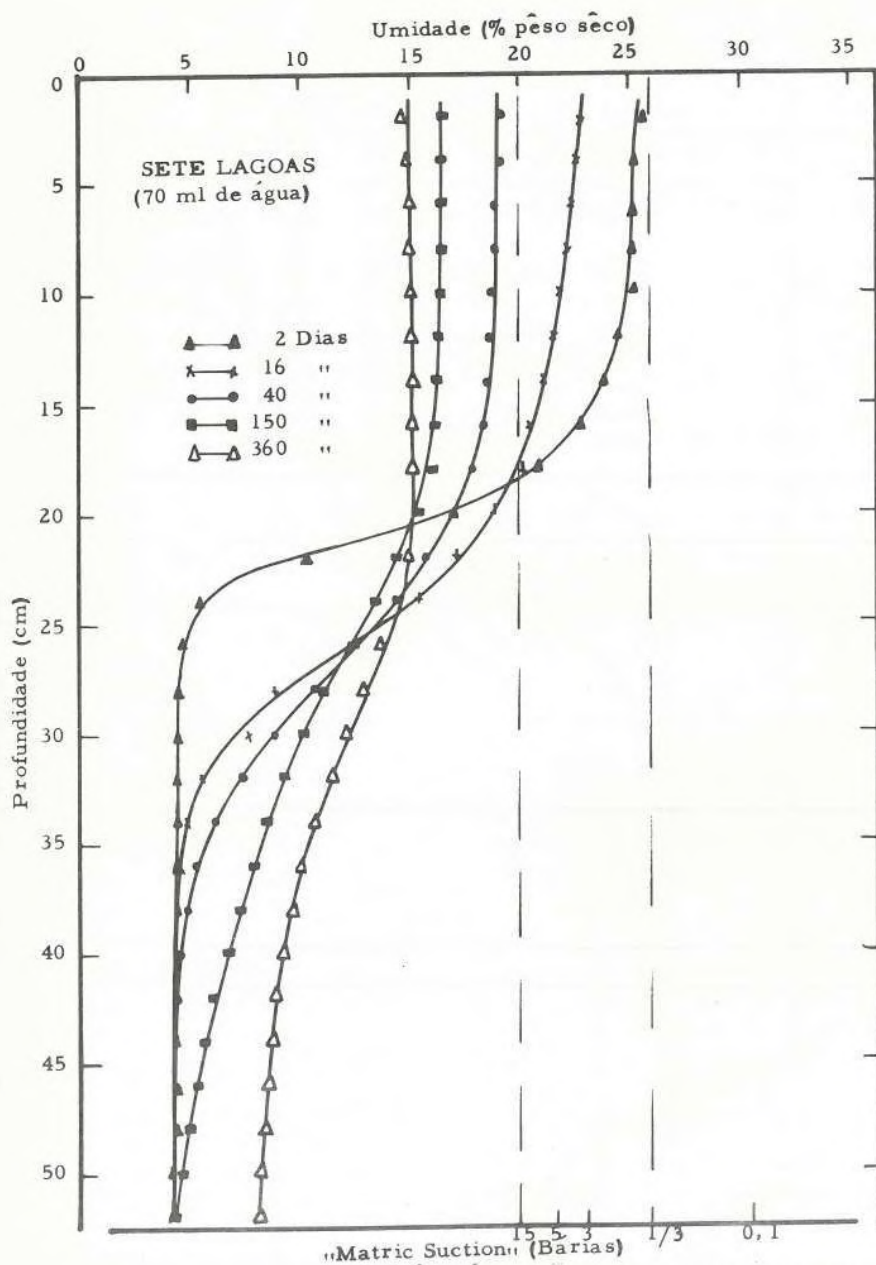


FIGURA 10 - Retenção de Umidade com o Tempo, em Colunas de Solo de Sete Lagoas, no Laboratório.

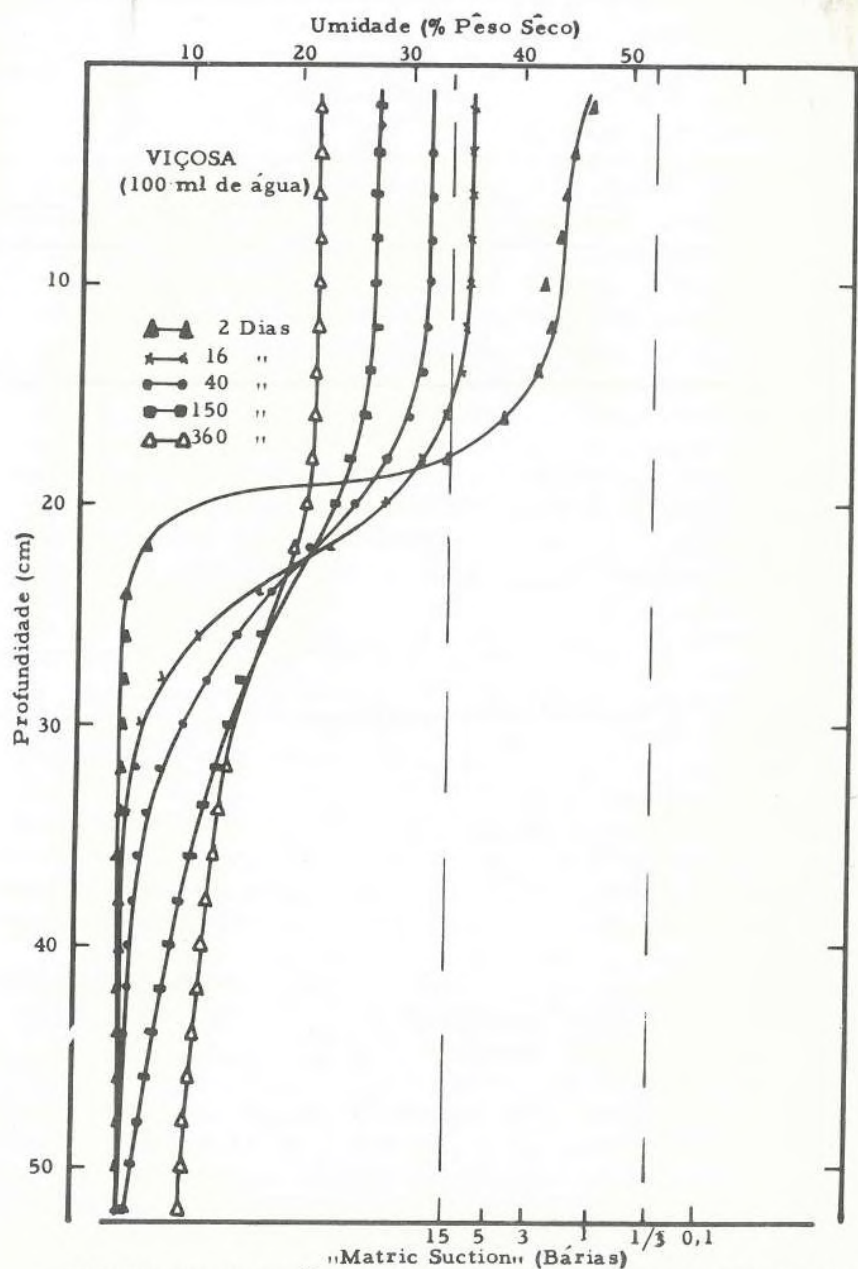


FIGURA 11 - Retenção de Umidade com o Tempo, em Colunas de Solo de Viçosa, no Laboratório.

rior da curva deveria apresentar um decréscimo no teor de umidade provocado pela evaporação, o que também é previsto na curva esperada de capacidade de campo. As curvas para 16, 40, 150 e 360 dias, na mesma figura, mostram um acentuado movimento da água no sentido do fundo da coluna. A curva com 16 dias não apresenta mais aquele patamar típico da curva esperada de capacidade de campo. A água retida nos centímetros iniciais da coluna, já apresenta uma força próxima a três bárias e a parte úmida não é mais uniforme. Ao quadragésimo dia a água apresentava força de retenção superior a quinze bárias, o que indicaria, segundo o conceito comum para ponto de murcha, que não haveria água disponível para a planta após esse tempo. A curva com dezesseis dias permite verificar que, embora em pequena quantidade, a água já tinha atingido o fundo da coluna.

Na figura 10, para o solo de Sete Lagoas com 70 ml de água, a curva para dois dias assemelha-se à curva de capacidade de campo, embora a mudança para solo seco abaixo não seja tão rápida. A força de retenção da água está pouco aquém da linha de um terço de bária. As curvas para 16, 40, 150 e 360 dias, na mesma figura, já indicam um movimento descendente da água bastante acentuado, apresentando uma visível tendência das curvas a linearidade com o passar do tempo, eliminando, assim, o patamar característico que separa o solo úmido do solo seco logo abaixo, típico da curva esperada. Aos dezesseis dias a água já se encontrava retida na camada úmida, com força superior a três bárias. Um fato curioso (Fig. 10) é o ponto comum de cruzamento para as curvas de 16, 40 e 150 dias, na profundidade de 26 cm, o que indica um ponto tal que funciona apenas como receptor e transmissor da água, sem contudo aumentar o seu próprio valor. Fato semelhante tem sido citado na literatura, divergindo, porém, na força de retenção da água. A figura 10, deixa ver que a água só atingiu o fundo da coluna aos cento e cinquenta dias.

Na figura 11, para o solo de Viçosa com 100 ml de água, são apresentadas as curvas para 2, 16, 40, 150 e 360 dias. A curva para dois dias assemelha-se em forma à curva esperada de capacidade de campo, contudo, apesar de tal semelhança, a água apresenta-se retida na camada úmida com força pouco maior do que uma bária. As curvas de 16, 40, 150 e 360 dias apresentam um movimento descendente da água bastante acentuado e uma tendência visível à linha reta com o passar do tempo. O movimento apresentou-se mais acentuado até o décimo

sexto dia, sendo que aí a água já se encontrava retida com uma força próxima a dez bárias, na parte superior da curva. As curvas para 40 a 150 dias apresentam um formato bastante similar com as do mesmo período para o solo de Sete Lagoas (Fig. 10) principalmente depois que elas cortam a curva de dois dias. Estas têm suas camadas umedecidas sob uma força de retenção muito acima de quinze bárias. Também para o solo de Viçosa (Fig. 11) as curvas com 16, 40 e 150 dias têm um ponto comum de cruzamento, ocorrendo, porém, à profundidade e teor de umidade diferentes do verificado para Sete Lagoas.

No conceito de capacidade de campo é previsto um movimento descendente, depois do segundo ou terceiro dia, mas tão pequena que é considerado, para efeitos práticos, como desprezível, e mesmo longo período após a adição da água o solo ainda apresenta uma curva que se assemelha à curva esperada. Contudo, verifica-se nas figuras 9, 10 e 11, para os solos de Capinópolis, Sete Lagoas e Viçosa, respectivamente, que somente aos dois dias os solos apresentaram uma curva que se assemelha à curva esperada para capacidade de campo, com ressalva entretanto na força de retenção e na uniformidade da camada úmida. É interessante observar que no solo de Viçosa (Fig. 11), apesar da similaridade da curva de dois dias, a água estava retida com uma força superior a uma bária. De dois a trezentos e sessenta dias, todos os solos mostraram um movimento descendente da água numa intensidade deveras impressionante que, em hipótese alguma poderia ser negligenciado. Isso parece indicar um desvio do conceito comumente adotado para capacidade de campo. SYKES (17) usando semelhante sistema de estudo em colunas de solo, observou que a maioria dos solos por ele estudados não se enquadravam na curva esperada para capacidade de campo com o transcorrer do tempo. O referido autor cita, ainda, em seu trabalho, resultados idênticos encontrados por diversos pesquisadores.

RICHARDS (15) lembra que, no tratamento quantitativo do sistema solo água, duas importantes propriedades físicas devem ser consideradas: retentividade e condutibilidade capilar. A retentividade pode ser entendida como o conteúdo de água do solo a uma específica "matric suction". A condutibilidade capilar depende principalmente do conteúdo de água no solo, e assim é variável, não somente de um ponto a outro no solo, mas também, com o tempo, em qualquer ponto do solo. Portanto, não é de se esperar que a facilidade com a qual a água flui através do solo seja independente da extensão e oscilação dos filmes de

água, através dos quais e com os quais tem o fluxo.

De modo diferente, verifica-se que o movimento da água, no solo, está em função de uma "força", o gradiente hidráulico, e um "fluxo", a condutibilidade capilar. Ambos os fatores estão na dependência de condições específicas do próprio solo e são, por conseguinte, variáveis.

Consequentemente, se um dos dois fatores for bastante pequeno para ser considerado zero, a expressão numérica do movimento também o será. O conceito de capacidade de campo parece ter sido baseado nessa premissa, considerando que a condutibilidade capilar acima de um terço de bária é tão pequena que pode ser desprezada.

Como pode ser visto nas figuras 9, 10 e 11, para os solos de Capinópolis, Sete Lagoas e Viçosa, respectivamente, a condutibilidade capilar não pode ser considerada desprezível. Embora essa possa apresentar um valor pequeno, a expressão numérica do movimento é considerável por causa do gradiente hidráulico existente entre a camada úmida e o solo seco imediatamente abaixo.

Os valores da condutibilidade capilar e gradiente hidráulico fazem com que os solos estudados não se enquadrem no conceito usual de capacidade de campo, já que os mesmos não mantiveram, com o passar do tempo, uma retenção similar à apresentada aos dois dias.

4. 3. Parcelas de Campo

O quadro 3, contém o resultado mensal da precipitação atmosférica, nos anos de 1966 e 1967, em Viçosa, no local onde o experimento de campo foi montado.

QUADRO 3 - Precipitação, em milímetros de chuva, nos anos de 1966 e 1967, em Viçosa

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1966	213,1	42,1	52,5	5,3	22,9	3,6	39,4	0,8	10,2	207	201,9	258,2
1967	259,1	241,0	93,3	21,6	1,5	0,0	0,0	-	-	-	-	-

Alguns dados físicos, referentes aos tratamentos com plástico e sem plástico, para o estudo de campo, em Viçosa, são encontrados no quadro 4. Os dados refletem o resultado da mistura de todas as amostras coletadas durante o estudo,

para a mesma profundidade.

Os resultados das parcelas de campo, em Viçosa, para os tratamentos com e sem plástico, com dois dias após a irrigação, podem ser observados na figura 12, assim como o estado de umidade do solo antes de ser irrigado. Nesse estudo de campo procura-se verificar somente o movimento da água e a força de retenção.

QUADRO 4 - Resultados de algumas análises físicas das parcelas de campo, em Viçosa

Profundidade (cm)	Com Plástico					Sem Plástico				
	Análise Granulométrica (%)*			Árgila Natural (%)	Índice de Agregação (%)	Análise Granulométrica (%)*			Árgila Natural (%)	Índice de Agregação (%)
	Areia	Silte	Argila			Areia	Silte	Argila		
3	10,6	24,0	65,5	24,2	63,1	10,6	24,9	64,5	20,5	68,2
20	6,6	21,0	72,4	1,3	98,2	5,0	23,4	71,6	3,2	95,6
50	5,7	34,9	59,4	1,1	98,1	4,1	30,6	65,3	1,1	98,3
100	8,3	47,3	44,4	1,5	96,7	5,4	47,9	46,7	1,3	97,2
150	2,8	54,3	42,9	1,4	96,9	3,3	53,3	43,4	1,2	97,3
200	16,6	44,2	39,2	1,4	96,5	25,2	37,6	37,2	0,8	97,7

* Segundo as Normas da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

As curvas com e sem plástico (Fig. 12), após dois dias apresentam formas semelhantes e com uma pequena diferença no teor de umidade até a profundidade de 150 cm. Ambas apresentam uma força de retenção muito próxima da linha de um terço de bária, em quase toda a sua extensão. Observa-se que todo o perfil encontrava-se bem molhado. Há uma semelhança, em forma, entre as curvas com e sem plástico e a curva sem irrigação, o que parece indicar certa uniformidade no movimento da água. A figura 13, permite observar o comportamento da água ao décimo sexto dia, para os referidos tratamentos. Nota-se que dos 40 aos 150 cm de profundidade, as curvas, sem e com plástico, continuam próximas e a força de retenção da água nessa camada continua, praticamente, a mesma que para os dois dias, não apresentando a água quase nenhum movimento descendente. Até 40 cm de profundidade, a parcela descoberta já reflete bastante o efeito da evaporação, sendo que o conteúdo a 5 cm apresenta uma força de retenção próxima a linha de quinze bárias. Nas parcelas cobertas, esse efeito da evaporação foi evitado em razão da existência do plástico.

Ao quadragésimo dia, as curvas (Fig. 14) continuam indicando a pequena ocorrência do movimento descendente da á-

gua, fazendo crer que o afastamento entre as curvas, com e sem plástico, tenha sido causado, em maior parte pelo efeito de evaporação, forçando desse modo um reabastecimento de água das camadas superiores por um movimento capilar ascendente. A parcela com plástico permanece próxima à linha de um terço de bária. A curva sem irrigação apresentou um aumento surpreendente de água na profundidade de 200 cm.

As figuras 15 e 16, para os tratamentos com plástico e sem plástico, respectivamente, permitem observar o comportamento da água com o passar do tempo. Em ambas as figuras verificam-se que o movimento descendente da água de dois a trezentos e sessenta dias foi de pequena importância e que as curvas permaneceram próximas da linha de um terço de bária, salvo onde o efeito da evaporação fez-se sentir e nas profundidades superiores a cento e cinquenta centímetros. A observação para cento e cinquenta dias (fig. 16) não serve para efeito de comparação, em razão de contínua quantidade de água recebida através das pesadas chuvas, anteriores a amostragem.

Na figura 15, nota-se que de 150 a 360 dias o movimento descendente da água foi particamente nulo.

Comparando-se os resultados de laboratório e campo, para o solo de Viçosa (Fig. 11 e 15) não há concordância quanto ao movimento descendente da água. Enquanto que no laboratório o solo apresentou um acentuado movimento descendente da água, fugindo assim ao conceito de capacidade de campo; no campo ocorreu o oposto, permanecendo a água, até aos trezentos e sessenta dias, retida com uma força próxima a um terço de bária. Entretanto, considerando-se que, como o perfil medido foi bem molhado, a estas parcelas no campo faltam a camada de solo seco imediatamente abaixo, pelo menos nos dois metros medidos, e assim faltou o gradiente hidráulico entre o solo molhado e o solo seco, fator que não ocorreu no laboratório. Por outro lado, o quadro 4 permite verificar que a quantidade de areia sofreu acentuado aumento de 150 a 200 cm de profundidade. Isso pode ter causado um desequilíbrio na continuidade dos poros capilares, provocando uma redução no movimento capilar da água. As observações de campo indicam que a quantidade de areia parece continuar aumentando, a partir dos duzentos centímetros de profundidade. Se isso é verdade, não existem condições para que a água continue seu movimento descendente para as camadas mais profundas, a menos que seja pelo efeito da ação da gravidade. A não existência de um gradiente hidráulico entre o solo molhado e o solo seco, acresci-

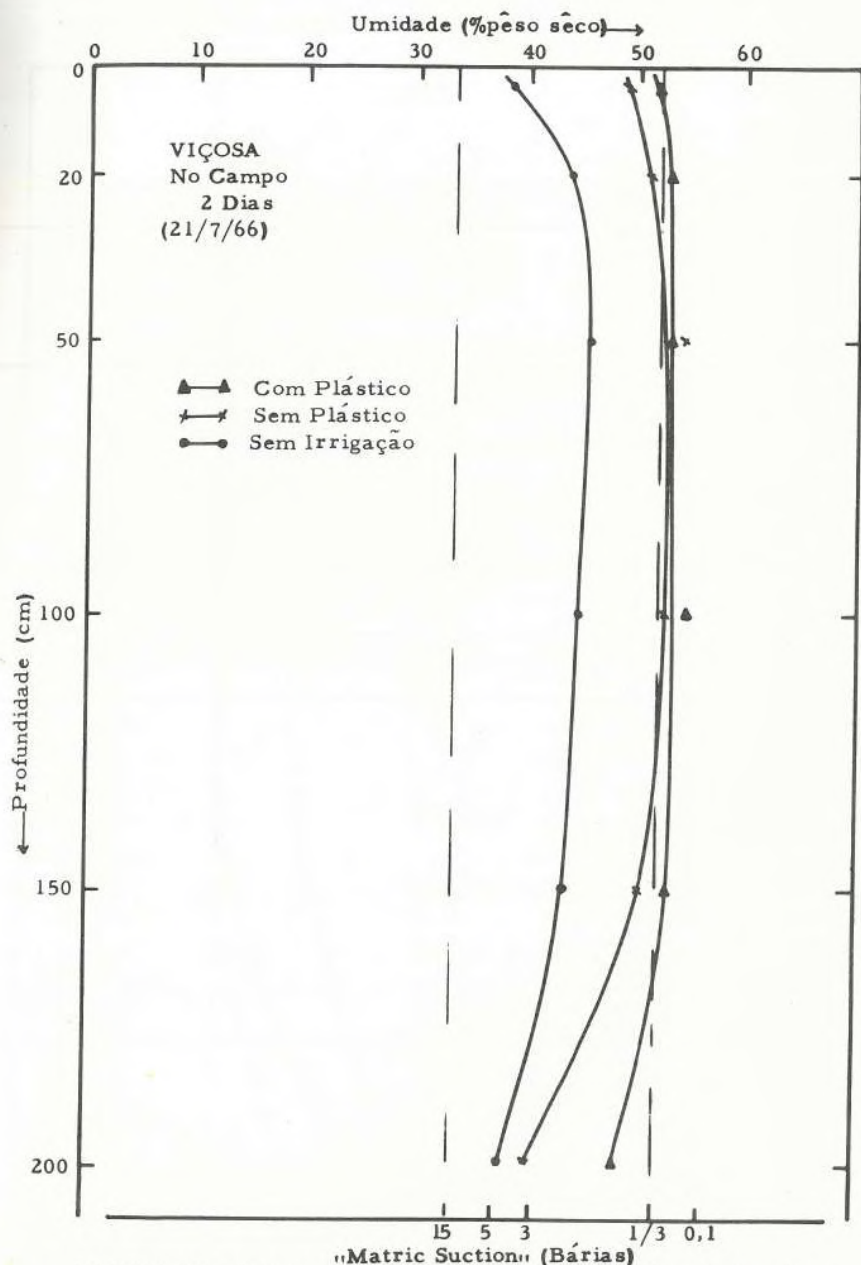


FIGURA 12 - Curvas de Umidade com 2 Dias Após a Irrigação, nas Parcelas de Campo, em Viçosa.

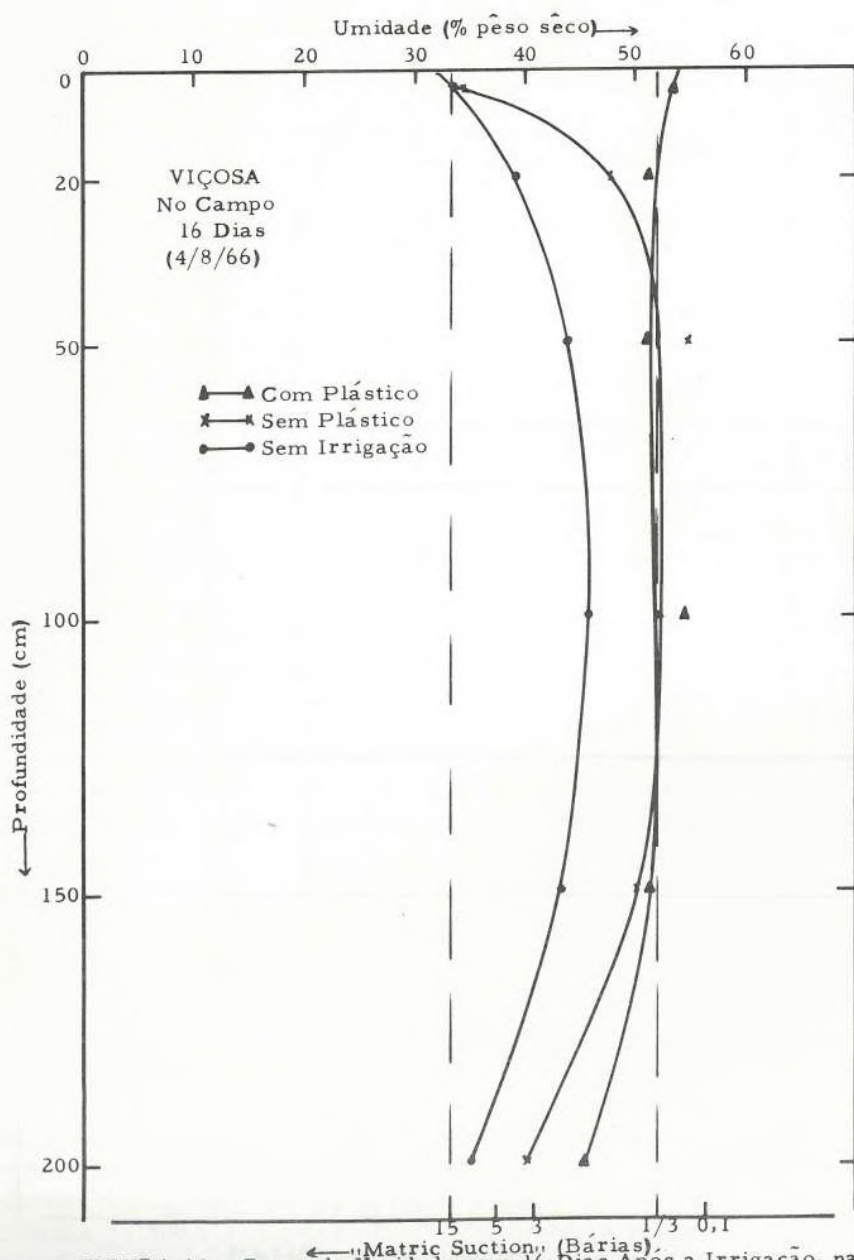


FIGURA 13 - Curva de Umidade com 16 Dias Após a Irrigação, nas Parcelas de Campo, em Viçosa.

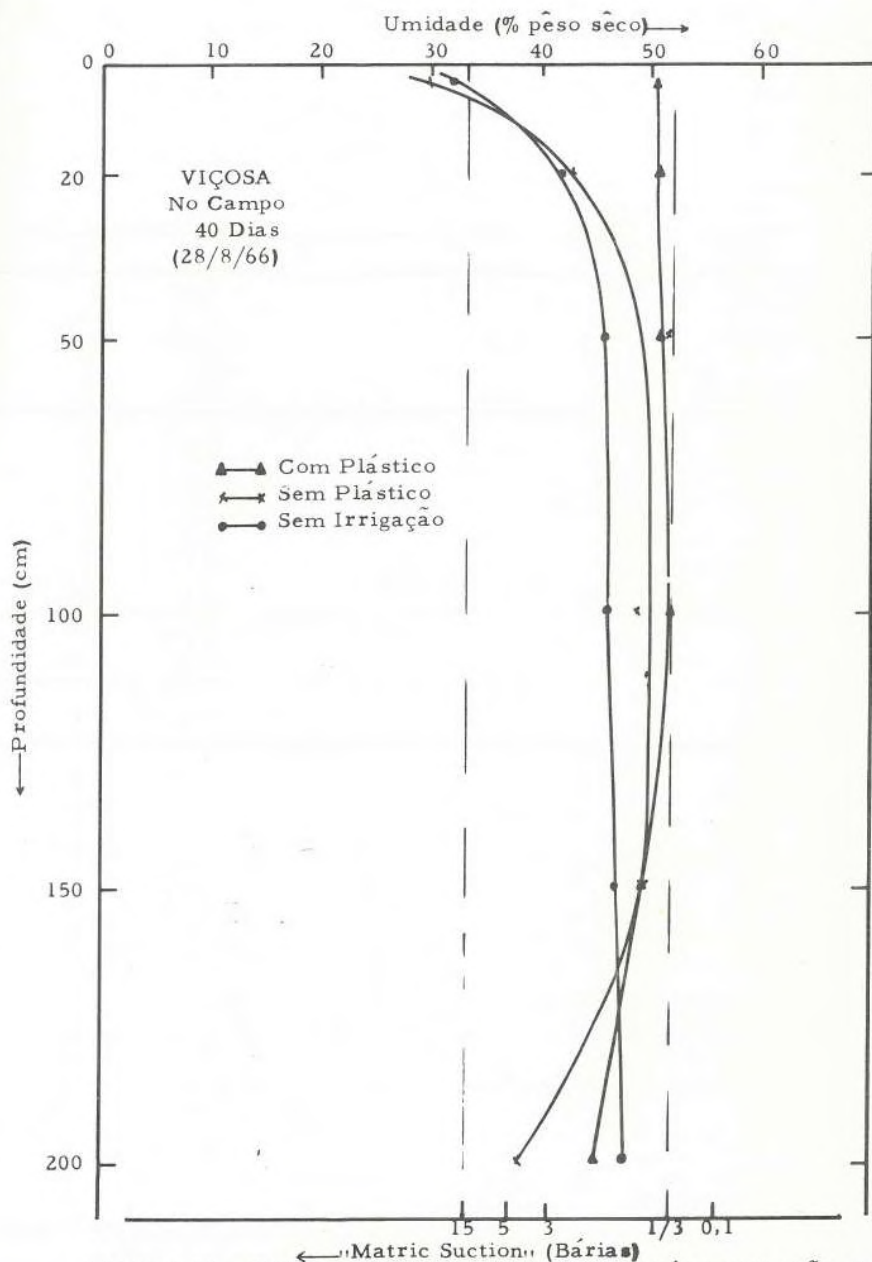


FIGURA 14 - Curvas de Umidade com 40 Dias Após a Irrigação, nas Parcelas de Campo, em Viçosa.

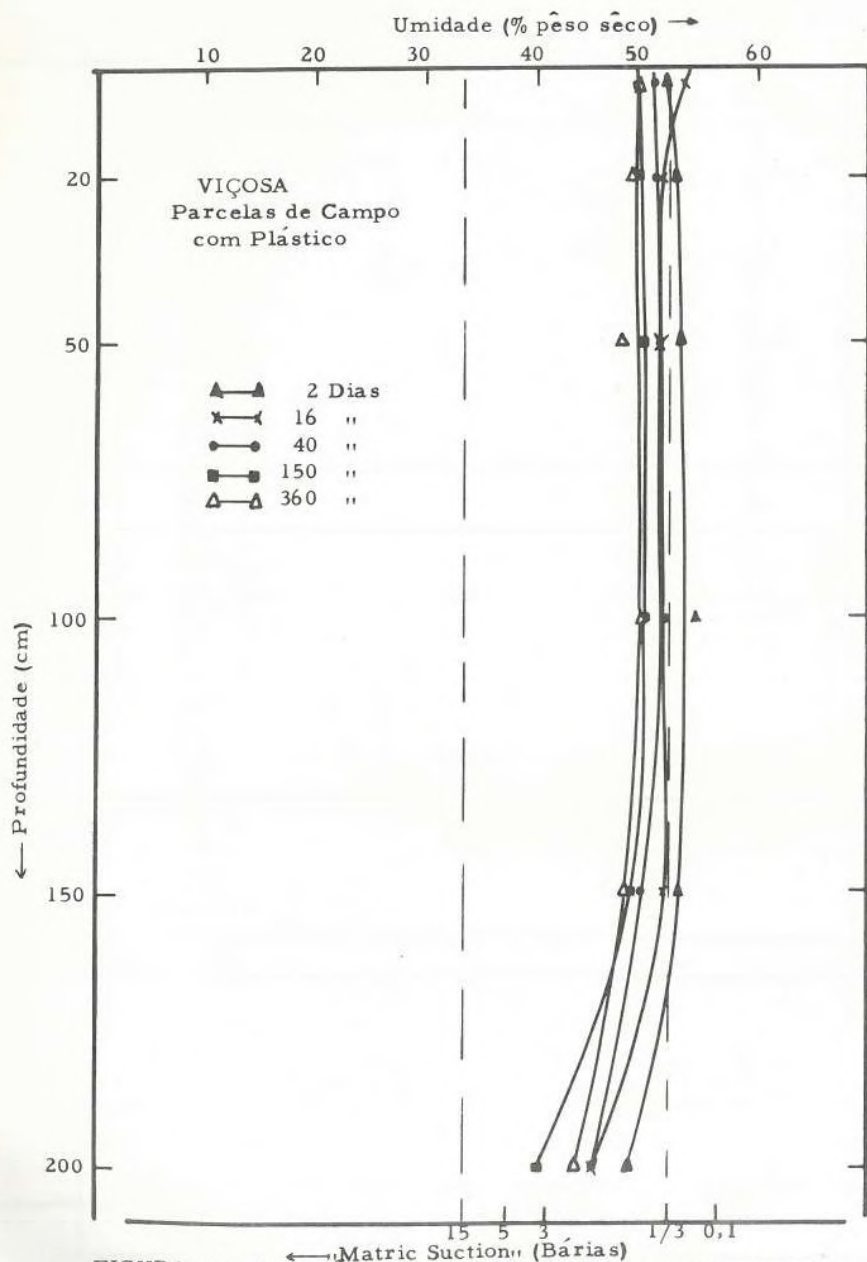


FIGURA 15 - Retenção de Umidade com o Tempo, nas Parcelas com Plástico, em Viçosa.

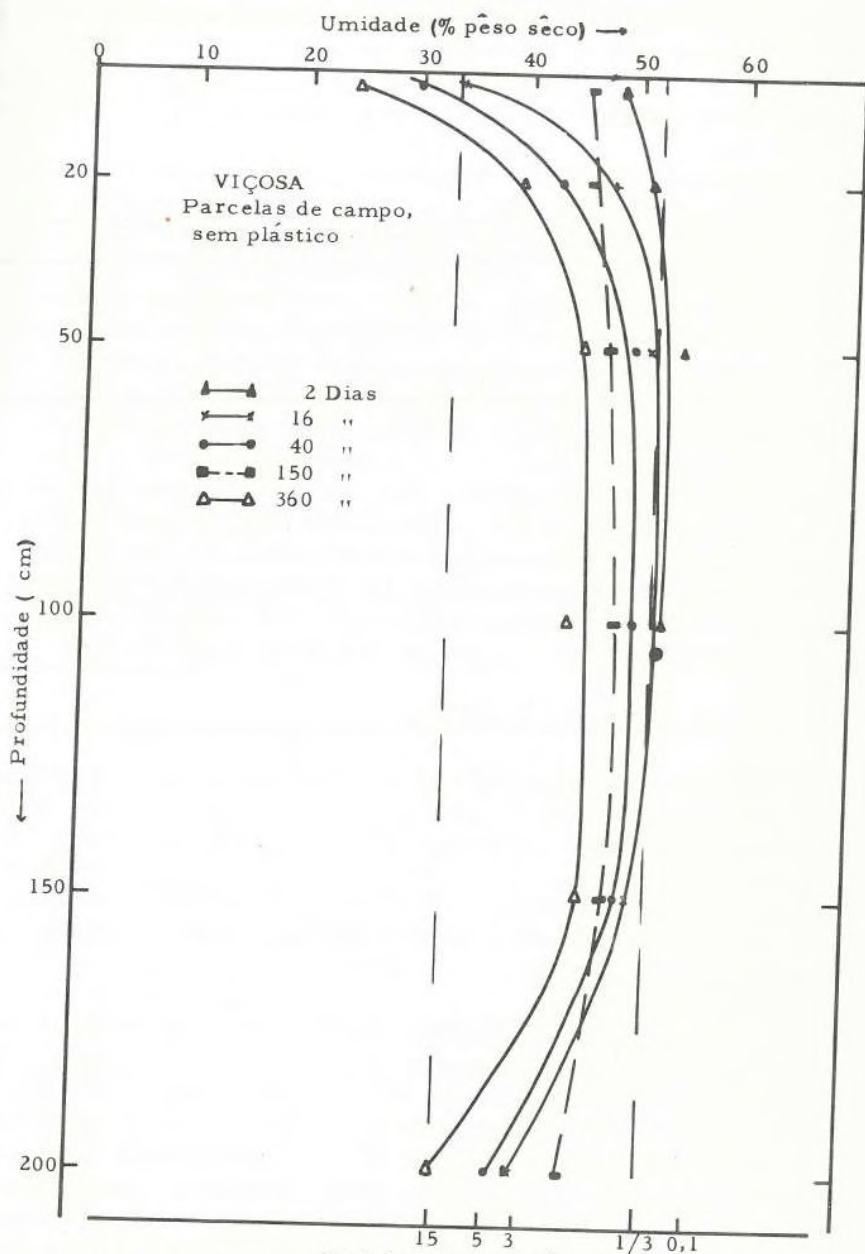


FIGURA 16 - Retenção de Umidade com o Tempo, nas Parcelas sem Plástico, em Viçosa.

da do efeito da mudança acentuada na fração areia, parece ser o maior responsável pela diferença entre os dados de campo e laboratório, já que nesse último o solo apresentava-se uniformemente distribuído na coluna, e somente uma parte dessa foi molhada.

Considerando-se a falta de um gradiente hidráulico, do solo úmido para o solo seco logo abaixo, e a não semelhança em estado físico, os resultados no campo concordam muito bem com os de laboratório, no início das observações. Assim, a validade do conceito de capacidade de campo e a retenção de umidade para muitos dias ou semanas, dependem das condições do perfil a respeito de camadas texturais, lençol freático, solo seco, profundidade do solo, profundidade de molhagem etc. e não parece constante para qualquer situação, como muitos acreditam.

Na figura 17, tem-se o resultado de uma única amostragem feita no solo de Capinópolis, na época das chuvas e poucos dias depois de uma forte chuva. Entre vinte e cinquenta centímetros de profundidade a água encontrava-se retida com uma força bem próxima a um terço de bária, o que também aconteceu nas colunas do mesmo solo, sendo que a amostra vinda para o laboratório foi coletada até cinquenta centímetros.

4. 4. Colunas Invertidas

Os resultados comparativos entre as colunas que não foram invertidas e as que foram depois do desaparecimento superficial da água e com quarenta e oito horas, para os solos de Capinópolis, 75 ml de água e 40 dias; Sete Lagoas, 70 ml e 40 dias e Viçosa, 100 ml e 16 dias, apresentaram uma tão pequena variação na porcentagem de umidade, que puderam ser considerados como simples repetição, não permitindo o traçado das curvas comparativas.

Os resultados parecem indicar que os solos tinham capacidade para reter nas camadas superficiais das colunas toda a água adicionada, não dando, deste modo, condições para que existisse o movimento gravitante. Assim, o movimento descendente da água nas colunas de solo foi provocado, exclusivamente pelo movimento capilar sem orientação, para baixo ou para cima, como acontece no caso do movimento gravitante. Isto indica que o movimento da água nas figuras 9, 10 e 11, foi realmente um movimento capilar.

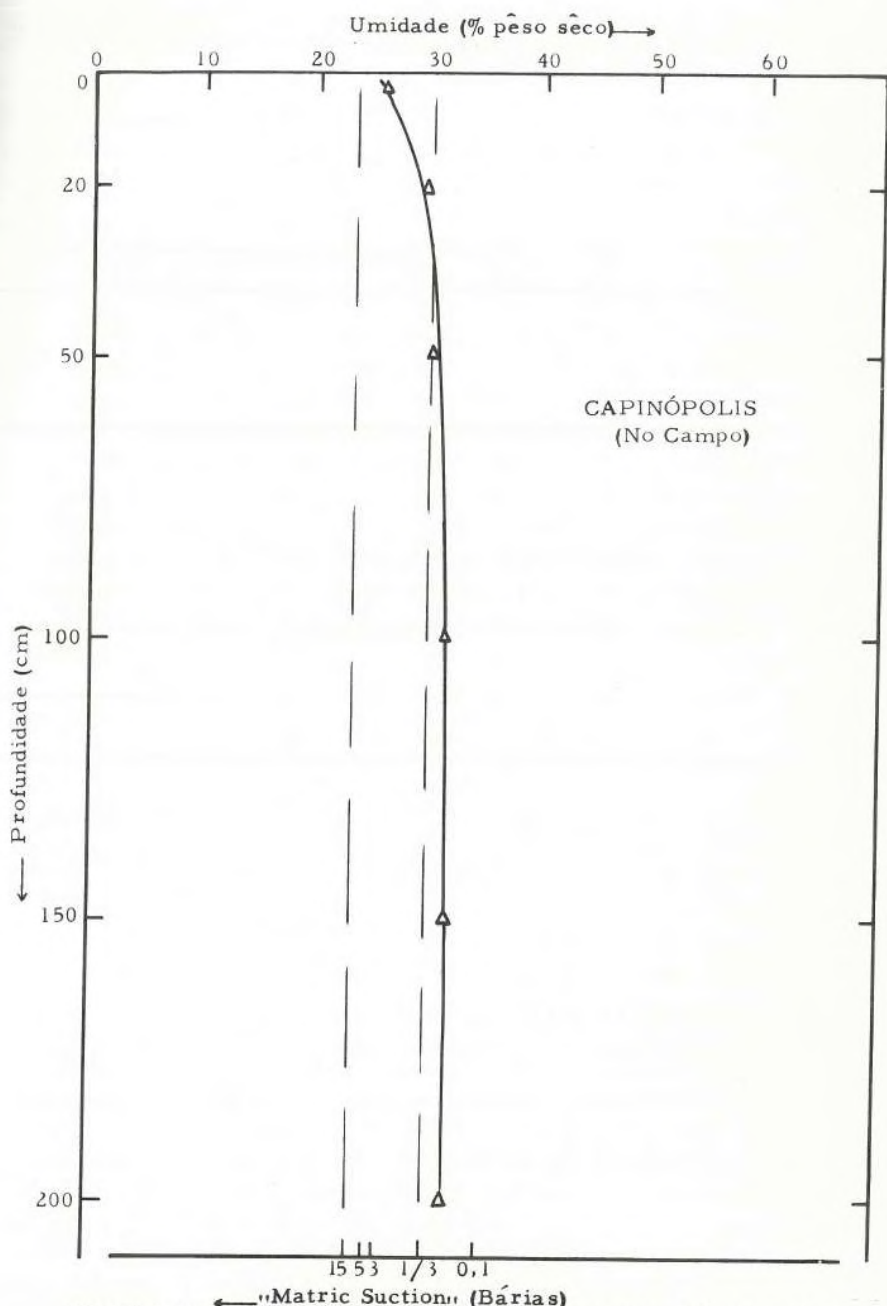


FIGURA 17 - Retenção de Umidade no Solo de Capinópolis, Poucos Dias Depois de um Período de Chuvas.

4. 5. Comparação Entre Processos para Conhecer a Capacidade de Campo

A comparação entre os modos de conhecer a capacidade de campo e a disponibilidade de água para a planta considerando-se quinze bárias como o ponto mínimo, é encontrada no quadro 5.

A disponibilidade de água do solo para a cultura é calculada pela diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murcha. Certos pesquisadores consideram, para finalidades práticas, a capacidade de campo igual ao equivalente de umidade, usando este último como o ponto máximo de água prontamente disponível no solo (5, 10, 12, 13, 14).

O quadro 5, permite observar que a diferença entre colunas e um terço da bária, para os solos de Capinópolis e Sete Lagoas, é pequena. O solo de Viçosa apresenta uma estreita relação entre campo e um terço de bária, sendo que os tubos apresentaram uma menor quantidade de água retida, ao segundo dia. Para efeito de comparação, fixou-se o valor de um terço de bária como ponto superior para os três solos.

QUADRO 5 - Comparação entre processos para conhecer a capacidade de campo e a disponibilidade de água, nos solos de Capinópolis, Sete Lagoas e Viçosa

Solo	Capacidade de Campo (%)			15 Bárias (%)	Equivalente de Umidade (%)	Disponibilidade d' Água (%)		
	Colunas de Solo	1/3 Bária	Ensaio de Campo			1/3 -15 Bárias	1/3-Equivalente de Umidade	Equivalente de Umidade -15 Bárias
Capinópolis	31,4	30,0	31,0	23,4	24,5	6,6	5,5	1,1
Sete Lagoas	25,6	25,9	-	19,9	22,4	6,0	3,5	2,5
Viçosa	46,3	52,0	51,0	33,3	42,9	18,7	9,1	9,6

A diferença entre um terço de bária e o equivalente de umidade para os três solos, é muito grande para ser considerada desprezível e, se isto acontecesse a disponibilidade ficaria reduzida de 83,3%, 58,3% e 48,6% para os solos de Capinópolis, Sete Lagoas e Viçosa, respectivamente. Essa redução acentuada na disponibilidade de água dos solos estudados, parece reforçar o pensamento dos pesquisadores que discordam da equiparação entre capacidade de campo e equivalente de umidade,

para fins práticos, (17). Por outro lado, os dados vêm em oposição ao que é usado por outros pesquisadores (5, 10, 12, 13, 14).

O solo de Viçosa foi o que apresentou uma maior disponibilidade de água, com um fator aproximado de três vezes a disponibilidade de Capinópolis e Sete Lagoas.

O movimento e a retenção da água no solo estão intimamente relacionados com as condições específicas do próprio solo. Portanto, é de esperar que o comportamento da água seja diferente nos diversos solos e num mesmo solo quando as condições sofrerem alteração. Dêste modo, acredita-se que as generalizações e importações indiscriminadas de informações, muitas vezes já ultrapassadas, devem ser suspensas sob pena de correr risco de insucesso.

Parece que, em vez de se propalar a conceituação de determinadas «constantes de Umidade» do solo que, segundo RICHARDS (15), têm trazido mais malefícios do que benefícios, seria mais aconselhável estudar a água no solo através das funções de retentividade e condutibilidade capilar. Já que na prática o que interessa é saber a ocasião em que deve ser adicionada água e qual a quantidade a ser fornecida ao solo para que determinada cultura possa se desenvolver, seria aconselhável estabelecer quais as curvas de retenção a específicas «matrix suction» e, a partir daí, fazer as correlações necessárias entre os dados de laboratório e campo, levando em consideração a cultura desejada.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo, levam às seguintes conclusões:

1. Os três solos apresentaram, no segundo dia, uma curva semelhante à esperada para capacidade de campo. As curvas para Capinópolis e Sete Lagoas estavam perto da linha de um terço de bária, sendo que a de Viçosa apresentou uma força de retenção um pouco maior do que uma bária.
2. As colunas de solo no laboratório apresentaram movimento descendente da água bastante acentuado entre o 2º e o 360º dia, fugindo assim ao conceito de capacidade de campo.
3. Considerando a falta de gradiente hidráulico ocorrido no campo, os resultados de laboratório e campo apresentam boa concordância no início das observações.

4. A conceituação usual de capacidade de campo não tem aplicação universal. As propriedades específicas de cada solo determinam a intensidade do desvio entre as curvas de retenção observadas e a indicada pelo conceito comum.
5. As colunas invertidas permitiram verificar que o movimento gravitante não teve influência na descida da água nas colunas, mesmo poucos minutos depois do desaparecimento da água superficial.
6. Nos três solos estudados, o equivalente de umidade não deve ser considerado, para fins práticos, igual ou semelhante ao que usualmente se denomina de capacidade de campo.

6. SUMÁRIO

O estudo foi realizado com solos de Capinópolis, Sete Lagoas e Viçosa, três regiões de Minas Gerais, e teve como principal finalidade verificar o comportamento dos citados solos quanto à conceituação geralmente aceita para capacidade de campo e movimento e retenção de água. Os trabalhos foram executados com colunas de solo no laboratório, sendo a desmontagem das mesmas feita com 2, 16, 40, 150 e 360 dias após a adição de certa quantidade de água no ápice das colunas. Duas séries de colunas foram montadas e investidas após certo período, para que fosse verificada a ação dos movimentos gravitante e capilar. Parcelas de campo cobertas com plástico e sem cobertura, foram montada em Viçosa para servir de comparação com os dados de laboratório. Foi levada a efeito uma amostragem do perfil do solo até dois metros de profundidade. Utilizou-se a panela-de-pressão e o aparelho de membrana para se conseguir a curva de retenção da água a específicas «matric suction». O equivalente de umidade foi determinado com a «Centrifuge International Moisture Equivalent», modelo ME.

Os solos, nas colunas, apresentaram acentuado movimento descendente da água de dois a trezentos e sessenta dias, e somente ao segundo dia apresentaram uma curva que se assemelhava à curva esperada de capacidade de campo, sendo que Viçosa apresentou uma força de retenção superior a uma bária. Nas parcelas de campo, em Viçosa, pela grande quantidade de água adicionada, ficou umedecida a camada que seria de solo seco, pelo menos nos dois metros amostrados. Dis-

to resultou a falta de gradiente hidráulico entre o solo molhado e solo seco, logo abaixo, prejudicando a ação do movimento descendente da água, com o passar do tempo. As colunas invertidas mostraram que o movimento gravitante não teve influência no estudo de laboratório. A quantidade de água retida com uma força de um terço de bária foi bem superior ao equivalente de umidade, em todos os três solos estudados.

7. SUMMARY

A study was conducted on soils from three regions of Minas Gerais, Capinópolis, Sete Lagoas and Viçosa, to verify the properties of these soils with respect to the commonly accepted concept for field capacity and the movement and retention of soil moisture. The retention trials were conducted with columns of soil in the laboratory 2, 16, 40, 150, and 360 days after irrigation at the top of the column. A series of columns was inverted in order to determine gravitational and capillary movement. The retention curve against matric suction was determined with a pressure plate and pressure membrana for the three soils. The moisture equivalent was determined with a Centrifuge International Moisture Equivalent model ME.

Field plots were studied in Viçosa with plastic covered and uncovered, devegated plots to compare with the laboratory results. The soil profile was sampled to a depth of two meters.

Soil moisture in the columns showed accentuated downward movement from two to 360 days and showed a curve similar to the "expected" field capacity curve only at the second day, even though the Viçosa soil showed a retention force of more than one bar at that time.

In the Viçosa field plots, due to the large quantity of water added the dry subsoil layer was also wet, at least to a depth of two meters. This resulted in the absence of a hydraulic gradient between moist soil and dry soil immediately below, thus annulling the downward movement of moisture with time. The inverted columns indicated that gravitational moisture movement had essentially no influence in the laboratory study. The percent of moisture retained under a force of one-third bar was consistently well above the moisture equivalent for all three soils.

8. LITERATURA CITADA

1. BAVER, L.D. Soil physics. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 1957. 398 p.
2. BITTENCOURT, H. V. "Sobre o comportamento da água na irrigação por sulcos. "In: Anais da Segunda Reunião Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1949. p. (53-58).
3. _____. "Aspectos da irrigação para a cultura do trigo no Estado de São Paulo. "In: Anais da Segunda Reunião Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1949, p. (77-96).
4. COSTA, J.B. A água no solo. Lisboa, Sá da Costa, 1952. 158 p.
5. FORTALEZA. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. Os solos típicos do Estado do Ceará. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, 1960. 93p.
6. GROHMANN, F. & MEDINA, H.P. Características de umidade dos principais solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 21(19): 285-295. 1962.
7. LAIRD, R.J. & HERNADEZ, R. La humedad del suelo en la primera parte del ciclo em relacion al redimento del mais. México, Secretaria de Agricultura Y Ganadeira, 1958. 16p. (Bol. Téc. nº 33).
8. MAGALHÃES, A. C. O sistema "solo-água-planta". Coopercotia, São Paulo, 19(158): 48-49. 1962.
9. MEDINA, H.P. Noções gerais sobre solos - Secretaria da Agricultura, Centro de Treinamento de Campinas, CETREC. 1962. 12p. (mimeografado).
10. OLIVEIRA, L. B. Estudo do Sistema "Solo-Água-Planta" em solos do nordeste. Recife, Instituto Agrônomico do Nordeste, 1960. 76 p. (Bol. Téc. nº 14).

11. _____. Estudo físico-hídrico do solo. Recife, Instituto Agrônomico do Nordeste, 1963. 38 p. (Bol. Téc. nº 19)
12. _____. Levantamento pedológico do Engenho Pedra Branca. Recife, Instituto Agrônomico do Nordeste, 1958, 71 p. (Bol. Téc. nº 5).
13. _____. Determinação da umidade murchamento de alguns tipos de solo do nordeste. Recife, Instituto Agrônomico do Nordeste, 1959. 78p. (Bol. Téc. nº 8).
14. RANZANI, G. Capacidade de água disponível do solo. Piracicaba, ESALQ, 1963. 5 p. (Bol. Téc. nº 18).
15. RICHARDS, L. S. "Advances in soil physics". In: 7th International Congress of Soil Science, (vol. I), Madison, International Society of Soil Science, 1960. p. (67-79).
16. SAMPAIO, J. V., MARQUES, E. S. & SOUZA, R. F. Estudo comparativo da capacidade de campo com a umidade equivalente em barro arenoso. Boletim técnico, Cruz das Almas 4(1): 7-13. 1957.
17. SYKES, D. J. Avalability of soil moisture to plants. Ames, Iowa State University, 1964 (Ph. D. Thesis). (univ. microfílm nº 64-9288 Ann Harbor, Michigan).
18. VERDADE, F. C., HUNGRIA, L. S., RUSSO, R., NASCIMENTO, A. C., GROHMANN, F. & MEDINA, H. P. Solos da bacia de Taubaté (Vale do Paraíba) Bragantia, Campinas, 20(4): 43-332, 1961.