

DISTRIBUIÇÃO E TAMANHO DE POROS EM TRÊS TIPOS DE SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (*)

F. GROHMANN

Engenheiro-agrônomo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agrônomo

RESUMO

Curvas da distribuição e tamanho de poros dos solos terra-roxa-misturada, terra-roxa-legítima, arenito Bauru e de um bloco de areia foram obtidas pela aplicação das tensões 0-15, 15-30, 30-60 e 60-150 cm de altura de água.

Estudaram-se as camadas 0-25, 25-50 e 50-80 cm de profundidade, com sua estrutura natural e em três repetições. Procurou-se, também, caracterizar a porosidade capilar (microporosidade) e a não capilar (macroporosidade), tomando-se por base a tensão de 60 cm de altura de água.

As curvas de distribuição e tamanho de poros mostram que nas terras roxa-misturada e roxa-legítima o tamanho e distribuição dos poros aumenta em profundidade no perfil de solo. Como conseqüência, a porosidade capilar, que é maior na camada superficial, decresce nas camadas mais profundas do perfil.

Em um bloco de areia, com distribuição granulométrica conhecida, aplicamos também as mesmas tensões, e os dados obtidos mostram que 89,9% da água foi extraída do bloco a uma tensão de 30 cm de altura de água, e que 76% dos poros são maiores que 0,2 mm de diâmetro. A porosidade capilar é baixa, sendo elevada a porosidade não capilar.

1 — INTRODUÇÃO

A porosidade do solo é definida como a porção do volume do solo que não é ocupada por partículas sólidas. Considerando-se um solo sêco, seus poros se acham ocupados por ar, ao passo que em solo úmido êles se cham ocupados por ar + água. Neste caso a quantidade de ar e água presentes estão intimamente relacionados com o tamanho dos poros do solo. Sendo a estrutura do solo o arranjo de suas partículas, vemos como é importante a relação entre a estrutura e o tamanho de poros.

(*) Trabalho apresentado no VII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Piracicaba, São Paulo, de 20 a 30 de julho de 1959.

Recebido para publicação em 9 de outubro de 1959.

A porosidade total ⁽¹⁾ do solo é calculada a partir de sua massa específica real (S) e da massa específica aparente (S'). Por meio dessa expressão calculamos o volume total de poros unicamente, não caracterizando de modo algum o tamanho e a distribuição dos mesmos. A porosidade total do solo não é tão importante como a distribuição e o tamanho dos poros, na caracterização da estrutura do solo.

Solos argilosos, por exemplo, apresentam uma porosidade total maior que os arenosos; os primeiros têm um número elevado de pequenos poros, que contribuem para uma elevada capacidade de retenção de água e baixa permeabilidade. Os solos arenosos, por sua vez, apresentam grandes poros, os quais conferem ao solo uma baixa capacidade de reter água e uma permeabilidade alta.

De modo que determinadas propriedades físicas do solo se acham intimamente relacionadas com o tamanho e a proporção dos poros que o solo apresenta.

Poros capilar vem a ser a soma dos volumes dos pequenos poros, os quais retêm água por forças capilares. Poros não capilares são a soma dos volumes dos grandes poros, os quais não retêm água por forças capilares e são responsáveis pela rápida drenagem dos solos.

Donat empregou curvas de tensão para calcular a distribuição e tamanho de poros em solos. Leamer, baseando-se na fórmula de ascensão da água em tubos capilares, calculou o diâmetro de poros quando a amostra de solo estava sujeita a uma determinada tensão (3).

Por meio da distribuição dos poros caracteriza-se melhor a porosidade total do solo, fazendo-se a distinção entre macro e micro-porosidade, responsáveis pela maior ou menor permeabilidade do solo.

Neste trabalho, empregando a mesma fórmula de Leamer, estudamos as curvas da distribuição e tamanhos de poros dos solos terra-roxa-misturada, terra-roxa-legítima, arenito de Bauru e de um bloco de areia.

$$\begin{aligned}
 (1) \quad P &= \left(1 - \frac{S'}{S}\right) \text{ ou} \\
 P \% &= \left(100 - \frac{100 S'}{S}\right) \\
 \frac{100 S'}{S} &= \text{volume matéria sólida.}
 \end{aligned}$$

2 — MATERIAL E MÉTODO

No estudo da distribuição e tamanho de poros empregamos três tipos de solos: terra-roxa-misturada, terra-roxa-legítima e o arenito Bauru (5). Um bloco de areia, artificialmente compactado e com distribuição granulométrica conhecida, foi incluído no grupo de solos com o fim de se obterem dados em uma faixa mais ampla de texturas.

Estudamos as camadas 0-25, 25-50, e 50-80 cm de profundidade, com três repetições. As amostras foram colhidas com sua estrutura natural, de acordo com a técnica descrita por Uhland (8). As características físicas das várias camadas de solos acham-se nos quadros 1, 2 e 3.

Os métodos empregados na avaliação da distribuição do tamanho de poros do solo se baseiam na aplicação de tensões — são métodos tensiométricos. Vários pesquisadores (6, 7, 9) têm-se ocupado com esse estudo, e hoje é largamente utilizado o método que emprega 60 cm de altura de água como tensão para medir a porosidade capilar e a não-capilar; outros empregam 40 cm para separar os dois tipos de porosidade (1, 2, 4).

QUADRO 1. — Características físicas das diversas camadas da terra-roxa-misturada, não cultivada, da Estação Experimental Central, Instituto Agrônômico

Características do solo	Profundidade da camada		
	0-25 cm	25-50 cm	50-80 cm
Argila %	48,5	45,5	41,0
Limo %	16,0	19,5	20,0
Areia-fina %	10,0	11,8	18,0
Areia-grossa %	25,5	23,2	21,0
Massa específica real S	2,75	2,70	2,68
Massa específica aparente S'	1,21	1,21	1,06
Porosidade total	56,0	55,2	60,8
Porosidade não-capilar	23,5	27,2	35,9
Porosidade capilar	32,5	28,0	24,9
Água em peso %	40,2	41,0	51,4
Água em vol. %	48,6	49,7	54,5
Umidade equivalente-peso	21,9	20,8	21,7
Umidade equivalente-vol.	26,5	25,2	22,8

QUADRO 2. — Características físicas das diversas camadas da terra-roxa-legítima, de mata, da Estação Experimental de Ribeirão Preto

Características do solo	Profundidade da camada		
	0-25 cm	25-50 cm	50-80 cm
Argila %	45,5	55,5	49,3
Limo %	34,7	25,5	31,2
Areia fina %	17,6	17,2	17,5
Areia grossa %	2,2	1,8	2,0
Massa específica real S	2,70	2,78	2,88
Massa específica aparente S'	0,95	0,93	0,94
Porosidade total	64,8	66,5	67,4
Porosidade não-capilar	25,2	32,3	33,0
Porosidade capilar	39,6	34,2	34,4
Água em peso %	60,4	67,4	66,3
Água em vol. %	57,4	62,7	62,3
Umidade equivalente-pêso	28,5	28,0	28,0
Umidade equivalente-vol.	27,1	26,0	26,3

QUADRO 3. — Características físicas das diversas camadas do arenito Bauru de mata, da Estação Experimental de Pindorama

Características do solo	Profundidade da camada		
	0-25 cm	25-50 cm	50-80 cm
Argila %	13,5	15,0	26,5
Limo %	3,5	4,5	2,5
Areia fina %	37,0	39,5	36,0
Areia grossa %	46,0	41,0	35,0
Massa específica real S	2,53	2,60	2,56
Massa específica aparente S'	1,30	1,33	1,35
Porosidade total	50,6	49,6	48,0
Porosidade não-capilar	37,9	32,7	16,6
Porosidade capilar	12,7	16,9	31,4
Água em peso %	30,9	30,3	35,8
Água em vol. %	38,8	39,8	47,7
Umidade equivalente-pêso	10,3	9,5	13,7
Umidade equivalente-vol.	13,4	12,6	18,5

Em nosso trabalho adotamos a tensão de 60 cm, como o ponto de separação entre os poros capilares e os não-capilares.

Compõe-se o aparelho de sucção, de um funil de vidro com placa porosa de granulação média, tendo 9 cm de diâmetro por 9 cm de altura. O funil comunica-se a um recipiente de regulagem de nível, por meio de um tubo de borracha de 3 mm de diâmetro. O recipiente da regulagem de nível apresenta um tubo de vidro recurvado, pelo qual se coleta a água que é extraída da amostra de solo, quando o aparelho se acha em funcionamento.

Uma coluna de água é mantida através do tubo de borracha entre a base da placa porosa e superfície da água do recipiente de regulagem de nível. A figura 1 mostra as várias partes da unidade de sucção.

Os poros da placa porosa devem ser suficientemente pequenos para não permitirem que o menisco da coluna de água seja rompido, nas diversas tensões a que a amostra de solo está sujeita, e permita rápido movimento da água através da placa.

A tensão aplicada é medida pela diferença de altura entre a base da placa porosa e a superfície da água do recipiente de regulagem de nível.

Neste estudo, com a finalidade de obter vários pontos da curva de distribuição dos poros, aplicamos as tensões 0-15, 15-30, 30-60 e 60-150 cm de altura de água, em cada amostra de solo.

2. 1 — FUNCIONAMENTO DA UNIDADE DE SUCCÃO

O funcionamento da unidade de sucção segue a seguinte marcha:

a) a amostra de solo com estrutura natural é colocada em um recipiente com água e deixada saturar por capilaridade, durante 24 horas, sendo pesada a seguir;

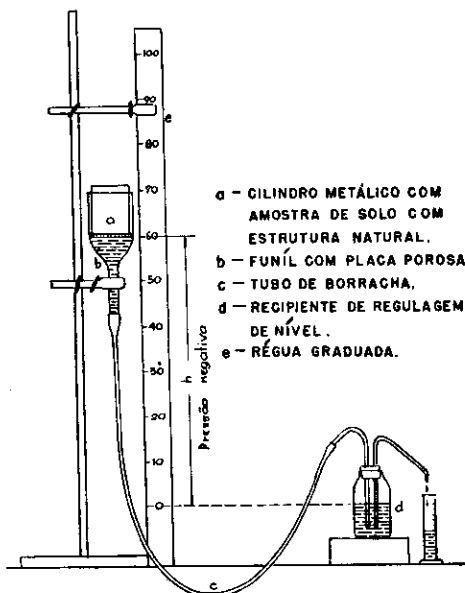


FIGURA 1. — Esquema do aparelho de sucção.

- b) a amostra é colocada sôbre a placa porosa e aplicada a tensão desejada; por meio de uma régua graduada, ao lado do aparelho, é facilitada a medição das várias alturas da coluna de água;
- c) espera-se o tempo necessário para que se estabeleça o equilíbrio entre a tensão e o teor de umidade da amostra de solo (isso se verifica quando há constância de leitura na proveta que recebe a água extraída da amostra);
- d) o volume de água extraída da amostra de solo em cada tensão é medido; por diferença com o teor de umidade da amostra saturada, obtém-se o teor de umidade da amostra em relação à tensão aplicada; o volume de água drenada, expresso em relação ao teor de saturação da amostra, nos dá o volume e tamanho de poros drenados para aquela tensão;
- e) a porosidade capilar é igual ao teor de umidade (expresso em volume) remanescente na amostra de solo, depois de aplicada a tensão de 60 cm de altura de água;
- f) a porosidade não capilar é dada pela diferença entre a porosidade total e a capilar.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 apresentamos a relação existente entre o tamanho de poros e o teor de umidade de três tipos de solo e do bloco de areia sujeitos a diferentes tensões.

Verificou-se que o tamanho e a distribuição dos poros na terra-roxa-misturada (figura 2-B) aumenta da camada superficial às camadas mais profundas do perfil. Comparando o volume de poros drenados entre as tensões de 60 a 150 cm, verifica-se que a diferença é pequena, apesar da grande variação da tensão. Isto mostra que a água está sendo retida mais firmemente, a partir da tensão de 60 cm, por poros de pequeno diâmetro.

Com relação à porosidade capilar, é ela maior na camada superficial, decrescendo em profundidade.

Na figura 2-A, correspondente à terra-roxa-legítima, verificou-se que a camada 0-25 centímetros de profundidade apresenta os valores mais baixos na distribuição do tamanho de poros. A porosidade capilar decresce da camada superficial às camadas mais profundas. Com

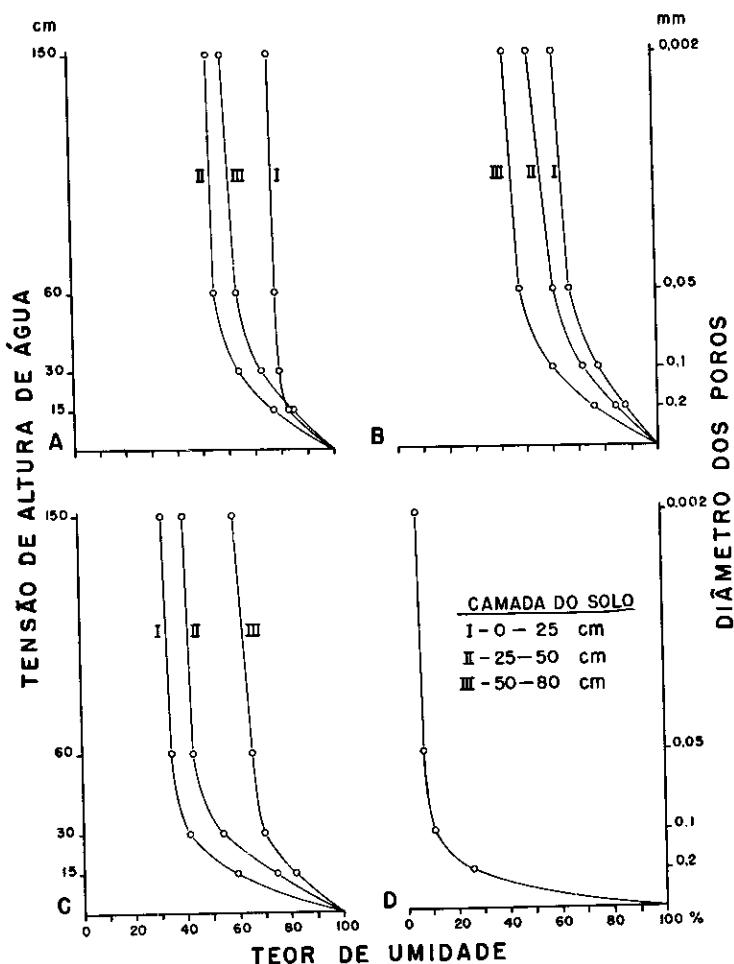


FIGURA 2. — Curvas de tensão, mostrando a relação entre o teor de umidade e o diâmetro dos poros, em três camadas dos seguintes tipos de solos: A — terra-roxa-legítima, de mata; B — terra-roxa-misturada, não cultivada; C — arenito Bauru, de mata; D — bloco de areia.

relação às curvas II e III, verifica-se que os valores mais altos apresentados pela curva III, tanto na distribuição do tamanho de poros como na porosidade capilar, estão relacionados com os valores também mais altos de fração-argila dessa camada.

Pela figura 2-C verifica-se que a camada superficial bastante arenosa do arenito Bauru apresenta os valores mais altos para a distribuição do tamanho de poros, o inverso, portanto, com relação à terra-roxa-misturada e terra-roxa-legítima.

A porosidade capilar aumenta em profundidade no perfil do solo. Verifica-se que, para uma tensão de 15 cm, mais de 40 % da água são drenados e os poros drenados apresentam um diâmetro maior que 0,2 mm de diâmetro.

Na figura 2-D apresentamos a distribuição do tamanho de poros em um bloco de areia. A curva obtida mostra que com a aplicação de 30 cm de tensão, 89,9% da água foram extraídos do bloco, e que 75% dos poros são de diâmetro maior que 0,2 mm. Trata-se, portanto, de material de grande porosidade, de baixo poder de retenção de água.

No quadro 4 apresentamos os resultados da distribuição e tamanho de poros dos solos e do bloco de areia incluído neste estudo.

QUADRO 4. — Distribuição porcentual dos poros em três tipos de solo e em um bloco de areia

Solo		Diâmetro dos poros em mm				
Tipo	Camada	< 0,02	0,02-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	> 0,20
		%	%	%	%	%
Terra-roxa-misturada não cultivada	0-25 cm ----	60,7	5,3	11,0	9,8	13,2
	25-50 cm ----	51,0	8,8	11,2	13,5	15,5
	50-80 cm ----	41,8	4,6	12,3	16,5	24,8
Terra-roxa-legítima de mata	0-25 cm ----	77,0	1,2	1,9	3,5	16,4
	25-50 cm ----	53,0	1,5	9,3	14,2	22,0
	50-80 cm ----	58,4	4,7	9,3	12,1	15,5
Arenito Bauru de mata	0-25 cm ----	30,7	2,0	5,2	20,6	41,5
	25-50 cm ----	40,0	2,5	11,6	20,8	25,1
	50-80 cm ----	59,1	6,7	4,2	11,3	18,7
Bloco de areia (*)		5,8	1,6	2,7	13,7	76,2

(*) A distribuição granulométrica do bloco de areia foi a seguinte:
2 mm — 2,5%; 2-1 mm — 15,0%; 1-0,5 mm — 55,0%; 0,5-0,25 mm — 22,5%; 0,25 mm — 5,0%.

4 — CONCLUSÕES

a) As curvas de tensão das terras roxa-misturada e roxa-legítima mostram que a camada superficial apresenta maior porcentagem de pequenos poros que as camadas mais profundas do perfil.

b) A porosidade capilar da camada superficial da terra-roxa-legítima é bastante elevada, vindo em seguida a da terra-roxa-misturada e por último a do arenito Bauru.

c) A curva de tensão do arenito Bauru mostra que a maior porcentagem de pequenos poros se acha localizada nas camadas mais profundas do perfil.

d) Com uma tensão de 30 cm de altura de água cêrca de 59% da água foram extraídos da camada superficial do arenito Bauru, indicando uma elevada porosidade não-capilar.

e) A curva de tensão do bloco de areia mostra que é elevada a porcentagem de grandes poros existentes na areia; 89,9% da água foram extraídos a uma tensão de 30 cm e 89% dêsses poros apresentam um diâmetro maior do que 0,1 mm.

f) Solo com teor elevado de argila apresenta porosidade também elevada.

PORE SIZE-DISTRIBUTION IN THREE TYPES OF SOIL OF THE STATE OF SÃO PAULO

SUMMARY

Natural soil cores were used in this study to obtain the pore size-distribution of the "terra-roxa-misturada", "terra-roxa-legítima" and "arenito Bauru".

For textural comparison a sand core artificially packed was included in this group of soils.

Data for pore space were obtained by water tensions of from 0-15, 15-30, 30-60 and 60-150 cm. The pore space at tension of 60 cm of water was used to define noncapillary and capillary porosity.

The tension-moisture curves of the "terra-roxa-misturada" and "terra-roxa-legítima" indicated that in both soils the top soil has a higher percentage of small pores than in the sub-soil. The capillary porosity is also higher in the top soil.

In the "arenito Bauru" soil a large proportion of small pores is in the sub-soil. At 30 cm tension a high percentage of water was withdrawn from the top-soil.

The results of the sand core point out that the sand has a high content of large pores as evidenced by the fact that 89.9 per cent of water was withdrawn at a tension of 30 cm of water, and 89 per cent of the pores have an equivalent diameter larger than 0.1 mm.

At tension of 60 cm of water 92.6 per cent of water was removed from the sand core.

LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, M. A. & BROWNING, G. M. Some physical and chemical properties of six virgin and six cultivated Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14:370-374. 1949.
2. DREIBELBIS, F. R. & NAIR, M. S. Comparison of effects of disking and plowing on some properties of soil. *Agric. J.* 43:25-33. 1951.
3. LEAMER, R. W. & SHAW, B. A. A simple apparatus for measuring noncapillary porosity on an extensive scale. *J. Amer. Soc. Agron.* 33:1003-1008. 1941.
4. MARTIN, W. P., TAYLOR, G. S., ENGIBOUS, J. C. & BURNETT, E. Soil and crop responses from field applications of soil conditioners. *Soil Sci.* 73:455-471. 1952.
5. PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., KÜPPER, A. [e outros]. Observações gerais sobre os grandes tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia* 11:[227]-253. 1951.
6. PEELE, T. C. Relation of percolation rates through saturated soil cores to volume of pores drained in 15 and 30 minutes under 60 centimeters tensions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14:359-361. 1949.
7. UHLAND, R. E. Physical properties of soils as modified by crops and management. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14:361-366. 1949.
8. ——— & O'NEAL, A. M. Soil permeability determination for use in soil and water conservation. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, 1951. 36p. [mimeografado]
9. VAN DOREN, C. A. & KLINGEBIEL, A. A. Permeability studies on some Illinois soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14:51-55. 1949.