

DETERMINAÇÃO RÁPIDA DA UMIDADE DO SOLO PELO MÉTODO DA REAÇÃO COM O CARBURETO DE CÁLCIO (*)

A. PAES DE CAMARGO, *engenheiro-agrônomo, Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agrônomo* e ARTHUR O. LOPES DA COSTA, *engenheiro-agrônomo, Seção de Climatologia do Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola, Rio de Janeiro*

RESUMO

São comparadas neste trabalho determinações de umidade em 220 amostras de solo, do tipo "arenito Bauru", feitas concomitantemente pelo método da reação com o carbureto de cálcio, no aparelho "Speedy moisture tester", e pelo método clássico da estufa a 105° C.

Foi encontrada correlação bastante estreita entre os resultados de um e outro método, sendo o coeficiente de correlação (r) igual a 0,97. O método do carbureto apresentou teores um pouco mais baixos que os da estufa, havendo em média uma diferença de 0,6 para menos. A relação verificada entre os dados dos dois métodos pode ser representada pela equação de regressão: $Y_c = 0,34 + 1,03X$, onde Y_c é o teor de umidade correspondente à estufa e X o dado pelo método do carbureto.

Para facilitar a conversão rápida dos resultados do método do carbureto de cálcio, obtidos com o aparelho "Speedy", em teores normais correspondentes aos da estufa, foi organizada uma tabela baseada nessa equação de regressão. Ela se aplica, todavia, unicamente para os solos arenosos do tipo arenito Bauru.

O aparelho "Speedy", mostrando-se bastante preciso e permitindo obter os resultados em poucos minutos no próprio campo, sem necessidade de instalações especiais, poderá ser de grande utilidade nos trabalhos que exigem numerosas e rápidas determinações da umidade do solo.

1 — INTRODUÇÃO

Nas investigações microclimatológicas torna-se, muitas vezes, necessário fazer diariamente numerosas determinações do teor de umidade do solo em diferentes pontos do campo, a diferentes profundidades e a diversas horas do dia. Normalmente é empregado nesses casos o método clássico gravimétrico, por meio da secagem da amos-

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

Os autores expressam seus agradecimentos ao Eng. Agr. Guilherme A. de Paiva Castro, chefe de E. E. de Pindorama, pelas facilidades e auxílios prestados na execução dos trabalhos.

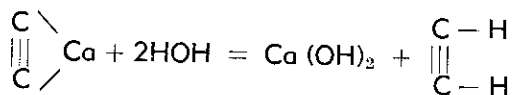
Recebido para publicação em 4 de novembro de 1959.

tra em estufa a 105° C. Apesar de altamente preciso e seguro, este processo nem sempre se mostra prático por ser trabalhoso, demorado e requerer instalações e aparelhamento dispendiosos.

Em 1947 Paiva, Medina e De Jorge (5) preconizaram o uso do aparelho inglês denominado "The Speedy moisture tester", baseado na reação da água com o carbureto de cálcio, normalmente empregado em determinações rápidas da umidade de materiais diversos como sementes, fibras, argilas, carvão etc., também para determinações rápidas do teor de umidade em amostras de solo, no próprio campo.

Em breve comunicação à firma que produz o aparelho (1), aqueles autores relatam a obtenção de novos resultados, bastante satisfatórios, na determinação do teor de umidade em vários tipos de solos, quer argilosos quer silicosos, os quais aproximaram-se bastante dos obtidos com o método clássico da estufa a 105° C, apesar de terem sido determinados no próprio campo, em apenas cinco minutos. Apenas no caso de solos muito ricos em matéria orgânica o método do carbureto de cálcio mostra-se falho, apresentando resultados bem diferentes dos reais.

Baseia-se o método "Speedy" na reação entre o carbureto de cálcio e a água contida na amostra, com produção do gás acetileno:



Nessa reação, 1 grama de água produz 622 ml de gás acetileno, à pressão atmosférica normal (4). Realizando-se essa reação em recipiente hermético e na presença de excesso de carbureto, o gás despreendido desenvolve internamente uma pressão proporcional à quantidade de água presente na amostra examinada. Um manômetro instalado no próprio recipiente indica o teor de umidade na amostra analisada, em por cento sôbre o pêso sêco do material.

Métodos para determinação da umidade do solo baseados na reação com carbureto de cálcio têm sido estudados por outros autores, seja gravimêtricamente, seja volumêtricamente, desde 1936 (6).

Neste trabalho são apresentados e analisados os resultados de 220 determinações de umidade do solo, afetadas no decorrer de pes-

(1) Ofício n.º 2269/48, de 29 de março de 1948, da Seção de Agrogeologia do Instituto Agrônomo.

quisas microclimatológicas em cultura de algodão, pelos métodos do carbureto de cálcio, em aparelho "Speedy", e da estufa a 105° C. É evidenciada a exequibilidade do método do carbureto de cálcio, sobretudo nos casos em que são necessárias determinações rápidas da umidade do solo.

2 — MATERIAL E MÉTODO

As determinações foram efetuadas durante o período de 14 de fevereiro a 28 de março de 1958, em solo do tipo arenito Bauru, da Estação Experimental de Pindorama, Estado de São Paulo, em gleba cultivada há muitos anos e bastante afetada pela erosão.

Determinações de Medina⁽²⁾, em amostras de solo da mesma gleba, retiradas a diferentes profundidades, apresentaram os seguintes resultados:

<i>Constantes físicas</i>	<i>Profundidades</i>	
	<i>0-20 cm</i>	<i>20-40 cm</i>
Umidade de murchamento	6,5%	9,5%
Umidade equivalente	10,0%	10,0%
Capacidade de campo	14,0%	18,0%

As características físicas normais do solo arenito Bauru, segundo Paiva e outros (3), na camada de 0-40 cm de profundidade, que indicam ser o solo essencialmente arenoso, são as seguintes:

Massa específica real	2,63
Massa específica aparente	1,34
Areia grossa (2 a 0,2 mm)	62,2%
Limo (0,2 a 0,002 mm)	30,7%
Argila (0,002 mm)	7,1%
Umidade de murchamento	5,6%
Umidade equivalente	8,2%
Capacidade de campo	17,0%

Foram colhidas 220 amostras de solo, provenientes de três camadas: 0-5 cm, 5-15 cm e 15-30 cm de profundidade.

Cada amostra de solo, depois de bem homogenizada, foi colocada em lata separada, de cêrca de 250 g de capacidade cada, e levada para o laboratório, afim de ser analisada pelos métodos da estufa e do aparelho "Speedy". Foi utilizada estufa ventilada e aque-

(2) MEDINA, H. P. Infomações sôbre constantes físicas em solo de Pindorama. Campinas, Instituto agrônômico, 1959. [Comunicação escrita]

cida elêtricamente à temperatura de 105° C. As determinações na estufa seguiram a marcha normal, com pesagens em balança adequada, antes e depois das secagens. Por sua vez, as determinações no aparelho "Speedy" obedeceram as instruções dadas pelo produtor para seu uso.

Os resultados das determinações, obtidos por um e outro método, foram comparados gráficamente por meio de diagramas de dispersão, e estatisticamente pelo método da correlação, determinando-se as equações de regressão pelo método dos quadrados mínimos (1), os coeficientes de correlação (r) e os erros-padrão do estimado ($Sy.x$).

3 — RESULTADOS

No quadro 1 estão reunidos os resultados das determinações da umidade pelos métodos da estufa e do "Speedy". No quadro 2 constam os valores usados no estudo das correlações entre os teores de umidade obtidos pelos dois métodos, em amostras de diferentes profundidades. Esses resultados estão representados gráficamente na figura 1, em diagramas de dispersão.

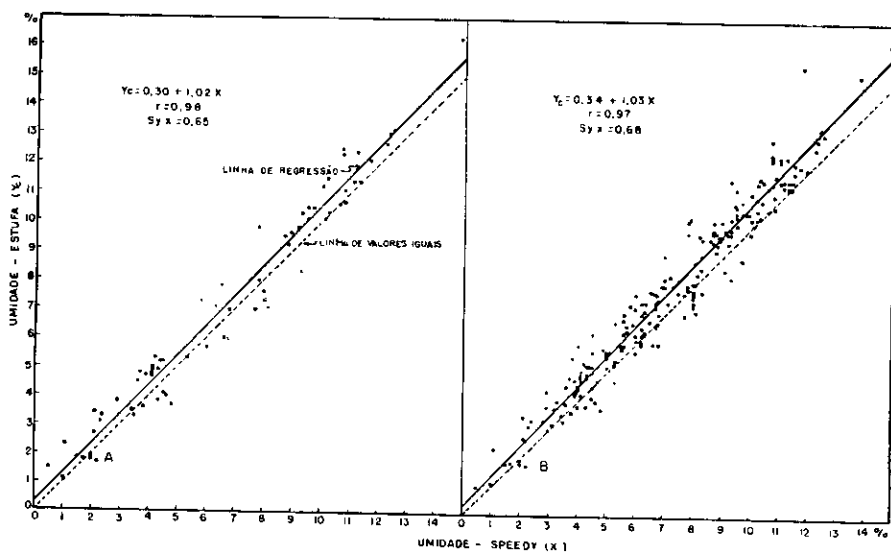


FIGURA 1. — Correlação entre teores de umidade determinados em amostras de solo arenito Bauru pelos métodos da estufa a 105° C (Y_c) e do carbureto de cálcio, em aparelho "Speedy" (X). A — Determinações em 75 amostras colhidas da camada de 0-5 cm; B — ídem, em 220 amostras da camada de 0-30 cm de profundidade.

QUADRO 1. — Teores de umidade determinados pelos métodos da reação com o carbureto de cálcio ("Speedy" moisture tester) e da estufa a 105° C, em amostras de solo arenito Bauru, retiradas a diferentes profundidades numa gleba da Estação Experimental de Pindorama

Número de ordem	0-5 cm		5-15 cm		15-30 cm	
	Carbureto	Estufa	Carbureto	Estufa	Carbureto	Estufa
1	0,5	1,5	2,2	2,6	3,3	4,0
2	1,0	1,1	2,8	3,3	3,9	4,2
3	1,1	2,3	2,9	4,3	4,0	4,4
4	1,5	1,8	3,0	3,0	4,0	5,9
5	1,7	1,8	3,1	3,2	4,1	4,2
6	2,0	1,8	3,2	3,7	4,3	5,2
7	2,0	1,9	3,6	3,9	4,3	4,8
8	2,1	3,4	3,8	5,5	4,5	6,3
9	2,1	2,7	3,9	4,3	4,5	4,5
10	2,2	1,7	4,0	3,8	4,9	5,8
11	2,3	3,1	4,0	4,5	5,0	5,7
12	2,4	3,3	4,5	5,0	5,0	5,6
13	2,9	3,8	4,5	5,7	5,3	4,7
14	3,4	3,5	4,7	4,7	5,3	5,4
15	3,5	3,3	5,0	5,5	5,5	5,8
16	3,6	4,5	5,0	5,2	5,7	6,4
17	3,7	4,8	5,0	5,7	5,7	6,4
18	3,8	3,6	5,1	5,7	6,0	6,1
19	3,8	3,6	5,3	5,3	6,2	6,5
20	3,9	4,7	5,3	6,7	6,3	6,4
21	4,0	4,6	5,5	5,9	6,4	7,4
22	4,1	4,9	5,6	6,8	6,5	6,8
23	4,1	4,7	5,6	5,9	6,6	7,8
24	4,1	5,0	5,6	7,0	6,7	7,4
25	4,1	4,8	5,7	6,6	6,7	7,7
26	4,2	5,3	5,9	6,7	6,8	7,5
27	4,3	4,9	6,0	6,3	6,9	8,0
29	4,3	3,8	6,0	7,7	7,0	8,2
28	4,4	5,2	6,0	7,2	7,1	7,4
30	4,5	4,1	6,2	7,4	7,1	7,4
31	4,5	5,2	6,2	6,3	7,2	8,3
32	4,8	3,7	6,2	7,0	7,5	7,8
33	5,3	5,3	6,2	6,1	7,7	5,9
34	5,8	7,3	6,2	6,0	7,8	7,9
35	6,0	5,7	6,7	7,3	7,8	10,2

QUADRO 1. — (continuação)

Número de ordem	0-5 cm		5-15 cm		15-30 cm	
	Carbureto	Estufa	Carbureto	Estufa	Carbureto	Estufa
36	6,3	7,1	6,7	7,6	8,0	7,4
37	6,5	7,8	6,8	6,7	8,0	8,1
38	6,6	6,0	7,0	9,0	8,0	7,8
39	6,8	6,0	7,0	8,0	8,1	8,4
40	6,8	7,0	7,3	8,0	8,2	9,7
41	7,7	7,0	7,5	7,8	8,3	8,6
42	7,8	8,0	7,5	8,2	8,3	9,0
43	7,8	9,8	7,7	7,7	8,6	9,6
44	8,0	7,3	7,9	10,3	8,7	10,2
45	8,0	7,6	8,0	7,7	8,8	9,8
46	8,1	7,1	8,1	8,8	8,9	9,6
47	8,7	9,5	8,1	8,1	8,9	9,7
48	8,8	9,2	8,3	7,8	9,2	9,9
49	8,9	9,6	8,3	9,6	9,2	8,3
50	9,2	9,8	8,7	9,8	9,5	10,7
51	9,3	8,3	8,7	9,9	9,5	10,4
52	9,3	10,3	8,8	9,4	9,5	11,3
53	9,4	10,8	9,0	9,7	9,7	10,9
54	9,5	10,5	9,0	10,2	9,7	8,9
55	9,5	10,1	9,1	9,9	9,8	10,5
56	9,7	10,5	9,1	9,9	9,9	10,5
57	10,0	11,2	9,1	8,5	10,0	9,8
58	10,1	10,1	9,2	9,5	10,2	10,6
59	10,2	11,5	9,2	9,5	10,2	10,6
60	10,2	10,3	9,3	9,8	10,3	11,7
61	10,6	10,6	9,3	9,9	10,4	10,9
62	10,7	12,3	9,3	11,6	10,7	13,0
63	10,7	12,5	9,7	10,5	10,8	11,8
64	10,8	11,1	10,0	10,3	11,0	12,4
65	10,8	10,7	10,2	11,0	11,0	12,3
66	10,8	11,1	10,2	11,0	11,0	11,9
67	11,1	11,4	10,3	10,4	11,3	11,4
68	11,1	11,6	10,4	11,6	11,8	15,5
69	11,2	12,4	10,6	11,4	11,9	12,0
70	11,3	11,4	10,7	11,7	12,4	13,4
71	11,7	12,1	10,7	12,4		
72	12,2	12,7	11,0	11,6		
73	12,3	13,0	11,3	11,6		
74	12,5	13,2	11,4	11,6		
75	14,8	16,3	11,5	12,2		

Pela observação desses diagramas e dos dados do quadro 2, verifica-se que os resultados obtidos com o aparelho "Speedy" aproximam-se bastante daqueles dados pelo método clássico da estufa. Os coeficientes de correlação (r) para as diferentes séries de dados mostram-se sempre superiores a 0,95 e podem ser considerados altamente significativos em vista dos elevados números de pares de determinações (N), que atingem a 220, para o caso da análise dos dados em conjunto.

Os teores dados pelo "Speedy" mostraram-se um pouco mais baixos que os dados pelo método da estufa. Em média (ver quadro 2), a diferença foi de 0,60 para menos, indicando que a capacidade de extração da água do aparelho "Speedy" é pouco menor que a da estufa.

Tendo em vista o alto grau de correlação encontrado entre os dados dos dois métodos, para as diferentes camadas de solo, foram

QUADRO 2. — Valores usados nas medições da correlação entre os teores de umidade obtidos pelos métodos do carbureto de cálcio e da estufa a 105° C, para as 220 amostras constantes do quadro 1 (*). Dados das camadas de 0-5 cm, 5-15 cm e 15-30 cm de profundidade, bem como, das três camadas conjuntamente

Valores	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm	0-30 cm
N	75	75	70	220
ΣX	503,8	537,2	543,4	1584,4
ΣY	537,5	587,1	590,6	1715,2
ΣX^2	4320,44	4334,96	4590,38	12345,78
ΣY^2	4864,93	5137,57	5444,28	15446,78
ΣXY	4567,19	4705,95	4979,34	14252,48
\bar{X}	6,72	7,16	7,76	7,21
\bar{Y}	7,17	7,83	8,44	7,81
$\bar{Y} - \bar{X}$	0,45	0,67	0,68	0,60
r	0,98	0,97	0,95	0,97
Sy. x	0,65	0,56	0,70	0,68
Yc	0,30 + 1,02X	0,47 + 1,03X	0,20 + 1,06X	0,34 + 1,03X

(*) Símbolos usados: N = número de amostras; X = teores dados pelo método do carbureto; Y = teores dados pelo método da estufa; Sy. x = erro-padrão do estimado; Yc = equação de regressão de Y sobre X.

deduzidas as equações de regressão que descrevem suas relações funcionais. Essas equações são apresentadas na base do quadro 2.

Visando à correção dos dados fornecidos pelo método "Speedy" é preferível adotar a equação representativa do conjunto das 220 amostras, pertencentes às várias camadas do solo, uma vez que as equações são muito semelhantes. É a seguinte a equação de regressão relativa às 220 amostras:

$$Y_c = 0,34 + 1,03 X$$

onde Y_c indica o teor de umidade correspondente à estufa, e X o teor dado pelo método "Speedy".

Essa equação naturalmente só deve ser considerada válida para as condições do solo estudado, ou seja, o arenito Bauru. Para facilitar a conversão dos dados do "Speedy" em teores correspondentes aos da estufa, evitando o cálculo pela equação de regressão, foi preparada tabela especial para sua obtenção direta, que está apresentada no quadro 3.

QUADRO 3. — Tabela de conversão dos teores de umidade do aparelho "Speedy" para teores da estufa a 105° C, referente ao solo arenito Bauru (*). A primeira coluna e o cabeçalho indicam, respectivamente, as partes inteiras e decimais dos dados do "Speedy", e o corpo do quadro, os teores da estufa

Teores de "Speedy"	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
0, -----	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
1, -----	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
2, -----	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
3, -----	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3
4, -----	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,3	5,4
5, -----	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4
6, -----	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4
7, -----	7,5	7,6	7,7	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5
8, -----	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5
9, -----	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5
10, -----	10,6	10,7	10,8	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6
11, -----	11,7	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5	12,6
12, -----	12,7	12,8	12,9	13,0	13,1	13,2	13,2	13,4	13,5	13,6
13, -----	13,7	13,8	13,9	14,0	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7
14, -----	14,8	14,9	15,0	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7

(*) Obtidos pela equação de regressão: $Y_c = 0,34 + 1,03 X$, onde Y_c é o teor dado pela estufa e X , pelo "Speedy".

4 — CONCLUSÕES

A determinação do teor de umidade em amostras de solo pode ser efetuada com bastante precisão pelo método da reação com o carbureto de cálcio, utilizando o aparelho "Speedy".

Correlação altamente estreita foi observada entre teores determinados em amostras de solo arenoso do tipo arenito Bauru, pelos métodos do carbureto de cálcio e da estufa a 105° C. O coeficiente de correlação, para uma série de 220 pares de determinações, atingiu a 0,97.

As relações entre os teores dados pelos dois métodos podem ser expressas por uma equação de regressão simples, do primeiro grau. Embora os teores do método "Speedy" se desviem levemente dos correspondentes ao clássico da estufa, sua correção pode ser fácil e rapidamente efetuada utilizando-se de nomogramas ou tabelas especiais, baseados na equação de regressão. O êrro padrão do estimado ($Sy.x = 0,68$) permite esperar que 2/3 das determinações pelo método "Speedy" se desviem de menos de 0,68 em relação aos teores verdadeiros dados pela estufa.

O método do carbureto de cálcio, dispensando o emprêgo de aparelhamentos e instalações dispendiosas de laboratório e permitindo a determinação bastante precisa da umidade em amostras de solo, em poucos minutos, no próprio campo, mostra-se bastante útil, sobretudo quando são feitas determinações diárias seguidas, como é freqüente no caso dos estudos ligados à climatologia agrícola.

DETERMINATION OF SOIL MOISTURE BY THE CALCIUM CARBIDE METHOD

SUMMARY

This paper reports the results obtained in testing soil moisture of 220 samples of the type "Arenito Bauru" by means of the calcium carbide method and compares them with those obtained by means of the classic oven drying method.

A quite perfect correlation was found between the two sets of results. The coefficient of correlation (r) found was .97 and the equation that describes the ratio between the data obtained with one and the other method is the following:

$$Y_c = 0.34 + 1.03 X$$

in which Y_c is the content of moisture found gravimetrically and X the content obtained by the Speedy tester. In order to facilitate a quick conversion of the moisture data obtained with the aid of the Speedy tester to those of the gravimetric method, a table

was organized based on the above-mentioned equation. The results are read directly from the table for sandy soils of the type "Arenito Bauru".

The testing of moisture in soil samples by the calcium carbide method with the aid of the Speedy tester can be of great advantage when it is necessary to determine this characteristic in numerous samples. The method has also proven to be speedy and further it allows the tests to be carried out in the field without needing special installations.

LITERATURA CITADA

1. CONRAD, V. & POLLAK, L. W. Methods in climatology. 2.^o ed. Cambridge Massachusetts, Harvard University Press, 1950. 569 p.
2. CROXTON, F. E. & COWDEN, D. J. Applied general statistics. New York, Prentice-Hall, Inc., 1955. 843 p.
3. PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., KÜPPER, A. [e outros]. Observações gerais sôbre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia* 11:[227]-253. 1951.
4. ——— & MEDINA, H. P. O "higroscópietro" e a determinação rápida da umidade higroscópica do solo. Reunião brasileira de ciência do solo, 2.^o, Campinas, 1949. *Anais. Soc. bras. Ciên. Solo*, 1953. p. 43-47.
5. ———, & DE JORGE, W. Física do solo. *In* Relatório da Seção de Agrogeologia. Campinas, Instituto agrônômico, 1947. p. 12-22. [Não publicado]
6. SMOLIK, L. Nuevo aparato para la determinación volumétrica de los carbonatos. *Agronomía, Buenos Aires* 32:183-185. 1941. [Separata]