

CONDICIONADORES QUÍMICOS DO SOLO E SEUS EFEITOS  
SOBRE OS ÍNDICES FÍSICOS\*

Wesley Jorge Freire\*\*  
Justo Moretti Filho\*\*\*

*RESUMO*

Dois condicionadores químicos, a carboximetilcelulose, nas dosagens de 0,1% e 0,25% em relação ao peso do solo seco, e o silicato de sódio, de relação sílica-álcali igual a 3,2, a 0,6% e 1,2% em peso, foram pesquisados quanto aos seus efeitos sobre os índices físicos dos solos argiloso e barro arenoso empregados neste trabalho.

Os dados obtidos foram estatisticamente analisados e os resultados permitiram que se chegassem a algumas conclusões.

O tratamento 0,25% de carboximetilcelulose diminuiu o peso específico aparente seco e aumentou, conseqüentemente, o índice

---

\* Entregue para publicação em 22.10.1979.

\*\* Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu.

\*\*\* Departamento de Engenharia Rural, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

de vazios e porosidade dos solos estudados. O efeito dos tratamentos 1,2% de silicato de sódio e 0,1% de carboximetilcelulose sobre o peso específico aparente seco dos solos argilosos e barro arenoso, respectivamente, foi semelhante ao do tratamento 0,25% de carboximetilcelulose.

## INTRODUÇÃO

Os índices físicos são relações entre volumes, entre pesos ou entre pesos e volumes das três fases constituintes de um solo e prestam-se para avaliar as condições em que o solo se encontra por ocasião das suas determinações.

O peso específico aparente seco varia em função da porosidade do solo e, conseqüentemente, em função de todas as propriedades a ela relacionadas; seu valor cresce, em geral, com a profundidade do solo. De maneira semelhante, o peso específico dos sólidos é menor nos horizontes superiores do perfil onde a matéria orgânica está presente em maior quantidade.

Do ponto de vista agrícola, a porosidade do solo (ou volume total de poros) tem relativamente pequeno interesse, sendo seu aspecto mais importante a distribuição relativa dos diferentes tamanhos de poros; por sua vez, o tamanho dos poros é afetado pela textura do solo que afeta, também, a infiltração e percolação da água bem como a aeração do solo.

O índice de vazios do solo presta-se para medir a variação do arranjo estrutural provocada pelo transcurso do tempo e pelas condições de carregamento a que o mesmo estiver submetido.

Revestem-se de grande importância agrícola os tratamentos do solo que visam aumentar-lhe a aeração, permitindo a difusão e o livre acesso do oxigênio, justificando-se,

desta maneira, as pesquisas com condicionadores químicos, produtos cuja aplicação no solo necessariamente implica numa mudança de suas características físicas.

#### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O acréscimo médio de  $0,311 \text{ g/cm}^3$  no valor do peso específico aparente do solo provoca, segundo FOIL (1965), uma redução de quase 50% na porosidade de aeração e, consequentemente, uma redução de 88% na sua capacidade de infiltração. PHILLIPS (1959), estudando o efeito da compactação do solo sobre o crescimento e produção do milho, em solo argiloso, observou que a velocidade de crescimento das raízes primordiais do milho decresceu linearmente com o acréscimo do peso específico aparente de  $0,94$  a  $1,30 \text{ g/cm}^3$ , enquanto que a porosidade de aeração decresceu de 26 a 9%.

De acordo com as conclusões de MONTEITH & BANATH (1965), o crescimento radicular da cana-de-açúcar decresce, em solos da classe textural barro, quando o peso específico aparente passa de  $1,35$  a  $1,54 \text{ g/cm}^3$ ; o mesmo acontece em solos barro argilosos, quando o seu valor varia de  $1,52$  a  $1,74 \text{ g/cm}^3$ ; no caso de solos argiloso siltosos, a penetração radicular decresce quando o peso específico aparente é da ordem de  $1,38 \text{ g/cm}^3$ , reduzindo-se ao mínimo quando este valor sobe a  $1,46 \text{ g/cm}^3$ . Estes autores mostraram que a porosidade de aeração, ou porcentagem de macroporos, aumenta com o decréscimo do peso específico aparente do solo.

WITTSELL (1964) concluiu que a compactação do solo até um peso específico aparente igual a  $1,5 \text{ g/cm}^3$  aumentou a absorção de sódio e cálcio, reduziu a absorção de fósforo e potássio e teve pequeno efeito sobre a absorção de magnésio ou nitrogênio por plantas ornamentais cultivadas em casa-de-vegetação.

A porosidade e o índice de vazios de um solo dependem do grau de compactação ou consolidação do mesmo, relacionando-se, ambos, com o valor do coeficiente de permeabilidade. Segundo a PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (1962), a porosidade

e o índice de vazios estão inversamente relacionados com a estabilidade relativa e a capacidade de suporte do solo. Enquanto que a porosidade está diretamente relacionada com a aeração, umidade, temperatura e permeabilidade do solo bem como com o suprimento de nutrientes essenciais às plantas, o índice de vazios presta-se, além de medir a compactação, para o cálculo do coeficiente de compressibilidade e, portanto, do coeficiente de adensamento dos solos.

A eficiência de um condicionador do solo está na dependência do contacto íntimo entre ambos, além da concentração e da forma com que o mesmo é empregado.

JOHNSTONE *et alii* (1957) relataram que a adição de um condicionador ao solo, além de torná-lo mais escuro, superficialmente, diminui o peso específico aparente, aumentando, assim, a sua porosidade. Os solos tratados com condicionadores são macios e friáveis não sendo, segundo MARTIN *et alii* (1952), muito firmes quando úmidos ou muito duros quando secos.

A permeabilidade do solo é muito sensível à adição de carboximetilcelulose, tendo TAYLOR & BALDRIDGE (1954) mostrado que a aplicação de 0,05% desse produto aumenta dez vezes a permeabilidade de um solo argiloso e quatro vezes a de um barro limoso. QUASTEL (1952) relatou que a incorporação de 1% de carboximetilcelulose ao solo, aumenta a sua porosidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram experimentados dois condicionadores químicos, previamente selecionados, a saber, a carboximetilcelulose, de fórmula geral  $Rn.OCH_2COONa$ , solúvel em água e estável entre pH 2,0 e 10,0, nas dosagens de 0,1% e 0,25% em relação ao peso do solo seco, e o silicato de sódio, de relação sílica-álcali igual a 3,2, contendo 30,1% de  $SiO_2$ , na forma de solução aquosa e nos teores de 0,6% e 1,2% em peso.

Dois solos, representativos de duas classes texturais distintas, foram pesquisados neste trabalho, sendo as amostras coletadas à profundidade média de 20 a 50 cm.

O solo argiloso, pedologicamente classificado como Terra Roxa Estruturada, pertence à classe textural argila (segundo a classificação triangular do United States Bureau of Soils) e apresenta as seguintes características químicas: pH 5,6, capacidade de troca catiônica igual a 7,41 e.mg/100g e 1,91% de matéria orgânica; mineralogicamente é constituído por 64,0 - 75,5% de caolinita, 3,0 - 11,5% de gibbsita e 13,3 - 18,0% de alofana até a profundidade de 2,5 m. De acordo com a classificação da ASTM (American Society for Testing Materials), este solo tem a sua composição granulométrica assim estabelecida: 50,8% de argila, 20,8% de silte, 25,6% de areia fina e 2,8% de areia grossa.

Do mesmo modo, o solo arenoso, pedologicamente classificado como Latossol Vermelho Escuro - fase arenosa, pertence à classe textural barro arenoso e apresenta as seguintes características químicas: pH 4,6, capacidade de troca catiônica igual a 2,73 e.mg/100g e 0,47% de matéria orgânica; mineralogicamente é constituído por 60,0 - 85,0% de caolinita, 2,2 - 2,5% de gibbsita e 11,6 - 13,9% de alofana. Sua composição granulométrica compreende 17,6% de argila, 5,0% de silte, 73,4% de areia fina e 4,0% de areia grossa.

Os tratamentos com condicionadores foram aplicados ao solo que, em todos os casos, compreendeu a fração menor do que 4,76 mm (100% passando em peneira nº 4), no seu teor de umidade natural, e a ele incorporados, adicionando-se, em seguida, uma quantidade de água definida, da maneira descrita por FREIRE (1976).

O peso específico aparente seco ( $\delta_o$ ) foi obtido vertendo-se o solo peneirado (fração menor que 4,76 mm) em recipiente cilíndrico de volume conhecido e adensando-se até o estado mais compacto possível, após o que o peso do volume de solo úmido era anotado e sua umidade natural determinada para posterior conversão em peso seco. O peso específico dos sólidos ( $\delta_s$ ) foi determinado pelo método do picnômetro.

O índice de vazios ( $e$ ) e a porosidade ( $n$ ) do solo foram calculados a partir de fórmulas desenvolvidas em mecânica dos solos e deduzidas de relações entre os índices físicos, de tal maneira que

$$e = \frac{\delta_s}{\delta_o} - 1 \quad e \quad n = \frac{e}{1 + e} (\%)$$

O efeito da aplicação dos tratamentos foi avaliado através da análise estatística dos dados fornecidos pelo experimento, optando-se pela análise não paramétrica que permite estruturar, segundo CAMPOS (1976), certos testes que, trabalhando com as ordens das observações, constituem os diretos competidores das análises de variância no campo paramétrico. O teste de Kruskal-Wallis, substituto do teste F das análises paramétricas dos ensaios inteiramente casualizados, foi complementado com o emprego das comparações múltiplas, destinadas a localizar as diferenças significativas ocorridas entre pares de tratamentos. O número de repetições, em todos os casos, foi igual a três.

## RESULTADOS

O efeito da aplicação dos tratamentos sobre os índices físicos dos solos foi pesquisado, sendo os resultados, encontrados para o peso específico aparente seco e peso específico dos sólidos, relatados na Tabela 1, enquanto que na Tabela 2 estão apresentados os resultados referentes ao índice de vazios e porosidade.

## DISCUSSÃO

Em ambos os solos, o efeito do tratamento com condicionadores químicos sobre o peso específico aparente seco foi estatisticamente significativo, o mesmo não acontecendo com relação ao peso específico dos sólidos. No primeiro caso, diferiram da Testemunha os tratamentos 0,1% de CMC (carboximetilcelulose), no solo arenoso; 1,2% de SS (silicato de sódio), no solo argiloso; e 0,25% de CMC, em ambos os solos.

Tabela 1 - Peso específico aparente seco ( $\delta_o$ ) e peso específico dos sólidos ( $\delta_s$ ) dos solos estudados, em g/cm<sup>3</sup>

Peso específico		Tratamentos				
		Test.	0,1% CMC	0,25% CMC	0,6% SS	1,2% SS
Solo argiloso						
$\delta_o$	R	1,19	1,03	0,99	1,06	1,00
	E	1,19	1,03	1,00	1,05	1,01
	P	1,18	1,04	1,00	1,07	0,99
	$\bar{x}$	1,19	1,03	1,00	1,06	1,00
$\delta_s$	R	2,87	2,89	2,95	2,82	2,90
	E	2,80	2,89	2,86	2,81	2,86
	P	2,79	2,83	2,93	2,82	2,80
	$\bar{x}$	2,82	2,87	2,91	2,82	2,85
Solo barro arenoso						
$\delta_o$	R	1,41	1,30	1,26	1,34	1,33
	E	1,42	1,30	1,25	1,34	1,33
	P	1,41	1,30	1,26	1,34	1,33
	$\bar{x}$	1,41	1,30	1,26	1,34	1,33
$\delta_s$	R	2,58	2,59	2,61	2,61	2,59
	E	2,56	2,57	2,61	2,52	2,56
	P	2,53	2,59	2,66	2,58	2,54
	$\bar{x}$	2,56	2,58	2,63	2,57	2,56

REP = REPetições

 $\bar{x}$  = média

TEST. = Testemunha

CMC = carboximetilcelulose

SS = Silicato de Sódio

Tabela 2 - Índice de vazios (e) e porosidade (n) dos solos estudados

Índices físicos		Tratamentos				
		Test.	0,1% CMC	0,25% CMC	0,6% SS	1,2% SS
Solo argiloso						
e	R	1,37	1,79	1,94	1,66	1,85
	E	1,37	1,79	1,91	1,68	1,82
	P	1,39	1,76	1,91	1,63	1,88
	$\bar{x}$	1,38	1,78	1,92	1,66	1,85
n (%)	R	57,80	64,16	65,99	62,41	64,91
	E	57,80	64,16	65,63	62,69	64,54
	P	58,16	63,77	65,63	61,98	65,28
	$\bar{x}$	57,92	64,03	65,75	62,36	64,91
Solo barro arenoso						
e	R	0,81	0,98	1,09	0,92	0,92
	E	0,80	0,98	1,10	0,92	0,92
	P	0,81	0,98	1,09	0,92	0,92
	$\bar{x}$	0,81	0,98	1,09	0,92	0,92
n (%)	R	44,75	49,49	52,15	47,92	47,92
	E	44,44	49,49	52,38	47,92	47,92
	P	44,75	49,49	52,15	47,92	47,92
	$\bar{x}$	44,65	49,49	52,23	47,92	47,92

REP = REPetições

 $\bar{x}$  = média

TEST. = Testemunha

CMC = Carboximetilcelulose

SS = Silicato de Sódio



O índice de vazios e a porosidade, sendo uma relação entre os índices físicos anteriores, apresentam as mesmas diferenças estatísticas verificadas para o peso específico aparente seco.

Os resultados encontrados corroboram as conclusões de JOHNSTONE *et alii* (1957), uma vez que a incorporação de condicionadores químicos diminuiu o peso específico aparente seco do solo e aumentou, conseqüentemente, a porosidade. O fato de o tratamento 0,25% de CMC ter aumentado significativamente a porosidade de ambos os solos estudados, está de acordo com a afirmação de QUASTEL (1952); e, desde que o aumento da porosidade do solo leva a um aumento da permeabilidade, pode-se supor que, segundo TAYLOR & BALBRIDGE (1954), os tratamentos com carboximetilcelulose que aumentaram a porosidade de solo, aumentaram também, a sua permeabilidade.

Os tratamentos 0,25% de CMC e 1,2% de SS que diminuíram o peso específico aparente seco do solo argiloso, e os tratamentos 0,1% e 0,25% de CMC que diminuíram o peso específico aparente seco do solo arenoso, ou, por outro lado, aumentaram a porosidade e o índice de vazios, a níveis estatisticamente significativos, conduzirão, segundo a PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (1962), a menores estabilidade relativa e capacidade de suporte dos solos.

Do ponto de vista agrícola, os tratamentos que diminuíram o peso específico aparente seco e aumentaram, conseqüentemente, a porosidade e capacidade de infiltração do solo, concorrerão para o melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas pela criação de condições físicas favoráveis e, de acordo com WITTSELL (1964), pode-se mesmo supor que venha a ocorrer um aumento na absorção de fósforo e potássio e uma diminuição na absorção de sódio e cálcio.

## CONCLUSÕES

Resguardadas as condições do trabalho, os resultados obtidos, analisados e interpretados estatisticamente, permitiram que se tirassem as seguintes conclusões:

- o tratamento 0,25% de carboximetilcelulose diminuiu o peso específico aparente seco e aumentou, conseqüentemente, o índice de vazios e porosidade dos solos;

- os tratamentos 1,2% de silicato de sódio, no solo argiloso, e 0,1% de carboximetilcelulose, no solo arenoso, tiveram efeito semelhante ao do tratamento 0,25% de carboximetilcelulose;

- ambos os solos experimentados neste trabalho mostraram a viabilidade do tratamento com condicionadores químicos como um recurso para aumentar a sua porosidade.

#### SUMMARY

#### CHEMICAL SOIL CONDITIONERS AND THEIR EFFECTS ON PHYSICAL PROPERTIES

Two chemical soil conditioners, namely carboxymethyl cellulose at the dosage of 0.1% and 0.25% by weight, and sodium silicate (3.2 of silica-to-soda ratio) at the quantity of 0.6% and 1.2%, were studied in relation to their effects on physical indexes of both clayey and sandy loam soils employed in this work.

The data were statistically analysed and the results led to the following conclusions: treatment 0.25% of carboxymethylcellulose diminished the dry density of the soils increasing consequently the void ratio and porosity; the effect of treatment 1.2% of sodium silicate and 0.1% of carboxymethylcellulose on the dry density of the clayey and sandy loam soils were respectively similar to that of the 0.25% of carboxymethylcellulose.

#### LITERATURA CITADA

CAMPOS, H., 1976. Estatística experimental não paramétrica, 2a. ed., Piracicaba, ESALQ/USP, 332 p.

- FOIL, R.R., 1965. The effects of compaction on soil characteristics and seedling growth. Diss. Abstr. 26(6): 2955.
- FREIRE, W.J., 1976. Tratamento prévio do solo com aditivos químicos e seu efeito sobre a qualidade do solo-cimento, Piracicaba, ESALQ/USP, 142 p.
- JOHNSTONE, F.E.; MORRIS, H.D.; HANSON, K.W.; YOUNG, H.W., 1957. The effect of soil conditioners on the yields of sweet potatoes. Amer. Soc. Hort. Sci. Proc. 70:403-406.
- MARTIN, J.P.; TAYLOR, G.S.; ENGIBOUS, J.C.; BURNETT, E., 1952. Soil and crop responses from field applications of soil conditioners. Soil Sci. 73:455-471.
- MONTEITH, N.H.; BANATH, C.L., 1965. The effect of the soil strength on sugar cane root growth. Trinidad Trop. Agric. 42(4):293-296.
- PHILLIPS, R.E., 1959. Soil compaction and corn growth. Diss. Abstr. 20(3):820.
- PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, 1962. Soil Primer, Illinois, Portland Cement Association, 52p.
- QUASTEL, J.H., 1952. Synthetic soil conditioners and soil structure. Sci. Progr. 40:385-402.
- TAYLOR, G.S.; BALBRIDGE, P.E., 1954. The effect of sodium carboxymethylcellulose on some physical properties of Ohio soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18(4):382-385.
- WITTSELL, L.E., 1964. Effects of soil compaction on plant growth. Diss. Abstr. 25(6):3198.

