



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

ATRIBUTOS FÍSICOS APÓS TRATAMENTOS PARA RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM ESTUFA AGRÍCOLA

**Isabella C. De Maria⁽¹⁾; Luis Felipe V. Purquerio⁽²⁾; Cristiano A. de Andrade⁽³⁾;
Elaine B. Wutke⁽⁴⁾; Sebastião W. Tivelli⁽⁵⁾**

⁽¹⁾ Pesquisador Científico, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico, C.P. 28, 13012-970, Campinas-SP, icdmaria@iac.sp.gov.br; ⁽²⁾ Pesquisador Científico, Centro de Horticultura, Instituto Agronômico; ⁽³⁾ Pesquisador científico; CNPMA; EMBRAPA, Rodovia SP 340, km 127,5, CP69, Jaguariúna-SP; ⁽⁴⁾ Pesquisador Científico, Centro de Grãos e Fibras, Instituto Agronômico; ⁽⁵⁾ Pesquisador, CIESP-UPD de São Roque, APTA, Av. Três de Maio, 900, 18133-445 São Roque-SP.

Resumo – Devido ao uso de insumos sem conhecimento técnico, os agricultores preocupados em garantir elevada produtividade fazem uso de quantidades excessivas de fertilizantes dentro de estufas agrícolas, promovendo a degradação dessas áreas, inviabilizando seu uso. A troca de local da estrutura ou a substituição do solo no seu interior são opções onerosas e, na maior parte dos casos, inviáveis para o produtor brasileiro resolver esse problema, sendo necessário o desenvolvimento e estudo de técnicas alternativas. Em estufa agrícola de produção de hortaliças folhosas da empresa Hortisol, localizada em São Carlos, SP, realizou-se experimento para avaliar os efeitos da utilização de plantas de cobertura melhoradoras de solo e de gesso na recuperação da qualidade do solo em estufa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos principais foram constituídos de plantas extratoras de nutrientes (crotalária júncea e milheto) e uma testemunha (com crescimento de plantas infestantes). Os tratamentos secundários foram aplicação ou não de gesso. Após a aplicação desses tratamentos e após o cultivo sequencial de três ciclos de alface foram avaliados alguns atributos físicos do solo. Os tratamentos não modificaram o tamanho e a estabilidade dos agregados e a resistência do solo à penetração. Os tratamentos de plantas de cobertura e gesso pouco modificam os atributos físicos do solo e após três ciclos de cultivo de alface o solo retornou à condição inicial antes da aplicação dos tratamentos. Um único cultivo das plantas de cobertura melhoradoras em estufa com cultivo intensivo de hortaliças folhosas não conseguiu promover substancial melhoria da qualidade física do solo.

Palavras-Chave: salinização; cultivo em ambiente protegido; hortaliças; solo degradado; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A presença de concentrações elevadas de sais solúveis e de cátions na solução do solo e no complexo de troca pode levar à dispersão das argilas. Nessas condições pode ocorrer a degradação da estrutura do solo, alterando a proporção ideal entre poros e a

estabilidade dos agregados. As conseqüências podem ser restrição ao desenvolvimento de raízes e à absorção de água e de nutrientes, o aumento na retenção da água e dificuldade na distribuição da água no solo. Por outro lado, a presença do íon cálcio pode levar à floculação das argilas e à agregação do solo, promovendo melhoria nas propriedades físicas do mesmo. A retirada de íons floculantes e a redução da concentração de sais do solo podem, então, resultar na dispersão das argilas e diminuição do espaço poroso e da permeabilidade do solo (Ruiz et al., 2004). A literatura sobre acúmulo de sais em solos sob cultivo protegido foca especialmente efeitos na planta, manejo e qualidade da água de irrigação, acúmulo e lixiviação de sais. Nessas condições os efeitos do acúmulo e remoção de sais sobre as propriedades físicas do solo devem ser estudados, entre outras razões, para orientar o manejo do solo na recuperação desses solos.

O objetivo do presente estudo foi o de determinar o efeito de duas espécies de plantas de cobertura, num período reduzido de cultivo, com e sem a aplicação de gesso, em estufa agrícola com solo salinizado, sobre atributos físicos do solo e o comportamento desses atributos após três ciclos consecutivos de cultivo de alface.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o experimento em estufa agrícola de produção de hortaliças folhosas, com estrutura do tipo “Arco”, coberta com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD), com altura (pé-direito) de 2 m e dimensões de 6 x 50 m. Lateralmente a estrutura é revestida com tela de sombreamento de 50%.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições. As dimensões de cada parcela foram de 1,7 x 6,0 m, totalizando 10,2 m². Os tratamentos principais foram: a) crotalária júncea, cv. IAC-1; b) milheto, cv. BRS-1501; c) testemunha em pousio, com crescimento espontâneo de plantas infestantes. Os tratamentos secundários foram com e sem aplicação de gesso.

A dose de gesso foi definida em função do teor de argila do solo na profundidade de 0-0,2 m (Rajj et al., 1996). Foi calculada uma dose de 0,165 kg m⁻² de gesso agrícola, sendo aplicados 0,231 kg m⁻², pois o material estava com aproximadamente 40% de umidade.

Caracterização da área experimental

A caracterização inicial de atributos químicos e físicos do solo é apresentada nas tabelas 1 e 2. Segundo Raij et al. (1996), os teores de fósforo, enxofre, cálcio, magnésio e os de micronutrientes, nas camadas 0-0,2 m e 0,2-0,4 m, foram superiores aos considerados muito elevados para os solos agrícolas. Os teores de potássio encontravam-se nas faixas consideradas alta e muito alta. Foi determinado também o valor de condutividade elétrica do solo (CE) cujo valor médio ficou em 0,8 dS/m. Esse valor não é tão baixo a ponto de ser negligenciado, mas não caracterizou um solo salino. No solo não foram encontrados teores elevados de sódio, o que era esperado em função da salinização ser consequência do manejo dos fertilizantes e não da qualidade da água de irrigação. Foi realizada também uma avaliação inicial da resistência à penetração, em 24 pontos da estufa, com um penetrômetro de impacto segundo Stolf (1991) (Figura 1), que indicou forte gradiente de resistência entre as camadas de 0-0,2 m e 0,2-0,4 m.

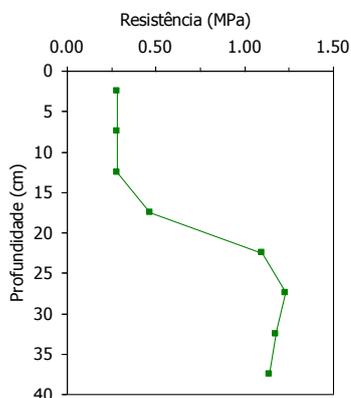


Figura 1. Resistência à penetração no solo estufa agrícola cultivada com hortaliças folhosas. São Carlos, SP, 2010.

Instalação do ensaio

Após o término do cultivo de alface conduzido pelo produtor, foi realizada operação de subsolagem a 0,4 m de profundidade e, na seqüência, foram levantados os canteiros para o cultivo das plantas de cobertura com auxílio de trator e enxada rotativa acoplada a um encanteirador. O gesso foi aplicado em novembro de 2009, a lanço, na superfície do solo das parcelas que receberam esse tratamento, sendo em seguida incorporado a 0,05 m de profundidade com auxílio de um rastelo. Após a incorporação foi aplicada uma lâmina de água três vezes superior à capacidade máxima de retenção do solo na profundidade de 0-0,4 m, por sistema de irrigação localizado por microaspersão, instalado na altura do pé direito da estrutura.

As sementes da crotalaria e do milho foram realizadas manualmente, a lanço, em dezembro de 2009, nas respectivas parcelas, utilizando-se 30% a mais de sementes que as quantidades de 30 e 20 kg ha⁻¹ recomendadas para as duas espécies respectivamente. A irrigação das culturas foi realizada por microaspersão.

Nas parcelas testemunhas houve o crescimento de plantas infestantes, com predominância de picão branco (*Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake) e também a presença de beldroega (*Portulaca oleracea* L.), capim marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc), serralha, (*Sonchus oleraceus* L.) e caruru (*Amaranthus* sp.).

Em janeiro de 2010, aos 53 dias após a semeadura (DAS), foi realizado o corte das plantas de todos os tratamentos, a 0,03 m da superfície do solo, e sua imediata retirada de dentro da estufa agrícola. Em seguida foram realizados três cultivos de alface crespa. O primeiro com a cultivar Camila e os dois seguintes com a cultivar Vera.

No primeiro cultivo o transplante foi realizado em 09 de fevereiro e a colheita em 18 de março de 2010, totalizando 38 dias. No segundo cultivo o transplante foi realizado em 24 de março e a colheita em 30 de abril de 2010, totalizando 37 dias; e o terceiro ciclo teve seu transplante em 12 de maio e a colheita em 05 de julho de 2010, totalizando 54 dias. Para os três cultivos o espaçamento de 0,30 x 0,30 m foi utilizado e as mudas transplantadas com três a quatro folhas definitivas. Cada canteiro de alface continha cinco linhas de plantio, com uma linha de fita gotejadora (irrigação localizada por gotejamento) entre as linhas de alface. O produtor realizou seu manejo de adubação convencional durante os cultivos de alface. Na adubação de plantio utilizou 15 kg de formulado 4-14-8 e 150 kg de esterco de galinha, aplicados em área total, em todos os cultivos, em 300 m². No segundo e terceiro cultivos utilizou 15 kg de farelo de mamona, além da adubação de plantio anterior. Em cobertura via fertirrigação utilizou, em todos os cultivos: a) cinco dias após o transplante (DAT), 110 g de nitrato de cálcio (NC), 100 g de mono amônio fosfato (MAP), 270 g de nitrato de potássio (NP), 60 g de sulfato de magnésio (SM); b) dez DAT, 450 g de 6-12-36, 380 g de NC; c) 15 DAT, 300 g de NC, 400 g de MAP, 350 g de NP, 150 g de SM; d) 25 DAT, 300 g de NC, 350 g de MAP, 800 g de NP, 170 g de SM; e) 30 DAT, 900 g de 6-12-36, 350 g de NC; f) 35 DAT, 370 g de NC, 300 g de MAP, 800 g de NP, 230 g de SM. Apenas no último cultivo utilizou aos 45 DAT 370 g de NC, 300 g de MAP, 800 g de NP, 230 g de SM.

Análises realizadas

As avaliações de atributos físicos do solo foram realizadas após os tratamentos e antes do primeiro ciclo de alface (fevereiro de 2010) e depois do terceiro ciclo de alface (junho de 2011). As análises realizadas foram: a) resistência à penetração, com penetrômetro de impacto de acordo com Stolf (1991); b) condutividade hidráulica saturada do solo, utilizando um permeômetro IAC de acordo com segundo Vieira (1998) e c) determinação da estabilidade de agregados, segundo Kemper e Chepil (1965). As análises foram feitas nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm.

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por análise de variância com teste F, aplicando-se teste de Tukey (P<0,05) para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises microbianas realizadas em amostras coletadas após os tratamentos de plantas de cobertura e gesso são apresentados na tabela 3. No

tratamento com crotalária o número de esporos viáveis foi mais elevado, o mesmo ocorrendo com o gesso.

Os valores de resistência a penetração no solo após a aplicação dos tratamentos e após o terceiro ciclo de alface são apresentados nas figuras 2 e 3.

O efeito dos tratamentos na resistência não é significativo. Em relação à condição inicial (Figura 1) nota-se que a camada de maior resistência inicia em uma profundidade maior, e esse efeito é decorrente, provavelmente, da subsolagem realizada.

O efeito da subsolagem após três ciclos de cultivo não é mais observado e a profundidade da camada de maior resistência passou a ser de 0,15 m.

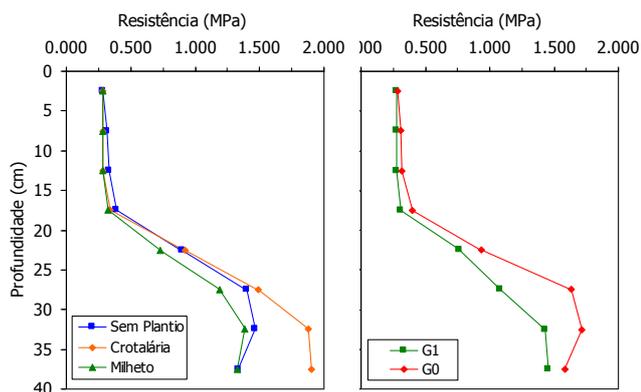


Figura 2. Valores da resistência do solo em profundidade em estufa agrícola após aplicação dos tratamentos culturas de cobertura e gesso. São Carlos, SP, 2010.

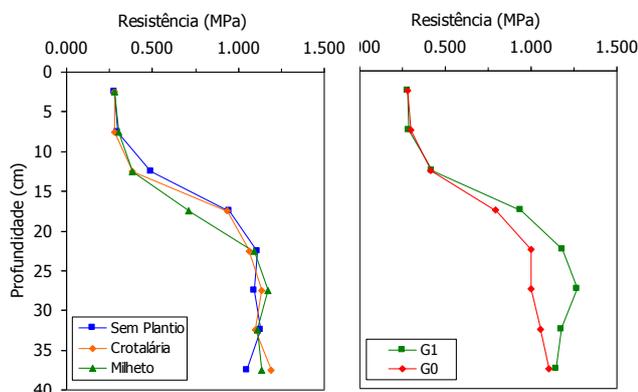


Figura 3. Valores da resistência do solo em profundidade em estufa agrícola após três ciclos de produção de alface. São Carlos, SP, 2010.

A análise de agregados (Tabelas 3 e 4) mostrou que os tratamentos não modificaram a porcentagem que agregados retidos em cada peneira, entretanto o diâmetro médio ponderado foi mais elevado nos tratamentos com milheto e sem gesso. A infiltração de água e condutividade hidráulica saturada (Tabela 5) foram mais elevadas no tratamento com cultivo da crotalária. A ausência de efeito na melhoria da estrutura do solo pode ser explicada pelo fato de que apenas um plantio de crotalária e milheto não seria suficiente para melhorar de forma permanente a agregação do solo ou pelo fato de que o cultivo intensivo se sobrepõe às alterações dos tratamentos nos atributos físicos do solo.

CONCLUSÕES

1. Os tratamentos de plantas de cobertura e gesso pouco modificam os atributos físicos do solo;

2. Após três ciclos de cultivo de alface o solo, com o produtor realizando seu manejo convencional de preparo de solo e adubação, retornou à condição inicial verificada antes da aplicação dos tratamentos.

AGRADECIMENTOS

À empresa Hortisol LTDA pela colaboração, à Fundação de Amparo a Pesquisa Agrícola do Estado de São Paulo (FAPESP - processo 08/52305-1) e à Fundação AGRISUS pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ESMIN-GER, L.E.; CLARK, F.E. (Eds.) Methods of soil analysis. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510. (Agronomy Series, 9)
- RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. & FURLANI, A. M. C. Boletim Técnico 100. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônomo, 285p. 1996.
- RUIZ, H.A.; SAMPAIO, R.A.; OLIVEIRA, M. de & VENEGAS, V.H.A. Características químicas de solos salino-sódicos submetidos a parcelamento da lâmina de lixiviação. Pesq. agropec. bras., 39: 1119-1126, 2004.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Rev. bras. Ci. Solo, 15: 229-35, 1991.
- VIEIRA, S.R. Permeâmetro: novo aliado na avaliação de manejo do solo. O Agrônomo, 47-50: 32-33, 1995-1998.

Tabela 1. Características químicas do solo de estufa agrícola cultivada com hortaliças folhosas nas camadas 0-0,2 e 0,2-0,4 m. São Carlos, SP, 2010.

Prof. m	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	S mg dm ⁻³	Na	K mmol _c dm ⁻³	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0 - 0,2	32	5,8	1.086	67	1	5,8	112,8	26,3	1,1	9,8	68	16,9	25,4
0,2-0,4	22	5,8	728	73	1	4,8	78,8	18,8	0,9	5,1	48	9,3	11,7

Tabela 2. Teores de areia (2,00 - 0,053 mm), silte (0,053 - 0,002 mm) e argila (< 0,002 mm), grau de floculação (GF) e grau de dispersão (GD) de solo em estufa agrícola cultivada com hortaliças folhosas nas camadas 0-0,2 e 0,2-0,4 m. São Carlos, SP, 2010.

Profundidade m	Areia ----- g kg ⁻¹ -----	Silte ----- g kg ⁻¹ -----	Argila ----- g kg ⁻¹ -----	Classificação	GF ----- g kg ⁻¹ -----	GD ----- g kg ⁻¹ -----
0 - 0,2	700	29	271	franco-argiloarenosa	28,3	71,7
0,2-0,4	691	33	276	franco-argiloarenosa	17,7	82,3

Tabela 3. Valores de porcentagens de tamanho de agregados e índices de agregação em solo nas camadas 0-0,2 m em estufa agrícola após três ciclos de produção de alface. São Carlos, SP, 2010.

	9,5-7,9	7,9-6,3	6,3-4,0	4,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	<0,5	DMP	DMG
	%							mm	mm
Infestantes	21,69 a	8,51 a	7,79 a	7,77a	8,24 a	16,01 a	30,21 a	1,93 a	1,61 a
Crotalária	25,57 a	8,02 a	7,71 a	6,75 a	7,40 a	14,69 a	29,87 a	2,02 a	1,69 a
Milheto	19,35 a	8,32 a	8,55 a	6,91 a	7,71 a	16,17 a	32,96 a	2,35 b	1,51 a
Sem gesso	24,26 a	8,76 a	8,16 a	6,81 a	7,19 a	15,23 a	29,57 a	2,27 b	1,75 a
Com gesso	20,14 a	7,82 a	7,74 a	7,47 a	8,37 a	16,02 a	32,47 a	1,93 a	1,48 a

DMP=Diâmetro médio ponderado; DMG=Diâmetro médio geométrico. Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não são diferentes entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 4. Valores de porcentagens de tamanho de agregados e índices de agregação em solo nas camadas 0,2-0,4 m em estufa agrícola após três ciclos de produção de alface. São Carlos, SP, 2010.

	9,5-7,9	7,9-6,3	6,3-4,0	4,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	<0,5	DMP	DMG
	%							mm	mm
Infestantes	15,16 a	4,90 a	4,90 a	7,26 a	9,45 a	19,21 a	39,07 a	1,36 a	1,15 a
Crotalária	18,16 a	7,09 a	6,56 a	8,05 a	8,84 a	18,26 a	33,07 a	1,58 a	1,42 a
Milheto	9,01 a	4,35 a	5,01 a	7,47 a	11,21 a	20,62 a	42,34 a	2,02 a	0,95 a
Sem gesso	16,83 a	5,57 a	5,49 a	7,07 a	9,16 a	18,12 a	37,76 a	1,83 a	1,30 a
Com gesso	11,39 a	5,32 a	5,49 a	8,12 a	10,51 a	20,61 a	39,57 a	1,48 a	1,05 a

DMP=Diâmetro médio ponderado; DMG=Diâmetro médio geométrico. Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não são diferentes entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 5. Infiltração de água e condutividade hidráulica saturada (Ko) em solo em estufa agrícola após aplicação dos tratamentos nas camadas 0-0,2 e 0,2-0,4 m. São Carlos, SP, 2010

Gessagem	Culturas	Infiltração, mm h ⁻¹		Ko, m d ⁻¹	
		0-0,2 m	0,2-0,4 m	0-0,2 m	0,2-0,4 m
Sem Gesso	Infestantes	132,8 a	60,1 a	1,2 a	0,55 a
	Crotalária	292,6 b	166,0 a	2,6 b	1,51 a
	Milheto	203,3 ab	213,7 a	1,8 ab	1,95 a
Com Gesso	Infestantes	199,2 a	153,5 a	1,8 a	1,4 a
	Crotalária	373,5 b	311,2 a	3,4 b	2,8 a
	Milheto	152,7 a	116,2 a	1,3 a	1,1 a

Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não são diferentes entre si, pelo teste de Tukey a 5%.