

Substâncias húmicas do solo em função da adição de lodo de esgoto em longo prazo¹

Victor Sanches Ribeirinho², Aline Renée Coscione³, Cristiano Alberto de Andrade⁴, Adriana Marlene Moreno Pires⁵, Otávio Antônio de Camargo⁶.

(1) Trabalho executado com recursos da FAPESP (Projeto 2011/10619-8).

(2) Doutorando; Instituto Agronômico, Campinas, São Paulo, victor.ribeirinho@gmail.com

(3) Pesquisadora, Instituto Agronômico, Campinas, São Paulo, aline@iac.sp.gov.br

(4) Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, São Paulo, cristiano.andrade@embrapa.br

(5) Pesquisadora, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, São Paulo, adriana.pires@embrapa.br

(6) Pesquisador, Instituto Agronômico, Campinas, São Paulo, ocamargo@iac.sp.gov.br

Resumo

A adição contínua de lodo de esgoto no solo agrícola pode resultar em alterações na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo. Objetivou-se com o presente estudo avaliar os teores totais de carbono (C) do solo e das frações húmicas em Latossolo fertilizado com lodo de esgoto e há oito anos da última aplicação. Foram coletadas amostras de solo (camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm) em experimento de campo que recebeu doses de lodo de esgoto onde foram realizadas 6 aplicações sucessivas de lodo de esgoto, seguidas de 8 anos sem adição do resíduo. Utilizaram-se seis tratamentos: controle (0R), adubação mineral (NPK), dose de lodo recomendada (1R) e seus múltiplos 2R, 4R e 8R, em blocos ao acaso, com três repetições. Foi realizado fracionamento químico da matéria orgânica do solo e posteriormente foi quantificado o C nas frações húmicas e também o teor total de C do solo. As aplicações de doses de lodo de esgoto aumentaram os teores totais de C do solo até a profundidade de 40 cm. Após 8 anos da última aplicação de lodo de esgoto não há mais alterações no teor de C da fração ácido fúlvico devido ao lodo de esgoto. Já nas frações ácidos húmicos e humina, ainda é observado efeito residual do lodo de esgoto no teor de C nestas frações.

Palavras Chave: matéria orgânica do solo, ácido húmico, ácido fúlvico, humina.

Introdução

A matéria orgânica do solo (MOS) engloba resíduos de plantas, animais e microrganismos em diversos estágios de decomposição e parte dela encontra-se associada à fração mineral. Em solos tropicais, geralmente muito intemperizados, a MOS é fundamental para diversos processos químicos, físico-hídricos e biológicos relacionados com a sustentação da produção agrícola (Stevenson, 1994).

O status de MOS depende do balanço entre entradas e saídas de carbono (C), no qual uma importante via de entrada pode ser a aplicação de resíduos orgânicos. Dentre os resíduos orgânicos merecem destaque os lodos de esgoto,



material este gerado no tratamento do esgoto e cuja disposição na agricultura constitui meio potencialmente benéfico à atividade agrícola (Bettiol & Camargo, 2006).

Lodos de esgoto possuem de 25 até 60% de material orgânico e repetidas aplicações numa mesma área podem incrementar o C do solo (Dias et al., 2007). Além de alterações quantitativas, o lodo de esgoto também altera a qualidade da MOS, sendo que aplicações contínuas de lodo resultam em maior acúmulo de substâncias húmicas no solo e alterações na composição e estrutura química das substâncias húmicas (Santos et al., 2010).

Pelo exposto, com o presente trabalho objetivou-se avaliar o teor total de C no solo e nas substâncias húmicas em área que recebeu aplicações sucessivas de doses de lodo de esgoto e permaneceu oito anos sem novas aplicações de lodo de esgoto.

Materiais e métodos

Foram retiradas amostras de solo em experimento instalado em 1999 e que anualmente até 2003 recebeu doses de lodo de esgoto. As doses foram estabelecidas com base na recomendação de uso do lodo de esgoto com fonte de nitrogênio (1R) e seus múltiplos 2 (2R), 4 (4R) e 8 (8R) vezes a dose recomendada. Neste experimento também contém um tratamento testemunha absoluta (0R) e testemunha com fertilização mineral (NPK). Após cessar as aplicações do resíduo, continuou o cultivo de milho na área.

No ano de 2011, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm em todas as parcelas. Foram coletados 15 pontos por parcela, formando uma amostra composta, que foi homogeneizada, seca ao ar, peneirada em malha de 2 mm. Posteriormente as amostras foram moídas e passadas em peneiras de 0,150 mm de abertura (100 mesh), visando a determinação do C.

Os teores totais de C foram quantificados em analisador elementar - LECO CN. O método para o fracionamento químico da MOS foi fundamentado na diferença de solubilidade das frações húmicas em meio ácido e alcalino, conforme o recomendado pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996), com adaptações de Benites et al. (2003). Neste procedimento obteve-se os teores de C nas frações húmicas do solo: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HU).

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância considerando-se o delineamento em blocos ao acaso e nos casos em que o teste F foi significativo ($p < 0,05$) aplicou-se análise de regressão para as doses de lodo de esgoto. Para comparação dos tratamentos com lodo de esgoto com o tratamento NPK (fertilização mineral), os resultados foram submetidos ao teste de Dunnett, com nível de significância de 5%.



Resultados e discussões

As aplicações de doses de lodo de esgoto promoveram aumento linear dos teores totais de C no solo, em todas as profundidades avaliadas (Tabela 01). Contudo, na comparação com o tratamento NPK e para as camadas até 20 cm, apenas os tratamentos 4R e 8R apresentaram diferenças. Na camada 20-40 cm tal diferença foi verificada somente no tratamento 8R.

Tabela 1. Efeito das aplicações de lodo de esgoto sobre o carbono total e nas frações das substâncias húmicas em solo fertilizado com lodo de esgoto.

Prof. (cm)	Tratamentos ⁽¹⁾					Regressão ⁽²⁾	r ²	
	NPK	0R	1R	2R	4R			8R
<i>C total (g kg⁻¹ de solo)</i>								
0-5	15,2	14,6 ^{ns}	14,7 ^{ns}	16,8 ^{ns}	17,9*	20,0*	y = 14,711 + 0,699x	0,94
5-10	15,1	14,9 ^{ns}	15,1 ^{ns}	16,6 ^{ns}	18,3*	19,7*	y = 15,022 + 0,626x	0,93
10-20	14,5	14,4 ^{ns}	15,7 ^{ns}	16,2 ^{ns}	17,7*	19,9*	y = 14,883 + 0,649x	0,98
20-40	13,5	13,7 ^{ns}	13,8 ^{ns}	14,8 ^{ns}	15,8 ^{ns}	17,4*	y = 13,627 + 0,484x	0,98
<i>C-Ácido Fúlvico (g kg⁻¹ de solo)</i>								
0-5	2,4	2,7 ^{ns}	2,4 ^{ns}	3,1 ^{ns}	2,9 ^{ns}	3,4 ^{ns}	ns	ns
5-10	1,1	1,2 ^{ns}	2,0 ^{ns}	2,6 ^{ns}	2,0 ^{ns}	4,2 ^{ns}	ns	ns
10-20	3,8	4,8 ^{ns}	5,2 ^{ns}	5,0 ^{ns}	5,2 ^{ns}	5,4 ^{ns}	ns	ns
20-40	5,8	6,2 ^{ns}	5,9 ^{ns}	6,7 ^{ns}	6,5 ^{ns}	6,8 ^{ns}	ns	ns
<i>C-Ácido Húmico (g kg⁻¹ de solo)</i>								
0-5	2,4	2,2 ^{ns}	2,1 ^{ns}	2,9 ^{ns}	2,9 ^{ns}	3,4*	y = 2,271 + 0,120x	0,8044
5-10	3,0	2,9 ^{ns}	3,3 ^{ns}	3,5 ^{ns}	3,6 ^{ns}	4,3*	y = 3,016 + 0,125x	0,9526
10-20	3,8	3,8 ^{ns}	3,5 ^{ns}	3,8 ^{ns}	4,0 ^{ns}	3,9 ^{ns}	y = ns	ns
20-40	3,4	3,3 ^{ns}	3,7 ^{ns}	3,7 ^{ns}	3,8 ^{ns}	4,0 ^{ns}	y = ns	ns
<i>C-Humina (g kg⁻¹ de solo)</i>								
0-5	11,2	10,1 ^{ns}	12,8 ^{ns}	12,7 ^{ns}	13,6 ^{ns}	12,7 ^{ns}	y = 10,635 + 1,361x - 0,139x ²	0,82
5-10	7,7	7,7 ^{ns}	7,8 ^{ns}	8,8 ^{ns}	8,9 ^{ns}	10,3*	y = 7,702 + 0,329x	0,95
10-20	7,8	7,9 ^{ns}	8,7 ^{ns}	8,4 ^{ns}	9,4*	10,2*	y = 8,128 + 0,196x	0,92
20-40	7,1	7,3 ^{ns}	7,3 ^{ns}	7,9 ^{ns}	7,8 ^{ns}	9,1*	y = 7,211 + 0,223x	0,91

⁽¹⁾ NPK = adubação mineral; Dose de lodo de esgoto recomendada (1R) e seus múltiplos 2 (2R), 4 (4R) e 8 (8R). ⁽²⁾ Modelo de regressão ajustado para efeito das doses de lodo de esgoto. * Diferença significativa ano nível de 5% de probabilidade em comparação ao tratamento NPK pelo teste Dunnett. ns = não significativo.

Após oito anos sem nova aplicação de lodo de esgoto não foram observadas diferenças nos teores C associado a fração AF (Tabela 1). Pode-se concluir que, mesmo na dose mais elevada, não há mais influência do lodo de esgoto nesta fração, por se tratar da fração mais lábil e solúvel, o C acumulado nessa fração tende a ser degradado mais facilmente com o fim de aporte de matéria orgânica proveniente do lodo de esgoto. O lodo de esgoto pode alterar os teores de carbono na fração AF do solo, isso foi observado por Dias et al. (2007) em estudo na mesma área após a seis aplicações de lodo de esgoto. Os autores observaram incremento nos teores de carbono na AF com o aumento da dose.

Nas camadas até 10 cm o teor de C associado a fração AH aumentou linearmente com as doses de lodo de esgoto, porém na comparação com o tratamento NPK somente a dose 8R foi diferente (Tabela 1). A elevação no conteúdo de C-AH pode ser indicativa de melhoria da qualidade dos húmus ou do



incremento da atividade biológica, que promove a síntese de substâncias húmicas mais condensadas (Orlov, 1998).

Os teores de C associados a fração HU foram influenciados pela aplicação de doses de lodo de esgoto em todas camadas analisadas, porém, somente com efeitos lineares para as camadas abaixo dos primeiros 5 cm de profundidade (Tabela 01). Em comparação com as demais frações, o teor de C-HU foi superior e esta predominância está possivelmente relacionada à estabilidade do C com a fase mineral do solo, resultando em maior resistência à decomposição (Stevenson, 1994).

Conclusões

As aplicações de doses de lodo de esgoto aumentaram os teores de C até a profundidade de 40 cm, entretanto somente nas doses mais elevadas foram observadas a influência do lodo de esgoto após oito anos da última aplicação.

Após oito anos da última aplicação de lodo de esgoto não há mais alterações do C da fração AF devido ao lodo de esgoto. Já nas frações AH e HU, ainda é observado efeito residual do lodo de esgoto no teor de C nessas frações.

Referências

- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de. Lodo de esgoto: Impactos na Agricultura. Jaguariúna, SP. EMBRAPA Meio Ambiente. 2006. 349p.
- DIAS, B. O.; SILVA, C. A.; SOARES, E. M. B.; BETTIOL, W. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas em latossolo submetido a aplicação contínua de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 701-711, 2007.
- FERNANDES, S.A.P.; BETTIOL, W.; CERRI, C.C.; CAMARGO, P. Sewage sludge effects on gas fluxes at the soil - atmosphere interface, on soil $d^{13}C$ and on total soil carbon and nitrogen. **Geoderma**, v.125, p.49-57, 2005.
- ORLOV, D.S. Organic substances of Russian soils. **Eurasian Soil Science**, v.31, p.946-953, 1998.
- SANTOS, L.M.; SIMÕES, M. L.; MELO, W.J.; MARTIN-NETO, L.; PEREIRA-FILHO, E.R. Application of chemometric methods in the evaluation of chemical and spectroscopic data on organica matter from Oxisols in sewage sludge applications. **Geoderma**. v. 155, p.121-127, 2010
- STEVENSON, F.J. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons, New York. 1994. 512p.
- SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: D.L. SPARKSet al. (Eds). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Soil Science Society America. Book Series: 5. Madison: Soil Science Society America. 1996. p. 1018-1020.