

# Avaliação do fracionamento húmico em solo tratado com lodo de esgoto

Michelle R.A. de Almeida<sup>1</sup>, Sarai de Alcantara<sup>2\*</sup>, Daniel Vidal Pérez<sup>3</sup>, Waner Bettio<sup>4</sup>

(1) PUC-Rio, R.Marques de São Vicente, 225; Rio de Janeiro (RJ); 22453-900; (2) Instituto de Química, UFRJ, Av. . Brig. Trompovsky, s/nº, Cidade Universitária, Rio de Janeiro (RJ), 21949-900; (3) Embrapa-Solos, R. Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro (RJ), 22.460-000; (4) Embrapa-Meio Ambiente, C.P. 69. Jaguariúna (SP), 13820-000 \*e-mail: [sarai@iq.ufrj.br](mailto:sarai@iq.ufrj.br)

## Resumo

Entre as diversas alternativas existentes para a utilização do lodo de esgoto, a para fins agrícolas apresenta-se como uma das mais convenientes. Uma das vantagens de sua aplicação repousa no fato de que esse composto contém substâncias húmicas que aumentam a capacidade de retenção de água e nutrientes, além de contribuírem para a melhoria das propriedades físicas do solo, funcionando, nesse caso, como um condicionador. Essas substâncias são encontradas em lodo de esgoto proveniente de estações de tratamento de esgoto, o qual pode ser empregado como fertilizante, com certas restrições. Este trabalho pretende avaliar a distribuição das substâncias húmicas em solo adubado com lodo de esgoto de duas origens (industrial e doméstico), através de dois métodos extrativos de matéria orgânica: Kononova e uma modificação brasileira do protocolo da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS). Os resultados obtidos indicaram que a extração de Kononova foi o método que melhor evidenciou a influência dos dois diferentes tipos de lodo na distribuição diferencial das substâncias húmicas no solo estudado.

## Abstract

Among several alternatives in which the sewage sludge can be used, the agricultural one is by far the most convenient. One of the great advantages of its application is related to the presence of humic substances that increase water and nutrient retentions. Besides, they improve soil physical characteristics working like a soil conditioner. Thus, the aim of the present work was to evaluate the impact of the use of two different kinds of sewage sludge (domestic x industrial) on soil humic fractionation. In order to achieve this goal, two methods of soil humic extraction were tested: the Kononova protocol and a Brazilian modification of the International Humic Substance Society (IHSS) protocol. The present results indicated that the Kononova protocol was more accurate in the distinction of the samples according to the different kind of sewage sludge applied to the soil.

## Introdução

O percentual da população brasileira servida por uma rede de esgoto vem crescendo nos últimos anos: em 2002, havia, aproximadamente, 22 milhões de habitantes conectados a uma rede geral de esgotamento sanitário, enquanto que, em 2005, esse número cresceu para 25,5 milhões. Neste contexto, o lodo de esgoto é um resíduo inevitável do processo de tratamento de água, sendo a produção per capita estimada como sendo entre 60 a 90 g/habitante/dia como resultado de sistemas envolvendo o tratamento primário e secundário (1-2). Logo, pode se concluir que a produção de lodo tende a ser incrementada ao longo do século 21.

A reciclagem e recuperação de resíduos urbanos são fatos preocupantes em todo mundo. Tendo em vista estes aspectos, a utilização agrícola pode ser uma solução viável e mais nobre para a sua destinação final. A maioria dos estudos realizados com compostos de lodo de esgoto visam observar seu potencial de fornecimento de nutrientes (3-4) ou de contaminação do solo, principalmente, por metais pesados (5-6). Contudo, apesar da grande quantidade de material orgânico existente nesse material, raros são os estudos que avaliam o impacto da disposição desse composto na qualidade da matéria orgânica do solo, principalmente, no "Húmus". As substâncias húmicas, juntamente com a argila, são responsáveis por boa parte das atividades químicas do solo, sendo de particular interesse as reações de complexação, mecanismo básico de indisposição de elementos tóxicos, tais como o  $Al^{3+}$  e metais pesados, e as de troca iônica, forma pela qual a água e vários nutrientes são retidos no solo. Neste sentido, é o balanço das frações húmicas, que consistem, basicamente, em: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina, o que determina o nível do incremento dessas atividades no solo. Portanto, o objetivo do presente trabalho é o de avaliar a distribuição das substâncias húmicas de um solo adubado com lodo de esgoto, através de dois métodos extrativos, o

Kononova e uma modificação do método proposto pela Sociedade Internacional de Substâncias húmicas (IHSS).

### Materiais e Métodos

As amostras foram coletadas na profundidade de 0-20 cm, em novembro de 2004, em um ensaio instalado no campo experimental da Embrapa-Meio Ambiente (latitude 22°41' Sul, longitude 47° W. Gr. e altitude de 570 m). O delineamento experimental utilizado foi o fatorial em blocos casualizados, com 3 repetições e parcelas de 20 x 10 m<sup>2</sup>. Os tratamentos estudados foram: 1. testemunha absoluta; 2. fertilização mineral (NPK), com base na análise de solo; 3. aplicação de lodo de esgoto com base na sua concentração de nitrogênio e mantendo a quantidade aplicada na fertilização mineral; 4. duas vezes a concentração de lodo de esgoto aplicada no tratamento 3; 5. quatro vezes a concentração de lodo de esgoto aplicada no tratamento 3; 6. oito vezes a concentração de lodo de esgoto aplicada no tratamento 3. Esses seis tratamentos foram aplicados para dois tipos de lodos: a. originário da região de Barueri, região metropolitana de São Paulo; b. originário do município de Franca, interior de São Paulo. Esses dois materiais apresentam características distintas, representando, respectivamente, uma região altamente industrializada e outro uma área essencialmente doméstica. Ambos foram fornecidos pela SABESP, na forma adequada para aplicação agrícola. Em todos os tratamentos com lodo de esgoto, o potássio foi corrigido com cloreto de potássio. A cultura usada foi o milho, sendo que os tratamentos culturais foram os padrões utilizados pela cultura.

O método Kononova encontra-se descrito em Pérez et al. (7). O método IHSS modificado encontra-se descrito em Benites et al. (8)

### Resultados

#### Fracionamento Húmico nos Lodos

Observa-se, pelo método Kononova, que ocorrem pequenas diferenças entre os teores de ácido fúlvico e húmico extraídos, sendo que, nominalmente, os maiores valores ocorreram no lodo de Barueri (Tabela 1). Todavia, quanto à fração humina, esta é nitidamente diferente entre os dois tipos de lodo, sendo encontrada em maior concentração no lodo de Franca. Como essa fração domina a distribuição húmica, fica claro que o lodo de Franca apresentará a fração humificada (somatório das frações ácido fúlvico, ácido húmico e humina) maior. Conseqüentemente, o lodo de Barueri apresentará uma fração não-húmica (SNH) claramente predominante (Tabela 1).

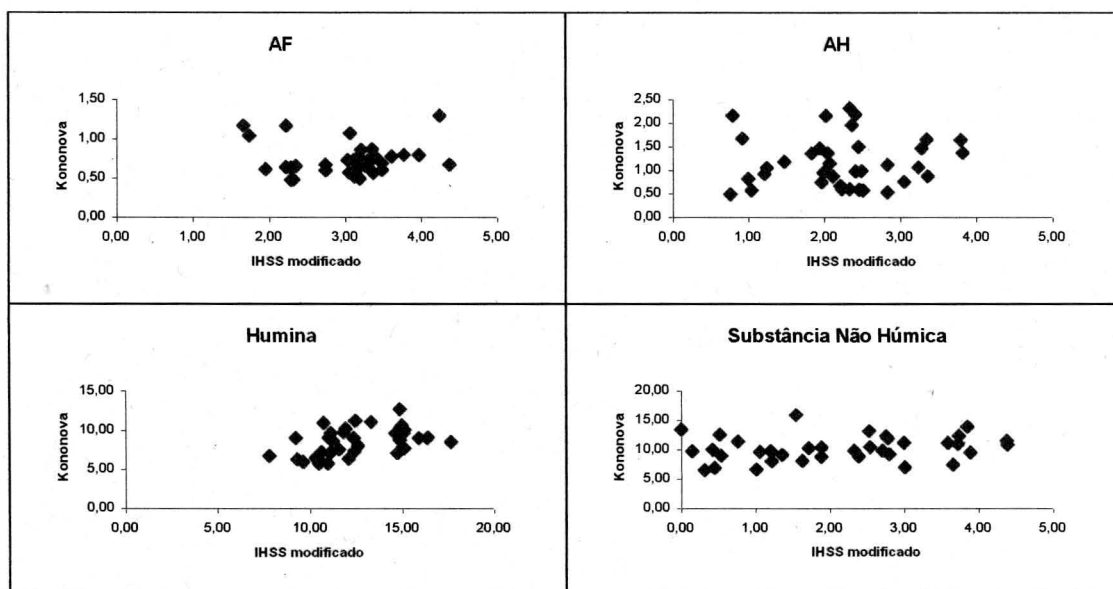
**Tabela 1.** Fracionamento húmico dos lodos usados com base no método de extração de Kononova e do IHSS modificado.

Treatment	Substâncias Não Húmicas	Ácido Fulvico	Ácido Húmico	Humina
g.kg <sup>-1</sup>				
Kononova				
Barueri	114,7	13,5	5,1	94,8
Franca	81,4	12,8	4,7	109,1
IHSS Modificado				
Barueri	127,4	9,00	24,67	67,0
Franca	109,1	10,91	21,00	67,1

O método IHSS modificado também apresenta diferenças sutis, no que tange os teores de ácido fúlvico e húmico. No entanto, ao contrário do método Kononova, o IHSS modificado apresentou valores nominais maiores de ácido fúlvico no lodo de Franca e de ácido húmico no lodo de Barueri (Tabela 1). Quanto à fração humina, esta é muito semelhante entre os dois tipos de lodo. Como o teor total de carbono orgânico do lodo de Barueri é ligeiramente superior ao do lodo de Franca e visto que a fração humificada é muito semelhante entre estes dois tipos de lodo, a fração não humificada (SNH) se torna maior no lodo de Barueri do que no lodo de Franca (Tabela 1).

### Fracionamento Húmico dos Solos

Inicialmente, observa-se pela figura 1 que não há nível de correlação entre os dois métodos de extração. Ou seja, os resultados obtidos por um são completamente diferentes dos obtidos pelo outro, no que diz respeito às frações orgânicas extraídas.



**Figura 1.** Comparação gráfica da concentração de carbono ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) obtidas nas frações húmicas extraídas pelo método Kononova e o IHSS modificado.

Pelo método Kononova, a concentração de ácido fúlvico no solo foi influenciada apenas pelo tipo de lodo que foi aplicado, mas não pela dose de lodo (Tabela 2). Neste sentido, é importante ressaltar que o lodo de Barueri, que apresentava o maior valor dessa fração húmica (Tabela 1), foi quem aumentou o teor de ácido fúlvico. O ácido húmico obteve o mesmo perfil do ácido fúlvico, isto é, sua concentração variou apenas conforme o tipo de lodo aplicado no solo (Tabela 2), sendo maior nos solos que receberam o lodo que, também, possuía o maior valor de ácido húmico, ou seja, o lodo de Barueri (Tabela 1). A fração humina, no solo, variou tanto com a dose como com o tipo de lodo (Tabela 2). Esse comportamento, de certa forma, já era esperado, visto que essa fração é a que predomina nos lodos usados (Tabela 1). Além disso, existe o fato de que certos autores (9-10) observaram que o manejo agrícola aumentou o teor de humina no solo, bem como de outros (11,7) que verificaram um aumento da humina em função de uso de composto de resíduo urbanos no solo. Vale, também, ressaltar que o solos que receberam o lodo de Franca foram os que, significativamente, apresentaram maiores valores de humina, o que está de acordo com o observado na distribuição de humina dos lodos (Tabela 1). Considerando toda fração húmica (somatório de ácido fúlvico, ácido húmico e humina), observa-se que o tipo de lodo não influenciou os resultados obtidos. Tal fato, provavelmente, pode ter sido provocado pelo balanço das três diferentes frações, posto que duas eram superiores nos solos que receberam lodo de Barueri e uma era superior no solo que recebeu lodo de Franca. No caso das substâncias não húmicas, observa-se, também, que tanto a dose como o tipo de lodo influenciaram significativamente a sua concentração no solo. Mais uma vez, verifica-se que o tipo do lodo impingiu suas características aos solos que o receberam, visto que os maiores valores encontrados dessa fração, no solo, foram, justamente, aqueles que receberam lodo de Barueri que, também, é mais rico em fração não húmicas (Tabela 1).

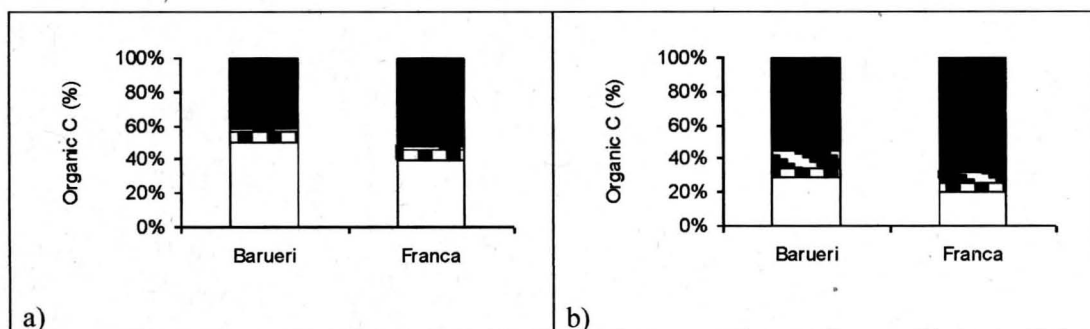
No que concerne o método IHSS modificado, o tipo de lodo não influenciou as concentrações das frações orgânicas do solo (Tabela 2), ou seja, o método não diferenciou entre os dois tipos de lodo (industrial e doméstico) quando aplicados no solo, embora haja diferença entre os mesmos, quando analisados pelo mesmo método, no que diz respeito à variação das frações de húmicas e não húmicas (Tabela 1). Com respeito à dose de lodo, observa-se que as únicas frações orgânicas do solo que variaram significativamente foram a humina e a soma das substâncias húmicas. Ou seja, o tipo de substância húmica predominante no lodo de esgoto, humina (Tabela 1), foi aquela que

apresentou significativa variância, quanto à dose aplicada no solo, contribuindo para que a fração de substâncias húmicas variasse no solo conforme a mesma (Tabela 2).

**Tabela 2.** Distribuição das frações húmicas e não húmicas do solo (0-20 cm), obtidas pelos métodos de Kononova e IHSS modificado, em função das doses de lodo e do tipo de lodo empregado.

Dose	Ácido Fúlvico	Ácido Húmico	Humina	Substância Húmica	Substância Não Húmica
g.kg <sup>-1</sup>					
Kononova					
Absoluta	0,55 a	0,84 a	7,21 b	8,59 b	9,25 b
NPK	0,70 a	1,00 a	7,12 b	8,81 b	9,12 b
N	0,74 a	1,09 a	8,11 ab	9,93 ab	8,73 b
2N	0,75 a	1,20 a	9,03 ab	10,98 ab	8,97 b
4N	0,78 a	1,31 a	8,80 ab	10,89 ab	11,30 ab
8N	0,80 a	1,44 a	9,72 a	11,96 a	12,50 a
Franca	0,65 b	0,86 b	9,03 a	10,54 a	9,13 b
Barueri	0,79 a	1,43 a	7,64 b	9,86 a	10,83 a
IHSS modificado					
Absoluta	3,18 a	1,90 a	10,53 d	15,62 c	2,22 a
NPK	2,90 a	2,72 a	10,30 d	15,90 c	2,02 a
N	2,85 a	1,82 a	11,82 cd	16,50 c	2,22 a
2N	2,70 a	2,30 a	13,37 bc	18,33 bc	1,60 a
4N	3,47 a	2,03 a	14,47 ab	19,95 ab	2,27 a
8N	3,37 a	2,77 a	15,90 a	22,00 a	2,43 a
Franca	3,21 a	2,10 a	12,34 a	17,62 a	2,04 a
Barueri	2,95 a	2,41 a	13,12 a	18,48 a	2,21 a

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna se diferenciam estatisticamente com base no teste de Tukey (P < 0,05)



**Figura 2.** Concentração (g.kg<sup>-1</sup>) de carbono nas frações húmicas extraídas dos lodos usados (a) e dos solos após o uso do lodo (b) e percentual dessas frações nos lodos (c) e nos solos (d).

Portanto, as características diferenciais dos lodos, que são impressas no solo como sua identidade, só podem ser visualizadas no método Kononova, já que, segundo o método IHSS modificado, os lodos não causaram nenhuma diferenciação no solo. No que diz respeito às doses de lodo, verifica-se que ambos são capazes de diferenciar os efeitos da aplicação no solo.

**Tabela 3.** Valores de capacidade de troca catiônica (CTC), carbono orgânico e nitrogênio para duas profundidades amostradas e em função dos diferentes níveis de aplicação de lodo.

Tratamento	Carbono Orgânico	Nitrogênio	CTC
	g.kg <sup>-1</sup>		cmolc.kg <sup>-1</sup>
	0-20 cm		
Control	11.7 c	1.0 c	7.9 c
NPK	12.1 c	1.0 c	8.1 c
N	12.4 c	1.1 bc	8.5 c
2N	13.4 bc	1.2 bc	8.6 bc
4N	14.6 b	1.4 b	9.6 ab
8N	16.8 a	1.7 a	10.4 a
Franca	13.2 a	1.2 a	8.6 b
Barueri	13.8 a	1.3 a	9.1 a
	20-40 cm		
Control	9.8 b	0.8 a	6.8 b
NPK	10.0 ab	0.8 a	7.3 ab
N	10.0 ab	0.8 a	7.3 ab
2N	10.3 ab	0.8 a	7.2 ab
4N	10.5 ab	0.9 a	7.9 a
8N	11.1 a	1.0 a	8.0 a
Franca	10.2 a	0.8 a	7.2 b
Barueri	10.3 a	0.9 a	7.6 a

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna se diferenciam estatisticamente com base no teste de Tukey ( $P < 0,05$ )

Por fim, considerando-se somente a extração pelo método Kononova, observa-se que o perfil húmico dos dois lodos de esgoto usados (Figura 2a) e o perfil dos solos (Figura 2b) se diferenciam com respeito ao balanço de ácidos fúlvicos e ácidos húmicos. Os dois lodos apresentam maior quantidade de ácido fúlvico que de ácido húmico, ao passo que no solo, ocorre o inverso. Isto, talvez, possa ser explicado pelo fato dos ácidos fúlvicos serem moléculas menores, que podem ser translocadas no perfil de solo. Tal fato pode ser indiretamente observado ao se verificar, na tabela 3, para a profundidade de 20-40 cm, que o teor de carbono orgânico também aumenta significativamente, como ocorreu em 0-20 cm, com o incremento das doses de lodo, o que sugere uma movimentação vertical no perfil. Além disso, é possível que moléculas de massa molecular menor setejam se condensando para formar moléculas mais complexas no solo (3), o que aumentaria a quantidade de ácido húmico no solo adubado com lodo de esgoto.

### Conclusões

1. Os dois métodos de extração das frações húmicas estudados, Kononova e IHSS modificado, não produzem dados passíveis de serem comparados;
2. O método Kononova mostrou-se mais sensível que o método IHSS modificado com respeito à esperada variabilidade do solo em função da aplicação de distintos tipos de lodo.

### Referências

- 1) European Environment Agency. Sludge treatment and disposal: management approaches and experiences. Copenhagen (Denmark): EEA. 1997.
- 2) Fuentes, A.; Llorens, M.1; Saez, J.; Soler, A.; Aguilar, M.I.; Ortuno, J.F.; Meseguer, V.F. Simple and Sequential extractions of heavy metals from different sewage sludges, *Chemosphere*, 54, 1039-1047, 2004.
- 3) Wang, M.-J. Land application of sewage sludge in China. *The Science of the Total Environment*, 197, 149-160, 1997.

- 4) Sanchez-Monedero, M. A.; Mondini, C.; de Nobili, M.; Leita, L.; Roig, A. Land application of biosolids. Soil response to different stabilization degree of the treated organic matter, *Waste Management*, 244, 325-332, 2004.
- 5) Udom B. E.; Mbagwu, J. S.; Adesodun, J. K.; Agbim, N. N. Distributions of zinc, copper, cadmium and lead in a tropical ultisol after long-term disposal of sewage sludge, *Environment International*, 304: 467-470, 2004.
- 6) Silva, C. A.; Rangel, O. J. P.; Dynia, J. F.; Bettiol, W.; Manzatto, C. V. Heavy metals availability for corn cultivated in a latosol sucessively amended with sewage sludges. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 302: 353-364, 2006.
- 7) Perez, D. V.; Alcantara, S.; Ribeiro, C.C.; Pereira, R.E.; Fontes, G.C.; Wasserman, M.A.; Venezuela, T. C.; Meneguelli, N. do A.; Macedo, J.R. de.; Barradas, C.A.A. Composted municipal waste effects on chemical properties of a Brazilian soil, *Bioresource Technology*, 983: 525-533, 2007.
- 8) Benites, V. M.; Madari, B.; Machado, P. L. O. A. Extração e fracionamento quantitativo das Substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado e de baixo custo; Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS. Comunicado técnico nº16. 2003.
- 9) Kononova, M. M. Organic matter and soil fertility. *Soviet Soil Science*, 16, 71-86, 1984
- 10) Shevtsova, L. K. Methods of studying organic matter in continuously fertilized soils. *Soviet Soil Science*, 4, 479-490, 1972.
- 11) Canellas, L. P.; Santos, G. de A.; Rumjanek, U. M.; Moraes, A. A.; Gurid, F. Distribution of the organic matter and humic acid characteristics in soils with addition of residues of urban origin. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36, 1529-1538, 2001.