

Avaliação da Matéria Orgânica de Solos Tropicais Submetidos à Adição de Lodo de Esgoto em um Experimento de Longa Duração

Introdução

Uso agrícola do lodo de esgoto

Foto: Wanderley José de Melo



Em regiões agrícolas próximas dos grandes centros urbanos e onde há o uso intensivo de recursos naturais, em especial do solo, ou ainda regiões de clima tropical e subtropical as quais apresentam predominância de solos intemperizados, com baixos conteúdos de matéria orgânica do solo (MOS) e nutrientes disponíveis (BRADY, 1989), a reciclagem para fins agrícolas de lodos de esgotos aparece como alternativa promissora e recomendável (CANELLAS et al., 2001).

Lodo de esgoto

O lodo de esgoto é o resíduo que se obtém após o tratamento das águas servidas (esgotos), com a finalidade de torná-las o menos poluídas possível, de modo a permitir o seu retorno ao meio ambiente sem que sejam agentes de poluição significativa (MELO e MARQUES, 2000).

Sabe-se que o lodo de esgoto contém teores elevados de MOS e nutrientes (macro e micronutrientes, a exceção do potássio), os quais são de fundamental importância na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo (TSUTYA, 2000; MELO e MARQUES, 2000).

Importância da MOS

A MOS tem papel fundamental no fornecimento de nutrientes às culturas, na retenção de cátions, na complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, na estabilidade da estrutura, na infiltração e retenção de água, na aeração e na atividade e diversidade microbiana, constituindo assim, um componente fundamental da sua capacidade produtiva, principalmente para solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados. É constituída por restos vegetais e animais em vários estádios de decomposição e biossíntese, podendo ser dividida em substâncias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e húminas) e substâncias não-húmicas (proteínas, aminoácidos, polissacarídeos, ácidos orgânicos de baixa massa molar, ceras e outros) (STEVENSON, 1994).

Substâncias húmicas

As substâncias húmicas são os maiores constituintes da fração orgânica dos solos, sedimentos e águas, ocorrendo nos sistemas terrestres e aquáticos como o solo, água do mar e potável, depósitos dos rios, lagos e mares, e, no lodo (PAJACZKOWSKA et al., 2003).

Restrições da disposição agrícola do lodo de esgoto

A adição de lodo de esgoto ao solo pode apresentar algumas restrições devido à presença de sais solúveis, patógenos, compostos orgânicos persistentes e metais pesados (TSUTYA, 2000; MELO e MARQUES, 2000).

Metais Pesados

A presença de metais pesados, definidos como os elementos químicos com densidade maior que 5 g cm^{-3} no lodo de esgoto tem sido foco de muitos estudos devido ao fato destes elementos permanecerem no solo por um tempo indefinido, e dessa forma, causar perigo à saúde humana e animal ao entrarem na cadeia alimentar (BERTON, 2000).

São Carlos, SP
Novembro, 2006

Autores

Larissa Macedo dos Santos
Química, MSc.
Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970, São Carlos, SP
larissa@cnpdia.embrapa.br

Wilson Tadeu Lopes da Silva
Químico, Dr.
Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970, São Carlos, SP
wilson@cnpdia.embrapa.br

Marcelo Luiz Simões
Físico, Dr.
Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970, São Carlos, SP
marcelo@cnpdia.embrapa.br

Débora M. Bastos Pereira Milori
Física, Dra. Pesquisadora,
Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970, São Carlos, SP
debora@cnpdia.embrapa.br

Ana Rita de Araujo Nogueira
Química, Dra.
Embrapa Pecúária Sudeste
São Carlos, SP
anarita@cnpse.embrapa.br

Wanderley José de Melo
Engenheiro Agrônomo, Dr.
UNESP, Jaboticabal, SP
wjmel@fcav.unesp.br

Ladislau Martin Neto
Físico, Dr. Pesquisador,
Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970, São Carlos, SP
martin@cnpdia.embrapa.br

A determinação de elementos tóxicos em solo é uma importante ferramenta para monitorar a poluição ambiental. A análise total destes elementos nos solos intactos, nas suas frações químicas e físicas pode fornecer evidências de possíveis contaminações e contribuir para estimar a mobilidade no ambiente (CAMARGO et al., 2001).

Com a finalidade de fornecer mais informações para subsidiar as pesquisas nesta área, este trabalho visa avaliar, por meio de técnicas químicas e espectroscopias, as alterações químicas na MOS e substâncias húmicas, extraídas de solos tropicais submetidos à adição de lodo de esgoto, em experimentos de campo de longa duração.

Experimental

Área experimental

Os estudos foram realizados com amostras de solo coletadas no 7º ano de um experimento em campo, instalado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP em Jaboticabal-SP, em áreas submetidas e não à adição de lodo de esgoto.

Lodo de esgoto

Proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da SABESP, em Barueri-SP.

Amostras de solo

As amostras foram coletadas nas camadas de 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm. Os solos analisados são classificados conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999), em Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) e Latossolo Vermelho distrófico (LVd), solos de grande ocorrência na região e em todo o estado de São Paulo. Os solos analisados foram escolhidos em função de suas diferenças texturais. O LVef e LVd, apresentam teores de argila de 59 e 36% e teores de areia de 21 e 59%, respectivamente.

Tratamentos

O experimento consistiu na coleta de amostras de solos submetidos a dois tratamentos distintos, ou seja: (1) testemunha, sem fertilização mineral no primeiro ano agrícola (1997/98), e submetido à fertilização mineral com base na análise de terra nos seis anos agrícolas seguintes; (2) com adição de lodo de esgoto nas doses 2,5 t ha⁻¹ nos três primeiros anos agrícolas (1997/98 a 1999/00) e 20,0 t ha⁻¹ nos quatro anos agrícolas seguintes, perfazendo uma dose acumulada do resíduo de 87,5 t ha⁻¹, base seca.

Fracionamento químico da MOS

As amostras de ácido húmico foram extraídas, conforme a metodologia sugerida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS).

Caracterização da MOS

Foram determinados os teores de carbono orgânico total para as amostras de solo inteiro e de carbono e nitrogênio para as amostras de ácido húmico.

O cálculo da razão C/N foi efetuado a partir da razão entre os percentuais de C e N, e o peso atômico do elemento.

As medidas por infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), ressonância magnética nuclear de ¹³C em estado sólido (RMN), ressonância paramagnética eletrônica (RPE), fluorescência de luz no UV-visível e fluorescência induzida por laser (FIL) foram realizadas segundo a metodologias propostas na literatura (KALBITZ et al., 1999; KNICKER, 2000; MARTIN-NETO et al., 1991; MARTIN-NETO et al., 1994; MILORI, et al., 2002; MILORI et al., 2006; SINGER, 1959; STEVENSON, 1994; ZSOLNAY et al., 1999).

Determinação de metais

A quantificação dos teores de metais pesados (Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, V, Zn) por espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado foi realizada a partir da análise de amostras de solo digeridas em uma mistura de ácidos inorgânicos HCl:HNO₃.

Resultados obtidos

Caracterização da MOS

Os resultados obtidos mostraram aumento dos teores de carbono orgânico total para as amostras de solo submetidos à adição de lodo de esgoto, durante 7 anos consecutivos (Fig. 1). Esse aporte proporcionado é importante, pois coloca o lodo de esgoto como mais uma alternativa para elevação dos teores de MOS (NASCIMENTO et al., 2004), em especial solos tropicais altamente intemperizados.

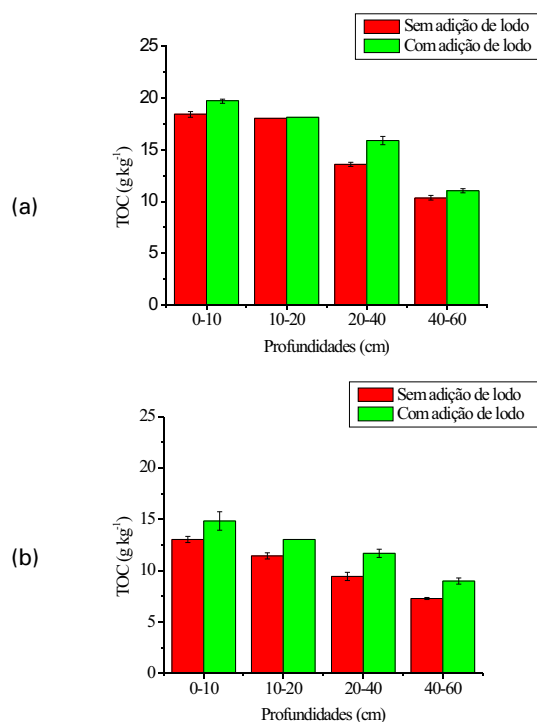


Fig. 1 - Dados dos teores de carbono para as amostras de solo intacto determinados pelo método de total organic carbon (TOC) para os solos (a) LVef sem e com adição de lodo de esgoto e (b) LVd sem e com adição de lodo de esgoto em diferentes profundidades.

Os valores obtidos pela análise elementar das amostras de ácidos húmicos foram próximos dos encontrados na literatura (STEVENSON, 1994; SIMPSON et al., 2003) onde os teores de carbono e nitrogênio variaram de 37% a 49% e 3% a 5%, respectivamente, para os ácidos húmicos extraídos dos solos.

Os resultados obtidos mostraram menor razão C/N para o ácido húmico extraído do lodo de esgoto se comparado aos ácidos húmicos extraídos dos solos. Esses resultados, mostram-se aparentemente controversos com os dados da literatura visto que, quanto menor a razão C/N maior o grau de humificação (NICOLARDOT et al., 2001). Porém, isso deve-se ao fato de que o lodo de esgoto apresenta maior concentração de compostos nitrogenados se comparado ao solo.

A partir da razão C/N podemos ainda inferir o grau de estabilização da MOS, do ponto de vista ao ataque microbiano, bem como a estabilidade desse material adicionado ao solo. Apesar da alta concentração de carbono e nitrogênio, 51% e 9%, respectivamente, o lodo de esgoto apresenta baixa razão C/N. Esse resultado é devido aos microorganismos presentes em grande quantidade no lodo de esgoto, que necessitam de carbono, como fonte de energia, e de nitrogênio para a síntese de proteínas. Assim, durante o processo de decomposição ocorre maior consumo de carbono do que nitrogênio e, com isso, o ácido húmico extraído do lodo de esgoto apresenta baixa razão C/N, consequência da alta dose de nitrogênio.

O alto teor de nitrogênio incorporado aos ácidos húmicos, deve-se à decomposição de proteínas e polipeptídios de tecidos de microrganismos, que são incorporados aos ácidos húmicos nativos do solo em formas resistentes à decomposição (SENESI et al., 1996).

De modo geral, foi observado a partir dos espectros na região do FTIR a presença abundante de grupos hidroxila e de grupos metileno e metila nos ácidos húmicos. A existência de cadeias alifáticas em ácidos húmicos, comprova o baixo grau de humificação do ácido húmico extraído do lodo de esgoto e dos solos submetidos à adição do resíduo, visto que, estes apresentaram maior intensidade se comparados aos extraídos dos solos sem a adição de lodo de esgoto.

A partir dos resultados obtidos por RMN foram observados valores mais intensos na região de carbonos aromáticos para os ácidos húmicos extraídos dos solos (grau de aromaticidade: 20% a 27%) se comparados ao ácido húmico extraído do lodo de esgoto (grau de aromaticidade: 11%), isso mostra que o ácido húmico do lodo de esgoto é menos humificado se comparado aos ácidos húmicos dos solos, evidenciando, assim, a alta percentagem de alifáticos, cerca de 89%. Os resultados obtidos corroboram com os resultados obtidos por González-Pérez et al. (2004) e estão de acordo com a FTIR, onde o ácido húmico extraído do lodo de esgoto apresentou maior alifaticidade se comparado aos extraídos do solo.

A adição do lodo de esgoto promoveu decréscimo na quantidade de carbono em estruturas aromáticas. Os resultados obtidos mostraram diminuição do grau de

aromaticidade após a adição de lodo de esgoto na camada superficial (0-10 cm) apenas para o LVd e na camada sub-superficial (10-20 cm) para o LVe e LVd (Fig. 2). Portanto, a variação do grau de humificação devida à adição de lodo de esgoto ao solo é devida da textura

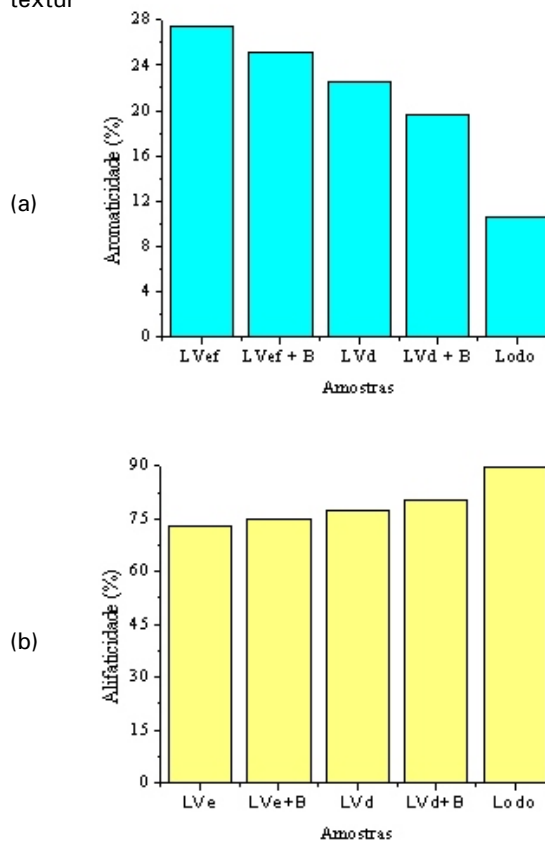


Fig. 2 - Gráfico da (a) Aromaticidade e (b) Alifaticidade das amostras de ácido húmico extraídas dos solos LVe sem adição de lodo de esgoto, LVd sem adição de lodo de esgoto, + B refere-se aos mesmos solos tratados com lodo de esgoto e Lodo, ácido húmico extraído do lodo de esgoto. Na profundidade de 10-20 cm.

Observou-se que a incorporação de lodo de esgoto alterou significativamente a concentração de radicais livres do tipo semiquinona nos dois solos tratados, LVe e LVd (Fig. 3). Foi observada uma redução de mais de 50% na concentração de radicais livres do tipo semiquinona para os solos submetidos à adição de lodo de esgoto, quando comparada aos solos sem à adição, essa diminuição contudo, é mais acentuada nas primeiras camadas do solo e menos acentuada em profundidade, visto que o resíduo foi aplicado e incorporado na camada de 0-10 cm.

A partir dos resultados obtidos para a concentração de radicais livres do tipo semiquinona (Fig. 3), foi observado em média, uma concentração maior desses no LVe se comparado ao LVd, indicando que o LVe apresenta-se como mais humificado se comparado ao LVd. Parte desse comportamento pode ser atribuído à diferença textural significativa apresentada pelos solos, sendo o LVe um solo argiloso, com teores maiores de carbono observados por meio da determinação de carbono orgânico total, se comparado ao LVd que apresenta uma textura arenosa (Fig. 1).

Os índices de humificação obtidos pelas diferentes

metodologias utilizadas para a fluorescência (dados não apresentados) apresentaram boa correlação entre si e com os resultados obtidos por FIL. Tais resultados indicam uma diminuição gradual com a adição de lodo de esgoto ao solo, tanto para o LVef quanto para o LVd, sendo o menor valor encontrado do índice de humificação para o ácido húmico extraído do lodo de esgoto, comprovando assim, o baixo grau de humificação do resíduo (SANTOS, 2006). Isto também foi observado pelas técnicas de FTIR, RMN e RPE.

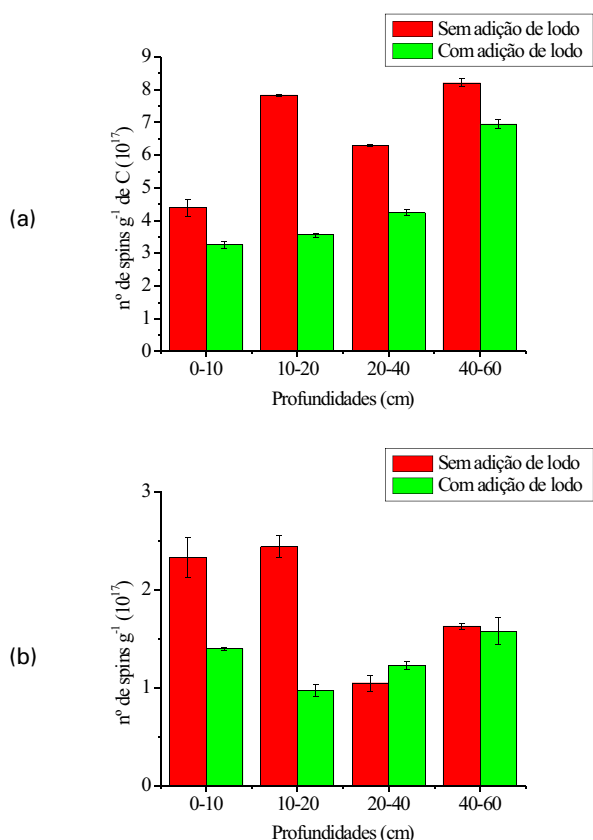


Fig. 3 - Nível de radical livre do tipo semiquinona em spins g⁻¹ de carbono obtidos para os ácidos húmicos extraídos do (a) LVef sem e com adição de lodo de esgoto e (b) LVd sem e com adição de lodo de esgoto, em diferentes profundidades.

O grau de humificação (H_{FIL}) da MOS, obtido a partir das medidas de FIL mostraram de maneira geral um aumento em profundidade para todos os tratamentos (Fig. 4). Contudo, nos solos que receberam lodo de esgoto foi observado que, em todas as profundidades, o grau de humificação foi menor que o dos solos que não receberam o lodo de esgoto. Com isso, constatou diminuição gradual no grau de humificação em função da adição de lodo de esgoto (SANTOS et al., 2005). Essa diminuição do grau de humificação pode ser atribuída à incorporação de compostos menos humificados procedentes do lodo de esgoto, corroborando com os dados obtidos por González-Pérez et al. (2004).

Em concordância com os resultados obtidos por Narimoto et al. (2005), foi observado que na superfície, a MOS se encontra menos humificada, isto se deve ao fato do resíduo vegetal ou do lodo de esgoto acumular preferencialmente na superfície do solo.

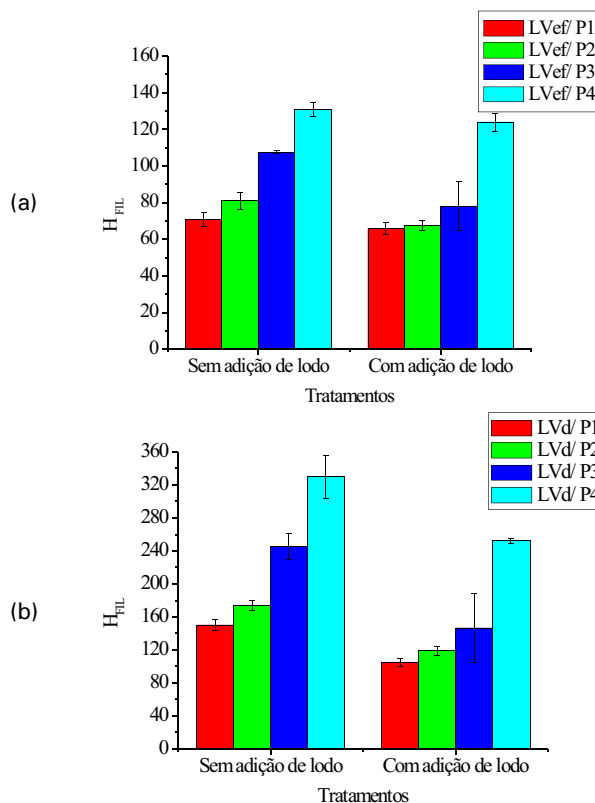


Fig. 4 - Valores de H_{FIL} obtidos para as amostras de solo intacto do (a) LVef sem e com adição de lodo de esgoto e (b) LVd sem e com adição de lodo de esgoto. As profundidades P1, P2, P3 e P4 correspondem a 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm, respectivamente.

Foi observado a partir dos resultados obtidos (Tabela 1), que o metal que aparece em maior concentração é o Zn (2158 mg kg⁻¹). É importante salientar, que o Zn é um micronutriente essencial às plantas e que muitos solos brasileiros apresentam deficiência neste elemento. Resultados obtidos em anos anteriores no mesmo experimento de campo mostraram aumento nos teores de Zn após a adição de lodo de esgoto (MELO et al., 2001).

Apesar do resíduo ser proveniente do tratamento de esgoto urbano de região muito industrializada, verificou-se que os teores dos metais Cd, Cr, Cu, Fe, Co, Mn, V e Zn no lodo de esgoto (Tabela 1), estavam abaixo dos limites estabelecidos pela CETESB (1999), que determina os critérios para o uso agrícola do lodo de esgoto no Estado de São Paulo.

Tabela 1 - Concentração de metais permitidas pela legislação (COMPANHIA..., 1999) e encontradas no lodo de esgoto.

Metal ⁽¹⁾	Concentração Máxima Permitida no Lodo ⁽²⁾	Concentração para o Lodo ETE Barueri
	-----mg kg ⁻¹ -----	
Cd	85	10
Cr	-	611
Cu	4300	765
Fe	-	16958
Co	-	n.d
Mn	-	44165
Mo	75	3
V	-	28
Zn	7500	2158

⁽¹⁾ Metais pesados determinados no lodo de esgoto; ⁽²⁾ Concentração máxima permitida no lodo de esgoto pela norma P4320 (COMPANHIA..., 1999).

A partir dos resultados obtidos para metais pesados nas amostras de solo, não foi possível visualizar alterações nos teores de Cd, Cr, Cu, Co, Mo e Zn como efeito da adição de lodo de esgoto. Os teores totais desses metais no solo se mostraram abaixo do limite de detecção do método analítico utilizado (dados não apresentados). Contudo, não é possível afirmar que esses metais não estivessem presentes nas amostras de solo analisadas, visto que foram detectados no lodo de esgoto (SANTOS, 2006).

Conclusões

Os resultados obtidos em áreas tratadas com lodo de esgoto mostraram um aumento no conteúdo da MOS, comparado com áreas não tratadas, em experimentos em campo analisados no sétimo ano, após sucessivas aplicações, totalizando 87, 5 t ha⁻¹, base seca. Tanto para o solo com alto teor de argila (LVef) quanto para o solo mais arenoso (LVd), a adição de um resíduo com alto teor de MOS, como é o caso do lodo de esgoto, se mostrou uma fonte importante de nutrientes e MOS, melhorando as propriedades químicas e físicas do solo.

Devido aos resultados obtidos por meio de FTIR, RMN, RPE, fluorescência e FIL, para os solos, LVef e LVd, estas técnicas espectroscópicas podem ser indicadas para fornecer resultados significativos a respeito das variações na MOS, após à adição de lodo de esgoto.

Quanto à utilização da espectroscopia de FIL, a mesma mostrou-se uma alternativa eficiente para a determinação do grau de humificação da MOS em solos com elevados teores de óxidos de ferro.

A adição, por 7 anos consecutivos, de lodo de esgoto obtido e um centro altamente industrializado aos solos LVef e LVd não alcançou os limites de metais pesados estabelecidos pela norma COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (1999), que estabelece os critérios para o uso agrícola do lodo de esgoto no Estado de São Paulo, sugerindo a pertinência da prática utilizada.

Referências

- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.
- BERTON, R. S. Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000. cap. 16. p. 259-268.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B.; ABREU, C. A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/ FAPESP/ POTAFOS, 2001. p. 89-124.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação**. São Paulo: CETESB, 1999. 32 p. (Manual Técnico, Norma P.4.230).
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A.; GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 12, p. 1529-1538, 2001.
- GONZÁLEZ-PÉREZ, M.; MARTIN-NETO, L.; SAAB, S. C.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; BAGNATO, V. S.; COLNAGO, L. A.; MELO, W. J.; KNICKER, H. Characterization of humic acids from a Brazilian Oxisol under different tillage systems by EPR, ¹³C NMR, FTIR and fluorescence spectroscopy. **Geoderma**, Amsterdam, v. 118, p. 181-190, 2004.
- KALBITZ, K.; GEYER, W.; GEYER, S. Spectroscopic properties of dissolved humic substances - a reflection of land use history in a fen area. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 47, p. 219-238, 1999.
- KNICKER, H. Biogenic nitrogen in soils as revealed by solid-state carbon-13 and nitrogen-15 nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 29. n. 3. p. 715-723, 2000.
- MARTIN-NETO, L.; NASCIMENTO, O. R.; TALAMONI, J.; POPPI, N. R. EPR of micronutrients-humic substances complexes extracted from brazilian soil. **Soil Science**, Baltimore, v. 151, p. 369-376, 1991.
- MARTIN-NETO, L.; ANDRIULO, A. E.; TRAGUETTA, D. Effects of cultivation on ESR spectra of organic matter from soil size fractions of a mollisol. **Soil Science**, Baltimore, v. 157, p. 365-372, 1994.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000. cap. 5. p. 109-141.
- MELO, W. J.; MELO, V. P.; MELO, G. M. P. Grain production and lead content in sorghum plants cropped in a soil contaminated with lead. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE BIOGEOCHEMISTRY OF TRACE ELEMENTS, 6., 2001, Ontário: **Proceedings...** 2001. p. 424. 1 CD-ROM.
- MILORI, D. M. B. P.; MARTIN-NETO, L.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; BAGNATO, V. S. Humification degree of soil humic acids determined by fluorescence spectroscopy. **Soil Science**, Baltimore, v. 167, n. 11, p. 739-749, 2002.
- MILORI, D. M. B. P.; GALETI, H. V. A.; MARTIN-NETO, L.; DIEKOW, J.; GONZÁLEZ-PÉREZ, M.; BAYER, C.; SALTON, J. Organic matter study of whole soil sample using laser-induced fluorescence spectroscopy. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 70, p. 57-63, 2006.
- NARIMOTO, K. M.; SANTOS, L. M.; MILORI, D. M. B. P.; MELO, W. J.; DIEKOW, J.; MARTIN-NETO, L. Caracterização da matéria orgânica de um argissolo tratado com biossólido por fluorescência induzida por laser. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** [S. l.]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 1 CD-ROM.

- NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 28, p. 385-392, 2004.
- NICOLARDOT, B.; RECOUS, S.; MARY, B. Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: a simple dynamic model based on the C:N ratio of the residues. *Plant Soil*, [S. l.], v. 228, p. 83-103, 2001.
- PAJACZKOWSKA, A.; SULKOWSKA, A.; SULKOWSKI, W. W.; JEDRZEJCZYK, M. Spectroscopic study of the humification process during sewage sludge treatment. *Journal of Molecular Structure*, Amsterdam, p. 141-149, 2003.
- SANTOS, L. M. **Dinâmica da matéria orgânica e destino de metais pesados em dois solos submetidos a adição de lodo de esgoto**. 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado Química Analítica) Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- SANTOS, L. M.; NARIMOTO, K. M.; GALETI, H. V. A.; PARABOCZ, V.; SILVA, W. T. L.; MILORI, D. M. B. P.; MELO, W. J.; MARTIN-NETO, L. Caracterização de amostras de solos submetidos à adição de lodo de esgoto utilizando fluorescência induzida por laser (FIL). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. *Anais...* [S. l.]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 1 CD-ROM.
- SENESI, N.; MIANO, T. M.; BRUNETTI, G. Humic like substances amendments and effects on native soil humic substances. In: PICCOLO, A. (Ed.). **Humic substances in terrestrial ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 1996. cap. 14. p. 531-593.
- SIMPSON, M. J.; CHEFETZ, B.; HATCHER, P. G. Phenanthrene sorption to structurally modified humic acids. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 32, n. 5, p. 1750-1758, 2003.
- SINGER, L. S. Synthetic ruby as a secondary standard for the measurement of intensities in electron paramagnetic resonance. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 30, p. 1463-1464, 1959.
- SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. Brasília: Embrapa Serviço de Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry: genesis, composition, reactions**. 2. ed. New York: John Wiley, 1994. 496 p.
- TSUTYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000. cap.4. p. 69-106.
- ZSOLNAY, A.; BAIGAR, E.; JIMENEZ, M.; STEINWEG, B.; SACCOMANDI, F. Differentiating with fluorescence spectroscopy the sources of dissolved organic matter in soils subjected to drying. *Chemosphere*, Oxford, v. 38, n. 1, p. 45-50, 1999.

Circular Técnica, 36

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Rua XV de Novembro, 1542 - Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: 16 3374 2477
Fax: 16 3372 5958
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br
www.cnpdia.embrapa.br

1a. edição
1a. impressão 2006: tiragem 300

Comitê de Publicações

Presidente: Dr. Carlos Manoel Pedro Vaz
Membros: Dra. Débora Marcondes B. P. Milori,
Dr. João de Mendonça Naimé,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo
Valéria de Fátima Cardoso

Membro Suplente: Dr. Paulo S. P. Herrmann Junior

Expediente

Revisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento das ilustrações: Valentim Monzane
Foto da capa: Wanderley José de Melo
Editoração eletrônica: Valentim Monzane