

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Instrumentação  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Caracterização, Aproveitamento e  
Geração de Novos Produtos  
de Resíduos Agrícolas,  
Agroindustriais e  
Urbanos

**EDITORES**

Débora Marcondes Bastos Pereira Milori  
Ladislau Martin Neto  
Wilson Tadeu Lopes da Silva  
José Manoel Marconcini  
Victor Bertucci Neto

Embrapa Instrumentação  
São Carlos, SP  
2010

**Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:**

**Embrapa Instrumentação**

Rua XV de Novembro, 1452  
Caixa Postal 741  
CEP 13560-970 - São Carlos-SP  
Fone: (16) 2107 2800  
Fax: (16) 2107 2902  
www.cnpdia.embrapa.br  
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: João de Mendonça Naime  
Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,  
Sandra Protter Gouvea  
Washington Luiz de Barros Melo  
Valéria de Fátima Cardoso  
Membro Suplente: Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Victor Bertucci Neto  
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso  
Tratamento de ilustrações: Camila Fernanda Borges  
Capa: Camila Fernanda Borges  
Editoração eletrônica: Camila Fernanda Borges

**1ª edição**

1ª impressão (2010): tiragem 300

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.**  
Embrapa Instrumentação

---

C257 Caracterização, Aproveitamento e Geração de Novos Produtos de Resíduos Agrícolas,  
Agroindustriais e Urbanos. / Débora Marcondes B. P. Milori, Ladislau Martin-Neto,  
Wilson Tadeu Lopes da Silva, José Manoel Marconcini, Victor Bertucci Neto editores. -- São  
Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2010.  
154 p.

ISBN:

1. Reciclagem. 2. Meio ambiente. 3. Agricultura. 4. Agroenergia. 5. Novos materiais.  
6. Seqüestro de carbono. 7. Solos. 8. Lodo de esgoto. 9. Substância húmicas. 10. Águas  
residuárias. I. Milori, Débora Marcondes B. P. II. Martin-Neto, Ladislau.  
III. Silva, Wilson Tadeu Lopes da. IV. Marconcini, José Manoel. V. Bertucci Neto, Victor.

CDD 21 ED 628.4458  
631  
363.7

---

© Embrapa 2010



## HUMIFICAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE SOLO IRRIGADO COM EFLUENTE: ESTUDOS COM ESPECTROSCOPIA DE FLUORESCÊNCIA E TEOR DE CARBONO VIA ÚMIDA

Lilian Fernanda de A. Martelli<sup>(1)</sup>, Tânia L. de Almeida<sup>(2)</sup>, Livia Botacini F. Pigatin<sup>(1)</sup>; Leandro Augusto G. de Godoi<sup>(2)</sup>, Mariani Mussi<sup>(2)</sup>, Wilson Tadeu L. da Silva<sup>(2)</sup>

(1) Instituto de Química de São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária;

(2) Embrapa Instrumentação Agropecuária, lilian@cnpdia.embrapa.br

**Resumo** - É de grande relevância que a aplicação de efluentes tratados no solo seja estudada, em especial visando a ocorrência de aspectos positivos do ponto de vista da qualidade e quantidade da matéria orgânica que é aportada ao solo, investigando-se fatores como a dose aplicada e o tempo ao qual o solo foi ou vem sendo submetido à adição de efluente. Neste trabalho, objetivou-se realizar uma avaliação do grau de humificação de ácidos húmicos extraídos de solo. O mesmo foi submetido à irrigação com efluente tratado em biodigestor anaeróbico empregando-se a espectroscopia de Fluorescência na região do ultravioleta/visível segundo duas metodologias propostas na literatura. Foi realizada, ainda, a quantificação da matéria orgânica do solo por via úmida.

**Palavras-chave:** efluente, solo, fluorescência, determinação de carbono

### Introdução

O uso de efluentes provenientes do tratamento de esgotos na agricultura é uma prática comum em muitos países (FONSECA et al., 2007). A principal vantagem na utilização de efluentes consiste fundamentalmente na recuperação de um recurso de grande importância para a agricultura – a água; além disso, os constituintes desses efluentes são produtos que podem aumentar a fertilidade dos solos. A reutilização de efluentes oferece, ainda, vantagens do ponto de vista da proteção do ambiente na medida em que proporciona a redução ou mesmo a eliminação da poluição dos meios hídricos habitualmente receptores desse material.

A adição de resíduos orgânicos pode provocar importantes alterações nos atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, em decorrência da adição de nutrientes (em especial N) e do aumento do conteúdo de MO. É imprescindível, portanto, que essas variações sejam devidamente estudadas e analisadas, de modo a compreender o efeito da adição de efluentes tratados no solo (FAUSTINO, 2007).

A análise da quantidade de matéria orgânica via úmida atua como uma técnica rápida e amplamente empregada, e permite a comparação entre a quantidade de matéria orgânica em solos intactos e irrigados com efluentes tratados.

O uso da fluorescência nos estudos das substâncias húmicas apóia-se na presença de várias estruturas fluorescentes intrínsecas à molécula húmica e seus precursores, particularmente aromáticos, fenóis e grupos quinona (SENESI et al., 1991). Neste trabalho, objetivou-se realizar uma avaliação do grau de humificação de ácidos húmicos extraídos de solo.

### Materiais e métodos

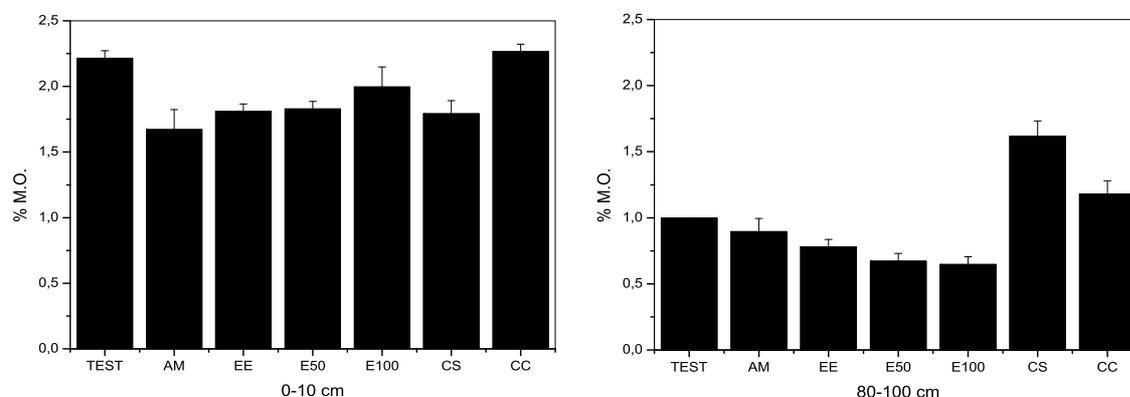
As amostras foram coletadas em março/2010 no campo experimental instalado na ETEC Astor de Mattos Carvalho, do Centro Paula Souza, em Cabrália Paulista/SP. O local apresenta um Argissolo Vermelho Amarelo, de topografia relativamente plana e bem drenado, sob cultura de sorgo granífero iniciada no mês de outubro de 2009. As amostras correspondem a diferentes profundidades (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm), e foram submetidas a tratamentos com dosagens distintas de efluente tratado por biodigestor anaeróbico instalado no mesmo local. Tais tratamentos foram denominados PP, TEST, AM, EE, E50 e E100.

As amostras PP foram coletadas correspondendo à fase do pré-plantio. As demais receberam, respectivamente, apenas irrigação com água, irrigação com água e adubação mineral convencional, irrigação com efluente em dosagem equivalente, 50% acima e 100% acima da dosagem recomendada. As amostras CS e CC não constituem o campo experimental do cultivo de sorgo, mas foram coletadas na mesma propriedade para comparação e correspondem a solo sob cultivo de citrus sem e com irrigação do efluente em aplicações sem controle de volume ou dosagem e ocorridas desde a instalação do biodigestor, há dois anos.

O efluente tratado empregado no experimento apresenta valor de pH igual a 7,1; e contém diversos macro e micronutrientes. O nitrogênio, na forma amoniacal, por exemplo, está presente em uma concentração média de  $310\text{mg.L}^{-1}$ . A determinação da quantidade da matéria orgânica do solo foi conduzida via úmida, conforme metodologia sugerida por Nogueira et al., (2005). Para as análises de fluorescência de luz UV-Visível, os ácidos húmicos, extraídos segundo método proposto pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996), foram dissolvidos em solução de  $\text{NaHCO}_3$   $0,05\text{ mol L}^{-1}$ . Os espectros foram obtidos nos seguintes modos: emissão e excitação com varredura sincronizada. Segundo Kalbitz et al. (1999), foram obtidos espectros de varredura sincronizada entre 300-520 nm simultaneamente com excitação e emissão com filtro aberto e diferença de comprimento de onda  $\Delta\lambda = 55\text{ nm}$ . A determinação do grau de humificação foi realizada a partir da razão entre as intensidades de fluorescência em 470 e 377 nm ( $I_{470}/I_{377}$ ). Conforme sugerido por MILORI et al. (2002), foram obtidos espectros de emissão com excitação em 465 nm, intervalo de varredura entre 480-700 nm e velocidade de varredura de  $500\text{ nm min}^{-1}$ . A determinação do grau de humificação para este método foi realizada a partir da área total do espectro de emissão de fluorescência ( $A_{465}$ ). As medidas foram realizadas em cubeta de quartzo, utilizando-se um espectrômetro Perkin Elmer LS-50B pertencente a Embrapa Instrumentação Agropecuária.

## Resultados e discussão

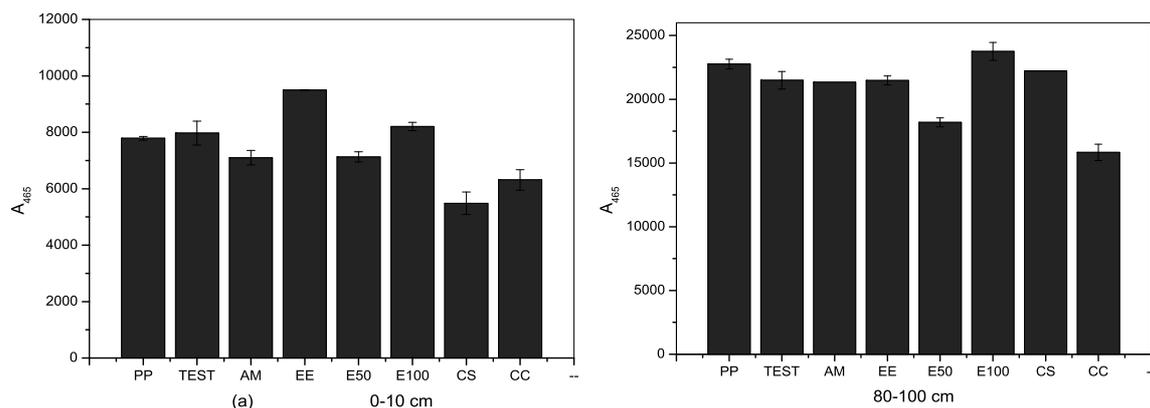
As análises da quantidade de matéria orgânica (Figura 1) demonstraram teores mais elevados para as amostras superficiais. Isso ocorreu conforme esperado, uma vez que o aporte mais intensificado da matéria orgânica fresca se dá justamente nessa porção do solo. Não foi possível estabelecer uma tendência mais intensa para as amostras que receberam aplicação do efluente, por tratar-se de um experimento de curta duração. A diminuição, entretanto, notada para algumas amostras que receberam tratamento com efluente em comparação com a testemunha pode ter sido ocasionada em decorrência do *efeito priming*, o qual consiste no consumo da matéria orgânica aportada e estável devido ao aumento da atividade microbiana no solo (FONTAINE et al., 2007).



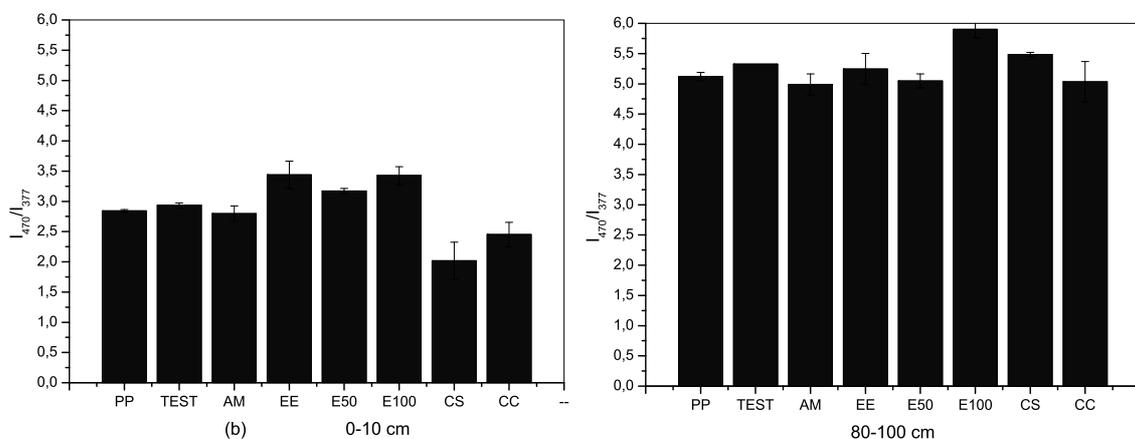
**Figura 1**- Análise da percentagem de matéria orgânica presente nas amostras sob diferentes tratamentos nas profundidades de 0-10 cm e 80-100 cm

As metodologias empregadas para o estudo do grau de humificação por Fluorescência apresentaram elevada correlação ( $R = 0,9574$ ). Os resultados obtidos por essas duas técnicas (Figuras 2 e 3) indicam que o grau de humificação das amostras sob adição de efluente sofreu um sensível aumento - apesar de se tratar de um experimento de curta duração e essas tendências não serem propriamente definitivas.

Observou-se, ainda, que as amostras superficiais de CC, de modo geral, revelaram valores de índice de humificação inferiores aos demais. Isso se deve, provavelmente, ao efeito da super dosagem da aplicação do efluente no solo, levando à intensificação da atividade microbiana e provável ciclagem da matéria orgânica presente. Estes resultados indicam a necessidade do desenvolvimento e estabelecimento de níveis máximos toleráveis de aplicação de efluentes tratados na agricultura.



**Figura 2** - Grau de humificação das amostras dos diferentes tratamentos pelo cálculo de  $A_{465}$ , segundo Milori, nas profundidades de 0-10 e 80-100 cm.



**Figura 3** - Grau de humificação das amostras dos diferentes tratamentos pelo cálculo da razão  $I_{470}/I_{377}$ , nas profundidades de 0-10 e 80-100 cm

## Conclusões

A execução das técnicas estudadas foi satisfatória, pois permitiu o auxílio na avaliação dos possíveis efeitos ocasionados pela aplicação de efluentes tratados no solo. A aplicação de efluente tratado em biodigestor anaeróbio fez no geral, com que aumentasse a quantidade da MOS, sendo o grau de humificação deste material significativamente influenciado. Estudos mais aprofundados são, entretanto requeridos, uma vez que o uso controlado de efluente tratado propicia aspectos positivos no solo, mas o excesso de aplicação pode levar a alguns efeitos indesejáveis como a lixiviação de nutrientes para os diferentes corpos d'água ou excesso de mineralização da MOS.

## Agradecimentos

CNPq, EMBRAPA, IQSC.

## Referências

- FAUSTINO, A. S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. p. 120 .
- FONSECA, A. F.; MELFI, A. J.; MONTEIRO, F. A.; MONTES, C. R.; ALMEIDA, V. V.; HERPIN, U. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 87, p. 328-336, 2007.
- FONTAINE, S.; BAROT, S.; BARRÉ, P.; BDIQUI, N.; MARY, B.; RUMPEL, C. Stability of organic carbon in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. **Nature**, London, v. 450, p. 277-281, 2007.
- 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.
- 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, p. 739-749, 2002.
- NOGUEIRA, A. R. de A.; SOUZA, G. B. de (Ed.). **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimento**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334 p.
- SENESI, N.; MIANO, T. M.; PROVENZANO, M. R.; BRUNETTI, G. Characterization, differentiation, and classification of humic substances by spectroscopy. **Soil Science**, Baltimore, v. 152, n. 4, p. 259-271, 1991.
- SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, et al. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 3. Chemical methods. Madison: SSSA, 1996. p. 1018-1020. (Book Series: 5).