



## Atividade microbiana em um Latossolo degradado tratado com lodo de esgoto

Gilberto Colodro<sup>1</sup>, Carlos R. Espíndola<sup>2</sup>, Ana M. R. Cassiolato<sup>3</sup> & Marlene C. Alves<sup>3</sup>

### RESUMO

Em geral, os solos degradados se apresentam com fraca atividade biológica, tendo em vista suas características físicas, baixa fertilidade e teores de matéria orgânica, devido principalmente à remoção ou degradação de sua camada superficial. O elevado teor de matéria orgânica facilmente decomposta do lodo de esgoto, que é uma fonte alternativa de resíduos orgânicos, aliado à sua elevada taxa dos principais elementos nutrientes às plantas, pode ser um fator importante do retorno ou incremento da atividade biológica dos solos degradados. Com a finalidade de se estudar as ações do lodo de esgoto na recuperação de um Latossolo degradado, utilizaram-se, como indicadores dos efeitos, o carbono na biomassa microbiana ( $C_{mic}$ ), o carbono do  $CO_2$  ( $C-CO_2$ ) liberado e a relação entre o carbono microbiano e o carbono orgânico ( $C_{mic}/C_{org}$ ); para isto, foram definidas duas doses de lodo de esgoto aplicadas em cobertura e incorporada, de 30 e 60 Mg ha<sup>-1</sup> à base seca, juntamente com um tratamento com fertilizante mineral, utilizando-se o eucalipto como cultura teste. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 4 repetições. O lodo de esgoto promove aumento do  $C-CO_2$  liberado e do  $C_{mic}$ , os quais constituem indicativos de qualidade adequados ao monitoramento da recuperação do solo.

**Palavras-chave:** carbono do  $CO_2$  liberado, carbono na biomassa microbiana, biossólido

## Microbial activity in a degraded Latosol treated with sewage sludge

### ABSTRACT

The degraded soil shows, in general, poor biological activity, considering its physical characteristics, low fertility and organic matter, mainly due to removal or degradation of its superficial layer. The sewage sludge, due to its high content of easily decomposed organic matter can be an alternate source of organic residues and combined to its high content of the principal nutrients for the plants can be an important factor to promote biological activities in degraded soil. In order to study the actions of the sewage sludge in the recovery of a degraded Latosol, the carbon in the microbial biomass ( $C_{mic}$ ), the carbon released  $CO_2$  ( $C-CO_2$ ) and the relation between microbial and organic carbon ( $C_{mic}/C_{org}$ ) were used as indicators of the effects. To do so, two doses (30 and 60 Mg ha<sup>-1</sup>) of sewer slime applied in topdressing and incorporated together with a mineral fertilizer treatment, using the eucalyptus as a test crop. A completely randomized design with 4 treatments and 4 repetitions was used. The sewage sludge promoted increase of liberated  $C-CO_2$  and the  $C_{mic}$ , which constitute the adequate quality indicators for monitoring the soil recovery.

**Key words:** carbon of released  $CO_2$ , carbon in the microbial biomass, biossolid

<sup>1</sup> UNEMAT. Passeio Curitiba, 321, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP. Fone (18) 3743 4835. E-mail: gilbertocolodro@bol.com.br

<sup>2</sup> FEAGRI/UNICAMP. Cidade Universitária "Zeferino Vaz" s/n, Barão Geraldo, CEP13083-970, Campinas, SP. Fone (19) 37881007. E-mail: cresp21@hotmail.com.br

<sup>3</sup> FE/UNESP. Av. Brasil, 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP. Fone (18) 3743 1000. E-mail: ana@bio.feis.unesp.br

## INTRODUÇÃO

Os solos remanescentes de áreas degradadas se constituem de um substrato compactado, pouco produtivo, em decorrência da remoção de espessas camadas do solo original, suportando uma vegetação rarefeita e desordenada; em geral, essa degradação progride, alterando suas características físicas, químicas e biológicas (Melo, 1994).

Considerando-se que a maior intensidade de atividade biológica ocorre na camada superficial do solo, conclui-se que a sua exposição aos processos erosivos, com remoção de materiais devido ao uso e/ou manejo inadequados, provoca redução de sua qualidade (Habte, 1989). A vegetação que se reinstala nesses solos é usualmente empobrecida e de desenvolvimento lento, associada à baixa capacidade de retenção de água e íons, constituindo importante limitação à capacidade produtiva dos solos (Melo, 1994).

O lodo de esgoto na agricultura tem se revelado uma alternativa viável e interessante, por representar fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas (Ros et al., 1991), melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

A biomassa microbiana tem sido utilizada como indicador da qualidade de solos, sendo definida por Jenkinson & Ladd (1981) como a parte viva da matéria orgânica do solo, excluindo raízes e animais maiores que  $5 \times 10^{-15} \text{ m}^2$  constituindo, assim, um meio de transformação para todos os materiais orgânicos do solo e atuando como reservatório de nutrientes disponíveis às plantas. Matsuo et al. (2003) também observaram que o carbono da biomassa microbiana é indicador biológico sensível para identificar alterações no solo sob diferentes sistemas de uso da terra.

A quantificação da porcentagem de carbono microbiano ( $C_{\text{mic}}$ ) em relação ao carbono orgânico permite acompanhar, de forma mais rápida, as perturbações sofridas pelo desequilíbrio ecológico e variações no total de matéria orgânica, ocasionadas pelo manejo do solo, pois reage com maior rapidez do que os parâmetros físico-químicos (Catelan & Vidor, 1992). D'Andréa et al. (2002) obtiveram, em estudos com sistemas de produção comparados com campos nativos, valores da relação (%)  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  variando de 1,52 a 8,10. Alvarenga et al. (1999) também conseguiram valores menores desta relação, variando de 1,34 a 3,08, em estudos do solo sob diferentes manejos.

Lima et al. (1994) observaram que a biomassa microbiana evidenciou supremacia dos sistemas que mantêm cobertura morta à superfície do solo; segundo eles, deu-se uma redução nos níveis de carbono para sistemas de cultivo como o plantio direto, cultivo mínimo e convencional, quando comparado a um ecossistema natural.

Dentre os constituintes da fração orgânica do solo, a biomassa microbiana, embora quantitativamente pouco representada, é de grande significância, visto que os produtos do seu metabolismo constituem, por exemplo, uma das principais fontes do nitrogênio mineral e fósforo para as plantas (Jenkinson & Laad, 1981).

O aumento na atividade microbiana, avaliada pela respiração do solo, tem sido justificado pelo acúmulo de matéria

orgânica rica em frações lábeis à superfície (Vargas & Scholles, 2000). Uma atividade biológica maior tem sido observada em sistema plantio direto, em virtude do acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo, quando comparado a sistemas convencionais (Balota et al., 1998).

Definindo-se, como hipótese de trabalho, que o lodo de esgoto deverá influenciar positivamente e em curto prazo, a recuperação do referido Latossolo degradado (a ser verificado pelas atividades microbiológicas do substrato/solo ocorrente na área), realizou-se a pesquisa com o objetivo de se quantificar o carbono da biomassa microbiana e do  $\text{CO}_2$  liberado, o quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) e a relação  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  para o estudo da influência do lodo de esgoto, na qualidade de um solo degradado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento instalado em um Latossolo Vermelho decapitado, está localizado em uma área de ensino e pesquisa da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no município de Selvíria, MS, na margem direita do Rio Paraná, com as coordenadas de  $51^\circ 22'$  de longitude oeste e  $20^\circ 22'$  de latitude sul, e altitude média de 327 m. A precipitação média anual é de 1370 mm e a temperatura média anual de  $23,5^\circ \text{C}$ . Há 30 anos foi retirada, desta área, uma camada de solo de 6 m de espessura, destinada às obras de construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, SP, totalizando 700 ha de solo decapitado; o solo original era um Latossolo Vermelho-Escuro, textura média (Demattê, 1980).

Na montagem do experimento com lodo de esgoto + adubação + eucalipto, utilizou-se de um delineamento experimental em blocos casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições, totalizando 16 parcelas, cada uma com área de  $120 \text{ m}^2$ , cujos tratamentos foram assim definidos:  $D_0$  - dose de  $0 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Testemunha);  $D_m$  - dose mineral, sendo aplicado fertilizante mineral conforme análise de solo e a necessidade da cultura;  $D_{30}$  - dose de  $30 \text{ Mg ha}^{-1}$  e  $D_{60}$  - dose de  $60 \text{ Mg ha}^{-1}$  de lodo de esgoto à base seca. Como controles adicionais usaram-se duas áreas distintas quanto à sua condição, ou seja, um fragmento de cerrado preservado e uma área com subsolo exposto, sem vegetação.

Duas subsolagens na profundidade de 0,40 m, foram realizadas em seqüência, com correção de acidez do solo com calcário distribuído e incorporado com grade leve, de modo a elevar a saturação por bases a 60%. Em todas as parcelas foram plantados o *Corimbia citriodora*, com espaçamento de  $2,0 \times 1,5 \text{ m}$ , totalizando 40 plantas por parcela e 640 plantas no experimento, semeando-se gramínea braquiária (*Urochloa decumbens* - braquiária) a lanço.

O lodo de esgoto foi obtido na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Sanear-Saneamento de Araçatuba S/A. Possui altos teores de matéria orgânica e de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, conforme apresentado na Tabela 1, determinada pelo Instituto Agrônômico (IAC). Os teores de metais pesados apresentam-se com valores bem inferiores aos limites estabelecidos pelas principais agências de fiscalização ambiental.

Tabela 1. Composição do lodo de esgoto

Característica <sup>(1)</sup>	Unidade <sup>(2)</sup>	Teor
pH (in natura)		7,1
Umidade	% m m <sup>-1</sup>	65,7
Sólidos voláteis	% m m <sup>-1</sup>	71,5
Carbono orgânico	g kg <sup>-1</sup>	406,06
Nitrogênio amoniacal	mg kg <sup>-1</sup>	8875
Nitrogênio nitrato-nitrito	mg kg <sup>-1</sup>	105,7
Nitrogênio total	mg kg <sup>-1</sup>	57054
Alumínio	mg kg <sup>-1</sup>	4968
Arsênio	mg kg <sup>-1</sup>	ND
Boro	mg kg <sup>-1</sup>	10,7
Cádmio	mg kg <sup>-1</sup>	1,6
Cálcio	mg kg <sup>-1</sup>	3894
Chumbo	mg kg <sup>-1</sup>	28,7
Cobre	mg kg <sup>-1</sup>	159,8
Cromo total	mg kg <sup>-1</sup>	20,4
Enxofre	mg kg <sup>-1</sup>	3512
Ferro	mg kg <sup>-1</sup>	7385
Fósforo	mg kg <sup>-1</sup>	12238
Magnésio	mg kg <sup>-1</sup>	3290
Manganês	mg kg <sup>-1</sup>	77,8
Mercúrio	mg kg <sup>-1</sup>	ND
Molibdênio	mg kg <sup>-1</sup>	ND
Níquel	mg kg <sup>-1</sup>	18,1
Potássio	mg kg <sup>-1</sup>	6957
Selênio	mg kg <sup>-1</sup>	ND
Sódio	mg kg <sup>-1</sup>	1255
Zinco	mg kg <sup>-1</sup>	474,4

<sup>(1)</sup> Método empregado para metais SW3051, EPA-USA, determinação por ICP-AES.

<sup>(2)</sup> Todos os valores de concentração são dados com base na matéria seca  
ND - Não detectado

Pode-se afirmar, portanto, que este lodo é adequado ao uso agrícola, quanto aos seus atributos químicos. Estabeleceram-se as quantificações do carbono na biomassa microbiana ( $C_{mic}$ ) pelo método da fumigação-extração (Vance et al., 1987); o carbono do  $CO_2$  liberado ( $C-CO_2$ ) foi obtido pelo método de Anderson & Domsch (1982); o quociente microbiano, ou relação  $C_{mic}/C_{org}$ , foi calculado de acordo com Sparling (1992), pela expressão  $C_{mic}/C_{org} = (C_{mic})/(C_{org})/10$ ; para tanto, coletou-se uma amostra composta de 10 amostras simples de solo por parcela, a uma profundidade de 0,10 m, em julho de 2002, no período de seca, 6 meses após a instalação do experimento.

Os dados foram processados estatisticamente pela análise de variância, regressão não linear e contraste de médias entre os tratamentos com o teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme dados apresentados na Tabela 2, observaram-se para a taxa de  $C-CO_2$  liberado e de  $C_{mic}$ , diferenças significativas entre as doses de lodo utilizadas, quando comparadas com o solo sob vegetação de cerrado e sob subsolo sem vegetação, no entanto, entre doses de lodo se constataram diferenças estatísticas para  $C_{mic}$ . Para o  $C-CO_2$  liberado; ob-

Tabela 2. Características químicas do subsolo em estudo, teores de carbono da biomassa microbiana ( $C_{mic}$ ) e  $CO_2$  ( $C-CO_2$ ) liberado para as doses de lodo de esgoto, em diferentes condições de solos

Designação	Cerrado	D <sub>60</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>m</sub>	D <sub>0</sub>	Subsolo
pH - CaCl <sub>2</sub>	4,5	5,4	5,5	6,4	5,9	4,2
P resina (mg dm <sup>-3</sup> )	4	220	136	5	2	5
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,7	2,4	1,4	0,3	0,3	0,9
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1	11	12	10	9	3
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2	17	16	10	9	6
H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	13	16	15	10	11	42
Bases (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,3	31,2	28,6	20,1	17,9	9,9
CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	17,3	47,2	43,6	30,1	28,9	51,9
Sat. por bases (%)	25	66	66	67	62	19
Mat. org. (g dm <sup>-3</sup> )	26	5	7	4	4	4
C-CO <sub>2</sub> ( $\mu$ g CO <sub>2</sub> -g solo d <sup>-1</sup> )	13,46 a	8,78 b	8,28 b	5,13 c	5,00 c	3,16 d
$C_{mic}$ ( $\mu$ g CO <sub>2</sub> g)	157,75 a	70,38 b	67,88 bc	59,13 bc	53,25 bc	51,25 c
$C_{org}$ ( $\mu$ g C g)	1,22	3,16	2,37	3,65	3,18	4,39
$C_{mic}/C_{org}$ (%)	0,09	0,12	0,12	0,09	0,09	0,061

D<sub>0</sub> - Dose de 0 Mg ha<sup>-1</sup> (Testemunha);

D<sub>m</sub> - dose mineral;

D<sub>30</sub> - dose de 30 Mg ha<sup>-1</sup>

D<sub>60</sub> - dose de 60 Mg ha<sup>-1</sup>.

Médias seguidas de mesma letra na horizontal e dentro de cada parâmetro, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Probabilidade de F das doses de 0,00001 para  $C_{mic}$  e  $C-CO_2$ . Coeficiente de variação de 14,33 % para  $C_{mic}$  e de 12,76 % para  $C-CO_2$ ; Subsolo: subsolo sem vegetação

servou-se, porém, efeito do lodo de esgoto com níveis 2,7 vezes maiores que a testemunha e 4,3 vezes superior ao do subsolo sem vegetação. Os níveis de carbono foram bem inferiores aos de uma condição natural ou de cultivo. Lima et al. (1994), por exemplo, obtiveram valores de  $C_{mic}$  na ordem de 381, 371, 294 e 147  $\mu$ g C 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente, para campo com vegetação natural, plantio direto, cultivo mínimo e plantio convencional.

Os valores do teor de  $C_{mic}$  do tratamento D60 foram superiores em 37% aos da testemunha. Mesmo apresentando uma média inferior à de um solo com vegetação de cerrado preservada, o mesmo superou em 19% o teor de carbono de subsolo sem vegetação, demonstrando que, mesmo após a estabilização da atividade microbiana pela mineralização da maior parte da matéria orgânica, a atividade estimada ainda persiste acima dos níveis de solo não degradado; o fato pode ser explicado pela persistência do resíduo de lodo no solo, e também pelo desenvolvimento radicular das culturas instaladas, sobretudo a braquiária, além da contribuição de carbono pela massa vegetal da parte aérea das plantas.

Valores de  $C-CO_2$  semelhantes entre si ocorreram nos distintos tratamentos com lodo de esgoto, superiores à testemunha e ao tratamento com fertilizante mineral, o que evidencia uma liberação maior de C nos tratamentos com lodo devido, possivelmente, ao acúmulo de matéria orgânica rica em frações lábeis à superfície do solo, assim como observado por Balota et al. (1998) em estudos com sistemas de plantio direto comparados com o sistema de cultivo tradicional, tal como as pesquisas de Vargas & Scholles (2000).

Apesar do aumento da atividade microbiana para os tratamentos com lodo de esgoto, não se verificou o mesmo em relação ao tratamento químico; em termos relativos, o tratamento com dose máxima de lodo promoveu aumento de 75% de C-CO<sub>2</sub> liberado, em relação à testemunha, sendo ainda superior (em 177%) em relação ao de um subsolo sem vegetação.

A análise química dos tratamentos revela valores elevados de fósforo para os tratamentos com lodo de esgoto, como demonstra a Tabela 2, na qual se observa também, os valores de matéria orgânica para determinação da relação entre C<sub>mic</sub> e o carbono orgânico dos tratamentos.

Os valores da relação do C<sub>mic</sub> e o carbono orgânico dos tratamentos apresentados na Tabela 2, variaram de 1,22 a 4,39, estando dentro do que propuseram Jenkinson & Ladd (1981), que consideram normal que uma variação de 1 a 4% do carbono total do solo corresponda ao componente microbiano. Os valores mais elevados indicam que ainda ocorre degradação da matéria orgânica fornecida pelo lodo de esgoto, em função do curto período da análise (6 meses). O aumento da biomassa microbiana em relação ao carbono orgânico pode ser devido também a características intrínsecas às culturas (eucalipto e braquiária), assim como a produtos novos orgânicos gerados pelas plantas cultivadas, principalmente pelas raízes (Sauerbeck et al., 1982).

Tendo em vista a condição de solo degradado, há que se estabelecer valores desta relação como referência para o solo em estudo, para verificar seu comportamento e validade em avaliações posteriores, tendo em conta que a análise isolada da relação C<sub>mic</sub>/C<sub>org</sub> não pode ser considerada um indicativo da recuperação do estado da matéria orgânica nos solos cultivados, de acordo com Sparling (1992).

## CONCLUSÕES

1. O lodo de esgoto promove aumento na atividade microbiana, avaliada pelo carbono do CO<sub>2</sub> liberado, a qual constitui um indicativo de qualidade adequado ao monitoramento da melhoria da área em recuperação para um curto período de observação.

2. Os níveis de carbono na biomassa microbiana não se mostram afetados pelo tratamento com o resíduo.

## LITERATURA CITADA

- Alvarenga, M.I.N.; Siqueira, O.S.; da Vide, A.C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. *Ciência Agrotécnica, Lavras*, v.23, n.3, p.617-625, 1999.
- Anderson, T.H.; Domsch, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil biology & Biochemistry*, v.21, p.471-479, 1982.
- Balota, E.L.; Colozzi Filho, A.; Andrade, D.S.; Hungria, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v.22, p.641-649, 1998.
- Cattelan, A.J.; Vidor, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, v.14, n.2, p. 125-132, 1992.
- D'Andréa, A.F.; Silva, M.L.N.; Curi, N.; Siqueira, J.O.; Carneiro, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, v.26, 2002. p.913-923.
- Demattê, J.L.I. Levantamento detalhado dos solos do "campus" experimental de Ilha Solteira. Piracicaba: ESALQ, p.11-31, 1980.
- Habte, M. Impact of simulated erosive on the abundance and activity of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal endophytes in as oxissol. *Biology and Fertility of Soils, Heidelberg*, v.7, p.164-167, 1989.
- Jenkinson, D.S.; Ladd, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Paul, E.A.; Ladd J.N (eds). *Soil biochemistry*. Marcel Dekker, 1981. p.425-471.
- Lima, V.C.; Lima, J.M.J.C.; Eduardo, B.J.F.P.; Cerri, C.C. Conteúdo de carbono e biomassa microbiana em agroecossistemas: comparação entre métodos de preparo do solo. *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, v.1391, n2, p.297-302, 1994.
- Matsuoka, M.; Mendes, I.C.; Loureiro, M.F. Biomassa microbiana e a atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste, MT. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v.27, p.425-433, 2003.
- Melo, E.F.R.Q. Alterações nas características químicas do solo de uma área degradada em recuperação. In: Balensiefer, M.; Araújo, A.J.; Rossot, N.C. In: *Simpósio Sul Americano. 1 e Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 2, 1994, Curitiba. Anais... Curitiba: FUPEF, 1994. p.371-81.*
- Ros, C.O.; Aita, C.; Cerretan, C.A.; Fries, M.R. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, v.17, p.257-261, 1991.
- Sauerbeck, D.R.; Helal, H.M.; Nonnen, S.; Allard, J.L. Photosynthate consumption and carbon turnover in the rhizosphere depending on plant species and growth conditions. In: *Colóquio Regional Sobre Matéria Orgânica do Solo, 1, 1982, Piracicaba. Anais... São Paulo: CENA/Promocet, 1982. p.171-174.*
- Sparling, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, v.30, p.195-207, 1992.
- Vance, E.D.; Brookes, P.C.; Jenkinson, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry*, v.19, p.703-707, 1987.
- Vargas, L.K.; Scholles, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral em um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v.24, p.35-42, 2000.