

## ESTOQUE DE CARBONO E DENSIDADE DO SOLO AFETADOS POR LEGUMINOSAS E LODO DE ESGOTO EM ÁREA DEGRADADA

CARBON STOCK AND BULK DENSITY OF SOIL AFFECTED BY LEGUMINOUS AND SEWAGE SLUDGE IN DEGRADED AREA

PINTO, R.W.P.<sup>1</sup>; GIANERINI, Y.X.<sup>2</sup>; GUMARÃES, L.P.A.<sup>3</sup>; CLÓVIS JÚNIOR, H.<sup>2</sup>; COSTA, C.A.Q.<sup>4</sup>; BALIEIRO, F.C.<sup>5</sup>; DONAGEMMA, G.K.<sup>5</sup>; ANDRADE, A.G.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 22453-900, Rio de Janeiro, RJ

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense, 24230-000, Niteroi, RJ

<sup>3</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, 29500-000, Alegre-ES

<sup>4</sup> Universidade Veiga de Almeida, 20271-020, Rio de Janeiro-RJ

<sup>5</sup> Embrapa Solos, 24260-000, Rio de Janeiro, RJ

e-mail: rodrigowpp@yahoo.com.br

### Resumo

A recuperação de áreas degradadas pode favorecer a mitigação do efeito estufa, por meio do sequestro de carbono no solo. Esse trabalho objetivou avaliar os estoques de C do solo em área degradada por mineração onde foi utilizado lodo de esgoto (0.00; 2.85; 5.70; 11.40 and 22.80 t ha<sup>-1</sup>, dry base) e duas leguminosas arbóreas, *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) and *Mimosa bimucronata* (marica). As espécies não diferiram quanto ao estoque de C da camada superficial (12,0 e 12,2 Mg ha<sup>-1</sup> para o sabiá e o marica, respectivamente). A densidade do solo não foi alterada acentuadamente com o uso do lodo, mas tendeu ser ligeiramente menor sob os tratamentos com o sabiá.

### Abstract

The rehabilitation of degraded land could mitigate the global warming. The aim of the present work is to quantify the C stock in a mine spoil, where were tested the viability of the application of the sewage sludge (0.00; 2.85; 5.70; 11.40 and 22.80 t ha<sup>-1</sup>, dry base).and two leguminous trees species, *Mimosa caesalpinifolia* and *Mimosa bimucronata*. No difference in C stocks for superficial layer (0-10 cm) was observed between species superficial (12,0 and 12,2 Mg ha<sup>-1</sup> under sabiá and marica, respectively). No difference was observed to bulk density among quantities of sewage sludge applied, but this attribute tended be lower under sabiá canopy.

### Introdução

As Conferências Mundiais sobre o Meio Ambiente foram de extrema importância para a caracterização dos impactos antrópicos em relação às mudanças climáticas. A partir de debates sobre o aquecimento global, surgiram alternativas para que o desenvolvimento não refletisse negativamente sobre o clima; é o caso do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), modelo proposto em Kyoto (1997) que possibilita os países desenvolvidos investirem em programas de desenvolvimento sustentável nos países subdesenvolvidos, onde as partes podem negociar créditos de carbono.

Para a primeira fase desse protocolo, com vigência até 2012, somente os projetos de *afforestation* (aflorestamento) e *reforestation* (reflorestamento), no contexto de uso do solo poderão ser aprovados (Pearson et al., 2005).

Dentre os seis compartimentos florestais passíveis de serem negociados no mercado de carbono (C), destacam-se à biomassa da parte aérea e da matéria orgânica do solo (MOS). A grande maioria dos projetos utiliza o primeiro compartimento, devido principalmente à facilidade de mensuração e as rápidas mudanças nesse compartimento em períodos curtos de tempo (Pearson et al., 2005). Por outro lado, embora a mudança no estoque de carbono do solo necessite de períodos maiores para ser detectada, certamente esse reservatório representa um excelente compartimento para estocar o C seqüestrado. A proteção física da fração mineral, as interações com os demais componentes do solo (biológico e químico) e o

clima permitem que o solo apresente-se como o maior compartimento de C dos ecossistemas terrestres (Franzluebbers et al., 1996; Watson, 2001; Lal, 2004).

Desta forma e buscando identificar o potencial de leguminosas arbóreas fixadoras de N<sub>2</sub>, associado ao uso de lodo de esgoto como fonte de nutrientes, na recuperação de área degradada pela extração de material terroso é que o presente trabalho se justificou. Sendo a matéria orgânica do solo essencial para a manutenção de inúmeras funções ecológicas do solo, acredita-se que o aumento nos estoques de C seja indicador de melhoria da qualidade do substrato em recuperação.

## Material e Métodos

O experimento foi instalado na área denominada Jazida de Itacolomi no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro Galeão/ Antônio Carlos Jobim (GALEÃO). O histórico de uso da área foi detalhado por Bezerra et al. (2003), mas de forma resumida cita-se que o relevo da área foi bastante descaracterizado devido à extração de material terroso, para a construção do Terminal 2 de Passageiros do aeroporto, gerando uma área de empréstimo de aproximadamente 3 hectares. Antes da exploração da jazida, a área era coberta por um Latossolo Amarelo, pertencente à classe de solos originados de sedimentos argiloarenosos, que se caracterizam por sua baixa fertilidade natural, boa drenagem permeabilidade, sendo muito profundos, com horizonte C ocorrendo em torno de 4 a 5 metros de profundidade. Após a exploração mineral, a superfície original do terreno foi rebaixada em até 10 metros, deixando exposto o horizonte C do solo, causando alterações na rede de drenagem, nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e na biodiversidade local. Encerrada a exploração da jazida, a área passou a ser utilizada como depósito de entulhos e lixo, gerando pilhas de resíduos em vários pontos. Para recuperar esta área degradada foram necessárias medidas de limpeza e sistematização. A Tabela 1 apresenta a fertilidade e a granulometria de amostras retiradas do substrato, anteriormente ao momento de implantação do experimento.

Na segunda quinzena do mês de janeiro de 2001, a Embrapa Solos e a Gerência de Meio Ambiente do Aeroporto montaram um estudo da viabilidade da aplicação do lodo de esgoto produzido pela Estação de Tratamento de Esgoto do Aeroporto no processo de revegetação desta área, seguindo delineamento experimental de blocos ao acaso e arranjo fatorial 2 x 5, com 4 repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de espécies vegetais (*Mimosa caesalpiniiifolia*, Sabiá, e *Mimosa bimucronata*, Maricá) e doses de lodo (0, 2,85; 5,70; 11,40 e 22,80 Mg ha<sup>-1</sup>). As covas foram abertas com dimensões de 0,30 x 0,30 x 0,30 m e espaçamento de 2,0 x 2,0 m, e cada parcela totalizava área de 64 m<sup>2</sup> (16 plantas/parcela). Todos tratamentos receberam uma complementação com fertilizantes minerais, de 80 g de fosfato de rocha e 30 g de sulfato de potássio, por cova.

Durante o mês de julho de 2007 foi realizada amostragem do solo nas parcelas para caracterização quanto aos teores de C orgânico e densidade do solo. Em cada tratamento e após a remoção da serapilheira foram retiradas amostras do substrato em três mini-trincheiras (3 blocos foram amostrados) abertas com auxílio de um enxadão na profundidade de 0-10 cm. Buscou-se respeitar o volume das amostras de forma que as mesmas entrassem na composição de uma amostra composta, conforme pressupostos de amostragem de solo. As amostras do solo foram secas ao ar e após peneiração (2 mm), foram enviadas para o Laboratório de Análise de Solo, Planta e Água da EMBRAPA. Solos para caracterização do teor de C orgânico por digestão úmida. Não foram usados os dados da dose 11,40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo pelo comportamento do crescimento das plantas nessa dose não concordar com a tendência observada para as demais, indicando possível erro na aplicação dessa dose na montagem do experimento.

Na mesma ocasião da amostragem foram retiradas amostras com auxílio de um anel de Koppeck de 100 cm<sup>3</sup> para caracterização da densidade do solo. O estoque de carbono orgânico foi calculado pela seguinte equação:

$$E = (C \times d \times E)/100,$$

Em que, E= estoque de C do solo (kg m<sup>-2</sup>); C= teor de C do solo (g kg<sup>-1</sup>); d= densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>); e E= espessura da camada do solo (cm). Não foi feita correção para massa de solo no cálculo dos estoques.

## Resultados e Discussão

O plantio das leguminosas, independente da adição de lodo de esgoto elevou os estoques de C da área de empréstimo em recuperação (Figura 1), pois os teores de C do solo aumentaram mais de 300% entre o período de implantação e o momento de amostragem desse estudo.

As espécies não diferiram quanto à estocagem de C do solo na camada superficial (0-10 cm) do substrato, apresentando valores médios de 12,0 e 12,2 Mg ha<sup>-1</sup> para o Sabiá e o Maricá, respectivamente (Figura 1). Esses valores podem ser considerados baixos se comparados com os estoques citados por Macedo et al. (2008) para áreas de empréstimo também recuperadas com leguminosas (21,5 Mg ha<sup>-1</sup>) em Angra dos Reis, RJ, no Bioma Mata Atlântica. Essa diferença talvez se deva a idade dos plantios (6 anos para o Itacolomi e 13 anos para a área de Angra dos Reis) e ao processo de sucessão ecológica (e de ciclagem de nutrientes, provavelmente), que é mais intenso em Angra de Reis, dado a existência de fragmentos ainda com bom estado de conservação nas proximidades, comparativamente a Ilha do Governador (Chada et al., 2004).

As doses crescentes de lodo proporcionaram respostas diferenciadas nos estoques de C do solo para as espécies, sendo observado tendência de decréscimo nos estoques com aumento da dose para as parcelas sob influência do Sabiá e o contrário para o Maricá. Acredita-se que esse comportamento esteja mais relacionado com a qualidade da serapilheira das espécies do que com a quantidade desse resíduo, pois foi encontrado aumento linear da quantidade de material sobre o solo em parcelas de Sabiá (Oliveira et al., 2008). Ou seja, acredita-se que a acumulação de serapilheira sobre o solo seja decorrente de alterações na qualidade desse resíduo, que afetaram negativamente sua decomposição e participação nos estoques de C do solo. Ao avaliar os teores de C orgânico e a estabilidade dos agregados em solo incubado com diferentes resíduos vegetais, Martens (2000), verificou que as maiores perdas de C, via respiração dos resíduos, ocorreram naqueles com os menores teores de polifenóis e maiores quantidades de carboidratos, já as menores nos que apresentavam os maiores teores de polifenóis, no caso estudado os resíduos de milho, alfafa e canola. Paralelo a permanência do C no solo, o autor também verificou o aumento no diâmetro dos agregados, sugerindo que o teor de polifenóis dos resíduos seria um importante fator na estabilização e manutenção do C no solo.

Não foram observadas diferenças significativas para a densidade do solo em função da dose de lodo, embora sob o maricá os valores tenham sido ligeiramente superiores, demonstrando possivelmente um efeito da reduzida taxa de deposição do material aportado pela espécie ao solo. Usando os dados de estoque apresentados a acima, verifica-se que a densidade do solo na dose máxima de lodo nas parcelas com sabiá apresentaram, estranhamente, o menor valor de densidade, pois o teor e o estoque de C nesse tratamento haviam diminuído. Por outro lado, até a dose de 5,7 Mg ha<sup>-1</sup> os resultados para o Sabiá parecem mais coerentes, pois foi detectado aumento da densidade, em consonância com a redução dos teores e estoques de C das parcelas. Para o Maricá foi observado aumento e posterior decréscimo da densidade do solo com aumento da dose de lodo.

## Conclusões

- O lodo de esgoto não alterou acentuadamente a densidade do substrato após seis anos de plantio;
- O plantio de leguminosas fixadoras de N<sub>2</sub> e o uso do lodo proporcionaram aumento dos estoques de C do substrato degradado, após seis anos de plantio, indicando que mesmo áreas degradadas podem acumular quantidades razoáveis de C no solo.

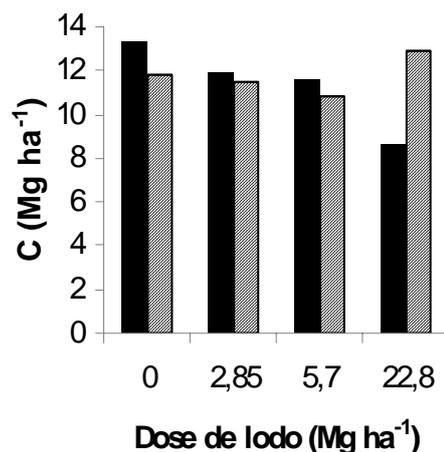


Figura 1: Estoque de carbono orgânico no substrato em função das doses de esgoto aplicadas e da espécie plantada (barras pretas: sabiá e barras listradas: marica)

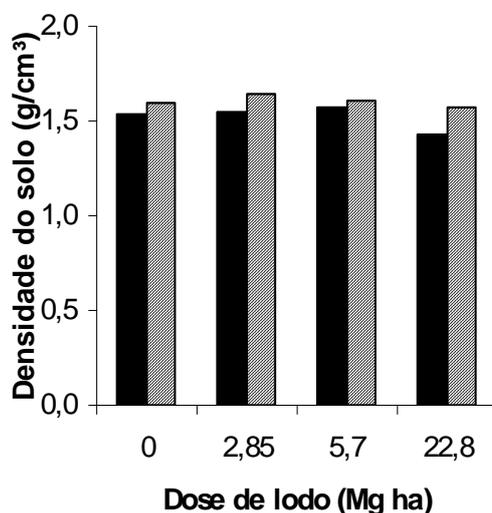


Figura 2: Densidade do substrato em recuperação em função das doses de lodo de esgoto aplicadas e da espécie plantada

### Referências

CHADA, S., CAMPELLO, E.F.C., FARIA, S.M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas. **Revista Árvore**, v.28, p.801-809, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 212p., 1997

FRANZLUEBBERS, A.J., HANEY, R.L., HONS, F.M., ZUBERER, D.A. Active fractions of organic matter in soils with different texture. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, n. 10/11: 1367-1372, 1996.

LAL, R. Agriculture activities and the global carbon cycle. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 70, n. 2: 103-116, 2004.

MACEDO, M.O., RESENDE, A.S., GARCIA, P.C., BODDEY, R.M., JANTALIA, C.P., URQUIAGA, S., CAMPELLO, E.F.C., FRANCO, A.A. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. *Forest Ecology and Management*, 255:1516-1524, 2008.

MARTENS, D.A. Plant residues biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. **Soil Biol. Biochem.**, 32: 361-369, 2000.

OLIVEIRA, R.B.O.; COSTA, C.A.Q.; TANI, L.V.; OLIVEIRA, R.S.; JUNIOR, H.C.M.S.; BALIEIRO, F.C.; ANDRADE, G.A.; DONAGEMMA, G.K.; POLIDORO, J.C.; CAPECHE, C. Fertilidade e Carbono Orgânico de Subsolo Recuperado com Leguminosa Arbóreas e Lodo de Esgoto. XVII Reunião de Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais, 2008. ....

PEARSON, T., WALKER, S., BROWN, S. Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects. BioCarbonFund, 2005, 57p. ([www.carbonfinance.org](http://www.carbonfinance.org))

WATSON, R.T., CORE WRITING TEAM (Ed.) **Climate Change 2001**: synthesis report third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: University Press, 2001, 397p.