DEGRADAÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO DO LODO DE ESGOTO NO SOLO E RELAÇÃO COM A DISPONIBILIDADE DO NITROGÊNIO

Cristiano Alberto de Andrade[1]; Cristina Silva Carvalho[2]; Victor Sanches Ribeirinho[2]; Adriana Marlene Moreno Pires[1]

[1] Pesquisador(a) da Embrapa Meio Ambiente; [2]Doutoranda em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agronômico (IAC)

Lodos de esgoto apresentam variações na composição química de acordo com sua origem (domiciliar e/ou industrial), época do ano, processo de tratamento na estação, estabilização e condicionamento final, dentre outros aspectos. Geralmente o carbono (C) é o elemento em maior concentração nos lodos, o que evidencia a participação expressiva da fração orgânica na massa seca total, com teores de matéria orgânica (MO) entre 18 a 50% (Boyd et al., 1980). Em função dessa fração orgânica dos lodos, seu uso agrícola como condicionador de solos tem sido recomendado, principalmente pela possibilidade de manutenção ou aumento do teor de C edáfico (DÌAZ-BURGOS & POLO, 1991; ALBIACH et al., 2001).

A manutenção ou o aumento do C do solo em função da aplicação do lodo dependerá do balanço entre aporte e perdas de C, estas últimas principalmente na forma de CO_2 devido a decomposição da fração orgânica do referido resíduo. Além desse balanço, o efeito indireto do lodo afetando a produção de fitomassa da cultura também deve representar entrada importante de C no sistema, mas, sem dúvida, a compreensão da biodegradação dos lodos é um passo inicial para o melhor manejo da MO de solos tratados.

A taxa de degradação de resíduos orgânicos, em geral, tem sido determinada sob condições controladas de temperatura e umidade, em que amostras de solo e resíduo, e somente solo (controle), são incubados por períodos variáveis de 60 a 90 dias, medindo-se periodicamente a quantidade de carbono emanada na forma de CO_2 (C-CO_2). A diferença de

$C\text{-}CO_2$ emanada entre a mistura solo + resíduo e o controle, é atribuída a degradação dos compostos orgânicos presentes no material aplicado e com esse valor calcula-se a taxa de degradação em relação a quantidade de carbono adicionada inicialmente. A taxa de degradação é uma estimativa do balanço entre o aporte de C via lodo e a degradação.

Taxas de degradação de lodos de esgoto após aplicação no solo situam-se na faixa de 20 a 60% do C total adicionado (TERRY et al., 1979; PIRES et al., 2002; SANTOS et al., 2002) e para o caso de lodos compostados esse valor pode ser inferior a 20% (BERNAL et al., 1998), considerando em ambos os casos tempos de avaliação de até 130 dias. Andrade et al. (2006), trabalhando com 5 tipos de lodo de esgoto aplicados a amostra de solo em dose correspondente a 40 t ha^{-1} (base seca) encontraram taxas de degradação entre 5 e 22%, sendo o menor valor referente a um lodo compostado e os maiores valores foram para lodos de reator anaeróbio. A taxa de degradação variou com a dose (relação inversa – quanto maior a dose, menor a taxa de degradação) e o processo de degradação ocorreu em duas etapas, uma rápida e intensa, com duração média de 8 dias; e outra menos intensa (demais 62 dias de incubação), porém responsável por mais de 65% do total de $C\text{-}CO_2$ emanado. Os autores verificaram ainda que a participação do compartimento protéico no processo de degradação da MO é crescente com o tempo de incubação, comprovando que no início do período, outros compostos orgânicos mais lábeis funcionam como fonte de carbono e de energia para a microbiota edáfica.

Em função do exposto percebe-se que os valores das taxas de degradação dos lodos indicam a presença predominante de compostos orgânicos recalcitrantes, isto é, de difícil degradação biológica no solo (MATTIAZZO et al., 1998; SANTOS et al., 2002), mas que o conteúdo protéico tem importante participação no processo de degradação (ANDRADE et al., 2006). Considerando que a recomendação da dose de lodo de esgoto é baseada numa fração de N disponível do lodo e que parte da fração orgânica de lodos mineraliza lentamente no solo, supõe-se que haja acúmulo de material orgânico proveniente do lodo no solo após sucessivas aplicações desse resíduo e que a capacidade do solo em disponibilizar N no sistema seja também alterada. Dessa forma, as doses de lodo poderiam variar em função da capacidade do solo em fornecer esse nutriente com as sucessivas aplicações numa mesma área, mas esse cenário não é considerado na norma paulista P4.230 da CETESB (CETESB, 1999) e na resolução 375 do CONAMA (CONAMA, 2006) em nível federal, que disciplinam a reciclagem agrícola de lodos de esgoto.

Pitombo (2011) estudou os teores e estoques de C e N em solo de experimento de longo prazo após sete anos de aplicações anuais de: controle - 120 kg ha^{-1} de N via fertilizante

mineral; 1L - 120 kg ha^{-1} de N via lodo de esgoto, considerando a taxa de mineralização do N de 30% (dose correspondente a cerca de 10 t ha^{-1} ano^{-1} de lodo); e 2L - 240 kg ha^{-1} de N via lodo de esgoto, considerando a taxa de mineralização do N de 30% (dose correspondente a cerca de 20 t ha^{-1} ano^{-1} de lodo). O autor verificou que alterações dos teores e estoques de C e N se restringiram a camada superficial de 20 cm, com aumentos da ordem de 43 e 85% dos teores de C e de 47 e 103% dos teores de N nos tratamentos 1L e 2L, comparativamente à adubação mineral (controle). Os estoques desses elementos seguiram o mesmo comportamento (Figura 1), evidenciando que muito provavelmente a capacidade do solo em fornecer N a partir do compartimento orgânico estocado deve ter aumentado em função do tempo.

A investigação da capacidade do solo em fornecer N foi realizada por Silva et al. (2010), em trabalho utilizando o mesmo solo do experimento avaliado em Pitombo (2011), porém com quantificação da mineralização do nitrogênio a partir dos solos controle, 1L e 2L e de novas aplicações de lodo de esgoto a estes solos.

O estudo foi conduzido sob condições controladas de laboratório e contou com três as novas doses de lodo aplicadas: 0, 120 e 240 kg ha^{-1} de N, considerando 30% como taxa de mineralização do N do resíduo. Os autores verificaram que a taxa de mineralização do N do lodo foi inferior àquela admitida para o cálculo inicial (30%) e que o valor variou em função da condição inicial de uso ou não de lodo, conduzindo a conclusão de que adoção de uma taxa de mineralização fixa para o cálculo da dose de lodo para aplicação em áreas com histórico de uso anterior de lodo não é adequado.

Além disso, por meio de ajustes matemáticos a um modelo de cinética química de primeira ordem, foram estimados os valores de N potencialmente mineralizável de cada solo, ficando evidente que o reservatório de N passível de ser disponibilizado às plantas aumentou em 40 e 100% após sete anos de aplicação das doses de lodo nos tratamento 1L e 2L, comparativamente ao controle.

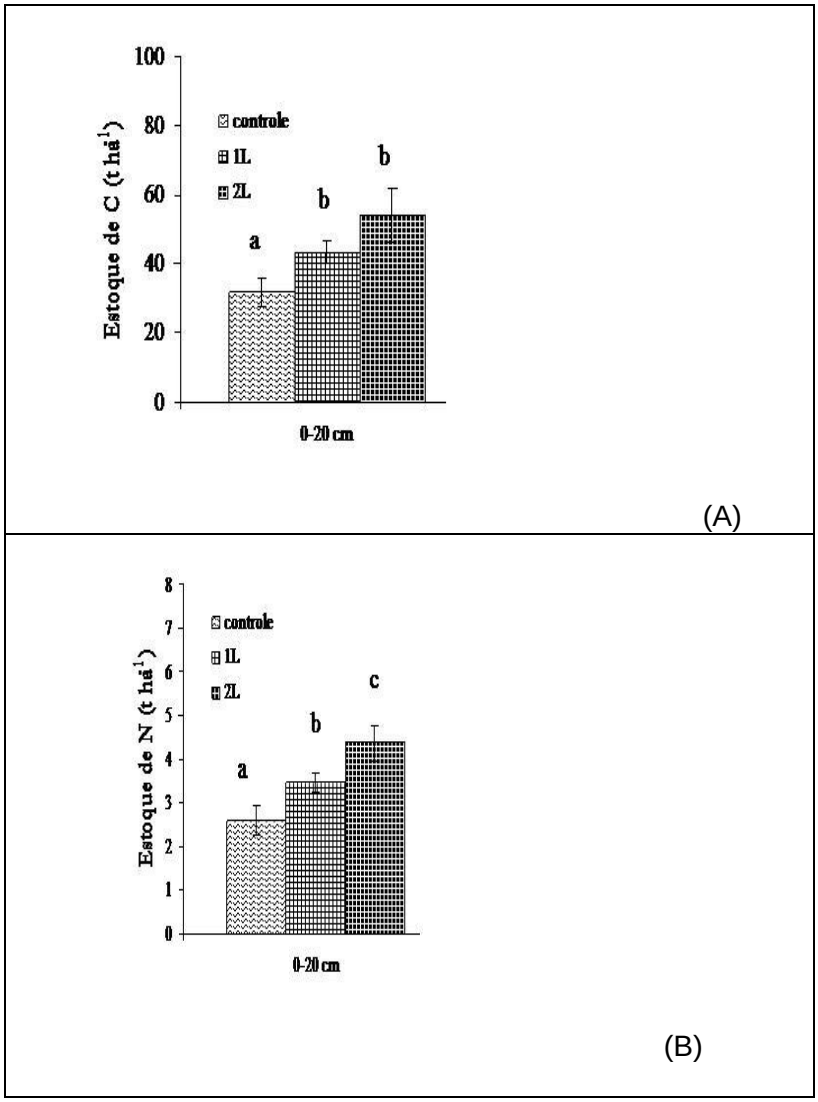


Figura 1 – Estoques de carbono (A) e nitrogênio (B) até 20 cm de profundidade em função de aplicações sucessivas e anuais (sete anos) de lodo de esgoto ou fertilizante mineral nitrogenado: controle - 120 kg ha^{-1} de N via fertilizante mineral; 1L – 120 kg ha^{-1} de N via lodo de esgoto, considerando taxa de mineralização do N de 30%; e 2L - 240 kg ha^{-1} de N via lodo de esgoto, considerando taxa de mineralização do N de 30%. Fonte: Pitombo (2011)

Uma boa discussão sobre esse assunto é apresentado em Andrade et al. (2010), em texto que aborda alterações na resolução 375 do CONAMA com vistas ao uso do lodo como fonte nitrogenada para as culturas. Nesse texto, Andrade et al. (2010) destacam que uma medida importante seria a determinação da taxa de mineralização do nitrogênio do lodo em ensaio de laboratório utilizando amostra de solo da área que receberá o resíduo e revisão do referido valor a cada 3 ou 4 anos, considerando, dessa forma, o efeito residual das aplicações anteriores e reduzindo riscos de falta ou excesso de elemento no sistema.

REFERÊNCIAS

ALBIACH, R.; CONET, R.; POMARES, F.; INGELMO, F. Organic matter componets, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during tem years. **Bioresouce Technology**, v.77, n.2, p.109-114, 2001.

ANDRADE, C.A., BOEIRA, R.C., PIRES, A.M.M. Nitrogênio presente em lodo de esgoto e a resolução n. 375 do Conama In: **Uso agrícola de lodo de esgoto**. Avaliação após a resolução n,375 do Conama ed.Botucatu : FEPAF, p. 157-170. 2010.

ANDRADE, C.A., OLIVEIRA, C., CERRI, C.C. Cinética de degradação da matéria orgânica de biossólidos após aplicação no solo e relação com a composição química inicial..**Bragantia**, v.65, p.659 - 668, 2006.

BERNAL, M.P.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A.; PAREDES, C.; ROIG, A. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.69, p.175-189, 1998.

BOYD, S.A.; SOMMERS, L.E.; NELSON, D.W. Changes in the humic acid fraction of soil resulting from sludge application. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.1179-1186, 1980.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Aplicação de biossólidos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – Critérios para projeto e operação: **manual técnico**. São Paulo, 33p. 1999.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução n^{o} 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. 32p. 2006.

DÌAZ-BURGOS, M.A.; POLO, A. Variaciones de la fracción orgánica durante el compostaje de lodos de depuradoras. **Suelo y Planta**, v.1, p.453-466, 1991.

MATTIAZZO, M.E.; BARRETO, M.C.V.; RODELLA, A.A. Organic matter kinetics mineralization in soils amended with four diffrent organic wastes (compact disc). In: CONGRESS MONDIAL DE SCIENCE DU SOL, 16., Montpellier, 1998. **Actes.** Montpellier: ISSS, 1998.

PIRES, A.M.M.; ANDRADE, C.A.; MATTIAZZO, M.E. Degradação da carga orgânica, condutividade elétrica e pH de um Latossolo tratado com biossólido incorporado ou em superfície (compact disc). In: FERTBIO2002, Rio de Janeiro, 2002. **Resumos**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2002.

PITOMBO, L. M. **Estoques de carbono e nitrogênio e fluxos de gases do efeito estufa em solo com diferentes históricos de aplicação de lodo de esgoto**. 2011. 61p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2011.

SANTOS, D.S.; ANDRADE, C.A.; MATTIAZZO, M.E. Degradação da fração orgânica de lodos de esgoto após aplicação no solo (compact disc). In: FERTBIO, Rio de Janeiro, 2002. **Resumos**. Rio de Janeiro: SBCS; SBM; UFFRJ, 2002.

SILVA, L. F. M. ; COSCIONE, A. R. ; ANDRADE, C. A. . Degradação do carbono e mineralização do nitrogênio em solo com diferentes históricos de uso agrícola de lodo de esgoto. In: **VII Simposio Interamericano de Biosolidos**, Campinas. 2010.

TERRY, R.E.; NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Decomposition of anaerobically digested sewage sludge as affected by soil environmental conditions. **Journal of Environmental Quality,** v.8, p.342-347, 1979.