

MOVIMENTO DA ÁGUA NUM SOLO EM RECUPERAÇÃO COM O USO DE LODO DE ESGOTO.

Denise Monte Conceição, Marlene Cristina Alves. – Inter-áreas - Agronomia – Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos – Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira.

O lodo de esgoto é um produto do tratamento de efluentes urbanos e industriais. Com a urbanização acentuada e crescente, o volume de dejetos produzidos aumenta continuamente. Com o aumento nos volumes de esgoto coletados nos grandes centros, o lodo passou a ser tratados mediante o emprego de diversas técnicas e equipamentos.

Como forma alternativa de baixo custo, o lodo de esgoto vem de maneira crescente, revelando-se como um importante insumo agrícola, na recuperação de áreas com solos degradados, principalmente por seu elevado teor de matéria orgânica, de elementos minerais e elevada capacidade de retenção de água. Esses fatores influenciam de forma benéfica as propriedades do solo, aumentando assim a capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo, bem como na condutividade hidráulica.

O lodo de esgoto apresenta características químicas que variam em função do material que o originou e do tipo de tratamento utilizado, resumindo-se em três tipos: a) lodo bruto, produzido nos decantadores primários das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), com coloração acinzentada, de odor ofensivo e facilmente fermentável; b) lodo secundário, produzido a partir de processos biológicos, com aparência floculenta, coloração marrom e odor pouco ofensivo; c) lodo digerido, como sendo aquele que passou por processo de 5 estabilização biológica, obtida por digestores aeróbios e anaeróbios, apresentando-se com coloração marrom escura, não possuindo odor ofensivo (LUDUVICE, 1996).

Segundo dados da SABESP (1998) tanto a quantidade como as características do lodo de esgoto variam conforme sua origem e sistema de tratamento a que foi submetido. Os decantadores primários produzem de 3 a 7 % de sólidos do volume total, sendo que neste estágio tem-se um teor de matéria orgânica que varia de 60 a 80 %. No tratamento secundário, com a atividade microbiana aeróbia ou anaeróbia, ocorre a conversão de sólidos dissolvidos em sólidos suspensos, ocasionado a formação de uma biomassa microbiana e a conseqüente redução da matéria orgânica, pela sua respiração, da ordem de 50 a 60 %.

Devido ao alto teor de matéria orgânica, encontra-se um alto teor de nitrato, que acumulado no solo é completamente móvel, movimentando-se livremente com a solução do solo, podendo ser com chuvas excessivas ou em condições de extrema seca, sendo assim facilmente lixiviado. Por esta razão a adoção desta prática por anos sucessivos traz grandes preocupações no que diz respeito à poluição do ambiente com nitrogênio inorgânico. Atenção, principalmente no que concerne aos riscos de contaminação das águas subterrâneas (Hue, 1995). De acordo com Muchovej e Rechcigl (1995) águas com concentrações de N-NO_3^- maiores que 3 mg L^{-1} já são consideradas contaminadas. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece para água potável, concentração máxima aceitável de 10 mg L^{-1} padrão também adotado no Brasil pela Comissão Nacional de Normas Padrões para Alimentos do Ministério da Saúde (BRASIL, 1990).

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo estudar a infiltração de água e a condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho em recuperação, após 3 anos de utilizado o lodo de esgoto.

O trabalho foi desenvolvido na área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, pertencente à Universidade Estadual Paulista – Unesp localizada no município de Selvíria, MS. A mesma encontra-se à margem direita do Rio Paraná, com as coordenadas de $51^\circ 22'$ de longitude a oeste de Greenwich e $20^\circ 22'$ de latitude sul, com altitude média de 327 metros. As características climáticas da área em estudo, segundo Demattê (1980), são: temperatura média anual de $23,7^\circ \text{C}$, sendo a média dos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) de $25,7^\circ \text{C}$, e a dos meses mais frios (junho e julho) de $20,6^\circ \text{C}$; a precipitação média anual é de 1300 mm; a umidade relativa média dos meses

chuvosos é de 60 a 80 %, e nos meses mais secos de 50 a 60 %; o tipo climático segundo Köppen é Aw (clima tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno).

O solo original é um Latossolo Vermelho-Escuro (Demattê, 1980) e de acordo com a nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação do solo (EMBRAPA, 1999), é um Latossolo Vermelho distrófico, textura média, profundo e muito intemperizado, relevo suave a plano. O local de instalação da pesquisa é uma área degradada, onde foi retirada uma camada de solo de 8,60 metros de espessura para utilização no terrapleno e fundação na construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, SP.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 4 tratamentos, 4 blocos e 3 repetições, instalados em fevereiro de 2003. Os tratamentos foram constituídos dos seguintes usos e manejos: T1: Área com vegetação natural de cerrado; T2: testemunha, sem aplicação de lodo de esgoto; T3: dose de 30 Mg ha⁻¹ (a base seca); T4: dose de 60 Mg ha⁻¹ (a base seca). O lodo utilizado foi produzido pela Estação de Tratamento de Esgoto – ETE da empresa de Saneamento de Araçatuba S/A - Sanear, no município de Araçatuba, distante de 208 km da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Unesp. Cada parcela ocupou uma área de 120 m² (12 m x 10 m). Foi implantada a cultura de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook) e semeada a braquiária (*Brachiaria decumbens*) a lanço, entre as linhas de plantio, com o objetivo de contribuir para o aumento de matéria orgânica do solo e reduzir inicialmente o elevado volume de N adicionado ao solo, em função das doses de lodo utilizadas. A escolha da braquiária foi devido a sua capacidade de contribuir para o aporte de carbono, uma vez que apresenta alta relação C/N, e por ter baixa exigência quanto à fertilidade do solo.

O plantio da cultura de eucalipto e a semeadura da braquiária foram efetuados em março de 2003. O eucalipto foi plantado em sulcos de 0,40 m, tendo sido os mesmos seccionados após o plantio, de tal forma a se formar uma cova, facilitando a irrigação. O espaçamento entre plantas de eucalipto foi de 2 m x 1,5 m, totalizando, portanto, 40 plantas por parcela e 640 plantas no experimento.

Considerando-se que cerca de 20 e 10 % do N orgânico são mineralizados no segundo e terceiro anos, respectivamente (Andreoli et al., 2001), o fornecimento de N disponível para o segundo ano será de 288 e 576 kg ha⁻¹, respectivamente, para as doses de 30 e 60 Mg ha⁻¹. Na Tabela 1 apresenta-se os teores de nutrientes presentes em maiores proporções no lodo de esgoto que estarão disponíveis no primeiro ano.

Tabela 1 - Teores de nutrientes contido no lodo, disponíveis no primeiro ano, para as dosagens utilizadas e excedentes de nutrientes

Nutriente	Nitrogênio (N)		Fósforo (P ₂ O ₅)		Potássio (K ₂ O)	
Dose (Mg ha ⁻¹)	30	60	30	60	30	60
Quantidade aplicada (kg ha ⁻¹)	622	1245	588	1176	252	504
Necessidade da cultura (kg ha ⁻¹)	60	60	90	90	20	20
Excedente de nutriente (kg ha ⁻¹)	562	1185	166	1086	232	484

As avaliações foram realizadas nos meses de janeiro e fevereiro de 2006. Analisou-se a condutividade hidráulica do solo saturado e a infiltração de água em 3 profundidades: 0,10; 0,20 e 0,40 m, utilizando-se o permeâmetro de Guelph.

Verificou-se que houve diferença significativa para a condutividade hidráulica do solo saturado nas profundidades de 0,10 e 0,20 m e para a infiltração somente não houve significância na profundidade de 0,10 m (Tabela 2). Os tratamentos com e sem aplicação de lodo não diferiram entre si tanto para a condutividade hidráulica do solo saturado como para a infiltração de água. Verificou-se que o tratamento que mais se aproximou da condição natural, quanto às características de movimento de água no solo, foi o com 60 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto. A pior condição foi verificada no tratamento testemunha, sem aplicação de lodo. Estas diferenças se devem ao processo de degradação da estrutura (compactação). Quando ocorre a degradação da estrutura do solo há modificações no arranjo de suas partículas que provocam diminuição no tamanho dos poros, especialmente daqueles de tamanho maiores

(macroporos), o que leva a redução na área da seção transversal para o fluxo de água, juntamente com percursos mais tortuosos para o movimento de fluido, com isso, afetando o processo de infiltração (Souza e Alves, 2003).

Os valores mais altos da condutividade hidráulica do solo saturado e da infiltração na área com vegetação nativa se devem provavelmente a influência que a vegetação exerce nas propriedades

Tabela 2 – Condutividade hidráulica saturada e taxa constante de infiltração para os tratamentos e profundidades estudadas. Selvíria, MS, 2006.

Tratamento	Profundidade (m)		
	0,10	0,20	0,40
	Condutividade hidráulica saturada (cm h ⁻¹)		
Testemunha	2,74 b	3,66 b	3,20 a
Cerrado	6,39 a	9,05 a	8,01 a
30 Mg ha ⁻¹	3,72 ab	3,73 b	4,01 a
60 Mg ha ⁻¹	2,96 b	4,45 ab	6,87 a
D.M.S. (5%)	3,267	4,600	7,687
CV (%)	74,70	79,59	125,79
Tratamento	Taxa constante de infiltração (cm h ⁻¹)		
	0,10	0,20	0,40
	Taxa constante de infiltração (cm h ⁻¹)		
Testemunha	3,86 a	3,30 b	1,57 b
Cerrado	3,73 a	7,42 a	5,57 a
30 Mg ha ⁻¹	2,83 a	2,56 b	2,25 b
60 Mg ha ⁻¹	3,33 a	3,87 b	3,00 ab
D.M.S. (5%)	2,467	3,135	2,926
CV (%)	64,85	66,04	85,40

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

físicas do solo. A sua influência se manifesta essencialmente por meio da ação granulante do sistema radicular, da proteção de sua parte aérea contra o impacto das gotas de chuva e do efeito cimentante e estabilizador de substâncias orgânicas excretadas pelas raízes. Principalmente, aquelas sintetizadas pelos microrganismos do solo no processo de decomposição (Souza, 2000). Segundo o mesmo autor os valores da taxa constante de infiltração estão associados (inversamente) aos da densidade do solo. Resultados concordantes com os verificados neste trabalho. A constatação de que a infiltração é maior na área com vegetação natural do que em solos cultivados foi observada nos trabalhos de Cavenage et al. (1996) e Souza e Alves (2003).

A condutividade hidráulica e infiltração de água verificada indicaram diferenças nas condições físicas do solo, portanto, observou-se que no solo estudado as doses de lodo utilizadas atuaram de forma semelhante até o momento, na restauração do solo avaliada pelo movimento de água no solo.

Conclui-se que o movimento de água está semelhante nos tratamentos que receberam lodo de esgoto, porém, o tratamento com 60 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto foi o mais semelhante à condição natural de cerrado e os tratamentos de 30 Mg ha⁻¹ e testemunha (sem lodo) foram os que apresentaram menores movimentos de água. A pior condição do solo foi notada no tratamento 30 Mg ha⁻¹ que resultou em 2,5 a 3,5 vezes menores do que a área natural.

Referencias bibliográficas

ANDREOLI, C.V., PEGORINI, E.S., FERNANDES, F. Disposição do lodo de esgoto no solo. In: ANDREOLI, C.V., Von SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Coords.) **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final**. DESA/UFMG, SANEPAR. v.6, p.319-395, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos**. Portaria no. 36 – SVS/MS, de 19 de janeiro de 1990. In: Associação Brasileira de Indústria de Alimentação. **Compêndio de legislação de alimentos**, São Paulo: ABIA, p.711-777. 1990.

CAVENAGE, A. **Alterações das propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho Escuro sob diferentes usos e manejos.** Ilha Solteira, 1996. 75 p. (Trabalho de Graduação) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. "Julio de Mesquita Filho".

DEMATTE, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira (SP).** Piracicaba, 1980.131 p. (Mimeografado).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro : Centro Nacional de Pesquisa do Solo, 1999. 412p.

HUE, N.V. Sewage sludge. In: RECHCIGL, J.E. (Ed.). **Soil amendments and environmental quality.** Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p.199-247.

LUDUVICE, M.L. Uso e disposição final de lodos orgânicos – Biossólidos: In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS, 1996, Brasília. **Anais...** Brasília: CAESB, 1996. p.58-96.

MUCHOVEJ, R.M.; RECHCIGL, J.E. Nitrogen fertilizers. In: RECHCIGL, J.E. (Ed.) **Soil amendments and environmental quality.** Boca Raton: Lewis Publishers, 1995, p.1-64.

SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP **Projeto tietê.**
Revista
Engenharia, v. , n. 527, p. 82-90, 1998.

SOUZA, Z.M. **Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selvíria (MS) sob diferentes usos e manejos.** Ilha Solteira, 2000. 127p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

SOUZA, Z.M. de; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.18-23, 2003.