

INFLUÊNCIA DO LODO DE ESGOTO NA FERTILIDADE DE SOLO DEGRADADO

Talita Maximiano Carvalho¹; Sue Ellen Costa Bottrel¹; Haroldo Lobo¹.

(¹ Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Rua José Lourenço Kelmer, S/n, Martelos, Juiz de Fora, MG, Brasil, talitamaxcarvalho@gmail.com)

RESUMO

O lodo de esgoto é um subproduto gerado nas estações de tratamento de esgoto rico em nitrogênio, fósforo, micronutrientes e apresenta alta concentração de matéria orgânica. Visto que extensas áreas no mundo todo se encontram degradadas devido às ações antrópicas ao longo dos anos, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial do lodo para a recuperação de áreas degradadas. O experimento constitui-se na simulação da aplicação do lodo no solo testando as doses de 15 t/ha, 30 t/ha, 60 t/ha, 120 t/ha e 240 t/ha. Foi verificado que o lodo promoveu um aumento na concentração de micronutrientes observados ($P=117,0 \text{ mg/dm}^3$ e $K=87,0 \text{ mg/dm}^3$ na dose de 240 t/ha). Não foi observado mudança significativa do pH nos tratamentos devido ao lodo utilizado ter pH próximo ao neutro, sendo $pH=4,48$ (ainda muito ácido) obtido na aplicação de 240 t/ha. Observou-se aumento da capacidade de retenção de água e capacidade de troca catiônica nas doses mais elevadas de lodo, promovendo aumento da mobilidade de água no solo, formação de agregados maiores e melhoramento da qualidade do solo. Portanto, para o tipo e condições do solo utilizado, pode-se afirmar que o lodo de esgoto promove melhoramento na fertilidade do solo.

Palavras-chave: biossólido; matéria orgânica; recuperação de área degradada.

ABSTRACT

Sewage sludge is a byproduct generated in sewage treatment plants. It is rich in nitrogen, phosphorus, micronutrients and presents high concentration of organic matter. Since extensive areas in all world are degraded due to anthropic actions throughout the years, the main purpose of this work is to evaluate the sludge's potential in the recovery of degraded areas. The experiment consists in the simulation of the application of sludge in the soil when testing doses of 15 t/ha, 30 t/ha, 60 t/ha, 120 t/ha and 240 t/ha. It was checked that sludge promoted a raise in the concentration of observed micronutrients ($P=117,0 \text{ mg/dm}^3$ and $K=87,0 \text{ mg/dm}^3$ in the dose of 240ton/ha). Nevertheless, it was not observed any meaningful change of pH in the treatments due to the used sludge to have pH close to neutral, being $pH=4,48$ (still very acid) obtained in the application of 240 t/ha. It was observed an increase in the retention capacity and cation exchange capacity at higher doses of sludge, promoting increased of the water mobility in the soil, formation of larger aggregates and improvement of soil quality. Therefore, for the used kind and condition's soil, it can be affirmed that sewage sludge promotes improvement in the soil fertility.

Key words: Biosolid; degraded area recovery; Organic matter.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao Senhor Carlos Eduardo "Cazé" e Liz Oliveira, do sítio Pacha Mama, por autorizarem e auxiliarem na coleta do solo. Agradecemos também ao Dr. Jonathas Batista Gonçalves Silva pelo auxílio nas análises físicas e químicas do solo.

INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento da população mundial, outras questões sociais e ambientais também têm se intensificado, como uma maior demanda de alimentos, espaço para construções civil, maior consumo de água potável, maior produção de esgoto sanitário, etc.. Com isto, cada vez mais o ambiente vem sendo modificado por ações antrópicas ao longo dos anos, a fim de acompanhar o desenvolvimento social e econômico, porém, somente muito tempo depois, preocupou-se com o uso excessivo do solo e com a proteção da qualidade da água dos mananciais.

Atualmente, principalmente devido à crescente demanda de água potável e preocupação com a qualidade dos corpos hídricos, os esgotos de várias cidades no Brasil vêm sendo tratados em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) (Pedroza *et al.* 2010). O processo de tratamento de esgoto gera um efluente líquido de melhor qualidade, atendendo aos padrões de lançamento da legislação vigente, em corpos hídricos e um subproduto chamado de lodo de esgoto. O volume de lodo gerado após processo de desidratação, no sistema de Lodos Ativados por aeração prolongada, por exemplo, é da faixa de 0,11 a 0,29 L/hab.d (Von Sperling 2005). Pedroza *et al.* (2010) afirmam que a produção de lodo no Brasil é estimada entre 150 a 220 mil toneladas de matéria seca ao ano. Segundo estudo realizado por Andreoli *et al.* (2001), estima-se uma produção de 9.000 a 13.000 toneladas diárias de lodo desaguado a ser descartado (produção *per capita* volumétrica de cerca de 0,1 a 0,15 L/hab.dia). Como somente 30% da população urbana têm seu esgoto coletado e tratado devidamente, espera-se que essa geração de lodo aumente para 400 mil toneladas ao ano caso todo o esgoto fosse tratado (Pedroza *et al.* 2010). Logo, devido a este volume elevado, o lodo de esgoto constitui-se um dos grandes problemas operacionais para as estações de tratamento, pois a elevada geração deste resíduo implica no aumento do custo e da complexidade do tratamento, transporte e disposição (Barbosa & Filho 2006). A maior parte do lodo de esgoto gerado nas ETE's não possui destino final ambientalmente sustentável.

Pesquisas revelam que o lodo de esgoto é rico em nitrogênio, fósforo, micronutrientes e apresenta alta concentração de matéria orgânica (Correia 2009; Sampaio *et al.* 2012; Barbosa & Filho 2006; Colodro & Espíndola 2006; Onofre *et al.* 2015). Essas características indicam que o biossólido (lodo de esgoto tratado e processado) pode ser aproveitado para o melhoramento do solo, sendo um bom condicionador do solo e constituído por nutrientes essenciais às plantas (Barbosa & Filho 2006). Além disso, do ponto de vista econômico, o uso do lodo como fertilizante orgânico tem efeito equivalente ou superior aos fertilizantes minerais no solo e pode reduzir custos de produção devido à diminuição de fertilizantes comerciais em extensas áreas. Portanto, a reciclagem agrícola apresenta-se como uma alternativa economicamente interessante e ambientalmente segura dentre as alternativas existentes.

Diante do cenário vivenciado mundialmente de extensivas áreas degradadas devido às ações antrópicas e implantação desenfreada de monocultura, substituindo florestas nativas e causando sérios impactos negativos ao meio ambiente, faz-se necessário a adoção de medidas eficazes e sustentáveis para a recuperação destas áreas. Logo, uma alternativa promissora, barata e disponível para tal é a utilização de lodo de esgoto como insumo para recuperar a fertilidade do solo destas áreas degradadas. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial agrônômico do lodo e sua aplicação para o melhoramento e recuperação de um solo degradado.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e caracterização do solo e do lodo

No presente trabalho foram avaliadas as características físico-químicas de duas amostras de solo: uma amostra de solo oriundo de uma área degradada, chamado de controle negativo (C-), e um solo proveniente da mesma área, porém que já está sendo recuperado pela adição de adubo orgânico, chamado de controle positivo (C+). Ambas as amostras são provenientes de uma comunidade rural do município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais (651217,70 m L, 7592993,20 m S e 23K).

O solo da área que ainda se encontra degradada, foco principal deste estudo, vem sendo utilizado, há mais de sete anos, para plantio intensivo de eucalipto. Além da plantação de monocultura causar esgotamento de nutrientes no solo, outros processos durante o seu manejo podem reduzir níveis de matéria orgânica, desestruturá-lo, compactá-lo pelo uso incorreto de máquinas agrícolas e causar erosão laminar. Análises preliminares comprovaram a degradação deste solo: o solo apresenta índice de acidez elevado ($\text{pH H}_2\text{O} = 4,21$), nível de fósforo e potássio disponíveis muito baixo ($\text{P} = 0,1 \text{ mg/dm}^3$ e $\text{K} = 12 \text{ mg/dm}^3$, respectivamente) e outros parâmetros pertinentes para avaliação da fertilidade do solo também contribuíram para esta afirmação.

Em setembro de 2016 foram coletadas as amostras de solo, com uso de cavadeira e pá, nos primeiros 20 cm de profundidade da camada horizontal em cinco pontos representativos da área para se obter uma amostragem composta. O solo coletado foi homogeneizado, armazenado em sacos plásticos e levado ao Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Juiz de Fora, onde foi mantido à 4°C até o início do experimento.

O lodo de esgoto utilizado, coletado na mesma época que as amostras de solo, originou-se de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de Juiz de Fora que utiliza processos de Lodos Ativados por aeração prolongada. O sistema utilizado pela ETE é composto por um tratamento preliminar seguido de lodos ativados por aeração prolongada e decantador secundário. O lodo produzido passa por um digestor aeróbio para estabilização e, posteriormente, por uma centrífuga para deságue. A amostra de lodo foi coletada logo após o processo de deságue e transportada até o LAQUA, onde ficou mantida à 4°C até o início do experimento.

Experimento

O experimento constituiu-se na simulação da aplicação do lodo no solo. Para o cálculo da dosagem utilizou-se o recomendado por Colodro *et al.* (2007), 60 t/ha para recuperação de áreas degradadas. No experimento utilizaram-se duas concentrações acima (superdosagens) e duas abaixo (subdosagens) da recomendada, totalizando cinco dosagens testadas: 15 t/ha, 30 t/ha, 60 t/ha, 120 t/ha e 240 t/ha (8,08 g/kg; 16,15 g/kg; 32,31 g/kg; 64,62 g/kg; e 129,24 g/kg, respectivamente). Para a mistura, utilizou-se o solo C-, e foram utilizados como controles o solo degradado sem adição de lodo de esgoto (C-), e o solo já recuperado com compostos orgânicos na própria propriedade (C+).

Antes de iniciar o experimento os solos foram destorroados e peneirados (peneira de 2,00mm) para se retirar pedregulhos, raízes e demais constituintes grosseiros. O solo (C-) e o lodo foram pesados, com base em seus pesos secos, cujo teor de umidade inicial eram: 15,6% e 67,5%, respectivamente. Ambos foram pesados em balança e misturados manualmente em bandejas plásticas. Após 24 horas retirou-se uma amostra de cada tratamento para realização das análises físicas e químicas.

Análise do solo e lodo

No LAQUA foram realizadas as seguintes avaliações físicas e químicas das amostras de solo e tratamentos: pH, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade, condutividade elétrica em água e capacidade máxima de retenção de água (CRA). Para realização das análises foram adotadas metodologias dispostas em Donagemna *et al.* (2011). Também foram realizadas as análises de granulometria dos solos (C+ e C-), sendo realizado o peneiramento fino.

A caracterização química das amostras de solo e tratamentos foi determinada pelo Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante da Universidade Federal de Viçosa, MG). As análises do realizadas nas amostras de solo e tratamentos, segundo metodologia da Donagemna *et al.* (2011), foram: pH, fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}), acidez potencial (H^+/Al^3+),

soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7 (T), índice de saturação por bases (V), índice de saturação por alumínio (m), índice de saturação por sódio (ISNa), matéria orgânica (MO), fósforo remanescente (P-Rem), nitrogênio total (N-total), nitrogênio amoniacal (N-NH_4^+), nitrogênio nitrato (N-NO_3^-).

Uma amostra do lodo foi encaminhada ao Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante de Viçosa, MG, para realização da análise de N-total, K, P e Carbono orgânico. E no LAQUA foram realizadas análises de pH, densidade de partículas, densidade do lodo, porosidade e CRA. Para realização das análises foram adotadas metodologias dispostas em Donagema *et al.* (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na caracterização física e química das amostras de solo (C+ e C-), tratamentos (dosagens testadas: 15 t/ha, 30 t/ha, 60 t/ha, 120 t/ha e 240 t/ha) e lodo puro estão sumarizados na Tabela 1. E os resultados das análises de granulometria, dos solos (C+ e C-) encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1: Caracterização física e química das amostras de solo, tratamentos e lodo de esgoto (base seca).

Variáveis	C+	C-	15t/ha	30t/ha	60t/ha	120t/ha	240t/ha	Lodo puro
pH H ₂ O	4,60	4,32	4,35	4,23	4,27	4,38	4,48	-
pH KCl	4,25	3,85	3,91	3,87	3,94	4,09	4,28	-
pH CaCl ₂	4,31	3,87	3,90	3,91	3,97	4,17	4,32	6,36
P (mg/dm ³)	3,87	3,87	11,8	12,5	19,9	41,8	117,0	950,0
P-remanescente	3,90	3,90	24,3	24,0	22,0	24,2	30,0	-
K (mg/dm ³)	3,91	3,91	57	54	57	72	87	993
Na (mg/dm ³)	3,97	3,97	8,9	7,9	5,9	12,9	20,9	290,66
Ca ²⁺ (cmolc/dm ³)	4,17	4,17	2,16	2,76	3,17	4,64	8,48	-
Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	4,32	4,32	1,14	0,86	0,97	1,36	2,27	-
Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	0,50	1,10	0,90	0,90	0,90	0,40	0,40	-
H+Al (cmolc/dm ³)	7,4	8,9	9,6	8,7	9,2	8,9	9,1	-
SB (cmolc/dm ³)	5,52	3,02	3,48	3,79	4,31	6,24	11,06	-
t (cmolc/dm ³)	6,02	4,12	4,38	4,69	5,21	6,64	11,46	-
T (cmolc/dm ³)	12,92	11,92	13,08	12,49	13,51	15,14	20,16	-
V (%)	42,7	25,3	26,6	30,3	31,9	41,2	54,9	-
m (%)	8,3	26,7	20,5	19,2	17,3	6,0	3,5	-
ISNa (%)	0,27	0,29	0,30	0,28	0,19	0,37	0,45	-
MO (dag/kg)	5,32	4,92	5,32	4,12	4,79	5,32	7,45	27,89
Densidade de partícula (kg/dm ³)	2,50	2,63	2,60	2,67	2,53	2,50	2,47	1,85
Densidade (kg/dm ³)	0,94	1,04	1,08	1,10	1,07	1,03	0,99	0,63
Porosidade (%)	62,56	60,58	58,29	58,88	57,86	58,71	59,96	66,12
Condutividade (µS/cm)	H ₂ O 201,2	126,9	174,8	192,7	254,3	256,7	968,7	-
CRA	85,54	69,34	66,34	73,98	62,42	64,13	75,65	289,13
N-total (dag/dm ³)	-	0,597	-	-	-	-	-	2,42
N-NH ₄ ⁺ (mg/dm ³)	-	17,50	-	-	-	-	-	-
N-NO ₃ ⁻ (mg/dm ³)	-	3,50	-	-	-	-	-	-

Tabela 2: Análise de granulometria dos solos

Amostras de solo	Porcentagem de material retido em peneira de malha de:						Passante da peneira de malha 0,075 mm
	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm	0,15 mm	0,075 mm	
C+	3,89	17,68	27,87	24,4	11,73	8,08	6,35

C-	4,2	17,1	26,63	25,4	12,15	8,29	6,22
----	-----	------	-------	------	-------	------	------

Para a determinação da dosagem de lodo aplicada ao solo é muito importante se ter conhecimento da composição química do lodo de esgoto, principalmente quanto ao seu potencial de fertilização dado pela presença de macronutrientes como N, P e K (Correia 2009).

Sabe-se que o nível de P disponível no solo depende do P-remanescente, logo, segundo a Cartilha de Análise do Solo disponibilizada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) organizada por Neto & Costa (2012) observa-se que: o solo sem acréscimo do lodo (C-) e as doses de 15 t/ha e 30 t/ha apresentam concentração muito baixa de P disponível no solo; concentração média na dose de 60 t/ha; e quantificado como muito bom nos demais tratamentos (altas doses de lodo). O fósforo é oriundo de produtos de dissolução do solo, mas pode originar-se também da decomposição da MO e fazer parte de algumas proteínas presentes nas fezes humanas. Além disso, o fósforo também é usado na fabricação de detergentes e outros produtos de limpeza doméstica que tenham fosfatos em sua composição. Por isso, o lodo de esgoto é rico em fósforo e nas doses mais altas há um incremento de fósforo no solo, sendo considerado um ótimo fertilizante para plantas (Magalhães 2012). Os níveis de K observados classificam-se, segundo Neto & Costa (2012) como: muito baixo no C- (muito menor que 41); médio nas doses de 15 t/ha, 30 t/ha e 60 t/ha; bom na dose de 120 t/ha; e muito bom na dose máxima, 240 t/ha.

Segundo Correia (2009), a matéria orgânica, durante o processo de mineralização, incorpora todos os nutrientes à solução do solo. Sobre os efeitos da matéria orgânica nos parâmetros físicos do solo, Barbosa & Filho (2006) destacam, principalmente, o efeito associado ao grau de agregação, que consequentemente, afeta a densidade, porosidade, aeração e a capacidade de retenção e infiltração de água. Porém, no presente trabalho, observa-se que houve diferença pouco significativa na porosidade do solo com o acréscimo da dosagem de lodo. Além disso, do controle negativo para a dosagem de 15 t/ha houve um decréscimo de porosidade no solo, assim como da dosagem de 30 t/ha até a dosagem de 120 t/ha. Estes resultados confirmam os resultados obtidos por Furrer & Stauffer (1983) apud Sampaio *et al.* (2012), onde o autor afirma também que o efeito da adição de lodo no solo quanto à porosidade do solo, depende da condição física original do solo. Silva & Ribeiro (1997), por exemplo, afirmam que além da quantidade de argila e MO, a quantidade de areia fina também é um fator que pode contribuir para elevar a microporosidade do solo.

Na determinação da CRA não houve uma sequência progressiva dos resultados com o aumento da dosagem do lodo, mas observa-se que houve maior retenção de água pelo solo quando aplicada a máxima dosagem de lodo. No estudo realizado por Sampaio *et al.* (2012), onde se avaliou a formação de agregados aplicando-se doses de lodo de esgoto e adubação mineral em um solo de textura arenosa, foi verificado que os tratamentos que não receberam lodo e os que receberam a menor dose apresentaram maior quantidade de agregados com menores diâmetros (< 0,5 mm). O autor também explica que este fato é justificado pela baixa quantidade de argila e MO nesse solo. Logo, na aplicação da maior dose de lodo (240 t/ha) haverá, consequentemente, maior incremento de materiais orgânicos ao solo, o que implica em formação de agregados maiores e maior mobilidade de água. A formação de agregados maiores no solo é um indicador que qualidade do solo, portanto, na aplicação de 240 t/ha de lodo de esgoto, verifica-se melhoria da qualidade do solo.

Os valores de T obtidos estão diretamente relacionados ao teor de matéria orgânica em cada tratamento, consequentemente, observa-se que as doses mais altas de lodo proporcionam maior incremento de matéria orgânica ao solo. Logo, mediante geração de cargas negativas devido à alta concentração de matéria orgânica que o lodo possui, a aplicação do lodo nas doses mais elevadas contribui para o aumento da capacidade de troca catiônica permitindo um maior armazenamento de elementos catiônicos no solo (Silva *et al.* 1995). Sendo este, um parâmetro importante na avaliação de recuperação de um solo degradado, pois é essencial para absorção de nutrientes pelas plantas.

Quanto à análise de acidez, observa-se que solo degradado (C-) apresentou pH muito baixo, sendo caracterizado, segundo Neto & Costa (2012), com acidez muito elevada. Além disso, com o incremento das doses de lodo de esgoto no solo, foram observadas variações quase nulas de pH. Diferentemente de resultados obtidos em outros trabalhos (Berton *et al.* 1989; Melo *et al.* 1994; Silva *et al.* 1998; Andreoli 1999; Barbosa *et al.* 2006). O principal motivo de o pH não ter apresentado aumento significativo com o aumento das doses de lodo pode estar relacionado à deficiência no processo de tratamento do lodo da ETE pois, o lodo proveniente desta ETE não passa pelo processo de higienização. Nesta etapa o lodo é misturado com cal virgem e essa mistura gera um produto alcalino que age como corretivo de acidez e toxicidade por alumínio e manganês quando aplicado ao solo. Além disso, aumenta a absorção vegetal de vários nutrientes (fósforo, potássio e outros) e fornece cálcio (Ca) e magnésio (Mg) para as plantas (Correia 2007). No presente estudo, o lodo utilizado teve pH levemente ácido (pH CaCl₂ = 6,36).

CONCLUSÃO

O lodo de esgoto gerado nas ETE's, quando devidamente tratado e processado, pode atuar como condicionador de solos, melhorando o estado de agregação das partículas e estrutura do solo. É rico em fósforo, nitrogênio e micronutrientes essenciais às plantas, além de conter elevado teor de matéria orgânica. Logo, devido às suas características físicas e químicas, quando este biossólido é aplicado ao solo, em determinadas concentrações, promove um melhoramento, podendo, então, atuar na recuperação de áreas degradadas.

Observa-se que a aplicação acima de 120 t/ha de lodo de esgoto no solo proporcionou níveis muito bons de fósforo e potássio disponíveis no solo. Além disso, na aplicação destas dosagens mais elevadas, observa-se também aumento da capacidade de troca catiônica devido ao incremento de matéria orgânica. Na aplicação da dose máxima testada (240 t/ha) foi verificado que houve maior capacidade de retenção de água. Este fato também é justificado pelo maior incremento da matéria orgânica no solo na aplicação de doses mais elevadas de lodo, proporcionando formação de agregados maiores e maior mobilidade de água no solo.

Para o tipo e condições do solo estudado, não foram encontrados resultados significativos quanto ao aumento da porosidade e pH do solo com a aplicação das doses de lodo testadas. Com relação à porosidade, este resultado pode estar relacionado às características granulométricas do solo. Já quanto ao pH, não houve aumento devido ao lodo utilizado ter pH próximo ao neutro.

Sugere-se, após aplicação do lodo no solo, o monitoramento contínuo da área que recebeu o tratamento visto que o lodo constitui-se um produto residual, e se aplicado sem um correto manejo e acompanhamento, pode gerar danos ambientais, como a contaminação do lençol freático.

Apesar de o lodo de esgoto utilizado neste estudo ser predominante doméstico, provavelmente não apresenta alta carga de metais pesados, entretanto, alerta-se que, para aplicação do lodo no solo, devem ser realizadas análises de metais e análise de possíveis organismos patogênicos para se evitar possíveis danos ambientais e à saúde da população.

REFERÊNCIAS

Andreoli CV (1999) Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema. Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

Andreoli CV, Sperling MV, Fernandes F (2001) Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Belo Horizonte: UFMG.

Barbosa GMC, Filho JT (2006) Uso agrícola do lodo de esgoto: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas. *Semina: Ciências Agrárias*, 27: 565–580.

Berton RS, Camargo AO, Valadares JMAS (1989) Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 13: 187-192.

Colodro G, Espindola CR (2006) Alterações na fertilidade de um latossolo degradado em resposta à aplicação de lodo de esgoto. *Acta Scientiarum: Agronomy* 28: 1–5.

Colodro G, Espindola CR, Cassiolato AMR, Alves MC (2007) Atividade microbiana em um Latossolo degradado tratado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 11: 195–198.

Corrêa RS (2007) Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado. Brasília: Universa.

Correia JE (2009) Caracterização físico-química e microbiológica do lodo gerado na estação de tratamento de esgoto Contorno. Feira de Santana, BA. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Estadual de Feira de Santana. Bahia.

Donagema GK, Campos DVB, Calderano SB, Teixeira W T, Viana JHM (2011) Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

Magalhães TDB (2012) Uso agrícola de biossólidos: análise crítica da resolução Conama 375/2006 na perspectiva da metodologia de avaliação quantitativa de risco microbiológico. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais.

Melo WJ, Marques MO, Santiago G (1994) Efeito das doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 18: 449-455.

Neto JCP, Costa JO (2012) Análise do solo: Determinações, cálculos e interpretação. Lavras: Epamig.

Onofre SB, Abatti D, Tessaro AA (2015) Propriedades físico-químicas e microbiológicas do lodo de esgoto produzido pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Toledo - Paraná - Brasil. In VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre, RS.

Pedroza MM, Vieira GEG, Sousa JF, Pickler AC, Leal ERM, Milhomen CC (2010) Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. *Revista Liberato* 11: 89–XX.

Sampaio TF, Guerrini I A, Backes C, Carolina J, Heliodoro A, Ronchi HS, Oliveira FC (2012) Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 36: 1637–1645.

Silva FC, Boaretto AE, Berton RS, Zotelli HB, Pexe CA, Medonça E (1998) Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. Pesquisa Agropecuária Brasileira 33: 1-8.

Von- Sperling M (2005) Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: UFMG.