

II-408 – AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS CONSIDERANDO A QUALIDADE DO LIXIVIADO GERADO

Márcia Regina Pereira Lima⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo. Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Doutorado em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP. Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo.

Roberta Arlêu Teixeira

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo.

Simone Dantas Môro

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo.

Juliana Glicerio Dazzi

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo.

Aurélio Azevedo Barreto Neto

Doutorado em Ciências pelo Instituto de Geociências da UNICAMP. Professor do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo.

Endereço⁽¹⁾: Av. Vitória, nº 1729 - Jucutuquara – Vitória - ES - CEP: 29.040-333 - Brasil – Tel.: 3331-2237 - e-mail: marcia.lima@ifes.edu.br

RESUMO

A partir do tratamento do esgoto é gerado um resíduo, o lodo, cujo gerenciamento demanda uma operação específica que envolve, entre outras etapas, o tratamento adequado para a destinação final escolhida. Alternativas que visem seu uso benéfico são sempre interessantes, podendo destacar, os usos como fertilizante agrícola e em áreas degradadas. Assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar a presença de substâncias inorgânicas e coliformes termotolerantes no lixiviado proveniente da mistura entre diferentes dosagens de lodo ao solo e inferir sobre a dosagem de lodo mais adequada a ser utilizada na recuperação de áreas degradadas. O lodo foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Mulembá, localizada no município de Vitória, ES, que realiza o tratamento dos esgotos por Lodos Ativados. O lodo foi retirado da ETE após tratamento por digestor aeróbio seguido de adensador por gravidade, e desaguamento por centrifuga. Já o solo é proveniente de uma área localizada em Manguinhos, Serra, ES, em acelerado processo de degradação. O experimento é composto por uma bancada, para disposição de 8 tubetes (capacidade de 3,8 L), onde foi colocada a mistura (solo + lodo) com diferentes dosagens de lodo ao solo (0%, 10%, 30%, 50% de lodo em massa seca). Foram realizadas 3 campanhas para obtenção do lixiviado, com intervalo de 3 meses entre elas. A 1ª campanha foi realizada em maio/2014, nela, foram lançados 3 litros de água destilada em cada tubete, em apenas um dia, e coletados os lixiviados para análise, já na 2ª e 3ª campanhas, o mesmo volume foi aplicado em quatro dias consecutivos - 750 mL/dia. Os parâmetros monitorados foram coliformes termotolerantes, cobre, cromo e zinco. Os resultados demonstraram que a dosagem de 10% fornece um lixiviado com melhores características considerando os parâmetros analisados.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo aeróbio, lodo de esgoto, lixiviado, metais pesados, recuperação de áreas degradadas.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial e a maior necessidade de oferta de recursos hídricos com adequada qualidade, a preocupação com o tratamento dos efluentes e o destino de seus subprodutos (resíduos) também aumenta. Dentre esses subprodutos, o lodo é o resíduo gerado em maior quantidade nas etapas de tratamento do esgoto. Além da quantidade gerada, ele pode apresentar características físico-químicas e microbiológicas que afetam a qualidade do meio ambiente, como a presença de poluentes como metais pesados, patógenos e compostos orgânicos persistentes, caso não tenha controle gerencial.

Porém, quando tratado, e em dosagens adequadas, o lodo se apresenta como um excelente condicionador de solo. Devido à sua alta concentração de matéria orgânica, o lodo atua nas propriedades físicas e químicas do solo, como densidade, porosidade, pH e capacidade de retenção de água. Além disso, melhora fertilidade do solo com o aumento da capacidade de troca de cátions, de fornecer nutrientes para as plantas e de promover o crescimento de organismos no solo, os quais são de fundamental importância para a ciclagem dos elementos (MALTA, 2001).

Atualmente, a principal destinação do lodo gerado em ETE é o aterro sanitário, alternativa na qual não se prevê o reaproveitamento das potencialidades do lodo. Por outro lado, os aterros sanitários necessitam de grandes áreas para sua instalação, áreas estas que poderiam ser aproveitadas para fins mais nobres. Tendo em vista a mudança deste cenário, alternativas que busquem um destino mais sustentável para o lodo são essenciais.

O uso agrícola do lodo de esgoto como adubo orgânico é considerado a alternativa mais promissora de disposição final desse resíduo, principalmente na recuperação de áreas degradadas (CAMPOS; ALVES, 2008). Diversos autores apontam os benefícios dessa utilização, dentre eles, Malta (2002), Tamanini (2004), Barbosa e Tavares Filho (2006), segundo os autores, num cenário no qual a degradação das áreas de pastagens, agrícolas, advindas do crescimento das cidades e de atividades de mineração se mostra constante, o reaproveitamento deste resíduo fecha o ciclo, minimizando desperdícios e visando a sustentabilidade.

Entretanto, pelo fato do lodo possuir características indesejáveis, como as citadas anteriormente, a disposição deste no solo deve ser controlada, por haver o risco de contaminação do lençol freático pela lixiviação dessas substâncias (SOARES, 2003). Dessa forma, é de extrema importância estudos que busquem avaliar o lixiviado proveniente dessa técnica, pois fornecerão subsídios para a melhoria do procedimento, evitando que os efeitos indesejáveis da lixiviação ocorram e garantindo a manutenção da qualidade ambiental.

Assim, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a presença de metais pesados e coliformes termotolerantes no lixiviado proveniente da mistura entre diferentes dosagens de lodo ao solo e inferir sobre a dosagem mais adequada a ser utilizada na recuperação de áreas degradadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo utilizado no experimento é gerado na estação de tratamento de esgoto (ETE) de Mulembá, localizada no município de Vitória (ES/Brasil). Essa estação realiza o tratamento do esgoto doméstico por meio de um sistema composto por Lodos Ativados. No tratamento do lodo, a ETE conta com digestor aeróbio seguido de adensador por gravidade, sendo desaguado por centrifuga.

Já o solo pertence a uma área em processo de degradação localizada na região onde se encontra instalada a ETE Manguinhos, operada pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), localizada no município de Serra (ES).

O volume de solo e lodo utilizados foram coletados de diferentes pontos e procedido quarteamento até a obtenção do volume desejado, caracterizando uma amostra composta representativa. No caso do solo, este foi coletado até uma profundidade aproximada de 50 cm, apresentando textura de solo argiloso, utilizando metodologia recomendada pela Embrapa (2009). Para a caracterização do lodo anaeróbio, do solo e do lixiviado foram determinadas as concentrações de substâncias inorgânicas (cobre, cromo e zinco) e a densidade de coliformes termotolerantes por meio de análises laboratoriais.

Para as análises do lodo foram utilizadas as metodologias descritas na resolução do CONAMA nº. 375/2006 (Brasil, 2006) e para o solo as descritas em Embrapa (1999). Todas as amostras foram coletadas utilizando-se recipientes específicos e apropriados para a determinação de cada parâmetro. As análises do solo foram realizadas pelo Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural), as do lodo e do lixiviado foram realizadas por laboratório particular contratado. Apenas as determinações de Coliformes Termotolerantes do lodo e do solo foram realizadas no laboratório de microbiologia do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) – Campus Vitória.

Desenvolvimento Experimental

Tendo em vista a identificação da melhor dosagem de lodo a ser aplicada no solo, foram misturadas diferentes proporções de lodo ao solo para a avaliação das características do lixiviado proveniente desta mistura, considerando os parâmetros cobre, cromo, zinco e coliformes termotolerantes. Essas proporções de lodo correspondiam a 10%, 30%, 50% de lodo em massa seca.

As diferentes dosagens de lodo ao solo foram dispostas em tubetes, com capacidade de 3,8 L nominadas de T₀ (apenas solo – testemunha), T₁ (10% de lodo em MS), T₂ (30% de lodo em MS) e T₃ (50% de lodo em MS). As misturas foram lançadas nos tubetes mantendo-se em volume solto, não havendo qualquer interferência na sua compactação. O experimento foi realizado em duplicata, tendo assim, utilizados 8 tubetes. O aparato experimental (Figura 1) foi montado em local protegido das intempéries.



Figura 1 - Detalhe do aparato experimental utilizado na pesquisa

Foram realizadas três campanhas para obtenção do lixiviado, sendo que a 1ª teve início no dia 12/05/2014, a 2ª no dia 18/08/2014 e a 3ª em 17/11/2014. Para obtenção dos lixiviados foram lançados nas 3 campanhas 3 L/dia de água destilada, distribuídos em 4 dias consecutivos, visando simular o efeito da chuva no solo com as diferentes dosagens de lodo.

O lançamento da água foi realizado com o auxílio de peneira para melhor distribuição da água na superfície da mistura (solo + lodo). Após os 4 dias de campanha, coletou-se o lixiviado, que foi encaminhado para análises laboratoriais para determinação dos parâmetros: cobre, cromo, zinco e coliformes termotolerantes.

Para avaliação de alguns parâmetros foi utilizada Resolução nº 375, de 29/08/2006, do Conama (Brasil, 2006) que define os critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados nestas ETE, por não existir no Brasil legislação específica para o uso do lodo na recuperação de áreas degradadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil não existe Resolução específica a respeito da aplicação de lodo proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto na recuperação de áreas degradadas, entretanto a Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), define os critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados nas estações. Na Seção III desta Resolução são especificados os requisitos mínimos de qualidade do Lodo de Esgoto destinado à agricultura, as respectivas concentrações máximas permitidas que foram utilizados como referências (BRASIL, 2006).

Comparando-se os resultados obtidos com a caracterização do lodo com os parâmetros definidos pela referida resolução (Tabela 1), pode-se inferir que quanto aos parâmetros cobre, cromo e zinco total, o lodo pode ser classificado como Classe A, podendo ser utilizado para fins agrícolas. Porém, a densidade de Coliformes Termotolerantes, ultrapassou o limite estabelecido para lodo Classe A, caracterizando como Classe B.

No entanto, ressalta-se que a densidade de Coliformes Termotolerantes obtida na caracterização do lodo aeróbio, se encontra muito próximos do padrão exigido, e, por outro lado, o lodo não passou pela etapa de higienização. Neste contexto, caso seja inserida a etapa de higienização no gerenciamento do lodo, este poderá ser classificado como Classe A.

Os referidos resultados das análises, bem como os limites estabelecidos pela resolução estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1 - Resultados das análises realizadas no lodo aeróbio e no solo utilizados no experimento

Parâmetro	Lodo		Solo
	Resultado	Limite – Resolução CONAMA 375/2006 (mg/kg)	Resultado
Sólidos Totais	85%ST	-	-
Cobre total (mg/kg em MS)	277	1500	0.6
Cromo total (mg/kg em MS)	33,4	1000	-
Zinco total (mg/kg em MS)	633	2800	4.1
Coliforme Termotolerante (NMP/gST)	1,30E + 03	Lodo Classe A - < 1E + 03 Lodo Classe B - < 1E + 06	< L.Q.

Nota: L.Q.: Limite de quantificação; NMP: Número mais provável

Com relação ao solo da área degradada, os resultados obtidos com as análises dos parâmetros cobre e zinco, demonstram que as concentrações destes metais são bem inferiores as detectadas no lodo (Tabela 1). Além disso, com relação a densidade de coliformes termotolerantes, o solo apresentou valores abaixo do limite de quantificação da metodologia analítica utilizada, o que já era de se esperar, em virtude do solo degradado apresentar condições inóspitas para sua sobrevivência. Ressalta-se que não foram realizadas análise de Cromo no solo, tendo em vista que o mesmo não possuía histórico de contaminação.

Como a Resolução nº 375/2006, não faz restrição quanto ao uso de lodo Classe B na Recuperação de Áreas Degradadas, e somente na aplicação agrícola, para sua utilização em áreas degradadas deve-se respeitar as disposições presentes na seção V da referida resolução.

Quanto ao lixiviado, analisando-se os resultados obtidos nas três campanhas (Tabela 2) e comparando-os com os do lodo e do solo (Tabela 1) percebe-se que para os coliformes termotolerantes, a detecção no lixiviado ocorreu logo no início do experimento (1ª campanha), independentemente da dosagem utilizada. Já nas 2 últimas campanhas, as densidades apresentadas foram bem inferiores em razão das condições experimentais não propiciarem um ambiente favorável para a manutenção e proliferação deste organismo.

Tabela 2 - Comportamento de Coliformes Termotolerantes no lixiviado ao longo das campanhas

Parâmetro	Unidade	Dosagem	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	T ₀	< L.Q. (1,8)	< L.Q. (1,8)	< L.Q. (1,8)
		T ₁	> 1,6 x 10 ⁵	< L.Q. (1,8)	< L.Q. (1,8)
		T ₂	> 1,6 x 10 ⁵	< L.Q. (1,8)	< L.Q. (1,8)
		T ₃	1,6 x 10 ⁵	79	2

Nota: Resultados obtidos a partir da média entre dois valores; L.Q.: Limite de Quantificação.

Em relação ao comportamento do lixiviado quanto a concentração dos metais Cu, Cr e Zn e do pH, os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 e nas Figuras 3(a), 3(b) e 4.

Tabela 3 - Comportamento do parâmetro Cobre no lixiviado obtido nas 3 campanhas

Parâmetro	Dosagem	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha
Cobre Total (mg/L)	T ₀	< L.Q.	0.0275	< L.Q.
	T ₁	0.026	0.035	0.01
	T ₂	0.0146	0.0555	0.0355
	T ₃	0.014	0.0715	0.0395

Nota: Resultados obtidos a partir da média entre dois valores; L.Q.: Limite de Quantificação.

Tabela 4 - Comportamento do parâmetro Cromo no lixiviado obtido nas 3 campanhas

Parâmetro	Dosagem	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha
Cromo Total (mg/L)	T ₀	< L.Q.	0.0275	< L.Q.
	T ₁	0.0088	0.0275	< L.Q.
	T ₂	< L.Q.	0.0295	< L.Q.
	T ₃	< L.Q.	0.0315	< L.Q.

Nota: Resultados obtidos a partir da média entre dois valores; L.Q.: Limite de Quantificação.

Tabela 5 - Comportamento do parâmetro Zinco no lixiviado obtido nas 3 campanhas

Parâmetro	Dosagem	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha
Zinco Total (mg/L)	T ₀	0.01	0.0520	0.2970
	T ₁	0.12	0.2050	0.15
	T ₂	0.0775	3.24	1.29
	T ₃	0.027	4.995	3.46

Nota: Resultados obtidos a partir da média entre dois valores; L.Q.: Limite de Quantificação.

Tabela 6 - Comportamento de pH no lixiviado obtido nas 3 campanhas

Parâmetro	Dosagem	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha
pH	T ₀	6,51	6,76	7,40
	T ₁	5,18	5,80	6,87
	T ₂	5,39	5,30	6,45
	T ₃	5,14	5,03	6,18

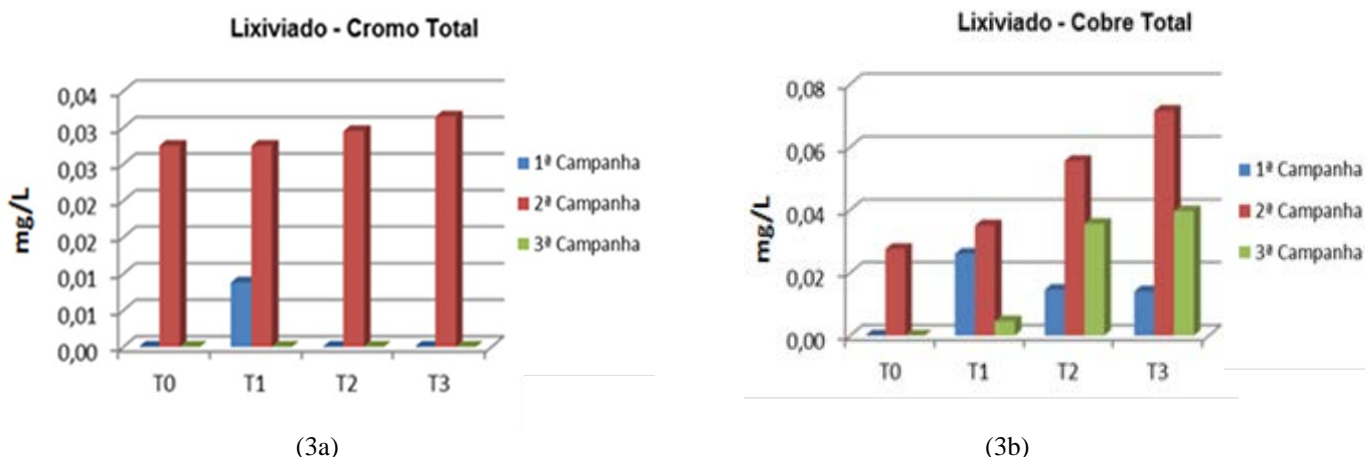


Figura 3 - Concentrações de Cromo e Cobre (mg/L) presentes nos lixiviados das 3 campanhas para as diferentes dosagens de lodo estudadas

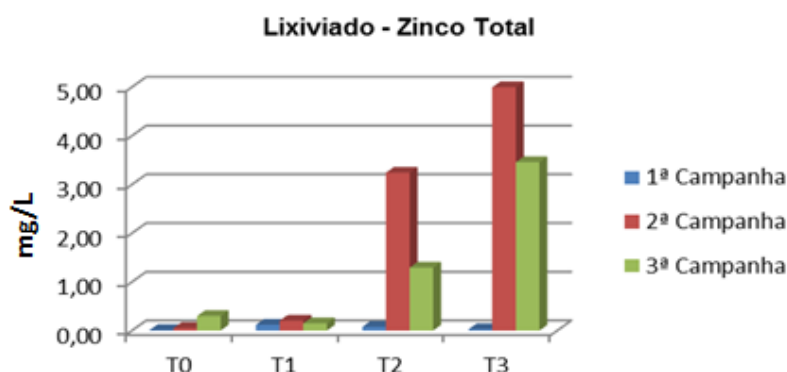


Figura 4 - Concentrações de Zinco presente nos lixiviados das 3 campanhas para as diferentes dosagens de lodo estudadas

Pode-se perceber que, quanto maior a concentração de lodo no solo, maiores são os teores de metais encontrados no lixiviado. Contudo, em relação aos metais, as concentrações presentes no lixiviado nas 3 campanhas foram bem inferiores às encontradas no lodo, sugerindo que boa parte destas substâncias inorgânicas ficou retida, não percolando pela mistura solo e lodo.

No geral, a 2ª campanha apresentou uma maior concentração de todos os metais no lixiviado, demonstrando que os metais não se tornam imediatamente disponíveis no lixiviado logo após a aplicação do lodo, havendo um ápice na mobilidade destes após os 3 primeiros meses do experimento.

Além disso, houve um decréscimo na concentração dos metais na 3ª campanha (em relação a 2ª). Este fato foi acompanhado de um aumento no pH do lixiviado, e consequentemente da mistura, o que sugere uma menor disponibilidade dos metais para lixiviação. Isto pode ser explicado pelo aumento do pH do lixiviado nesta campanha, se apresentando acima de 6, condições em que a atividade iônica dos cátions metálicos estudados é bastante reduzida (OLIVEIRA, 2001).

Com relação ao metal Cromo, este teve alto potencial de retenção na 1ª e 3ª campanhas, corroborando com resultados obtidos por Bertoncini (1999), que em experimento semelhante ao executado, não detectou a presença de cromo nos lixiviados. Quando comparado com os outros metais, percebeu-se que o cromo foi o metal que apresentou menor concentração nos lixiviados. Isto se deve ao fato do cromo apresentar baixa solubilidade e reatividade, resultando em baixa mobilidade no ambiente (MERLINO, 2010).

Na 1ª campanha, o cobre apresentou mobilidade decrescente quando comparados os valores das diferentes dosagens de lodo (T₀, T₁, T₂ e T₃). Para a 2ª e 3ª campanhas, esse comportamento foi oposto, supondo-se que

se deveu ao fato do cobre ter grande afinidade pela matéria orgânica. Como na 1ª campanha, a matéria orgânica ainda estava complexada no solo, o cobre não teve grande mobilidade. Já com relação as outras campanhas, a partir da indisponibilidade de matéria orgânica, tendo em vista que o meio se tornou inóspito, o cobre sofreu maior lixiviação.

Para o metal zinco, o tratamento T_1 apresentou os melhores resultados para as 3 campanhas, mostrando que a dosagem de lodo utilizada (10%) não afetou a mobilidade deste metal, quando comparada a T_0 – Testemunha. As dosagens T_2 e T_3 apresentaram valores bem superiores a T_1 (2ª e 3ª campanhas). Quando comparado aos outros metais, o zinco apresentou maior concentração nos lixiviados dos tratamentos com maior teor de lodo (T_2 e T_3). Oliveira *et al.* (2002), em experimento avaliando a mobilidade de metais pesados oriundos da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, também verificou maior mobilidade do zinco.

Quanto ao parâmetro pH, pode-se verificar que a aplicação do lodo ao solo proporcionou um pH inferior àquele encontrado no solo antes da mistura (pH = 7,8), como pode ser observado nos lixiviados coletados para as diferentes dosagens (tabela 6). Infere-se que isso tenha ocorrido devido à presença da matéria orgânica presente no composto, uma vez que a matéria orgânica do lodo possui caráter ácido.

Assim, considerando as possíveis contaminações do lençol subterrâneo, a dosagem de 10% em massa seca de lodo pode ser considerada mais adequada, quando compara às demais, por não apresentar tantas variações destes parâmetros nas três campanhas efetuadas.

CONCLUSÕES

- Avaliando aspectos qualitativos do lodo com relação à Resolução Conama nº 375 de 2006, este foi classificado como Lodo Classe B (coliformes termotolerantes é inferior a 10^6 NMP/gST). Apesar da Resolução do Conama definir algumas restrições para o uso do lodo Classe B, entende-se que a recuperação de áreas degradadas pode ser executada sem o cultivo de alimentos, tornando viável a utilização do material.
- O lodo aeróbio, apesar de não passar pela etapa de higienização apresentou bons resultados com relação ao lixiviado obtido de sua mistura com o solo. Porém, infere-se sobre a importância de se realizar a higienização do lodo, de forma a se obter lodos com melhor qualidade, podendo até ser considerado um lodo Classe A;
- Quanto a avaliação dos parâmetros físico-químicos, pode-se perceber que os mesmos apresentaram valores inferiores ao lodo utilizado, sendo retidos no solo. Verificou-se também que, a mobilidade dos metais no solo não ocorre imediatamente com a aplicação do lodo, sendo percebidos os maiores teores na 2ª campanha. Contudo, pode-se observar a diminuição da concentração dos metais na 3ª campanha, inferindo-se sobre a melhora das características do solo com relação a retenção destes metais;
- No que diz respeito às características microbiológicas, não foram observadas disparidades nos lixiviados provenientes de diferentes dosagens de lodo. Na 1ª campanha o lixiviado apresentou densidades elevadas de coliforme termotolerante, mas na 2ª e na 3ª campanha, as densidades detectadas no lixiviado já eram bastante reduzidas.

Assim, considerando os parâmetros e as dosagens avaliadas, conclui-se que as dosagens de 10% (T_1) fornece um lixiviado com melhores características qualitativas, ressaltando apenas a densidade de coliformes no lixiviado logo após a mistura de lodo ao solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANGELIS NETO, G. de; Angelis, B. L. D.; Oliveira; D. S. O uso da vegetação na recuperação de áreas urbanas degradadas. *Acta Scientiarum*, 26 (1), p. 65-73, 2004.
2. BERTONCINI, E.I.; MATTIAZZO, M.E. Mobilidade de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23 (1), p.737-744, 1999.
3. Brasil - Ministério do Meio Ambiente. Resolução do CONAMA que dispõe sobre a Regulamentação do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/Conama>>. Acesso em: 30 set. 2014.

4. CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. Rev. Bras. Ciênc. Solo. v.32, n.4, p. 1389-1397, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-6832008000400003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 01 mai. 2015.
5. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.. Amostragem de solos. Embrapa Milho e Sorgo, 2009. Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/feramostra.htm>. Acesso em 10 mai. 2015.
6. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.
7. LARA, A. I. de., Andreoli, C.V.; Pegorini, E.S. Avaliação dos impactos ambientais e monitoramento da disposição final do lodo. In: ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (2001) Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final. Belo Horizonte: UFMG, p. 465-482.
8. LEBLANC, R. J.; Matthews, P.; Richard, R. P. Global atlas of excreta, wastewater sludge, and biosolids management: moving forward the sustainable and welcome uses of a global resource, pela United Nations Human Settlements Programme. Kenya: United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT). Disponível em: http://esa.un.org/iys/docs/san_lib_docs/habitat2008.pdf. Acesso em: 29 set. 2009.
9. LIMA, M. R. P. Uso de estufa agrícola para secagem e higienização do lodo de esgoto. 2009. 288 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.
10. MATTIAS et al, Cobre, zinco e manganês no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 2003. Ribeirão Preto: UNESP, 2003.
11. MESSIAS, A.S.; Silva, H. A.; Lima, V. N.; Souza, J.E.G. Avaliação da mobilidade de micronutrientes em solo tratado com lodo de esgoto. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, 3 (3), p.193-211, 2007.
12. PIRES, A. M. M. Uso agrícola do lodo de esgoto: aspectos legais. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Pires_lodoID-0L1Y8Wo2Vx.pdf>. Acesso em 31 mar. 2013.
13. SOARES, M. T. S. Taxas de mineralização e de lixiviação do nitrogênio, e alterações da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo degradado e outro não-degradado fertilizados com biossólido e florestados com Eucalyptus grandis. 142 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
14. TAMANINI, C. R. Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólidos e gramínea forrageira. 196 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.