

CLASSIFICAÇÃO E BIODEGRADAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA DESCARTE EM ATERRO SANITÁRIO

R.C. Guerra & D.F.D. Angelis

Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Bioquímica e Microbiologia, Av. 24-A, 1515, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil. E-mail: rcguerra@yahoo.com.br

RESUMO

A produção de água para abastecimento público, realizada pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs) é responsável pela geração de resíduos, originados durante a remoção de material solubilizado e partículas em suspensão na água bruta. Geralmente, o destino do lodo acumulado nos decantadores das ETAs é o curso d'água mais próximo, sem que nenhum tratamento seja realizado. O objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade de disposição final, em aterro sanitário, dos sólidos resultantes dos processos de secagem do lodo de duas ETAs: ETA Capim Fino, Município de Piracicaba, SP e ETA II, Município de Rio Claro, SP. Os ensaios para a classificação do lodo de ETA foram realizados de acordo com a norma NBR 10.004 "Resíduos Sólidos - Classificação" da ABNT. Os ensaios de biodegradação foram realizados pelo método respirométrico de Bartha da Cetesb. Os resultados indicam que os lodos estudados são classificados como resíduos não inertes, necessitando de condições adequadas para sua disposição final, entretanto a aplicação de lodo ao solo do aterro sanitário não interferiu de forma negativa no processo de biodegradação, indicando que sob esse aspecto, a co-disposição deste resíduo, juntamente com o solo utilizado na cobertura das células do aterro sanitário do Município de Rio Claro é viável.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo, tratamento, água, biodegradação, aterro sanitário.

ABSTRACT

WATER TREATMENT PLANT SLUDGE CLASSIFICATION AND BIODEGRADATION FOR SANITARY LANDFILL DISPOSAL. Drinking water production by Water Treatment Plants (WTPs) removes suspended particles from raw water by sedimentation and filtration processes, resulting in waste production. In most cases, the destination of the accumulated sludge at the sedimentation basins is the nearest stream. The objective of this study was to verify the viability of ultimate disposal, at a sanitary landfill, of dewatered sludge from two WTPs: WTP Capim Fino, at Piracicaba, SP, and WTP II, at Rio Claro, SP. The WTP sludge classification tests were performed according to the standard NBR 10.004 "Solid Wastes - Classification" by ABNT. The biodegradation tests were performed through Bartha's respirometric method by Cetesb. The results indicate that these wastes are classified as not inert, demanding adequate conditions for their ultimate disposal; however, the sludge and sanitary landfill soil mixture did not interfere negatively in the biodegradation process, indicating that the solids resulting from WTP sludge dewatering can be disposed at the Rio Claro sanitary landfill.

KEY WORDS: Sludge, treatment, water, biodegradation, sanitary landfill.

INTRODUÇÃO

No tratamento da água para abastecimento público, os processos de coagulação e floculação têm como finalidade transformar material solubilizado, partículas em suspensão fina ou estado coloidal, em agregados maiores.

A remoção destes agregados ou "flocos" nos decantadores é responsável pela clarificação da água, resultando no acúmulo de lodo no fundo do decantador. Tais lodos possuem materiais inorgânicos

(argila e areia), e orgânicos em solução ou suspensão, microbiota variada e constituintes resultantes dos compostos químicos aplicados no tratamento da água.

Os sistemas de tratamento de água funcionam de forma similar a uma indústria, onde determinada matéria prima é transformada por meio de diversas operações e processos, em um produto final. Desta forma, assim como os efluentes industriais, os lodos produzidos pelas estações de tratamento de água devem estar de acordo com padrões e

normas que regulamentam a disposição de resíduos em corpos d'água.

A norma técnica NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a) é responsável por classificar os resíduos sólidos em diferentes níveis de periculosidade, considerando possíveis riscos ambientais e à saúde pública. Segundo esta norma, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água são definidos como resíduos sólidos, portanto, devem ser tratados e dispostos dentro dos critérios nela definidos.

A resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005) determina as condições que devem ser cumpridas para o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora, direta ou indiretamente nos corpos d'água. Tais condições impedem o lançamento, sem prévio tratamento, do lodo produzido nas ETAs, devido à grande concentração de sólidos sedimentáveis presente neste resíduo.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) gerencia o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, onde são produzidos aproximadamente 2.200 L/s de água de lavagem de filtros e lodo proveniente dos decantadores, resíduo que não tem sido disposto adequadamente (CORDEIRO, 1999).

Entre as alternativas de disposição final normalmente utilizadas, incluem-se: disposição em aterro sanitário, fabricação de cimento e tijolos, produção de solo comercial e utilização em indústrias cerâmicas ou ser lançado em redes coletoras de esgotos (TSUTIYA & HIRATA, 2001).

No presente trabalho foram realizados os ensaios determinados pela Norma Técnica NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a) para determinar a classificação do lodo produzido nos decantadores de duas estações de tratamento de água, localizadas nos Municípios de Rio Claro e Piracicaba, no Estado de São Paulo.

Como possível via de descarte deste resíduo, foi considerada a disposição do lodo de ETA em aterro sanitário, sendo realizados ensaios de biodegradação, a fim de averiguar a viabilidade da codisposição do lodo de ETA com o solo utilizado na cobertura das células do aterro sanitário do município de Rio Claro, SP.

MATERIAL E MÉTODOS

Procedimentos de coleta e preparação das amostras de lodo

Foram coletados cerca de 40 L de amostra do lodo retirado dos decantadores da ETA Capim Fino, localizada no Município de Piracicaba e da

ETA II, no Município de Rio Claro, SP. A coagulação da água bruta, responsável pela formação do lodo, nestas duas ETAs é realizada mediante a aplicação de cloreto férrico (FeCl₃).

Para a realização dos ensaios de classificação de resíduos sólidos e de biodegradação de resíduos, as amostras de lodo foram desidratadas em estufa a 40°C, e o material seco peneirado em malha de 2,0 mm de abertura.

Aterro sanitário do Município de Rio Claro

Solo

Foram coletadas amostras do solo utilizado na cobertura diária das células do aterro, este material foi mantido ao ar livre para secagem, em seguida peneirado em malha de 2,0 mm.

Chorume

Amostras do líquido percolado, o *chorume*, produzido no aterro sanitário, foram coletadas e acondicionadas em frasco plástico, armazenado sob refrigeração (4° C).

Ensaio para a classificação de resíduos sólidos

A classificação dos lodos de ETA foi realizada de acordo com a Norma Técnica NBR 10.004 "Resíduos sólidos - Classificação" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a), vinculada a 3 outras normas: NBR 10.007 "Amostragem de resíduos - Procedimentos" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004d); NBR 10.005 "Lixiviação de resíduos - Procedimento" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b), e NBR 10.006 "Solubilização de resíduos - Procedimento" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004c).

Deste modo, a partir dos critérios e ensaios preconizados, os resíduos sólidos podem ser classificados e enquadrados nas seguintes categorias: Classe I - Resíduos perigosos e Classe II - Resíduos não perigosos, categoria subdividida em: Classe IIA - Não Inertes e Classe IIB - Inertes.

Ensaio de biodegradação de resíduos

O ensaio de biodegradação do lodo foi realizado segundo a Norma Técnica L6.350 "Solos - Determinação da Biodegradação de Resíduos: método respirométrico de Bartha" (COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL, 1990).

O respirômetro de Bartha é um sistema fechado, constituído de duas câmaras interligadas, onde ocorrem a biodegradação do resíduo e a remoção do CO₂ produzido durante o processo (BARTHA & PRAMER, 1965).

Foram testados diferentes tratamentos, onde se adicionou proporções crescentes dos lodos de ETA desidratados, em relação ao solo do aterro sanitário.

Para cada tratamento foram montados cinco respirômetros, mantidos em estufa a 25° C.

A adição do chorume aos tratamentos foi realizada para adequar a umidade da mistura às condições exigidas pela metodologia, e atuar como uma fonte de microrganismos adaptados às condições do aterro sanitário (Tabela 1).

Avaliação do desenvolvimento de bactérias heterotróficas (BH)

O desenvolvimento de BH nos tratamentos do ensaio de biodegradação foi considerado como um parâmetro complementar ao ensaio de biodegradação do lodo, capaz de indicar variações na população inicial. A contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFC de BH/g de solo seco) foi realizada no início e no final do ensaio de biodegradação, permitindo a análise de possíveis efeitos inibitórios à população de bactérias.

Os procedimentos adotados seguiram as recomendações da Norma Técnica L5.201 (COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL, 1978).

Os ensaios apresentados neste trabalho foram realizados no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Toxicidade de Águas, do Departamento de Bioquímica e Microbiologia do IB - UNESP/Rio Claro, SP. As determinações da concentração dos elementos apresentados nas Tabelas 2 e 3 foram realizadas por Espectrofotometria de Absorção Atômica (FAAS), para os elementos Na e K, e por Espectrometria de Emissão Atômica (ICP-AES), para os demais elementos. Executadas pelo Laboratório de Geoquímica, do Departamento de Petrologia e Metalogenia do IGCE - UNESP/Rio Claro, SP.

Tabela 1 - Tratamentos testados no ensaio de biodegradação do lodo de ETA, com diferentes proporções de solo (S) e lodo (L).

Tratamentos	Solo (g)	Lodo (g)	Chorume* (mL)
S100 (Controle)	50	—	6,0
S70/L30	35	15	6,0
S50/L50	25	25	6,0
S30/L70	15	35	6,0
L100	—	50	6,0

*No ensaio de biodegradação realizado com o lodo da ETA Capim Fino, foram adicionados 6,5 mL de chorume nos tratamentos, em função de uma diminuição na umidade inicial do solo utilizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação de resíduos sólidos

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados da análise dos produtos obtidos pela execução dos ensaios de lixiviação e solubilização dos lodos da ETA II e ETA Capim Fino, juntamente com a concentração máxima definida para o respectivo ensaio.

Os resultados obtidos para o ensaio de lixiviação encontram-se de acordo com a Norma Técnica, não excedendo aos limites máximos estabelecidos, indicando que estas amostras de lodo não representam um resíduo com características de periculosidade (resíduo Classe I).

A análise do ensaio de solubilização indica que a concentração de manganês (Mn) se encontra acima do limite máximo estabelecido, desta forma, tanto o lodo produzido pela ETA II quanto o produzido pela ETA Capim Fino, são classificados segundo a norma técnica, como um resíduo Classe II A, não perigoso-não inerte.

Tabela 2 - Resultados das análises químicas dos produtos do ensaio de Lixiviação, realizados com o lodo da ETA II, Município de Rio Claro, SP e ETA Capim Fino, Município de Piracicaba, SP.

Parâmetros	Lixiviado ETA II	Lixiviado ETA Capim Fino	Limite Máximo ¹	Unidade
Sódio (Na)	4,07	-	*	mg/L
Potássio (K)	4,58	-	*	mg/L
Silício (Si)	28,00	17,30	*	mg/L
Cálcio (Ca)	580,00	278,00	*	mg/L
Estrôncio (Sr)	7,70	2,96	*	mg/L
Magnésio (Mg)	35,00	19,50	*	mg/L
Chumbo (Pb)	0,01	0,083	1,0	mg/L
Ferro (Fe)	0,03	0,042	*	mg/L
Manganês (Mn)	11,60	3,96	*	mg/L
Cromo (Cr)	<0,005	0,005	5,0	mg/L
Fósforo (P)	< 0,10	0,11	*	mg/L
Alumínio (Al)	0,70	0,54	*	mg/L
Zinco (Zn)	0,06	11,90	*	mg/L
Cobre (Cu)	<0,005	0,13	*	mg/L
Bário (Ba)	1,50	1,27	70,0	mg/L
Cobalto (Co)	0,02	0,05	*	mg/L
Níquel (Ni)	0,01	0,018	*	mg/L
Cádmio (Cd)	< 0,003	< 0,003	0,5	mg/L

¹Limites Máximos Permissíveis para o Ensaio de Lixiviação; NBR 10.005 (ABNT, 2004);

- parâmetro não avaliado;

*parâmetro não considerado pela NBR 10.004 (AnexoF).

Tabela 3 -Resultados das análises químicas dos produtos dos ensaios de Solubilização, realizados com os lodos da ETA II, Município de RioClaro, SP, e ETA Capim Fino, Município de Piracicaba, SP.

Parâmetros	Solubilizado ETA II	Solubilizado ETA Capim Fino	Limite Máximo ¹	Unidade
Sódio (Na)	11,10	-	200,0	mg/L
Potássio (K)	5,72	-	*	mg/L
Silício (Si)	4,29	2,30	*	mg/L
Cálcio (Ca)	122,00	220,00	*	mg/L
Estrôncio (Sr)	1,22	1,60	*	mg/L
Magnésio Mg)	17,00	19,60	*	mg/L
Chumbo (Pb)	< 0,02	< 0,020	0,01	mg/L
Ferro (Fe)	0,013	0,094	0,3	mg/L
Manganês (Mn)	0,13	0,29	0,1	mg/L
Cromo (Cr)	< 0,005	< 0,005	0,05	mg/L
Fósforo (P)	< 0,10	< 0,10	*	mg/L
Alumínio (Al)	0,028	0,071	0,2	mg/L
Zinco (Zn)	0,026	0,37	5,0	mg/L
Cobre (Cu)	0,009	0,017	2,0	mg/L
Bário (Ba)	0,067	0,24	0,7	mg/L
Cobalto (Co)	< 0,005	< 0,005	*	mg/L
Níquel (Ni)	< 0,005	< 0,005	*	mg/L
Cádmio (Cd)	< 0,003	< 0,003	0,005	mg/L

¹Limites Máximos Permissíveis para o Ensaio de Solubilização;

-parâmetro não avaliado;

*parâmetro não considerado pela NBR 10.004 (Anexo G).

Ensaio de biodegradação de resíduos

As Figuras 1 e 2 apresentam a quantidade de carbono biodegradado durante os 118 dias de execução do ensaio de biodegradação dos lodos da ETA II e ETA Capim Fino. Esses valores representam o carbono orgânico consumido, devido à biodegradação do lodo adicionado ao solo do aterro sanitário do Município de Rio Claro. Para a obtenção destes resultados, efetuou-se a subtração da média do consumo de carbono do tratamento Controle (S100), a fim de eliminar a parcela de carbono proveniente da matéria orgânica, originalmente contida no solo do aterro sanitário.

Os resultados mostram que o aumento da proporção de lodo de ETA nos tratamentos refletiu em maior quantidade de carbono biodegradado. Os controles, constituídos somente por solo do aterro sanitário e chorume, apresentaram biodegradação de pequena quantidade de carbono. Assim, todos os tratamentos obtiveram maior quantidade de carbono biodegradado, quando comparados ao Controle (S100), indicando que a matéria orgânica presente no lodo sofreu biodegradação, independentemente da proporção de lodo aplicado ao solo.

Desta forma, os tratamentos contendo 100% de lodo (L100), nos ensaios realizados com o lodo da ETA II e ETA Capim Fino, foram responsáveis pelo consumo de maior quantidade de carbono orgânico, seguido pelos tratamentos contendo: 70% de

adição de lodo (S30/L70), 50% de adição de lodo (S50/L50) e 30% de adição de lodo (S70/L30), indicando a biodegradabilidade do material.

Avaliação do desenvolvimento de bactérias heterotróficas

As Figuras 3 e 4 apresentam a contagem inicial e final de UFC de BH/g de solo seco, realizada nos tratamentos testados no ensaio de biodegradação do lodo da ETA II e ETA Capim Fino.

A partir da comparação entre a contagem das UFC de BH inicial e final, constata-se o crescimento das bactérias em todos os tratamentos do ensaio de biodegradação.

O aumento do número de UFC de BH durante o período de incubação deste ensaio de biodegradação, para os dois lodos estudados, está de acordo com os resultados referentes ao consumo do carbono orgânico mostrado nos 118 dias de acompanhamento do ensaio.

Os lodos provenientes dos decantadores da ETA II e ETA Capim Fino, mesmo sendo classificados como Não-Inertes, quando misturados ao solo utilizado na cobertura das células do Aterro Sanitário do município de Rio Claro, não influenciaram de forma negativa o processo de biodegradação da matéria orgânica presente, indicando a viabilidade da disposição final destes resíduos em aterro sanitário.

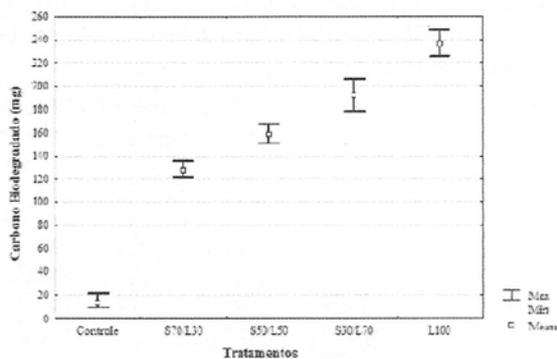


Fig. 1 - Quantidade de carbono biodegradado, presente no lodo da ETA II, Município de Rio Claro, SP, e tratamento Controle (S100), após 118 dias de incubação.

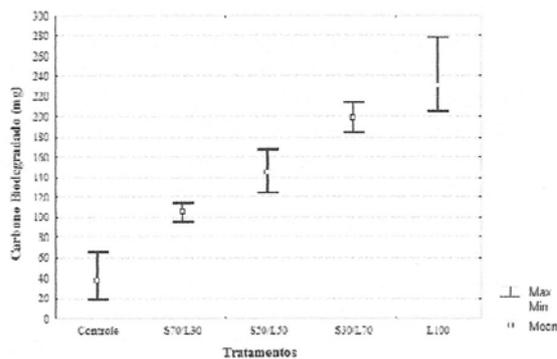


Fig. 2 - Quantidade de carbono biodegradado, presente no lodo da ETA Capim Fino, Município de Piracicaba, SP, e tratamento Controle (S100), após 118 dias de incubação.

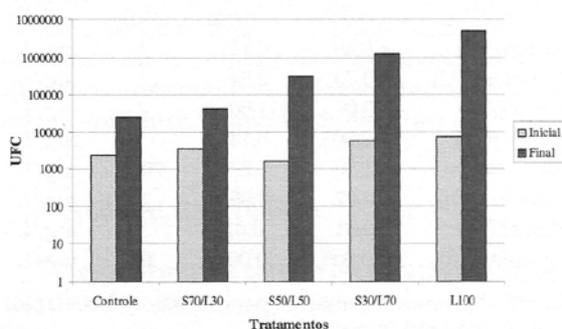


Fig. 3 - Contagem inicial e final de bactérias heterotróficas (UFC/g de solo seco), do ensaio de biodegradação do lodo da ETA II, Município de Rio Claro, SP.

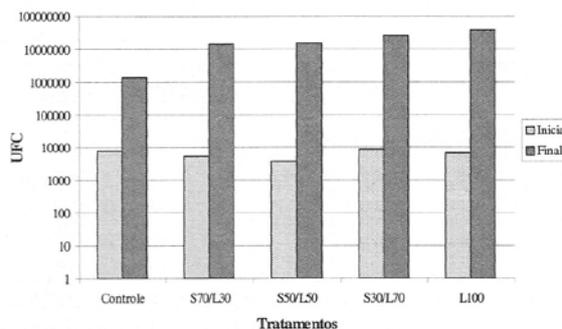


Fig. 4 - Contagem inicial e final de bactérias heterotróficas (UFC/g de solo seco), do ensaio de biodegradação do lodo da ETA Capim Fino, Município de Piracicaba, SP.

Entretanto, recomenda-se a realização de estudos que forneçam dados referentes às metodologias mais eficientes para a desidratação do lodo, e melhor concentração de sólidos, para atingir as condições estruturais e de suporte necessárias à operação do aterro sanitário.

CONCLUSÕES

Viabilidade de disposição dos lodos estudados, no Aterro Sanitário do Município de Rio Claro, SP, considerando aspectos relativos ao processo de biodegradação.

Classificação do lodo proveniente dos decantadores da ETA II e ETA Capim Fino, segundo a norma ABNT, NBR 10.004, como um resíduo Classe II A (não perigoso-não inerte).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR - 10.004:Resíduos sólidos - classificação*. Rio de Janeiro, 2004(a). 33p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR - 10.005:Lixiviação de resíduos*. Rio de Janeiro, 2004(b). 10p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR - 10.006:Solubilização de resíduos*. Rio de Janeiro, 2004(c). 2p.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR - 10.007:Amostragem de resíduos*. Rio de Janeiro, 2004(d). 33p.
- BARTHA, R.& PRAMER, D. Features of flask and method for measurement of the persistence and biological effect of pesticides in soil. *SoilSci.*, v.100, p.68-70, 1965.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. (São Paulo). *Contagem padrão de colônias de bactérias - L5.201*. São Paulo: Cetesb, 1978. 11p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. (São Paulo). *Determinação da biodegradação de resíduos: método respirométrico de Bartha - L6.350*. São Paulo: Cetesb, 1990. 15p.
- BRASIL. - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº357 de 17 de março de 2005*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2005.
- CORDEIRO, J.S. Remoção natural de água de lodos de ETAs utilizando leitos de secagem e lagoas de lodo. In: REALI, M.A.P. (Ed.). *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.125-140.
- TSUTUYA, M.T. & HIRATA, A.Y. Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2001, João Pessoa. *Anais*. João Pessoa: ABES [CDROM], 2001.

Recebido em 23/2/05
Aceito em 23/3/05