

II-104 – MONITORAMENTO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM LODO DE ESGOTO HIGIENIZADO POR VIA TÉRMICA

Luiz Gustavo Wagner⁽¹⁾

Tecnólogo em Construção Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Especialista em Energias Renováveis pela UTFPR. Técnico da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Audrei Margarida Basso Osinski

Bióloga pela Faculdade Integrada Espirita (FIES). Coordenadora do laboratório de avaliações de conformidades da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Ana Beatriz Bastos Alves

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Bolsista do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto (INCT).

Gustavo Rafael Collere Possetti

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Engenheiro Eletricista pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre e doutor em Ciências pela UTFPR. Gerente da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Sanepar. Professor do Programa de Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade do Instituto Superior de Administração e Economia do Mercosul (ISAE-FGV).

Endereço⁽¹⁾: Rua Eng. Antônio Batista Ribas, 151 - Tarumã – Curitiba – PR - CEP: 82800-130 - Brasil - Tel: (41) 3777-7285 - e-mail: luizgw@sanepar.com.br

RESUMO

O lodo de esgoto é um subproduto do tratamento de esgoto sanitário e sua disposição final deve ser sanitariamente segura, ambientalmente adequada e economicamente viável, de acordo com as legislações vigentes no Brasil. A utilização desse subproduto como fertilizante agrícola tem sido uma técnica bastante empregada, entretanto, torna-se necessário eliminar ou diminuir significativamente a quantidade de microrganismos presentes por meio de um processo de higienização. Nesse estudo, construiu-se um sistema de higienização em escala piloto com piso radiante metálico constituído de serpentinas por onde circula água aquecida. Dessa forma, o lodo depositado sobre o piso radiante recebe calor e é higienizado. O objetivo do trabalho foi de monitorar os coliformes termotolerantes presentes no lodo de esgoto, após ser submetido a um processo de higienização térmica, observando se houve indícios de uma eventual recolonização em condições de estocagem. Assim, o lodo permaneceu ao longo de 4 meses, sendo coletadas amostras para análises laboratoriais do lodo bruto e após tratamento térmico aos 7, 18, 32, 44 e 120 dias de estocagem. A média obtida de coliformes termotolerantes no lodo estocado foi de $(37,37 \pm 29,73)$ NMP/g de ST, permanecendo em uma faixa de 1,32 NMP/g de ST até 79,22 NMP/g de ST, sendo que o maior valor é cerca de 12,6 vezes inferior ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 375/2006.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de Esgoto, Higienização Térmica, Coliformes Termotolerantes.

INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O lodo é um subproduto sólido gerado durante o processo de tratamento de esgotos sanitários, constituído de matéria orgânica, nutrientes e água, porém concentrador de microrganismos patogênicos [1]. Seu gerenciamento em uma estação de tratamento engloba etapas de secagem e de higienização, processo de eliminação ou significativa redução de patógenos, antes de sua disposição final. É comum, no entanto, que independente do processo adotado, o lodo permaneça estocado no pátio por longos períodos. Isso acontece nos casos de reciclagem agrícola de lodo, onde há necessidade de formação de lotes em quantidades específicas para atender os produtores, e também no caso da destinação em aterros sanitários, onde há necessidade de significativa redução no teor de umidade.

A Resolução CONAMA 375/2006 define quatro indicadores de contaminação por agentes patogênicos para o lodo de esgoto. São eles: vírus, *Salmonella*, ovos viáveis de helmintos e coliformes termotolerantes. Os vírus e

Salmonella devem ser ausentes. Já o limite estabelecido para ovos viáveis de helmintos é 0,25 ovo/g de ST, para lodo classe A e 10 ovos/g de ST, para lodo classe B. No caso dos coliformes termotolerantes, os limites são divididos em duas faixas, sendo $< 10^3$ NMP/g de ST para lodos classe A e $< 10^6$ para lodos classe B [2].

Vírus e helmintos não se reproduzem fora do seu específico organismo hospedeiro. Portanto, uma vez inativados, não são capazes de crescer novamente. Por outro lado, algumas bactérias têm essa capacidade de recolonização, o que se torna um aspecto importante em um sistema de higienização [3].

Diante disso, fica claro que um lodo considerado higienizado, segundo a Resolução CONAMA 375/2006, pressupõe a presença, embora pequena, de coliformes termotolerantes. Dessa forma, o lodo uma vez higienizado deve permanecer em locais apropriados livre de fontes que possam favorecer a recolonização.

Esses microrganismos são considerados mesófilos em relação à temperatura de crescimento, ou seja, a faixa ótima de crescimento é entre 25 a 40 °C. Em temperaturas abaixo de 25 °C a reprodução destas bactérias decresce. A partir de 50 °C o crescimento bacteriano diminui significativamente, sendo que temperaturas acima de 60 °C destroem a maioria dos microrganismos. Além da temperatura, outros fatores determinantes para a reprodução são o pH e a disponibilidade de nutrientes [4].

Portanto, o objetivo geral desse trabalho foi monitorar por um período de 4 meses o lodo de esgoto estocado no pátio de uma estação de tratamento de esgoto (ETE), após passar por um processo de higienização térmica, verificando se há eventual recolonização por coliformes termotolerantes.

METODOLOGIA

No processo de tratamento térmico do lodo foi utilizado um sistema de higienização construído em escala piloto em uma ETE na cidade de Curitiba-PR. O sistema possui como fontes energéticas o biogás, a energia solar e a eletricidade, e, seu princípio de funcionamento baseia-se na troca de calor entre um fluido aquecido, nesse caso a água, e um piso radiante metálico constituído de serpentinas por onde circula esse fluido. Dessa forma, o lodo depositado sobre o piso radiante é aquecido e higienizado.

Diante disso, utilizou-se lodo proveniente do tratamento anaeróbico de esgotos domésticos, após centrifugação, possuindo um teor sólidos totais (ST) próximo a 20 %, sendo depositado sobre o piso radiante um volume de 0,08 m³ igualmente distribuídos em uma camada de 0,1 m de espessura. Em seguida, o lodo foi coberto com uma lona plástica impermeável em camada dupla, garantido a manutenção do teor de umidade durante o processo.

Para monitoramento da temperatura foram utilizados sete termopares tipo J (exatidão de $\pm 2,2$ °C ou 0,75%), sendo seis na massa de lodo e um para registro da temperatura ambiente. Na massa de lodo, os termopares foram posicionados a uma altura equivalente à metade da espessura depositada (0,05 m a partir da base do piso radiante) em diferentes posições da área. Os sensores foram conectados a um módulo de aquisição e registros de dados, o qual foi configurado para realizar um registro a cada minuto.

O sistema foi, então, ligado e a água aquecida circulou nas serpentinas do piso radiante em uma temperatura de entrada constante de 90 °C. O sistema permaneceu em funcionamento por aproximadamente sete dias.

Após o desligamento, o lodo foi enviado a um abrigo para estocagem no pátio da ETE. O abrigo consiste em estrutura de madeira com cobertura com telha de plástico, protegendo contra incidência direta de água da chuva. A base é constituída de piso de concreto, sendo utilizada uma lona plástica entre o piso e o lodo depositado. A Figura 1 apresenta a localização e detalhes do abrigo com lodo de esgoto estocado.



Figura 1: Vista aérea da ETE e detalhe do local de estocagem do lodo de esgoto

O lodo permaneceu estocado ao longo de 4 meses, sendo coletadas amostras para análises laboratoriais antes do processo térmico e no lodo estocado após 7, 18, 32, 44 e 120 dias. Cada amostra foi composta por exemplares extraídos de 9 pontos diferentes da massa de lodo.

O indicador bacteriológico utilizado foi o número mais provável, sendo expressos em NMP/g de ST e log10 NMP/g de ST, de coliformes termotolerantes e as análises laboratoriais foram realizadas conforme o método preconizado pela U.S. Environmental Protection Agency. Environmental Regulations and Technology (EPA) [5].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após um período de aquecimento de aproximadamente 12 horas, as temperaturas registradas pelos termopares estabilizaram, dando início ao período de higienização que durou aproximadamente 6,2 dias. As médias de temperatura registradas durante esse período são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Registro de temperaturas na massa de lodo durante o período de higienização.

Termopar	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	Temp. Ambiente (°C)
Média	77,45	77,70	78,88	69,66	60,20	68,76	27,52
Desvio Padrão	0,91	0,64	0,56	1,13	1,78	1,18	2,52
Máximo	79,20	79,20	80,10	72,30	64,80	71,40	33,50
Mínimo	74,90	74,20	75,80	67,70	56,40	64,50	23,40
Mediana	77,50	77,70	78,80	69,60	60,00	68,60	27,60

Nota-se que a distribuição de temperatura não é uniforme na massa de lodo. A Resolução CONAMA 375/2006 indica que o lodo pode ser higienizado quando a temperatura atinge 70 °C, desde que o tempo de permanência

seja de 30 minutos [2]. Observando os valores máximos indicados na Tabela 1, verificou-se que esse valor não foi garantido em uma das regiões monitoradas da massa de lodo. No entanto, a higienização também pode ser realizada em temperaturas inferiores a 70 °C, desde que o tempo de permanência seja superior, como por exemplo a 54 °C por 2 horas [1]. Esse valor foi garantido em todas as regiões monitoradas da massa de lodo.

A Tabela 2 e a Figura 2 resumizam os resultados de caracterização dos lodos bruto e estocado após tratamento térmico ao longo do tempo.

A média obtida durante o período de estocagem do lodo foi de $(37,37 \pm 29,73)$ NMP/g de ST. Durante esse período, os valores de coliformes termotolerantes permaneceram dentro de uma faixa de 1,32 até 79,22 NMP/g de ST. O maior valor é cerca de 12,6 vezes inferior ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 375/2006, cujo valor é de 1.000 NMP/g de ST.

Tabela 2: Número Mais Provável (NMP/g de ST) de Coliformes Termotolerantes.

Amostra de lodo de esgoto	Coliformes termotolerantes (NMP/g de ST*)	Coliformes termotolerantes (log ₁₀ NMP/g de ST*)
Bruto	116.001,01	5,06
Estocado 7 dias	63,13	1,8
Estocado 18 dias	11,42	1,06
Estocado 32 dias	31,76	1,5
Estocado 44 dias	1,32	0,12
Estocado 120 dias	79,22	1,89

*ST: Sólidos Totais

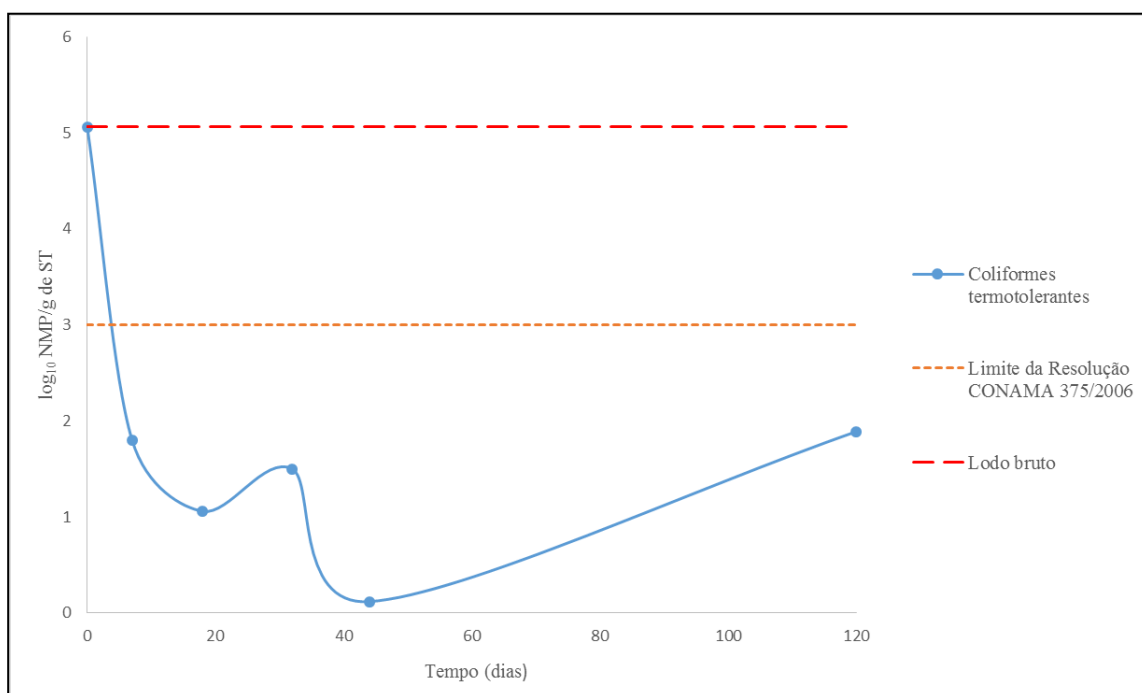


Figura 2 - Coliformes termotolerantes no lodo bruto e em condições de estocagem ao longo do tempo

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após o tratamento térmico e com base nos resultados de análises laboratoriais do lodo estocado é possível concluir que:

O lodo de esgoto foi submetido a um processo de higienização térmica onde os patamares de temperatura foram compatíveis com sua higienização, de acordo com a literatura e legislações pertinentes;

Durante o período estocado, os resultados obtidos para coliformes termotolerantes permaneceram em uma faixa entre 1,32 NMP/g de ST até 79,22 NMP/ g de ST, sendo a média de $(37,37 \pm 29,73)$ NMP/g de ST;

Durante o período estocado, os resultados obtidos para coliformes termotolerantes permaneceram inferiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 375/2006, não havendo, dessa forma, indícios de uma eventual recolonização;

Após submeter o lodo ao tratamento térmico de higienização, recomenda-se:

Que o lodo seja estocado em local protegido, isolado de fontes contaminadas;

Que o manuseio seja realizado somente por ferramentas e equipamentos próprios e se necessário esterilizados;

Que não haja circulação de animais no local e que não haja deslocamento direto dos trabalhadores entre um local com lodo contaminado e outro com lodo higienizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. POSSETTI, Gustavo R. C.; JASINSKI, Vanessa P.; ANDREOLI, Cleverson V.; BITTENCOURT, Simone; CARNEIRO, Charles. Sistema térmico de higienização de lodo de esgoto movido a biogás para ETEs de médio e pequeno porte. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 15, 2012, Belo Horizonte, MG. Anais... Belo horizonte, 2012. 1 CD-ROM.
2. BRASIL - Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 30 out. 2006.
3. ANDREOLI, Cleverson V.; SPERLING, Marcos V.; FERNANDES, Fernando. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. 1. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484p.
4. TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. *Microbiologia*. 12 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
5. U.S. Environmental Protection Agency. Environmental Regulations and Technology (EPA) - Method 1681: Fecal Coliforms in Sewage Sludge (Biosolids) by Multiple-Tube Fermentation using A-1 médium. 2006.