

## **II-455 - TRATAMENTO TÉRMICO PARA HIGIENIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO: INFLUÊNCIA DAS VARIAÇÕES DE TEMPO E TEMPERATURA**

**Monica Eboly Barés<sup>(1)</sup>**

Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - PPGERHA da UFPR, Bióloga pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

**Maria Carolina Vieira da Rocha<sup>(2)</sup>**

Doutoranda no PPGERHA/UFPR. Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - PPGERHA da UFPR. Bióloga pela Universidade Positivo.

**Maria Cristina Borba Braga<sup>(2)</sup>**

PhD em Tecnologia Ambiental/Imperial College of Science, Technology and Medicine – Universidade de Londres; Mestre em Bioquímica/UFPR, Professora Associada, Departamento de Hidráulica e Saneamento/UFPR, Coordenadora do Lab. de Engenharia Ambiental Prof. Francisco Borsari Netto – LABEAM/UFPR, Editora para América do Sul do jornal científico The Journal of Solid Waste Technology and Management.

**Endereço<sup>(1) (2)</sup>:** Rua Coronel Francisco Heráclito dos Santos, nº 270 – Bloco 5 – Piso Superior – Setor de Tecnologia – Departamento de Hidráulica e Saneamento (DHS) – Centro Politécnico – Jardim das Américas – Caixa Postal: 19011 – CEP: 81.530-000 – Curitiba – PR – Brasil - Tel: +55 (41) 3361-3605, Fax: +55 (41) 3361-3143, e-mail: monicaeboly@gmail.com

### **RESUMO**

A reciclagem agrícola tem sido considerada a melhor opção de destinação dos bio sólidos em todo o mundo, pois completa o ciclo de nutrientes minerais. Entretanto, o conteúdo de patogênicos do lodo de esgoto é o fator limitante para sua utilização, pois está associado à transmissão de enfermidades graves. Como todo resíduo de origem animal, o lodo de esgoto contém microrganismos patogênicos, que refletem de maneira direta as condições de saúde pública, animal e ambiental. Basta apenas um ovo de helminto, ou um cisto de protozoário, para infectar o hospedeiro e ocorrer infestação da população. Portanto, para a reciclagem e utilização do lodo de esgoto na agricultura, são necessários elevados níveis de estabilização da matéria orgânica e sanidade dos bio sólidos resultantes. A hidrólise térmica de lodos é considerada um marco importante, pois o pré-tratamento térmico facilita a estabilização, o aumento da desidratação do lodo e a redução do número de patógenos. De acordo com a Resolução nº 375/06, para o enquadramento na classe A, os lodos devem apresentar concentrações de coliformes termotolerantes, inferior a  $10^3$  NMP/g ST. Os resultados para estas combinações tempo *versus* temperatura permitiram observar, que para o tratamento térmico a 60°C, 61°C, 62°C, 63°C, 64°C, 65°C e 70°C em 60 minutos, a diferença entre os resultados encontrados são muito próximos. Pode-se afirmar que 60°C/min há uma redução de ovo de helmintos e coliformes totais e termotolerantes atendo aos padrões sanitários, especificado pelo CONAMA nº 375/2006. A combinação 65°C/60min apresenta uma maior redução de ovos de helmintos, porém, a 70°C/60min observou-se a eliminação deste patógeno. A resposta dos resultados destes ensaios experimentais proporcionam à pesquisa científica uma avaliação detalhada e minuciosa, uma vez que a definição do melhor tempo vai acarretar economia de recursos no tratamento de lodo de esgoto. Pois, o processo de tratamento térmico do lodo de esgoto visa à redução de risco à saúde humana possibilitando a reciclagem dos bio sólidos, podendo ser aplicado no meio agrícola, entre outras aplicações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coliformes Totais e Termotolerantes, Higienização Térmica, Lodo de Esgoto, Ovos de Helmintos, Patógenos.

### **INTRODUÇÃO**

No Brasil, em geral, a disposição final de lodo de esgoto, é realizada em aterro sanitário. Esta operação resulta no encarecimento dos custos operacionais de uma ETE, devido ao transporte deste resíduo com elevada carga orgânica no aterro, o que agravando o problema de gerenciamento do resíduo sólido urbano. Em países da Europa e da América do Norte, o lodo é comumente conduzido à incineração, depositado em aterros sanitários

ou utilizado em áreas agrícolas, dependendo das suas características (Fernandes e Silva, 1996 e, Berton e Ceolato, 2009).

Vários países possuem normas regulamentam a disposição final do lodo, visando assegurar disposição adequada. A adição do bio sólido ao solo apresenta-se como uma alternativa viável, tanto sob o ponto de vista econômico quanto ambiental, pois representa baixo custo operacional, além de promover a reciclagem de matéria orgânica e nutrientes.

O destino final adequado dos bio sólidos é um fator fundamental para o sucesso de um sistema de tratamento (Takemoto, 2006). A legislação para a utilização dos bio sólidos na agricultura é de grande importância devido ao seu potencial como corretivo do solo. A maioria dos países adota normas e critérios, que estabelecem condições adequadas para o uso do lodo de esgoto.

A reciclagem agrícola tem sido considerada a melhor opção de destinação dos bio sólidos em todo o mundo, pois completa o ciclo de nutrientes minerais. Entretanto, o conteúdo de patógenos do lodo de esgoto é o fator limitante para sua utilização, pois está associado à transmissão de enfermidades graves (Barros *et al.*, 2006). Como todo resíduo de origem animal, o lodo de esgoto contém microrganismos patogênicos, que refletem de maneira direta as condições de saúde pública, animal e ambiental. Basta apenas um ovo de helminto, ou um cisto de protozoário, para infectar o hospedeiro e ocorrer infestação da população. Portanto, para a reciclagem e utilização do lodo de esgoto na agricultura, são necessários elevados níveis de estabilização da matéria orgânica e sanidade dos bio sólidos resultantes.

A hidrólise térmica de lodos é considerada um marco importante, pois o pré-tratamento térmico facilita a estabilização, o aumento da desidratação do lodo e a redução do número de patógenos (Noyola *et al.*, 2007; Arce, 2009).

Segundo Noyola e colaboradores (2007), a etapa de pré-tratamento com termohidrólise operando com temperatura controlada, entre 60° e 70°C, por um período de 60 minutos, seguido de digestão em reator UASB operado em temperatura na faixa mesofílica, permitiu 100% de inativação de ovos de helmintos.

Outras pesquisas foram desenvolvidas visando a definição de relações entre temperatura e tempo, para a hidrólise térmica de lodos de esgoto, entre eles Maya *et al.* (2008) afirmam que o tratamento com temperatura de 26°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C e 80°C, por um período de 3 h de contato, permitiu a observação da inativação de ovos de helmintos em 10%, 16%, 57%, 82%, para as cinco primeiras temperaturas testadas e 100% para as duas últimas.

Arce (2009) reportou resultados do tratamento térmico, utilizando temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C por períodos de 30, 60 e 90 minutos, que apresentaram inativação de 100% de ovos de helmintos para as condições de trabalho.

No entanto, Barés (2010) observou em sua pesquisa com tratamento térmico, a presença de ovos de Tardígrada, que podem ser confundidos com os ovos de Ancilostomídeos, devido à semelhança entre os ovos, induzindo a erros que podem refletir no resultado final da avaliação do lodo. Mesmo submetido à exposição à temperatura de 60°C por 60 minutos, o ovo de Tardígrada permanece intacto, sem sofrer alteração, por sua vez, este organismo é um animal não patogênico, encontrados em solo, que provavelmente, pode ter sido arrastado com a água das chuvas para a estação de tratamento de esgoto – ETE.

Assim, a desinfecção tem por objetivo eliminar os microrganismos patogênicos e os ovos de helmintos. Segundo Kowal (1985), os cistos de protozoários e os ovos de helmintos sobrevivem no solo, de 2 a 10 dias e de 2 a 7 anos, respectivamente. Baseado nestas considerações faz-se necessário a utilização de tecnologias que eliminem ou diminuam, sensivelmente, a presença de patógenos, aliados ao controle de higienização. Atualmente, emprega-se no Estado do Paraná o tratamento alcalino como tecnologia de uso extensivo.

Em função da qualidade sanitária do lodo produzido nas estações de tratamento de esgoto do Estado do Paraná, esta pesquisa propõe uma alternativa de estudo para a higienização de lodo aeróbio de esgoto, para aplicação na agricultura, de acordo com as especificações da Resolução do CONAMA nº 375/06.

## OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é determinar a influência do tempo *versus* temperatura para a eliminação dos microrganismos patogênicos e os ovos de helmintos.

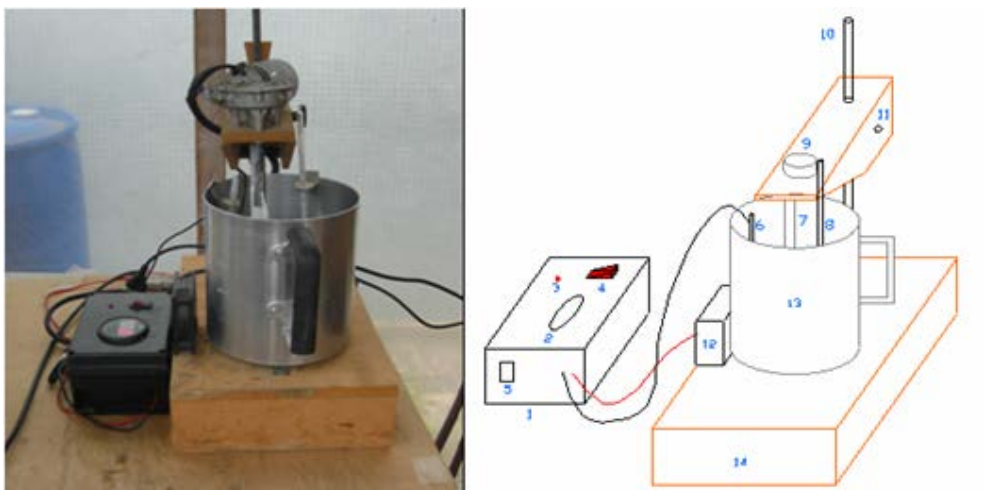
## MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo de esgoto, para este estudo será obtido na ETE-Belém da SANEPAR, em Curitiba – PR. O lodo foi submetido a um conjunto de combinações de temperatura, 60°C, 61°C, 62°C, 63°C, 64°C, 65°C e 70°C, e tempo de aquecimento será de 60 min. Para evitar a falta de homogeneidade na temperatura do lodo, ao sistema de aquecimento (mesa de aquecimento) está acoplado um agitador em pá, que garante a mistura completa e a distribuição da temperatura à toda a massa de lodo.

Para o processo de tratamento térmico foi desenvolvido um sistema de reator termohidrolisador, com a função de submeter o lodo de esgoto a uma combinação de temperatura *versus* tempo. O reator termohidrolisador, como mostra na Figura 1, constitui-se de uma mesa com sistema de controle térmico, por meio de um sensor posicionado em um recipiente que contém o lodo de esgoto. Este sistema opera em um gradiente de temperatura, com variação de  $\pm 1^\circ\text{C}$ , atualizando constantemente se houver variação. Toda visualização do sistema de controle é digital, diminuindo a margem de erro para a leitura da temperatura.

Para completar o sistema de aquecimento, foi projetada e instalada uma mesa constituída por uma placa de aquecimento e um dispositivo liga-desliga, acoplado a um “led” para o controle do aquecimento da placa. A função desta placa é fornecer temperatura constante e uniforme a toda amostra de lodo a ser termohidrolisada.

De cada combinação temperatura *versus* tempo foram utilizadas novas amostras e realizados ensaios com 5 repetições. Para determinar a concentração de ovos de helmintos foi utilizada a técnica do número e da viabilidade *in vitro*, de acordo com o método de Yanko modificado (Soccol *et al.*, 2000), que foi adaptado para as condições e equipamentos laboratoriais disponíveis. Os ovos foram contados em câmara de Sedgwick-Rafter, em microscópio ótico Olympus, modelo BX41, com aumento de 100 vezes.



**Figura 1: Reator Termohidrolisador (RT)**

Legenda: 1 = mesa com sistema de controle térmico; 2 = painel digital; 3 = micro-lâmpada; 4 = botão liga-desliga a mesa com o sistema de programação do controle térmico; 5 = botão liga-desliga o alarme; 6 = sensor de temperatura; 7 = agitador em pá; 8 = termômetro; 9 = alça do agitador em pá; 10 = Suporte para o agitador em pá; 11 = botão liga-desliga – pá do agitador; 12 = ventilador; 13 = reator; 14 = mesa do sistema de aquecimento térmico.

A contagem de coliformes termotolerantes foi realizada pela técnica de Tubos múltiplos, segundo Higaskino *et al.*, 2000. Este método fornece limites de confiança de 95% para cada valor de NMP determinado. A primeira etapa da técnica é caracterizada pelo método presuntivo, que detecta a presença de microrganismos fermentadores da lactose, no grupo dos coliformes, pela inoculação no Caldo Lactosado com Púrpura de Bromocresol, que é um meio enriquecido com nutrientes e favorece o crescimento dos microrganismos. Esta presença é verificada pela produção de ácido por fermentação da lactose e pela produção de gás em tubos de Durham. A segunda etapa desta técnica procede com o teste confirmativo da presença de Coliformes Termotolerantes, em especial, o *E. Coli* com o caldo EC Médio e Coliformes Totais com o Caldo Verde Brilhante Bile.

Os ensaios microbiológicos para os coliformes termotolerantes e totais, e parasitológicos para a leitura dos ovos de helmintos foram realizados no Laboratório de Engenharia Ambiental Professor Francisco Borsari Netto – LABEAM/UFPR.

## RESULTADOS

Para a determinação da influência do tempo *versus* temperatura nas amostras de lodo de esgoto, os resultados obtidos da viabilidade dos ovos de helmintos foram de 100% de ovos de *Ascaris* sp, em todas as amostras, com e sem tratamento térmico, apenas na amostra 70°C/ 60 min apresentou eliminação de ovos de helmintos, conforme observado na Tabela 1. No entanto, durante todas as leituras das amostras na Câmara de Sedgwick-Rafter foram encontradas a presença de ovos de Tardígrada, ovos intactos, a temperatura e o tempo em exposição não afetam estes ovos, que por sua vez, são animais não patogênicos, uma imagem deste ovo pode ser observado na Figura 2.

Os resultados obtidos no tratamento térmico para os coliformes totais e termotolerantes apresentaram presença somente na amostra 60°C/60 min, porém este resultado é satisfatório para as exigências da Resolução do CONAMA nº 375/2006 para Classe A, sendo inferior a ordem de  $10^3$  NMP/100mL. As demais amostras foram detectadas ausência destas bactérias. Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos do experimento térmico.

**Tabela 1: Variáveis analisadas para lodo bruto e tratado termicamente**

Temperatura <i>versus</i> Tempo	STT (g/L)	STV (g/L)	STF (g/L)	STV/STT (%)	Contagem de ovos viáveis	Ovos viáveis /gST	Coliformes totais (NMP/gST)	Coliformes termotolerantes (NMP/gST)
<b>Lodo Bruto</b>								
	92,680	83,432	64,456	0,70	25,0	0,27	$1,7 \times 10^9$	$5,4 \times 10^8$
<b>Lodo tratado termicamente</b>								
60°C/60 min	76,396	52,612	23,784	0,69	7,0	0,09	0,03	0,03
61°C/60 min	73,126	50,298	22,828	0,69	6,0	0,08	< 2	< 2
62°C/60 min	73,496	50,114	23,382	0,68	6,0	0,08	< 2	< 2
63°C/60 min	75,042	50,612	24,43	0,67	6,0	0,07	< 2	< 2
64°C/60 min	70,614	48,260	22,354	0,68	5,0	0,06	< 2	< 2
65°C/60 min	63,698	42,716	20,982	0,67	2,0	0,03	< 2	< 2
70°C/60 min	66,778	44,722	22,056	0,67	ausente	ausente	< 2	< 2



**Figura 2: Ovo de Tardígrada presente na leitura das amostras de lodo de esgoto tratado termicamente**

## CONCLUSÃO

De acordo com a Resolução nº 375/06, para o enquadramento na classe A, os lodos devem apresentar concentrações de coliformes termotolerantes, inferior a  $10^3$  NMP/g ST. Os resultados para estas combinações tempo *versus* temperatura permitiram observar, que para o tratamento térmico a 60°C, 61°C, 62°C, 63°C, 64°C, 65°C e 70°C em 60 minutos, a diferença entre os resultados encontrados são muito próximos. Pode-se afirmar que 60°C/min há uma redução de ovo de helmintos e coliformes totais e termotolerantes atendo aos padrões sanitários, especificado pelo CONAMA nº 375/2006. A combinação 65°C/60min apresenta uma maior redução de ovos de helmintos, porém, a 70°C/60min observou-se a eliminação deste patógenos.

A resposta dos resultados destes ensaios experimentais proporcionam à pesquisa científica uma avaliação detalhada e minuciosa, uma vez que a definição do melhor tempo vai acarretar economia de recursos no tratamento de lodo de esgoto. Pois, o processo de tratamento térmico do lodo de esgoto visa à redução de risco a saúde humana possibilitando a reciclagem dos biossólidos, podendo ser aplicado no meio agrícola, entre outras aplicações.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SANEPAR pelo fornecimento do lodo de esgoto para o desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARCE E. B. M. Pretratamiento térmico y digestión anaerobia mesofílica de lodos residuales para la producción de biosólidos clase A. Tesis (Maestría en Ingeniería Ambiental) – Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM, México. 64 h. 2009.
2. BARÉS, M. Digestão e higienização de lodo de estação de tratamento de esgotos através de processo bifásico com pré-tratamento térmico. 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2010.
3. BARROS, I. T.; COSTA, A. C. S.; ANDREOLI, C. V. Avaliação da higienização de lodo de esgoto anaeróbio através do tratamento ácido e alcalino. Revista SANARE, Curitiba, v. 24, n. 24, p. 61-69, jan./jun. 2006.
4. BERTON, R. S.; CEOLATO, L. C. Reciclagem agrícola de lodo de esgoto na forma líquida: uma boa alternativa para a indústria. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/Lodo/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/Lodo/index.htm)>. Acesso em: 2/10/2009.
5. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375/06, de 29 de agosto de 2006. Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, 29 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 12/01/2007.
6. FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. Manual prático para a compostagem de biossólidos. UEL, FINEP/PROSAB – Tema IV – Edital 01/96. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/Prosab/livros/LivroCompostagem.pdf>>. Acesso em 02/10/2009.
7. HIGASKINO, C. E. K.; TAKAMATSU, A. A.; BORGES, J. C.; BALDIN, S. M. Determinação de coliformes fecais em amostras de lodo de esgoto por fermentação em tubos múltiplos. In: ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. (Coord.). Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. 2º ed. revisada. Paraná: SANEPAR/PROSAB, p. 49-56. 2000.
8. KOWAL, N. E. Health effects of land application of Municipal sludge. Washington: EPA, 1985.
9. MAYA C., LUCARIO S., GALVÁN M., GAYOSSO T., NARANJO R., JIMÉNEZ B. Estudio del mecanismo de inactivación de diferentes géneros de huevos de helmintos de importancia médica. In: Anais do XXXI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Santiago de Chile, Chile. 2008.
10. MELO, H. N. S.; NETO, C. O. A.; MELO, J. L. S. e LIMA, A. M. Estudo comparativo entre os métodos da membrana filtrante e do substrato cromogênico para determinação de coliformes fecais e *Escherichia coli*. In: Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: aspectos metodológicos. Coordenador: Carlos Augusto Lemos Chernicharo. PROSAB. Belo Horizonte – MG, p. 51-60. 2001.
11. NOYOLA A. R., GARBOSSA L. H. P., BRAGA M. C. B., ANDREOLI C. V., FERNANDES, C. V. S. Digestão e higienização de lodos de estação de tratamento de esgotos através de um processo de duas fases não convencionais. In: Anais do XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Belo Horizonte, Brasil. 2007.

12. TAKEMOTO, S. Y. Pré-tratamentos de Lodos Biológicos gerados nos Processos de Lodos Ativados para o Aumento da sua Biodegradabilidade Através de hidrólises Enzimática, Térmica e Alcalina. Tese, (Doutorado em Engenharia Química) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 214. 2006.
13. SOCCOL, V. T.; PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A. Metodologia de análise parasitológica em lodo e esgoto. In: Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto (ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. Coord.). SANEPAR/PROSAB. 2º ed. revisada. Paraná, p. 27-41. 2000.