



## EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS QUÍMICO E TÉRMICO NA HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

Giovanna Caputo Almeida<sup>1</sup>

Jamile Corina Fanhani<sup>2</sup>

Pérsio Sandir D'Oliveira<sup>3</sup>

Benedito Prado Dias Filho<sup>4</sup>

**RESUMO:** Este trabalho foi realizado para avaliar a eficiência de processos químico e térmico na redução de patógenos no lodo de esgoto doméstico, visando a reciclagem agrícola. O lodo de esgoto foi coletado no leito de secagem da Sanepar, em Maringá, PR. Foram empregados três tratamentos: testemunha; processo químico (adição de cal virgem, 25% em relação ao peso seco); e processo térmico (calor úmido em autoclave vertical, na temperatura de 121°C por 2 horas, e pressão de 1,05 kg/cm<sup>2</sup>, repetido no dia seguinte). Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento. Foram realizados testes para verificar a presença de coliformes termotolerantes e totais, *Salmonella* sp. e ovos viáveis de helmintos. Verificou-se que tanto o processo químico quanto o térmico foram eficientes em reduzir as populações de patógenos, possibilitando o uso agrícola do lodo de esgoto.

**PALAVRAS-CHAVE:** lodo de esgoto, patógenos, reciclagem.

## EFFICIENCY OF CHEMICAL AND THERMO PROCESSES TO HYGIENIZE SEWAGE SLUDGE

**ABSTRACT:** This work was carried out to study efficiency of chemical and thermo processes to reduce pathogens in sewage sludge, to recycle it in agriculture. Sewage sludge was collected in dry bed of Sanepar, Maringá, PR. There were three treatments: control, chemical (liming, 25% dry weight); and thermo (wet hot, in vertical autoclave, 121° C, during 2 hours, and press of 1,05 kg/cm<sup>2</sup>, repeated a day after). Tests were done to verify presence of thermotolerant and total coliform, *Salmonella* sp. and viable helminthes eggs. It was verified that both chemical and thermo processes were able to reduce pathogen populations, allowing agriculture use of sewage sludge.

**KEYWORDS:** sewage sludge, pathogens, recycling.

---

<sup>1,2</sup> Acadêmicas do Curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário de Maringá (CESUMAR)

<sup>3</sup> Docente do Curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário de Maringá (CESUMAR)

<sup>4</sup> Docente do Curso de Farmácia da Universidade Estadual de Maringá (UEM)



## INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é o principal subproduto do processo de tratamento de águas servidas. A produção deste resíduo está aumentando, devido à crescente urbanização e aumento populacional (Andreoli et al., 1997; Andreoli et al., 1998; EPA, 1999; Berton, 2000). Os custos de disposição final do lodo de esgoto são altos, e podem chegar a 60% dos custos operacionais de uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) (Rogalla, 1998; Andrade & Mattiazzo, 2000; Berton & Camargo, 2000). As alternativas mais comuns de disposição de lodo de esgoto, como aterros controlados e incineração, apresentam grave risco de poluição ambiental (Andreoli et al., 1997; Rogalla, 1998).

A pesquisa busca alternativas para a reciclagem de lodo de esgoto, que sejam economicamente viáveis e ambientalmente corretas. A adubação de culturas agrícolas e florestais com lodo de esgoto é uma possibilidade, que ocorre em vários países. No Reino Unido, 42% dos biossólidos são reciclados na agricultura (Riddell-Black, 1998); nos Estados Unidos, 60% (EPA, 1999); na Dinamarca, 70% (Debosz et al., 2002). Contudo, o lodo de esgoto contém metais pesados e patógenos (Andreoli et al., 1997; Dionísio & Ressetti, 1998; Luduvic, 1998; Andrade & Mattiazzo, 2000).

No caso de esgotos predominantemente domésticos, não contaminados pelo lançamento de resíduos e efluentes industriais, raramente a concentração de metais pesados atinge limites perigosos (Almeida et al., 1998; Lenzi et al., 2002). Por outro lado, os patógenos normalmente estão sempre presentes, e os principais são bactérias (*Escherichia coli*, *Salmonella* sp.), vírus (adenovírus, hepatite) e parasitos (*Giardia lamblia*, *Ascaris lumbricoides*) (EPA, 1995; Andreoli; Fernandes, Domaszak, 1997; Bonnet; Lara; Domaszak, 1998; Thomaz-Soccol 1998).

Assim, o uso agrícola do lodo de esgoto depende, primeiramente, da aplicação de algum processo para redução de patógenos, entre os quais destacam-se: processos biológicos (compostagem, vermicompostagem); físicos (secagem térmica, solarização, radiação gama); e químicos (adição de cal virgem ou outras substâncias alcalinas). O principal objetivo destes processos não é esterilizar o lodo, mas reduzir o conteúdo de patógenos até os níveis considerados seguros pela legislação (EPA, 1995; 1999; 2000; Fernandes et al., 1996; Andreoli et al., 1997; Fernandes, 1998; 2000; Cetesb, 1999; Corrêa & Corrêa, 2001).

O tratamento químico é muito utilizado no Paraná, e consiste na aplicação de cal virgem ao lodo de esgoto (50% em relação ao peso seco); já mostrou sua eficiência na redução de coliformes termotolerantes e totais e ovos de helmintos (Andreoli et al., 1997;

Thomaz-Soccol, 1998). O tratamento térmico é menos comum, mas pode ser feito com o uso de fornalhas, exposição à luz solar (Corrêa & Corrêa, 2001) ou calor úmido, em autoclave vertical (Pelczar Jr; Chan; Krieg, 1996).

Após passar por processos de redução de patógenos, imobilização de metais e redução de odores, para finalidade útil (e não o descarte em aterro sanitário ou outra disposição final), o lodo de esgoto passa a ser chamado de biossólido (Luduvic, 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de processo térmico (através do aquecimento do lodo) e químico (através da adição de cal virgem ao lodo) visando a redução de patógenos presentes no lodo de esgoto, para possibilitar a sua reciclagem agrícola.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo de esgoto empregado foi produzido por digestão anaeróbia, em um Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado (Ralf), pertencente à Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), localizado no município de Maringá, PR. O reator Ralf é uma adaptação dos reatores Uasb (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), e que ocupa somente 2% da área necessária para uma lagoa de tratamento convencional. Através da atividade microbiana, ocorre a decomposição e estabilização da matéria orgânica, com liberação de biogás e água. O lodo de esgoto é então removido e disposto em leitos de secagem, para desaguamento.

O lodo coletado estava há 60 dias no leito de secagem da ETE, em uma camada com 30 cm de espessura. Foram coletadas amostras em diferentes profundidades, homogêneas e transportadas para o laboratório em sacos de estopa. Uma alíquota foi coletada para determinação do teor de umidade conforme Kiehl (1985). Foram usadas amostras em triplicata, colocadas em cadinhos de porcelana com peso conhecido, pesadas e colocadas em estufas de ventilação forçada, primeiro a 65°C e depois a 105°C. Por diferença de peso, determinou-se o teor de umidade em cada temperatura, 47,3% e 52,1% respectivamente.

O restante do material foi peneirado (malha de 6 mm) e submetido aos processos de redução de patógenos: testemunha (nenhum tratamento); químico (mistura com cal virgem); e térmico (calor úmido em autoclave vertical). No processo químico, o lodo de esgoto foi colocado no interior de balde plástico com capacidade de 20 dm<sup>3</sup>, ao qual foi adicionada cal virgem na dose de 25% do peso seco. Após adição da cal, o material permaneceu sob incubação por 60 dias, no interior de casa de vegetação, quando uma alíquota foi coletada para análise de patógenos. No processo térmico

co, o lodo foi colocado em uma lata com capacidade para 20 dm<sup>3</sup>, fechada com papel alumínio e colocada no interior de autoclave vertical. A temperatura aplicada foi de 121°C, a pressão foi de 1,05 kg cm<sup>-2</sup>. O período de tratamento foi de duas horas, após o que a autoclave foi desligada. O processo foi repetido no dia seguinte, como no processo de tinalização de materiais de laboratório. O lodo foi então removido e transferido para saco plástico, lacrado e armazenado em local fresco e seco. Foram feitas coletas em triplicata dos lodos submetidos aos processos (testemunha; químico; e térmico) e enviadas ao laboratório.

Foi usado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento. Para interpretação dos resultados, a análise estatística foi feita através do programa de computador Saeg (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), na Universidade Federal de Viçosa. O parâmetro utilizado para avaliar a eficiência dos processos de redução de patógenos foi o número mais provável (NMP) por grama de matéria seca do lodo. A determinação de número e da viabilidade *in vitro* de ovos de helmintos seguiu a metodologia descrita por Yanko, 1987 apud Soccol; Paulino; Castro (1998). A determinação de coliformes termotolerantes e totais seguiu a técnica da fermentação em tubos múltiplos (Higaskino et al., 1998). A determinação de *Salmonella* sp. seguiu a metodologia de Andraus et al. (1998).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Controle de coliformes: o tratamento químico (Tabela 1) foi eficiente na redução do NMP de coliformes termotolerantes ( $2,0 \times 10^2$ ) e totais ( $1,7 \times 10^3$ ), resultando em lodo que se encaixa na Classe A da EPA (1995) e da Cetesb (1999), e também na faixa aceitável no Estado do Paraná (Andreoli & Pegorini, 2000), mesmo empregando metade da quantidade de cal virgem normalmente empregada. O tratamento térmico (Tabela 1), por sua vez, praticamente esterilizou o lodo de esgoto, reduzindo o NMP dos coliformes até o limite mínimo de detecção, grau de segurança superior à norma norte-americana (EPA, 1995). A testemunha (Tabela 1) apresentou NMP de coliformes termotolerantes ( $1,3 \times 10^7$ ) e totais ( $1,4 \times 10^7$ ) superiores ao limite de segurança, sugerindo que o lodo de esgoto submetido à digestão anaeróbia e disposto em leito de secagem ainda não está seguro para a reciclagem agrícola.

Controle de ovos de helmintos: nenhum tratamento apresentou ovos viáveis de helmintos (Tabela 1); isto pode ser explicado, em parte, pela eficiência moderada da digestão anaeróbia na redução da viabilidade dos mesmos (Thomaz-Soccol et al., 1998). No entanto, deve ser levando em conta o período prolongado durante o

qual o lodo permaneceu no leito de secagem (60 dias); da mesma forma, o baixo teor de umidade do material original também proporciona um ambiente hostil à sobrevivência de ovos de helmintos. Além disso, amostras coletadas mais perto da superfície devem ser menos favoráveis à presença de ovos viáveis de helmintos do que aquelas coletadas em maior profundidade, onde a camada de lodo protege os patógenos.

Controle de *Salmonella* sp.: como ocorreu com os ovos viáveis de helmintos, nenhum tratamento apresentou *Salmonella* sp. (Tabela 1). Os outros organismos presentes no lodo de esgoto são muito mais agressivos e eficientes em competição do que a *Salmonella*. Além disso, o período prolongado pelo qual o lodo de esgoto permaneceu no leito de secagem (60 dias), exposto ao sol, criou condições desfavoráveis para a sobrevivência de alguns organismos patogênicos.

Tabela 1. Eficiência de processos químico e térmico na redução de patógenos em lodo de esgoto doméstico

Patógenos (NMP g <sup>-1</sup> MS)	Testemunha	Químico	Térmico	EPA (1995)
Coliformes termotolerantes	$1,3 \times 10^7$ a	$2,0 \times 10^2$ b	< 2 c	< $10^3$ g <sup>-1</sup>
Coliformes totais	$1,4 \times 10^7$ b	$1,7 \times 10^3$ b	< 2 c	ne
<i>Salmonella</i> sp.	nd	nd	nd	< 3 g <sup>-1</sup>
Ovos viáveis de helmintos	nd	nd	nd	< 14 g <sup>-1</sup>

Médias de três repetições. Laboratório de Análises Clínicas da Universidade Estadual de Maringá. nd: não detectado; ne: não especificado. Médias com letras diferentes, na mesma linha, são diferentes (Tukey, 5%).

## CONCLUSÃO

Os resultados encontrados mostraram que o processo anaeróbio, seguido por desaguamento em leitos de secagem, é insuficiente para reduzir os patógenos presentes no lodo de esgoto a níveis considerados seguros para uso agrícola. Tanto o processo químico como o térmico foram eficientes em reduzir o número de patógenos presentes no lodo de esgoto, possibilitando seu uso na agricultura.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V.C. et al. Avaliação do teor de alguns metais e de nutrientes de lodos de estações de tratamento de esgoto de Maringá. *Acta Scientiarum*, Maringá, v.20, n.4, p.419-425, dez. 1998.

- ANDRADE, C.A.; MATTIAZZO, M.E. Nitratos e metais pesados no solo e nas árvores após aplicação de biossólido (lodo de esgoto) em plantações florestais de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.58, p.59-72, dez. 2000.
- ANDRAUS, S. et al. Pesquisa de *Salmonella* spp. em amostras de lodo de esgoto e solo: isolamento e identificação. In: ANDREOLI, C.V.; BONNET, B.R.P. (Coord.) **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: SANEPAR, 1998. p.59-61.
- ANDREOLI, C.V.; FERNANDES, F.; DOMASZAK, S.C. **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto**. Curitiba: SANEPAR, 1997. 81p.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p.
- BONNET, B.R.P.; LARA, A.I.; DOMASZAK, S.C. Indicadores biológicos de qualidade sanitária do lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C.V.; BONNET, B.R.P. (Coord.) **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: SANEPAR, 1998. p.11-26.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Aplicação de lodos: sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – critérios para projeto e operação**. São Paulo: CETESB, 1999. 32p. (Norma Técnica P4.230).
- CORRÊA, R.S.; CORRÊA, A.S. **Valoração de biossólidos como fertilizantes e condicionadores de solos**. Sanare, Curitiba, v.16, n.16, p.49-56, jul./dez. 2001.
- DEBOSZ, K. et al. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.19, n.3, p.237-248, March 2002.
- DIONÍSIO, J.A.; RESSETTI, R.R. Avaliação da capacidade da minhoca *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) de desinfecção e desinfestação do lodo de esgoto. **Sanare**, Curitiba, v.8, n.8, p.50-55, jul./dez. 1998.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **A Guide to the Biosolids Risk Assessments for the EPA Part 503 Rule**. S.I.: EPA 832-B-93-005. Sept. 1995. 144p.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Biosolids generation, use, and disposal in the United States**. S.I.: EPA 530-R-99-009, Sept. 1999. 74p.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guide to Field Storage of Biosolids**. S.I.: EPA 832-B-00-007, July 2000. 134p.
- FERNANDES, F. et al. Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da ETE-Belém com vista a seu uso agrícola. **Sanare**, Curitiba, v.5, n.5, p.46-58, jan./jul. 1996.
- FERNANDES, F. Produção e processamento de biossólidos: estabilização e higienização. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODISSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. p.47-50.
- FERNANDES, F. Estabilização e higienização de biossólidos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.45-68.
- HIGASKINO, C.E.K. et al. 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**. Curitiba: SANEPAR, 1998. p.43-50.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p.
- LENZI, E. et al. Avaliação da eficiência das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) de Maringá na retenção dos macronutrientes fósforo e potássio. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2000. Londrina. **Resumos...** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2000. p.251-252.
- LUDUVICE, M. Gestão de biossólidos e o MERCOSUL. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODISSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. p.9-10.
- PELCZAR JR., M.J.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. **Microbiologia:**

conceitos e aplicações. v.1. São Paulo: Makron Books, 1996. 524p.

RIDDELL-BLACK, D. Development of a water industry manual for biosolids use in short rotation forestry. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v.15, n.1, p.101-107, Jan. 1998.

ROGALLA, F. Produção, caracterização e processamento de biossólidos. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998. Curitiba. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. p.35-40.

THOMAZ-SOCCOL, V. Aspectos sanitários do lodo de esgoto. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, p.65-75.

THOMAZ-SOCCOL, V.; PAULINO, R.C.; CASTRO, E.A. Metodologia de análise parasitológica em lodo de esgoto e esgoto. In: ANDREOLI, C.V.; BONNET, B.R.P. (Coord.) **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: SANEPAR, 1998. p.27-35.

THOMAZ-SOCCOL, V. et al. Eficácia dos diferentes processos de tratamento do lodo na redução da viabilidade de ovos de helmintos. **Sanare**, Curitiba, v.8, n.8, p.24-32, jul./dez. 1998.