

# Importância do bio sólido gerado no sistema de tratamento de esgoto por lodos ativados, enfoque para a cidade de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

The relevance of sludge generated in wastewater biological treatment systems, with an emphasis on Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil

La importancia del biosólido generado en sistemas de tratamiento de aguas residuales con lodos activados, con énfasis en Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

*Aline da Silva Oliveira\**  
*Meire Nikaido\*\**

*Marina Smidt Celere\*\**  
*Susana Inés Segura-Muñoz\*\*\**

**RESUMO:** O tratamento de águas residuárias tem assumido um papel de fundamental importância no que se refere aos aspectos de saúde pública e controle da poluição ambiental. Deve-se considerar que os elementos constituintes dos despejos urbanos e industriais, além da carga microbiológica podem conter diversos poluentes químicos que afetam a saúde humana. Dentre os constituintes químicos destacam-se os metais pesados, que, sendo indevidamente removidos, poderão causar poluição significativa no corpo receptor, representando risco para a saúde humana e ambiental. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma reflexão sobre o Sistema de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativados e sobre a importância da avaliação de metais pesados presentes no lodo gerado nesse tipo de tratamento, considerando seu potencial uso como adubo agrícola. Também, apresenta-se o processo de implantação das Estações de Tratamento de Esgoto em Ribeirão Preto e sua importância para a saúde pública e para a preservação dos recursos hídricos nesse município.

**DESCRIPTORES:** Tratamento de esgoto – Ribeirão Preto-SP, Lodo, Metais pesados

**ABSTRACT:** Sewage treatment has been an important issue for public health and for environmental pollution control. It is necessary to take into account that the elements present in urban and industrial wastewater have microbiological components and also have different chemical compounds that can affect human health. Among those chemical constituents, heavy metals present in the wastewater can contaminate the receptor rivers if they are not properly removed, representing a risk for human and environmental health. The present work aims to discuss Biological Wastewater Treatment and the need to evaluate heavy metals present in the generated sludge, taking into account its potential land application for soil quality improvement. Also, Ribeirão Preto's Wastewater Treatment Station is presented and its importance for public health and for preservation of hydrological resources in the region is pointed out.

**KEYWORDS:** Wastewater treatment – Ribeirão Preto-SP, Sludge, Heavy metals

**RESUMEN:** El tratamiento de las aguas residuales ha sido una cuestión importante para la salud pública y para el control de la contaminación ambiental. Es necesario considerar que los elementos presentes en aguas residuales urbanas e industriales tienen componentes microbiológicos y también diversos compuestos químicos que puedan afectarla salud humana. Entre esos componentes químicos, los metales pesados presentes en las aguas residuales pueden contaminar los ríos receptores si no se quitan correctamente, representan un riesgo para la salud humana y ambiental. El presente trabajo busca discutir el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales con Lodos Activados y la necesidad de evaluar los metales pesados presentes en el lodo generado, considerando su uso potencial para la mejora de la calidad del suelo. También se presenta el proceso de implantación de la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales de Ribeirão Preto y su importancia para la salud pública y para la preservación de los recursos hidrológicos en la región.

**PALABRAS-LLAVE:** Tratamiento de aguas residuales – Ribeirão Preto-SP, Lodo, Metales pesados

\* Mestranda de Enfermagem em Saúde Pública do Departamento Materno-Infantil e Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto-EERP/USP. Laboratório de saúde Ambiental. (FAPESP)

\*\* Discente de Enfermagem-Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto-EERP/USP. Bolsista de Iniciação Científica junto ao Laboratório de Saúde Ambiental (FAPESP).

\*\*\* Profa. Dra. ProDoc/CAPES do Departamento Materno-Infantil e Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto-EERP/USP, Universidade de São Paulo. Laboratório de Saúde Ambiental. (Orientadora e responsável pelo projeto). E-mail: susis@eerp.usp.br

## Introdução

Nas últimas décadas, tem sido cada vez mais reconhecido, em nível mundial, que a promoção e proteção da Saúde e Bem-estar da coletividade são determinadas, dentre outros fatores, pela qualidade do ambiente, equacionados num contexto mais amplo, como resultado da ação combinada da sociedade no ambiente físico e social. Os efeitos favoráveis e desfavoráveis na saúde são condicionados pela qualidade dos vários componentes do meio físico, tais como: a água, o ar, o solo, os alimentos e o habitat. Por outro lado, os fatores antropológicos, sócio-econômicos, culturais e políticos influenciam o estado de saúde das populações, exercendo a sua ação, direta ou indiretamente, através da qualidade do ambiente físico em que se desenvolvem. A crescente demanda da sociedade pela adoção de práticas ambientais mais adequadas, se reflete também na importância que o saneamento vêm conquistando na sociedade como fator determinante no processo saúde-doença dos povos.

O saneamento, que é o conjunto de medidas que são adotadas visando modificar as condições do meio com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, é essencial na garantia da saúde pública, quando abrange todas as atividades básicas: abastecimento de água, destino das águas servidas e dos dejetos, destino do lixo, controle de animais vetores de doenças, segurança alimentar, saneamento em moradias, locais de trabalho, escolas e locais de recreação; tanto no cotidiano quanto em situações de emergência. Todas essas preocupações têm um objetivo comum, que é evitar a transmissão de doenças ou agravos à saúde derivados do contato com componentes ambientais contaminados (Viel, 1994).

Atualmente, a cada 14 segundos morre uma criança vítima de doenças hídricas (Moraes e Jordão, 2002). Tais mortes ocorrem entre as camadas mais carentes da população, em crianças já com histórico de imunodeficiência e subnutrição. A diarreia, manifestação comum de doenças infecciosas, ainda se apresenta como uma das principais causas de mortalidade infantil nos países em desenvolvimento, envolvendo fatores de ordem ambiental, nutricional e socioeconômico-cultural (Rocha et al., 2004).

Estima-se que 80% de todas as moléstias, e mais de um terço dos óbitos em países em desenvolvimento, sejam causados pelo consumo de água contaminada e, em média, até um décimo do tempo produtivo de cada pessoa se perde devido a doenças relacionadas à água, sendo os esgotos causa importante dessa degradação dos recursos hídricos em países em desenvolvimento (São Paulo, 1996). Pensando em um adulto que trabalhe, em um ano esse profissional ficará, em média, afastado por 30 dias resultando em menor produtividade, diminuição da renda, além de custos excessivamente altos para órgãos de saúde pública.

O tratamento de águas residuárias tem assumido um papel de fundamental importância no que se refere a aspectos de saúde pública e controle da poluição ambiental. Tais poluições são subprodutos não apenas do aumento demográfico, mas também dos avanços da indústria e da urbanização, que exigem uma crescente disciplina ecológica.

Ao considerarmos os elementos constituintes dos despejos urbanos e industriais, devemos nos manter sempre alertas de que além da carga microbiológica dos mesmos, há um grande número de poluentes químicos que afetam direta ou indiretamente a saúde humana.

Muitos poluentes vêm da agricultura, por adubos, pesticidas, herbicidas, biocidas e dejetos de todo tipo. Dentre os constituintes químicos destacam-se os metais pesados, que sendo indevidamente removidos, poderão causar poluição significativa no corpo receptor, representando um risco para a saúde humana e ambiental. O caso da poluição por mercúrio, por exemplo, inquieta não apenas o Japão (onde contaminou milhares de pessoas e matou centenas), mas também, outras realidades como o entorno dos garimpos brasileiros; os termômetros de uso clínico com mercúrio são progressivamente eliminados e, com isso, podem contaminar os rios, o ambiente aquático e consequentemente as pessoas e animais que entrem em contato e se alimentem dos peixes provenientes destes rios (Lepargneur, 2004).

O Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS), em levantamento realizado em 2003, aponta que a média do abastecimento de água nos domicílios urbanos brasileiros chega a 95,3%. Em contrapartida, a coleta de esgoto sanitário é de cerca de 50,6%, ou seja, pouco menos de um terço das casas da população total. O fato alarmante, entretanto, é que o índice médio nacional de tratamento de esgoto é de apenas 28,2% (SNIS, 2003). Os dados mostram a necessidade de serem implantadas estações de tratamento de esgoto, além de serem estabelecidas regras claras para o cumprimento de legislação pertinente ao saneamento básico dos municípios.

Torna-se importante conhecer os esgotos sanitários, tanto na sua composição quantitativa quanto qualitativa. O volume de esgoto produzido diariamente pode variar de uma comunidade para outra, dependendo de hábitos e condições socioeconômicas da população; da

existência ou não de ligações clandestinas de águas pluviais na rede de esgoto; e do custo e medição da qualidade da água distribuída (Rocha et al., 2005).

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma reflexão sobre o Sistema de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativados e sobre a importância da avaliação de metais pesados presentes no biosólido gerado nesse tipo de tratamento, considerando seu potencial uso como adubo agrícola. Também, discorre-se sobre a implantação das Estações de Tratamento de Esgoto em Ribeirão Preto e sua relevância para a saúde pública e para a preservação dos recursos hídricos na região.

## Coleta de Esgoto

Nesta seção serão descritas as principais etapas do tratamento do esgoto sanitário, limitando-se às águas residuárias residenciais e comerciais, pois no caso do esgoto industrial o processo é mais complexo e especializado.

O primeiro aspecto que deve ser abordado são os tipos de coleta de esgoto que se utilizam na atualidade. Os três tipos básicos de sistemas de esgotamento, segundo a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2005), são:

- Sistema unitário: no qual as águas residuárias, as de infiltração e as pluviais escoam misturadas numa única tubulação;
- Sistema separador parcial: no qual as águas residuárias, as de infiltração e parte das águas pluviais (apenas as que escoam em partes interiores impermeabilizadas das residências, telhados, calçadas, etc.) escoam por uma tubulação e, o restante das águas pluviais escoam por outra tubulação separada;

- Sistema separador absoluto: no qual as águas residuárias e as de infiltração escoam por uma tubulação independente da tubulação de águas pluviais (sistema de drenagem urbana).

Em São Paulo e na maior parte do Brasil, devido a grande impermeabilização do solo gerada pela urbanização, o sistema mais utilizado, e quase que exclusivo, é o separador absoluto.

## Tratamento de Esgoto

Uma das formas mais utilizadas para o tratamento de esgotos na atualidade denomina-se “Sistema de tratamento biológico de esgotos por lodos ativados”, que consiste em submeter a matéria orgânica presente nos esgotos a microorganismos que são “cultivados” nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), para que promovam sua depuração (limpeza). O líquido devolvido ao rio tem cerca de 95% de remoção de sua carga poluidora (SABESP, 2005).

A princípio, uma estação de tratamento de esgoto, deve estar situada nas proximidades de um corpo receptor, que pode ser um lago, uma represa ou um curso d’água qualquer. Em geral, o corpo receptor é um rio. Uma estação de tratamento de esgoto consiste das seguintes etapas: a chegada do “esgoto bruto” na estação, e o escoamento deste por um tubo de grandes dimensões chamado “interceptor” (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2005).

O primeiro procedimento consiste em deter os materiais maiores tais como galhos de árvores, objetos conduzidos e arrastados pelo caminho, etc., os quais ficam presos nos sistemas de gradeamento que possui malhas com espaçamentos diferentes em vários níveis.

A seguir, o esgoto passa pelos desarenadores, ou caixas de areia, para a retirada dos materiais sólidos granulares.

O próximo passo ocorre nos decantadores primários, onde as partículas sólidas sedimentam no fundo do tanque. Entretanto, algumas partículas são muito pequenas e não possuem peso suficiente para precipitarem. Por isso, geralmente na entrada da estação de tratamento de esgoto, é adicionada uma substância coagulante a fim de unir essas partículas formando outras maiores e mais densas que consigam sedimentar com seu peso próprio no decantador. No decantador, a água deve ter um mínimo de turbulência para facilitar a sedimentação.

Os sedimentos acumulados no fundo do decantador são denominados “lodos” e são retirados pelo fundo do tanque, encaminhados para adensadores de gravidade e digestores anaeróbios. Nestes digestores, as bactérias e microorganismos aeróbios consomem a matéria orgânica constituinte do lodo. O material excretado é consumido no fundo do tanque pelos microorganismos anaeróbios. Assim, ocorre uma diminuição do volume do lodo que pode ser encaminhado para filtros prensas e câmaras de desidratação, onde ocorre uma diminuição ainda maior de seu volume, que é o chamado biosólido. Este é, então, encaminhado para aterros sanitários ou como adubo para agricultura. Nos digestores, durante o processo de oxidação da matéria orgânica ocorre a liberação de gás que, geralmente, é reaproveitado como combustível, muitas vezes para abastecer equipamentos da própria estação de tratamento como, por exemplo, os secadores térmicos (Miguel et al., 2004).

Em estações onde o tratamento primário é suficiente, o processo termina nesta etapa. No caso da

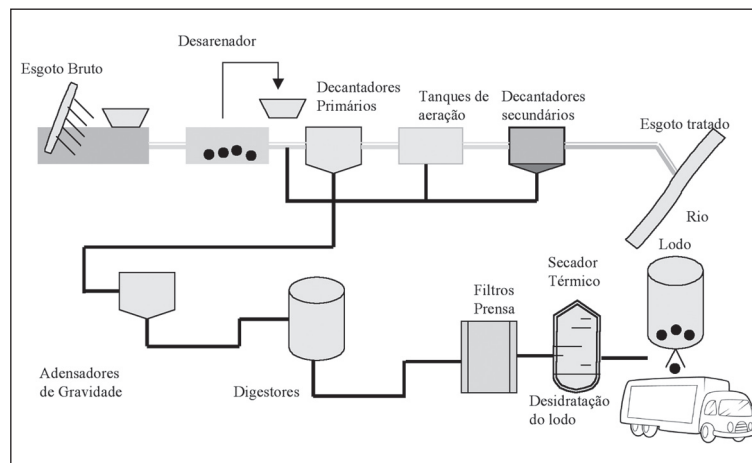


Figura 1. Esquema das etapas do funcionamento da estação de tratamento de esgoto.

necessidade do tratamento secundário, o esgoto é levado do decantador primário para tanques de aeração onde ocorre o tratamento por “lodos ativados” que nada mais é do que a recirculação do lodo acumulado no decantador secundário. O nome “lodo ativado” refere-se a suspensão “ativa” de microorganismos que decompõem a matéria orgânica solúvel. Os sólidos resultantes do processo são desidratados em leitos de secagem (Departamento Municipal de Água e Esgotos, 2005).

Acima, na Figura 1, estão representadas as etapas de funcionamento de uma estação de tratamento de esgoto.

### Principais Tipos de Microorganismos do Lodo Ativado

Os microorganismos utilizados no tratamento de esgoto por Lodos Ativados são conhecidos como decompositores. São os mesmos encontrados na natureza, só que nas ETEs a quantidade é muito maior, devido às condições favoráveis para seu desenvolvimento, pois o alimento (matéria orgânica) é abundante. Esta comunidade de

microorganismos é composta basicamente por bactérias, protozoários e micrometazoários (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2005).

A seguir, serão descritos os principais microorganismos utilizados no tratamento por lodos ativados.

- *Euplotes sp*: ciliado predador de flocos de lodo ativado, alimenta-se das bactérias que constituem o floco de lodo ativado, contribuindo para a renovação da comunidade bacteriana.
- *Poterionderon sp*: Colônia dos Flagelados.
- *Centropyxis sp*: Tecameba (ameba que secreta ou constrói uma carapaça), também comum no sistema de lodos ativados.
- Floco bom: exemplo de floco de lodo ativado. Formado por bactérias viáveis, bactérias mortas, material particulado orgânico e inorgânico.
- Levemente curvado: os fiozinhos são colônias de bactérias filamentosas, cuja ausência ou crescimento em demasia prejudica a eficiência do tratamento, por causar perda de sólidos pelo efluente final

(Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2005).

### Caracterização do Lodo do esgoto e destinação desse subproduto

No Brasil, a caracterização do Lodo de esgoto torna-se importante uma vez que a rede de coleta residencial não é, na maioria das vezes, separada da rede de coleta industrial. Isto faz com que exista maior probabilidade de ocorrência de metais pesados e outros dejetos industriais no lodo. Além disso, em muitas regiões existem problemas graves de saúde, o que pode fazer com que o lodo apresente elevados teores de patógenos (Westphalen et al., 2004).

De forma genérica, os decantadores primários produzem de 2500 a 3500 litros de lodo por milhão de litros de esgoto tratado que é removido por gravidade e contém sólidos com 60 a 80% de matéria orgânica. Os tratamentos secundários promovem o incremento da atividade microbiana aeróbia e/ou anaeróbia, de forma a converter os sólidos dissolvidos em sólidos suspensos (biomassa microbiana)



e reduzir o conteúdo da matéria orgânica pela sua respiração. Posteriormente, a biomassa microbiana é precipitada junto com outras partículas produzindo o lodo secundário (Companhia de Saneamento do Paraná, 1997).

Os diferentes sistemas de tratamento e seus respectivos estágios geram lodos com características e quantidades variáveis. Os lodos são, em geral, ricos em matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e micronutrientes, o que favorece seu uso na agricultura como fertilizante, desde que devidamente avaliados e equacionados os riscos potenciais definidos pelos elementos-traço, agentes patogênicos e pelo nível de estabilização do material, que pode ocasionar problemas de odor com conseqüente atração de vetores (Andreoli et al., 1998).

A disposição final do lodo pelas suas próprias características qualitativas e quantitativas, é um dos principais problemas que envolvem uma estação de tratamento de esgotos. Entre as diversas opções para o equacionamento do problema, a mais comum envolve a digestão anaeróbia seguida de desidratação e destinação final em aterros sanitários. De forma geral, os resíduos do processo de tratamento têm tido uma disposição final baseada no conceito de resíduo a ser descartado, e não como subprodutos de interesse comercial. O efluente final tratado é lançado nos rios, o bio sólido é disposto em aterros, e no caso do gás; há queima sem aproveitamento energético (Westphalen et al., 2004).

Nos anos de 1990 aumentou no Brasil a preocupação com o tratamento de esgoto e sua disposição final (Paulino et al., 2001). Considera-se que o bio sólido possui efeitos benéficos para o cultivo de vegetais e tem sido aplicado em áreas de recreação, em jardins, pastagens, florestas e em recupe-

ração de áreas degradadas (Bettiol e Camargo, 2000). Buscando alternativas de disposição do bio sólido na agricultura, horticultura ou em pastagens deve-se avaliar este para não colocar em risco a saúde da população humana e animal que vive na área de utilização, ou, indiretamente, nas populações que venham a consumir os produtos vegetais oriundos destas áreas.

No lodo, os componentes perigosos são os metais pesados, as bactérias, vírus, protozoários e helmintos (Bettiol e Camargo, 2000; Paulino et al., 2001). A descarga desses componentes, bem como a dos nutrientes nitrogênio e fósforo na superfície e no lençol freático, deve ser minimizada para que se evite a degradação da qualidade da água (Pegorini et al., 2003).

A presença de metais pesados no lodo de esgoto tem sido objeto de muitos estudos devido ao impacto ambiental desses elementos na saúde humana e animal e na qualidade dos alimentos. O lodo de esgoto, estritamente urbano, possui normalmente uma quantidade baixa de metais pesados, mas quando esgotos industriais e água de chuva entram no sistema de captação do esgoto urbano, este pode ter sua concentração de metais aumentada significativamente (Berton, 2000).

A concentração de metais pesados no bio sólido, tem portanto, sua origem em processos industriais. O controle da concentração dos despejos deve estar diretamente relacionado ao número de indústrias e não somente ao despejo individual. É natural que uma bacia com grande número de indústrias possua uma concentração significativa de metais em seu bio sólido, o que inviabilizaria sua aplicação na agricultura. Devido à gravidade das conseqüências a curto, médio e longo prazo de metais pesados sobre o ambiente e a saúde

humana, deve-se fazer um estudo criterioso quanto a aplicação em solos de lodo contaminado com esse tipo de substâncias. É necessário ressaltar, que a capacidade de assimilação de metais pesados pelo solo está relacionada com o seu comportamento químico após a aplicação do lodo. O deslocamento dos metais no ambiente, principalmente quanto à absorção, translocação e acumulação em plantas e animais, é uma variável crucial na determinação dessa capacidade (Garcia e Dorransoro, 2002; Segura-Muñoz, 2002). Espera-se que a barreira solo-planta seja eficiente na retenção e imobilização desses contaminantes no ambiente (Westphalen et al., 2004).

Metais pesados como chumbo (Pb), mercúrio (Hg), cádmio (Cd), arsênico (As), cromo (Cr), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) e níquel (Ni) dentre outros são considerados os metais de maior interesse em termos de saúde pública (Peirano, 2003). Alguns deles são nutrientes importantes no desenvolvimento da vida. Porém, em teores elevados, podem causar sérios riscos para o desenvolvimento das plantas e para a saúde dos animais. Assim, o grande problema é o risco de acumulação desses elementos nos solos, nas plantas, nos animais, com especial destaque ao organismo humano (Segura-Muñoz et al., 2003).

Os metais pesados, em concentrações superiores às legalmente recomendadas, têm sido responsabilizados por causar agravos à saúde, além de uma série de doenças carcinogênicas (Magossi et al., 1991; Serra et al., 1998). Os efeitos tóxicos desses metais encontram-se amplamente descritos na literatura, sendo que a gravidade depende do grau de exposição aos mesmos. Dentre os efeitos adversos, apontam-se danos do sistema nervoso central, no sistema hepático, no

sistema renal, no sistema hemato-poiético e no sistema esquelético (Kreiss, 1990; Stoewsand et al., 1990; Lai et al., 1999; Pal et al., 1999; Staessen et al., 1999; Kelly, 1999; Iregren, 1999).

Na continuidade, apresenta-se a caracterização de alguns metais pesados que podem ser encontrados no lodo de esgoto:

**Mercúrio:** O mercúrio existe em três formas diferentes: elementar, inorgânica e orgânica. Os compostos inorgânicos estão associados a danos à saúde, porém são os compostos orgânicos as formas mais tóxicas e as que passam na cadeia alimentar. Estudos têm demonstrado que independentemente da natureza do mercúrio poluente, o metilmercúrio é essencialmente o mais tóxico e o mais amplamente conhecido (Grandjean et al., 1994; Cranmer et al., 1996).

**Chumbo:** Historicamente, o chumbo é conhecido como um dos mais antigos e nocivos metais (Corona, 1998). A maior parte do chumbo é incorporado ao tecido ósseo, devido à semelhança entre as propriedades dos compostos de chumbo e cálcio. Por se descolar o cálcio dos ossos, processos degenerativos como osteoporose, podem ser observados após uma exposição prolongada (Banks et al., 1997; Buchheim et al., 1998).

**Manganês:** Mineral essencial, porém tóxico quando é absorvido em excesso. A contaminação por manganês tem sido associada com deficiências neurológicas, transtornos comportamentais e doenças neuro-psiquiátricas (Lai et al., 1999; Hudnel, 1999; Mergler et al., 1999).

**Cádmio:** O cádmio também tem sido associado a danos neurológicos, causando polineuropatias, disfunção dos túbulos renais com manifestação de proteinúria, aberrações cromossômicas, perda de olfato, redução na formação de

glóbulos vermelhos e remoção de cálcio dos ossos. Tem sido associado também com câncer e outras doenças mutagênicas (Kreiss et al., 1990; Staessen et al., 1999; Viaene et al., 1999). Numerosas são as fontes de cádmio nos efluentes e lodo de esgoto, incluindo as excretas humanas, a corrosão de tubulações de cobre galvanizadas que compõem redes hidráulicas domésticas, descarte inadequado de baterias de Ni-Cd e a adição direta decorrente de processos industriais.

**Cromo:** O cromo é um metal que ocorre naturalmente e pode formar uma grande variedade de compostos altamente tóxicos. Tem sido demonstrado que os compostos de cromo hexavalente são muito mais tóxicos que os compostos de cromo trivalente (WHO, 1988).

**Cobre:** O cobre é um elemento essencial para todas as formas de vida em baixas concentrações; porém, altos níveis deste mineral têm sido associados a sintomas gastrointestinais, como diarreia, dor abdominal, náusea e vômito (Pizarro et al., 1999).

**Zinco:** Este elemento forma lentamente precipitados solúveis com os íons  $\text{CO}_3$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  e  $\text{Si}$ . O zinco é um elemento fortemente absorvido nas reações que acontecem no solo. Os compostos de zinco, se presentes em quantidades superiores às recomendadas, podem produzir irritação e corrosão do trato intestinal, podendo ainda levar à necrose renal ou nefrite, nos casos mais severos (Barceloux, 1999).

Esses elementos estão presentes em diversos tipos dos resíduos e despejos gerados em atividades humanas, podendo passar para o esgoto sem prévio tratamento. Alguns dos produtos que contém metais são: tintas, produtos de limpeza, óleos lubrificantes, solventes, materiais fotográficos, produtos químicos, pesticidas, resíduos de

produtos farmacêuticos, de medicamentos e aditivos alimentares (Who, 1989; Who, 1992).

Atualmente a reciclagem agrícola do lodo sofre resistência da sociedade decorrente dos potenciais danos ambientais, agrônômicos e sanitários (Andreoli, 1998). A tendência nos países, com larga experiência nesta área avançam, no sentido de produzir um insumo de boa qualidade para a agricultura com garantia de segurança a população e ao ambiente (Nascimento, 2004).

### Experiência da implantação do tratamento de esgoto por lodos ativados em Ribeirão Preto

O município de Ribeirão Preto está entre os municípios paulistas que trabalham para recuperar os recursos hídricos na região; a *Ambient* Serviços Ambientais de Ribeirão Preto S.A., resultado da associação das empresas espanholas OHL e INIMA, com a brasileira REK, investiu R\$ 78 milhões para tratar o esgoto doméstico produzido na cidade. Ribeirão Preto está localizado na região Nordeste do Estado de São Paulo, atualmente, possui uma população de cerca de 504.923 habitantes e uma área de 651 km (Andreoli et al., 1998; IBGE, 2002; Ambient, 2005).

Atualmente está em funcionamento a Estação de Tratamento de Esgoto Caiçara, responsável pelo tratamento de 14% do esgoto produzido na cidade. A Estação de Tratamento de Esgoto Ribeirão Preto, que entrou em funcionamento em 2002, veio a complementar a necessidade de Ribeirão Preto de fortalecer esta área do Saneamento Básico. Além da ETE Caiçara e ETE Ribeirão Preto, a *Ambient* (2005) construiu ainda a Estação Elevatória Palmeiras, integrante do Siste-

ma Caiçara, também foram construídos 26 Km de interceptores às margens dos córregos que cortam a cidade, com diâmetros variando de 300 mm a 1750 mm. Atualmente, aproximadamente 60% do esgoto gerado no município está sendo tratado, porém estima-se que em poucos anos será garantida uma cobertura de mais de 90% de esgoto tratado no município.

O esgoto coletado na cidade é levado por gravidade, através de interceptores, até o Poço de Grossos da estação de tratamento, onde são retirados os sólidos grosseiros que sedimentam neste poço com o auxílio de um guindaste e enviados a um aterro sanitário (Ambient, 2005).

Segundo a Ambient (2005), uma vez retirados os sólidos grosseiros, o esgoto segue por bombeamento para o Pré-Tratamento. Primeiramente, o esgoto é passado por um sistema de grades (gradeamento) capaz de remover os sólidos intermediários e finos, a seguir é transferido para o desarenador e desengordurador onde são extraídos e separados toda areia e gordura presentes no esgoto, através de um sistema composto de uma ponte móvel com bomba vertical e separadores, sendo encaminhados a um contêiner. A gordura é empurrada através do canal da esquerda até cair em um outro tanque onde recebe um pouco de água para poder ser transportada até os tanques que a levarão para um aterro sanitário. A areia sedimenta no tanque e é sugada do fundo e transportada para tanques juntamente com a gordura. Todo resíduo retirado no Pré-Tratamento é transportado para disposição final no Aterro Sanitário do Município. O esgoto isento de sólidos, areia e gordura segue o tratamento indo para o Decantador Primário.

No Decantador Primário ocorre a separação de sólidos sedimentáveis e dissolvidos. A seguir o esgo-

to vai para o Reator Biológico. No Reator Biológico, através de um tratamento biológico, o esgoto é aerado para fornecer oxigênio aos microorganismos presentes, efetuando a limpeza do esgoto. Saindo do reator biológico o efluente vai para o decantador secundário onde a parte líquida é separada do lodo restante, tanto os sólidos que sedimentam quanto os que permanecem em suspensão na superfície da massa líquida são retirados, constituindo o Lodo Ativado, do esgoto tratado. Essa separação é realizada no decantador secundário, onde uma parcela deste lodo retorna ao reator biológico para manter o controle e o equilíbrio do processo de tratamento. A outra parcela será encaminhada aos Biodigestores, juntamente com os sólidos sedimentados que foram separados no decantador primário.

Parte dos lodos de fundo provenientes do decantador secundário são recirculados para o tratamento biológico. O restante é bombeado para o espessador, onde os lodos são adensados para diminuir seu volume. Nos digestores são realizadas a homogeneização e estabilização dos lodos, através de um tratamento biológico anaeróbio. Após o tratamento o lodo é desidratado dando origem a um Biossólido, que será utilizado como adubo orgânico (Ambient, 2005).

A Estação de Tratamento de Esgotos Ribeirão Preto já pronta, tem capacidade para tratar os 84% restantes do esgoto coletado na cidade. Porém, até muito recentemente, quase todo o esgoto da cidade era jogado *in natura* no Rio Pardo, sendo a principal causa da poluição de suas águas. Apenas 2% do esgoto do município era tratado nas duas lagoas de tratamento de Bonfim Paulista (Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto, 2005).

O esgoto coletado e tratado significa mais saúde para a população

e a preservação do meio ambiente, com a despoluição das águas dos rios da região. Por exemplo num trabalho realizado na água do córrego Monte Alegre e afluentes em Ribeirão Preto, verificaram-se níveis elevados de Hg, Mn e Pb nas amostras analisadas, devido ao provável arraste de compostos químicos utilizados no tratamento das plantações, visto que, a região de Ribeirão Preto é uma área marcada por intensa atividade agrícola, dentre as diversas culturas destaca-se a plantação de cana-de-açúcar, responsável por grande parte da atividade agrícola da região, com possíveis efeitos na saúde considerando que essas águas são também, utilizadas para irrigação de hortas existentes nas margens do córrego. (Nikaido et al., 2005).

Com o tratamento de esgotos de Ribeirão Preto, a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) em 2003 revelou uma melhora de 30% no nível de oxigênio dissolvido na água do Rio Pardo e do Rio Ribeirão Preto, possibilitando a preservação da biodiversidade aquática.

## Considerações finais

No ciclo da natureza temos um completo reaproveitamento energético de todos os elementos envolvidos nos diversos processos de transformação de energia. Ao avaliarmos o tratamento de esgoto por lodos ativados, veremos que o biossólido nada mais é do que parte desse ciclo natural, porém com modificações introduzidas pelo homem, fazendo com que seu reaproveitamento dependa de padrões de qualidade bem definidos, e de um gerenciamento perfeitamente envolvido com os princípios de conservação ambiental. Seria uma grande perda para a sociedade negligenciar o potencial do biossólido como uma alternativa ecológica para fertilização e o

aumento de produtividade através de um produto natural (Westphalen et al., 2004).

Torna-se necessário um gerenciamento ambiental, uma reavaliação dos conceitos utilizados da fertilização na agricultura e disposição de resíduos orgânicos, transformando esse resíduo de esgoto num importante insumo para o equilíbrio ambiental e também, para a saúde do homem, sendo imprescindível a atuação das empresas de controle do saneamento ambiental na fiscalização e orientação, e do governo com legislações adequadas e educação ambiental, conscientizando a população para a preservação do meio ambiente.

A importância da conscientização e participação da população no tratamento de esgotos e do biossólido é de fundamental relevância para a promoção da saúde considerando os nutrientes contidos no lodo, além de substituir um grande número dos fertilizantes artificiais

químicos. Por outro lado, a disposição ou reaproveitamento do biossólido constitui uma estratégia de redução de custos para atividades agrícolas e para o controle da qualidade ambiental.

Considerando os fatores anteriormente descritos, deve desmitificar-se através de campanhas de saúde ambiental a resistência do público a problemas comumente relacionados à aplicação do lodo, como presença de patógenos, riscos de contaminação do aquífero, concentrações excessivas de metais pesados e riscos de contaminação da cadeia alimentar por elementos tóxicos, fatores que normalmente são avaliadas pelas entidades públicas responsáveis.

Atualmente, Ribeirão Preto apresenta um exemplo de empenho e luta, para que os esgotos sejam coletados e tratados, tentando garantir a saúde ambiental e humana. Estudos são realizados para avaliar a concentração de metais pesados e

patógenos presentes na estação de tratamento de esgoto de Ribeirão Preto, devido ao aumento da taxa de produção, técnicas de manejo e processamento, benefícios e riscos da utilização do biossólido na agricultura e também do comportamento do biossólido no meio ambiente.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processo FAPESP nº 02/11831-6) – Auxílio Pesquisa Programa Jovem Pesquisador, assim como, pelas bolsas de Mestrado e Iniciação Científica concedidas (FAPESP nº03/11589-3, FAPESP nº03/08922-2 e FAPESP nº04/09904-0). Os autores também agradecem ao Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto (DAERP) e a Ambient-Serviços Ambientais de Ribeirão Preto S.A., pelo apoio recebido.

---

## REFERÊNCIAS

- Ambient. Estação de tratamento de esgoto Ribeirão Preto: manual informativo. Serviços Ambientais de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, SP: Brasil; 2005. Disponível em: URL:www.ambientbr.com.br.
- Andreoli CV, Lara AI, Ferreira AC, Bonnet BRP, Pegorini ES. A gestão dos biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto doméstico. Engenharia e Construção 1988 set; 24.
- Banks E, Ferreti L, Schucard D. Effects of low level lead exposure on cognitive function in children: a review of behavioral, neurophysiological and biological evidence. NeuroToxicology 1997; 18(1): 237-282.
- Barceloux DG. Zinc. Journal Toxicol Clin Toxicology 1999; 37(2): 272-292.
- Berton RS. Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados. In: Bettiol W, Camargo AO, editores.. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa; 2000. p. 259-268.
- Bettiol W, Camargo OA. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa; 2000. p.312
- Buchheim K, Stoltenburg-Didinger G, Lilienthal H, Winnike G. Miopathy: a possible effect of chronic low level lead exposure. NeuroToxicology 1998; 19(4-5): 539-546.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – São Paulo - Brasil. 2003 Disponível em: URL: www.cetesb.gov.br.
- Corona J. Intoxicação por metais pesados: o chumbo.. Rio de Janeiro: Sociedade de Medicina Ortomolecular do Estado de Rio de Janeiro; 1998. Disponível em: URL:www.vitamins.com.br.
- Cranmer M, Gilbert S, Cranmer J. Neurotoxicity of mercury: indicators and effects of low-level exposure: Neurotoxicity 1996; 17(1): 9-14.
- Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto. São Paulo; 2005. Disponível em: URL: http:// www.daergov.br.



- Departamento Municipal de Água e Esgotos. Porto Alegre; 2005. Disponível em: URL:<http://www.portoalegre.rs.gov.br/dmae/interna.asp>.
- Grandjean P, Weihe P, Nielsen JB. Methylmercury: significance of intrauterine and postnatal exposures. *Clinical Chemistry* 1994; 40: 1395-1400.
- Garcia I, Dorronsoro C. Contaminación del suelo. Curso: Tecnología de Suelos. Tema 15. [citado 04 de jan 2002]. Disponível em: URL:<http://edafologia.ugr.es/conta/Tema15>.
- Hudnel H. Effects from environmental Mn exposure: a review of the evidence from non occupational exposure studies. *Neurotoxicology* 1999; 20(2-3): 379-398.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000. São Paulo, 2002.
- Iregren A. Manganese neurotoxicity in industrial exposure. Proof of effects, critical exposure level and sensitive test. *Neurotoxicity* 1999; 20(2-3): 315-323.
- Kelly C. Cadmium therapeutic agents. *Curr Pharm Des* 1999; 5(4): 229-240.
- Kreiss I. Cadmium contamination of the countryside, a case study on health effects. *Toxicology Ind. Health* 1990; 6(5):181-188.
- Lai JC, Minski MJ, Chan AW, Leung TK, Lim L. Manganese mineral interactions in brain. *Neuro Toxicology* 1999; 20(2-3): 433-444.
- Lepargneur H. A água: qualidade de vida - o desafio do século. *Mundo Saúde* 2004; 28 (4): 364-372.
- Magossi L, Bonacella Poluição das águas. 2a ed. São Paulo: Moderna; 1991.
- Meire N, Oliveira AS, Trevilato TMB, Segura-Muñoz SI. Análise da qualidade da água do córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP: enfoque para coliformes fecais e metais pesados. *Mundo Saúde* 2004; 28 (4): 414-420.
- Miguel AR, Bevilacqua Neto N, Guerra PADV, Baptistelli SC. Tratamento de águas residuárias domésticas. In: Romero MA, Philippi Jr A, Bruna GC. Panorama ambiental da metrópole de São Paulo. São Paulo: Signus; 2004. 82-87.
- Moraes DSL, Jordão BQ. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Rev Saúde Pública* 2002;36 (3):370-374.
- Mergler D, Baldwin M, Belanger S, Larribe F, Beuter A, Bowler R, et al. Manganese neurotoxicity, a continuum of dysfunction: results from a community based study. *NeuroToxicology* 1999; 20(2-3): 327-42.
- Nascimento CWA. Uso agrícola do lodo de esgoto: uma alternativa para reciclagem. [citado 03 mar 2004]. Disponível em: URL: <http://www.ufrpe.br/artigos/artigo-14.html>.
- Pal P, Samii A, Calne D. Magnese Neurotoxicity: A review of clinical features, imaging and pathology. *Neurotoxicology* 1999; 20(2-3): 227-238.
- Paulino RC, Castro EA, Thomaz-Soccol V. Tratamento anaeróbico de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos de helmintos. *Rev Soc Bras Med Trop* 2001; 34 (5):421-428.
- Pegorini ES, França M, Andreoli CV, Fowler RF. Avaliação do potencial de disseminação de metais pesados através da reciclagem agrícola de biossólidos do Paraná: quantificação dos elementos em lodos. In: 29º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Ribeirão Preto; 2003.
- Peirano MMF. Remoção de metais pesados no tratamento biológico: sistema biológico tipo lodos ativados. *Rev Gerenciamento Ambiental* 2003; 24:51-53
- Pizarro F, Olivares M, Gidi V, Araya M. The gastrointestinal tract and acute effects of copper in drinking water and beverages. *Environ Health* 1999; 14(4):231-8.
- Rocha MM, Sarti HLC, Lima LF, Junior OC. A urbanização e a poluição dos recursos hídricos. *Mundo Saúde* 2005;28 (4 ):388-394.
- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Tratamento de esgoto por lodos ativados. São Paulo; 2005. Disponível em: URL:[www.sabesc.com.br/sabespensina/intermediário/lodos\\_Ativados/default.htm](http://www.sabesc.com.br/sabespensina/intermediário/lodos_Ativados/default.htm).
- Companhia de Saneamento do Paraná. Reciclagem agrícola de lodo de esgoto-estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônomico e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária. Curitiba: Sanepar; 1997. p.81.
- São Paulo (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Agenda 21. Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente; 1996. p.14-33. [Água em ver: suplemento das águas].
- Segura-Muñoz SI, Takayanagui AMM, Lopes TM, Trevilato TMB, Hering S. Estudo do efeito neurotóxico da exposição ocupacional ao mercúrio, ao chumbo e ao manganês utilizando como ferramenta metodológica a Revisão Sistemática de Literatura. *Mundo saúde* 2003; 27(4):589-595.
- Segura-Muñoz S.I. Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados [tese]. Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto – Universidade São Paulo; 2002.

Serra V, Grossi M, Pimentel V. Lixão, aterro controlado e aterro sanitário. Botucatu: Unes - Depto. de Química e Bioquímica. [citado 22 de out 1998] Disponível em: URL:[www.laser.com.br/IBB/lixo/aterro/html](http://www.laser.com.br/IBB/lixo/aterro/html).

Sistema Nacional de Informações em Saneamento. São Paulo; 2003. Disponível em: <http://www.aguaonline.com.br/materias.php>.

Staessen J, Roels H, Emelianov D, Kuznetsova T, Thijs L, Vangron VELD, et al. Environmental exposure to cadmium, forearm bone density, and risk of fractures: prospective population study. Public Health and Environmental Exposure to Cadmium (PheeCad) Study Group Lancet 1999; 3(353): 1140-1144.

Stoewsand G, Anderson J, Bache C, Lisk D. Cadmium deposition and hepatic microsomal activity in mice fed Swiss chard grown on municipal incinerator refuse ash. Science Total Environment 1990; 94(3): 253-259.

Viel, R. Estudo do funcionamento da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus da Fundação Oswaldo Cruz [tese]. Rio de Janeiro: Fiocruz; 1994.

Viaene M, Roels H, Leenders J, Goorf M, Swerts L, Lison D, et al. Cadmium: a possible etiological factor in peripheral polyneuropathy. NeuroToxicology 1999; 20(1): 7-16.

Westphalen, C, Neto JC, Carli JÁ, Zirpoli, Margarete RO. Aplicação do lodo de esgoto na agricultura. In: Roméro MA, Philippi Jr A, Bruna GC. Panorama ambiental da metrópole de São Paulo. São Paulo: Signus; 2004. p.117-121, 124-127.

World Health Organization. Chromium: environmental health Criteria 61. International Programme on Chemical Safety. Geneva; 1988. Disponível em: URL:<http://incem.org/documents/ehc>.

World Health Organization. Environmental aspects: environmental health Criteria 85. International Programme on Chemical Safety. Geneva; 1989. Disponível em: URL:<http://incem.org/documents/ehc>.

World Health Organization. Environmental aspects: environmental health Criteria 135. International Programme on Chemical Safety. Geneva; 1992. Disponível em: <http://incem.org/documents/ehc>.

---

*Recebido em 5 de junho de 2006*  
*Aprovado em 6 de junho de 2006*