

LODO DE ESGOTO DOMÉSTICO: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS

DOMESTIC SEWAGE SLUDGE: PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS

Marcelo Mendes Pedroza
IFTO
mendes@ifto.edu.br

Ranyere Nascimento Lôbo
IFTO
ranyerelobo23@hotmail.com

Gláucia Eliza Gama Vieira
UFT
glaucia.eliza@ig.com

João Fernandes de Sousa
UFRN
joao@eq.ufrn.br

Fabício Machado Silva
Faculdade ITOP
fabricao_amb@yahoo.com.br

RESUMO: O lodo de esgoto é um resíduo semi-sólido, pastoso e de natureza predominantemente orgânica gerado em estações de tratamento de efluentes. Esse resíduo pode exibir características indesejáveis, como instabilidade biológica, possibilidade de transmissão de patógenos e grandes volumes. O lodo é uma importante fonte de matéria orgânica, micro e macronutriente. Quando aplicado ao solo pode conferir maior capacidade de retenção de água, maior resistência à erosão, diminuição do uso de fertilizantes minerais, e possivelmente, propiciando maior resistência da planta aos fitopatógenos. No entanto, a presença de metais pesados e microrganismos patogênicos no biosólido podem comprometer o seu uso agrícola. A destinação deste lodo residual que é gerado nas estações de tratamento de esgotos é um grande problema ambiental para as empresas de saneamento, públicas ou privadas.

PALAVRAS-CHAVE: Estação de Tratamento de Esgoto, Metais Pesados, Patógenos.

ABSTRACT: Sewage sludge is a residual semisolid, pasty and predominantly organic nature generated in effluent treatment plants. This waste may exhibit undesirable characteristics such as biological instability, the possibility of pathogen transmission and large volumes. The sludge is an important source of organic matter, micro and macronutrients. When applied to the soil can give higher water holding capacity, greater resistance to erosion, decreased use of mineral fertilizers, and possibly providing a higher resistance to plant pathogens. However, the presence of heavy metals and pathogens in biosolids could compromise its agricultural use. The disposal of residual sludge that is generated in sewage treatment plants is a major environmental problem for water utilities, public or private.

KEYWORDS: Treated Sewage, Heavy Metals, Pathogens.

INTRODUÇÃO

Nas áreas urbanas os principais agentes poluidores de águas são os esgotos, que na maioria das vezes são lançados diretamente nos corpos hídricos. Frente à degradação intensa aos corpos d'água, os esgotos de diversas cidades brasileiras vêm sendo tratados em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), que operam em diferentes sistemas tecnológicos.

Nestes sistemas de tratamento de águas residuárias, a água retorna aos mananciais com bom grau de pureza. No entanto, ocorre a geração de um resíduo semissólido, pastoso e de natureza predominantemente orgânica, chamado de lodo de esgoto. A destinação deste lodo residual que é gerado nas ETEs é um grande problema ambiental e econômico para as empresas de saneamento, públicas ou privadas (METCALF e EDDY, 2002), bem como para a saúde pública.

O gerenciamento do lodo de esgoto proveniente de estações de tratamento é uma atividade de grande complexidade e alto custo, que, se for mal executada, pode comprometer benefícios ambientais e sanitários esperados destes sistemas (LUDUVICE, 2001).

O termo "lodo" tem sido utilizado para designar os subprodutos sólidos do tratamento de esgotos. Nos processos biológicos de tratamento, parte da matéria orgânica é absorvida e convertida, fazendo parte da biomassa microbiana, denominada genericamente de lodo biológico ou secundário, composto principalmente de sólidos biológicos, e por essa razão também denominado de biossólido (ANDREOLI et al., 2006).

Alguns constituintes das águas residuárias tais como metais e ovos de helmintos, ao passarem pela estação de tratamento de esgoto, concentram-se no lodo. Vários componentes orgânicos (ácidos húmicos) e minerais (nitrogênio e fósforo) conferem características fertilizantes ao lodo. Entretanto, outros constituintes são indesejáveis como os metais pesados, os poluentes orgânicos e os microrganismos patogênicos pelo seu risco sanitário e ambiental (OLIVEIRA, 2000).

A presença desses constituintes no lodo é muito variável, e depende das características do esgoto bruto e do sistema de tratamento. O esgoto produzido por uma população saudável conterá menos agentes patogênicos que o produzido por uma população doente. Da mesma forma, esgoto doméstico que possuem baixos teores de metais pesados tendem a diminuir o risco sanitário e

ambiental. Teores altos de contaminantes químicos no esgoto são características geralmente de efluentes industriais (CEBALLOS et al., 2001). O recebimento destes efluentes junto com o doméstico pode comprometer a qualidade de lodo das estações de tratamento de desse tipo de despejo, principalmente em relação à concentração de metais pesados (ANDREOLI et al., 2001).

Metais Pesados

Metais pesados possuem definições variadas, quimicamente, é definido como o elemento químico inorgânico com densidade superior a 5 kg/dm³ em uma temperatura de 300 K ou que possua número atômico superior à 20 (MARQUES et al., 2002).

Do ponto de vista ambiental, o metal pesado pode ser entendido como aquele que, em determinados teores e tempo de exposição, oferece risco sanitário, comprometendo a atividade biológica dos seres vivos. Na área da agronomia são definidos como elementos químicos tóxicos às culturas vegetais, cujas presenças no solo possam contribuir para a diminuição de produtividade agrícola (ANDREOLI, 2002). No aspecto taxológico, são elementos químicos tóxicos aos mamíferos superiores.

Dentro desse panorama os principais elementos químicos que se enquadram nesses conceitos são: prata (Ag), arsênio (As), cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), mercúrio (Hg), níquel (Ni), chumbo (Pb), antimônio (Sb), selênio (Se) e zinco (Zn).

Um outro aspecto importante que deve ser levado em consideração é a acumulação e biomagnificação de metais pesados na cadeia alimentar. Os seres humanos podem se contaminar por esses elementos químicos pela ingestão de partes comestíveis de plantas contaminadas, de consumo de animais previamente contaminados ou de subprodutos preparados com estes vegetais. Os metais pesados possuem efeito cumulativo no organismo e podem provocar, desta forma, intoxicações crônicas, cânceres, problemas cardíacos e respiratórios, alergias. Esses metais, não metabolizados, permanecem no organismo e exercem seus efeitos tóxicos, combinando-se com um ou mais grupos reativos ligantes, os quais são indispensáveis para as funções fisiológicas normais (ANDREOLI et al., 2001).

O lodo de esgoto estritamente doméstico possui geralmente baixas concentrações de metais tóxicos, mas quando esgotos industriais e águas pluviais entram em contato com rede coletora de esgoto doméstico, este pode ter sua concentração de metais significativamente aumentada. Altas concentrações de metais em lodos resultam em ações mais restritivas quanto ao uso desse material para fins agrícolas (EUROPEAN COMMISSION, 2002).

Na fase final de tratamento de esgoto, o lodo, material biológico resultante, deve ser tratado com o objetivo de se ter uma menor evolução de odores, baixa atratividade de insetos e maior facilidade de manuseio e destinação final. A concentração total de metais no lodo de esgoto depende muito do tipo de processo empregado para estabilização de matéria orgânica (PIRES e ANDRADE, 2006).

Fuentes et al., (2004) comparou a distribuição dos metais Cd, Cr, Cu, Ni, Fe, Zn e Pb em diferentes tipos de lodo: digerido aerobicamente, digerido anaerobicamente e não estabilizado. Segundo os resultados, o tipo de tratamento empregado influencia na presença desses metais nesse resíduo. Em geral, quanto maior o tempo de digestão da matéria orgânica, maior será a quantidade desses elementos na fase sólida. Quando mais alcalino for o meio, mais compostos insolúveis de chumbo se formam durante o tratamento de esgoto, e, portanto, a concentração desse elemento no efluente será menor.

As pesquisas de Andreoli et al., (2001), indicam que a concentração de chumbo no lodo será tanto maior quanto mais alcalino for o meio e, considerando este perfil, os compostos metálicos se comportam de maneira similar ao chumbo, logo, dependendo da operação de um sistema de tratamento, pode-se direcionar os metais para a fase líquida ou sólida.

A pesquisa desenvolvida por Tsutiya (2001), no estado de São Paulo, caracterizou quimicamente lodos provenientes de diferentes estações de tratamento de esgoto. A composição química de metais não apresentou diferenças qualitativas, porém, em termos quantitativos ocorreu uma grande variabilidade das concentrações. Pode-se citar por exemplo o município de Barueri, uma região industrializada do estado de São Paulo, que apresentou elevados teores de metais pesados no lodo, enquanto que em regiões poucos industrializados, como Humaité e Bertioga, os teores de metais são bem baixos (TSUTIYA, 2001), Tabela 1.

Tabela 1 - Composição Química do lodo de esgoto em ETE's do estado de São Paulo.

Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's)							
Elementos	Barueri	Franca	Suzano	Lavapés	Bertioga	Humaitá	Bichoró
Zn	1870	1560	2705	682	438	549	556
Cu	348	160	543	120	136	136	231
Cd	18	7	6	6	2,9	1,5	2,6
Pb	189	31	245	151	65	65	74
Ni	349	34	227	32	14	13	12

Fonte: (TSUTIYA, 2001) (adaptado).

Os processos de tratamento biológico podem remover de 24 % a 82 % o teor de metais pesados no esgoto como mostra a Tabela 2. Esses elementos podem afetar o metabolismo dos microrganismos dos tratamentos biológicos inibindo o crescimento deste último em tratamentos aeróbios e anaeróbios, bem como comprometer o uso dos corpos aquáticos receptores (BITTON, 2001).

Tabela 2 – Percentual de remoção de metais pesados em ETES

Metal	Tratamento Biológico			
	Filtro biológico	Lodos ativados	Lagoa aerada	Lagoa facultativa
Cr	52	82	71	79
Cu	60	82	74	79
Ni	30	43	35	43
Pb	48	65	58	50
Cd	28	24	-	32

Fonte: (BITTON, 2001).

Agentes patogênicos

Os agentes patogênicos são capazes de causar doenças infecciosas aos seus hospedeiros, sempre que estejam em circunstâncias favoráveis, inclusive do ambiente. O agente patogênico pode se multiplicar no organismo hospedeiro podendo causar infecção e outras complicações. Os microrganismos encontrados no lodo de esgoto podem ser saprófitas, comensais, simbiontes ou parasitas. Apenas a última categoria é patogênica e capaz de causar doenças ao homem e animais. Dentre os patogênicos, cinco grupos podem estar presentes no lodo: os helmintos, os protozoários, os fungos, os vírus e as bactérias (ANDREOLI et al., 2001).

A origem desses microrganismos no lodo pode ser de procedência humana, o que está associada ao nível de saúde da população e as condições de saneamento básico da região, ou de origem animal, pelo contato de fezes animais como cães, gatos e roedores nas redes domésticas.

A quantidade de organismos patogênicos nas águas residuárias domésticas e no lodo produzido na estação de tratamento é bastante variável e depende de alguns fatores, tais como, condições socioeconômicas da população, condições sanitárias, região geográfica, presença de indústrias agroalimentares e tipo de tratamento aplicado ao lodo (CASSINI, 2003).

Dentre todos os patógenos, os helmintos despertam grande interesse, pois o ambiente encontrado nos processos de tratamento de esgoto é propício ao embrionamento de seus ovos (BLACK, 2002). Alguns gêneros como *Ascaris* (Figuras 1, 2 e 3), *Toxocara* (Figura 4) e *Trichuris* (Figura 5) são extremamente resistentes a ampla variedade de condições físicas e químicas, sendo capazes de sobreviver por vários anos no solo (CEBALLOS et al., 2001).

Contudo, estudos realizados demonstram baixa correlação entre a utilização do lodo de esgoto e a incidência de doenças (CASSINI, 2003). Todavia, o mesmo autor mostra a importância de se adotar todos os cuidados higiênicos durante a aplicação desse biossólido.

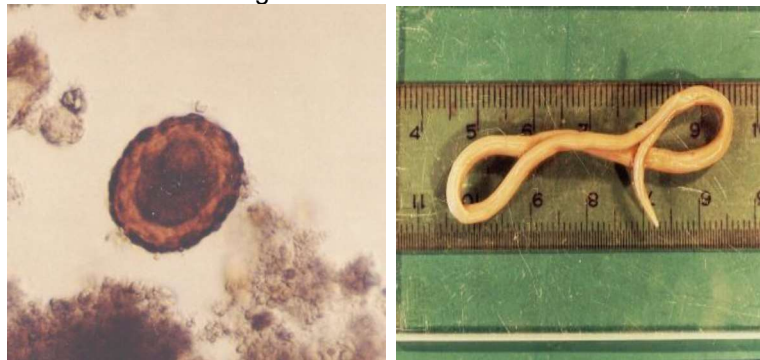
Os principais parasitas (ovos, larvas ou cistos) são encontrados no lodo e os sintomas que eventualmente podem causar ao homem e animais são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Principais parasitos encontrados no lodo de esgoto doméstico

Grupo	Parasito	Sintomas principais
Nematóides	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Distúrbios digestivos, dor abdominal
	<i>Ascaris suum</i>	Distúrbios digestivos, tosse, febre
	<i>Ancylostoma duodenale</i>	Anemia, emagrecimento
	<i>Trichuris trichiura</i>	Diarréia, anemia, perda de peso
	<i>Necator americanus</i>	Anemia, emagrecimento
	<i>Toxocara canis</i>	Diarréia, febre, sintomas neurológicos
	<i>Trichostrongylus axei</i>	Gastrite, úlcera gástrica
Cestóides	<i>Taenia solium</i>	Distúrbios digestivos, insônia, anorexia, dor abdominal, distúrbios nervosos
	<i>Taenia saginata</i>	Distúrbios digestivos, insônia, anorexia, dor abdominal, emagrecimento
	<i>Hymenolepis nana</i>	Diarréia, sinais nervosos
	<i>Hymenolepis diminuta</i>	Distúrbios digestivos
	<i>Echinococcus granulosus</i>	Distúrbios digestivos, hepáticos e pulmonares
Protozoários	<i>Entamoeba histolytica</i>	Enterite aguda
	<i>Giardia lamblia</i>	Diarréia, perda de peso
	<i>Cryptosporidium</i>	Gastroenterite
	<i>Toxoplasma gondii</i>	Alterações do sistema nervoso, coriorretinite
	<i>Balantidium coli</i>	Distúrbios digestivos

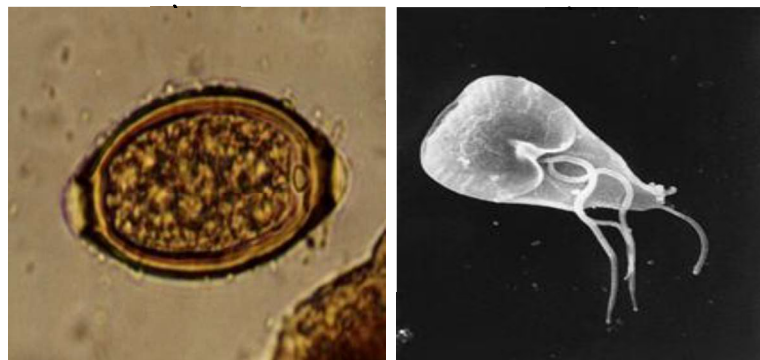
Fonte: (THOMAZ-SOCCOL et al.,2000).

Figura 7 – *Giardia lamblia*



(a)

(b)



(c)

(d)

Fonte: (ATLAS PARASITOLOGIA, 2010).

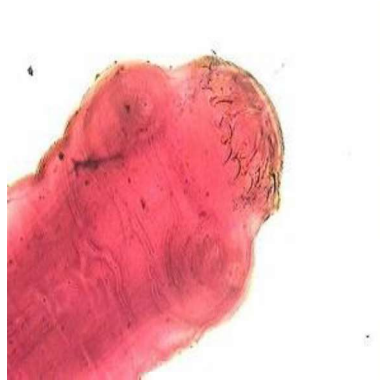
A *Taenia solium* merece destaque, dentre os helmintos patogênicos, por ser uma zoonose de alta incidência na América Latina. No seu ciclo evolutivo ela pode afetar o homem, o seu hospedeiro definitivo, e, suínos que são os hospedeiros intermediários. É importante ressaltar que o homem também pode atuar como hospedeiro intermediário e neste caso, a larva se instala no cérebro, nos olhos ou na musculatura. Essa localização cerebral provoca graves transtornos neurológicos (BLACK, 2001), Figuras 8 e 9.

Figura 8 – *Taenia spp.* - ovo em fezes.



Fonte: (ATLAS PARASITOLOGIA, 2010).

Figura 9 – *Taenia solium* – escólex.



Fonte:(ATLAS PARASITOLOGIA, 2010).

Ascaris lumbricoides é um nematóide parasita de intestino delgado do homem, onde o mesmo se contamina principalmente pela terra com os ovos desse helminto. Os parasitos adultos, no intestino, são responsáveis pelos distúrbios digestivos tais como cólicas abdominais, diarreia e vômitos. Alguns distúrbios nervosos também são causados por produtos de secreção e excreção do parasito. Os sinais nervosos mais comuns consistem em agitação noturna, irritabilidade e epilepsia (BRUM et al, 2009).

Em 1989, cerca de 25 % da população mundial estava infectada com ovos de *Ascaris* destacando-se na contribuição desses números às populações dos países em desenvolvimento. Em estudo epidemiológico realizado no Brasil, no final da década de 80, uma amostra de 2,5 milhões de pessoas foi identificada a contaminação por *Ascaris lumbricoides* em 59,5 % desse total (ANDREOLI et al., 2001).

Os ovos de helmintos têm sido empregados e referenciados como excelentes indicadores de contaminação biológica de lodos de esgotos por serem altamente resistentes a condições ambientais adversas e pela elevada

frequência com que são encontrados nas fezes humanas. Os ovos de *Ascaris* são conhecidos por serem extraordinariamente resistentes a variações do ambiente, por possuírem uma complexa estrutura de sua casca envoltória e por serem capazes de sobreviver no solo por períodos de até 7 anos (CEBALLOS et al., 2001).

Estudos realizados com amostras de lodos de esgotos mostram que a ação da temperatura e o tempo de exposição do lodo estão diretamente relacionados com a redução do número de ovos de helmintos viáveis. Ovos de *Ascaris lumbricoides* presentes em lodos brutos e digerido foram eliminados após duas horas de exposição à temperatura de 55 °C (CASSINI, 2003). Em trabalho realizado com ovos de *Ascaris lumbricoides* as temperaturas de 22 °C, 30 °C e 40 °C, observou-se que estes podem ser inativados à temperatura de 30 °C após um período de 14 dias em meio básico, com pH igual a 11,9, e a 40 °C, após sete dias em meio neutro ou alcalino.

Andreoli et al., (2000) estudaram a relação entre temperatura e tempo de exposição de lodo anaeróbico em leitos de secagem cobertos por estufas plásticas, e concluíram que, a 50 °C por um período de 48 horas, 60 °C por 6 horas e 80 °C por um período de 5 minutos, mostraram eficientes na redução do número de ovos de helmintos viáveis para níveis aceitáveis.

Inúmeras são as vias pelas quais o homem ou os animais podem se infectar por helmintos. A via oral é a mais importante epidemiologicamente, não podendo ser destacados outras vias como a inalação, por exemplo. Quanto à dose infectante, para ovos de helmintos e cistos de protozoários apenas um ovo ou cisto é suficiente para infectar o hospedeiro (OMS, 1989).

Dentre as bactérias entéricas patogênicas que podem estar presentes no lodo de esgoto, a *Salmonella spp.* (Figura 10) e a *Shigella spp.* representam provavelmente o maior risco de infecção para os seres humanos, uma vez que são as bactérias mais encontradas em esgotos domésticos. A presença dessas bactérias no esgoto, sua sobrevivência, densidade, patogenicidade e potencial risco à saúde, tem sido pesquisada e documentada por vários autores (EPA, 1992). Só o estado do Paraná apresentou, de 1994 a 1996, 7031 casos de pessoas contaminadas por *Salmonella spp.*, reforçando a gravidade da doença, pois entre 27,2 e 55,9 % dos doentes, foram internados em hospitais.

Figura 10 – *Salmonella spp.*



Fonte:(ATLAS PARASITOLOGIA, 2010).

Os principais grupos bacterianos entéricos, suas enfermidades e reservatórios são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Grupos bacterianos presentes em lodo de esgoto

Organismo	Doença	Reservatório (em animais)
<i>Salmonella paratyphi</i>	Febre paratifoide	Mamíferos, pássaros e tartarugas
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifóide	Mamíferos, aves domésticas e selvagens
<i>Salmonella</i>	Salmonelose	Bovinos e outros animais
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	
<i>Yersinia</i>	Gastrenterite	Aves e mamíferos
<i>Campylobacter jejuni</i>	Gastrenterite	Cachorros, gatos, aves
<i>Escherichia coli</i>	Gastrenterite	Animais domésticos
<i>Leptospira ssp.</i>	Leptospirose	Mamíferos, ratos
<i>Shigella ssp.</i>		

Fonte: (EPA, 1992).

A transmissão da maioria das bactérias entéricas dá-se por via oral-fecal pela água e alimentos. A inalação de partículas contendo patógenos também é possível. Esta forma de infecção representa maior risco para os indivíduos que trabalham diretamente com o lodo, como é o caso dos trabalhadores de ETE's, transportadores e espalhadores do lodo (TRABULSI e ALTERTHUM, 2005).

Um estudo realizado com lodo de esgoto anaeróbio digerido aplicado em pastagens informa que a resistência dos agentes patogênicos é bem baixa nas regiões altas das folhas da grama do que próximo à superfície do solo (ANDREOLI et al., 2001).

A dose infectante para as bactérias pode variar de um agente patogênico para outro. Em geral, a dose calculada é da ordem de $10^2 - 10^6$ organismos (EPA, 1992).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O lodo de esgoto é constituído principalmente de componentes de microrganismos, principalmente bactérias (ácidos nucléicos, proteínas, carboidratos e lipídios), substâncias húmicas formadas durante a decomposição bacteriana, material orgânico não digerido (celulose) e material inorgânico.

Dentre os processos mais comuns de disposição de lodo de esgoto citam-se: *landfilling*, reuso agrícola, aterro sanitário e incineração, todavia, esses processos convencionais de disposição apresentam certas limitações. A aplicação de biossólidos em *landfilling* é a mais comum alternativa empregada na Europa e Estados Unidos. Estes aterros ocupam uma extensa área, sendo a grande desvantagem desse sistema. A reciclagem agrícola de biossólidos, por sua vez, pode resultar no acúmulo de compostos nocivos no solo, tais como metais pesados.

A incineração é um processo eficiente utilizado na redução do volume do lodo de esgoto. Quando combinado com co-geração, a incineração pode resgatar grande parte da energia contida no lodo. No entanto, as emissões de gases nocivos, talvez seja a principal desvantagem dessa forma de disposição de lodo de esgoto.

O tratamento térmico por pirólise é uma alternativa ambientalmente correta a ser empregada no reaproveitamento de biossólidos. As frações líquida e gasosa obtidas durante o processo apresentam elevados poderes caloríficos que podem ser reaproveitados como biocombustível no próprio processo pirolítico. Já o resíduo sólido gerado durante este processo também pode ser reaproveitado na construção civil.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V., TAMANIN, C. R., HOLSBACH, B., PEGORINI, E. S., NEVES, P. S. Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. In: **Biossólidos - Alternativas de Uso de Resíduos Do Saneamento**. Rio de Janeiro, Editora ABES, 2006. 398 p.

ANDREOLI, C. V., VON SPERLING, M., FERNANDES, F. **Lodo de esgoto: Tratamento e disposição final**. Rio de Janeiro, Editora ABES, 2001. 483 p.

ANDREOLI, C. V. A gestão de biossólidos no Paraná. In: **Anais Do Congresso Brasileiro De Especialidades Em Medicina Veterinária**. Curitiba, AMEVE, 2002. 43 - 46 p.

ATLAS PARASITOLOGIA (2010). **Atlas Eletrônico de Parasitologia**. Instituto de Ciências Básicas da Saúde - Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Disponível em: < <http://www.ufrgs.br/para-site/>>. Acesso 12 ago 2017.

EUROPEAN COMMISSION. **Heavy metals in waste**. DG ENV. E3, Project ENV. E3/ETU/2000/0058. 2002.

BITTON, G. **Wastewater microbiology**. New York, Ed. Wiley, 2001. 381 p.

BLACK, J. G. **Microbiologia – Fundamentos e perspectivas**. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 4 ed., 2002. 829p.

BRUM, A. A. S.; ARRUDA, L. F. de; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, v.32, n.4, p.849-854, 2009.

CASSINI, S. T. **Digestão de resíduos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro, Editora ABES, 2003. 210 p

CEBALLOS, B. S. O. et al. River water quality improvement by natural and constructed wetland systems in the tropical semi-arid region of Northeastern Brazil, **Water Science and Technology**, v.44, n.11/12, p. 599-605., 2001.

EPA - Environmental Protection Agency. Office of water regulation and standards. Report to Congress on the Discharge of Hazardous Wastes to Publicly Owned Treatment Works – **The Domestic Sewage Survey**. EPA- 530, SW 86 004, Washington, 1986.

FUENTES, A., LLORENS, M., SAEZ, J., AGUILAR, M. R., ORTUNO, J. F., MESEGUER, V. F. Phytotoxicity and heavy metals speciation of stabilised sewage sludge. **Journal of Hazardous Materials**, 108, p.161-169, 2004.

MARQUES, M.O.; MELO, W.J.; MARQUES, T.A. Metais pesados e o uso de biossólido na agricultura. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALÉM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. **Biossólidos na agricultura**. 2.ed. São Paulo: ABES/SP, 2002. p.365-403.

LUDUVICE, M. Processos de estabilização de lodos. In: **Lodos de Esgotos – Tratamento e Disposição Final**. Rio de Janeiro, ABES, 2001. 484p.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse**. New York, Ed. McGraw-Hill, 2002. 1334 p.

OLIVEIRA, F. C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num latossolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. 2000. 247p. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PIRES, A. M. M. e ANDRADE, C. Metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. In: **Gestão de Resíduos na Agricultura e Agroindústria**. Botucatu, FEPAF, p.205-232, 2006.

OMS – Organização Mundial de Saúde. Directrices sanitárias sobre el uso de águas residuales em agricultura e aquicultura. **Séries de reportagens técnicas. 778**. OMS, Genebra, 1989.

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. Microbiologia. 4. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2005.

THOMAZ-SOCCOL V. Indicadores de Poluição/Métodos convencionais e moleculares de detecção. in: **I Seminário Nacional de Microbiologia Aplicada ao Saneamento**. Vitória, 1:34-39, 2000.

TSUTYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: **Impacto Ambiental do Uso Agrícola de Lodo de Esgoto**. Jaguariúna, SP, Bettiol e Camargo, 2000. 312p.

TSUTYA, M. T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo, SABESP, 2001. 89-131p.

TSUTYA, M. T., COMPARINI, J. B., ALEM SOBRINHO, P., HESPANHOL, I., CARVALHO, P. C. T., MELFI, A. J., MELO, W. J., MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo, SP, 2001. 424p.

Recebido em 14 de setembro de 2019.

Aceito em 24 de setembro de 2019.