

**Universidade de São Paulo**

**Faculdade de Saúde Pública**

**Detecção e quantificação de ovos viáveis de *Ascaris sp*  
e ovos de outros helmintos em lodo de esgoto**

**Veridiana Karmann Bastos**

**Dissertação apresentada ao programa de Pós-  
Graduação em Saúde Pública para a obtenção do  
título de Mestre em Ciências.**

**Área de Concentração: Saúde Ambiental**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tereza Pepe  
Razzolini**

**São Paulo**

**2012**

**Detecção e quantificação de ovos viáveis de *Ascaris* sp  
e ovos de outros helmintos em lodo de esgoto**

**Veridiana Karmann Bastos**

**Dissertação apresentada ao programa de Pós-  
Graduação em Saúde Pública para a obtenção do  
título de Mestre em Ciências.**

**Área de Concentração: Saúde Ambiental**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tereza Pepe  
Razzolini**

**São Paulo**

**2012**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

## DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais e à minha irmã.

## **Agradecimentos**

À Profª Drª Maria Tereza Pepe Razzolini pelas oportunidades e contribuição ao meu crescimento profissional e pessoal.

À Drª Elayse Maria Hachich e ao Prof. Drº Glavur Rogério Matté pelas contribuições e enriquecimento desta dissertação.

À Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, nas pessoas de Drª Maria Inês Zanoli Sato e Drª Elayse Maria Hachich, pela cessão dos ovos de *Ascaris suum* para realização da semeadura experimental.

À Ana Tereza Galvani e José Antônio Padula, da CETESB, por me receberem tão bem e me auxiliarem em vários momentos na realização da dissertação.

À equipe do Laboratório do Departamento de Saúde Ambiental Francisca Alzira dos Santos Peternella, Maria do Carmo de Oliveira Dória, Silvana Audrá Cutolo e Solange Martone Rocha. Obrigada por dividirem seus conhecimentos teóricos e práticos, tornando-as muito mais que mestras e doutoras.

Aos estagiários Lincoln Zappellini e Paloma Coloni e o doutorando Flavio Krzyzanowski Jr pelo apoio técnico e terapêutico.

À amiga Luciana H.M. Lerche. E ao amigo Helder Etto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

E a todos que de alguma maneira contribuíram com a realização deste trabalho.

## RESUMO

Bastos, VK. Detecção e quantificação de ovos viáveis de *Ascaris* sp e ovos de outros helmintos em lodo de esgoto. [dissertação de mestrado]: São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2012.

**Introdução** – O lodo gerado em estações de tratamento de esgotos é um resíduo de composição variável e com potencial poluidor dependendo de sua origem, tipo de tratamento e sazonalidade; pode conter patógenos dentre os quais os parasitas. Porém, quando tratado adequadamente, o lodo de esgoto pode ser aplicado na agricultura como fertilizante ou condicionador de solo. Em países em desenvolvimento, estudos têm demonstrado que a incidência de enteroparasitoses é elevada, sendo *Ascaris* sp um dos mais prevalentes. Portanto, o uso agrícola do lodo de esgoto pode oferecer riscos à saúde humana. Com intuito de salvaguardar a saúde da população entrou em vigor a Resolução CONAMA nº375/06, que estabelece critérios e procedimentos para o uso do lodo em áreas agrícolas.

**Objetivo** - Determinar e quantificar ovos de helmintos e de *Ascaris* sp em lodos provenientes de três ETE's de uma região metropolitana, verificando o atendimento ao padrão parasitológico estabelecido pela CONAMA nº375/06.

**Método** – Utilizou-se o método descrito no apêndice I da norma CFR 503 USEPA de 2003. **Resultados** – Os lodos analisados no período do estudo apresentaram rica fauna parasitária onde foram observados ovos de *Ancylostoma* sp, *Ascaris* sp, *Capillaria* sp, *Enterobius vermicularis*, *Fasciola hepatica*, *Hymenolepis* sp, *Taenia* sp, *Toxocara* sp e *Trichuris* sp. Observou-se que ovos de *Ascaris* sp foram os mais prevalentes com 67,71%, seguido por *Toxocara* sp (13,62%). Ovos viáveis de *Ascaris* sp estavam presentes em 10,16% das amostras. **Conclusão** – Pode-se concluir que o lodo gerado nas ETE's estudadas apresentaram amplo espectro de ovos de helmintos, sendo *Ascaris* sp o mais prevalente. Das três ETE's analisadas, nenhuma atendia os parâmetros parasitológicos para lodo classe A, segundo a Resolução CONAMA nº375/06.

**Descritores:** Lodo, agricultura, *Ascaris* sp

## ABSTRACT

BASTOS, VK. Detection and quantification of *Ascaris* sp and other helminth eggs in sewage sludge. [master degree] São Paulo: School of Public Health – USP; 2012.

**Introduction:** Sewage sludge from wastewater treatment plants (WWTP) presents a diverse composition and is a source of pollution depending on its origin, type of treatment and seasonality; moreover it can contain a large variety of pathogens including parasites. However, if this residue is submitted to an efficient treatment, it can be used as a fertilizer and soil conditioner. Some epidemiologic studies conducted in developed countries demonstrated a high incidence of enteroparasitosis, being *Ascaris* sp the most prevalent. Therefore, the use of sewage sludge in the agriculture can bring risks to the human health. In order to protect the population health, a recent Brazilian regulation, Rule CONAMA 375/2006, has established standards regarding its use in agricultural areas. **Objective** – To detect and quantify *Ascaris* sp and other helminth eggs in sewage sludge from three wastewater treatment plants from a metropolitan region and also to verify the compliance with CONAMA standards. **Method** – The analysis were carried out according to appendix F of CRF 503 USEPA 2003. **Results** – All samples presented a rich parasitological fauna such as eggs of *Ancylostoma* sp, *Ascaris* sp, *Capillaria* sp, *Enterobius vermicularis*, *Fasciola hepatica*, *Hymenolepis* sp, *Taenia* sp, *Toxocara* sp and *Trichuris* sp. Non-viable *Ascaris* sp eggs were prevalent with 67.71%, followed by *Toxocara* sp (13.62%). Viable *Ascaris* sp eggs were present in 10.16% of the samples. **Conclusion** – It was concluded that the sludge samples analyzed presented a large variety of helminth eggs, being *Ascaris* sp the most prevalent. None of the three WWTPs met CONAMA parasitological standards for class A sewage sludge.

**Key words:** sewage sludge, agriculture, *Ascaris* sp

## ÍNDICE

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	
2.1 UTILIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA	19
2.2 OCORRÊNCIA E PERSISTÊNCIA DE HELMINTOS NO LODO DE ESGOTO E IMPACTOS NA SAÚDE	26
2.3 VIAS DE TRANSMISSÃO	35
2.4 LEGISLAÇÃO, REGULAMENTÇÃO E GUIAS PARA PRÁTICA DO USO DO LODO DE ESGOTO EM ÁREAS AGRÍCOLAS	40
<b>3 OBJETIVOS</b>	48
3.1 OBJETIVO GERAL	48
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	48
<b>4 MÉTODO</b>	49
4.1 LOCAL DE AMOSTRAGEM	49
4.2 AMOSTRA E AMOSTRAGEM	50
4.3 COLETA, PRESERVAÇÃO E TRANSPORTE	50
4.4 TEOR DE SÓLIDOS TOTAIS	50
4.5 OVOS DE HELMINTOS E <i>Ascaris sp</i>	50
<b>5 RESULTADOS</b>	54
5.1.OVOS TOTAIS DE HELMINTOS	55
5.2. OVOS VIÁVEIS DE <i>Ascaris sp</i>	58
5.3. DESEMPENHO DO MÉTODO	60
<b>6 DISCUSSÃO</b>	61
6.1 DESEMPENHO DO MÉTODO	66
<b>7 CONCLUSÃO</b>	67
<b>8 REFERÊNCIAS</b>	68
<b>ANEXOS</b>	
Anexo 1 Tabela - Concentrações de ovos de helmintos, ovos não-viáveis e ovos viáveis de <i>Ascaris sp</i> nas amostras de lodo de esgoto das ETE's analisadas, RMB, 2011	77
Anexo 2 - FOTOS DE OVOS DE HELMINTOS EM LODO DE ESGOTO	78
Anexo 3 - CURRICULO LATTES	81



## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Taxa de utilização do lodo de esgoto para fins sustentáveis, EUA, 2004.

**Figura 2:** As mãos são vias de transmissão de parasitas, contaminando superfícies e alimentos.

**Figura 3:** Contaminação de alimentos por parasitas conforme estação do ano.

**Figura 4:** Modelo de barreiras sanitárias para reduzir riscos à saúde humana.

**Figura 5:** Pilhas de lodo de esgoto em pátio de ETE.

**Figura 6:** Ovos de *Ascaris* sp em diferentes estágios de desenvolvimento.

**Figura 7:** Prevalência de ovos de helmintos em lodo de esgoto nas ETE's avaliadas, RMB, 2011.

**Figura 8:** Frequência de ovos não-viáveis de *Ascaris* sp em relação a ovos totais de helmintos no lodo de esgoto em ETE's, RMB, 2011.

**Figura 9:** Frequência de ovos viáveis de *Ascaris* sp em relação a ovos não-viáveis em lodo de esgoto de ETE's, RMB, 2011.

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1:** Disposição do lodo de esgoto gerado na União Européia, ano base 2008.

**Quadro 2:** Disposição do lodo gerado na Europa Oriental, ano base 2005.

**Quadro 3:** Acesso a saneamento em países da África.

**Quadro 4:** Principais helmintos encontrados no lodo, hospedeiros normais, acidentais e doenças causadas.

**Quadro 5:** Sobrevivência de ovos de helmintos em alimento.

**Quadro 6:** Padrões de metais e parasitológicos para uso do lodo segundo Norma Mexicana.

**Quadro 7:** Características das estações onde foram realizadas as coletas.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Quantidade de lodo destinado a uso agrícola no Brasil.

**Tabela 2:** Concentração de ovos de helmintos em lodo de esgoto de diferentes países.

**Tabela 3:** Valores máximos recomendados de microrganismos em excreta e lodo para uso agrícola pela OMS.

**Tabela 4:** Concentração de patógenos permitida segundo classe do lodo de acordo com a Resolução CONAMA nº375/06.

**Tabela 5:** Taxa de recuperação de *Ascaris* sp em lodo de esgoto.

## 1. INTRODUÇÃO

Estima-se que em 2030 a população mundial alcance quase dois bilhões de pessoas em centros urbanos de países em desenvolvimento (WHO, 2006; UN-HABITAT, 2008).

Atrelado a esse crescimento é necessário expandir e incrementar a cobertura de redes de água e esgoto, permitir o acesso a serviços de saúde, melhorar as condições de moradia, promover ações sustentáveis, visando a qualidade de vida da população urbana (ANDREOLI e PEGORINI, 1998; FERREIRA e col., 2000; SOUZA e col., 2008).

LIBÂNIO e col. (2005) demonstraram que o bem-estar da população é melhor retratado pela abrangência dos serviços de água e esgotamento sanitário que propriamente pelo potencial hídrico ou pela disponibilidade de água *per capita*. Demonstraram ainda que, no Brasil, estados com piores indicadores de saúde tinham menores índices de cobertura por rede de esgotos, mas não necessariamente menores índices de cobertura por rede de água.

Atualmente 41% da população mundial não tem acesso a saneamento básico. Estas pessoas estão concentradas em países de baixa e média renda (UN-HABITAT, 2008). No Brasil, em 2008, 55,2% do esgoto era coletado e 28,5% tratado (IBGE, 2008). A Agência Nacional de Águas (ANA) estima que, para alcançar um índice de 85% de cobertura de coleta e tratamento de esgoto, devem ser investidos R\$ 47,8 bilhões (ANA, 2010).

A coleta e o tratamento do esgoto diminuem o aporte de poluentes no meio hídrico, mas traz consigo a questão de como dispor o lodo gerado de maneira a minimizar impactos negativos ao ambiente e a saúde (ANDREOLI e PEGORINI, 1998; CORRÊA e col., 2007; CARRIJO e BIONDI, 2008; SOUZA e col., 2008).

O lodo é um resíduo de composição variável e com potencial poluidor, dependendo de sua origem, tipo de tratamento e sazonalidade. Ao mesmo tempo em que é rico em matéria orgânica, micro e macronutrientes, pode conter metais pesados e patógenos como vírus, bactérias, fungos e parasitos (ANDREOLI e PEGORINI, 1998; ABREU e col., 2003; CORRÊA e col., 2007, DUARTE e col., 2008). A disposição inadequada do lodo não tratado ou tratado ineficientemente pode acarretar problemas de saúde e ambientais (COELHO e col., 2005; CARRIJO e BIONDI, 2008; DUARTE e col., 2008).

No entanto, quando tratado adequadamente, o lodo pode ter destinos variados. São eles: uso agrícola e florestal (aplicação direta no solo, compostagem, fertilizante e solo sintético), disposição em aterro sanitário, *landfarming*, reúso industrial (produção de agregado leve, cerâmica, tijolos e cimento), incineração, conversão em óleo combustível, recuperação de solos degradados e de mineração (ANDREOLI e PEGORINI, 1998; PAULINO e col., 2001; BETTIOL e CAMARGO, 2006).

Das disposições supracitadas, o uso agrícola tem se destacado por se tratar de uma alternativa sustentável e relativamente barata. O lodo pode ser empregado como fertilizante ou condicionador de solo (ANDREOLI e PEGORINI, 1998; PAULINO e col., 2001; BETTIOL e CAMARGO, 2006).

O uso agrícola viabiliza a incorporação de micronutrientes (zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio) e macronutrientes (nitrogênio e fósforo) no solo. Promove melhorias físicas e estruturais do solo diminuindo a dependência de fertilizantes químicos. Contribui com a infiltração e retenção de água, a aeração, as condições de balanço do gás carbônico pelo incremento de matéria orgânica no solo. A decomposição do lodo de esgoto aplicado no solo produz agentes complexantes capazes de solubilizar formas indisponíveis de fósforo e nutrientes em compostos de liberação lenta. Essas qualidades do lodo fazem com que ele seja interessante

também na recuperação de áreas agrícolas degradadas e desgastadas por manejo inadequado (ANDREOLI e PEGORINI, 1998).

No entanto, o uso do lodo deve ser criterioso uma vez que ali estão concentrados patógenos que resistiram ao tratamento do esgoto. Os ovos de helmintos, dentre eles o nemátodo *Ascaris* sp, têm se mostrado mais resistentes aos tratamentos empregados, como apontam PAULINO e col. (2001) ao determinarem a prevalência e viabilidade de ovos de helmintos submetidos a tratamento anaeróbio.

Infecções parasitárias são as mais freqüentes no mundo. Entretanto questões como infecções assintomáticas ou auto-limitadas, e métodos diagnósticos com baixa sensibilidade, fazem com que essas infecções sejam subestimadas (FORTES e col., 2004; MUKHOPADHYAY e col., 2008; ALUM e col., 2010; SANTOS e MERLINI, 2010).

Estima-se que 3,5 bilhões de pessoas estejam infectadas por enteroparasitas, sendo que 450 milhões são crianças. *Ascaris* sp é o nemátodo mais comum, infectando cerca de 1,2 bilhão de pessoas em países tropicais. A prevalência é de 8% nas Américas Central e do Sul. Sessenta mil óbitos ocorrem devido à infecção por *A. lumbricoides* (FERREIRA e col., 2000; MASSARA e col., 2003; CASTIÑEIRAS e MARTINS, 2003; FORTES e col., 2004, CORRÊA e col., 2007; DOLD e HOLLAND, 2011).

Antes considerada doença rural, a ascaridíase passa a ser problema de centros urbanos. Regiões onde as condições de saneamento e educação sanitária são mais precárias apresentam maior prevalência. Fatores sócio-ambientais têm grande destaque na epidemiologia das helmintíases. Questões como área geográfica, tipo de comunidade, nível sócio-econômico, acessibilidade a bens e serviços, estado nutricional, idade, número de pessoas no domicílio, nível de instrução materno, hábitos de higiene devem ser avaliadas. A identificação desses fatores permite uma

análise completa da situação, fazendo com que ações de implantação de medidas de intervenção, criação de barreiras sanitárias e desenvolvimento de políticas públicas que visam melhoria da qualidade de vida da população sejam mais eficazes e integradas (FORTES e col., 2004; BETTIOL e col., 2006; REY, 2008; SANTOS e MERLINI, 2010).

A infecção por *Ascaris sp* é mais evidente em crianças maiores de 24 meses, uma vez que essas têm maior contato com o ambiente e pouca noção de higiene pessoal (FERREIRA e col., 2000; MUKHOPADHYAY e col., 2008). Pode afetar o equilíbrio nutricional interferindo na absorção de nutrientes, diminuir a absorção de vitaminas (A, B6, B12), minerais (ferro, cálcio, magnésio), induzir sangramentos intestinais causando anemia, comprometer o desenvolvimento cognitivo, crescimento estatural e ponderal (BRITO e col., 2003; ALUM e col., 2010). Em adultos afeta a produtividade no trabalho e aumenta as despesas médicas (CASTIÑEIRAS e MARTINS, 2003). Pode ainda causar inflamações devido ação espoliadora, asma, urticária, febre, liberação de produtos tóxicos oriundos do catabolismo do parasito, ou da desintegração após sua morte (JIMÉNEZ, 2007; SANTOS e MERLINI, 2010).

As vias mais comuns de transmissão são mãos sujas, alimentos e água contaminados, frutas e verduras cruas e/ou mal lavadas, poeiras e vetor mecânico como moscas. Os ovos são resistentes a diversos fatores terapêuticos, químicos e ambientais. São capazes de resistir a diferentes tipos de tratamentos de esgoto como digestão anaeróbia, secagem térmica, estabilização por cal (MASSARA e col., 2003; FORTES e col., 2004; BONATTI e FRANCO, 2007; REY, 2008; ALUM e col., 2010).

A contaminação dos alimentos pode ocorrer no momento da colheita, manuseio, estocagem ou transporte, pois os ovos têm grande capacidade de aderência não sendo removidos facilmente com lavagem. Os trabalhadores que manipulam esse resíduo podem ser contaminados

durante a aplicação do lodo por bioaerossol e ainda por ingestão acidental. (BONATTI e FRANCO, 2007; SIDHU e TOZE, 2009; ALUM e col., 2010).

A implementação de barreiras sanitárias para o uso de lodo na agricultura é primordial diante de um cenário de alta prevalência de helmintíases no Brasil e no mundo, longo período de sobrevivência dos ovos e baixa dose infectante dos mesmos. O propósito principal dessas barreiras é reduzir a concentração de patógenos no lodo, minimizando a exposição de trabalhadores, comunidade local, consumidores e ambiente (WHO, 2006; CORRÊA e col., 2007; CARRIJO e BIONDI, 2008).

Em 2006, a Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou um guia de uso seguro de águas residuárias, cinzentas e excretas na agricultura e aqüicultura. Neste, o valor aceitável de ovos de helmintos é menor que um ovo por grama de sólidos totais (<1 ovo viável/g ST). Embora o escopo principal deste guia sejam sistemas de pequena escala as diretrizes recomendadas não são limitadas podendo ser adaptadas conforme a realidade local (WHO, 2006).

Nos Estados Unidos, o uso do lodo na agricultura é regulamentado pela USEPA (*Environmental Protection Agency*) segundo o *CFR Part 503 – Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge* de 2003. O lodo é distinguido em classe A e B. Para o classe A foi estabelecido que o valor de ovos de helmintos deve ser menor que 0,25 ovo viável por grama de sólidos totais. Para o lodo classe B foram estabelecidas medidas de prevenção do contato direto ou indireto e não há limites estabelecidos para ovos (USEPA, 2003).

No Brasil a Resolução nº375/06 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece critérios e procedimentos para o uso do lodo em áreas agrícolas, cujas classes são A e B. O limite tolerado para ovos de helmintos para lodo classe A é <0,25 ovo viável/g ST, enquanto para classe B é <10 ovos viáveis/g ST (CONAMA, 2006).



Tendo em vista que no Brasil o uso do lodo é recente, diversos trabalhos vêm sendo realizados com intuito de aprimorar o conhecimento sobre a composição e comportamento deste na agricultura. A Embrapa Meio Ambiente, desde 1999, vem conduzindo o projeto “Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto”. Aliada a Embrapa Meio Ambiente estão Embrapa Solos, Instituto Agronômico de Campinas, Instituto Biológico do Estado de São Paulo, Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP), Universidade Estadual Paulista, Universidade de São Paulo, Universidade de Taubaté, Universidade Federal do Paraná e Universidade Federal de Lavras (BETTIOL e CAMARGO, 2006).

Assim sendo, estudos sobre a caracterização de patógenos presentes no lodo, efeitos do lodo na biota do solo, na dinâmica dos nutrientes e dos elementos químicos, impacto na agricultura, efeito cumulativo entre outros fatores ainda são recentes. Quanto mais pesquisas e informações forem coletadas acerca de organismos patogênicos e sua inativação, mais subsídios teremos para aprimorar ações e políticas que protejam a saúde e o ambiente (PAULINO e col., 2001; BONATTI e FRANCO, 2007; BETTIOL e CAMARGO, 2006; GUZMÁN e col., 2007; JIMENEZ, 2007; SOUZA e col., 2008).

É neste contexto que o presente trabalho se insere. Tem como objetivo a caracterização parasitológica do lodo de três estações de tratamento de esgoto de uma região metropolitana, de maneira que os dados obtidos possam colaborar com outros estudos que estão sendo realizados, e ainda cooperar com futuras pesquisas e discussões para o aprimoramento das normas de utilização do lodo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. UTILIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA

Quando se trata de disposição de lodo na agricultura o panorama mundial encontrado é o mais variado. Enquanto alguns países já têm políticas e normas bem estabelecidas quanto à aplicação do lodo, outros estão começando a desenvolver seus guias ou ainda não têm um. Isto se deve às condições econômicas e de infra-estrutura de cada um (UN-HABITAT, 2008).

Países mais desenvolvidos onde a infra-estrutura sanitária já está avançada, o destino do lodo gerado é melhor definido. Na Europa, estima-se que em 2005 tenham sido produzidos 10 milhões t/ano de lodo. Calcula-se que seja produzido por pessoa 90g /dia, base seca (FYTILI e ZABANIOTOU, 2008). Entre os países da União Européia, estima-se que 45% do lodo produzido foi aplicado na agricultura (UN-HABITAT, 2008).

Em alguns países da Europa Ocidental que fazem parte da União Européia estima-se que sejam produzidos nove milhões toneladas seca de lodo por ano. O uso na agricultura nesses países pode variar conforme tipo de cultivo, clima e produção de lodo. O uso do composto é também empregado na agricultura. No quadro 1 estão as quantidades de lodo destinados a agricultura e compostagem tendo o ano 2008 como base. Pesquisas têm demonstrado que a incineração exclusivamente de lodo poderia gerar energia e as cinzas poderiam ser utilizadas como fertilizante já que são ricas em fósforo (MÜLLER e GEBETSROITHER, 2011).

**Quadro 1:** Disposição do lodo de esgoto gerado na União Européia, ano base 2008.

Região/País	Agricultura	Compostagem
Europa Ocidental (UE)	45%	7%
Alemanha	32%	-
Holanda	-	15%
Finlândia	23%	73%
Áustria	45%	7%

UE: União Européia

Adaptado de MÜLLER e GEBETSROITHER, 2011

Por outro lado, países da Europa Oriental têm menor cobertura de tratamento de esgotos, quando comparados à Ocidental. Em países como Bulgária e Eslovênia menos de 40% da população está conectada a rede coletora de esgoto. Na República Checa e Estônia, estima-se que 75% e 74%, respectivamente, da população tem acesso a saneamento. O uso do lodo na agricultura e compostagem são difundidos, embora a disposição em aterros ainda seja comum. O quadro 2 mostra as estimativas da disposição do lodo nos países da Europa Oriental, ano base de 2005. No entanto, especula-se que o uso na agricultura seja maximizado devido ao aumento do lodo gerado, bem como a necessidade de se adequar às normas da União Européia (JENÍČEK, 2011).

**Quadro 2:** Disposição do lodo gerado na Europa Oriental, ano base 2005.

País	Agricultura	Aterro sanitário
Bulgária	40%	60%
Hungria	34%	25%
Letônia	23%	40%
Romênia	-	97%
Eslováquia	62%	30%

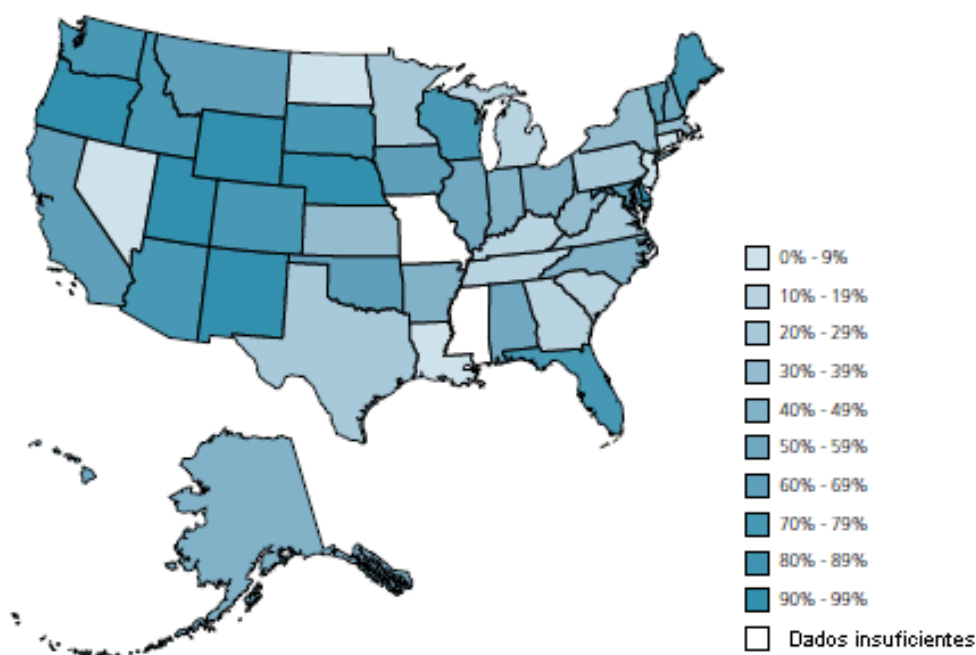
Adaptado de JENÍČEK, 2011

Em 2007, Austrália e Nova Zelândia firmaram parceria criando a *Australian and New Zealand Biosolids Partnership (ANZBP)*. A associação tem por objetivo divulgar e aprimorar o uso do lodo de maneira sustentável, coletando e divulgando dados e pesquisas sobre o uso do mesmo. Segundo

a ANZBP, na Austrália, a produção anual de lodo é estimada em 300.000 toneladas seca, sendo 60% destinado para agricultura e 5% utilizado na compostagem para uso em paisagismo ou em hortas. Na Nova Zelândia, estima-se que 58.000 toneladas secas de lodo sejam geradas anualmente e apenas 1% do lodo destinado à agricultura (ANZBP, 2009). No entanto, em ambos os países continuam pesquisas e esforços para aumentar o uso sustentável desse resíduo, diminuindo progressivamente a disposição em aterros ou no mar. Na Nova Zelândia, as características do lodo gerado e sua interação com o solo estão sendo estudadas para que o uso agrícola seja melhor aceito pela população. Já na Austrália o objetivo é otimizar o tratamento de esgoto diminuindo a massa de lodo gerado e melhorar a qualidade do mesmo (SLATTER e GUPTA, 2011).

Nos EUA, em 2004, foram geradas aproximadamente 7,2 milhões de toneladas métricas secas de lodo, sendo que 55% foram destinadas para áreas agrícolas, de silvicultura, e restauração de solo. A figura 1 mostra a porcentagem de uso benéfico do lodo nos EUA (UN-HABITAT, 2008).

**Figura 1:** Taxa de utilização do lodo de esgoto para fins sustentáveis, EUA, 2004.



Adaptado de UN-HABITAT, 2008

Ainda nos EUA, no estado da Califórnia a produção de lodo foi cerca de 77.400 de t/seca em 2007; 91% do lodo produzido é direcionado para culturas de milho, sorgo, trigo e alfafa. No Colorado, 78,2% das 21.670 t/ secas de lodo gerado em 2007 foi destinado para cultivos de milho, trigo, aveia, girassóis, sorgo e forrageira. Devido ao clima semi-árido, Colorado depende da água da chuva e de degelo. O uso do lodo como fertilizante em épocas de chuva permite o incremento das plantações (UN-HABITAT, 2008).

Em contraste, na África, o acesso ao saneamento é limitado, variando de menos de 16% em Burkina Faso a 33% em áreas urbanas de Mali. O quadro 3 sintetiza o cenário encontrado nesse continente (SPINOSA, 2011).

**Quadro 3:** Acesso a saneamento em países da África

País	Acesso a saneamento
Burkina Faso	16%
Mali	33% área urbana; 9% área rural
Nigéria	38%
Moçambique	35% área urbana/peri-urbana; 33% área rural
Costa do Marfim	49%
Senegal	90% *

\*Latrina ligada a fossa, mas só 34% é tratado  
Adaptado de SPINOSA, 2011

O uso de fossas, tanques sépticos e Ecosans<sup>1</sup> são mais comuns em regiões áridas e semi-áridas. O armazenamento do excreta por período determinado promove o decaimento dos organismos patogênicos, permitindo o uso em cultivos (WHO, 2006).

Na África o uso de Ecosans tem se tornado cada vez mais freqüente. JIMÉNEZ e col (2007) demonstraram que o excreta proveniente

<sup>1</sup> Ecosan (Ecological Sanitation): sanitários secos onde as fezes são armazenadas em condições secas, inativando os patógenos.

desses sanitários secos pode ser aplicado com restrição na agricultura, de modo a minimizar a exposição humana a patógenos.

Na Etiópia 74% das famílias têm banheiro com fossas. Em Mali estão sendo implementados Ecosan e fossas e as excretas recebendo melhor tratamento para uso posterior. Em Burkina Faso, grandes empreendimentos como hotéis, lojas e hospitais têm investido na instalação de fossas sépticas, conexão com sistemas de tratamento de esgotos ou lagoas (UN-HABITAT, 2008).

Em alguns países, o uso das fezes na agricultura é amplamente difundido. No entanto, muitas vezes não há guias ou legislações que definam ações e barreiras sanitárias, colocando em risco a saúde da população local (WHO, 2006).

Na China, embora o uso do excreta seja antigo, apenas agora planos de gestão e manejo estão sendo estabelecidos. Isso se deve ao aumento de estações de tratamento. Em 2009, 1993 estações tratavam de 105.600.000 t/d de esgoto, aumentando para 73% a taxa de tratamento. Dessas, menos de 25% das estações estavam equipadas para tratar do lodo gerado, e menos de 10% tinham eficiência no tratamento. No entanto, o governo chinês vem investindo na melhoria do tratamento e considerando o uso sustentável do lodo (XU, 2011). Embora a disposição em aterro seja mais comum, a falta de espaço e o alto custo da operação têm tornado o uso agrícola mais interessante. Cerca de 45% do lodo é destinado à agricultura, enquanto 3,5% é empregado na jardinagem (UN-HABITAT, 2008).

Na América Latina alguns países têm se destacado na gestão do lodo. Devido à maior cobertura de rede de esgoto nesses países, fez-se necessário lidar de maneira adequada com o resíduo gerado, dentre eles, México e Brasil (JIMÉNEZ, 2011).

O México gerou, em 2010, 235,8 m<sup>3</sup>/s de esgoto sendo 88% coletado e 36% tratado (JIMÉNEZ, 2011). Embora seja um volume grande e o país disponha de legislação para uso de lodo, pouco ainda é destinado para agricultura. O Programa Nacional de Manejo Integrado de Lodo e Resíduos Sólidos estabeleceu a meta que 5% do lodo gerado seja destinado à agricultura (UN-HABITAT, 2008).

No Brasil, em 2008, 55,2% dos municípios tinham coleta de esgoto e menos de 1/3 (28,5%) tratavam o esgoto coletado. A região sudeste tem a maior proporção de coleta e tratamento de esgoto (48,4%) contrastando com a região Norte (7,6%) (IBGE, 2008). O potencial de utilização do lodo gerado na agricultura é considerável uma vez que o agronegócio é uma atividade econômica importante para o país, contribuindo com aproximadamente 30% do PIB (ANA, 2006).

Estima-se que 21.000 toneladas (base seca)/mês de lodo estejam sendo destinadas ao uso agrícola no Brasil (em torno de 15%) (UN-HABITAT, 2008). Nos estados como Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e no Distrito Federal essa prática vem aumentando. A tabela 1 mostra a quantidade de lodo utilizado para fins agrícolas (SAMPAIO, 2010).

**Tabela 1:** Quantidade de lodo destinado a uso agrícola no Brasil, ano base 2001

Local	Quantidade toneladas/ano	Teor de sólidos (%)	Quantidade toneladas MS*/ano
Distrito Federal	24.966	15,0	3.745
São Paulo (Franca)	16.400	27,5	4.510
São Paulo (Jundiaí)	21.900	18,0	3.942
Rio Grande do Sul (Santa Maria)	4.745	20,0	9.49
Paraná	26.400	30,0	7.920
Total	94.411		21.066

\*MS= matéria seca  
Adaptado de SAMPAIO, 2010

No Paraná, a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) possui 227 ETE's que produzem cerca de 15.680 t ano<sup>-1</sup> (base seca) de lodo de esgoto. Só a Região Metropolitana de Curitiba é responsável por 33% da produção total. Desde 1988 estudos vêm sendo realizados para que o lodo produzido seja utilizado de maneira adequada na agricultura. Na Região Metropolitana de Curitiba, de 2000 a 2008, 105 mil toneladas de lodo foram destinadas para cultivos de feijão, milho, trigo, aveia dentre outros cultivos (BITTENCOURT e col., 2010).

No estado de São Paulo, a ETE Franca foi a primeira a reciclar lodo na agricultura, em 1998, na cultura de café. Entre 1999 e 2007 foram elaborados 80 projetos para o uso na agricultura, beneficiando 12 municípios. A quantidade de lodo gerado nesse período foi de 87.285 toneladas, destinados ao cultivo de café, milho, citros e cana-de-açúcar. Outras ETE's que destinam parte do lodo gerado para agricultura são de ETE Jundiaí/CJS; ETE Lavapés/SABESP de São José dos Campos e ETE Limoeiro/SABESP de Presidente Prudente. Os principais cultivos que recebem esse insumo são de cana-de-açúcar, rosas de corte e pinhão manso (OLIVEIRA e col., 2010).

Na Região Metropolitana de São Paulo existem cinco estações de tratamento de esgotos: Barueri, Parque Novo Mundo, ABC, Suzano e São Miguel. Em 2001, as estimativas apontavam para o aumento de 749 toneladas por dia de produção de lodo nessas ETE's (TSUTYA, 2002).

Tendo em vista que as estimativas apontam para o aumento da produção de lodo de esgoto, fica clara a importância de se dispor esse resíduo de maneira a não comprometer a saúde da população exposta, já que se evidenciou tendência de utilização desse lodo na agricultura, inclusive na agricultura familiar (WHO, 2006; UN-HABITAT, 2008).



## 2.2. OCORRÊNCIA E PERSISTÊNCIA DE HELMINTOS NO LODO DE ESGOTO E IMPACTOS NA SAÚDE

O lodo gerado a partir do tratamento do esgoto doméstico concentra organismos patogênicos provenientes de excretas de humanos e de animais. Alguns ovos de helmintos que podem ser encontrados no lodo são *Ascaris lumbricoides*, *Taenia saginata*, *Taenia solium*, *Ancylostoma duodenale*, *Toxocara canis*, *Toxocara cati*, *Trichuris trichiura*, *Trichuris vulpi*, *Hymenolepis nana* e *Hymenolepis diminuta* (SOCCOL e col., 2010).

As concentrações de ovos de helmintos podem variar conforme a situação epidemiológica da população. Em países desenvolvidos a concentração é menor que em países em desenvolvimento. Na tabela 2 são apresentadas as concentrações de helmintos em lodo de diferentes países (JIMÉNEZ e col., 2007)

**Tabela 2:** Concentração de ovos de helmintos em lodo de esgoto de diferentes países.

País	Lodo (ovo por grama de sólidos totais)
México	73-177
Brasil	75
Gana	76
Estados Unidos	2-13
França	5-7
Alemanha	<1
Grã-Bretanha	<6

Adaptado de JIMÉNEZ e col, 2007

Esses organismos podem causar doenças comprometendo a qualidade de vida da população exposta a esses patógenos (quadro 4).

**Quadro 4:** Principais helmintos encontrados no lodo, hospedeiros normais, acidentais e doenças causadas.

	<b>Parasito</b>	<b>Hospedeiro</b>	<b>Sintomas principais</b>
<b>Nematóides</b>	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Homem	Distúrbios digestivos e nutricionais, vômito, dor abdominal
	<i>Ascaris suum</i>	Suíno	Distúrbios digestivos e nutricionais, emagrecimento, tosse, febre
	<i>Ancylostoma duodenale</i>	Homem	Anemia, emagrecimento
	<i>Necator americanus</i>	Homem	Anemia, emagrecimento
	<i>Trichuris trichiura</i>	Homem	Diarréia, emagrecimento, anemia, dor abdominal
	<i>Toxocara canis</i>	Cães e homem	Diarréia, emagrecimento, anemia, dor abdominal, febre, sintomas neurológicos
	<i>Trichostrongylus axei</i>	Bovinos, eqüinos e homem	Gastrite, úlcera gástrica
<b>Cestóides</b>	<i>Taenia solium</i>	Homem e suínos	Distúrbios digestivos, insônia, anorexia, dor abdominal, sintomas nervosos, emagrecimento
	<i>Taenia saginata</i>	Homem e bovinos	Distúrbios digestivos, insônia, anorexia, dor abdominal, sintomas nervosos, emagrecimento
	<i>Hymenolepis nana</i>	Homem e artrópodes	Diarréia, sinais nervosos
	<i>Hymenolepis diminuta</i>	Roedores, homem e artrópodes	Distúrbios digestivos
	<i>Echinococcus granulosus</i>	Cães, ovinos e homem	Distúrbios digestivos, hepáticos e pulmonares

Adaptado de SOCCOL e PAULINO, 2000

Ovos de helmintos têm se mostrado mais resistentes aos diferentes tipos de tratamentos de esgoto empregados, tais como a desinfecção com

cloro, irradiação ultra-violeta (UV), ozônio, dentre outros. No lodo a sobrevivência, em temperaturas de 20° a 30°C, pode ser de meses. No solo alguns ovos podem permanecer viáveis por dois anos e por até sete anos em condições de sombra e umidade (BETTIOL e CAMARGO, 2006; WHO, 2006; CORRÊA e col., 2007; JIMÉNEZ, 2007; CARRIJO e BIONDI, 2008, SOCCOL e col., 2010).

MUN e col. (2009) compararam a inativação de ovos de *Ascaris lumbricoides* no solo através da irradiação UV, ozônio e radiação microondas. Em uma amostra de 25g de solo, com 14% de água, inocularam aproximadamente  $7 \times 10^3$  ovos. Expuseram a amostra a radiação de microondas (700W, 2450 MHz), no período que variou de zero a 70s. Verificaram que houve inativação de aproximadamente 2,5 log de ovos em 60 segundos. A amostra de solo, com igual concentração de ovos, quando submetida à irradiação UV de 253,7 nm (intensidade de  $3 \text{ mW cm}^2$ ) com e sem agitação por 3600 segundos, atingiu inativação de aproximadamente 0,32 e 0,01 log, respectivamente. O tratamento por ozônio obteve inativação de 0,13 log quando submetido por 30 minutos a uma dose de  $5,8 \pm 0,7 \text{ mgL}^{-1}$  de ozônio dissolvido. Os autores citam que a irradiação UV e o ozônio não foram tão eficientes devido às partículas do solo que protegem os ovos, assim como o envoltório de três camadas destes. A radiação microondas foi mais eficiente, pois alcança altas temperaturas em pouco tempo.

Os tratamentos empregados no lodo podem ser do tipo físico (temperatura, dessecação, estocagem), biológico (digestão anaeróbia, aeróbia, compostagem) e químico (calagem). A eficiência de redução dos patógenos pode variar conforme origem do esgoto, tipo de tratamento empregado, operacionalização do sistema e se são utilizados individualmente ou em conjunto (FERNANDES, 2000).

Uma alternativa mais barata de redução de patógenos no lodo proposta por POPAT e col. (2010), EUA, é a digestão anaeróbia termofílica. Para melhor estabelecer a relação tempo de retenção e temperatura, os

autores inocularam ovos de *Ascaris suum* (inoculados  $10^4(4g\ ST)^{-1}$ ) e PVS-1 (poliovírus) em amostras de lodo primário. A cinética da inativação desses patógenos foi avaliada nas temperaturas 51,1°C; 53,3°C e 55,5°C. As amostras foram coletadas no período 0; decorrida meia hora; decorrida 1 hora; 1,5 hora; 2; 4 ou 12; 8 ou 16 horas, de acordo com o tempo de residência nos digestores. Os tempos de coletas foram determinados segundo estudos prévios que indicavam a rápida inativação dos patógenos nas temperaturas testadas. Para que houvesse redução  $\geq 2\log$  dos ovos a temperatura de 55,5°C foi mais rápida, alcançando essa redução em duas horas.

A compostagem aeróbia demonstrou ser eficiente na inativação de *A. suum*, no inverno e no verão, como demonstraram, na Eslováquia, SZABOVÁ e col. (2010). Os autores agregaram ao lodo resíduos agrícolas e de produção de cerveja. No interior da pilha (1,5m) dois mil ovos foram inoculados na porção inicial, intermediária e final da leira. Foram avaliados também pH, sólidos totais, matéria orgânica e inorgânica, nitrogênio e fósforo total, temperatura e relação C:N. As temperaturas máximas alcançadas durante o processo foram de 65°C no inverno e de 71°C no verão, caracterizando a fase termofílica. Dentro dessa fase a inativação total dos ovos ocorreu no 6º dia. Notou-se que fatores como pH, concentração de nutrientes e amônia também desempenharam papel na inativação. Os autores concluíram que a compostagem aeróbia é um tratamento eficiente na redução de helmintos, gerando composto que pode ser aplicado na agricultura.

MAYA e col. (2010), México, avaliaram a eficiência de diferentes fatores combinados na inativação de helmintos presentes no lodo de esgoto. Para realizar o experimento, foram selecionados ovos de *A. lumbricoides*, *A. suum*, *Toxocara canis*, *Trichuris trichiura*, *H. nana* e *Taenia solium*, por já terem sido encontrados em lodo de diferentes países. Para avaliar os efeitos combinados de temperatura, umidade e tempo de exposição, 210 ovos

desses helmintos (35 ovos de cada gênero) foram inoculados em amostras de lodo com umidade de 95, 90 e 80% (5, 10 e 20% ST), submetidas a temperaturas que variaram de 30 a 80°C e tempo de exposição 30, 60, 120 e 180 minutos. Os autores observaram que nas condições de 70°C, umidade de 80% (20% ST) e tempo de exposição de 120 minutos todos os ovos foram inativados. Nessas condições a temperatura decompõe a membrana vitelina que protege o ovo, deixando-o vulnerável. Para verificar a eficiência de cal associado à umidade foram adicionados 15% e 20% de cal em amostras de lodos com umidade de 90% e 80%. As amostras foram estocadas por 0,5h a 10 meses em temperaturas entre 22-25°C e umidade 60-90%. Com relação à adição de cal verificaram que adição de 20% de cal aumentou o pH a 12,5, contribuindo com a inativação dos ovos quando expostos por 4 meses em umidade de 80%. Verificou-se ainda que *Ascaris* sp foi o helminto mais resistente seguido por *T.canis* e *T.solium*. *T. trichiura* e *H.nana* foram os mais sensíveis aos tratamentos empregados.

No Brasil, trabalhos vêm sendo desenvolvidos para verificar a eficiência dos tratamentos de lodo na inativação de helmintos (PAULINO e col., 2001).

Para verificar a eficiência do tratamento anaeróbio aplicado no esgoto de 4 ETE's da Região Metropolitana de Curitiba, PR, foram estudadas a prevalência e viabilidade de ovos e larvas de helmintos e cistos de protozoários no esgoto e no lodo gerado. No esgoto foram observados ovos de *Ascaris* sp, *Toxocara* sp, *Trichuris* sp, *Hymenolepis diminuta*, *Hymenolepis nana* e *Taenia* sp. A viabilidade média dos ovos variou entre 50% e 0%. Os helmintos presentes no lodo foram *Ascaris* sp (85%), *Toxocara* sp (5,5%), *Trichuris* sp (4,5%), *Hymenolepis diminuta* (3,7%), *Hymenolepis nana* (1%) e *Taenia* sp (0,4%) A viabilidade média dos ovos variou entre 40,2% e 7% entre as ETE's. E a redução de viabilidade variou de 59,7% a 93%. Os autores destacam que mesmo o tratamento anaeróbio tendo eficiência média de 75%, não é suficiente para uma redução

significativa dos ovos em locais onde há alta prevalência de parasitoses (PAULINO e col., 2001). Posteriormente, CARRIJO e BIONDI (2008) realizaram levantamento de ovos de helmintos após tratamento anaeróbio do lodo, em Campo Grande (MS). Foram avaliadas amostras líquidas e sólidas, colhidas no 1º, 15º e 30º dia após descarga do RALF (reator anaeróbio de lodo fluidizado). Ovos de ancilostomídeos e ascarídeos foram detectados em maior quantidade no 15º e 30º dia. Observaram ainda ovos de *Dipylidium*, *Strongyloides*, *Taenia*, *Trichuris* e *Trichostrongylus*.

ABREU e col. (2003), em Vitória/ES, avaliaram a eficiência da hidrólise química na remoção de ovos de helmintos e coliformes fecais em lodo anaeróbio proveniente de reator UASB e lodo aeróbio proveniente de biofiltro. Os lodos foram submetidos à agitação constante ( $150 \pm 2$  rpm), temperatura ambiente ( $25 \pm 3$  °C) e diferentes concentrações de NaOH e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0, 20, 40, 60, 80 e 100 meq/L). A hidrólise alcalina mostrou-se mais eficiente na remoção dos ovos que a hidrólise ácida. No lodo aeróbio a concentração de 100 meq/L de NaOH removeu 93% de ovos totais e viáveis. No lodo anaeróbio houve redução de 70% de ovos totais e 80% de ovos viáveis na concentração 80 meq/L de álcali. Na hidrólise ácida a remoção de ovos totais do lodo aeróbio foi de 61% (80 meq/L de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) enquanto do lodo anaeróbio 62% (20 meq/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Para ovos viáveis as porcentagens de remoção foram 100% (100 meq/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e 67% (20 e 100 meq/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

A compostagem e vermicompostagem são opções de tratamento do lodo que podem contribuir com o controle dos patógenos. No Distrito Federal, Brasília, CORRÊA e col. (2007) avaliaram a eficiência desses processos na higienização do lodo. Em um primeiro momento realizaram a compostagem com serragem e podas de árvores e grama. O lodo inicial que apresentava concentração de 4,7 ovos de helmintos viáveis/g ST passou para concentração de 0,34 ovos viáveis/g ST até ovos não-detectáveis, representando eficiência entre 93 e 100%. Quando as minhocas foram

inoculadas para aprimorar a higienização do lodo, não foram detectados ovos viáveis.

Em Planaltina, Distrito Federal, com o intuito de verificar a concentração de ovos de helmintos no lodo e sobrevivência no solo, o lodo de esgoto foi incorporado ao mesmo e monitorado por trinta dias. Antes de ser incorporado ao solo a concentração de ovos no lodo era de 8,45 ovos viáveis/g ST. A prevalência de *Ascaris* sp assim como de *Hymenolepis* sp foi 44% e de *Toxocara canis* 11,1%. Após a incorporação ao solo o monitoramento indicou declínio na concentração dos ovos. No primeiro dia a concentração era 0,94 ovos viáveis/g ST caindo até 0,2 ovos no 16º dia. Após esse período não foram mais detectados ovos. Os autores destacam que o tipo de solo associado à insolação recebida e competição de organismos autóctones podem ter contribuído com esse resultado (SOUZA e col., 2008).

Como já observado, a presença de helmintos no lodo pode variar conforme origem do esgoto. Sendo assim, os dados epidemiológicos contribuem para a definição criteriosa de barreiras sanitárias que evitem ou minimizem os impactos negativos na saúde humana. Estudos realizados por diferentes autores têm demonstrado a alta prevalência das enteropatias parasitárias (WHO, 2006).

No Brasil, o último levantamento multicêntrico de parasitoses intestinais foi realizado por CAMPOS e col. em 1988. Este estudo avaliou escolares de 7 a 14 anos de 10 estados. Foi demonstrado que 55,3% das crianças estavam parasitadas, sendo 51% destas poliparasitadas. A ascaridíase, tricuriíase e a giardíase apresentaram distribuição mais regular (ROCHA e col., 2000).

Ao estabelecerem a tendência secular das enteroparasitoses na região Metropolitana de São Paulo e comparar com tendência de 1984/85, FERREIRA e col. (2000) verificaram queda da infecção por helmintos de

22,3% para 4,8%. Das 1.044 crianças, entre 0 e 59 meses, que participaram do estudo, no período de 1995/96, 5,5% estavam parasitadas por *Giardia duodenalis*, 4,4% por *Ascaris lumbricoides*, 1,1% por *Trichuris trichiura* e 0,1% por *Hymenolepis nana*. Infecção por *Strongyloides stercoralis* e ancilostomídeos não foram observadas. Os autores atribuem essa queda ao acesso a saneamento básico, melhora da renda familiar, melhoria na escolaridade da mãe, entre outros fatores. A relação da queda de infecção parasitária com renda e saneamento é mais clara nas helmintíases.

Em Jequié, Bahia, um estudo foi realizado para investigar os fatores de risco para anemia por deficiência de ferro em crianças e adolescentes entre 7 e 17 anos infectados por helmintos. Dos 1.709 indivíduos que participaram do estudo, 74% estavam infectados por *T. trichiura*, 63% *A. lumbricoides*, 55,5% por *S. mansoni* e 15,7% ancilostomídeos. A prevalência global de anemia foi 32,2%. Embora não tenha sido possível associar o parasitismo com a anemia, verificou-se que idade (entre 7 e 9 anos), sexo masculino, baixa renda familiar e ingestão inadequada de ferro biodisponível são fatores de suscetibilidade (BRITO e col., 2003).

Com objetivo de estimar um mapa de risco para ocorrência de ascaridíase, FORTES e col. (2004) utilizaram técnicas de geoprocessamento e geoestatística no município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro. Ao aplicarem as técnicas observaram prevalência de 32% de *Ascaris lumbricoides*. Observaram que locais onde o nível de instrução da dona de casa era menor, onde havia alta densidade de moradores por cômodo, baixa renda e não uso de filtro, o risco de infecção era maior. Verificaram ainda, que o entorno de 30 metros (quatro casas, na comunidade estudada) permite a manutenção do parasito. Ou seja, a (re)contaminação se dá entre casas vizinhas, bem como a aglomeração também contribui com a infecção.

Entre junho de 2004 a maio de 2006, um estudo para verificar a prevalência de enteroparasitoses no município Maria Helena (PR), foi conduzido com populações urbana e rural de diferentes idades e ambos os

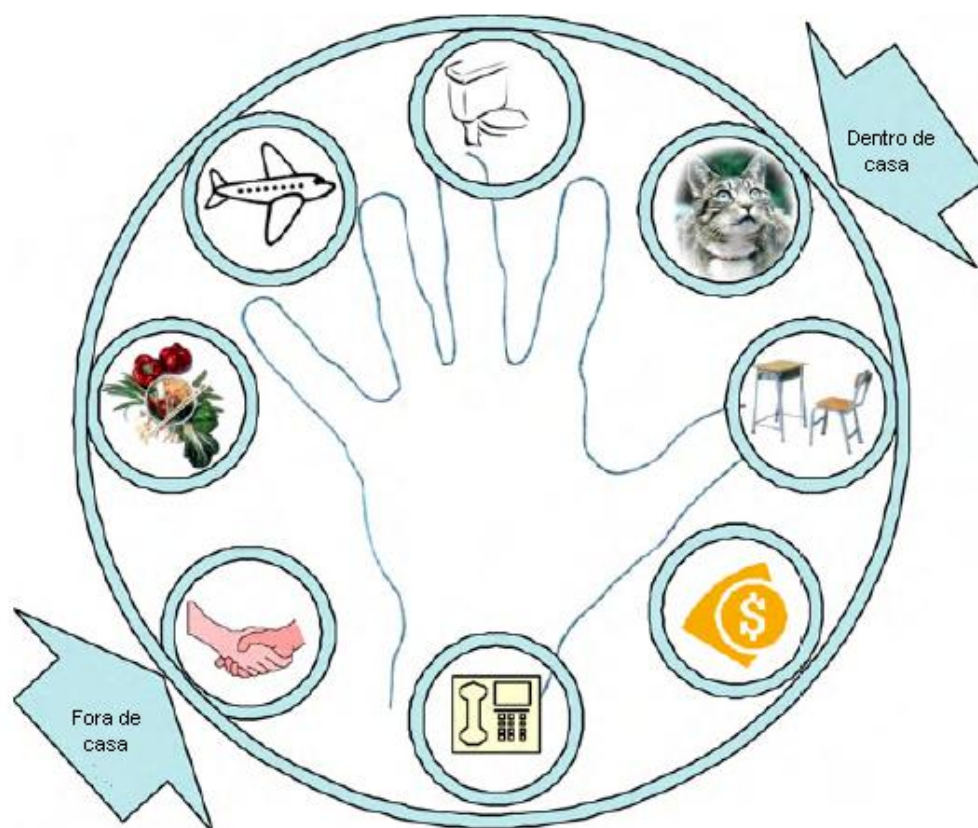


sexos. Observou-se que dos 431 exames coprológicos realizados, 16% da população estava parasitada por *Endolimax nana* (6,5%), *Entamoeba coli* (3,5%), *Giardia intestinalis* (6,3%), *Ascaris sp* (1,4%), *Strongyloides stercoralis* e *Enterobius vermicularis* (0,7%), Ancilostomídeo, *Entamoeba hystolitica* e *Taenia sp* (0,2%). E em 3,2% das amostras foi observado poliparasitismo. Ao analisar estatisticamente os dados, não houve diferença de infecção entre a população urbana e rural, e crianças de 0 a 9 anos apresentaram maior índice de parasitismo (SANTOS e MERLINI, 2010).

### 2.3. VIAS DE TRANSMISSÃO

As vias de transmissão são mãos sujas (figura 2), alimentos e água contaminados, frutas e verduras cruas e/ou mal lavadas, poeiras e vetor mecânico como moscas (REY, 2008).

**Figura 2:** As mãos são vias de transmissão de parasitas, contaminando superfícies e alimentos.



Adaptado de ALUM, 2010

Ovos de *Ascaris* sp, por exemplo, têm grande capacidade de aderência a superfícies, não sendo facilmente removidos com lavagens. Sendo assim MASSARA e col. (2003), Belo Horizonte – MG, avaliaram a ação de desinfetantes e detergentes no desenvolvimento embrionário de ovos de *Ascaris lumbricoides*. Cerca de 20 mil ovos foram inoculados em 5mL de 16 produtos, nas diluições 1:10, 1:4, 1:2 e puro nos períodos de 5, 10, 20 e 30 minutos. De todos os produtos apenas um foi capaz de inibir

completamente o embrionamento dos ovos em todas as diluições e em todos os períodos. Ao compararem a ação dos produtos puros no período de 30 minutos, os autores verificaram que cinco reduziram 50% do embrionamento, seis reduziram menos de 50%, três não causaram efeito algum e um obteve percentual de embrionamento superior ao controle.

Quando o lodo é aplicado na agricultura, a escolha do tipo de cultura que vai receber esse insumo deve ser criteriosa. Vegetações mais altas têm menor probabilidade de contaminação por patógenos que vegetações rasteiras ou raízes. Ovos de helmintos podem sobreviver longos períodos nos vegetais, como demonstrado no quadro 5, e não são de fácil remoção (SOCCOL e PAULINO, 2000).

**Quadro 5:** Sobrevivência de ovos de helmintos em alimentos

<b>Tipo de alimento</b>	<b>Tempo máximo (dias)</b>
Legumes	27-35
Alface	8-15
Tomate	28
Beterraba (folhas e raiz)	10-30

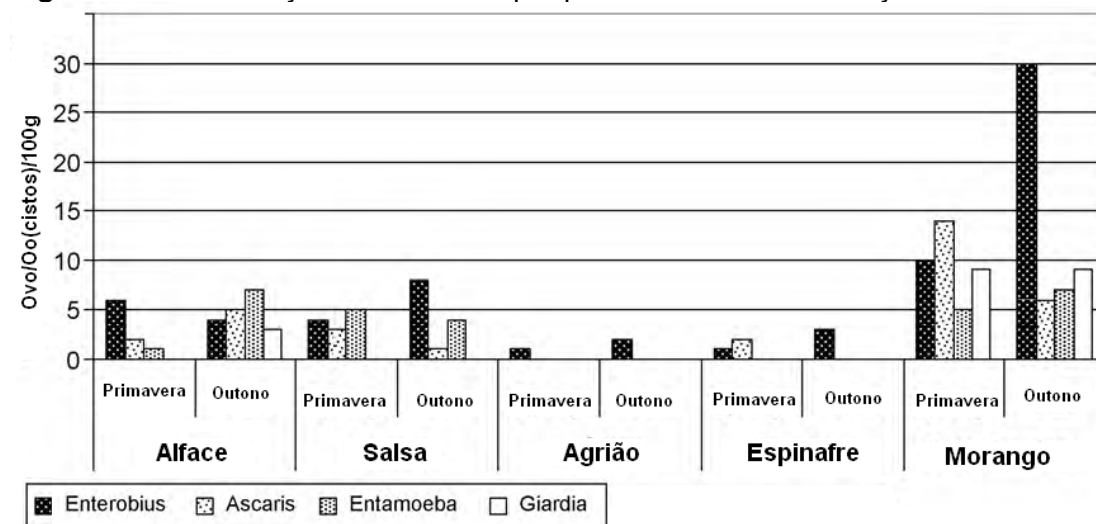
Adaptado de SOCCOL e PAULINO, 2000

Muitos estudos de contaminação em alimentos são baseados em água de reúso. Mas estes dados podem auxiliar na avaliação da qualidade higiênico-sanitária dos alimentos e prevenir a transmissão de parasitos (WHO, 2006).

ALUM (2010) cita trabalho realizado na Turquia onde os autores analisaram a tendência de contaminação por parasitas em diferentes épocas do ano por frutas e verduras. Amostras de alface, espinafre, agrião, salsa e morangos irrigadas com água de reúso foram analisadas em diferentes estações do ano. *Enterobius vermicularis* foi o parasita mais encontrado, seguido por *Ascaris* sp, *E. histolytica* e *Giardia* sp. Morangos foram os mais contaminados, seguidos pela alface, salsa, espinafre e agrião. No outono

notou-se a prevalência de *E. vermicularis*, enquanto na primavera *Ascaris* sp foi mais prevalente (figura 3).

**Figura 3:** Contaminação de alimentos por parasitas conforme estação do ano.



Adaptado de ALUM e col. (2010)

Ao avaliar a qualidade parasitológica e condições higiênico-sanitárias na comercialização de verduras em sacolões e supermercados de Florianópolis, Santa Catarina, SOARES e CANTOS (2005) detectaram alto índice de contaminação em alface-crespa, agrião e rúcula. Das 750 hortaliças analisadas de 40% a 73,3% estavam contaminadas por enteroparasitas (helmintos e protozoários não identificados pelos autores). As verduras comercializadas pelos sacolões apresentaram maior contaminação. Concomitante à análise parasitológica foi realizado inquérito para avaliar o modo de cultivo e manipulação desses alimentos. Verificou-se que os fornecedores de vegetais para sacolões utilizavam água do rio para irrigação e esterco de boi para adubar o solo. Não utilizavam luvas durante a colheita e não lavavam as verduras após a mesma. Em contrapartida, os fornecedores dos supermercados, onde o índice de contaminação foi menor, usavam luva para colheita e efetuavam a lavagem do alimento pós-colheita. Essa medida de higiene atua como barreira sanitária para o trabalhador e o consumidor.

Em Pernambuco, de 100 amostras de hortaliças avaliadas, 60% da alface, 30% do agrião e 20% da acelga estavam contaminadas por parasitos. *Ascaris sp* estava presente em 5% das amostras de alface lisa e 7,5% do agrião. Os demais helmintos encontrados foram *Strongyloides stercoralis* e *Ancylostoma duodenale* com prevalência de 3,0%; *Trichuris trichiura* e *Hymenolepis nana* com 1% (SILVA e col., 2005).

TAKAYANAGUI e col. (2007) analisaram 103 hortaliças de 88 hortas em Ribeirão Preto (SP). Nas hortaliças encontraram 14,6% de contaminação. Os parasitos detectados foram cistos de *Giardia spp*, *Entamoeba spp*, ovos de *Ascaris spp*, *Trichuris spp* e ancilostomídeos. Das 88 hortas avaliadas, 15 (17%) apresentaram contaminação parasitológica.

Em um estudo conduzido no México, NAVARRO e col. (2009) utilizaram a Avaliação de Risco como ferramenta para avaliar o risco de infecção por *Ascaris sp* através da ingestão de cenoura e espinafre cultivadas em solo com adição de lodo de esgoto. Para poderem estabelecer o cenário de exposição, os autores utilizaram dados de três estudos prévios. O primeiro era relacionado a prevalência de *A. lumbricoides* no Vale Mezquital, México. O segundo era referente a concentração de ovos de *Ascaris sp* em água de reúso utilizada na irrigação do vale. O terceiro foi um estudo experimental realizado para estimar a concentração de ovos de *Ascaris* em plantações fertilizadas com lodo. A partir desses dados delinearão que a população suscetível seria crianças menores de 15 anos do Vale Mezquital, que poderiam consumir 28-38 g de cenouras e 30-54 g de espinafre uma vez por semana, em um ano. A concentração de ovos presente nos vegetais foi determinada calculando a concentração inicial no lodo de esgoto, a taxa de aplicação conforme necessidade do vegetal, a concentração no vegetal antes e após a colheita. Redução dos ovos de 1 a 2 logs foi considerada pela lavagem dos vegetais. Os autores concluíram que o espinafre oferecia maior risco às crianças que a cenoura. O procedimento de lavagem dos alimentos diminui a probabilidade de infecção por *Ascaris*

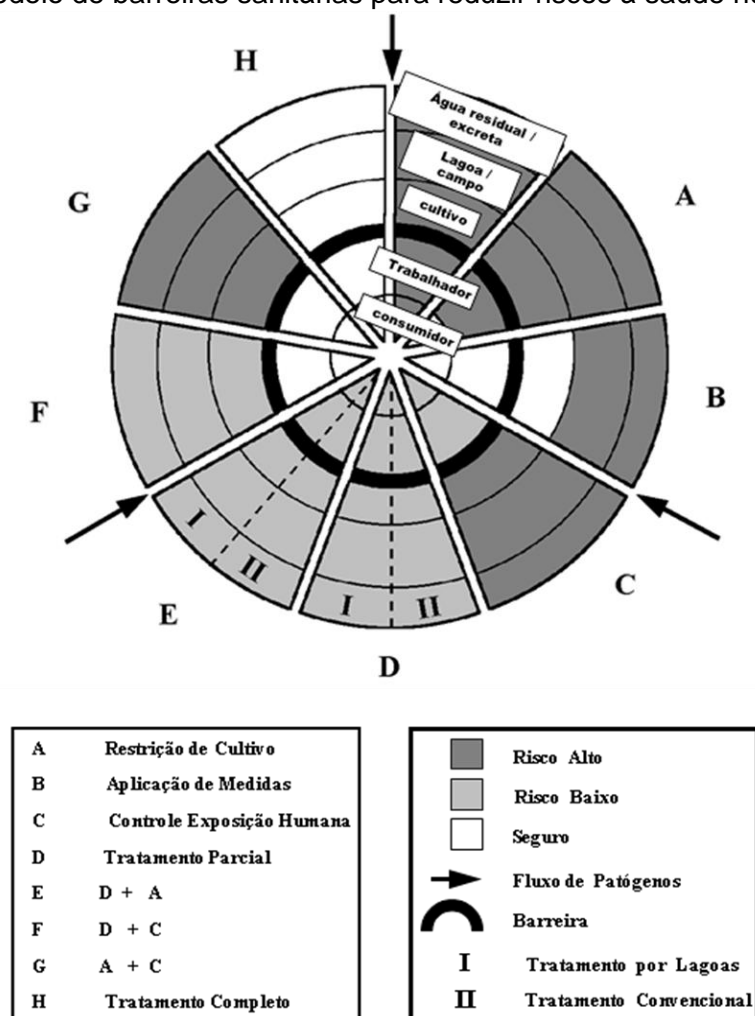
sp. Demonstraram ainda que a taxa de aplicação do lodo e o tipo de cultura (raiz ou não) onde este irá ser aplicado interfere mais na contaminação que a concentração de ovos no lodo.

## 2.4. LEGISLAÇÃO, REGULAMENTAÇÃO E GUIAS PARA PRÁTICA DO USO DO LODO DE ESGOTO EM ÁREAS AGRÍCOLAS

Para que o lodo seja aplicado de maneira adequada, minimizando e evitando a transmissão de doenças entéricas, barreiras sanitárias devem ser criadas e respeitadas. STRAUSS (1991) cita quatro ferramentas que podem auxiliar na prevenção (figura 4). São elas:

- Tratamento do esgoto;
- Restrição da aplicação conforme a cultura;
- Escolha do método de aplicação;
- Controle da exposição humana onde foi aplicado o lodo.

**Figura 4:** Modelo de barreiras sanitárias para reduzir riscos à saúde humana.



Adaptado de STRAUSS, 1991

Em 1989, a Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou um informe com diretrizes sanitárias para uso de águas residuárias em agricultura e aquicultura. Embora o escopo do informe fosse água de reúso, o potencial benéfico do lodo já era citado. Mas não havia limites sugeridos para os patógenos, nem modo de aplicação. Tendo em vista o aumento do uso de excretas na agricultura, em 2006 foi disponibilizado um guia de uso seguro de águas residuárias, cinzentas e excretas na agricultura e aquicultura. Neste guia as ferramentas citadas por STRAUSS são contempladas e acrescidas da ferramenta de avaliação de risco (WHO, 2006).

Para estabelecer os valores toleráveis de patógenos no lodo foram avaliados dados epidemiológicos, persistência no ambiente, rotas de transmissão, eficiência de diferentes barreiras sanitárias (tipos de tratamento empregado), população vulnerável e avaliação de risco. Na tabela 3 estão os valores estabelecidos pela OMS (WHO, 2006).

**Tabela 3:** Valores máximos recomendados de microrganismos em excreta e lodo para uso agrícola pela OMS.

<b>Microrganismo</b>	<b>Valores máximos recomendados</b>
Ovos de helmintos (número por grama de sólidos totais ou por litro)	<1/g ST
<i>E. coli</i> (por 100mL)	<1000/g ST

Fonte: Adaptado de WHO, 2006

A OMS recomenda ainda que as diretrizes sugeridas sejam adaptadas conforme a necessidade e realidade da comunidade local. Cita ainda que, embora o escopo do guia seja sistemas pequenos de tratamento e aplicação, este pode ser adaptado para escalas maiores (WHO, 2006).

Para que a aplicação do lodo na agricultura não coloque em risco a saúde da população é necessário que cada país leve em conta suas características sociais, ambientais, epidemiológicas e de infra-estrutura,



criando legislações e regulamentações que se adequem à sua realidade (UN-HABITAT, 2008).

A legislação que rege o uso de lodo na agricultura na União Européia (*Directive 86/278/EEC*) não estabelece limites para patógenos, pois, quando esta foi elaborada, a diversidade do lodo gerado dificultava a rotina de coleta e análises. No entanto, para proteger a saúde humana, o uso do lodo foi restringido de acordo com origem, tratamento do lodo e tipo de cultivo. A colheita também foi proibida antes de três semanas em cultivos onde foi aplicado lodo (UN-HABITAT, 2008). Tendo em vista o aumento da reciclagem de resíduos biodegradáveis na agricultura, está sendo proposta a revisão da legislação (CANZIANI, 2011).

Nos Estados Unidos, o uso do lodo na agricultura é regulamentado pela EPA (*Environmental Protection Agency*) segundo o *CFR Part 503 – Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge* de 2003. A USEPA classifica o lodo em A e B. Para lodo classe A, o número de patógenos deve ser reduzido abaixo dos limites detectáveis. Para ovos de helmintos o valor estabelecido é menor que 0,25 ovo viável de ovos por grama de sólidos totais. Tratamentos de redução significativa de patógenos como a digestão aeróbia, anaeróbia, compostagem, secagem e estabilização por cal podem ser suficientes para alcançar o valor permitido. O helminto escolhido como indicador foi *Ascaris* sp por ser muito resistente aos tratamentos empregados. Quando esse valor não é alcançado, alguns tratamentos adicionais como secagem térmica, pasteurização, radiação, entre outras devem ser empregados. Para o lodo classe B não foi estabelecido um limite para ovos de helmintos, mas sim medidas de prevenção do contato direto ou indireto. O contato direto pode ocorrer durante a aplicação ou contato com o solo onde foi aplicado o lodo. Portanto o uso de equipamentos de proteção individual é obrigatório para os trabalhadores, e a área onde for aplicado lodo deve ser cercada e identificada. Para evitar o contato indireto sua aplicação é restrita e deve-se

esperar o tempo de decaimento dos ovos, em torno de 38 meses (USEPA, 2003).

A legislação neozelandesa também divide o lodo em classes A e B. O parâmetro adotado para ovos de helmintos foi baseado na USEPA *CFR Part 503*, sendo então para lodo classe A  $<0,25$  ovo/g ST e restrição de uso do lodo classe B (NOVA ZELÂNDIA, 2003).

A Austrália é composta por seis estados e dois territórios, sendo que cada local possui guias e regulamentações próprias. Na Austrália Sul, o guia criado em 1996 e revisado em 2009, divide o lodo em classes A e B. Para lodo classe A o limite tolerado é menor que 1 ovo viável/50gST. E para classe B, assim como na *USEPA 503*, não há limite estabelecido para patógenos, mas sim medidas de controle de contato (AUSTRÁLIA SUL, 2009). Já na Austrália Ocidental o lodo é dividido em 4 classes (P1,P2,P3 e P4). Estas são classificadas conforme redução de patógenos, tipo de tratamento que alcance o limite estipulado e redução de atração de vetores. Ovos de helmintos só devem ser pesquisados quando tratamentos não citados no guia forem empregados na estabilização do lodo para atingir classificação P2. Os limites estabelecidos são um ovo viável ou  $<1$  ovo/10gST por lote (AUSTRÁLIA OCIDENTAL, 2010). Na Tasmânia no lodo classe A o limite é  $<1$  ovo viável (*Ascaris* e *Taenia* spp/4gST) (TASMANIA, 1999).

Na China o controle do uso de lodo na agricultura se dá pelo *Control Standards for Pollutants in Sludges for Agricultural Use* (GB4284-84). Este foi estabelecido em 1984 e não há limites estabelecidos para patógenos (UN-HABITAT, 2008). No entanto, essa lei restringe o uso do lodo em cultivos onde a colheita se dá no mesmo ano, em solos arenosos e próximos à água. O uso do lodo não pode exceder a 30 t-ST/ano/ha e o lodo deve ser decomposto a altas temperaturas ou digerido para ser aplicado em terras aráveis. O uso do lodo de esgoto deve ser interrompido quando o cultivo é afetado negativamente ou quando os padrões de higiene para produtos

agrícolas estão sendo violados. Cabe ao departamento de proteção da agricultura e ambiente monitorar o lodo, o solo e o cultivo (XU, 2011).

A Norma Oficial Mexicana (NOM-004-SEMANART-2002) classifica o lodo em classes A, B e C conforme a concentração de patógenos. Os limites tolerados para ovos de helmintos são <1 ovo viável/g ST, 10 ovos/g ST e 35 ovos/g ST, respectivamente. Em relação à concentração de metais o lodo é classificado como excelente ou bom. Para que o lodo gerado seja aplicado na agricultura, ele deve cumprir os parâmetros estabelecidos nas duas classificações (quadro 6) (MÉXICO, 2002).

**Quadro 6:** Padrões de metais e parasitológicos para uso do lodo segundo Norma Mexicana.

<b>Tipo</b> <b>(metais)</b>	<b>Classe</b> <b>(patógenos)</b>	<b>Uso</b>
Excelente	A (<1 ovo viável/g ST)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso urbano com contato direto na aplicação</li> <li>• O mesmo para classes B e C</li> </ul>
Excelente ou Bom	B (<10 ovos/g ST)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso urbano sem contato direto na aplicação</li> <li>• O mesmo para classe C</li> </ul>
Excelente ou Bom	C (<35 ovos/g ST)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso florestal</li> <li>• Condicionador de solo</li> <li>• Uso agrícola</li> </ul>

Adaptado de: México, 2002

No Brasil, alguns estados desenvolveram normas e/ou manuais técnicos dando orientações sobre o uso do lodo na agricultura. Em São

Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) publicou a Norma P4.320 em agosto de 1999. Essa norma era similar a USEPA 503. Em 2002, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) publicou Instrução Técnica CEP/DTA n.001/2002, baseada em estudos desenvolvidos pelo Programa Interdisciplinar de Pesquisa sobre Uso Agrícola de Lodo – PR (SAMPAIO, 2010).

Em 2006, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece critérios e procedimentos para o uso do lodo em áreas agrícolas, mediante a publicação da Resolução nº375/06. Segundo a Resolução devem ser observados os parâmetros orgânicos, inorgânicos, agentes patogênicos e indicadores microbiológicos. Dentre os agentes patogênicos e indicadores, devem ser analisadas as concentrações de coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos, *Salmonella* e vírus (CONAMA, 2006). Quando a Resolução foi criada, os estudos das condições edafoclimáticas brasileiras eram poucos. Portanto essa foi baseada em resultados preliminares das pesquisas nacionais disponíveis e normas de outros países (COSCIONE e col., 2010).

Essa mesma Resolução divide o lodo em duas classes. O lodo classe A é resultante de processos de efetiva redução de patógenos, podendo ser aplicado em horticultura desde que sejam respeitadas as restrições previstas nos artigos 12 da seção IV e artigo 15 da seção V. A concentração de ovos de helmintos viáveis permitida é <0,25 ovo/g de ST(sólidos totais) (CONAMA, 2006).

O lodo classe B resulta de processos de redução moderada de patógenos, sendo seu uso mais restrito, como descrito na Resolução CONAMA nº375/06, seção IV, artigo 14. A concentração de ovos viáveis de helmintos é <10 ovos/g de ST.

Na tabela 4 estão detalhadas as concentrações máximas permitidas de microrganismos segundo a classe do lodo, de acordo com a Resolução CONAMA nº375/06.

**Tabela 4:** Concentração de patógenos permitida segundo classe do lodo de acordo com a Resolução CONAMA nº375/06.

<b>Tipo de lodo</b>	<b>Concentração de patógenos permitida</b>
Classe A	Coliformes termotolerantes <math>10^3</math> NMP/g ST
	Ovos viáveis de helmintos <math>0,25</math> ovo/g ST
	<i>Salmonella</i> ausência em 10 g ST
	Vírus <math>0,25</math> UFP ou UFF/g ST
Classe B	Coliformes termotolerantes <math>10^6</math> NMP/g ST
	Ovos viáveis de helmintos <math>10</math> ovos/g ST

Fonte: Adaptado de CONAMA, 2006

Notas:

ST: sólidos totais

NMP: Número Mais Provável

UFF: Unidade Formadora de Foco

UFP: Unidade Formadora de Placa

A Resolução ainda estabelece que a partir do ano de 2011, apenas lodo classe A poderá ser empregado na agricultura, a menos que seja comprovada a segurança do uso do lodo classe B por estudos epidemiológicos nacionais e de avaliação de risco (CONAMA, 2006).

O parâmetro adotado pela legislação brasileira para ovos de helmintos no lodo classe A é semelhante ao da *USEPA Part 503*, que regulamenta o uso de esgoto e lodos nos Estados Unidos. No entanto, a prevalência de helmintos em países desenvolvidos é menor que a observada em países em desenvolvimento e não representa a realidade encontrada nestes (JIMÉNEZ, 2007).

Os limites estabelecidos pela USEPA são baseados na inativação alcançada por processos de tratamento disponíveis para redução significativa de patógenos, como a digestão aeróbia por exemplo. Mas esses limites foram estabelecidos quando a concentração inicial de ovos de

helmintos era no máximo 10 ovos/g ST. Em países em desenvolvimento a quantidade encontrada no lodo pode variar de 70 a 735 ovos/g ST. No Brasil o número de ovos no lodo é 75 ovos/g ST (JIMÉNEZ e col., 2007; JIMÉNEZ, 2007; NAVARRO e col., 2009).

NAVARRO e col. (2009) destacam que o estabelecimento de limites segundo inativação conforme tipo de tratamento e dados epidemiológicos não são suficientes para estimar o risco desses patógenos à saúde humana. Assim como a WHO (2006), sugerem o uso da Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM), onde a análise de diferentes cenários de exposição ao patógeno pode contribuir com ações mitigadoras e de proteção à saúde humana.

Segundo a OMS/WHO (2006), AQRM é basicamente constituída de quatro etapas:

1. Identificação do perigo: nesta etapa os efeitos à saúde humana causadas por um determinado patógeno são descritos;
2. Caracterização do perigo: aqui é feita uma avaliação da dose-resposta, para caracterizar a relação entre diversas doses administradas e os efeitos à saúde;
3. Avaliação de exposição: determina-se o tamanho e a natureza da população exposta, bem como a rota, a quantidade e a duração da exposição;
4. Caracterização do risco: é integração das etapas anteriores, podendo assim estimar a magnitude, variabilidade e incertezas da exposição da população a determinado patógeno.

Para que o emprego do lodo na agricultura tenha sucesso, as pesquisas desenvolvidas e o aprimoramento das barreiras sanitárias devem ser divulgadas e discutidas não só entre especialistas e legisladores, mas também entre representantes da população, que são peça fundamental desse processo (WHO, 2006; UN-HABITAT, 2008).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Considerando a alta persistência de ovos de helmintos e ovos de *Ascaris sp* em lodos e o atendimento a Resolução nº375/06, o trabalho tem por objetivo caracterizar e quantificar ovos de helmintos em lodos provenientes de Estações de Tratamento de uma Região Metropolitana Brasileira (RMB).

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Detectar e quantificar ovos de helmintos em amostras de lodos;
- Detectar e quantificar ovos de *Ascaris sp* e sua viabilidade em amostras de lodos;
- Verificar o atendimento aos padrões parasitológicos da Resolução CONAMA nº375/06;

## 4. MÉTODO

### 4.1. LOCAL DA AMOSTRAGEM

Foram realizadas amostragens em três Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) de uma Região Metropolitana Brasileira (RMB), classificadas como ETE 1, ETE 2 e ETE 3. Características do funcionamento e tipo de tratamento empregado são apresentadas no quadro 7.

**Quadro 7:** Características das estações de tratamento de esgoto onde foram realizadas as amostras.

ETE	Processo de tratamento	Vazão (L/s)	Geração de lodo (t/d)	Adição de Insumos	Contribuição industrial	Destino final do lodo
1	Lodos Ativados	1887	69	FeCl <sub>3</sub> (6,4kg/t) e Cal (24kg/t)	4%	Aterro
2	Lodos Ativados	800	14,3	FeCl <sub>3</sub> (5-6kg/t) e polímero (65 – 70 kg/t)	17%	Aterro
3	Lodos Ativados	848	41	FeCl <sub>3</sub> (6,72kg/t) e cal (17,24kg/t)	8%	Aterro

FeCl<sub>3</sub>: Cloreto Férrico

As amostras foram retiradas das pilhas dispostas nos pátios das ETE's (figura 5).

**Figura 5:** Pilhas de lodo de esgoto em pátio de ETE.





## 4.2 AMOSTRA E AMOSTRAGEM

As amostras foram coletadas de janeiro a novembro de 2011, mensalmente, somando 33 amostras.

## 4.3 COLETA, PRESERVAÇÃO E TRANSPORTE

Para realizar a coleta foi empregado o método analítico ABNT/NBR 10.0007/2004 – Amostragem de resíduos sólidos.

As amostras foram coletadas em sacos plásticos esterilizados de 4L, identificados por números, hora e local. Estas foram transportadas para Laboratório de Análises Biológicas da Faculdade de Saúde Pública/USP sob refrigeração (0°C a 8°C, não congeladas) e analisadas dentro de um período máximo de 24 horas.

## 4.4 TEOR DE SÓLIDOS TOTAIS

O teor de sólidos totais foi realizado de acordo com o *STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER* (21<sup>st</sup> ed. 2005), SM 2540.

## 4.5 OVOS DE HELMINTOS E OVOS VIÁVEIS DE *Ascaris* sp

Para detecção dos ovos de helmintos e ovos viáveis de *Ascaris* sp, foi utilizado o método descrito em *Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge, appendix I -Test Method for Detecting, Enumerating, and Determining the Viability of Ascaris Ova in Sludge* da US-EPA (United States Environmental Protection Agency) de 2003.

Foram pesados 50g (estimando sólidos totais em torno de 5-10g)<sup>2</sup> da amostra em um béquer. Água destilada foi adicionada até completar 500mL. A amostra ficou em repouso *overnight* entre 4° e 10°C para hidratar. Posteriormente esta foi homogeneizada no liquidificador em velocidade alta por um minuto e então dividida em partes iguais em quatro copos de béquer. Foi acrescentado 7X® 1%<sup>3</sup> até completar 900 mL e deixada em repouso *overnight* entre 4° e 10°C. O 7X® é um detergente aniônico que auxilia a liberação dos ovos aderidos aos sólidos.

O sobrenadante foi aspirado à vácuo, completou-se até 500 mL com água destilada e amostra submetida a homogeneização em velocidade máxima por um minuto. Foi adicionado 7X® 1% até completar 900mL e a amostra deixada novamente em repouso *overnight*.

O sobrenadante foi aspirado e os sedimentos obtidos foram juntados em um béquer. A este foi acrescentado 300mL de 7X® 1% e a amostra foi homogeneizada em agitador magnético por cinco minutos. A amostra foi drenada em uma peneira 50 *mesh*, para remoção de partículas maiores, e completada com 7X® 1% até 900mL. Deixou-se em repouso *overnight*.

Após aspirar o sobrenadante o sedimento foi dividido em tubos cônicos de 50mL e estes foram submetidos a centrifugação por dez minutos a 1000G ( $\pm$  2200 RPM). O sobrenadante foi desprezado e ao sedimento foi adicionado 10 mL de sulfato de magnésio com densidade específica de 1,20<sup>4</sup>. O tubo foi agitado por 10-15 segundos em agitador de tubos para ressuspender o sedimento. Mais sulfato foi adicionado até completar 45mL. Os tubos foram novamente centrifugados por 10 minutos a 1000G ( $\pm$  2200 RPM).

---

<sup>2</sup> Essa quantidade é ideal, pois facilita a hidratação do lodo, contribuindo com a liberação dos ovos do sedimento e posterior visualização da amostra ao microscópio, como citado por BOWMAN e col. (2003).

<sup>3</sup> Detergente 7X® 1%: Para 1 L adicionar 1 mL de 7X® em 999 mL de água destilada.

<sup>4</sup> Sulfato de Magnésio densidade 1,20: Para 1 L pesar 454 g de MgSO<sub>4</sub> + 7H<sub>2</sub>O. Ajustar com densímetro.

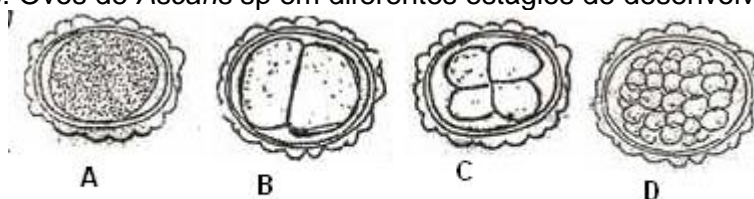
O flotado obtido foi despejado em peneira 400 *mesh*, com porosidade que não permite que os ovos passem, e o material retido na peneira transferido para tubo cônico 50mL. O tubo foi submetido a centrifugação por três minutos a 800G ( $\pm$  1900 RPM). O sobrenadante foi desprezado e o sedimento obtido foi ressuspendido com 4mL de ácido sulfúrico 0,1N. A amostra foi transferida para frasco de cintilação 25mL e incubada a 26°C em incubadora Cientec CT-705-120. Na quarta semana a amostra foi analisada na câmara de Sedgwick-Rafter, em microscópio Carl Zeiss Axioskop 40 Pol, em aumento de 100X.

Foram identificados e quantificados os ovos de helmintos observados para determinação da concentração dos ovos totais.

Foram considerados ovos viáveis de *Ascaris* sp aqueles que continham a larva formada. Quando as larvas não se moviam com o estímulo da luz, os ovos foram observados no aumento de 200X para verificar se as larvas estavam totalmente formadas.

Ovos de *Ascaris* sp férteis ou em diferentes estágios de desenvolvimento, foram classificados como não viáveis (figura 6).

**Figura 6:** Ovos de *Ascaris* sp em diferentes estágios de desenvolvimento.



Adaptado de Roepstorff, 1999

A: Ovo fértil; B: Ovo com célula germinativa dividida em dois; C: Ovo com célula germinativa dividida em quatro; D: Ovo com célula germinativa dividida em oito ou mais.

Os resultados foram expressos em número de ovos totais/g (peso seco) e em ovos viáveis de *Ascaris* sp/g (peso seco) segundo as equações a seguir:

$$\text{Ovos totais (g peso seco)} = \frac{(\text{ovos totais})}{(\text{AP}) \times (\text{ST})}$$

onde:

AP = amostra processada em g  
ST = % sólidos totais

$$\text{Ovos viáveis de } \textit{Ascaris} \text{ sp (g peso seco)} = \frac{(\text{Ovos viáveis de } \textit{Ascaris} \text{ sp})}{(\text{A}) \times (\text{ST})}$$

onde:

AP = amostra processada em g  
ST = % sólidos totais

Para realização da semeadura experimental a amostra foi dividida em três sub-amostras de 50g, como descrito em BOWMAN e col. (2003). Duas delas foram processadas normalmente para determinar a precisão do método. A precisão foi calculada da seguinte maneira:

$$P = \frac{\text{DP da média de ovos} \times 100}{\text{Média dos ovos}}$$

onde:

DP = Desvio padrão

A terceira sub-amostra foi inoculada com 500 ovos/4gST de *Ascaris suum* (*Excelsior Sentinel, Inc.*) para determinar a exatidão da recuperação dos ovos. A taxa de recuperação foi calculada da seguinte maneira:

$$R (\%) = \frac{\text{Nr} - \text{M}}{\text{NO}} \times 100$$

onde:

Nr: número de ovos viáveis na amostra inoculada  
M: média do número de ovos viáveis nas amostras não inoculadas  
NO: número de ovos inoculados

## 5. RESULTADOS

No período de janeiro a novembro de 2011, foram coletadas, mensalmente, amostras de lodo de esgoto provenientes de três ETE's de uma Região Metropolitana Brasileira (RMB).

Ao realizar as coletas observou-se que o lodo gerado nas estações é depositado em pátio aberto. Apenas na ETE 2 o lodo fica em local coberto. Nas ETE's 1 e 3 as pilhas de lodo ficavam expostas às intempéries e a possíveis vetores mecânicos, dentre eles, pombos, que foram observados nas pilhas da ETE 3.

Neste período, 100% das amostras analisadas estavam contaminadas por ovos de helmintos. As concentrações de ovos totais de helmintos, assim como ovos viáveis e não-viáveis de *Ascaris* sp em cada ETE estudada são apresentadas na tabela do anexo 1.

## 5.1.OVOS TOTAIS DE HELMINTOS

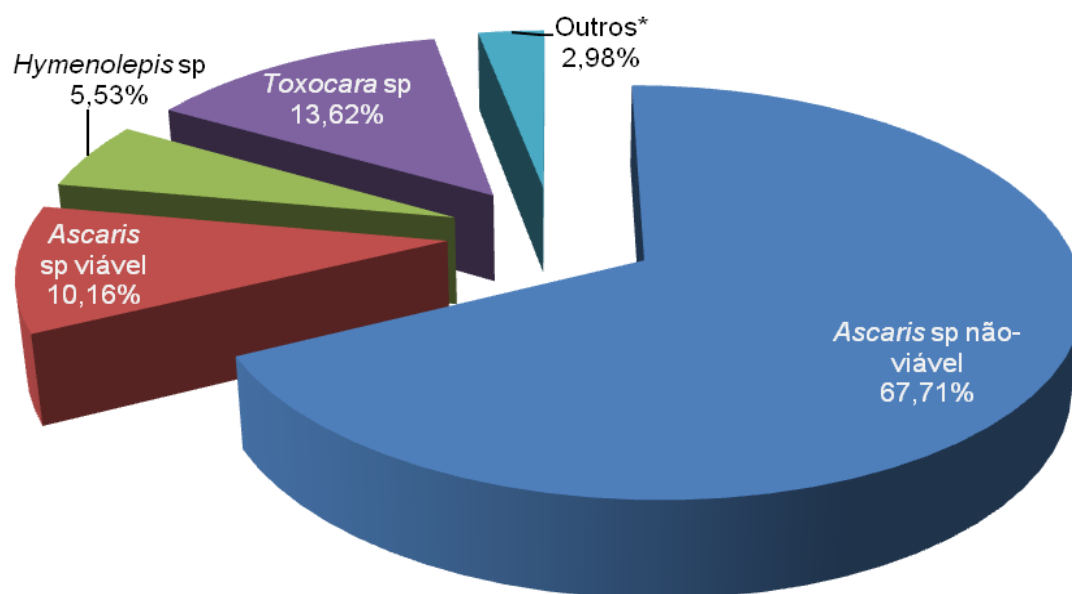
As amostras analisadas nas três ETE's apresentaram rica fauna parasitológica. Foram observados ovos de *Ancylostoma* sp, *Ascaris* sp, *Capillaria* sp, *Enterobius vermicularis*, *Fasciola hepatica*, *Hymenolepis* sp, *Taenia* sp, *Toxocara* sp e *Trichuris* sp (anexo 2).

A presença de ovos de *Ancylostoma* sp foi observada, no entanto esses ovos não foram quantificados devido as próprias características das amostras de lodo, as quais apresentavam quantidade expressiva de sedimentos e sujidades. Essa característica dificultou a sua identificação, o que poderia levar a se superestimar ou subestimar a concentração desses ovos.

Ovos não-viáveis de *Ascaris* sp foram os mais prevalentes com 67,71%, enquanto ovos viáveis de *Ascaris* sp foram observados em 10,16% das amostras analisadas. Ovos de *Toxocora* sp estiveram presentes em 13,62% das amostras.

A figura 6 ilustra as porcentagens de ovos de helmintos observados nas três ETE's, no período do estudo.

**Figura 7:** Prevalência de ovos de helmintos em lodo de esgoto das ETE's avaliadas, RMB, 2011.



\*Outros: *Ascaris sp* infértil, *Capillaria sp*, *Enterobius vermicularis*, *Fasciola hepatica*, *Taenia sp*, e *Trichuris sp*.

A média aritmética de concentração de ovos totais na ETE 1 foi de  $6,23 \pm 2,04$  ovos/g ST; na ETE 2  $20,43 \pm 13,86$  ovos/g ST e na ETE 3  $18,57 \pm 12,31$  ovos/g ST (anexo 1).

Ao observar as concentrações de ovos totais nas ETE's, nota-se que a ETE 2 é a que apresenta as maiores concentrações, seguida pela ETE 3.

Ovos de *Fasciola hepatica* foram detectados nas ETE's 2 (abril) e 3 (abril e maio). As concentrações desses ovos foram 0,07 e 0,15 respectivamente.

As amostras de lodo de esgoto da ETE 1 apresentaram as menores concentrações de ovos não-viáveis de *Ascaris sp* no período do estudo, como ilustra a tabela do anexo 1. A média de ovos nesta ETE foi de  $3,99 \pm 1,83$  ovos/g ST. A menor concentração ocorreu no mês de janeiro com 1,88 ovos/g ST. A concentração aumentou até o mês de maio, chegando a 7,31 ovos/g ST.

A ETE 2 apresentou a maior concentração média de ovos não-viáveis de *Ascaris* sp com  $15,07 \pm 10,24$  ovos/g ST. A maior concentração observada foi no mês de agosto com 40,40 ovos/g ST e a menor em janeiro com 3,75 ovos/g ST.

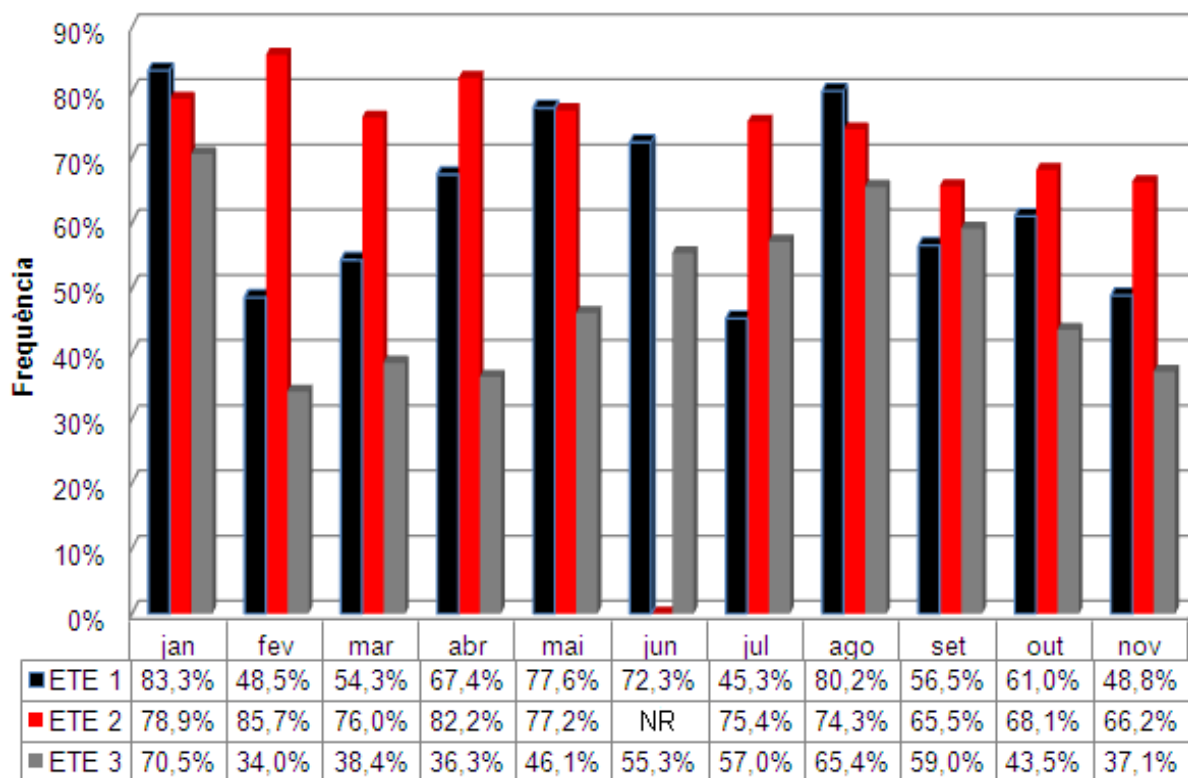
Na ETE 3 a concentração média foi de  $12,04 \pm 10,62$  ovos/g ST. Esta estação apresentou a maior concentração de ovos não-viáveis de *Ascaris* sp no mês de junho com 42,56 ovos/g ST. A menor concentração observada também foi no mês de janeiro (4,63 ovos/g ST), como nas outras ETE's. A tabela do anexo 1 mostra as concentrações de ovos não-viáveis de *Ascaris* sp por estação de tratamento.

Ao analisar as freqüências de ovos não-viáveis de *Ascaris* sp em relação aos ovos totais de helmintos nota-se que a ETE 2 apresentou freqüências maiores desses ovos em relação aos ovos totais de helmintos observados, exceto no mês de janeiro onde essa proporção foi maior na ETE 1. A ETE 3 apresentou as menores freqüências de ovos não-viáveis de *Ascaris* sp.

As freqüências observadas de ovos não-viáveis de *Ascaris* sp, em relação aos ovos totais, estão representadas na figura 8.



**Figura 8:** Frequência de ovos não-viáveis de *Ascaris* sp em relação a ovos totais de helmintos presentes no lodo de esgoto nas ETE's estudadas, RMB, 2011.



## 5.2. OVOS VIÁVEIS DE *Ascaris* sp

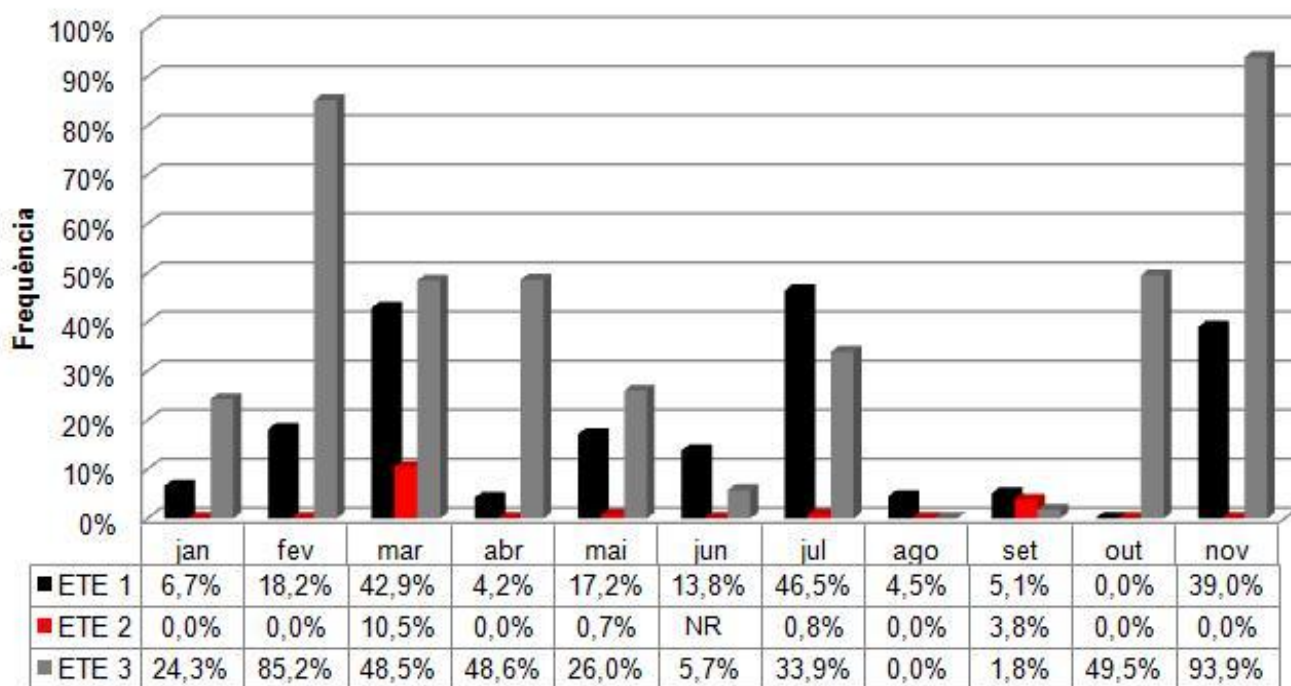
Ovos viáveis de *Ascaris* sp foram detectados em maior concentração (média de  $3,50 \pm 1,80$  ovos/g ST) e frequência na ETE 3. A maior concentração de ovos foi no mês de abril com 5,78 ovos/g ST e a frequência mais alta foi em novembro com 93,9% de ovos viáveis. No mês de agosto não foram detectados ovos viáveis nessa mesma ETE.

A ETE 2 foi a estação com as menores concentrações ( $0,59 \pm 0,65$ ) e frequências de ovos viáveis. Em alguns meses não foram detectados ovos viáveis de *Ascaris* sp, como exibido na tabela do anexo 1.

A ETE 1 apresentou concentração média de  $0,71 \pm 0,56$ . Em outubro não foram detectados ovos viáveis e o mês com maior concentração foi o de maio com 1,67 ovos/g ST. Embora as concentrações nessa estação não tenham sido altas, notou-se que as freqüências de ovos viáveis de *Ascaris* sp em relação aos não-viáveis eram elevadas. Ou seja, dos ovos de *Ascaris* sp observados, a maioria estava viável cuja a maior freqüência foi observada no mês de julho com 46,5%.

As freqüências de ovos viáveis em relação a ovos não-viáveis de *Ascaris* sp estão ilustradas na figura 9.

**Figura 9:** Freqüência de ovos viáveis de *Ascaris* sp em relação a ovos não-viáveis em lodo de esgoto nas ETE's estudadas, RMB, 2011.



NR: Não Realizada

### 5.3. DESEMPENHO DO MÉTODO

Para avaliar o desempenho do método foram realizados três ensaios de semeadura experimental para avaliar a precisão e exatidão do método empregado.

Passadas as quatro semanas de incubação, verificou-se que os ovos de *Ascaris suum* inoculados encontravam-se em diferentes estágios de desenvolvimento, mas mesmo assim se assumiu que estavam em condições de serem utilizados para o cálculo da taxa de recuperação.

A precisão obtida foi de 6,23%, 60,61% e 12,12%. A precisão média foi de 26,32%, como apresentado na tabela 5.

Na primeira semeadura experimental realizada, a taxa de recuperação foi de 64%. As taxas de recuperação nas semeaduras seguintes foram de 83,09% e 96,80%. A média de recuperação foi 82%.

**Tabela 5:** Precisão e Exatidão de recuperação de *Ascaris* sp em lodo de esgoto.

Semeadura Experimental	Ovos de <i>Ascaris</i> sp		M±DP	DP % da média de ovos	Nº de ovos inoculados	Nº de ovos recuperados	Taxa de Recuperação
	Amostra 1	Amostra 2					
1	166	152	159±9,90	6,23	500	480	64%
2	300	120	210±127,28	60,61	1875	1783	83,9%
3	228	192	210±25,46	12,12	2125	2267	96,8%
Média				26,32			82,0%

M: Média

DP: Desvio Padrão

## 6. DISCUSSÃO

A caracterização e quantificação de ovos de helmintos, dentre estes ovos de *Ascaris* sp, no lodo de esgoto proveniente de três ETE's da RMB, mostrou rica fauna parasitológica e alta freqüência.

Embora a técnica utilizada seja para determinação e contagem de *Ascaris* sp, esta possibilita a recuperação de outros ovos como *Toxocara* sp (por ter densidade parecida com a de *Ascaris* sp) e *Trichuris* sp (pelo seu formato oval pode ficar retido na peneira). Ovos de *Taenia* sp podem não ficar retidos na peneira pelo seu tamanho menor (BOWMAN e col., 2003), entretanto, em algumas amostras analisadas foram encontrados ovos desses helmintos.

Os ovos de helmintos observados nas amostras de lodo de esgoto analisadas no decorrer deste trabalho foram *Ancylostoma* sp, *Ascaris* sp, *Enterobius vermicularis*, *Hymenolepis* sp, *Taenia* sp, , *Toxocara* sp, *Trichuris* sp, os quais foram citados por autores como PAULINO e col. (2001), JIMÉNEZ (2007), JIMÉNEZ e col. (2007), SOUZA e col. (2008), CARRIJO e BIONDI (2008), SIDHU e TOZE (2009), MAYA e col. (2010) e SOCCOL e col. (2010).

Ovos de *Fasciola hepatica* foram detectados em baixas concentrações em duas ETE's e de acordo com a literatura consultada constatou-se que a presença desses ovos não é usual. Segundo WHO (2004) e JIMÉNEZ e col (2007) esses ovos podem ser encontrados em águas de reúso e lodos de esgoto, embora seu significado sanitário seja menor quando comparado com cestóides e nematóides.

Os ovos inférteis de *Ascaris* sp foram contabilizados nesse trabalho pois, mesmo não oferecendo riscos à saúde e ambiente, podem auxiliar na

caracterização do perfil epidemiológico da população (FORTES e col, 2004; REY, 2008).

No presente trabalho, as prevalências de ovos observadas foram ovos não-viáveis de *Ascaris* sp 67,71%; *Toxocara* sp 13,62%; ovos viáveis de *Ascaris* sp 10,16%; *Hymenolepis* sp 5,53%; outros 2,98% (*Ascaris* sp infértil, *Capillaria* sp, *Enterobius vermicularis*, *Fasciola hepatica*). Prevalências similares de ovos não-viáveis de *Ascaris* sp foram observadas em trabalho realizado por PAULINO e col. (2001), que obtiveram prevalências variando de 82,7% a 56%. NELSON e col. (2004), ao analisarem o lodo de três lagoas de estabilização, no México, observaram prevalência média de 88,7% (85,3% a 93,5%); já JIMÉNEZ (2007) relata que, no lodo podem ser encontrados 86,2% de ovos de *Ascaris* sp. SOUZA e col. (2008), ao analisarem duas amostras de lodo de esgoto, observaram prevalência de 44% de *Ascaris* sp. Esses mesmos autores observaram prevalência de 11,1% de *Toxocara* sp, próximo ao observado no presente trabalho (13,62%); no entanto PAULINO e col. (2001) obtiveram prevalências inferiores para *Toxocara* sp (5,5%), mas semelhantes de *Hymenolepis* sp (3,7% de *H. diminuta* e 1% de *H. nana*).

MAYA e col. (2010) demonstraram que ovos de *Ascaris* sp, seguido por ovos de *Toxocara canis*, são os mais resistentes a diferentes tratamentos empregados devido a sua espessa camada, o que corrobora os resultados aqui obtidos. Em trabalho de revisão realizado por SIDHU e TOZE (2009), os autores citam que ovos de *Ascaris* sp, *Taenia* sp, *Trichuris* sp e *Toxocara* sp podem ser encontrados em lodos de esgoto digerido em concentrações que variam de 0 a 9 ovos/g, sendo *Ascaris* sp o mais comum. Ovos de *Ancylostoma* sp, *Hymenolepis diminuta* e *Capillaria* também podem ser detectados no lodo, embora em menores concentrações. Esses mesmos autores citam que, em um trabalho realizado na França, em 20 ETE's foram observadas concentrações <0,25 a 7 ovos/g ST de *Toxocara* sp viável, *Capillaria* sp e *Trichuris* sp.

No presente trabalho notou-se freqüência expressiva de ovos de *Hymenolepis* sp e *Trichuris* sp no lodo. No entanto, MAYA e col. (2010) demonstraram que esses helmintos foram os mais sensíveis a diferentes tratamentos empregados para lodos, o que pode sugerir que nas amostras analisadas no presente trabalho a carga inicial de parasitos era alta. JIMÉNEZ (2007) e JIMÉNEZ e col (2007) observaram prevalências entre 5% e 6% de ovos de *Trichuris* sp em lodo de esgoto. Concentrações de 4,42 ovos/g ST foram observadas no presente trabalho. Já GUZMÁN e col. (2007), na Espanha, encontraram baixas concentrações de ovos de helmintos no lodo. Os valores obtidos por esses autores esteve abaixo de 6 ovos/10 g. Foram observados ovos de *Ascaris* sp, *Hymenolepis* sp, *Trichuris* sp e *Capillaria* sp. Autores como PAULINO e col (2001), JIMÉNEZ e col (2007) e MAYA (2010) destacaram que em esgotos onde haja altas concentrações de parasitos, mesmo que os tratamentos empregados sejam eficientes, não há redução significativa dos patógenos; situação comum em países em desenvolvimento.

Ovos viáveis de *Ascaris* sp são utilizados como indicadores da qualidade do lodo de esgoto. Nesse trabalho a prevalência de ovos viáveis foi de 10,16%. PAULINO e col. (2001) obtiveram prevalências que variaram de 17,3% a 44%. No presente trabalho a variação de ovo viável foi <0,1 a 93,9%, quando comparado a ovos de *Ascaris* sp não-viável. JIMÉNEZ (2007) cita 90% de viabilidade de ovos de *Ascaris* sp em lodo de esgoto. CORREA e col. (2007) observaram concentração de 4,7 ovos/g ST, enquanto SOUZA e col. (2008) relatam 8,45 ovos/g ST. As concentrações de ovos viáveis observadas nesse trabalho variaram de <0,1 a 5,78 ovos/g ST.

Segundo os parâmetros parasitológicos estabelecidos pela Resolução nº 375/06, o lodo gerado nas ETE's 1 e 3 poderiam ser classificados como B (<10 ovos viáveis/g ST), portanto teriam uso restrito na agricultura. Nesses casos, para que os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 375/06 fossem alcançados, esta estabelece (baseada na

*USEPA Part 503*) que devem ser empregados tratamentos adicionais para redução de patógenos como compostagem confinada ou aerada, secagem térmica direta ou indireta, tratamento térmico, digestão aeróbia termofílica, processos de irradiação com raios beta ou pasteurização. Autores como PASSAMI e col. (2002), CORRÊA e col. (2007), POPAT e col (2010), SZABOVÁ e col. (2010) demonstraram a eficiência desses processos na redução da concentração de ovos de helmintos no lodo.

Embora na ETE 2 não tenham sido detectados ovos viáveis de *Ascaris* sp em oito amostras, o lodo produzido não poderia ser classificado como classe A (<0,25 ovo/g ST), já que não houve uniformidade nos resultados. Para que o lodo gerado seja classificado como A e destinado à agricultura, a Resolução determina que seja feita uma caracterização inicial, coletando no mínimo 15 amostras distribuídas uniformemente em um período de três meses. No presente trabalho foi feita apenas uma coleta por mês. Para o monitoramento deve ser coletada uma amostra, em quadruplicata, de acordo com a frequência e quantidade de lodo destinado à agricultura conforme estabelecido na Resolução. A qualidade do lodo também deve ser verificada antes da venda, distribuição e aplicação. Portanto, do ponto de vista parasitológico o lodo gerado na ETE 2 poderia ser aplicado na agricultura apenas alguns meses. No entanto deve-se destacar que essa ETE é a que tem maior contribuição de esgoto industrial, podendo inviabilizar o uso do lodo na agricultura, devido à possível presença de metais pesados.

A Resolução estabelece no primeiro parágrafo do artigo 11 que, decorridos cinco anos a partir do ano da publicação (isto é, 2011) “somente será permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado classe A, exceto sejam propostos novos critérios ou limites baseados em estudos de avaliação de risco e dados epidemiológicos nacionais, que demonstrem a segurança do uso do lodo de esgoto Classe B” (CONAMA, 2006, p.7).

Embora o foco deste trabalho não seja a avaliação de risco em si, fica claro que a caracterização e quantificação dos patógenos são de extrema importância para que o cenário de exposição a ser explorado seja o mais fidedigno. Assim sendo, os resultados obtidos com o uso dessa ferramenta contribuem para o estabelecimento de barreiras sanitárias orientadas a realidade do local minimizando o impacto do uso do lodo para fins agrícolas.

Ao utilizar a ferramenta da AQRM para avaliar os riscos associados a ingestão de alimentos cultivados com lodo de esgoto, NAVARRO e col. (2009) concluíram que os limites estabelecidos pela WHO e pela USEPA são muito restritivos. Os autores citam que os padrões poderiam ser flexibilizados nos países em desenvolvimento, sem aumentar significativamente os riscos à saúde da população exposta.

BASTOS e col. (2009), ao fazerem uma análise crítica do CONAMA nº 375/06 empregando o uso da AQRM, concluíram que o limite estabelecido para lodo classe A pode ser muito rigoroso ao passo que os limites para classe B podem ser permissivos. Concluíram ainda que o grupo com maior risco, quando da aplicação do lodo, são os trabalhadores. Os autores sugerem que mais estudos sejam desenvolvidos acerca da remoção de patógenos do lodo e melhoria nas técnicas de isolamento desses, contribuindo com a atualização permanente da legislação.

SOCOL e col. (2010) destacam também os debates quanto à rigidez da Resolução nº 375/06 para organismos patogênicos, cogitando a possibilidade de flexibilização da quantidade de parasitas e locais de aplicação do lodo. Para que a norma fosse adequada à realidade do país, sugerem que as características de cada região como os índices de parasitismo, diversidade de parasitos, condições higiênico-sanitárias, condições de saúde da população e condições do ambiente (clima, solo, temperatura) sejam pesquisadas e consideradas como base para o



estabelecimento de padrões parasitológicos apropriados às especificidades de cada região do país.

## 6.1. DESEMPENHO DO MÉTODO

O método proposto por BOWMAN e col.(2003) para taxa de recuperação permite avaliar a precisão e a exatidão do procedimento.

A precisão média, que foi calculada baseada nas duas sub-amostras não inoculadas, foi de 26,32%. BOWMAN e col. (2003) obtiveram, para lodos submetidos a tratamentos alcalinos, média de 34,4%. A precisão obtida por esses autores variou de 5,7% a 56,4%. No presente trabalho a precisão variou de 6,23% a 60,61%, estando de acordo com os dados obtidos pelos autores supracitados.

A exatidão média obtida neste trabalho, dada pela recuperação dos ovos de *Ascaris summ* inoculados, foi de 82%; variando de 64% a 96,80%. BOWMAN e col. (2003) obtiveram em torno de 60% de recuperação média. As porcentagens variaram conforme a matriz do lodo testada. Em lodos que sofreram tratamento alcalino, a recuperação foi de 58,5%, variando de 65,7% a 69,5%. A média de recuperação obtida no presente trabalho pode ter sido maior que a citada pelos autores devido à maior quantidade de ovos inoculados, bem como maior concentração inicial de ovos nas amostras. Notou-se também que na última semente realizada, o sedimento estava mais claro facilitando a visualização da amostra, o que pode ter contribuído com a quantificação dos ovos.

## 7. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos na realização dessa pesquisa foi possível concluir que:

- Todas as amostras analisadas estavam contaminadas por ovos de helmintos, sendo *Ascaris* sp o mais prevalente;
- A frequência de ovos viáveis de *Ascaris* sp foi 10,16% nas amostras examinadas;
- O lodo gerado nas ETE´s 1 e 3 poderiam ser classificados como classe B para os padrões parasitológicos estabelecidos pela CONAMA nº375/06.
- O lodo gerado na ETE 2 atendeu aos padrões parasitológicos estabelecidos pela CONAMA nº375/06 apenas em oito meses, não podendo ser classificado como classe A, tendo em vista que não foram analisadas 15 amostras divididas em três meses, como estabelecido por essa Resolução.

## 8. REFERÊNCIAS

1. ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004. NBR 10007 – Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro. 25p.
2. Abreu TA, Gonçalves RF, Teixeira AVP, Anjos EMM, Andrade MCFE, Louzada AG, Macena CS, Cassini STA. Hidrólise química de lodos de esgoto visando a remoção de ovos de helmintos e coliformes fecais. In: V Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente, 2003 ago 11-15; Vitória, BR.
3. Agência Nacional de Água (ANA) (Brasil). É preciso expandir o setor agrícola com o uso inteligente da água. [Acesso em agosto de 2006]. Disponível em: [www.ana.gov.br/salaimprensa/noticiasexibe.asp?id\\_noticia=269](http://www.ana.gov.br/salaimprensa/noticiasexibe.asp?id_noticia=269).
4. Agência Nacional de Águas (ANA) (Brasil). Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional. Brasil; 2010. 1v.
5. Alum A, Rubino JR, Ijaz MK. The global war against intestinal parasites – should we use a holistic approach?. International Journal of Infectious Diseases. 2010;14:732-738.
6. American Public Health Works Association/Water Environment Federation (APHA); Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005), 21<sup>st</sup> ed, , Washington DC, USA
7. Andreoli CV, Pegorini ES. Gestão de lodos: situação e perspectivas. In: I Seminário sobre gerenciamento de lodos do Mercosul. 1998 dez 1-4; Curitiba, BR.
8. Austrália Ocidental. Western Australian Guidelines for biosolids management – Draft for comment; 2010. [Acesso em 17 de abril de 2011]. Disponível em: [www.dec.wa.gov.au/component/option,com\\_docman/task,doc\\_download/gid,4340/itemid,/](http://www.dec.wa.gov.au/component/option,com_docman/task,doc_download/gid,4340/itemid,/)
9. Australian and New Zealand Biosolids Partnership (ANZBP). Review of biosolids guideline –Summary; 2009. [Acesso em 17 de abril de 2011]. Disponível em: [http://www.biosolids.com.au/forms/ANZBP-Summary\\_sml.pdf](http://www.biosolids.com.au/forms/ANZBP-Summary_sml.pdf)
10. Austrália Sul. Draft - South Australian Biosolids Guidelines for the safe handling and reuse of biosolids; 2009. [Acesso em 17 de abril de 2011]. Disponível em: [www.epa.sa.gov.au/xstd\\_files/Waste/Guideline/guidelines\\_biosolids.p  
df](http://www.epa.sa.gov.au/xstd_files/Waste/Guideline/guidelines_biosolids.pdf)

11. Bastos RKX, Bevilacqua PD, Dias GMF, Barony FJA. Análise crítica da legislação brasileira para uso agrícola de lodos de esgotos na perspectiva da avaliação quantitativa de risco microbiológico. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*. 2009;2(1):143-159.
12. Bettiol W, Camargo OA. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. 1ªed. Jaguariúna:Embrapa Meio Ambiente; 2006. p.25-35.
13. Bettiol W, Camargo AO, Galvão JAH, Ghini R. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto: descrição do estudo. In: Bettiol W, Camargo AO, coordenadores. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. 1ªed. Jaguariúna:Embrapa Meio Ambiente; 2006. p.17-23.
14. Bittencourt S, Andreoli CV, Mochida GA, Serrat BM. Uso agrícola do lodo de esgoto no estado do Paraná. In: Coscione AR, Nogueira TAR, Pires AMM, coordenadores. Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a Resolução nº375 do CONAMA. 1ªed. Botucatu:FEPAF; 2010. p.281-300.
15. Bonatti TR, Franco RMB. Investigação parasitológica conduzida em trabalhadores de uma estação de tratamento de esgoto de Jundiaí-SP. *Revista Panamericana de Infectologia*. 2007;3:17-19.
16. Bowman DD, Little MD, Reimers RS. Precision and accuracy of an assay for detecting *Ascaris* eggs in various biosolid matrices. *Water Research*. 2003;37:2063-2072.
17. Brito LL, Barreto ML, Silva RCR, Assis AMO, Reis MG, Parraga I, Blanton RE. Fatores de risco para anemia por deficiência de ferro em crianças e adolescentes parasitados por helmintos intestinais. *Pan American Journal of Public Health*. 2003;14(6):422-431.
18. Canziani R. Italy. In: Spinosa L. Wastewater sludge: a global overview of the current status and future prospects. 2ªed. London: IWA; 2011.p. 15-20.
19. Carrijo JR, Biondi GF. Levantamento de ovos de helmintos em lodo de esgoto oriundo de Campo Grande (MS) após tratamento anaeróbio. *Ciência Animal Brasileira*. 2008;9(1):207-211.
20. Castiñeiras TMPP, Martins FSV. Infecções por helmintos e enteroprotzoários. Centro de informação em saúde para viajantes – Cives, 2003. [Acesso em outubro de 2010] Disponível em: <http://www.cives.ufrj.br/informes/helmintos/hel-0ya.pdf>

21. Coelho WM, Carvalho EH, Araújo JLB. Avaliação de metodologias para detecção de ovos de helmintos no lodo e determinação do percentual de recuperação. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2005 set 18-23; Campo Grande, BR.
22. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Brasil). Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Retificada pela Resolução nº 380, de 2006. - Data da legislação: 29/08/2006 - Publicação DOU nº 167, de 30/08/2006, pág. 141-146 de 29/08/2006. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano/> Acesso em 13 maio 2009.
23. Corrêa RS, Fonseca YMF, Corrêa AS. Produção de lodos agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem do lodo de esgoto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 2007;11(4):420-426.
24. Coscione AR, Nogueira TAR, Pires AMM. Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a Resolução nº375 do CONAMA. 1ªed. Botucatu:FEPAF; 2010.
25. Dold C, Holland CV. *Ascaris* and ascariasis. Microbes and infection. 2011;13(7):632-637.
26. Duarte ER, Almeida AC, Cabra BL, Abrão FO, Oliveira LN, Fonseca MP, Sampaio RA. Análise da contaminação parasitária em compostos orgânicos produzidos com lodos de esgoto doméstico e resíduos agropecuários. Ciência Rural. 2008;38(5):1279-7285.
27. Fernandes F. Estabilização e higienização de biossólidos. In: Bettiol, W, Camargo, AO, coordenadores. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. 1ª ed. Jaguariúna: Embrapa; 2000. p. 45-67.
28. Ferreira MU, Ferreira CS, Monteiro CA. Tendência secular das parasitoses intestinais na infância na cidade de São Paulo (1984-1996). Revista de Saúde Pública. 2000;34(6):73-82.
29. Fortes BPMD, Valencia LIO, Ribeiro SV, Medronho RA. Modelagem geoestatística da infecção por *Ascaris* sp. Cadernos de Saúde Pública. 2004;20(3):727-734.
30. Fytili O, Zabaniotou A. Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods – A review. Renewable and Sustainable Energy Review. 2008;12:116-140.

31. Guzmán C, Jofre J, Montemayor M, Lucena, F. Occurrence and levels of indicators and selected pathogens in different sludges and biosolids. *Journal of Applied Microbiology*. 2007;103:2420-2429.
32. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. [Acesso em outubro de 2010]. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)
33. Jeníček P. Eastern Europe. In: Spinosa L. *Wastewater sludge: a global overview of the current status and future prospects*. 2<sup>a</sup>ed. London: IWA; 2011.p. 25-27.
34. Jiménez B, Austin A, Cloete E, Phasha C, Beltrán N. Biological risks to food crops fertilized with Ecosan sludge. *Water Science and Technology*. 2007;55(7):21-29.
35. Jiménez B, Maya C, Galván M. Helminth ova control in wastewater and sludge for advanced and conventional sanitation. *Water Science and Technology*. 2007;56(5):43-51.
36. Jiménez B. Helminth ova control in sludge: a review. *Water Science and Technology*. 2007;56(9):147-55.
37. Jiménez B. Latin America: México. In: Spinosa L. *Wastewater sludge: a global overview of the current status and future prospects*. 2<sup>a</sup>ed. London: IWA; 2011.p. 47-50.
38. Libânio PAC, Lemos Chernicharo CA de, Nascimento NO de. A dimensão da qualidade de água: avaliação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2005;3(10):219-228.
39. Massara CL, Ferreira RS, Andrade LD, Guerra HL, Carvalho OS. Atividade de detergentes e desinfetantes sobre a evolução dos ovos de *Ascaris sp.* *Cadernos de Saúde Pública*. 2003;19(1):335-340.
40. Maya C, Ortiz M, Jiménez B. Viability of *Ascaris* and other helminth genera non larval eggs in different conditions of temperature, lime (pH) and humidity. *Water Science and Technology*. 2010;62(11):2616-24.
41. Mexico. Secretaria de Medio Ambiente y Recurso Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SRMANART-2002. Protección ambiental – Lodos y biosólidos – Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

42. Mukhopadhyay C, Wilson G, Chawla K, Binu VS, Shivananda PG. A 6 year geohelminth infection profile of children at high altitude in western Nepal. *BMC Public Health*. 2008;8:98.
43. Nelson KL, Cisneros BJ, Tchobanoglous G, Darby JL. Sludge accumulation, characteristics, and pathogen inactivation in four primary waste stabilization ponds in central Mexico. *Water Research*. 2004;38:111-117.
44. Müller H, Gebetsroither H. Western Europe. In: Spinosa L. *Wastewater sludge: a global overview of the current status and future prospects*. 2<sup>a</sup>ed. London: IWA; 2011.p. 7-10.
45. Mun S, Cho S-T, Kim T-S, Oh B-T, Yoon j. Inactivation os Ascaris eggs in soil by microwave treatment compared to UV and ozone treatment. *Chemosphere*. 2009;77:285-290.
46. Navarro I, Jiménez B, Cifuentes E, Lucario S. Application of helminth ova infection dose curve to estimate the risks associated with biosolid application on soil. *Journal of Water and Health*. 2009;7(1):31-43.
47. Nova Zelândia. Guidelines for the safe application of biosolids to land in New Zealand; 2003. [Acesso em 17 de abril de 2011]. Disponível em:  
[http://www.waternz.org.nz/documents/publications/books\\_guides/biosolids\\_guidelines.pdf](http://www.waternz.org.nz/documents/publications/books_guides/biosolids_guidelines.pdf)
48. Oliveira FC, Mattiazzo ME, Chiaradia JJ. Uso agrícola de lodo de esgoto no Estado de São Paulo – Estudo de caso. In: Coscione AR, Nogueira TAR, Pires AMM, coordenadores. *Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a Resolução nº375 do CONAMA*. 1<sup>a</sup>ed. Botucatu:FEPAF; 2010. p.301-314.
49. Passami FRF, Keller R, Gonçalves RF. Higienização de lodo utilizando caleagem e pasteurização em uma pequena estação de tratamento de esgoto combinando reator UASB e biofiltro aerado submerso. In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; 2002 out 27-31; Cancun, MX.
50. Paulino RC, Castro EA, Soccol VT. Tratamento anaeróbio de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos de helmintos. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 2001; 34(5):421-428.
51. Popat, SC, Yates, MV, Deshusses, MA. Kinetics of inactivation of indicator pathogens during thermophilic anaerobic digestion. *Water research*. 2010;44: 5965-5972.

- 52.Rey, L. Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem dos trópicos ocidentais. 4<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- 53.Rocha RS, SilvaJG, Peixoto SV, Caldeira RL, Firmo JOA, Carvalho OS, Katz N. Avaliação de esquistossomose e de outras parasitoses intestinais em escolares do município de Bambuí, Minas Gerais, Brasil. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. 2000;33(5):431-436.
- 54.Roepstorff, A. 1999. [Acesso em 25 de setembro de 2011]. Disponível em: <http://www.stalosan.dk/stalosanf.php?action=visoth&id=12>
- 55.Sampaio A de O. Adequação das estações de tratamento de esgotos sanitários à Resolução número 375 do CONAMA. In: Coscione AR, Nogueira TAR, Pires AMM, coordenadores. Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a Resolução nº375 do CONAMA. 1<sup>a</sup>ed. Botucatu:FEPAF; 2010. p.265-280.
- 56.Santos SA, Merlini LS. Prevalência de enteroparasitoses na população do município de Maria Helena, Paraná. Ciência&Saúde Coletiva. 2010;15(3):899-905.
- 57.Sidhu JPS, Toze SG. Human pathogens and their indicators in biosolids: a Literature review. Environment International. 2000;35:187-201.
- 58.Silva CGM, Andrade SAC, Stamford TLM. Ocorrência de *Cryptosporidium spp* e outros parasitas em hortaliças consumidas *in natura*, no Recife. Ciência&Saúde Coletiva. 2005;10(Sup):63-69.
- 59.Slatter P, Gupta R. Australasia. In: Spinosa L. Wastewater sludge: a global overview of the current status and future prospects. 2<sup>a</sup>ed. London: IWA; 2011.p. 87-91.
- 60.Spinosa L. Other Countries. Wastewater sludge: a global overview of the current status and future prospects. 2<sup>a</sup>ed. London: IWA; 2011.p. 85-86.
- 61.Soares B, Cantos GA. Qualidade parasitológica e condições higiênicos-sanitárias de hortaliças comercializadas na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira de Epidemiologia. 2005;8(4):377-384.
- 62.Soccol VT, Paulino, RC. Riscos de contaminação do agrossistema com parasitos pelo uso do lodo de esgoto. In: Bettiol, W, Camargo, AO, coordenadores. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. 1<sup>a</sup> ed. Jaguariúna: Embrapa; 2000. p. 245-258.



63. Soccol VT, Paulino RC, Pereira JT, Castro EA de, Costa AO, Henning L, Andreoli C. Organismo patogênicos presentes em lodo de esgoto a ser aplicado no solo e a Resolução nº375 do CONAMA. In: Coscione AR, Nogueira TAR, Pires AMM, coordenadores. Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a Resolução nº375 do CONAMA. 1ªed. Botucatu:FEPAF; 2010. p.83-112.
64. Souza CA, Lemainski J, Silva JE, Mazzotti HA. Sobrevivência de ovos de helmintos na reciclagem agrícola do lodo de esgoto no Distrito Federal. In: IX Simpósio Nacional Cerrado; 2008 out 12-17; Brasília, BR.
65. Strauss M. Human waste use: health protection practices and scheme monitoring. *Water Science and Technology*. 1991;24(9):67-79.
66. Szavobá E, Jervis P, Papajová I. Sanitation composting process in different seasons. *Ascaris suum* as model. *Waste Management*. 2010;30:426-432.
67. Takayanagui OM, Capuano DM, Oliveira CAD, Bergamini AMM, Okino MHT, Silva AAMCC, Oliveira MA, Ribeiro EGA, Takayanagui AMM. Avaliação da contaminação de hortas produtoras de verduras após a implantação do sistema de fiscalização em Ribeirão Preto, SP. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 2007;40(2):230-241.
68. Tasmânia. Tasmanian Biosolids Reuse Guidelines; 1999. [Acesso em 17 de abril de 2011]. Disponível em: [www.environment.tas.gov.au/index.aspx?base=86](http://www.environment.tas.gov.au/index.aspx?base=86)
69. Tsutiya MT. Alternativas de disposição final de biossólidos. In: Tsutiya MT, Comparini JB, Sobrinho PA, Hespanhol I, Carvalho PCT, Melfi AJ, Melo WJ, Marques MO. Biossólidos na agricultura. 2ªed. São Paulo: ABES/SP; 2002.p. 133-180.
70. United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT). Global Atlas of excreta, wastewater sludge, and biosolids management: Moving forward the sustainable and welcome uses of a global resource. Nairobi, KE; 2008.
71. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Environmental Regulations and Technology - Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage). Under 40 CFR Part 503. Appendix I -Test Method for Detecting, Enumerating, and Determining the Viability of *Ascaris* Ova in Sludge, p. 166, EPA/625/R-92/013, 2003. [www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs](http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs)

72. Xu G. China. In: Spinosa L. Wastewater sludge: a global overview of the current status and future prospects. 2<sup>a</sup>ed. London: IWA; 2011.p. 65-68.
73. *World Health Organization (WHO)*. Integrated guide to sanitary parasitology. Amman - Jordan; 2004.
74. *World Health Organization (WHO)*. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater in agriculture. Guideline. Geneva; 2006. 4v.

## **Anexos**

## ANEXO 1

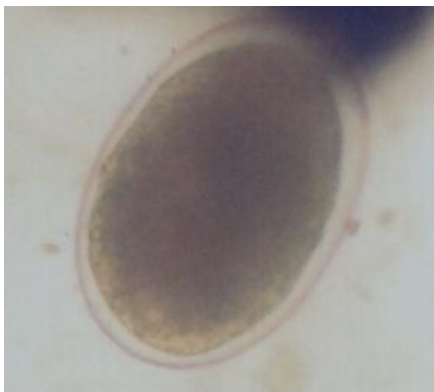
Concentrações de ovos de helmintos, ovos não-viáveis e ovos viáveis de *Ascaris sp* nas amostras de lodo de esgoto das ETE's analisadas, RMB, 2011.

Mês	ETE 1			ETE 2			ETE 3		
	OH	<i>Ascaris sp</i> não-viável	<i>Ascaris sp</i> viável	OH	<i>Ascaris sp</i> não- viável	<i>Ascaris sp</i> viável	OH	<i>Ascaris sp</i> não- viável	<i>Ascaris sp</i> viável
jan	2,25	1,88	0,13	4,75	3,75	<0,1	6,56	4,63	1,13
fev	4,25	2,06	0,38	4,67	4,00	<0,1	12,13	5,06	4,31
mar	7,17	3,89	1,67	18,58	14,13	1,48	14,63	8,58	4,16
abr	8,29	5,59	0,24	22,80	18,73	<0,1	20,27	11,89	5,78
mai	9,43	7,31	1,26	18,38	14,19	0,10	18,78	12,20	3,17
jun	7,03	5,08	0,70	NR	NR	NR	53,11	42,56	2,44
jul	6,33	2,87	1,33	20,59	15,53	0,12	22,18	13,76	4,67
ago	7,93	6,36	0,29	54,40	40,40	<0,1	9,69	7,91	<0,1
set	5,31	3,00	0,15	26,73	17,52	0,67	16,15	12,59	0,22
out	5,66	3,45	<0,1	17,45	11,88	<0,1	15,73	7,40	3,67
nov	4,94	2,41	0,94	16,00	10,59	<0,1	15,06	5,82	5,47
Média	6,23	3,99	0,71	20,43	15,07	0,59	18,57	12,04	3,50
SD	2,04	1,83	0,56	13,86	10,24	0,65	12,31	10,62	1,80

OH: Ovos de Helmintos

DP: Desvio Padrão

NR: Não Realizado

**ANEXO 2****FOTOS DE OVOS DE HELMINTOS EM LODO DE ESGOTO**

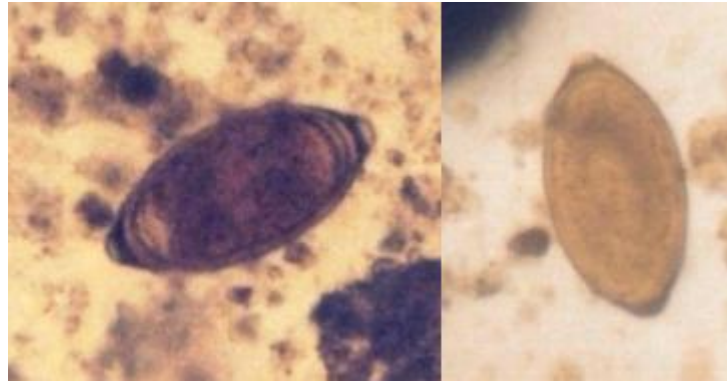
*Ancylostoma* sp (200x)



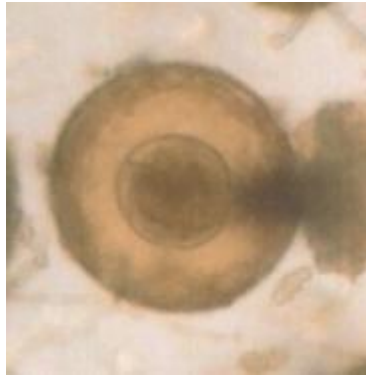
Ovos viáveis de *Ascaris* sp. (200x)



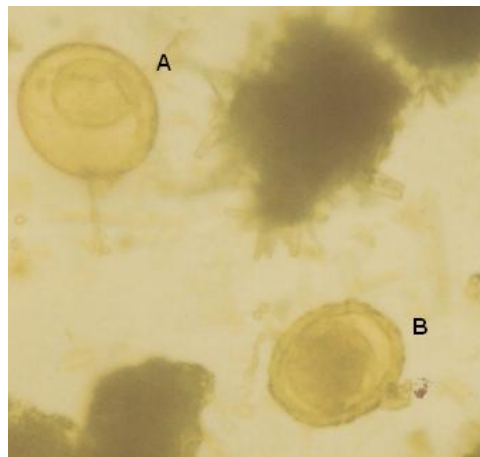
*Capillaria* sp (200x)



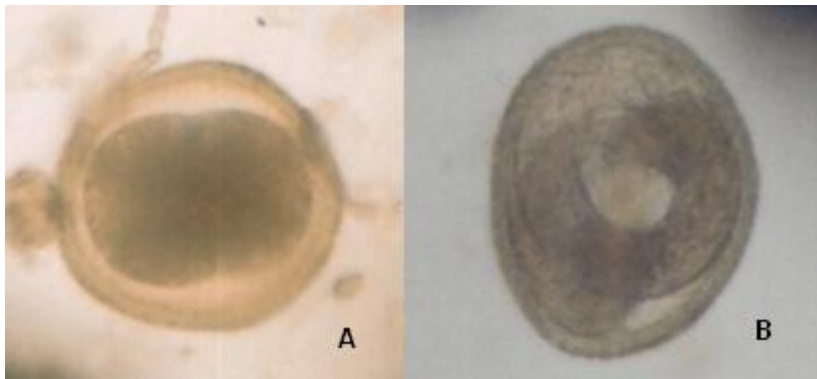
*Trichuris* sp. (200x)



*Hymenolepis* sp. (200x)



*Hymenolepis* sp (A); *Ascaris* sp (B) (200x)



**A:** *Toxocara* sp; **B:** *Toxocara* sp viável (200x)

## ANEXO 3

### CURRÍCULO LATTES

#### Maria Tereza Pepe Razzolini

Possui graduação em Biologia pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1986), mestrado em Saneamento Ambiental pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1998) e doutorado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (2003). Atualmente é professor doutor da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Atuando na área de Microbiologia Ambiental, especialmente na avaliação sanitária de águas.  
(Texto informado pelo autor)

Última atualização do currículo em 21/10/2011

Endereço para acessar este CV:

<http://lattes.cnpq.br/8467049839493963>



**Certificado  
pelo autor em  
21/10/11**

#### *Dados pessoais*

**Nome** Maria Tereza Pepe Razzolini

**Nome em citações bibliográficas** RAZZOLINI, M. T. P. ; Maria Tereza Pepe Razzolini

**Sexo** Feminino

**Endereço profissional** Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.  
Avenida Dr Arnaldo 715 1o andar Departamento de Saúde Ambiental  
Cerqueira César  
01246-904 - Sao Paulo, SP - Brasil  
Telefone: (11) 30617712 Ramal: 210 Fax: (11) 30617732  
URL da Homepage: <http://www.fsp.usp.br>

#### *Formação acadêmica/Titulação*

**2009** Pós-Doutorado .  
Michigan State University.  
*Bolsista do(a)*: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico .



## Veridiana Karmann Bastos

Possui graduação em Biologia pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (2005). Especialização em Saúde Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública (2008). Tem experiência na área de Microbiologia e Parasitologia.  
(Texto informado pelo autor)

Última atualização do currículo em 26/10/2011

Endereço para acessar este CV:

<http://lattes.cnpq.br/2794241488592212>




### Dados pessoais

**Nome** Veridiana Karmann Bastos

**Nome em citações bibliográficas** BASTOS, V. K.

**Sexo** Feminino

### Formação acadêmica/Titulação

- 2010** Mestrado em andamento em Saúde Ambiental .  
Faculdade de Saúde Pública - USP.  
*Título:* Determinação e quantificação de ovos de helmintos e *Ascaris lumbricoides* em bioossólido de estações de tratamento de esgoto da RMSP, *Orientador:*  Maria Tereza Pepe Razzolini.  
*Bolsista do(a):* Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior .  
*Grande área:* Ciências Biológicas / *Área:* Parasitologia / *Subárea:* Helminologia de Parasitos.  
*Setores de atividade:* Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação.
- 2007 - 2008** Especialização em Saúde Ambiental . (Carga Horária: 530h).  
Faculdade de Saúde Pública - USP.  
*Título:* Importância da microbiologia aquática na qualidade da água para consumo humano..  
*Orientador:* Dr.Alejandro Jorge Dorado/ Dra. Solange Martone Rocha.
- 1998 - 2005** Graduação em Biologia .  
Universidade Presbiteriana Mackenzie, MACKENZIE, Brasil.  
*Título:* Prevalência de Enteroparasitos em crianças da Escola Estadual Professora Marina Cintra (Ensino Fundamental - Ciclo I), situada no centro de São Paulo..  
*Orientador:* Professora Doutora Ligia Beatriz Lopes Persoli.