UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA
DEPARTAMENTO DE SAÚDE AMBIENTAL

**REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E A TRANSMISSÃO DE
HELMINTÍASES NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, BRASIL**

Autora: Silvana Audrá Cutolo

Orientador: Prof. Dr. Aristides Almeida Rocha

Tese de Doutorado apresentada ao
Departamento de Saúde Ambiental da
Faculdade de Saúde Pública da
Universidade de São Paulo, para o grau
de Doutor.

Área de Concentração: Saúde Ambiental

São Paulo
2002

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, por processos fotocopiadores.

Assinatura:

Data:

42961/2002 doc

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Aristides Almeida Rocha, orientador, por sua disposição, dedicação e consideração desde o início de minha carreira junto ao Departamento de Saúde Ambiental.

Ao Prof. Dr. Oswaldo Paulo Forattini pelas sugestões e profundo conhecimento científico, importante para o desenvolvimento de minha pesquisa.

À Dra Maria Inês Sato, gerente da divisão de microbiologia ambiental da CETESB, por todos os momentos de apoio desde início da pesquisa como na escolha da melhor metodologia analítica.

À Profª. Dra. Petra Sanchez Sanchez pelas sugestões e contribuições, que se iniciaram no mestrado, e que agora no doutoramento são ainda mais importantes para a consolidação da parasitologia ambiental.

À Profª. Dra. Maria Helena Matté, do Departamento de Prática em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública dessa Universidade, pelo auxílio em todo o percurso do meu doutoramento, na identificação dos parasitas nas amostras líquidas, incentivo no transcorrer da pesquisa e grande amizade.

Ao Prof. Dr. Pedro Sanches Mancuso do Departamento de Saúde Ambiental pelo auxílio no doutoramento, principalmente, no que diz respeito ao reuso de água.

À colega Dra. Yeda Lopes Nogueira, pelo auxílio em todos os momentos, mas principalmente na verificação da análise dos dados parasitológicos e na construção teórica da discussão.

Aos Profs. Roque Passos Piveli, Ivanildo Hespanhol e Sidney Seckler Ferreira Filho do Departamento de Hidráulica da Faculdade Politécnica da USP, pelos incentivos durante mais essa etapa na minha carreira acadêmica e grande amizade.

À Sabesp, mais especialmente, aos Engs. Américo Sampaio e Luiz Carlos Helou e ao Biól. Hélio Rubens Victorino Nimbimbo por permitirem a minha entrada na Estação de Tratamento de Esgoto no Município de Barueri (SP) e por me acompanharem no desenvolvimento das amostragens em campo.

À Domingas Maria A. G. Vieira Torres do Instituto Adolfo Lutz de São Paulo pela assessoria prestada durante o estágio para identificação de parasitas intestinais no período de julho a novembro de 1998.

As minhas queridas amigas e companheiras, Solange Martone Rocha, Maria do Carmo Dória, Francisca Alzira dos Santos, um especial agradecimento por tantas jornadas de trabalhos em campo e no laboratório.

Ao Prof. Dr. José Luiz Negrão Mucci e todos os docentes, funcionários e colegas do Departamento de Saúde Ambiental e da Faculdade de Saúde Pública.

A todo pessoal da seção de Pós-Graduação, principalmente, Renilda, Cidinha e Ângela por serem atenciosas em todos os momentos.

Ao pessoal da biblioteca, Profª. Terezinha, Ângela, Carminha, Márcia, Sueli por me auxiliarem nas buscas das referências bibliográficas.

Aos meus pais, Caetano Rodolpho Cutolo e Maristella Audrá Cutolo, por me incentivarem a minha carreira acadêmica e por estarem sempre ao meu lado.

Aos meus queridos irmãos, Flávia Audrá Cutolo e Rodolpho Audrá Cutolo pelo grande carinho e amizade.

Às minhas sobrinhas, Carla Cutolo Marchese e Rafaela Cutolo Marchese, que não existem palavras para expressar o meu amor.

Àqueles que indiretamente contribuíram para o desenvolvimento de minha carreira e do meu doutorado.

E a Deus por estar sempre comigo.

RESUMO

O reuso de águas residuárias nas áreas urbanas como no Município de São Paulo é uma alternativa necessária para conservação da Bacia Hidrográfica da Bacia do Alto Tietê em termos de qualidade e quantidade das águas destinadas aos usos múltiplos. Para o reuso de água residuárias na área urbana é importante o monitoramento e controle de agentes patógenos, além de se estabelecer padrões de qualidade de águas residuárias próprios de cada região em função da possibilidade de ocorrência de endemias e epidemias, e do controle de compostos químicos, toxicológicos e carcinogênicos. Detectar a presença de helminto intestinal humano nas águas residuárias de uma estação de tratamento de esgotos. Empregou-se a técnica de centrifugação e flotação com solução de sulfato de zinco à 33%(densidade 1,18). Foram identificados e quantificados vários ovos de helmintos. Os indicadores parasitológicos estabelecidos, no presente monitoramento, foram *Ascaris sp*, *Enterobius vermiculares*, *Hymenolepis sp* e *Strongyloides sp*. O risco sanitário do reuso de águas residuárias no município de São Paulo deve ser considerado, exigindo o planejamento e a adoção de medidas de controle para o reuso seguro em relação à presença de ovos de helmintos, e de outros agentes patógenos tão resistentes como os cistos de protozoários. Portanto, esses agentes devem ser avaliados para servirem de indicadores sanitários e de patogenicidade, juntamente com os ovos de helmintos. Também, a presença de substâncias químicas, de metais pesados, de substâncias tóxicas e carcinogênicas devem ser consideradas.

Palavras-chave: reuso urbano, águas residuárias, ovos de helmintos, indicadores parasitológicos.

ABSTRACT

Wastewater reuse on urban areas such as the city of São Paulo, is necessary an alternative to preserve Alto Tietê River basin, in terms of water quality and the amount of water for multiple use. To make reuse safe, the control and monitoring of pathogens and the establishment of quality patterns for wastewater in different areas are important tasks because endemic and epidemic diseases may occur and toxic and organic chemical compounds must be controlled. To detect the presence of human intestinal helminths in the wastewater from sewage treatment plants. Centrifugation and flotation with a 33% of zinc sulfide solution (density 1.18) was the technical procedure for this research. Many helminths eggs were identified and counted. The parasitological indicators established in this study were: *Ascaris* sp, *Enterobius vermicularis*, *Hymenolepis* sp, *Strongyloides* sp. The sanitary risks of wastewater reuse in the city of São Paulo must be considered and planning and control measurements must be adopted for a safe reuse concerning the presence of helminth's eggs and other resistant pathogens such as protozoan's cysts. So, these agents must be evaluated to serve as sanitary indicators of pathogeny along helminth's eggs. Also the presence of toxic and carcinogenic substances and heavy metals must be taken into account.

Words – Key: urban reuse, wastewater, helminths' eggs, parasitological indicators

“Quanto mais uma economia se baseia na reciclagem contínua de seus recursos naturais, mais estará em harmonia com o meio ambiente circundante” (Fritjo Capra, 1982).

ÍNDICE	PÁGINA
AGRADECIMENTOS	
RESUMO	
ABSTRACT	
I. INTRODUÇÃO	1
II. OBJETIVOS	4
2.1. Gerais	4
2.2. Específicos	4
III. PREMISSAS	5
IV. HIPÓTESE	6
V. ESTADO DA ARTE	7
5.1. Recursos Hídricos	7
5.2. Desenvolvimento e Ocupação da Região Metropolitana de São Paulo	9
5.3. Qualidade das águas residuárias	19
5.4. Proteção à Saúde Pública e Padrões de Qualidade de Águas Residuárias	22
5.5. O Papel da Recuperação, Reciclagem e Reuso de Águas Residuárias no Ciclo Hidrológico	29
5.5.1. Definição de Reuso de Águas	31
5.5.2. Tipos de Reuso	32
5.6. Rota de Transmissão das Enfermidades Parasitárias	34

VI. METODOLOGIA	43
6.1. Área de Estudo	43
6.1.1. Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri - Sabesp (SP)	44
6.2. Pontos de Amostragem	45
6.3. Coleta das amostras	47
6.4. Plano de Amostragem	47
6.5. Análises de Laboratório	47
6.6. Técnica Laboratorial	48
6.6.1. Descrição da Técnica	48
6.6.2. Viabilidade dos Ovos de Helminthos	50
6.7. Tratamento dos Dados	50
6.7.1. Dados Qualitativos	50
6.7.2. Dados Quantitativos	51
6.7.3. Dados Operacionais da ETE de Barueri	51
6.7.4. Análise Estatística	52
6.7.5. Eficiência de Remoção	53
 VII. ANÁLISE e DISCUSSÃO DOS ASPECTOS ECOLÓGICOS	 54
7.1. Análise Qualitativa	54
7.2. Análise Quantitativa	59
7.2.1. Densidade Absoluta	59
7.2.2. Densidade Absoluta e Freqüência dos Indicadores Parasitológicos	63
7.2.3. Freqüência Relativa dos Indicadores Parasitológicos	64

7.3. Discussão dos Aspectos Ecológicos	67
7.4. Indicadores Parasitológicos e Endemicidade	71
7.5 Contaminação Ambiental	86
7.6. Condições operacionais do processo de lodos ativados da ETE - Barueri	93
7.7. Reuso das águas residuárias e a minimização dos riscos epidemiológicos	105
VIII. Conclusão	111
IX. Recomendações e Propostas	114
X. Referências Bibliográficas	116
Anexo	
Dados Quantitativos	
Resultados Estatísticos	
Fotografias de ovos de helmintos	

I. INTRODUÇÃO

As grandes conquistas da civilização juntamente com a evolução tecnológica a partir da Segunda Revolução Industrial, sem dúvida, contribuíram para a melhoria da vida do ser humano. Por outro lado, em face do adensamento populacional nas cidades, saturando as zonas urbanas e induzindo à necessidade de produzir alimentos, de gerar bens de consumo a partir da matéria prima retirada do ambiente acarretaram um aumento da poluição do ar, do solo e da água, levando ao desequilíbrio do meio ambiente. Paradoxalmente, portanto, em paralelo ao progresso advindo da “Revolução Industrial”, intensifica-se a degradação da natureza e induzindo à redução da qualidade de vida.

Nesse contexto é de se lembrar que a expansão da fronteira agrícola, uma das maneiras que o homem encontrou para aumentar a produção de alimentos, levou à ocupação intensa da superfície terrestre, ampliando o seu domínio sobre os ecossistemas naturais, modificando e plasmando o ambiente em seu próprio benefício. As áreas florestais foram dizimadas e substituídas por pastos destinados à criação de animais e à agricultura. Os ecossistemas aquáticos, dentre outros usos, passaram a ser destinados à produção de energia, ao abastecimento público e irrigação, além da dessedentação de animais, inclusive como receptoras dos despejos domésticos e resíduos industriais.

O lançamento de esgotos "in natura" nos corpos d'água continua sendo uma alternativa muito utilizada para afastar e dispor os dejetos em várias cidades. Com a explosão demográfica nos grandes centros urbanos, acompanhada pelo aumento da

descarga de despejos domésticos e industriais observa-se que os corpos d'água, desde há muito tempo, não suportam o acúmulo tão elevado de matéria orgânica e inorgânica impedindo ou bloqueando as reações físico-químicas e biológicas da autodepuração natural, ou seja, a eliminação de impurezas, que se inicia imediatamente após o recebimento da carga poluidora e que inclui os processos de assimilação, decantação, digestão e oxidação de uma variedade de compostos (BRANCO, 1986).

Acompanhando o avanço tecnológico foram desenvolvidos métodos, e construídas estações de tratamento de esgotos (ETEs) para conter a poluição que afeta a qualidade ou as condições ecológicas e sanitárias do meio hídrico. As ETEs possuem a finalidade de reduzir a matéria orgânica presente nos esgotos, reduzindo a carga orgânica poluente. Entretanto, essa tecnologia não apresenta eficiência na eliminação de agentes patogênicos e de substâncias tóxicas (HESPANHOL, 1997).

Essas limitações, aliadas à constante baixa disponibilidade de recursos orçamentários e financeiros e ao progressivo aumento da população humana exigem, portanto, a busca de soluções para conter a poluição e contaminação, como para promover a recuperação e a manutenção da qualidade ecológica e sanitária dos cursos d' água que, como enfatizado, vem sendo alterados pela própria ação antrópica.

Permeia ainda essa discussão, a escassez de recursos hídricos que tem sido alvo de preocupação em muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento, principalmente quanto à disponibilidade de água para abastecimento público, o que advém de alguns fatores tais como a falta de planejamento para conter o crescimento

populacional e a rápida urbanização; a elevada demanda de água e o custo para o desenvolvimento de sistemas para abastecimento. Esses fatores, associados à deficiência no tratamento e à falta de segurança da qualidade das águas representam um problema permanente à saúde pública. Os casos endêmicos de diarreia, parasitismo, febre tifóide e salmoneloses, por exemplo, são reflexos da situação caótica encontradas em várias regiões da América Latina.

O desequilíbrio entre os recursos hídricos disponíveis e o crescimento excessivo dos grandes centros urbanos têm obrigado a priorizar os diversos usos das águas superficiais para abastecimento público, geração de energia elétrica, diluição e afastamento de esgotos domésticos e industriais.

A entrada de despejos de origem doméstica nos sistemas aquáticos utilizados para o abastecimento tem levado à transmissão de diversas enfermidades. O meio hídrico é considerado um transmissor passivo de agentes patógenos, principalmente nos países em desenvolvimento, nos quais mais de três milhões de crianças menores de cinco anos morrem de diarreia pelo consumo de águas contaminadas (CRAUN, 1996).

A falta de atenção na proteção aos mananciais, e a ausência e/ou deficiência de tratamento das águas residuárias constituem os principais fatores para a disseminação de enfermidade. Além dos exemplos acima, são mencionados alguns casos como a cólera que do Peru (1991), propagou - se por toda a América Latina; surtos de gastroenterites por *Cryptosporidium parvum* nos Estados Unidos (1994) com mais de 400.000 indivíduos infectados; 55 mortes de pacientes submetidos à hemodiálise em

um hospital, provocando a intoxicação por hepatotoxina provocada por cianobactérias no Brasil (1996) e outros tantos episódios que poderiam ser relatados. (WEF, 1996; CHORUS e BARTRAIN, 1997).

II. OBJETIVOS

2.1. Gerais

Determinar a presença de parasitas intestinais, especificamente, os ovos de helmintos, e sua importância como indicadores parasitológicos na análise da qualidade sanitária das águas residuárias no reuso urbano.

2.2. Específicos

2.2.1. Discutir os dados parasitológicos segundo as características ecológicas (diversidade, densidade, frequência) como indicadores nas águas residuárias da estação de tratamento de esgotos pelo processo de lodos ativados;

2.2.2. Avaliar os dados parasitológicos de acordo com a importância sanitária;

2.2.3. Analisar os processos de tratamento de esgoto na remoção de parasitas intestinais, enfatizando os encontrados nessa pesquisa como indicadores parasitológicos;

2.2.4. Discutir o reuso das águas residuárias para as diversas finalidades em áreas urbanas de outros países no intuito de minimizar os riscos epidemiológicos.

III. PREMISSAS

As águas residuárias de origem doméstica albergam uma ampla gama de microrganismos patógenos; vírus, bactérias, fungos, protozoários, artrópodes, helmintos. Dentre os últimos, destacam-se neste trabalho, aqueles que parasitam o homem e que são eliminados juntamente com os excretas nos cursos d'água.

Os parasitas quanto à interação com o hospedeiro podem ser diferenciados em dois grupos, os micro e macroparasitas. Os microparasitas são os que se reproduzem no interior do organismo hospedeiro. Possuindo dimensões microscópicas, são capazes de desenvolver imunidade nos organismos parasitados; entre esses estão os vírus, bactérias e protozoários. Já os macroparasitas, em geral não se reproduzem diretamente no interior do organismo hospedeiro parasitado, e tendo dimensões maiores, podem comprometer boa parte do período de vida do hospedeiro. Nestes a imunidade não é duradoura, uma vez que as infecções macroparasitárias são persistentes e, ainda existe a possibilidade de ocorrer reinfecções (FORATTINI, 1992). Compõem o grupo dos macroparasitas os helmintos, objeto do estudo ora efetuado.

Em geral, nos grandes centros urbanos como a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) que apresentam elevadas cargas de esgoto doméstico, o tratamento de águas residuárias mais apropriado para grandes vazões tem sido o tratamento secundário, por meio do processo biológico de lodos ativados. Entretanto, os sistemas de tratamento de esgoto não contemplam a eliminação de ovos de helmintos, para que possibilite completa recuperação, permitindo a reciclagem e o reuso das

águas residuárias sob a forma de efluente final sem causar qualquer risco a saúde humana ou de animais.

Como as estações de tratamento de esgoto no Brasil visam apenas a remoção de matéria orgânica, a desinfecção das águas constitui então uma intervenção fundamental para salvaguardar a saúde da população e para o reuso das águas em geral. Essa ação, se aplicada corretamente, reduz a incidência da maior parte das enfermidades transmitidas por água contaminada. Contudo, é preciso enfatizar, que existem vários processos de desinfecção e para o caso de recuperação, reciclagem e reuso de água devem ser preliminar e experimentalmente testados. Não esquecendo dos fatores ambientais de cada região, em particular é recomendável que sejam pesquisados minuciosamente os agentes patógenos.

IV. HIPÓTESE

Uma vez que a presença de um único ovo viável de helminto parasita constitui risco potencial suficiente para infectar um indivíduo, a presença de ovos de helmintos parasitários nas águas residuárias indica que a população pode permanecer exposta ao risco de infestações por helmintíases, na dependência do uso que se faça dessa água, mesmo havendo adequado sistema de esgotamento sanitário. Os sistemas de tratamento de esgoto no município de São Paulo são em nível secundário, permitindo somente a remoção de matéria orgânica, portanto, ineficientes na remoção de ovos de helmintos.

V. ESTADO DA ARTE

5.1. Recursos Hídricos

O recurso natural água no Brasil é extremamente abundante, distribuindo-se nos 8.511.928 km² de bacias hidrográficas e na extensa costa litorânea. Contudo a disponibilidade e a distribuição desse bem são bastante irregulares, havendo a existência de rios caudalosos como na região Amazônica, em contraposição a escassez da região nordeste. Por outro lado, as regiões sul e sudeste do Brasil apresentam rios com graves problemas de poluição de origens doméstica e industrial (ROCHA, 1994).

Segundo o mesmo autor, no Município de São Paulo, por exemplo, a bacia hidrográfica formada pelos rios Tietê, Tamaduateí e Pinheiros recebe diariamente 1100 toneladas de esgotos, sendo 800 toneladas de origem doméstica e 300 toneladas de origem industrial (ROCHA, 1994). Além disso, esses rios são depositários de descargas de galerias pluviais, águas de escoamento superficial, de infiltração e da disposição direta de detritos.

As fontes de poluição, oriundas dos esgotos sanitários, podem transferir ao meio aquático, como já mencionado, seres patógenos como bactérias, vírus, protozoários e helmintos; além de compostos orgânicos, inorgânicos e minerais nutrientes. Essa poluição ocasiona diversos impactos negativos levando não só a prejuízos à saúde pública, mas também aos usos múltiplos da água, além de interferir negativamente sobre a fauna e flora aquáticas, provocar o assoreamento e a

eutrofização, induzindo a aspectos estéticos desagradáveis com rebatimentos negativos à economia (ROCHA, 1995).

A carência de medidas de saneamento pode, portanto, levar à proliferação de muitas doenças. A falta de disponibilidade de água potável de boa qualidade, a má disposição dos dejetos, e uma inadequada destinação de resíduos sólidos como visto são fatores que contribuem para uma maior incidência de moléstias de veiculação hídrica (MOTA, 1999).

Nesse contexto, o saneamento pode ser definido como um conjunto de medidas, que visam preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde. A promoção da saúde do homem é o objetivo maior do saneamento em seu amplo sentido, ou seja, “um estado de completo bem-estar, físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças” (MOTA, 1999).

Esse mesmo autor, salienta que alguns dados sobre a saúde dos brasileiros são indicadores das precárias condições de saneamento ainda existentes; ocorrem 30% dos óbitos de crianças menores do que ≤ 1 ano devido às diarreias, tendo-se 60% dos casos de internações em pediatria decorrentes da falta de saneamento. Existem ainda 5,5 milhões de casos de esquistossomose no país.

Em São Paulo, como enfatizado, dentre alguns dos problemas graves decorrentes da falta de saneamento estão a qualidade e a quantidade das águas de abastecimento de parcela da população, associados à poluição devido ao desenvolvimento industrial, exigindo soluções técnicas de tratamento cada vez mais

aperfeiçoadas e eficazes. Entretanto, as soluções muitas vezes não dependem somente da instância técnica, mas de uma necessária maior integração e inter-relação das políticas públicas.

O consumo de água depende de vários fatores, tais como os hábitos, poder aquisitivo, nível de educação sanitária da população, características climáticas, e seleção adequada dos sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário.

Na cidade de São Paulo são recomendados volumes diários de 350 litros de água tratada por habitante (MOTA, 1999).

5.2. Desenvolvimento e Ocupação da Região Metropolitana de São Paulo

O estado atual de degradação dos recursos hídricos no entorno da cidade de São Paulo e, portanto, da Bacia do Alto Tietê deve ser compreendido reportando-se primeiramente à evolução do desenvolvimento e ocupação territorial do Estado paulista.

A conquista da hegemonia econômica do Estado de São Paulo ocorreu em meados do século XIX, quando tornou-se o maior beneficiário do ciclo do café. A produção cafeeira ultrapassou a região de Campinas com destino ao oeste paulista, contribuindo para a construção das estradas de ferro, sendo que a primeira interligava a cidade de São Paulo ao porto de Santos (SCHIFFER, 1999).

A crise norte-americana em 1929 contribuiu para a queda na demanda internacional de café e, conseqüentemente, desestimulou a produção cafeeira brasileira. Mas, mesmo assim, o Estado paulista conseguiu manter o alto nível de

acumulação de capitais na agricultura, particularmente, no período de 1931 a 1939, época em que o governo federal garantiu o preço mínimo do café (SCHIFFER, 1999).

A desestabilização da economia cafeeira propiciou o início do processo de industrialização como alternativa econômica e, o Estado de São Paulo apresentava-se como ponto natural para o desenvolvimento brasileiro. Uma vez que, já existiam as relações de produção com base no trabalho assalariado junto a uma ocupação territorial contínua no interior paulista devido a rede ferroviária. Além do alto nível de acumulação interna, a II Guerra Mundial destacou-se como fator importante ao forçar o desenvolvimento da produção industrial nacional e do mercado interno (SCHIFFER, 1999).

Segundo o autor citado, a classe dominante, nesse período, era composta por dois grupos, a oligarquia rural e as indústrias emergentes. Grupos que se complementavam, pois "o que os unificava era o fato dos investimentos na indústria dependerem da acumulação de capitais na agricultura, canalizados na forma de créditos e financiamentos".

Na segunda metade da década de 1950 ocorreu o desenvolvimento, da nova fase, da industrialização, voltada à produção de bens de consumo e de produção, denominada "industrialização pesada". O Estado de São Paulo conquista a posição de liderança na economia nacional (SCHIFFER, 1999).

Territorialmente, o estágio de industrialização brasileira significou a concentração de capital e atividades produtivas no maior parque industrial do país,

sendo que 2/3 das aplicações estrangeiras foram alocadas em São Paulo. A predominância absoluta dos novos investimentos industriais no Estado de São Paulo concentrou-se na região metropolitana com 47,4% dos estabelecimentos industriais (SCHIFFER, 1999).

Concomitantemente, neste período de crescimento industrial, inicia-se o processo do êxodo rural. Em 1950, cerca de 19 milhões de habitantes concentravam-se nas cidades e 33 milhões de habitantes nas áreas agrícolas; a cidade de São Paulo torna-se a partir de então o símbolo da urbanização no país.

De acordo com a EMPLASA (2001), no início da industrialização brasileira, não havia ainda uma predominância de São Paulo sobre as demais regiões. No entanto, o progresso vigoroso de concentração industrial teve desenvolvimento lento no período de 1907 e São Paulo detinha apenas 16% do valor da produção industrial nacional, enquanto que em 1919 já passava de 32%, elevando-se continuamente até haver a crise norte-americana de 1929. Nessa época, as relações de troca entre as economias brasileira e internacional, deterioraram-se acentuadamente em decorrência da queda de preços e da quantidade de produtos primários exportados pelo Brasil.

A metropolização de São Paulo se dá após 1930 com a grande arrancada industrial, sendo que as economias de escala e aglomeração oferecidas pelo Estado só vieram ampliar a concentração.

A crescente urbanização que acompanhou o processo de industrialização fez com que fossem desaparecendo as zonas rurais que separavam a Capital de sua circunvizinhança, dando lugar a uma faixa contínua de indústrias e habitações,

extravasando os limites municipais. A consolidação da metropolização ocorreu na década de 1950 com a implantação de diversas indústrias de bens de consumo, intermediários e de capital (EMPLASA, 2001).

Todo esse incremento provocaria novas demandas de água. O abastecimento de água da cidade de São Paulo que era proveniente dos rios Anhangabaú e Tamanduateí foi, no fim do século XVIII, ampliando e iniciando um processo mais sistemático de captação e adução. A população da Capital era abastecida com cerca de 336.000 litros, e os restantes ($\pm$ 100.000 litros) eram retirados de cisternas abertas do rio Tamanduateí e do Córrego Lavapés (EMPLASA, 2001).

Entre 1866 e 1867 houve uma grande estiagem, secando todos os chafarizes da cidade, comprometendo ainda mais o sistema de pipas rodantes, que abasteciam os domicílios.

Criada então a Companhia Cantareira em 1882, foi implantado um plano de abastecimento para a captação de água do Ribeirão Pedra Branca na Serra da Cantareira. À sequência, por volta de 1906, iniciou-se a captação da adutora do Cabuçu para 40 milhões de litros. Um novo reservatório foi construído na Consolação para 19 milhões de litros, sendo demolida a caixa d' água da rua Quintino Bocaiúva, no centro da cidade, pois a água não era potável (EMPLASA, 2001).

A construção da represa do Guarapiranga ocorreu entre 1906 e 1908 para regularizar vazões destinadas à geração de energia na usina de Parnaíba, localizada no rio Tietê. Posteriormente, a represa passou a ser utilizada para outras funções atendendo ao planejamento global do aproveitamento dos recursos hídricos da bacia

do Alto Tietê; por volta de 1927, a represa contribuía com 1 metro cúbico por segundo para abastecimento.

Nas décadas de 40 e 50, com a conclusão das obras de canalização e reversão do Rio Pinheiros, iniciou-se a expansão da malha urbana nas direções sul e sudoeste com a implantação de loteamentos industriais na região de Santo Amaro e os bairros populares, penetrando nas áreas das bacias da Guarapiranga e Billings (MELCHOR e cols, 1974, ANONYMUS, 1992).

Na década de 60 com a construção do sistema de vias marginais ao rio Pinheiros e com a consolidação do parque industrial de Santo Amaro impulsionou-se o adensamento de novos loteamentos populares.

A contribuição do sistema Guarapiranga para abastecimento era de 9,5 m³/s, atendendo 70 % da população da Região Metropolitana de São Paulo. Entretanto, a crise do abastecimento se agravava com frequentes falta de água e racionamentos. O sistema Cantareira foi construído na década de 70 como alternativa e passou a ser o principal sistema produtor (MELCHOR e cols, 1974; ANONYMUS, 1992).

O primeiro Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado, de 1972, visava ordenar a expansão urbana para a direção leste-oeste, preservando os mananciais Cantareira (Norte) e Guarapiranga (Sul). Como consequência do plano, foi implementada a Lei de Proteção dos Mananciais, vigente até hoje, restringindo as formas inadequadas de ocupação da Guarapiranga e outras bacias (MELCHOR e cols, 1974; ANONYMUS, 1992).

Entretanto, a proximidade com as áreas de concentração de empregos, associada à falta de efetiva promoção de formas de ocupação compatíveis com o manancial, consequentemente levaram, como visto, à proliferação de loteamentos populares clandestinos, invasões e à formação de favelas e áreas de marginalidade urbana.

As facilidades de acesso introduzidas pelos sistemas viários, principalmente, estradas de Parelheiros e Régis Bittencourt favoreceram a intensificação de uma ocupação desordenada, comprometendo a qualidade e quantidade de água para abastecimento (MELCHOR e cols, 1974; ANONYMUS, 1992).

A RMSP é uma área de complexa estrutura urbana, social, econômica e ambiental, agravada pelo caos demográfico e o desenvolvimento desordenado da ocupação do solo, principalmente, como já citado no entorno das áreas de mananciais.

Inicialmente, a produção de energia através das usinas hidrelétricas era prioridade devido ao crescimento industrial da Baixada Santista até Campinas. Entretanto, houve nos últimos anos uma inversão, e torna-se crescente a preocupação com a qualidade de água para abastecimento público, pois a água está cada vez mais escassa, principalmente na RMSP, que importa água de outras bacias hidrográficas.

Dentre as zonas hidrográficas, do Estado de São Paulo, grande parte da RMSP está situada dentro de 5.650 Km² da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê com 39 municípios e 17,8 milhões de habitantes. Essa região apresentava 18,4 milhões de habitantes em 1990, atualmente, a cidade de São Paulo conta com 10 milhões de habitantes (IBGE, 2000).

Os principais reservatórios responsáveis pelo abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo são Cotia, Alto Tietê, Rio Claro, Rio Grande, Guarapiranga e Cantareira, com uma diminuição da capacidade produtora, comparando os três anos de 1999, 2000 e 2001 (COMITÊ DE BACIA, 2001). Houve um aumento significativo da capacidade da represa do Guarapiranga, provavelmente por causa da interligação desse sistema com o rio Taquacetuba na Billings; e do sistema Rio Grande (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Capacidade produtora (m^3/s) dos reservatórios do Município de São Paulo nos anos de 1999, 2000 e 2001 (COMITÊ DE BACIA ALTO TIETÊ, 2001).

A Bacia da Cantareira, o principal sistema de abastecimento do Município de São Paulo, apresenta uma queda na capacidade comparando-se os anos de 1999, 2000 e 2001 (Gráfico 1), mesmo sendo esse período considerado como sendo de estiagem, com poucas chuvas.

A Represa do Guarapiranga teve a ampliação ($12 \text{ m}^3/\text{s}$) de sua capacidade com a interligação do braço da Billings e com importação de água do sistema Capivari-Monos.

Como enfatiza TEIXEIRA (1996), no ambiente não há separação absoluta entre ar, águas e solos, formando todos um conjunto inseparável, no qual qualquer alteração de um repercute no outro. Portanto, a queda da capacidade dos sistemas de abastecimento está intrinsicamente ligada às alterações climáticas, observadas nos últimos tempos, aumento do período de seca, não só nessa região como praticamente em toda a superfície terrestre. Daí a necessidade de trazer água de áreas tão distantes da capital, e com gastos elevados de infra-estrutura e operacionais.

O fenômeno da escassez de água no Município São Paulo deve-se principalmente, ao mau gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que os Rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí são bastante volumosos, mas altamente impactados com o recebimento de esgotos domésticos e indústrias, a inadequada disposição de resíduos sólidos, e ausência de políticas públicas para um planejamento urbano adequado, respeitando essas áreas de proteção e ao mesmo tempo de risco, pois a entrada de despejos de diversas fontes pode transformar esses mananciais em fontes de transmissão de diversos agentes endêmicos como é o caso dos parasitas intestinais e epidemias como a cólera, que acometeu o Peru e outros países da América do Sul.

O Município de São Paulo apresenta graves problemas no entorno dos mananciais utilizados para abastecimento público. Verifica-se uma crescente e

irregular ocupação nessas áreas, sendo a Represa do Guarapiranga (Figura 1), aquela que tem acentuado comprometimento da qualidade das águas.

Figura 1 - Ocupação do entorno da represa do Guarapiranga (SP).

Aliada aos riscos à saúde pública, tem-se a situação de abastecimento de água na cidade de São Paulo, apontada como muito crítica, pois no período de estiagem há diversos racionamentos em vários bairros em face da escassez de água. Nesses períodos há sensível queda na quantidade e qualidade, prejudicando cerca de 1/3 da população abastecida, que corresponde a 3,5 milhões de habitantes, principalmente, pelo sistema do Guarapiranga (ESTADO SÃO PAULO, 2001).

Manter a disponibilidade de recursos hídricos tem sido a preocupação em muitos países, e o mesmo se observa na cidade de São Paulo. Como visto, este cenário, é caracterizado pelo lançamento de esgotos “in natura” nos cursos d’água,

aliados à explosão demográfica, e o incremento dos despejos sanitários e industriais, sem tratamento adequado.

Um outro ponto é que a poluição ultrapassa as fronteiras entre bairros, cidades, estados e países (ODUM, 1986). Esse fato é observado ao longo do Rio Tietê, que tem seu curso passando por várias cidades, que antes não apresentavam problemas de poluição das águas e, hoje se apresentam totalmente poluídos como, por exemplo, a cidade de Pirapora do Bom Jesus, próxima a cidade de São Paulo.

O avanço tecnológico propiciou o desenvolvimento e instalação de estações de tratamento de esgotos para conter e minimizar a poluição dos sistemas aquáticos, com a finalidade de reduzir as concentrações de matéria orgânica presente nos esgotos domésticos. No entanto, como salientado, verifica-se que estas tecnologias são ineficientes para a eliminação de patógenos e substâncias tóxicas das águas residuárias (HESPANHOL, 1997).

No entanto, o reuso de águas residuárias tem sido apontado como fonte alternativa de suprimento para os usos múltiplos, a que se destinam os cursos d' água da RMSP. Os riscos epidemiológicos potenciais e reais devem ser considerados, procurando avaliar a implementação de tecnologias apropriadas à nossa realidade econômica, para minimização e eliminação, de agentes patógenos que são eliminados pelos excretas de pessoas doentes ou portadores de agentes parasitários lançados nos cursos d' água, assim como metais pesados, substâncias tóxicas, carcinogênicas, entre outras.

5.3. Qualidade das águas residuárias

A prática de despejar as águas residuárias, independentemente de ser e/ou não tratadas, em sistemas aquáticos superficiais (rios, lagos, represas, etc.) tem sido uma solução normalmente adotada pelas comunidades em todo mundo para o afastamento dos resíduos líquidos. Contudo, esses sistemas aquáticos servem de fonte de abastecimento à várias comunidades, existindo casos em que a mesma cidade lançando seus esgotos, utiliza deste mesmo sistema como fonte de abastecimento. Como exemplo tem-se o caso do vale do Rio Paraíba, onde uma sucessão de cidades capta água, dispondo seus dejetos no mesmo rio. Verifica-se que o reuso das águas residuárias tem sido uma alternativa para o aproveitamento das águas em diferentes níveis de qualidade e para diferentes usos (MANCUSO, 1989).

O aumento no uso de águas residuárias para irrigação, especialmente em zonas áridas e semi-áridas nos países desenvolvidos e em desenvolvimento deve-se a alguns aspectos: escassez de águas para irrigação devido à crescente demanda urbana de recursos hídricos destinados a potabilização e as dificuldades de acessibilidade; ao custo elevado dos fertilizantes artificiais e o reconhecimento que o uso dos nutrientes das águas residuárias contribui para o aumento da produção agrícola; os riscos à saúde e os danos para o solo que são mínimos se adotadas as precauções necessárias; e a aceitação sociocultural desta prática (OMS, 1990).

As águas residuárias podem ser definidas como águas de origem doméstica e da rede municipal de esgotos que não contém quantidades apreciáveis de efluentes industriais (OMS, 1990).

Os esgotos domésticos são formados principalmente por fezes e urina, e representam uma alta carga de poluentes para as águas e uma probabilidade de risco da presença de organismos patogênicos. Cada indivíduo é responsável diariamente por cerca de 50 a 54 gramas de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) lançadas às águas, o que representa a matéria orgânica biodegradável, que pode conter além das bactérias normais da flora intestinal humana, parasitas altamente contaminantes (ROCHA, 1987). Segundo PELCZAR e col. (1997), estima-se que o corpo humano adulto seja o hospedeiro de pelo menos 100 trilhões de células microbianas, denominadas como flora normal ou flora residente. A redução dos mecanismos de defesa do organismo leva a redução da flora bacteriana normal, o que pode levar a invasão de parasitas no corpo humano.

As águas residuárias são líquidos procedentes da atividade humana, que levam em sua composição grande parte de água, e que geralmente são lançadas em cursos ou massas d'água continentais ou marinhas (SEOANEZ CALVO, 1995).

As águas residuárias podem ser caracterizadas quanto à sua composição física, química e biológica. Dentre as propriedades físicas tem-se cor, odor, sólidos e temperatura; os constituintes químicos podem ser divididos em orgânicos (carboidratos, óleos e graxas, pesticidas, fenóis, proteínas, surfactantes, compostos orgânicos voláteis e outros), inorgânicos (alcalinidade, cloretos, metais pesados, nitrogênio, pH, fosfatos, sulfetos e outros) e gases (gás sulfídrico, metano, oxigênio, etc).

Quanto à biota nas águas residuárias tem-se bactérias, fungos, algas e plantas diversas, protozoários, outros animais e vírus, muitos dos quais patógenos que causam gastroenterites, febres tifóide e paratifóide, desinteria, diarreia e cólera como mostra a tabela 1 (TCHOBANOGLIOUS, 1991; AYRES e MARA, 1997).

Tabela 1 - Agentes Infecciosos presentes em águas residuárias doméstica sem tratamento.

ORGANISMO	DOENÇAS	OBSERVAÇÕES
Bacteria		
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterites	Diarreia
<i>Legionella pneumophila</i>	Legionelloses	Doença respiratória aguda
<i>Leptospira</i> (150 spp.)	Leptospiroses	Icterícia, febre de Well's
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifóide	Febre elevada, diarreia e ulceração intestinal
<i>Salmonella</i> (~1700 sp)	Salmonelloses	Intoxicação alimentar
<i>Shigella</i> (4 spp)	Shigelloses	Disenteria bacilar
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	Diarreia extremamente forte, desidratação
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Yersinoses	Diarreia
Vírus		
Adenovirus (31 tipos)	Doença respiratória	Complicações pulmonares
Enterovirus (67 tipos, ex. polio, echo, Virose Cocksackie)	Gastroenterites, anomalias coração e meningites	
Hepatite A	Hepatite infecciosa	Icterícia, febre
Reovirus	Gastroenterites	Diarreia
Rotavirus	Gastroenterites	Diarreia
Protozoários		
<i>Balantidium coli</i>	Balantidias	Diarreia, disenteria
<i>Cryptosporidium</i>	Cryptosporidioses	Diarreia
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebias	Disenteria sanguinolenta prolongada, abscessos do fígado e intestino
<i>Giardia lamblia</i>	Giardias	Diarreia severa, náusea, indigestão
Helmintos		
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariases	Infestações por helmintos
<i>Enterobius vermiculares</i>	Enterobias	Oxiuro
<i>Fasciola hepatica</i>	Fasciolases	Obstrução de canais linfáticos
<i>Hymenolepis nana</i>	Hymenolepiases	
<i>Taenia saginata</i>	Taenias	Carne bovina
<i>T. solium</i>	Taenias	Carne suína
<i>Trichiuris trichiura</i>	Trichuriasis	Prurido anal

Fonte: TCHOBANOGLIOUS, 1991; AYRES e MARA, 1997.

5.4. Proteção à Saúde Pública e Padrões de Qualidade de Águas Residuárias

As águas residuárias podem ser consideradas como as águas servidas (esgotos) de origem doméstica e da rede de esgotamento sanitário que não possuem quantidades apreciáveis de efluentes industriais. No caso do Brasil existe a separação de águas de rede pluvial, esgotos domésticos e drenagem urbana, e os “esgotos sanitários ou águas residuárias” referem - se à mistura de esgotos de origem domiciliar, comerciais da área urbana. Excretas são dejetos humanos e de animais, além de produtos derivados destes como lodos e conteúdo de fossas sépticas. (OMS, 1990). Os dejetos humanos e produtos desses derivados, necessariamente, devem receber tratamento adequado para eliminação de patógenos.

De acordo com a OMS (1989), o aproveitamento de águas residuárias exige quatro medidas principais para proteção à saúde: tratamento dos esgotos; restrição de irrigação de cultivos; controle de classes de cultivos quanto às normas; e incentivo à higiene.

Dessas quatro medidas, as duas primeiras são as mais adotadas, talvez por serem menos complicadas, sendo necessário, porém um planejamento integrado baseado em conjunto de medidas segundo as condições socioculturais, institucionais e econômicas de cada região.

Nos métodos convencionais de tratamento de esgotos acentua-se a redução ou remoção de matéria orgânica e de sólidos em suspensão. Porém, no aproveitamento das águas residuárias faz-se necessário a eliminação de agentes patógenos como os

helmintos, operação na qual esses métodos não são muito eficazes, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Remoção esperada de cistos de protozoários e ovos de helmintos em diferentes processos de tratamento de águas residuárias.

Processo de Tratamento	Remoção (unidades log ₁₀)	
	Cistos	Helmintos
Sedimentação Primária Simples	0 - 1	0 - 2
Sedimentação Primária Química	0 - 1	1 - 3 (E)
Lodos Ativados	0 - 1	0 - 2
Filtração biológica	0 - 1	0 - 2
Lagoa aerada	0 - 1	1 - 3 (E)
Lagoas de estabilização	1 - 4	1 - 3 (E)

E – com um bom desenho e um funcionamento adequado, podem ser cumpridas as diretrizes de Engelberg (*Fonte*: FEACHEM e cols, 1983).

Nas diretrizes para uso agrícola e aquicultura, o principal objetivo para o reuso é a eliminação de patógenos. As normas e diretrizes são expressas segundo o número máximo permitido de bactérias coliformes fecais. Não há dúvida da origem fecal das águas residuárias e, portanto, que microrganismos fecais podem ser empregados como indicadores de patogenicidade, existindo uma relação semiquantitativa entre as concentrações de microrganismos patógenos e as de indicadores.

Os coliformes fecais são indicadores de poluição fecal, o seu uso é muito limitado quando se trata de sua relação com protozoários e helmintos. Até o presente, para estes não existem indicadores seguros.

As normas sobre a qualidade das águas residuárias, subentendidas como a mistura de esgotos, águas pluviais e drenagem urbana para irrigação sem restrição para cultivos de legumes e verduras consumidos crus apresentam regras claras, pois indicam o número máximo de coliformes e o grau mínimo de tratamento (primário, secundário ou terciário), segundo a classe de cultivo que se deve irrigar, estabelecido para consumo ou não.

Nas décadas de 20 a 50 do século XX, as normas estabelecidas foram muito restritivas, pois estavam embasadas em avaliações epidemiológicas teóricas dos possíveis riscos à saúde relativos à sobrevivência de agentes patógenos nas águas residuárias, no solo e nos cultivos, e não em provas epidemiológicas sobre o risco real. Essas normas estão baseadas no “risco nulo”, com a finalidade de adquirir um meio “antisséptico” ou ausente de patógenos. Neste período, o método preferido para a eliminação de agentes patógenos, supondo a eliminação de coliformes, era o tratamento biológico seguido de cloração. Pelo menos em teoria, permitiria conseguir mínimas concentrações residuais de coliformes. As normas do Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia (OMS, 1989) permitiam um total de 2 coliformes por cada 100 ml, para o tipo de cultivos e métodos de irrigação empregados.

De acordo com grupo de pesquisadores da OMS em “Aproveitamento de Efluentes” em 1971, como as normas da Califórnia foram muito restritivas, passou-se a recomendar que o número de coliformes totais não ultrapassasse a 100 para cada 100 ml para cultivos em que às verduras eram consumidas cozidas. Esta norma, entretanto, necessitava estabelecer uma base epidemiológica mais sólida para as diretrizes sobre irrigação com águas residuárias (OMS, 1989).

Assim, a OMS, Banco Mundial, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Centro Internacional de Investigação para o Desenvolvimento (Canadá), Centro Internacional de Referência sobre Evacuação de Dejetos (Suíça), Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação e a Organização dos Estados Unidos de Proteção Ambiental e outras instituições do mundo realizaram diversos estudos para estabelecer uma base epidemiológica mais racional para as diretrizes sobre a irrigação com águas residuárias (OMS, 1989).

As reuniões ocorridas em Engelberg em 1985 e Adelboden em 1987 reconheceram que o risco real relacionado à irrigação com águas residuárias tratadas é muito menor do que antes se previa e que, portanto, não eram justificáveis, normas tão restritas sobre a qualidade microbiológica; em se tratando dos agentes bacterianos, provenientes de efluentes destinados aos cultivos de verduras e legumes consumidos crus como na Califórnia. Entretanto, as normas são mais restritas no que se refere aos ovos de helmintos, estes que constituem o maior risco real à saúde pública, quando proveniente da irrigação com águas residuárias em zonas onde as helmintíases são endêmicas, principalmente nos países em desenvolvimento, como o

Brasil. As novas diretrizes ressaltam a necessidade de reduzir o número de ovos de helmintos, especialmente *Ascaris*, *Trichuris* e ancilostomas em efluentes a uma concentração de um ou menos ovos viáveis/litro. Isso significa que é necessário eliminar 99,9% ovos de helmintos mediante processos de tratamento apropriado às áreas onde as helmintíases são endêmicas e representam riscos à saúde pública. Os estudos práticos indicam que as concentrações de helmintos raras vezes são superiores a 1000 por litro, mesmo em áreas endêmicas. Segundo a OMS (1989), as lagoas de estabilização com período de retenção de 8 a 19 dias são eficientes para eliminar os ovos de helmintos. Entretanto, está se considerando o reuso de águas residuárias em áreas urbanas cujo tratamento de esgotos se dá através do processo de lodos ativados.

Nos países em desenvolvimento, o principal risco à saúde se refere ao reuso de águas residuárias "in natura", ou seja, que não receberam nenhum tipo de tratamento, estando associado às helmintíases. Entretanto, nas décadas 1980-1990, a Organização Mundial da Saúde, o Banco Mundial e o Centro Internacional de Referência para Despejos patrocinaram estudos para examinar os riscos para a saúde e concluíram que:

1- há transmissão de infecções por nematoides intestinais tanto aos trabalhadores rurais, onde os cultivos são irrigados com águas residuárias, quanto aos consumidores de verduras cultivadas nestes campos. Estas infecções são causadas por *Ascaris lumbricoides* (lumbriga humana), *Trichuris trichiura* (tricocéfalo humano), *Ancylostoma doudenalde* e *Necator americanus* (ancilostomas humanos);

2- há transmissão aos consumidores de produtos agrícolas de enfermidades bacterianas presentes em excretas, causando diarreia e desintéria bacteriana, febre tifóide, cólera, e outras.

Para a prevenção dessas enfermidades a OMS (1989) recomenda que:

1. Na irrigação de cultivos somente se deve utilizar águas residuárias tratadas;
2. As águas residuárias tratadas devem ajustar-se às diretrizes sobre qualidade microbiológica empregada para irrigação de cultivos (AYRES e MARA, 1997).

Em relação aos ovos de nematóides intestinais humanos, mais especificamente *Ascaris*, ancilostomídeos e *Trichuris*, esses não podem exceder a um ovo por litro tanto em irrigação de cultivos com restrição da categoria A, àqueles consumidos crus, como para os sem restrição (OMS, 1989).

As diretrizes da OMS (1989) estabelecem três categorias de cultivos, as condições de aproveitamento para cada categoria, grupos expostos (trabalhadores, consumidores, público), quantidade de ovos de helmintos e de coliformes fecais permitidos e o tratamento de águas residuárias necessário para conseguir a qualidade microbiológica exigida (Quadro 1).

Quadro 1 - Diretrizes recomendadas sobre a qualidade microbiológica das águas residuárias empregadas para a irrigação de cultivos^a

Categoria	Condições de aproveitamento ou finalidade	Grupo exposto	Nematoda intestinal^b (média aritmética de ovos/L)	Coliforme fecal (média geométrica/ 100 ml^c)	Tratamento de águas residuárias com qualidade microbiológica exigida
A	Rega de cultivos comumente consumidos crus, campos de esportes, parques públicos ^d	Trabalhadores, consumidores e público	≤ 1	≤ 1000 ^d	Série de tanques de estabilização que permitem alcançar a qualidade microbiológica indicada ou tratamento equivalente
B	Rega de cultivos industriais, forrageiras e árvores ^e	Trabalhadores e	≤ 1	Não recomendada nenhuma norma	é Retenção em tanques de estabilização por 8 a 10 dias ou eliminação equivalente de helmintos e coliformes fecais
C	Rega localizada ^f de cultivos na categoria B quando nem trabalhadores e nem o público estão expostos	Nenhum	Não aplicável	é Não aplicável	é Tratamento prévio segundo exige a tecnologia de rega por no mínimo a sedimentação primária

Fonte: OMS (1989)

^a Em casos específicos, se deveria levar em conta os fatores epidemiológicos, socioculturais e ambientais de cada lugar e modificar as diretrizes de acordo com ele.

^b Espécies *Ascaris*, *Trichuris* e *Ancilostoma*

^c Durante o período de rega

^d Convém adotar uma diretriz mais estrita (≤ 200 coliformes fecais por 100 ml) para campos públicos como os de hotéis, nos quais o público pode entrar em contato direto.

^e No caso de árvores frutíferas, a rega deve cessar duas semanas antes de colher a fruta e esta não deve ser colhida do solo. Não é conveniente regar por aspersão.

^f Chamado também rega por gotejo ou jato.

5.5. O Papel da Recuperação, Reciclagem e Reuso de Água Residuária no Ciclo Hidrológico

De acordo com ASANO (1985), a inclusão de um plano de recuperação, reciclagem e reuso de águas residuárias no gerenciamento dos recursos hídricos reflete a necessidade da aplicação de um desenvolvimento tecnológico complementar, que contemple a preocupação com os riscos à saúde e à aceitação pública para mitigar as limitações impostas pelo aumento da escassez dos recursos hídricos.

O ciclo hidrológico é um modelo conceitual de um transporte contínuo da água no ambiente, consistindo de recursos superficiais de água doce e salina, lençol freático subterrâneo, água associada a vários usos do solo e na forma de vapor atmosférico. No ciclo hidrológico existem vários subciclos, incluindo o transporte de água como as dos aquedutos. Nesse sentido o aproveitamento, a reciclagem e o reuso de águas residuárias tem se tornado importante componente do ciclo hidrológico nas áreas urbanas, industriais e agrícolas como complemento nos subciclos como é o caso do reuso de águas residuárias na recarga da bacia hidrográfica em Tel-Aviv (KANAREK, 1996).

Os benefícios da aplicação suplementar das águas residuárias tratadas estão associados à preservação da qualidade dos recursos aquáticos, à proteção ambiental e às vantagens econômicas. O principal fator de crescimento no aproveitamento, reciclagem e reuso de águas residuárias tem sido a necessidade de fontes alternativas de abastecimento de água para irrigação, uso industrial e aplicação de água não potável e potável devido ao adensamento e desenvolvimento de muitas regiões no mundo. A falta de água, principalmente nos períodos de seca (estiagem), tem induzido

a medidas de controle mais rigorosas em relação ao consumo e o desenvolvimento de alternativas para as fontes de água.

Entretanto, a caracterização da qualidade da água é necessária para avaliar a segurança biológica e química na utilização das águas residuárias recuperadas, de acordo com os vários tipos de aplicações. Os parâmetros relevantes para o monitoramento da qualidade de água, principalmente, nas estações de tratamento de esgotos domésticos, normalmente utilizados, são Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Coliformes Totais e Fecais e Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo). Os parâmetros para o monitoramento de água potável incluem organismos coliformes, turbidez, minerais, sólidos dissolvidos, subprodutos de desinfecção, contaminantes orgânicos e inorgânicos específicos. Recentemente vem sendo incorporado o monitoramento de alguns organismos patógenos como enterovírus, os protozoários *Giardia lamblia* e *Cryptosporidium parvum* para águas de abastecimento potável (Portaria MS 1469, 2000).

As águas residuárias para sua reutilização, também, necessitam de um padrão de qualidade sanitária, afim de tornarem-se aptas ao consumo em qualquer atividade, nas quais não se enquadra o monitoramento somente de coliformes, pois estes não são indicadores de patogenicidade (CROSS, 1985).

5.5.1. Definição de Reuso de Águas

De acordo com MANCUSO (1988), há uma variabilidade de terminologias empregadas no reuso de água, mas com distinções entre os vários autores, prejudicando o entendimento. Mas de uma maneira geral, o reuso de água pode ocorrer de forma direta ou indireta, com ou sem ações planejadas. Neste trabalho adotou-se os termos da própria Organização Mundial da Saúde, pois os princípios estão diretamente relacionados à saúde pública e aos possíveis riscos epidemiológicos.

A OMS (1973 cit op MANCUSO, 1988) apresenta três formas para o aproveitamento das águas residuárias e que são:

- 1º. **Reuso Indireto**: quando a água de origem doméstica ou industrial já utilizada, uma ou mais vezes, é lançada no corpo d'água e utilizada de forma diluída à jusante;
- 2º. **Reuso Direto**: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, indústria, recarga de aquíferos subterrâneos e água potável.
- 3º. **Reciclagem Interna**: é o reuso de água dentro de instalações industriais com intuito de economizar água e controlar a poluição.

MANCUSO (1988) ressalta a definição de Montgomery que associa o reuso planejado à existência de um sistema de tratamento que atenda às exigências ambientais, aos padrões de qualidade requeridos pelo reuso de água. Os termos planejado e não planejado referem-se ao fato do reuso ser resultante de uma ação consciente subsequente ao lançamento do efluente ou de o reuso ser apenas um subproduto não intencional dessa descarga. O termo reciclagem é definido como o reuso

interno da água para o uso original, antes do lançamento em um sistema de tratamento ou qualquer outra forma de disposição. Quanto ao termo reuso, é utilizado para designar descargas de efluentes que são subsequentemente utilizados por outros usuários diferentes do original. Assim, o reuso planejado direto da água pode ser classificado como reciclagem, desde que os efluentes tratados sejam utilizados novamente pela mesma entidade que os produziu em um circuito fechado.

5.5.2. Tipos de Reuso

A demanda de água para usos domésticos, comerciais, industriais e fins agrícolas tem aumentado consideravelmente, sendo ainda incrementada pelo processo de urbanização. Segundo as projeções das NAÇÕES UNIDAS (1989), enquanto na metade do século XX a população havia aumentado em 150% , no século XXI a população deverá ter um crescimento de 300% e vivendo nas zonas urbanas. Muitas das cidades tem que extrair água de áreas amplas de drenagem ou aquíferos, e a grande maioria delas já tem os sistemas de água totalmente explorados, sendo necessário desenvolver e tratar fontes de água de baixa qualidade ou captar água de outras bacias hidrográficas. O uso de águas residuárias para fins não potáveis tem sido uma alternativa potencial e que pode substituir as fontes existentes.

Do ponto de vista econômico, os específicos usos destas águas, dependem dos custos de novas fontes hídricas de elevada qualidade, contrapondo os custos do tratamento e disposição das águas residuárias.

A recuperação e reuso das águas residuárias torna-se uma fonte atrativa para fins residenciais, industriais, comerciais nas áreas urbanas, principalmente em novas instalações com sistema dual para distribuição e para águas residuárias.

O reuso de águas residuárias para irrigação próximas às áreas urbanas pode ser economicamente atrativo, uma vez que a agricultura por mais de vinte anos utiliza grandes volumes de fontes de água. Com efeito, o Irvine Ranch Water District situado na Califórnia supre com água residuária tratada áreas de irrigação agrícola e áreas paisagísticas urbanas (USEPA, 1992).

Entretanto, a Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) estabeleceu “Limites Máximos de Contaminantes” (MCLs) no controle de substâncias orgânicas, inorgânicas, radioativas e microbiológicos para fontes públicas de abastecimento. O custo para fornecimento de água potável público e outros usos potáveis tem aumentado tanto que a necessidade do controle dos MCLs tem alterado o cenário do uso de águas residuárias tratadas para diversas finalidades.

A USEPA (1992) apresenta sete tipos de aplicações para reuso de águas: urbano, industrial, agrícola, recreacional, restauração de habitats, recarga de aquíferos e acréscimo das fontes potáveis.

O reuso urbano, como o principal tema deste trabalho, é indicado para vários fins não potáveis, incluindo:

a. Irrigação de parques públicos e centros de recreação, campos desportivos, jardins de escolas, áreas de paisagismo;

- b. Irrigação de jardins residenciais e finalidades domésticas sem necessidade de água potável;
- c. Irrigação de áreas paisagísticas ao redor de áreas comerciais, industriais e outras;
- d. Irrigação de campos de golfe;
- e. Usos comerciais como lavagem de veículos, vidros, mistura com pesticidas, herbicidas e fertilizantes líquidos;
- f. Usos ornamentais para finalidades decorativas como fontes e cascatas;
- g. Controle de poeira e na produção de projetos de construções;
- h. Proteção de incêndio;
- i. Construções industriais e comerciais, incluindo descargas de banheiros.

5.6. Vias de Transmissão das Enfermidades Parasitárias

No reuso das águas residuárias tratadas onde existe uma via potencial de exposição humana e de animais, os principais riscos estão associados aos agentes biológicos incluindo bactérias, vírus, protozoários e helmintos patógenos. Do ponto de vista de saúde pública e processos de controle de poluição e contaminação, as viroses entéricas constituem um dos grupos mais críticos dos organismos patógenos nos países em desenvolvimento devido à exposição de baixas doses infectivas e a falta de métodos de rotina, de custo acessível para detecção e quantificação de vírus (ASANO, 1985).

A elevada incidência de doenças parasitárias é um permanente problema para a saúde pública pelo fato de apresentarem ampla distribuição geográfica em todo o mundo, mas principalmente nos países em desenvolvimento como o Brasil. Como

visto, as condições climáticas, o nível sócio-econômico, a falta de educação são elementos que unidos a falta de saneamento básico e a baixa qualidade de água contribuem para a disseminação de parasitas intestinais. Dentre estes estão os protozoários e os helmintos, amplamente distribuídos e com elevada incidência nos países da América do Sul.

As possíveis vias de transmissão de microrganismos patógenos são apresentadas no fluxograma abaixo:

Figura 3 - Vias de transmissão de microrganismos patógenos (ROWE e col, 1995)

Do ponto de vista evolutivo, ecológico e fisiológico, a água é essencial à todas formas de vida. Assim, subentende-se que para garantir saúde e bem estar aos seres humanos é necessário a disponibilidade de água própria ao consumo, à preparação de alimentos, à higiene pessoal e doméstica, à agricultura, à produção de energia e ao lançamento de despejos de origens doméstica e industrial dos centros urbanos.

O maior impacto da contaminação da água sobre a saúde pública ocorre através da água potável, cuja fonte pode ser degradada pela contaminação pontual ou não pontual incluindo as águas residuárias municipais, as chuvas e inundações, a água de retorno da irrigação agrícola. Os despejos de origem humana e animal contribuem com diversos patógenos de transmissão hídrica na contaminação das fontes de abastecimento, sejam quaisquer os usos dos sistemas aquáticos (GELDREICH, 1996).

A disponibilidade de água permite estabelecer um meio higiênico que evita ou limita a propagação de muitas enfermidades infecciosas tanto entre os seres humanos como entre os demais seres vivos. A água pode ser considerada como o principal veículo de transmissão de enfermidades que tem afetado os seres humanos durante séculos. Assim, algumas enfermidades ocorrem principalmente em epidemias e pandemias de doenças letais como cólera e febre tifóide. Porém, outras são endêmicas e possuem efeitos crônicos e debilitantes. Tanto o excesso como a escassez de água, como a qualidade deficiente afetam a saúde e o bem estar dos seres humanos. E de acordo com TRAVERSO (1996), os agentes mais importantes que contaminam as águas e os alimentos são os biológicos, que se originam dos excretas humanos e animais e que podem como mencionado ser bactérias, vírus, protozoários ou helmintos.

No reuso de águas residuárias, algumas condições específicas devem ser satisfeitas para proteção da saúde pública e bem estar das comunidades. Os elementos básicos para projeto de reuso de água incluem uma qualidade de água segura, quantidade adequada e conveniência. Para obter uma qualidade segura de água para

abastecimento é necessário o manejo e controle de doenças transmitidas pela água, sendo que 80 % de todas as enfermidades no mundo estão associadas ao uso de águas contaminadas (ROWE e col, 1995). As infecções causadas por agentes patógenos excretados por indivíduos contaminados podem ser divididas em cinco categorias e relacionadas as características de transmissão no meio ambiente. Do ponto de vista de saúde pública e ambiental, as doenças associadas com a água e/ou águas residuárias estão assim agrupadas (FEACHEM, 1983):

a) Enfermidades vinculadas a falta de higiene.

As enfermidades vinculadas com a falta de higiene são aquelas provenientes da falta de água ou inacessibilidade da água para higiene pessoal e doméstica. Geralmente, há uma elevada incidência de enfermidades diarrêicas; cutâneas como impetigo, septicemia, enfermidades cutânea e oculares como tracoma e conjuntivites. Encontram-se nesse grupo, as enfermidades transmitidas pela água associadas com as infestações de piolhos e sarna, escabiose de ocorrência atual na areia de algumas praias do litoral paulista (ESTADO DE SÃO PAULO, Fev-2002).

b) Enfermidades por contato com a água.

A ocorrência deste grupo se dá pela contaminação por excretas, sendo a água um habitat para os agentes patógenos e para os hospedeiros intermediários, dentro dos quais certos parasitas passam parte do ciclo vital. Os parasitas causam subsequentemente a enfermidade no homem quando suas formas larvárias infecciosas penetram pela pele do seres humanos proveniente do contato com o meio aquático ou pela ingestão de moluscos e crustáceos infectados, peixes ou plantas aquáticas (macrófitas) como esquistossomose.

c) Enfermidades transmitidas por vetores aquáticos.

A água pode proporcionar um habitat ou um ambiente de reprodução para os insetos vetores da doença, como exemplo tem-se os mosquitos que se reproduzem na água e as formas adultas podem transmitir a malária, a filariose, a dengue, a febre amarela.

d) Enfermidades disseminadas pela água.

Neste grupo estão as enfermidades relacionadas com a água, na qual os agentes patógenos infectam os seres humanos, principalmente, através das vias respiratórias e mucosa, como os trofozoítos das amebas *Naegleria fowleri* e *Acanthamoeba culbertsoni*, que habitam os corpos de água doce temperadas, podendo penetrar pelas mucosas olfativas de nadadores, proliferar intensamente no hospedeiro e provocar uma meningoencefalite, levando a morte. As bactérias do gênero *Legionella* tem demonstrado a capacidade de proliferar em água dos sistemas de ar condicionado e nos aquecedores de água; quando dispersas pelos aerossóis podem infectar um grande número de pessoas pelas vias respiratórias.

e) Enfermidades transmitidas pela água

Neste grupo estão as enfermidades responsáveis pela necessidade de se realizar a desinfecção dos sistemas de abastecimento de água potável. A transmissão ocorre pela ingestão de água contaminada com microrganismos patógenos provenientes dos excretas humanos. A ingestão pode ser direta pela água potável, ou indireta através de alimentos ou bebidas alteradas com a água contaminada como cólera, febre tifóide e várias verminoses.

As enfermidades causadas por nematóides intestinais através de águas residuárias são o foco central desse estudo. Os ovos destes organismos precisam de um período de latência para desenvolver no ambiente antes de causarem infecção. A dose mínima de infecção é de somente um organismo e são pouco afetados pela imunidade do hospedeiro. Segundo a OMS (1989) dentre os nematóides intestinais mais importantes estão *Ascaris lumbricoides*, *Ancilostoma*, *Necator* e *Trichiuris trichiura*, porém deve-se levar em conta a endemicidade desses agentes em cada região, como de outras formas helmínticas. Estes microrganismos são transmitidos pelo reuso de águas residuárias na agricultura ou pela falta e ineficiência de tratamento de esgotos e são os agentes patógenos de grande preocupação para a saúde pública nos países em desenvolvimento.

Tabela 2 - Sobrevivência dos helmintos intestinais nas águas residuárias, solo e plantações.

HELMINTOS	MEIO	TIPO DE APLICAÇÃO	TEMPO DE SOBERVIVÊNCIA	DE
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Solo	Não determinado	Acima 7 anos	
	Vegetais	Contaminação artificial	27-35 dias	
<i>Necator americanus</i>	Águas residuárias	Não determinado	< 18 dias	
	Solo arenoso	Não determinado	< 10 dias	
	Solo	Fezes infectadas	6 semanas	
<i>Taenia saginata</i>	Águas residuárias	Não determinado	> 16 dias	
	Solo arenoso	Não determinado	< 210 dias (no inverno) (poucos dias no verão)	

Fonte: ROWE e col (1995)

A importância em utilizar a parasitologia no monitoramento e controle da qualidade das águas residuárias, juntamente com os parâmetros utilizados

normalmente na caracterização ecológica e sanitária das águas tem sido alvo de muitos autores como AYRES (1997), ZUMAETA (1993), OMS(1989), YANKO (1988).

Neste contexto, a parasitologia torna-se uma importante área de pesquisa para a hidrobiologia sanitária no Brasil, principalmente, como instrumento para monitoramento, controle e avaliação de parasitoses intestinais transmitidas por veiculação hídrica. Além disso, a parasitologia na avaliação da qualidade das águas pode ser utilizada pela vigilância sanitária, auxiliando na promoção à saúde.

A parasitologia foi empregada em alguns trabalhos pioneiros no Brasil com estações de tratamento de esgoto como o trabalho de GOULART (1984) que avaliou a eficiência do processo na remoção dos enteroparasitas; e como MARTINS e SANCHEZ (1983) avaliaram a presença de parasitas intestinais em vários processos de tratamento de lodos de esgoto na ERQ da Vila Leopoldina.

A avaliação da qualidade da água torna-se importante para minimizar a transmissão de enfermidades através de programas de prevenção e controle da poluição e contaminação hídrica, principalmente nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.

Desde as civilizações mais remotas, se observa a existência de uma preocupação constante do homem em relação à qualidade da água e à transmissão de doenças. De acordo com BRANCO (1986), os seres patógenos são lançados nos despejos de origem doméstica, fundamentalmente formados por matéria fecal humana e animal, existentes nos ambientes aquáticos. Esses organismos, sendo incapazes de

reproduzir-se ou mesmo sobreviver por muito tempo, embora constituam um indício seguro de contaminação, não são de grande valia para o sanitarista, por terem uma curta duração fora do organismo humano e a dificuldade dos processos para identificação.

Entretanto, por suas formas de resistência, quanto a duração fora do corpo humano sabe-se que alguns vírus (Enterovírus) persistem no ambiente por até três meses; alguns protozoários como *Entamoeba histolytica* e *Giardia lamblia* 25 dias; e os helmintos subsistem de alguns dias ou meses. Por exemplo, *Ascaris lumbricoides* tem persistência de um ano e as tenias de nove meses.

De acordo com SANEPAR (1998), o tempo de sobrevivência máximo comum de patógenos no solo é de até 75 dias para bactérias, 12 dias para vírus, 8 dias para protozoários e 2 anos para helmintos.

Um outro fator importante na persistência de helmintos é que, quando lançados no ambiente, adquirem formas resistentes aos estresses ambientais como os ovos de *Ascaris lumbricoides*. De acordo com WATSON e col (1983), os helmintos são endêmicos em muitas áreas e estão associados com ineficiência e inexistência de práticas de higiene. Os helmintos possuem ovos e larvas com capacidade de sobrevivência e dispersão no ambiente. Os ovos de *Ascaris* são considerados como o patógeno mais resistente e utilizado frequentemente como um indicador parasitológico.

De acordo com OMS (1992), os helmintos de importância médica estão divididos em três grupos: nematodos (áscaris), cestodos (tenias) e trematodos

(distomas). Dentre os nematodos de importância para a saúde pública estão: *Ascaris lumbricoides*, Ancilostomas (*Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus*), *Strongyloides stercoralis*, *Trichiuris trichiura*, *Enterobius vermiculares* e outros; já nos cestodos estão: Teniasas humanas (*Taenia saginata* e *T.solium*), *Diphyllobothrium*, *Echinococcus*, *Hymenolepis*; entre os trematodos estão os esquistossomas como *Schistosoma mansoni*, *S. haematobium*, *S. japonicum* e *S. intercalatum* e transmitidos por cercárias.

Os parasitas intestinais estão heterogeneamente dispersos nas águas residuárias, sendo necessário concentrá-los. Na maioria dos métodos, a identificação ocorre através da observação das características morfológicas. Basicamente, os métodos podem ser divididos em dois princípios, sendo o de sedimentação para concentração de ovos de helmintos e o de flotação para detectar cistos de protozoários como *Giardia* e *Entamoeba* e ovos de helmintos que não sedimentam facilmente. Geralmente, nestes métodos são empregadas soluções com densidades maiores ou menores que os ovos e cistos, sendo que a densidade é um fator que influi diretamente na eficiência do método, tanto na concentração como na preservação das características morfológicas, pois elevadas pressões osmóticas deformam as estruturas externas e internas dos enteroparasitas.

Os métodos de detecção de enteroparasitas em amostras ambientais não estão padronizados, mas de qualquer forma a avaliação da qualidade das águas, utilizando um indicador parasitológico se torna cada vez mais necessário, tanto para pesquisa de novos métodos mais precisos, como para diagnóstico das amostras ambientais, dado o grande volume de matéria fecal lançados nos cursos d'água.

VI. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos no presente trabalho, a pesquisa foi realizada em duas etapas: 1ª revisão da situação das enfermidades parasitárias no Brasil através de levantamentos bibliográficos em fontes secundárias; 2ª execução de amostragem em campo, implementação da técnica de parasitologia para amostras líquidas.

Inicialmente, a escolha da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Barueri – Sabesp, localizada no Município de Barueri – São Paulo (SP), deve-se por três fatores: 1º o volume de esgotos tratados e predominantemente de origem doméstica, aumentando a possibilidade de concentrar e detectar os ovos de helmintos; 2º a facilidade de acesso; 3º da ETE estar localizada na Bacia do Alto Tietê, pois o trabalho atual está direcionado ao reuso de águas residuárias na Região Metropolitana de São Paulo. Além disso as ETE's Parque Novo Mundo, São Miguel e ABC ainda não estavam em funcionamento, quando foram iniciadas as amostragens.

6.1. Área de Estudo

As águas residuárias utilizadas neste projeto foram provenientes da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Barueri da Sabesp, localizada na Grande São Paulo, entre os municípios de Barueri e Carapicuíba, mais especificamente junto ao Rio Tietê, ocupando trechos de várzea em função da proximidade do rio.

Fonte: Emplasa (2001)

Figura 4 – Mapa da localização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Barueri – Sabesp entre os Municípios de Osasco, Carapicuíba e Barueri.

6.1.1. Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri - Sabesp (SP)

A Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri utiliza o processo de Lodos Ativados, sendo que a vazão média de tratamento é de $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ de esgotos. A capacidade operacional do sistema permite tratar os esgotos gerados por uma população de cerca de 2.200.000 habitantes, com uma demanda per capita de 140 L/dia.

O esgoto afluente é, predominantemente, de origem doméstica, sendo encaminhado à ETE Barueri através do Interceptor Tietê Oeste, margem Sul com 12,4 Km de extensão e 4,5 m de diâmetro, instalado cerca de 30 m de profundidade,

que encaminha o fluxo ao poço distribuidor, de onde é recalcado até o canal afluente às grades mecanizadas.

O esgoto afluente interceptado passa através do tratamento biológico secundário, sendo constituído pelo processo de Lodos Ativados, com a remoção de cerca de 90% da matéria orgânica, e o efluente final é lançado no Rio Tietê.

A ETE Barueri é subdividida em 9 áreas de ocupação compreendendo: 1. Poço Distribuidor e Elevatória Final; 2. Grades mecanizadas, caixas de areia e tanques de Pré-Aeração; 3. Decantadores Primários; 4. Tanques de Aeração e compressores; 5. Decantadores Secundários; 6. Adensadores por Gravidade, Digestores e Gasômetro; 7 e 8. Supervisão de Controle; 9. Desidratação e Condicionamento Químico do Lodo.

6.2. Pontos de Amostragem

Foram selecionados três pontos de amostragem dentre as 09 áreas de ocupação: PONTO 01 - Efluente após caixa de areia, por essa ter a finalidade de remover materiais grosseiros; PONTO 02 - Efluente após decantador primário, por esse ter a finalidade de remover cerca de 30% da matéria orgânica, talvez uma importante etapa na remoção dos ovos de helmintos; PONTO 03 - Efluente após decantador secundário ou Efluente final (Figura 5).

Figura 5 – Pontos de amostragem na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Barueri – Sabesp (SP).

A Figura 6 mostra um fluxograma simplificado da ETE Barueri com os pontos de amostragem utilizados no monitoramento dos ovos de helmintos.

Figura 6 - Fluxograma simplificado da parte líquida da Estação de Tratamento de Esgoto Barueri

6.3. Coleta das amostras

Para a coleta das amostras líquidas é necessário um volume mínimo de 1000 ml, entretanto, foram coletados 5 litros para concentração de ovos de parasitas intestinais.

As amostras líquidas foram devidamente identificadas e transportadas ao laboratório sob refrigeração a 4° C. O tempo de coleta da amostra e o início da análise não excedeu 24 horas (CETESB, 1989).

Nos pontos de amostragem, foram medidos os parâmetros temperatura do ar e da água, pH, condições climáticas (chuvas e estiagem).

6.4. Plano de Amostragem

As amostras de águas residuárias foram coletadas mensalmente, durante o período de julho de 1999 a julho de 2000, perfazendo um total de 12 amostragens por ponto.

6.5. Análises de Laboratório

O presente trabalho foi realizado nos Laboratórios de Qualidade da Água, de Hidrobiologia do Departamento de Saúde Ambiental e de Vigilância Sanitária do Departamento de Prática de Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública, utilizando águas residuárias da Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri - Grande São Paulo.

6.6. Técnica Laboratorial

A técnica empregada para concentração de ovos de helmintos, para posterior identificação e quantificação dos ovos, foi a de centrifugação - flotação com solução de Sulfato de Zinco a 33% (CRAIG & FAUST, 1970; CETESB, 1989; GASPARD e SCHWARTZBROD, 1995).

Para a caracterização parasitológica das águas residuárias, os resultados foram expressos em ovos/ ml, capacidade da câmara de Sedgwick-Rafter de 1,0 ml. Mas para saber quantos ovos existem por litro foi aplicada a fórmula de AYRES & MARA (1997).

6.6.1. Descrição da Técnica

Técnica de concentração com solução de Sulfato de Zinco à 33%:

- ◆ A amostra foi centrifugada à 2500 rpm por cinco minutos em tubos tipo Falcon com capacidade para 50 ml (centrífuga CU - 5000), desprezando-se o sobrenadante;
- ◆ Os sedimentos foram colocados juntamente em um tubo e centrifugados novamente, à 2500 rpm por cinco minutos, descartando-se o sobrenadante;
- ◆ O sedimento foi ressuspenso com 50 ml de solução de sulfato de zinco à 33% (densidade 1.20);
- ◆ A mistura da solução e sedimento foi centrifugada à 2500 rpm por cinco minutos, sendo formada uma película;
- ◆ A película formada foi, então, observada ao microscópio;

- ♦A identificação dos ovos de helmintos foi em nível genérico e, quando possível específico;
- ♦Para quantificação, foi transferido 1,0 ml de alíquota da película superficial com auxílio de uma pipeta previamente esterilizada para câmara de Sedgwick - Rafter. A contagem foi efetuada em toda a câmara, e a densidade é o próprio número de ovos de cada espécie ou gênero identificados/ml.

Para saber o número de ovos por litro foi utilizada a fórmula:

$$N = \frac{A \times X}{P \times V}$$

Onde:

N = número de ovos por litro de amostra

A = número de ovos contados na câmara de Sedwick-Rafter

X = volume do produto final (ml)

P = volume da câmara de Sedwick-Rafter (1,0 ml)

V = volume da amostra original

Para identificação dos ovos de helmintos foram utilizados fontes bibliográficas como SPENCER (1961), PÊSSOA e MARTINS (1982), KAGEI (1986), REY (1973), OMS (1992), PETERS e col (1995), AYRES e MARA (1997).

6.6.2. Viabilidade dos Ovos de Helminthos Intestinais Humanos

Para detectar a viabilidade dos ovos de helmintos, vários autores utilizam ovos de *Ascaris suum* como padrão para observar o desenvolvimento da larva no interior do ovo. Esses ovos são extraídos do útero de uma larva fêmea. Devido à dificuldade de manipulação dessas, utilizou-se os ovos de *Ascaris sp* encontrados nas amostras para observar a estrutura morfológica interna e externa, sendo evidenciado se os ovos estavam viáveis ou inviáveis. Para isso foram empregados alguns critérios para os ovos inviáveis como: 1. formação de vacúolos no citoplasma do ovo e perda da viscosidade; 2. rompimento da divisão celular; 3. encolhimento das células do ovo; 4. divisão celular anormal. Para isso foram utilizadas fotos com diversas formas de ovos de *Ascaris sp* para comparação dos encontrados nas amostras ambientais. Essa técnica foi empregada por KAGEI e cols (1986) no monitoramento de efluentes, lodos e biossólidos aplicados na agricultura.

Não foram empregadas as técnicas de viabilidade “in vitro” como a de YANKO (1988), devido à falta de condições laboratoriais, por ocasião da realização do presente trabalho.

6.7. Tratamento dos Dados

6.7.1. Dados Qualitativos

Através da identificação das espécies e/ou gêneros de ovos de helmintos pode - se averiguar quais tipos de ovos estão presentes e /ou ausentes nas amostras dos três

pontos. Procurou-se identificar apenas os ovos de helmintos, parasitas intestinais humanos.

6.7.2. Dados Quantitativos

Através da quantificação da câmara de Sedgwick-Rafter pode-se chegar às densidades numérica e absoluta dos ovos de helmintos por mililitro em cada amostra e em cada ponto de amostragem. Para transformar mililitro em litro, utilizou-se a fórmula acima citada, pois a amostra foi concentrada de 5 litros para volume final de 50 ml, analisando-se 1,0 ml da solução flotada.

Pode-se através da frequência relativa de cada gênero de ovos de helmintos estabelecer a representatividade desses por amostra.

Através da frequência relativa de cada ovo de helminto em cada amostra pode - se estabelecer quais gêneros foram considerados indicadores parasitológicos. Também, verificou-se a distribuição temporal de cada gênero.

Foram calculados os valores da densidade média em mililitro, valores mínimo, mediano e máximo em litro para comparação com a literatura existente.

6.7.3. Dados Operacionais da ETE de Barueri

Os resultados operacionais do processo de lodos ativados empregados na análise estatística foram concedidos pela própria Sabesp, sendo os métodos empregados padronizados pelo Standard Methods (AWWA, 1992) e entre os parâmetros estão: temperatura do ar e da água ($^{\circ}\text{C}$), pH, vazão (m^3/s), sólidos

sedimentáveis (ml/L), sólidos suspensos totais (mg/L), Demanda Química de Oxigênio – DQO (mgO_2/L) e Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mgO_2/L), Tempo de Detenção (h) do tanque de aeração e Idade do lodo (dias), e os dados bacteriológicos, mas especificamente, coliformes totais e fecais através da técnica de tubos múltiplos (NMP/100ml).

6.7.4. Análise Estatística

Geralmente, em estudos de amostras ambientais e biológicas, os dados são aleatórios e ao acaso, não há uma distribuição uniforme e normal, essa considerada como assimétrica. Nesse sentido, são recomendados a análise estatística não paramétrica, podendo ser utilizada a correlação de Pearson e Spearman (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983; AYRES, 1998).

Matrizes foram construídas com os resultados da densidade numérica dos ovos de helmintos, com os dados das condições operacionais, com os parâmetros físico- químicos e bacteriológicos para cada ponto de amostragem.

Os resultados parasitológicos não foram transformados em log, por considerar importante expressar a densidade quanto ao número observado. Embora a distribuição log-normal seja a mais usualmente empregada para dados de contaminação ambiental, principalmente para bactérias coliformes.

As matrizes foram submetidas a testes de correlação por "rank" de Spearman (r_s) e por Pearson utilizando os pacotes estatísticos Statgraphics - Statistical Graphics System (versão 5,0), BIOESTAT (versão 1,0) e EXCEL (versão 2000) com

a finalidade de evidenciar a correlação entre os dados parasitológicos e as condições operacionais já citadas acima. Foram consideradas apenas as correlações positivas e negativas, em que $r_s \geq 0,50$ e o nível de significância $\alpha \leq 0,05$ (SIEGEL, 1975; LEGENDRE & LEGENDRE, 1983).

6.7.5. Eficiência de Remoção

Foram calculadas as eficiência de remoção entre o ponto-3 e ponto-1, para os dados de densidade absoluta e para distribuição da densidade absoluta ao longo do período de estudo.

Para isso utilizou-se a equação:

$$\text{Eficiência de remoção} = \frac{\text{DA 1} - \text{DA 3}}{\text{DA 1}}$$

Onde

DA 1 = densidade absoluta dos ovos de helmintos do ponto-1;

DA 3 = densidade absoluta dos ovos de helmintos do ponto-3

VII. ANÁLISE e DISCUSSÃO DOS ASPECTOS ECOLÓGICOS

7.1. Análise Qualitativa

A presença de ovos de helmintos nas amostras demonstra a importância do monitoramento e controle mais rigoroso do efluente final, indicando a necessidade do estabelecimento de padrões de qualidade para as águas residuárias após o tipo de tratamento e a finalidade do emprego dessas na área urbana.

O quadro 01 descreve a relação de ovos de helmintos em gênero, apresentando uma diversidade biológica de helmintos, principalmente nos pontos 1 e 2. Foram isolados das amostras de águas residuárias 11 gêneros no efluente após caixa de areia (ponto 01), 10 gêneros no efluente após decantador primário (ponto 02) e 5 gêneros de ovos no efluente secundário ou final (ponto 03).

No efluente coletado após caixa de areia foram identificados os ovos de *Ancilostomídeos*, *Ascaris sp*, *Enterobius vermiculares*, *Fasciola sp*, *Hymenolepis sp*, *Strongyloides sp*, *Taenia sp* e *Trichuris trichiura*, formas semelhantes de ovos de *Clonorchis sp* e *Diphillobothrium sp*, embora não ocorram no Brasil.

No afluente sem tratamento proveniente das lagoas de estabilização de San Juan foram isolados ovos de *Ascaris lumbricoides*, *Hymenolepis diminuta*, *H. nana*, *Strongyloides sp*, *Taenia sp*, *Toxocara sp* e *Trichuris trichiura* (ESPARZA e MUÑOZ, 1990).

No efluente coletado após decantador primário foram isolados os ovos de *Ancilostomídeos*, *Ascaris sp*, *Echinococcus sp*, *Enterobius vermiculares*, *Hymenolepis sp*, *Meloidogyne sp*, *Strongyloides sp*, *Taenia sp* e *Trichuris trichiura*.

Foi identificado um ovo semelhante ao de *Paragonius sp*, embora não consta no relato a ocorrência da doença no Brasil (TRUJILLO, 2001).

No efluente secundário foram isolados os ovos de *Ascaris sp*, *Enterobius vermiculares*, *Hymenolepis sp*, *Paragonius sp* e *Strongyloides sp*.

Quadro 2 - Lista de ovos de helmintos presentes nas amostras dos efluentes nos três pontos de amostragem na ETE Barueri - São Paulo (julho/1999 - julho/2000)

PONTO 01	PONTO 02	PONTO 03
<i>Ancilostomídeo</i>	<i>Ancilostomídeo</i>	<i>Ascaris sp</i>
<i>Ascaris sp</i>	<i>Ascaris sp</i>	<i>Enterobius vermiculares</i>
<i>Clonorchis sp</i>	<i>Echinococcus sp</i>	<i>Hymenolepis sp</i>
<i>Diphillobothrium sp</i>	<i>Enterobius vermiculares</i>	<i>Paragonius sp</i>
<i>Enterobius vermiculares</i>	<i>Hymenolepis sp</i>	<i>Strongyloides sp</i>
<i>Fasciola sp</i>	<i>Meloidogyne sp</i>	
<i>Hymenolepis sp</i>	<i>Paragonius sp</i>	
<i>Meloidogyne sp</i>	<i>Strongyloides sp</i>	
<i>Strongyloides sp</i>	<i>Taenia sp</i>	
<i>Taenia sp</i>	<i>Trichuris trichiura</i>	
<i>Trichuris trichiura</i>		

Os ovos de helmintos encontrados no período de amostragem estão abaixo descritos nos quadros 3, 4, 5, em seus respectivos grupos taxonômicos até o nível genérico, demonstrando a ocorrência de uma diversidade maior dos nematodos, se comparados aos outros grupos cestodos e trematodos (BELDING, 1965).

Quadro 3 – Classificação taxonômica dos nematodos encontrados no período de amostragem na ETE Barueri – São Paulo, julho de 1999 - julho de 2000.

ORDEM	SUBORDEM	SUPERFAMILIA	FAMÍLIA	GÊNERO
Enoplida	Dorylaimina	Trichuroidea	Trichuridae	<i>Trichuris</i>
Rhabditida	Rhabditina	Rhabditoidea	Strongyloididae	<i>Strongyloides</i>
	Strongylina	Strongyloidea	Ancylostomatidae	" <i>ancilostomideos</i> "
			Trichostrongylidae	<i>Meloidogyne</i>
	Ascaridina	Ascaroidea	Ascaridae	<i>Ascaris</i>
		Oxyuroidea	Oxyuridae	<i>Enterobius</i>

No quadro 4 estão apresentados, em nível genérico, os ovos de cestóides identificados no período de amostragem.

Quadro 4 – Classificação taxonômica de cestodas encontrados no período de amostragem na ETE Barueri – São Paulo, julho de 1999 a julho de 2000.

ORDEM	SUPERFAMILIA	FAMÍLIA	GÊNERO
Pseudophyllidae	Bothriocephaloidea	Diphyllbothriidae	<i>Diphyllbothrium</i>
Ciclophyllidea	Taenoidea	Hymenolepididae	<i>Hymenolepis</i>
		Taenidae	<i>Taenia</i>
			<i>Echinococcus</i>

No quadro 5 estão descritos, em nível genérico, os ovos de trematodos encontrados no período de amostragem

Quadro 5 – Classificação taxonômica de trematodos encontrados no período de amostragem na ETE Barueri - São Paulo, julho de 1999 - julho de 2000.

ORDEM	SUBORDEM	SUPERFAMILIA	FAMÍLIA	GÊNERO
Prosostomata	Distomata	Fascioloidea	Fasciolidae	<i>Fasciola</i>
		Opisthorchioidea	Opisthorchiidae	<i>Clonorchis</i>
		Troglotremaoidea	Troglotrematidae	<i>Paragonius</i>

Pode-se verificar nas tabelas 3, 4 e 5 a presença dos ovos de helmintos em todos os meses de amostragem, em abril de 2000 não foi possível realizar a amostragem. Observa-se a constância dos ovos de *Ascaris sp* e *Enterobius vermiculares* nos pontos 1 e 2.

Na tabela 3 pode-se observar a presença de ovos de *Enterobius vermiculares* em todos os meses de estudo. Ovos de *Ascaris sp* e *Strongyloides sp* só não estão presentes na amostragem de 25 de julho de 1999.

Tabela 3 - Presença de ovos de helmintos por amostra no ponto 1, efluente coletado após caixa de areia na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri - São Paulo (julho/1999 a julho/2000).

	1999						2000					
Ovos de Helmintos	27jul	17ago	21set	26out	23nov	12dez	27jan	29fev	22mar	23mai	20jun	17jul
Ancilostomídeo												
Ascaris sp												
Clonorchis sp												
Diphillobothrium sp												
Enterobius vermiculares												
Fasciola sp												
Hymenolepis sp												
Strongyloides sp												
Taenia sp												
Trichuris trichiura												

Na tabela 4 verifica-se a presença de ovos de *Ascaris sp* em todos os meses de amostragem nas amostras do efluente coletado após decantador primário; os ovos de *Enterobius vermiculares* estão ausentes somente no mês de julho de 2000.

Tabela 4 - Presença de ovos de helmintos por amostra no Ponto 2, efluente coletado após decantador primário na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri - São Paulo (julho/1999 a julho/2000).

	1999						2000					
Ovos de Helmintos	27jul	17ago	21set	26out	23nov	12dez	27jan	29fev	22mar	23mai	20jun	17jul
<i>Ancilostomídeos</i>												
<i>Ascaris sp</i>												
<i>Echinococcus sp</i>												
<i>Enterobius vermiculares</i>												
<i>Hymenolepis sp</i>												
<i>Meloidogyne sp</i>												
<i>Paragonius sp</i>												
<i>Strongyloides sp</i>												
<i>Taenia sp</i>												
<i>Trichuris trichiura</i>												

Na tabela 5, nota-se uma distribuição mais irregular dos ovos de helmintos, estando ausentes nas amostras do efluente final nos meses agosto de 1999 e janeiro e maio de 2000, foi verificada a ocorrência de uma diminuição tanto da densidade como da diversidade populacional.

Tabela 5 - Presença de ovos de helmintos por amostra no Ponto 3, efluente coletado no efluente final (após decantador secundário) na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri - São Paulo (julho/1999 a julho/2000).

	1999						2000					
Ovos de Helmintos	27jul	17ago	21set	26out	23nov	12dez	27jan	29fev	22mar	23mai	20jun	17jul
<i>Ascaris sp</i>												
<i>Enterobius vermiculares</i>												
<i>Hymenolepis sp</i>												
<i>Paragonius sp</i>												
<i>Strongyloides sp</i>												

Verifica-se que a presença dos ovos de helmintos nesse ponto é bastante irregular e heterogênea, não sendo observado um padrão de distribuição.

7.2. Análise Quantitativa

7.2.1. Densidade Absoluta

Na figura 7 está ilustrada a densidade absoluta dos ovos de helmintos ao longo do tempo, podendo ser evidenciado que os ovos não foram detectados nos meses de agosto de 1999, janeiro e maio de 2000. Todos os valores de densidade numérica e frequência relativa por gênero estão em anexo.

Figura 7 - Densidade absoluta dos ovos de helmintos em 5L nos pontos de amostragem da ETE Barueri- São Paulo (julho de 1999 à julho de 2000).

Pode-se constatar no gráfico acima, que a densidade numérica no ponto 3 é muito menor se comparada aos pontos 1 e 2, embora os ovos ainda estejam presentes. Entretanto, verificou-se que em alguns períodos, o ponto 2 apresentou uma maior densidade que o ponto 1 como em julho de 99, março, maio e junho de 2000.

Na figura 8-se a densidade absoluta de ovos de helmintos em 5L e por ponto de amostragem.

Figura 8 - Densidade absoluta dos ovos de helmintos/L nos três pontos de amostragem da ETE Barueri – São Paulo, julho de 1999 a julho de 2000.

A densidade de ovos de helmintos em 5L está abaixo representada na Figura 9 em valores mínimo, mediano e máximo.

Figura 9 – Valores mínimo, mediano e máximo da densidade dos ovos de helmintos/L em cada ponto de amostragem da ETE Barueri – São Paulo, julho de 1999 a julho de 2000.

A seguir, na Figura 10 são apresentadas as médias aritméticas da densidade de ovos de helmintos/L, no período de estudo e para cada ponto de amostragem.

Figura 10 – Médias das densidades dos ovos de helmintos em 5L em cada ponto de amostragem da ETE Barueri – São Paulo, julho de 1999 - julho de 2000.

AYRES e cols (1992) relatam que as águas residuárias sem tratamento apresentam, freqüentemente, uma densidade elevada de ovos de nematóides intestinais humanos, e observaram que em Calcutá (Índia) esse número apresentou uma variação de 200 a 2130 ovos por litro; no Marrocos essa variação foi de 18 a 840 ovos por litro, enquanto que no Nordeste do Brasil essa densidade foi de 38 a 840 ovos por litro. GASI (1991), em um estudo para verificar a remoção de microrganismos em reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manto de lodo, alimentado com esgotos domésticos, observou que no caso de parasitas, houve uma predominância das formas helmínticas, com os valores variando entre zero e 18 ovos por litro no afluente do reator e zero a 3 ovos por litro no esgoto tratado.

No presente estudo verificou-se que a variação foi de 45,4 ovos em 5L no ponto 1, efluente coletado após a caixa de areia, sendo aqui considerado como água residuária sem tratamento, para 8,4 ovos em 5L no ponto 3. O valor mínimo, mediano e máximo no ponto 1 foi , respectivamente, 1,2; 3,0 e 9,2 ovos em 5L, enquanto a densidade média foi de 3,0 ovos em 5L. No ponto 2, amostrado após decantador primário, a densidade absoluta encontrada foi de 30,6 ovos em 5L, os valores mínimo, mediano e máximo foram, respectivamente, 0,8; 3,4 e 4,6 ovos em 5L, a média foi de 2,5 ovos em 5L. No efluente final, representado pelo ponto 3, amostrado após decantador secundário e canal de saída do efluente tratado, os valores mínimo, mediano e máximo foram, respectivamente, 0,4; 0,9 e 1,4 ovos em 5L, e o valor médio foi de 0,7 ovos em 5L.

A densidade de ovos no efluente final demonstra por si só, que para o reuso dessas águas no meio urbano, há necessidade de minimizar os riscos potenciais à saúde humana e animal.

O valor da densidade mínima no efluente final de 2 ovos em 1L não atende aos critérios estabelecidos pelas diretrizes da OMS (1989). Ao longo do estudo, verificou-se que a vazão média foi de $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$, isso significa que estão passando pelo sistema, juntamente ao efluente final, cerca de $5,5 \times 10^6$ ovos/segundo, ou seja, $4,7 \times 10^{11}$ ovos/dia.

7.2.2. Densidade Absoluta e Frequência dos Indicadores Parasitológicos

Os resultados na tabela 6 representam a densidade absoluta e a frequência dos ovos de helmintos mais representativos no período de estudo.

Tabela 6 - Densidade absoluta (N/ml) e frequência (%) dos ovos de helmintos mais representativos no período de amostragem na ETE Barueri - Sabesp / SP, julho de 1999 a julho de 2000.

	PONTO 01		PONTO 02		PONTO 03	
	N	%	N	%	N	%
<i>Ascaris sp</i>	101	49,5	50	37,9	8	19,5
<i>Enterobius vermiculares</i>	56	27,5	48	36,4	10	24,4
<i>Hymenolepis sp</i>	20	9,8	15	11,4	12	29,3
<i>Strongyloides sp</i>	27	13,2	19	14,4	11	26,8

Observa-se a diminuição de ovos de helmintos no efluente final, mas o aumento da frequência dos ovos de *Hymenolepis* e *Strongyloides* no efluente final. Mas em nenhum momento houve uma remoção total dos indicadores parasitológicos.

CRAIG e FAUST (1970) encontraram cerca de 200 ovos por litro de *Ascaris*, 25 ovos por litro de *Ancylostoma* e 6 ovos por litro de *Trichuris*. LEIBMAN (1965) detectou cerca de 62 ovos de helmintos por litro, 1000 ovos de *Ascaris* na Índia. Nas águas residuárias das Lagoas de San Juan na cidade de Lima (Perú) foram detectados em média 22 ovos por litro (CEPIS, 1991).

7.2.3. Frequência Relativa do Indicadores Parasitológicos

Na Figura 11 são apresentados os valores da frequência relativa de cada indicador parasitológico, demonstrando a representatividade em cada ponto de amostragem.

Figura 11 – Representatividade dos ovos de helmintos mais freqüentes nos pontos de amostragem – ETE Barueri -São Paulo, julho de 1999 a julho de 2000.

Observa-se no gráfico acima que há uma diminuição de *Ascaris* por ponto, com *Enterobius* ocorre um aumento no ponto 2 para depois sofrer uma diminuição, mas o processo é inverso para os ovos de *Hymenolepis sp* e *Strongyloides sp*. O aumento desses parasitas pode estar relacionado com uma melhor clarificação do efluente final. Verifica-se com isso que, o processo não promove a remoção de *Ascaris*, e nem de outros como *Hymenolepis* e *Strongyloides* que não estão descritos

como possíveis indicadores nas diretrizes da OMS, mas que são causadoras de parasitoses intestinais, e pode ser atribuído o risco potencial no uso dessas águas sem o adequado tratamento. No entanto a MARA (1990), ressalta que em casos concretos, essas diretrizes devem ser modificadas de acordo com os fatores epidemiológicos, socioculturais e hidrogeológicos locais.

Dada a relação de indicadores parasitológicos encontrados, no caso do reuso, os fatores epidemiológicos locais podem requerer normas mais restritivas, principalmente, nas áreas públicas MARA (1990).

Nas próximas Figuras (12 a 15) estão os dados da densidade numérica de cada indicador parasitológico, sendo comparados nos pontos de amostragem.

Figura 12 - Comparação da densidade dos ovos de *Ascaris*/L nos três pontos de amostragem da ETE Barueri - São Paulo (julho de 1999 a julho de 2000).

Figura 13 – Comparação da densidade dos ovos de *Enterobius*/L nos três pontos de amostragem da ETE Barueri - São Paulo (julho de 1999 a julho de 2000).

Figura 14 – Comparação densidade dos ovos de *Hymenolepis* /L nos três pontos de amostragem da ETE Barueri - São Paulo (julho de 1999 a julho de 2000).

Figura 15 – Comparação da densidade dos ovos de *Strongyloides*/L nos três pontos de amostragem da ETE Barueri - São Paulo (julho de 1999 a julho de 2000).

Os gráficos acima demonstram a redução no tempo dos ovos de *Ascaris* e *Enterobius*, contrapondo-se ao observado com os ovos de *Hymenolepis* e *Strongyloides*.

7.3. Discussão dos Aspectos Ecológicos

As águas residuárias podem ser consideradas como nicho artificial na transmissão dos agentes parasitários encontrados ao longo do período de estudo, uma vez que os ovos de *Ascaris*, *Enterobius*, *Hymenolepis* e *Strongyloides* sobrevivem em condições extremas de poluição hídrica. Além disso, tais parasitas possuem uma distribuição geográfica cosmopolita, acompanhando o homem e outros possíveis

hospedeiros, em todos os locais de temperatura suficiente para assegurar a evolução desses parasitas. Alia-se a esse fator, a insalubridade ambiental (PÊSSOA, 1982).

Há uma variação no ciclo biológico dos indicadores parasitológicos. Cada parasito apresenta um mecanismo próprio para alcançar o hospedeiro para dar continuidade ao seu ciclo biológico (PÊSSOA, 1982).

As helmintoses podem ser divididas em: geo-helmintoses, determinadas por agentes que se desenvolvem sem hospedeiro intermediário; e bio-helmintoses, que necessitam, para completar o ciclo evolutivo, de um ou mais hospedeiros.

As geo-helmintoses, ovos e algumas larvas, dependem do meio ambiente para o desenvolvimento. Desse modo, ovos maduros de *Ascaris lumbricoides* são ingeridos pelo homem; ou no caso de *Ancylostoma duodenale* ocorre penetração ativa através da pele de larvas, que evoluíram até o estágio infectante. Esses geo-helmintos dependem de condições ambientais propícias, principalmente, o micro-clima do solo.

Os bio-helmintoses estão divididos em dois grupos, sendo o primeiro aquele cujos agentes mudam necessariamente de hospedeiros e; o segundo grupo, uma exceção, possuem um único hospedeiro como é caso de *Hymenolepis nana*.

Segundo WHITFIELD (1993) os helmintos são muito diversos em sua estrutura, fisiologia e manutenção, essa diversidade resulta em parte de sua ampla origem taxonômica, e parte por múltiplas adaptações por um, ou dois ou mais ciclos de vida do hospedeiro. Os helmintos utilizam vários diferentes modos de ciclos de vida e alguns como os nematóides *Strongyloides stercoralis* e o céstodo *Hymenolepis nana* podem utilizar mais de um modo, podendo apresentar mais de um hospedeiro,

sendo esse modo indireto do ciclo de vida; e utilizar um único hospedeiro, sendo considerado ciclo de vida direto.

Segundo MULLER (1994) cerca de 20 espécies são parasitas naturais do homem, mas muitas outras espécies causam zoonoses. Implicando, nesse contexto, o risco do ser humano tornar-se um hospedeiro acidental de uma espécie, que era comum somente em animais.

A densidade numérica dos ovos de helmintos no efluente final apresentou uma variação, sendo o valor médio de 1 a 6 ovos por mililitro, e verificou-se que a frequência relativa foi de 19% para *Ascaris*, 24% para *Enterobius*, 29% para *Hymenolepis* e 26% para *Strongyloides*.

A presença constante de *Ascaris*, *Enterobius*, *Hymenolepis* e *Strongyloides* no efluente final, embora com uma concentração maior dos últimos dois parasitas demonstra um ambiente favorável a evolução, com temperaturas e 20 à 25° C, próprias de países tropicais.

Quando se estuda um parasito isoladamente, geralmente, não são levados em consideração suas relações com o meio ambiente, com outros organismos da mesma espécie e com os demais. Contrapõem-se nos estudos ambientais, nos quais isolam do meio várias espécies de parasitos humanos, além dos da fauna natural do ambiente, sendo levados em conta os fatores com temperatura, pH, umidade, sazonalidade, poluição e a resistência ao estresse ambiental. Entretanto, em tais estudos é difícil estabelecer a especificidade parasitária, propagação do parasitismo, distribuição geográfica, prevalência, métodos de controle e erradicação do parasitismo (REY, 1991).

Outro fator importante é o tempo de sobrevivência de cada parasita encontrado no ambiente, sendo encontrado o valor máximo de sete anos para os ovos de *Ascaris* em solo arenoso e em local árido (CROSS, 1985). Diferindo do exposto por REY (1991), sendo esse ambiente desfavorável, em zonas áridas e semi-áridas, para os cistos de protozoários, ovos e larvas de helmintos parasitos, mostram-se geralmente sensíveis à dessecação, por isso essas formas parasitárias incidem pouco nessas áreas. Segundo esse mesmo autor, a umidade, a luz e a temperatura constituem importante fator limitante, sendo que o teor de umidade do meio pode modificar os efeitos da temperatura sobre os organismos.

As águas residuárias da ETE Barueri – São Paulo (SP) são consideradas como um ambiente insalubre, mas no qual as formas parasitárias conseguem sobreviver, tornando-se um meio de propagação para diversos outros ambientes como a contaminação de águas de abastecimento em reservatórios através da drenagem pluvial, infiltração, percolação. Os parasitos encontrados são tolerantes à poluição orgânica.

De acordo com REY (1991), são requisitos ecológicos do parasitismo circunstâncias como os hospedeiros ocuparem o mesmo biótipo onde ocorrem as formas infectantes e os vetores do parasito. Se não há um encontro adequado no espaço e no tempo, não ocorrerá a transmissão, sendo que um número suficiente de chances deve ser oferecido ao contato infectante. Tais chances aumentam com a densidade de indivíduos susceptíveis ao parasitismo e com a abundância de formas infectantes do parasito (cisto, ovo, larvas) ou de animais transmissores infectados em determinada área.

A insalubridade do ambiente garante a chance dos hospedeiros continuarem expostos através do reuso direto das águas residuárias, e indiretamente pela contaminação de alimentos ingeridos na forma crua como verduras.

7.4. Indicadores Parasitológicos e Endemicidade

Apesar dos diferentes ciclos biológicos de cada indicador parasitológico, as condições ambientais com temperaturas entre 25 e 30° C, umidade propiciam o desenvolvimento e manutenção dos estágios evolutivos dos parasitas intestinais. Alia-se a ausência de saneamento e de práticas de higiene que favorecem a dispersão desses agentes no ambiente, assegurando a continuidade da relação parasita – hospedeiro (WHO, 1991; HELLER, 2000).

As intervenções, em abastecimento de água e em esgotamento sanitário, são necessárias, mas não impedem a transmissão dos agentes infecciosos e parasitários, uma vez que a insalubridade ambiental é constante e resultante do modo de vida dos habitantes e das condições climáticas que favorecem o ciclo evolutivo dos indicadores encontrados no efluente final (BRISCOE, 1987; CZERESNIA, 1997).

A presença dos indicadores parasitológicos no efluente final demonstra que embora existam os tratamentos de esgoto em nível secundário, esse não garante um efluente adequado ao reuso urbano e muito menos agrícola, demonstram ainda que a população humana e animal estão expostos permanentemente aos parasitas, pois os ambientes insalubres garantem a sobrevivência de todas as formas helmínticas e de outros agentes como vírus da Hepatite A, cistos de *Giardia*, oocistos de *Cryptosporidium*. MUSCILLO e cols (1997), em uma estação de tratamento de

esgotos próxima à cidade de Pisa (Itália), verificaram que os aerossóis produzidos no processo constituíam um risco à saúde, uma vez que conseguiram isolar Poliovirus das amostras, indicando a necessidade de métodos mais efetivos na detecção de outros agentes, e controle do efluente ao ser aplicado na irrigação de culturas vegetais, utilizadas para alimento humano.

Os ovos de helmintos sobrevivem no máximo sete anos no solo e cinco semanas em plantas, no caso isso foi observado para os ovos de *Ascaris*; para os ovos de *Necator americanus* foi verificado que podem sobreviver em águas residuárias por 18 dias, no solo arenoso por 10 dias e no solo por 42 dias; e *Taenia saginata* sobrevive mais de 16 dias nas águas residuárias e cerca de 210 dias no solo arenoso (KOWAL, 1985; ROWE e col, 1995).

Quanto aos estudos de viabilidade, esses foram desenvolvidos, na grande maioria, utilizando os ovos de *Ascaris* como modelo para os demais gêneros e para observar o desenvolvimento da larva no interior do ovo no emprego de biossólidos na agricultura, ou em estudos sobre eficiência de processos de desinfecção (CROSS, 1985; KAGEI e col, 1986; GASPARD e SCHWARTZBROD, 1995; CAPIZZI e SCHWARTZBROD, 1999).

Nas diretrizes da OMS (1989) ressalta - se a necessidade de avaliar a existência de ovos viáveis de helmintos nas amostras de efluentes tratados para o reuso agrícola. No entanto, são indicados os testes de viabilidade para os ovos de *Ascaris sp*, *Trichuris sp* e ancilostomas.

Ao longo do atual estudo, pode-se verificar através da distribuição temporal que os ovos de *Ascaris sp*, *Enterobius vermiculares*, *Hymenolepis sp* e *Strongyloides*

sp apresentam-se como indicadores parasitológicos e, portanto, representando risco potencial à saúde humana. Mesmo não sendo utilizado nenhum processo de desinfecção no efluente final na ETE - Barueri, procurou-se analisar a estrutura morfológica dos ovos de helmintos para viabilidade, segundo KAGEI e col (1986). O autor utiliza os ovos de *Ascaris sp* como indicador sanitário no monitoramento de efluentes, lodos e biossólidos e avalia as estruturas dos ovos como envoltório, camada de albumina e divisão celular. O emprego desse teste deve-se ao fato de não depender de equipamentos e corantes vitais, entretanto exige preparo e experiência para analisar as estruturas morfológicas em cada ovo de helminto encontrado. Entretanto, os ovos de parasitas intestinais humanos são bem definidos, exigindo atenção na identificação de amostras ambientais.

Pôde-se verificar a presença de ovos fertilizados de *Ascaris sp* com uma larva no interior com camada de albumina, demonstrando a possibilidade do ovo ser viável em algumas amostras, embora a análise morfológica tenha ocorrido em todas as amostras de todos os pontos. De acordo com NEVES (1995), em condições ambientais favoráveis, os ovos tornam-se embrionados em 15 dias. A primeira larva (L1), é rabditóide e se forma no interior do ovo; uma semana depois essa larva se transforma em L2, após nova muda transforma-se em L3, sendo esta a forma infectante, permanecendo assim por vários meses no solo até ser ingerido pelo hospedeiro.

A necessidade dos testes atuais “in vitro” para detectar a viabilidade para ovos de *Enterobius vermiculares* torna-se difícil, embora os ovos sejam eliminados já na forma embrionada e, em poucas horas se tornam infectantes (NEVES, 1995).

Houve dificuldade de detectar a viabilidade dos ovos de *Enterobius*, *Hymenolepis* e *Strongyloides*, diferindo dos ovos de *Ascaris*, que já possuem diversas pesquisas, demonstrando a evolução do ovo infértil para o ovo com larva.

GOULART (1984) em um estudo de avaliação da eficiência de tratamento de esgoto da estação da Ilha do Governador – Rio de Janeiro, procura observar as formas infectantes e infestantes de enteroparasitas. Para avaliar a viabilidade dos ovos, foi empregada uma solução de eosina diluída em solução fisiológica à 1% e observado o desenvolvimento da larva no interior do ovo de *Ascaris*.

Um método muito eficiente para detectar a viabilidade de ovos de *Ascaris* é o proposto por YANKO (1988), sendo a única desvantagem o tempo de cerca de quatro semanas para o ovo se desenvolver em uma incubadora à 26° C, nessa técnica é empregada uma solução de 0.1N de ácido sulfúrico.

HORÁK (1994), depois de isolar os ovos através de centrifugação e solução de nitrato de sódio com densidade de 1,38 g/ml, deixa-os em placa de Petri com solução salina contendo 0,8% de formaldeído por um período de oito semanas. Um outro método empregado, pelo mesmo autor, é o uso de corante vital como azul de metileno diluído 1:10.000 e DAPI (4,6 – diamidino – 2-phenylindole) diluído 1:100.000 para observar a viabilidade.

O reuso dessas águas residuárias tratadas após processo de lodos ativados representa um risco potencial à saúde humana devido à presença de apenas um único ovo viável. Uma vez que a eficiência de remoção dos indicadores foi abaixo dos padrões de 99% recomendados pela OMS (1989), sendo 92% *Ascaris*, 82% *Enterobius*, 40% *Hymenolepis*, 59% *Strongyloides*.

Para a ocorrência do risco real são necessários alguns elementos como: 1. dose infectante do agente presente nos dejetos que chegam ao tratamento ou até que o agente se multiplique até produzir uma dose infectante; 2. a dose infectante chegue ao hospedeiro humano; 3. que o hospedeiro humano se infecte; 4. que a infecção cause enfermidade ou seja transmitida novamente. O risco é considerado potencial, quando não há a ocorrência do último elemento (MARA e CAIRNCROSS, 1990).

Para o risco sanitário, a interação entre os agentes e os hospedeiros é necessária, bem como as propriedades de cada um, e dentre as etapas necessárias estão: 1. a carga excretada com o período de latência, multiplicação, persistência e a sobrevivência ao tratamento; 2. dose infectante aplicada a água ou ao solo com persistência, se há hospedeiro intermediário, tipo de uso da água, tipo de exposição humana; 3. dose infectante que chega ao hospedeiro humano depende do comportamento e da imunidade humana; 4. risco de infecção e enfermidade depende das vias de transmissão; e 5. a importância para a saúde pública do uso dessas águas residuárias.

De acordo com a classificação ambiental de FEACHEM e cols (1983), os helmintos intestinais encontrados estão na categoria feco-oral, podendo ser transmitidos pela água e falta de higiene. Assim, *Enterobius* e *Hymenolepis* estão na categoria de doenças feco-orais não bacterianas, possuem baixa dose de infecção e não apresentam período de latência; *Ascaris* possui período de latência, são persistentes e resistentes, não possuem hospedeiro intermediário e as vias de transmissão são jardins, campos e culturas agrícolas.

Os ovos mais freqüentes e, portanto, os indicadores parasitológicos como *Ascaris*, *Enterobius*, *Hymenolepis* e *Strongyloides* são descritos abaixo quanto as características epidemiológicas.

Ascaris

Ascaridíase é a doença produzida pelo *Ascaris lumbricoides*, é a mais comum infecção helmíntica do mundo, estimando-se sua prevalência em cerca de 1 bilhão de pessoas. Conhecida desde a antiguidade, parasita indivíduos de todos os países, todos os sexos e todas as idades.

As fêmeas produzem grande quantidade de ovos, cerca de 200.000 por dia, que são expulsos junto às fezes e ainda não embrionados. Em condições ótimas de temperatura (25 - 30° C) e umidade mínima de 70%, no interior do ovo desenvolve-se uma primeira larva rabditóide, que em uma semana depois, sofre muda e transforma-se em uma larva rabditóide, que é uma larva infectante, mantendo-se nesse estágio até serem ingeridos pelo hospedeiro. Os ovos de *Ascaris* são resistentes às condições do meio externo, e quando o ambiente é favorável, podem persistir por seis a sete anos.

No Brasil, dados de 1968, do Departamento Nacional de Endemias Rurais (DENERu), mostraram que, de cerca de 2.500.000 exames de fezes realizados em todo território nacional, 63% eram positivos para ovos de *Ascaris lumbricoides*. Do ponto epidemiológico trata-se de um helminto bastante frequente em áreas tropicais, atingindo cerca de 70 a 90% de crianças de 1 a 10 anos. Como mencionado anteriormente, os principais fatores que auxiliam a alta prevalência são temperatura média anual elevada, umidade elevada, viabilidade do ovo infectante por muitos

meses, grande produção de ovos por fêmeas, dispersão através de chuvas e ventos por poerias, grande concentração de ovos no peridomicílio em decorrência de maus hábitos de higiene.

A epidemiologia da ascaridiose deve ser entendida com amplo conceito das geohelmintíases, isto é, helmintos que necessitam de tempo de maturação de ovos ou larvas no solo, assim como *Ancylostoma duodenale* e *Strongyloides stercoralis*. O círculo vicioso pobreza - doença faz prevalecer essa enfermidade, sendo este um reflexo do baixo padrão de vida, escassez do poder aquisitivo de grandes parcelas das populações da América Latina, o que não seria diferente para a cidade de São Paulo, mesmo com abastecimento de água apropriado, fortalecido pela má nutrição, debilidade física e psíquica, à falta de recursos para atenção primária e à precária proteção e promoção da saúde.

USACHEVA (cit. ROSÁRIO, 1997) encontrou ovos de *Ascaris lumbricoides* tanto em água como em sedimento nos rios da antiga União Soviética, as amostras positivas eram todas do período de enchentes. CAPIZZI e SCHWARTZBROD (1998) observaram uma ampla variação de parasitas intestinais durante as “chuvas pesadas” e, uma diminuição no período de “chuvas moderadas”, sendo *Ascaris* um dos parasitas encontrados nas amostras.

ROSÁRIO (1997) relata que, indivíduos parasitados por *Ascaris lumbricoides*, pode-se encontrar até 300.000 ovos/grama de excretas. Nos países em desenvolvimento, devem-se esperar concentrações elevadas desse parasita no esgoto, assim em Calcutá (Índia) foram quantificados de 200 a 2130 ovos/litro. BRADLEY e HADIDY (1981) estimaram cerca de 1000 a 8000 ovos/litro, a rede de esgoto cobria

somente 42% população e, determinou que cada indivíduo contribuía com 800.000 ovos/dia.

A densidade absoluta de *Ascaris* no efluente final ou ponto 3 é de 8 ovos/ml, no ponto 2 é de 50 e no ponto 1, considerado como efluente sem tratamento, é de 101 ovos/ml.

Enterobius

A enterobíase é a parasitose intestinal determinada pelo *Enterobius vermiculares* ou *Oxyuris vermiculares*. É uma helmintíase muito comum na Europa e América do Norte, infectando cerca de 42 milhões de norteamericanos (BINA, 1991).

As fêmeas produzem cerca de 11000 ovos e o tempo de ingestão ou inalação do ovo e amadurecimento é de 30 a 50 dias, sendo os ovos eliminados na forma viável.

Trata-se de um helminto cosmopolita, sendo comum em crianças, principalmente em creches e escolas.

A forma de transmissão pode ser direta ou indireta, no caso a de maior interesse para saúde ambiental, relacionada à veiculação através da contaminação de alimentos, água e poeira (BINA, 1991).

Esses helmintos foram encontrados em todos os pontos de amostragem e, também podem ser como possíveis indicadores. Na tabela 5 estão os valores da densidade absoluta, sendo 58 ovos/ml no ponto 01, 46 ovos/ml no ponto 02 e 10

ovos/ml no ponto 03. Nesse dois últimos pontos, dada a maior incidência nas amostras, mostrou-se ser o indicador parasitológico.

O risco à saúde através do reuso das águas residuárias decorre do fato de ser um helminto que é lançado ao ambiente já na forma infectiva, ou seja, apto a infectar um novo hospedeiro.

De acordo com ROSÁRIO (1997), os ovos de *Enterobius* forma encontrados nos esgotos da Alemanha por Kalbe (1916), na Índia por Lakshminarayana e Abdulappa (1969), na União Soviética por Vassilkova (1936).

Hymenolepis

Os ovos de *Hymenolepis sp* são abundantes nos dejetos de pessoas parasitadas, sendo que o embrião, uma oncosfera típica, apresenta-se completamente formado quando os ovos são expulsos. Geralmente, o ciclo é monoxeno, com transmissão de homem a homem, sendo freqüentemente parasitado por uma pequena tênia, *Hymenolepis nana*. Os ovos sobrevivem no ambiente poucos dias, mas a prevalência da himenolepiase é maior em populações densas de áreas urbanas e em coletividades como asilos, creches, orfanatos e escolas. Os principais fatores de transmissão são a promiscuidade e maus hábitos higiênicos (REY, 1991). Em algumas amostras efetuou-se a distinção entre *Hymenolepis nana* e *H. diminuta*, e provavelmente na forma viável, devido a ausência de processos de desinfecção já anteriormente mencionado. Quanto a *H. diminuta*, conhecida como tênia de rato, esse cestóide apresenta distribuição cosmopolita, infestando ratos e camundongos com muita freqüência. Os ovos são maiores que os de *H. nana*, e a diferença é que não

possuem filamentos dispostos entre a casca interna e externa. Os ovos resistem à dessecação e podem sobreviver um mês na água. O parasitismo humano por *H. diminuta* é raro, mas em condições extremamente favoráveis para transmissão, com elevada densidade de ratos, como foi observado em regiões da Índia, sendo que a prevalência pode chegar a 6% na população humana.

PANICKER e KRISHNAMOORTHY (1981) em um sistema de valos de oxidação, semelhante ao processo de lodos ativados, conseguiram isolar ovos de *Hymenolepis nana*.

Foram mais freqüentes no efluente final do que nos outros pontos, talvez esteja relacionado pelo efluente apresentar menos sólidos em suspensão e por serem ovos mais leves do que *Ascaris*. De acordo com ROSÁRIO (1997) os ovos de *Hymenolepis nana* são sensíveis ao aquecimento e ao ressecamento.

Strongyloides

Os *Strongyloides* têm a particularidade de ser os únicos nematóides parasitos do homem capazes de realizar um duplo ciclo evolutivo. As fêmeas parasitas são partenogênicas e produzem larvas de vida livre, como machos e fêmeas, no meio externo. Geralmente, vivem no solo ou na água. Essa é uma parasitose de distribuição mundial, principalmente nas regiões tropicais úmidas, tendo ocorrência desde o Canadá até a Argentina e Chile. Principalmente, devido à falta de inquéritos coprológicos, é uma verminose com dados estatísticos insuficientes, fragmentados e dificilmente comparáveis. Na maioria dos inquéritos, a prevalência fica abaixo de 10% de positividade.

A contaminação do solo resulta da precariedade das instalações sanitárias, deficiência de hábitos de higiene com lançamento dos dejetos no solo e, também, pelo uso de excrementos humanos com adubo. Entretanto, alguns fatores são importantes para a sobrevivência das larvas de *Strongyloides stercoralis* no solo como: solo poroso, rico em matéria orgânica e conter certo grau de umidade; as temperaturas favoráveis estão entre 25 à 30° C, tanto o ciclo direto como o indireto podem realizar-se até 37° C; o clima tem marcada influência sobre a prevalência da estrongiloidíase. Em um estudo comparativo entre diferentes regiões do Brasil demonstrou que, em clima semi-árido, a positividade é baixa tanto nas classes pobres com 3% como entre as com nível social elevado com 2,2%; já em regiões com clima tropical de altitude, com chuvas de verão, esses percentuais representam 37,7% nas classes pobres e 2,5% com nível social elevado.

Existem cerca de 38 espécies do gênero *Strongyloides* que parasitam principalmente mamíferos, e não se distingue morfologicamente a espécie que parasita o homem das que aparecem em muitos vertebrados. *S. stercoralis*, ou espécies morfologicamente semelhantes, ocorrem também no cão, no gato, na raposa, no quati, no gibão, no chimpanzé e no orangotango. O reconhecimento de variedades geográficas e de linhagens diferentes do parasito humano foi estabelecido com base no poder infectante que elas manifestam por vários animais, bem como a patogenicidade.

A evolução desses helmintos no ambiente externo parecem depender de um número de fatores que atuam sobre as fêmeas partogenéticas, entre os quais estão a

idade dos parasitos, a duração da infecção, a carga parasitária, a resposta imunológica do hospedeiro e as condições ambientais.

Por razões ainda desconhecidas, algumas larvas rabditóides de primeiro estágio, produzidas por fêmeas de vida livre ou por fêmeas parasitas, passam a evoluir para um tipo diferente de larva, denominada larva filarióide. Essas larvas são muito ativas e podem permanecer no solo por vários dias, mas só completam sua evolução se encontrarem um hospedeiro adequado e nele penetrarem. Em condições favoráveis as larvas de *S. stercoralis* permanecem vivas durante cinco semanas.

O habitat das fêmeas filarióides é a mucosa intestinal, particularmente do duodeno e jejuno, onde perfuram o epitélio e alojam-se na espessura da mucosa, onde se movem, se alimentam e depositam os ovos já embrionados. Desses saem imediatamente larvas rabditóides e são expulsos juntamente com os dejetos do indivíduo parasitado.

A presença de ovos de *Strongyloides*, sem dúvida alguma, pode estar indicando que o reuso dessas águas residuárias implica um certo risco à saúde. Mas, devido a complexidade do ciclo biológico desse gênero e a quantidade de espécies, seria importante analisar o perfil molecular para diferencia-lo. Nas Lagoas de San Juan foram isolados ovos de *Strongyloides* no esgoto bruto (CEPIS, 2000).

De acordo com ROSÁRIO (1997), os ovos de *Strongyloides stercoralis* não são encontrados no meio ambiente, e os que podem ser encontrados são de *Strongyloides fuelleborni*. A existência de 38 espécies morfológicamente semelhantes, sem dúvida, dificulta a identificação, sendo necessário talvez o

emprego de técnica para detectar o perfil molecular das diferentes espécies de mamíferos.

Os ovos de helmintos identificados e com baixa frequência são, também, descritos quanto aos aspectos epidemiológicos.

Segundo ROSÁRIO (1997), os ovos de *Taenia sp* foram isolados de diversos ambientes como águas marinhas próximas aos despejos de esgotos, de praias costeiras e praias de rios na antiga União Soviética. Esses não foram determinados nas amostras do efluente final, provavelmente, foram removidos nos decantadores, primário e secundário, do processo de lodos ativados da ETE Barueri – São Paulo (SP).

Na identificação dos ovos de helmintos foram encontradas formas semelhantes de *Clonorchis*, *Diphyllbothrium*, *Meloydogyne* e *Paragonius*, embora na literatura tais parasitas ainda não são encontrados na população brasileira e em nosso ambiente. No entanto, a pesquisa atual procura evidenciar parasitas intestinais, mais especificamente helmintos, em amostras ambientais, diferindo das análises coprológicas de indivíduos portadores de enteroparasitas intestinais. A diversidade ambiental é bem maior e bem mais distinta do que a diversidade coprológica, além de poder ocorrer adaptação de um parasita humano na fauna urbana e natural e vice-versa.

De acordo com BATISTA e cols (2001), a clonorquíase é uma enfermidade parasitária causada pelo trematódeo *Clonorchis sinensis*, prevalente nos países asiáticos, acometendo milhões de pessoas na China, Japão, Vietnã e Coreia, devido principalmente ao consumo de carne de peixe crua. Trata-se de uma parasita não

ocorrente em nosso meio, mas o hábito de consumir peixe cru já é bem disseminado no Brasil, e pode ter sido introduzido por esse novo padrão alimentar, principalmente na RMSP, nos restaurantes japoneses. Esse parasita se aloja em diferentes espécies de peixes de água doce. A infecção humana ocorre pela ingestão de pescado inadequadamente cozido, ocorrendo o desencistamento de metacercárias no duodeno. (BATISTA, 2001).

Paragonimíase é uma enfermidade zoonótica, produzida pelo trematódeo *Paragonius*, que tem como hospedeiro natural final animais silvestres, mas em condições apropriadas pode infectar acidentalmente o homem e animais domésticos na ingestão de forma mal cozida ou crua. No Brasil, não são conhecidos casos autóctones, mas são encontrados na maior parte dos países da América Latina como México, Colômbia, Guatemala, Peru, Costa Rica e Equador (TRUJILLO e cols, 2001).

De acordo com HUGGINS e col (2001), a Difilobotriase é uma doença intestinal provocada por cestódeos do gênero *Diphyllbothrium*, encontrada em várias regiões do mundo, mas não descrita no Brasil. É parasito de diversos hospedeiros definitivos como o homem, o cão, o gato e outros. Importante é que os ovos são eliminados no meio e após 15 dias, eclode uma larva ciliada extremamente móvel denominada corácido. Esta larva é ingerida pelos microcrustáceos dos gêneros *Cyclops* e *Diaptomus*. A transmissão de *Diphyllbothrium* se dá pela ingestão de peixe cru ou mal cozido, e a ocorrência desses na América Latina, mais especificamente, na Argentina, Chile e Peru.

O meio ecológico de onde se procedem as infecções por *D. latum* é constituído por rios e lagos de água doce, onde as águas são ricas em peixes e crustáceos. Estima-se que o número total de portadores dessa teníase oscilava em torno de 9 milhões, sendo 5 milhões na Europa. A elevada prevalência é elevada em Países Bálticos, de onde o parasitismo estendeu-se a numerosas regiões com a mesma paisagem epidemiológica e onde só faltava a presença do parasito para completar o ecossistema responsável pela endemia. Um outro fator importante na endemicidade desse agente, a migração de pacientes portadores permitiu o estabelecimento de ciclos de transmissão local em outras áreas. As modificações artificiais do meio ecológico e, sobretudo, a construção de represas e lagos artificiais para a produção de energia hidrelétrica podem criar focos de difilobotríase como na região do Volga, na antiga União Soviética. Na região da Argentina e Chile, os focos foram criados através do povoamento artificial dos lagoas com peixes salmonídeos, provenientes do hemisfério norte (REY, 1991).

GASI (1991) relata a presença de *Diphyllobotrium latum* nas amostras de lodo de descarte do reator UASB, sendo o estudo realizado em ensaio, utilizando para isso esgoto doméstico proveniente da ETE Pinheiros – São Paulo (SP), atualmente desativada.

Quanto aos ovos possíveis de *Meloidogyne sp*, são nematóides parasitas de várias plantas, cujos ovos são freqüentemente encontrados nos dejetos humanos, mas podendo ser confundidos com os ovos de *Trichostrongylus*, de ancilostomídeos ou com ovos inférteis de *Ascaris*. Dentre os vegetais comestíveis parasitados por

Meloidogyne sp estão batatinha, cenoura, mandioca, batata-doce, cará, beterraba, mandioquinha, rabanete, aipo e outros (PÊSSOA, 1982).

7.5. Contaminação Ambiental

A contaminação de alimentos, através do reuso de águas residuárias sem tratamento, pode transmitir uma gama de agentes infecciosos e parasitários, pois o sistema de vigilância sanitário não tem controle de todos os alimentos vendidos em feiras e mercados. Trata-se de um modo de transmissão indireto e de difícil controle. Várias pesquisas tem sido realizadas como controle, através da vigilância sanitária, das enfermidades provocadas por bactérias, enterovírus e enteroparasitas.

Foram analisadas 365 amostras de verduras em 41 mercados da cidade de Lima (Peru), sendo observado que 69,04% estavam contaminadas por parasitas intestinais, os helmintos mais freqüentemente encontrados foram *Ascaris lumbricoides* com 30% e *Trichuris trichiura* com 3% (ESPARZA e MUÑOZ, 1990).

OLIVEIRA (1991), em um estudo sobre a ocorrência de enteroparasitas em hortaliças comercializadas na RMSP, verificou que os parasitas mais freqüentemente encontrados em uma variedade de vegetais foram ovos de ancilostomídeos, *Ascaris sp*, *Fasciola sp*, *Toxocara sp* e *Tricostrongilídeos*. Provavelmente, as hortaliças foram irrigadas com águas contaminadas com dejetos humanos e animais, constituindo um risco potencial na ingestão desses alimentos.

AMAHMID e cols (1999) conseguiram isolar cistos de *Giardia sp* e ovos de *Ascaris sp* de diversos produtos que são consumidos crus (nabo, abóbora, batata,

pimentão, berinjela, cenoura, menta, coentro) pela população de Marrakech; verificaram que nas áreas irrigadas com águas residuárias sem tratamento houve uma ampla variação no número de cistos e ovos por tipo de cultura, e que as que receberam irrigação de águas residuárias tratadas por lagoas de estabilização com tempo de detenção de 16 dias estavam livres desses agentes. Das culturas irrigadas com águas residuárias sem tratamento, foram determinados 5,1 cistos/Kg de batata, 254 cistos/Kg de coentro, 96 cistos/Kg menta, 155 cistos/Kg de cenoura; quanto aos ovos de *Ascaris sp.*, foram detectados 0,18 ovos/Kg de batata, 0,27 ovos/Kg de nabo, 2,7 ovos/Kg de cenoura, 4,63 ovos/Kg de menta.

MUNIZ (2000) demonstrou, na cidade de São Paulo, a relação entre parasitas intestinais e crescimento pondo-estatural na infância, nesse estudo foi observado que os parasitas mais frequentes foram *Giardia duodenalis* (5,8%), *Ascaris lumbricoides* (4,4%) e *Trichuris trichiura* (1,1%). As observações de SCHUTTE (1994) sobre as doenças parasitárias, nutrição, saúde/doença na África podem ser generalizadas para os países do chamado Terceiro Mundo ou Subdesenvolvidos e os em Desenvolvimento. Dentro da relação entre infecções helmínticas e nutrição estão algumas características como: ocorrência da infecção em áreas de maior prevalência de desnutrição; em todas as infecções existe uma forte associação positiva entre intensidade de infecção e severidade das formas clínicas; ocorrem alterações no epitélio intestinal, limitando a ação enzimática responsáveis pelo transporte de nutrientes e, juntamente com a presença de um grande número de vermes, prejudicando o apetite, a digestão e a absorção de nutrientes, como exemplo *Ascaris lumbricoides* interfere na digestão da lactose, o que pode levar a intolerância ao leite; e as helmintíases intestinais podem inibir o crescimento e a boa forma física de

crianças, retardando o seu crescimento antropométrico, o mesmo observado por MUNIZ (2000).

BUNDY (1994) estima que, no mundo, o número de infectados esteja em torno de 1,05 bilhões para os Ancilostomídeos; 1,3 bilhões para *Trichuris trichiura* e 1,5 bilhões para *Ascaris lumbricoides*.

Os ovos de helmintos encontrados tais como *Ascaris sp*, *Enterobius vermiculares*, *Hymenolepis sp* e *Strongyloides sp* não constituem objeto de notificação compulsória, bem como outras parasitoses intestinais, portanto não há uma coleta sistemática de dados parasitológicos, estando incorporados no grupo das doenças infecciosas e parasitárias (MELLO JORGE, 2000).

Segundo a Portaria 1100/96 do Ministério da Saúde do Brasil (MELLO JORGE, 2000), as enfermidades consideradas objeto de notificação compulsória em todo território nacional são: cólera, coqueluche, dengue, difteria, doença meningocócica e outras meningites, doença de Chagas (casos agudos), febre amarela, febre tifóide, hanseníase, leishmaniose tegumentar e visceral, oncocercose, peste, poliomielite, raiva humana, rubéola e síndrome da rubéola congênita, sarampo, sífilis congênita, síndrome de imunodeficiência adquirida, tétano, tuberculose, varíola, hepatites virais; em áreas específicas: esquistossomose (exceto nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte), filariose (exceto em Belém e Recife), Malária (exceto na região da Amazônia Legal).

Segundo RUPPEL (1998), a interação parasita – hospedeiro pode envolver estimulação e invasão dos mecanismos de defesa do hospedeiro. No caso dos ovos de helmintos, a presença é considerada um risco potencial dada baixa imunidade da

população, aos efeitos psicossociais provocados pela ambiente urbano insalubre com disposição de resíduos sólidos, córregos poluídos e contaminados, eventos ambientais que ameaçam, prejudicam ou desafiam o bem-estar do organismo (ELLIOTT, 1993).

A contaminação ambiental é o processo de transmissão de agente infeccioso no qual este, em virtude da capacidade de desenvolver formas de resistência, permanece por tempo prolongado no meio extra-orgânico e, assim, contaminando o ambiente (FORATTINI, 1982).

O conceito de contaminação tem um sentido bem restrito ao uso da água, ou seja, representa o lançamento de elementos que sejam diretamente nocivos à saúde do homem ou de animais e vegetais que consomem essa água, independentemente do fato de estes viverem ou não no ambiente aquático. Assim, a presença de seres patogênicos, de substâncias tóxicas, de elementos ionizantes ou radioativos está compreendida neste conceito (BRANCO, 1983).

A descoberta dos microrganismos, por Leewenhoek, Henle, Kock e Pasteur, muitos deles causadores de enfermidades, é que serviram de base para a elaboração de normas mais racionais de proteção e de qualidade da água potável. Doenças são originadas de microrganismos e estes não são próprios de ambiente aquático, mas são lançados pelas dejeções de indivíduos portadores dessas mesmas doenças. Todas as medidas de controle da qualidade da água passaram a basear-se na proteção dos corpos d' água contra a introdução de elementos tóxicos e de seres patogênicos. E como o veículo principal, de seres patogênicos, são os dejetos humanos, o seu controle passou a ser realizado através de medidas visando a caracterização e mensuração de

concentrações de matéria fecal na água. Dentre os parâmetros biológicos, os índices de coliformes constitui o mais precioso e sensível teste para revelar as características sanitárias da água (BRANCO, 1986).

Assim como o fitoplâncton, zooplâncton, organismos bentônicos servem de indicadores biológicos na avaliação ecológica das águas, o grupo de bactérias coliformes é empregado como indicador sanitário para avaliar o grau de contaminação fecal das águas, uma vez que, são bactérias entéricas não patogênicas presentes no trato intestinal do ser humano e de animais homeotermos (BRANCO, 1986).

O grupo de bactérias coliformes é empregado classicamente e universalmente no estabelecimento do padrão de qualidade da água e na determinação da presença ou ausência de agentes patogênicos na água. Entretanto, principalmente nos países de clima tropical, predizer que os risco de infecção através do uso de resíduos humanos, de animais ou de águas residuárias, baseado em dados de indicadores não patogênicos tem provado não ser muito confiável (CROSS, 1985).

As bactérias do grupo dos coliformes fecais apresentam um valor limitado no uso de dejetos na agricultura e aquacultura, onde a matéria fecal está no foco da atividade. Mas mesmo com as limitações no emprego e na interpretação das análises de coliformes fecais, os testes continuam sendo empregados devido a simplicidade e facilidade na rotina laboratorial (CROSS, 1985).

O interesse por novos indicadores patogênicos tem aumentado, bem como o desenvolvimento de técnicas para detecção de agentes com o propósito de diferenciar os efluentes de origem humana. Uma maior ênfase tem sido dada às bactérias e aos

vírus, devido às características coloidais deste último, pois podem permanecer adsorvidos nos sólidos em suspensão, além de serem resistentes no ambiente como é o caso do rotavírus, poliovírus e hepatite A (STRAUSS, 1985). Outros agentes têm levado ao desenvolvimento de técnicas para detecção de novos indicadores sanitários, principalmente nos casos em que águas residuárias contaminam as águas utilizadas para abastecimento público como nos Estados Unidos com epidemias de *Shigella*, *Campilobacter*, *Salmonella*, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum* e outros agentes transmitidos por água entre os anos de 1971 e 1992 (CRAUN, 1996).

A necessidade de novos indicadores sanitários, como os ovos de helmintos, deve ao fato de não existir relação entre a presença desses e a presença de coliformes fecais. No caso de águas residuárias tem sido necessário o uso de indicadores de patogenicidade como caso de bactérias, vírus e outros agentes (IRCWD, 1985).

NASSER (1994) detectou em águas residuárias e águas naturais a presença do vírus da Hepatite A, e esse apresentou persistência por meses em temperaturas baixas de 10° C e por um mês em ambiente com temperaturas entre 20 e 25° C. Entretanto, as técnicas de isolamento de vírus em água possuem custo elevado, diferindo do uso de ovos de helmintos, principalmente em águas residuárias de origem doméstica e para uso rotineiro no monitoramento e controle pelos serviços de saneamento.

Segundo STRAUSS (1985), os efluentes de lagoas de estabilização estão livres de ovos e larvas de helmintos intestinais bem como de protozoários. No caso do processo de lodos ativados, observa-se o risco potencial do reuso dessas águas no meio urbano devido à presença de ovos de *Ascaris sp*, *Enterobius vermiculares*, *Hymenolepis sp* e *Strongylodes sp* no efluente final, sendo adequado o emprego de

barreiras múltiplas para tratamento adequado do efluente (GELDREICH e CRAUN, 1996).

KAGEY e cols (1986) fazem uso dos ovos de *Ascaris sp* como indicadores sanitários no monitoramento de esgotos e biossólidos para emprego como fertilizantes agrícolas. No presente trabalho foram encontrados quatro possíveis indicadores sanitários, *Ascaris sp*, *Enterobius vermiculares*, *Hymenolepis sp* e *Strongylodes sp*.

O uso dos ovos de *Ascaris sp* como indicador advém do emprego de excretas na agricultura pelos países asiáticos, da sobrevivência dos ovos sob várias condições ambientais e por ser um agente parasitário endêmico na região, e de onde surgiram os primeiros estudos epidemiológicos sobre o risco de transmissão de parasitas através do uso de excretas como fertilizantes. A viabilidade dos ovos de *Ascaris sp* é observada através do número total de ovos e número de ovos com a larva no interior, sendo esse o estágio infectivo dos ovos, resultando na causa de infecção no hospedeiro (CROSS, 1985).

Os estudos parasitológicos sempre estiveram voltados para as doenças transmitidas por vetores como os mosquitos e caramujos, e pouco se faz no estudo ambiental de outros parasitas. O controle das doenças parasitárias tem sido inibido por uma variedade de fatores como ambiental, social, econômico e científico, principalmente nos países de clima tropical com altas temperaturas e elevado grau de umidade, favorecidos pelos ambientes antrópicos, rurais e urbanos, que facilitam a transmissão de parasitas, aliando-se a isso uma condição crucial para endemicidade parasitária que é a pobreza dos países em desenvolvimento (Mc ADAM, 1989).

7.6. Condições operacionais do processo de lodos ativados da ETE - Barueri

Nas tabelas 7 a 9, referentes aos pontos de amostragem da ETE, estão apresentados os dados da densidade numérica total de ovos de helmintos por ml (N) e as condições operacionais como pH, temperatura do ar (°C), temperatura da água (°C), vazão (V - m³/s), sólidos sedimentáveis (SS - mg/L), sólidos suspensos totais (SST - mg/L), demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), tempo de detenção (Td) e idade do lodo (IL) da ETE Barueri – São Paulo (SP). Esses dados foram submetidos aos testes estatísticos.

Tabela 7 - Dados das condições operacionais do ponto-1 - ETE Barueri - SP

	N	CF	CT	pH	Tar	Tag	V	SS	SST	DQO	DBO	Td	IL
Jul/99	6	8000000	23000000	7	23	19	4,17	5,16	235,2	516,2	267	5,11	8,4
Ago/99	22	0	0	7,5	18	20	4,13	4,36	245,1	527	277	5,25	9,5
Set/99	15	0	0	6	20	23	4,26	4,5	209,3	510,9	286	5,12	7,3
Out/99	15	2300000	50000000	7	22	24	4,4	0	241,8	540,4	298	5,81	7,4
Nov/99	15	8000000	30000000	7	20	24	4,58	2,5	202,4	521,1	0	5,93	11,1
Dez/99	10	8000000	28000000	6,5	24	26	5,06	0	220,1	539,4	234	5,84	9
Jan/00	22	0	0	7	20	26	8,46	0	198,2	349,7	0	5,68	9,4
Fev/00	46	50000000	80000000	6,5	26	26	8,63	0	170,3	343,6	0	6,01	0
Mar/00	14	0	0	7	26	25	7,37	2	177,8	403,8	220	6,04	0
Mai/00	11	17000000	22000000	7	22	23	6,29	3	188,8	435,8	195	6	0
Jun/00	8	5000000	0	7	21	20	5,32	3,75	180,2	429,8	238	7,42	10,2
Jul/00	43	11000000	70000000	7,5	22	23	4,09	3,25	233,5	598,7	212	9,68	8,87

Tabela 8 - Dados das condições operacionais do ponto 2 - ETE Barueri - SP

	N	pH	Tar	Tag	V	SS	SST	DQO	DBO	Td	IL
Jul/99	9	7	20	22	4,17	0,18	110,5	373,7	204	5,11	8,4
Ago/99	17	6,5	20	21	4,13	0,21	106,5	368,3	201	5,25	9,5
Set/99	4	6	20	23	4,26	0,1	100,5	374,8	211	5,12	7,3
Out/99	5	6,5	21	22	4,4	0	100,8	360,3	206	5,81	7,4
Nov/99	10	7	22	24	4,58	0,1	97,9	353,4	0	5,93	11,1
Dez/99	9	7,5	24	25	5,06	0,1	108,5	337	162	5,84	9
Jan/00	13	6,5	26	22	8,46	0,4	90,5	218,7	162	5,68	9,4
Fev/00	23	6	29	26	8,63	0,8	130,7	285,2	0	6,01	0
Mar/00	23	6,5	26	25	7,37	0	63	158	145	6,04	0
Mai/00	16	7	23	22	6,29	0,3	79,7	293,5	160	6	0
Jun/00	16	7	21	19	5,32	0,45	94,7	314	166	7,42	10,2
Jul/00	8	7	20	19	4,09	0,15	87,2	333,5	138	9,68	8,87

Tabela 9 - Dados das condições operacionais no ponto 3 - ETE Barueri - SP

	N	CF	CT	pH	Tar	Tagua	V	SS	SST	DQO	DBO	Td	IL
jul/99	1	40000	1100000	7	20	22	4,17	0,45	29,97	69,55	43	5,11	8,4
ago/99	0	0	0	6,5	18	20	4,13	0,13	17,33	52,65	48	5,25	9,5
set/99	6	0	0	6	21	24	4,26	0,51	20,13	58,05	37	5,12	7,3
out/99	2	700000	1400000	7	20	22	4,4	0,1	21,71	56,76	22	5,81	7,4
nov/99	6	80000	170000	7	20	24	4,58	0,1	20,58	62,07	0	5,93	11,1
dez/99	7	80000	300000	7	21	24	5,06	0,1	30,4	55,48	40	5,84	9
jan/00	0	0	0	7	20	26	8,46	0,1	22,82	43,23	59	5,68	9,4
fev/00	5	30000	50000	6	29	26	8,63	0,1	37,27	66,08	0	6,01	0
mar/00	4	0	0	6	25	26	7,37	0,1	22,8	52,52	42	6,04	0
mai/00	0	50000	300000	6	22	24	6,29	0,1	25,77	68	55	6	0
jun/00	3	17000	130000	6,5	20	23	5,32	3,05	37,91	94,56	71	7,42	10,2
jul/00	2	13000	170000	7	20	21	4,09	0,1	22,65	84,66	27	9,68	8,87

Os dados operacionais do processo de lodos ativados da ETE Barueri – São Paulo (SP) e a densidade absoluta dos ovos de helmintos foram distribuídos nas matrizes para cada ponto de amostragem, e submetidas ao teste estatístico não paramétrico para observar a existência de correlações positivas e negativas, em que $r_s \geq 0,50$ e com níveis de significância de $\alpha \leq 0,05$.

Foi obtida uma correlação positiva entre a densidade de ovos de helmintos e vazão (+0,60) e uma correlação negativa com DQO (- 0,65), apresentando, respectivamente, os níveis de significância de 0,04 e 0,03 no ponto- 2. Os valores de correlação entre a densidade numérica dos ovos de helmintos e os parâmetros físico-químicos e operacionais ao longo do tempo, com exceção do ponto- 2. Verificou-se a correlação negativa entre a densidade de ovos de helmintos e DBO (- 0,58) e com nível de significância de 0,05. Na tabela 8 estão os valores dos coeficientes de correlação de “Rank” de Spearman para os três pontos de amostragem.

Tabela 10 - Resultados dos coeficientes de correlação de Rank de Spearman – $r \geq 0,05$ e nível de significância - $\alpha \leq 0,05$.

Parâmetros	P – 1	P – 2	P – 3
	N	N	N
V	0.003* (12)** 0.80***	0.60 (12) 0.04	0.10 (12) 0.72
DQO	0.07 (12) 0.79	-0.65 (12) 0.03	0.02 (12) 0.93
DBO	-0.32 (12) 0.28	-0.47 (12) 0.16	-0.58 (12) 0.05

Observação: N – Densidade absoluta de ovos de helmintos; V – vazão; DQO – Demanda química de oxigênio; DBO – Demanda bioquímica de oxigênio.

* - valor da correlação (rs)

** - número da amostra

*** - o valor abaixo corresponde ao nível de significância (α).

AYRES e cols (1991), em uma pesquisa em lagoas de estabilização, não encontraram correlação entre o número de ovos no efluente e a concentração de sólidos em suspensão, sugerindo que os ovos de helmintos aparecem independentemente das condições operacionais do processo. Quanto ao grupo dos coliformes, sabe-se que a correlação não ocorre necessariamente com a presença de patógenos (FERGUSON e cols, 1996).

Segundo GASI (1991), nos estudos em reatores UASB, verificou que a variável que mais se relacionou às contagens de ovos de helmintos foi temperatura do reator, sendo o aumento da concentrações do efluente para temperaturas mais elevadas. A única forma de destruir patógenos em sistemas de tratamento de esgotos com baixo tempo de residência é através da elevação da temperatura na faixa de 55 a 65° C (FEACHEM, 1983).

GASI (1991) obteve a correlação entre os ovos de helmintos e concentração de sólidos no efluente, observou que quando o reator apresentava maior eficiência de remoção de sólidos em suspensão, havia uma maior concentração de ovos no lodo de descarte e no contido no digestor. Assim, os decantadores primários das ETEs devem ser bem projetados para permitir uma eficiente remoção de parasitos. A sedimentação afeta mais intensamente a remoção de ovos de *Ascaris* do que de ancilostomídeos e tenias, que possuem velocidades de sedimentação menores e, provavelmente, ocorreu o mesmo com os ovos de *Hymenolepis* e *Strongyloides*, no efluente final da ETE Barueri – São Paulo (SP).

A densidade numérica dos ovos de helmintos, ao longo do período de estudo, foi então comparada com cada dado operacional, distribuídos em gráficos para observar a evolução da densidade e de cada parâmetro. Verificou-se que a vazão teve uma distribuição semelhante a densidade, ou seja, o aumento da vazão verifica-se o aumento do número de ovos para cada ponto de amostragem.

Na Figura 16 estão representadas as vazões e a densidade absoluta de ovos de helmintos referentes ao ponto-1, ou seja, amostras coletadas após caixa de areia.

Na Figura 17 estão representadas os valores de tempo de detenção e a densidade absoluta de ovos de helmintos referentes ao ponto-2, ou seja, amostras coletadas após decantadores primários.

Na Figura 18 estão representadas os valores de sólidos sedimentáveis e a densidade absoluta de ovos de helmintos referentes ao ponto-3, ou seja, amostras coletadas após decantadores secundários ou efluente final. Os resultados da comparação dos demais parâmetros com a densidade de ovos de helmintos estão em anexo.

Figura 16 – Comparação entre a densidade de ovos de helmintos e vazão (m^3/s) nos pontos de amostragem – ETE Barueri – São Paulo.

Figura 17 – Comparação entre a densidade de ovos e tempo de detenção do processo de lodos ativados nos pontos de amostragem – ETE Barueri – São Paulo.

Figura 18 - Comparação entre a densidade de ovos de helmintos e sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem – ETE Barueri – São Paulo

Estabeleceu-se a eficiência de remoção dos ovos de helmintos em cada ponto, e no efluente final representado pelo ponto 3, observou-se uma eficiência de 84%, sendo 99% o recomendado pela OMS (1989).

Na Figura 19 é apresentada a relação entre a frequência absoluta (%) dos ovos de helmintos e a eficiência de remoção em cada ponto de amostragem. Assim, o ponto 01 possui 55 % de ovos de helmintos e a eficiência de remoção é zero, uma vez que este ponto é considerado como esgoto bruto; no ponto 02, após decantador primário, 36 % frequência total de ovos e eficiência de remoção é 34 %; e por fim, no ponto 03- efluente final, a frequência absoluta é 9 % com uma eficiência de remoção de 84 %.

Figura 19 – Relação entre frequência absoluta de ovos de helmintos e eficiência de remoção em cada ponto de amostragem – ETE Barueri (SP), período de julho de 1999 à julho de 2000.

No gráfico abaixo estão representados os valores de eficiência de remoção do ponto 03 em relação ao ponto 01 e a comparação desses com o preconizado pelas diretrizes da OMS (1989), ou seja, deve haver uma eliminação de 99% dos ovos de helmintos. No entanto, como processo eficiente para remoção, nas diretrizes são recomendados os sistemas de lagoas de estabilização, e no caso empregou-se o processo de lodos ativados, indicado para o tratamento de grandes volumes de esgotos produzidos nas grandes metrópoles como RMSP.

Figura 20 -Relação entre eficiência de remoção no processo de lodos ativados e a eliminação de ovos (99%) segundo as diretrizes da OMS (1989) no período de amostragem de julho de 1999 à julho de 2000 - ETE Barueri - São Paulo.

Cabe lembrar, que nos meses de agosto de 1999, janeiro e maio de 2000 não foi detectada a presença de ovos de helmintos nas amostras no efluente final. No caso, a eficiência foi considerada como 100%.

No próximos gráficos são apresentadas as densidades absolutas dos indicadores parasitológicos e as respectivas eficiências de remoção. Para os ovos de

Ascaris tem-se uma eficiência de remoção de 92%; para os ovos de *Enterobius* tem-se uma eficiência de remoção de 82%; para os ovos de *Hymenolepis* tem-se 40% e para os ovos de *Strongyloides* tem-se 59% no efluente final.

Figura 21 - Eficiência de remoção dos ovos de *Ascaris* nos três pontos de amostragem da ETE Barueri - São Paulo (julho de 1999 à julho de 2000).

Figura 22 - Eficiência de remoção dos ovos de *Enterobius* nos três pontos de amostragem da ETE Barueri - São Paulo (julho de 1999 à julho de 2000).

Figura 23 - Eficiência de remoção dos ovos de *Hymenolepis* nos três pontos de amostragem da ETE Barueri - São Paulo (julho de 1999 à julho de 2000).

Figura 24 - Eficiência de remoção dos ovos de *Strongyloides* nos três pontos de amostragem da ETE Barueri - São Paulo (julho de 1999 à julho de 2000).

A eficiência de remoção durante o estudo esteve abaixo do preconizado pela OMS (1989), embora isso já tenha sido relatado por MARA e SILVA (1986), pois o tratamento indicado para remoção de ovos de helmintos seria pelo processo das lagoas de estabilização com tempo de detenção elevado. Em Nagpur (Índia) as lagoas possuem tempo de detenção de 6 a 7 dias, e foi observado que a maioria dos ovos era removida na primeira lagoa, e somente as larvas de ancilostomídeo estavam presentes no efluente final. Segundo FEACHEM e cols (1983), várias lagoas em série e bem operacionalizadas com tempo de detenção maior que 20 dias podem remover 100% dos ovos de helmintos. O tempo de detenção no processo de lodos ativados variou de 5,11 a 9,68 dias, um tempo relativamente curto para sedimentação de todos os ovos nos decantadores. De acordo com AYRES e cols (1992), lagoas de estabilização com tempo de detenção de 5 dias, possuem 95,6 % de eficiência de remoção . O valor médio do tempo de detenção do processo de lodos ativados da ETE Barueri foi de 5,5 dias e, de acordo com AYRES e cols (1992) o processo deveria apresentar uma eficiência de remoção de 96,4%, mas o valor foi de 84% como mostra a Figura 19.

MARA e SILVA (1986), verificaram a eficiência de remoção de cada indicador nas lagoas de estabilização no Nordeste, sendo que para *Ascaris* de 87% e 98% , respectivamente, para os efluentes da lagoa anaeróbia e facultativa; enquanto para ancilostomídeos foi de 91% para a primeira e 97% para a segunda lagoa; a densidade para os ovos de *Trichuris* foi extremamente baixa, não havendo comentários quanto à eficiência de remoção. Também, não há referência quanto a eficiência de remoção dos ovos de *Hymenolepis* e *Strongyloides*.

7.7. Reuso de Águas Residuárias e a Minimização dos Riscos Epidemiológicos

Os organismos patógenos podem estar presentes em águas residuárias, lodos e biossólidos, e o controle é uma das principais razões para o manejo de resíduos sólidos e líquidos. A maioria das agências ambientais especifica limites para bactérias coliformes no lançamento nas superfícies aquáticas. Dentre outros riscos potenciais estão os impactos nas bacias hidrográficas tanto no corpo aquático como nas estações de tratamento das águas para abastecimento; a contaminação de alimentos ou infecção de animais em pastos na disposição no solo como processo de tratamento; agentes podem ser transmitidos por aerossóis por lagoas aeradas, por processo de lodos ativados e valos de oxidação. Pesquisas têm mostrado que sistemas aquáticos naturais por lagoas, “wetlands” (pântanos), disposição do solo proporcionam um efetivo controle de patógenos (REED, 1995).

A remoção de patógenos, em sistemas aquáticos naturais como lagoas de estabilização, é por morte, predação, sedimentação e adsorção. Helmintos, *Ascaris* é o representante maior, outros ovos e cistos de parasitas decantam no sedimento em zonas da lagoa quiescentes. Lagoas facultativas com três células e tempo de detenção de 20 dias, e valos de oxidação com a separação da célula de sedimentação anterior ao lançamento proporcionam uma adequada remoção de helmintos e protozoários. Contudo, podem existir riscos quando o lodo é removido para disposição. Esse lodo pode ser tratado ou ter restrições quanto à sua aplicação na agricultura ou acesso público (REED, 1995).

A remoção de bactérias e vírus em sistemas com múltiplas lagoas é eficiente para ambos tipos, aeróbias e anaeróbias, como mostram alguns estudos realizados em alguns estados americanos, utilizando tratamento por lagoas facultativas. Em Corinne

(UT), o afluente e efluente final apresentaram, respectivamente, $1,0 \times 10^6$ e $7,0 \times 10^0$ coliformes fecais/100ml, o processo removeu 100% das bactérias coliformes, sendo utilizadas para esse resultado sete lagoas e tempo de detenção de 180 dias (USEPA, 1992).

O sistema de “wetlands” (mangues, pântanos) pode ser definido como uma área grande de terra onde são lançados efluentes secundários tratados, devendo ser mantidas as condições de saturamento do solo, e com respectiva vegetação. Arbustos são tipos dominantes em pântanos, e são caracterizados por musgos e turfas, capim e macrófitas. (REED, 1995).

Existem dois tipos de “wetlands” artificiais, sendo: 1^a - a água residuária é lançada sobre a superfície do pântano, essa água é exposta a atmosfera, contendo vegetação aquática emergente, com uma camada de solo para enraizamento; 2^a - a água é lançada abaixo da superfície. Quanto a eficiência de remoção de patógenos, podem sofrer variação de acordo com o período sazonal, assim em Listowel (Ontário) no inverno, o afluente e efluente apresentaram, respectivamente, $5,5 \times 10^5$ e $1,4 \times 10^3$ coliformes fecais/100 mililitros; já no verão, o afluente e efluente apresentaram, respectivamente, $1,9 \times 10^5$ e 400 coliformes fecais/100 mililitros. Não foi observado, a existência de parasitas, nem a remoção (REED, 1995).

O tratamento com disposição no solo deve ser precedido de tratamento preliminar e lagoa de armazenamento, existindo uma preocupação com os parasitas intestinais, devido ao uso desses efluentes na irrigação de pastagens, podendo ser utilizados diretamente por animais. Para a remoção de 100% dos patógenos, deve existir a combinação desse tipo de tratamento com filtração, adsorção, radiação e predação (REED, 1995).

Entretanto, os processos de tratamento de esgotos para área metropolitanas, com grandes vazões, não disponibilizando espaços para disposição de lagoas, geralmente, são utilizados processos de lodos ativados. No Município de São Paulo, tais sistemas são em nível secundário de tratamento de esgoto, sendo necessários ao reuso urbano, processos de polimento do efluente final.

O reuso de águas residuárias no Brasil e no mundo, domésticas e industriais, depende dos parâmetros de qualidade, os quais não existem no Brasil. Em comparação, para as águas de abastecimento, cada vez mais os parâmetros se tornam mais restritivos, com normas e portarias como a recente Portaria do Ministério da Saúde – Nº 1469 (2000), nas quais devem ser monitoradas toxinas de cianobactérias, como devem ser introduzidas técnicas para detecção de *Cryptosporidium*, um agente emergente. Sem dúvida alguma, o monitoramento e controle do efluente final das ETE's pelo processo de lodos ativados podem melhorar a gestão dos recursos hídricos, com a diminuição dos riscos de patógenos através do uso de barreiras múltiplas para adequamento dessas águas residuárias no emprego na área urbana.

Segundo KANAREK (1996), es efluentes domésticos com tratamento terciário são destinados ao reuso indireto para recarga aquífera da bacia hidrográfica de Tel-Aviv e área vizinhas. O reuso de água é utilizado por 1,3 milhões de habitantes e a vazão média das águas residuárias municipais é de 270.000 m³ por dia. No processo de purificação do efluente para recarga do aquífero constam diversas etapas como filtração, precipitação química, adsorção, troca iônica, degradação biológica, denitrificação e desinfecção.

No Japão, as cidades de Tokyo e Fukuoka reutilizam as águas residuárias tratadas nas descargas em edifícios comerciais, e na recuperação e aumento de fluxo

dos recursos hídricos, entretanto a água reutilizada possui um controle de qualidade (ASANO, 1996).

HUNSHAL (2000) relata que na segunda maior área urbana no Estado de Karnataka, Hubli-Dharwad na Índia, produz cerca de 60 milhões de litros de águas residuárias por dia. Essa água não recebe nenhum tipo de tratamento, e segue nos cursos naturais de água, e ao longo desses, agricultores utilizam como fonte de irrigação de vegetais. O clima na região é semi-árido (800 mm p.a.). As vantagens no reuso dessas águas deve-se ao aumento de 25 - 50% da produção por área, baixo uso de fertilizantes e proteção nos períodos de estiagem. Entre as desvantagens, está o aumento de conjuntivites e dermatites.

Na cidade de Sidney (Austrália) foi proposto o emprego de tanque de maturação após o decantador secundário para o polimento do efluente final para reuso indireto, assegurando a qualidade do efluente final (HOWE e WHITE, 1999).

Países como Arábia Saudita, Israel, Iraque, Estados Unidos e outros apresentam sérios problemas com a falta de água. Na RMSP, a escassez de água ocorre devido ao mau gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, comprometendo a qualidade e quantidade das águas de todos os ecossistemas, devido à poluição, gerada por efluentes industriais e domésticos. Cabe lembrar que, o ciclo da água é integrado superficial e subterraneamente, as massas de água não são sistemas fechados, e precisam ser consideradas como partes de maiores bacias de drenagem ou sistemas hidrográficos, sendo a bacia comprometida pela ação antrópica (ODUM, 1985).

O abastecimento de água potável é deficiente e pouco seguro, e representa um permanente problema para a maior parte da população mundial e RMSP. Quase

metade da população dos países em desenvolvimento padece de problemas de saúde vinculados com a insuficiência ou contaminação da água, e mais de três milhões de crianças menores de cinco anos morrem por complicações de diarreia, causada em grande parte por água contaminada (CRAUN, 1996).

A crescente falta de água na RMSP, principalmente nos períodos de grandes estiagens, em que os mananciais ficam comprometidos tanto na quantidade como na qualidade, adota-se o sistema de rodízio como medida extrema para contornar o problema dessa escassez. O reuso de águas residuárias em nível urbano torna-se uma importante estratégia para o município, principalmente nesses períodos críticos. As principais vantagens do reuso urbano, com estabelecimento de critérios para o uso adequado em todas atividades produtivas, são a preservação da disponibilidade e da qualidade dos recursos hídricos (PAZ e col, 2000).

De acordo com HESPANHOL (1997), o reuso de águas residuárias na área urbana deve ser para aplicações não potáveis como irrigação de parques públicos, centros recreacionais, campos de esportes, jardins de escolas, igrejas e outros; irrigação paisagística em áreas residenciais, comerciais e industriais; ornamentação e fontes; proteção contra incêndio; descargas de banheiros em áreas industriais e comerciais. As principais desvantagens do reuso urbano não potável está no elevado custo das instalações de rede dupla de distribuição de água potável e água de reuso, dificuldades operacionais e risco potencial à saúde pública.

O meio urbano, especialmente, a cidade industrializada como o município de São Paulo pode ser considerado como um ecossistema heterotrófico, dependente de grandes áreas externas para a obtenção de energia, alimentos, fibras, outros materiais e água. A rápida urbanização da cidade de São Paulo alterou de forma irreversível o

ambiente natural, tornando-se um ambiente artificial. Uma cidade com um milhão de habitantes que ocupa cerca de 250 km² precisa de 8000 km² para o fornecimento de alimentos e de sete bilhões e meio de litros de água por dia (ODUM, 1986).

Atualmente, o município de São Paulo possui cerca de 10.000.000 milhões de habitantes em uma área total de 1525 Km² e densidade demográfica de 6823,68 hab/Km² (IBGE, 2000).

Segundo CORSON (1996), atualmente, a população mundial é de 5,2 bilhões de habitantes e a expectativa para o ano de 2025 é de 10 bilhões, mais de 90% desse aumento ocorrerá nos países em desenvolvimento como África, Ásia e América Latina. O rápido crescimento populacional é geralmente acompanhado de uma grave degradação ambiental.

No mundo todo, 70% do consumo de água é empregado na irrigação agrícola, cerca de três trilhões de metros cúbicos são utilizados na agricultura, entretanto somente 1,3 trilhões atingem as plantações. Nos Estados Unidos, a agricultura é responsável por cerca de 81% do consumo de água.

O reuso de águas residuárias na agricultura tem sido uma alternativa em diversos países, além dos benefícios econômicos obtidos, devido ao aumento da área cultivada e da produtividade agrícola, diminuição no uso de fertilizantes e na adição de nutrientes, uma vez que os esgotos são ricos em nitrogênio, fósforo, micronutrientes e matéria orgânica, sendo essa excelente para o condicionamento do solo (HESPANHOL, 1997).

No meio urbano, os benefícios econômicos devem, também, ser considerados, pois os efluentes de sistemas convencionais como processo de lodos ativados apresentam uma concentração típica de 15 mg/litro de nitrogênio e 3 mg/litro de

fósforo (HESPANHOL, 1997b). No entanto, na área urbana, outros usos são necessários, além do agrícola, como lavagem de pavimentação, irrigação de parques e campos desportivos, industrial e outros.

Os riscos no reuso dessas águas residuárias devem ser considerados, pois no caso do processo de lodos ativados, o tempo de detenção é relativamente baixo para remoção total dos ovos de helmintos, sendo necessário o emprego de outros processos para eliminação ou inativação desses, além de outros agentes patógenos como bactérias, vírus e protozoários.

Alguns pesquisadores como MOSCOSO (1991) e AYRES (1992) têm demonstrado a importância do controle dos ovos de helmintos para reuso das águas tratadas na agricultura e aquacultura, mas sem risco à saúde, com o emprego do sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização com várias células para remoção de 100% dos ovos de helmintos e cistos de protozoários.

VIII. CONCLUSÃO

O potencial de reuso das águas residuárias das estações de tratamento de esgoto do Município de São Paulo, sem dúvida, tornam-se uma alternativa fundamental e estratégica na manutenção da economia dessa cidade, uma vez que a falta e escassez de recursos hídricos e outras fontes de água são indispensáveis para diversos setores como residenciais, comerciais e industriais.

Contudo, os dados qualitativos revelam que deve haver a preocupação em diminuir os riscos epidemiológicos à saúde humana e animal, tanto em nível dos gêneros mais freqüentes *Ascaris*, *Enterobius*, *Hymenolepis* e *Strongyloides*, como os

organismos menos frequentes como *Taenia*, *Trichuris*, e os raros como *Clonorchis*, *Dyphyllobotrium*, *Paragonius*.

Os resultados quantitativos mostram que, embora, tenha diminuído tanto a diversidade como densidade no efluente final, os ovos continuam presentes no efluente final, com uma maior concentração de *Hymenolepis* e *Strongyloides* e uma menor concentração de *Ascaris* e *Enterobius*. Esses ovos representam um risco potencial à população no reuso dessas águas, como na irrigação com de hortas comunitárias, de pequenos produtores horti-fruticultores e que vendem verduras diretamente em feiras e mercados sem controle por parte da vigilância sanitária como foi mostrado por OLIVEIRA (1991). O principal entrave no reuso dessas águas no espaço urbano está na endemicidade dos indicadores parasitológicos encontrados, pois *Ascaris*, *Enterobius*, *Hymenolepis* e *Strongyloides* são parasitas intestinais endêmicos, cosmopolitas e o meio ambiente insalubre garante a sobrevivência e a evolução, sendo a água apenas uma via de transmissão.

O processo de lodos ativados apresentou uma eficiência de remoção de 87% e abaixo do recomendado nas diretrizes da OMS (1989), que estabelece um número de ≤ 1 ovo viável de nematóide intestinal por litro, e propondo o emprego do sistema de lagoas de estabilização como responsável pela remoção de 99% dos ovos de helmintos, necessário no reuso de águas tratadas na agricultura e aquacultura.

O reuso de águas residuárias no Município de São Paulo é uma alternativa viável, mas com regulamentação necessária para minimizar os riscos epidemiológicos que podem advir da prática sem a adoção de barreiras múltiplas. A adoção de barreiras múltiplas constitui-se no único meio de se assegurar qualidade

das águas residuárias para reutilização sem risco, para a proteção dos sistemas aquáticos e dos mananciais destinados ao abastecimento público, para garantir a proteção da saúde populacional.

O reuso de águas residuárias já está sendo adotado por algumas empresas de saneamento com a simples cloração do efluente final das estações de tratamento de esgoto por lodos ativados. Entretanto para o reuso de águas residuárias deve-se eliminar quase que 100% dos ovos de helmintos e cistos de protozoários, além de outras substâncias não contempladas nesse estudo. A prevenção consistiu-se a melhor estratégia para o reuso no Município de São Paulo

A escassez de água na cidade de São Paulo e de outros municípios leva a um novo direcionamento aos diversos usos das águas no meio urbano. Devem ser elaboradas diretrizes para a qualidade das águas residuárias, uma vez que haverá maior preservação da qualidade das águas dos reservatórios para abastecimento público. Quaisquer tecnologias empregadas após o efluente final como forma de polimento devem ser testadas em escala piloto para avaliação da eficiência na remoção e inativação de ovos de helmintos e de outros agentes patógenos.

A Bacia do Alto Tietê apresenta-se altamente impactada pelas ações antrópicas com poluição e contaminação em quase todos os recursos hídricos da cidade de São Paulo. Para que o reuso possa ser empregado deve-se fazer um planejamento integrado da Bacia hidrográfica, e não como ocorre atualmente, em que um sistema hídrico é trabalhado isoladamente, esquecendo da visão integrada do todo, uma vez que os ciclos biogeoquímicos estão inter-relacionados. Assim, tem-se a qualidade das fontes superficiais interferindo na qualidade das subterrâneas, ou

seja, lençol freático. A alteração climática global é outro fator que influem muito na escassez das águas e em todo o ciclo aquático global e regionalmente.

O reuso de águas residuárias é visto como necessário ao Município de São Paulo, representando melhoria econômica, ambiental e social, diminuindo o uso da água potável para fins menos nobres do que o abastecimento populacional.

IX. RECOMENDAÇÕES e PROPOSTAS

Como o atual estudo foi realizado em apenas uma estação de tratamento de esgoto do Município de São Paulo sugere-se que outra avaliação seja realizada, no intuito de utilizar os indicadores parasitológicos na caracterização do efluente final das outras estações da área urbana. Sugere-se o uso de indicadores parasitológicos, mas principalmente os ovos de helmintos, investigação de cistos de protozoários, mais especificamente, oocistos de *Cryptosporidium*, cistos de *Giardia*, *Entamoeba histolytica* e *E.coli*, e a investigação de enterovírus.

Recomenda-se que, segundo a finalidade, antes da implantação do reuso direto no Município de São Paulo, sejam realizados monitoramentos de indicadores parasitológicos e outros agentes como compostos químicos, metais pesados, substâncias carcinogênicas, não no sentido de inviabilizar o processo de reuso, mas para garantir qualidade em uma prática planejada, séria e segura no espaço urbano. A visão integradora da Bacia do Alto Tietê poderá viabilizar a prática de reuso, principalmente, para priorizar o uso dos mananciais para garantir água potável a população e verificar quais são as áreas que sofrem mais no período de escassez e, portanto, com a perda de qualidade e quantidade de água.

Novos indicadores tem sido propostos para verificar a qualidade de água potável como *Cryptosporidium* e Microcistinas, que possuem técnicas com custos extremamente altos, inviabilizando a sua implantação. Entretanto pouco se faz no sentido de avaliar, monitorar e controlar as águas residuárias de origem doméstica e elaborar normas de qualidade de águas residuárias.

A técnica empregada para concentração dos ovos de helmintos foi a de Faust adaptada para amostras ambientais, sendo de simples aplicação e eficiente, sendo recomendada para a avaliação ambiental de outros estudos.

X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As referências bibliográficas seguem as normas do Grupo de Vancouver através do guia de apresentação da Teses (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 1998).

Amahamid O, Asmama S, Bouhoum K. The effect of wastewater reuse in irrigation on the contamination level of food crops by *Giardia* cysts and *Ascaris* eggs. *International Journal of Food Microbiology*. 1999; 49 (1 - 2): 19 – 26.

American Water Works Association. *Standard methods for the examination of wastewater*. 18^a ed. Washington: APHA, AWWA, WPCF. 1992.

[Anonymus]. A escassez da água. *Estado de São Paulo*, São Paulo, 2001 mar 9, cad 1:1.

[Anonymus]. Guarapiranga: é preciso salvar este manancial de 10 metros cúbicos por segundo. *Revista DAE-Sabesp*. 1992; 52 (164): 1 – 35.

Asano T, Tchobanoglous G. The role of wastewater reclamation and reuse in the USA. *Wat. Sci Technol*. 1991. 23: 2049 - 2062

Asano T, Maeda M, Takaki M. wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples. *Water Science and Technology*. 1996; 34 (11): 219 – 226.

Ayres RM, Stott R, Lee DL, Mara DD, Silva AS. Comparison of techniques for the enumeration of human parasitic helminth eggs in treated wastewater. *Environmental Technology*. 1991. 12: 617 – 23.

Ayres RM, Stott R, Mara DD, Lee YL. Wastewater reuse in agriculture in agriculture and the risk of intestinal nematode infection. *Parasitology Today*. 1992; 8 (1):32 – 35.

Ayres RM, Alabaster GP, Mara DD, Lee YL. A design equation for human intestinal nematode egg removal in waste stabilization ponds. *Wat. Res.* 1992; 26 (6): 863 – 65.

Ayres RM, Mara DD. *Análises de águas residuais para su uso em agricultura. Manual de técnicas parasitológicas y bacteriológicas de laboratorio*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 1997.

Ayres M. *BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Manaus: Sociedade Civil Mamirauá, 1998. 193p.

Batista RS, Gomes AP, Igreja RP. Clonorquíase. In: Batista RS, Gomes AP, Igreja RP, Huggins DW. *Medicina tropical: abordagem atual das doenças infecciosas e parasitárias* – V. 1. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2001

Belding DL. *Textbook of parasitology*. 3d ed. New York: Appleton – Century – Crofts. 1965

Bina S. Enterobíase. In: Rey L. *Parasitologia: parasitas e doenças parasitárias do homem nas Américas e na África*. Rio de Janeiro: Guanabara – Koogan; 1991. 731p.

Branco, SM. *Hidrobiologia aplicada à Engenharia Sanitária*. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

Branco, SM. *Poluição: A morte de nossos rios*. São Paulo: ASCETESB, 1983.

Bradley RM, Hadidy S. Parasitic infestation and the use of untreated sewage of irrigation of vegetable with particular reference to Aleppo – Syria. *Public Health Engineer*. 9: 153 – 157. 1981.

Briscoe J. Abastecimiento de água y servicios de saneamiento; su función la revolución de la supervivencia infantil. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*. 1987; 103 (4): 325 – 340.

Bundy DA. Immunoepidemiology of intestinal helminthic infections. 1. The global burden of intestinal nematode disease. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 1994; 88 (3): 259-61.

Capizzi S, Schwartzbrod J. Helminth egg concentration in wastewater: influence of rainwater. *Wat. Sci. Tech*. 1998; 38 (12): 77 – 82.

Chehter L, Cabeça, M. Parasitoses intestinais. In: Atualização terapêutica: Manual prático de diagnóstico e tratamento/ colaboradores especializados: Prado FC, Ramos JA, Valle JR. 19 ed. São Paulo: Artes Médicas, 1999. p. 279.

Chorus I, Bartrain J. *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. London: Routledge, OMS. 1999. 416p.

Comitê de Bacia. *Informativo do Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê*, ano V, no 29, jul - ago - set, 2001.

Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). *Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem de lodo de esgoto*. Cleverson Vitório Andreoli (coord.), Bárbara Rocha Pinto Bonnet (coord.). Curitiba: Sanepar. 1998.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Helmintos e protozoários patogênicos: contagem de ovos e cistos em amostras ambientais*. São Paulo: Cetesb. Norma - L5.550. 1989

Corson WH. *Manual global de ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente*. Ed. Por Walter H. Corson. 2ª ed. São Paulo: Augustus. 1996.

Cortes JEM, Ramirez PG, Maya C. La determinación de huevos de Ascaris como indicador de la calidad de agua para riego agrícola. *XXIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Tomo II, pp 47. 1994

Craig N, Faust E. *Clinical parasitology*. USA: Philadelphia. 1970

Craun G. Enfermedades transmitidas por el agua en los Estados Unidos de América. In: Craun GF, Castro R. *La calidad del agua potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química*. ILSI Argentina; Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud. ILSI Press; Washington, D.C. 1996. pp 63 – 88.

Cross P. Part I: Existing practices and beliefs in the utilization of human excreta. In: International reference centre for waste disposal. *Health aspects fo nightsoil and sludge use in agriculture and aquaculture*. 1985, pp I – 1 – 20. [IRCWD. Report nº 04]

Czeresnia D. *Do contágio à transmissão: ciência e cultura na gênese do conhecimento epidemiológico* / Dina Czeresnia – Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1997.

Elliott SJ, Taylor SM, Walter S. Modeling psychosocial effects of exposure to solid waste facilities. *Social Science and Medicine*. 37 (6): 790 – 804. 1993.

Emplasa. *Memória urbana: a Grande São Paulo até 1940*. São Paulo: Arquivo do Estado, Imprensa Oficial, vol. I, II, III. 2001.

Esparza MLC; Muñoz AF. *Evaluacion de riesgos para la salud por el uso de las aguas residuales en agricultura. Anexo III: Aspectos microbiológicos*. OPS/OMS;

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Cepis): Lima, Perú. 1990.

Feachem RG, Bradley DJ, Garelick H, Mara DD. *Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management*. Chichester: John Wiley. 501p. 1983.

Ferguson CM, Coote BG, Ashbolt NJ, Stevenson IM. Relationships between indicators, pathogens and water quality in an estuarine system. *Wat. Res.* 1996; 30 (9): 2045 - 2054.

Forattini OP. *Ecologia, epidemiologia e sociedade*. São Paulo: Artes Médicas: Editora da Universidade de São Paulo; 1992

Gasi TMT. *Remoção de microrganismos em reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manto de lodo operando com esgotos domésticos*. São Paulo; 1991 [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

Gaspard PG, Schwartzbrod J. Helminth eggs in wastewater quantification technique. *Water Science and Technology*. 1995; 31 (5-6): 443 – 446.

Geldreich EE. La amenaza mundial de los agentes patógenos transmitidos por el agua. In: Craun GF, Castro R. *La calidad del agua potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química*. ILSI Argentina; Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud. ILSI Press; Washington, D.C. 1996. pp 21 – 49.

Geldreich EE, Craun FC. Barreras múltiples para la protección y el tratamiento del abastecimiento de agua potable: un método probado de prevención de la propagación de las enfermedades transmitidas por el agua. In: Craun GF, Castro R. *La calidad del agua potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química*. ILSI Argentina;

Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud. ILSI Press; Washington, D.C. 1996. pp 1 - 6.

Goulart EG e cols. Avaliação da eficiência do tratamento de esgotos da estação da Ilha do Governador sobre as formas infectantes e infestantes dos enteroparasitos. *F. Méd.* 1984; 89 (1): 9–13.

Heller L. *Saneamento e saúde*. Organização Pan-Americana de Saúde-OPS/ Organização Mundial da Saúde - OMS. Brasil: Brasília. 2000

Hespanhol I. Wastewater as a resource. In: Helmer R, Hespanhol I. Water pollution control. A guide to the use of water quality management principles. Ed. Richard Helmer e Ivanildo Hespanhol. WHO/UNEP, pp 87 – 120. 1997

Hespanhol I. Esgotos como recurso hídrico. Parte I – Dimensões políticas, institucionais, legais, econômico-financeiras e sócio-culturais. *Rev. Engenharia*, 523: 45 – 58. 1997.

Horák P. Experimental destruction of Ascarid ova in sewage sludge by accelerated electron irradiation. *Wat. Res.* 28 (4): 939-941. 1994.

Howe C, White S. Integrated resource planning for water and wastewater. Sydney case studies. *Water-International*. 1999; 24 (4): 356 – 362.

Huggins DW, Batista RS, Gomes A. Difilobotríase. In: Batista RS, Gomes AP, Igreja RP, Huggins DW. *Medicina tropical: abordagem atual das doenças infecciosas e parasitárias* – V. 1. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2001

Hunshal CS, Salakinkop SR, Brook RM. Sewage irrigated vegetable production systems around Hubli-Dharwad, Karnataka, India. *Natural Sciences*. 2000, 32(5): 1 – 8.

Fundação IBGE. *Sinopse preliminar do Censo Demográfico*/ IBGE. V. 7. Rio de Janeiro: IBGE. 2000.

Kagei N, Chi-Yi Y, Chun-Chang P. *Use of Ascaris ova as na indicator for monitoring nightsoil*. World Health Organization. February, 1986.

Kanarek S, Michail M. Groundwater recharge with municipal effluent: Dan Region Reclamation Project, Israel. *Water Quality International*. 1996; 34(11): 227 – 233.

Kennedy CR. *Ecological animal parasitology*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 1975.

Kennedy CR. *Ecological aspects of parasitology*. North – Holland Publishing Company. 1976.

Kowal NF. *Health effects of land application of municipal sludge*. Research Triangle Park, NC: US EPA Health Effects Research Laboratotry. EPA/600/1-85/015. 1985.

Legendre L, Legendre P. *Numerical ecology*. Elsevier Scientific Publishing Company. 1983.

Leibman H. *Advances in water pollution research*. Ed. Oxford, Pergamon Press. 1965.

Mancuso PCS. *Reuso de água*. São Paulo; 1988. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

Mara D, Cairncross S. *Directrices para el uso sin riesgos de águas residuales y excretas em agricultura y acuicultura. Medidas de protección de la salud pública*. Organización Mundial de la Salud: Ginebra. 1990.

Mara DD, Silva SA. Removal of intestinal nematode eggs in tropical waste stabilization ponds. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. (89): 71 - 74. 1986.

Martins MT, Sanchez PS. *Caracterização microbiológica de lodos de esgotos e fertilizante organo-mineral*. [Apresentado no 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; 1983 nov 20 a 25; Balneário de Camboriú – Santa Catarina, (Br)].

Mc Adam KPWJ. *New strategies in parasitology*. Proceedings of na international symposium. Brocket Hall., Hertfordshire.1989; pp 22-25.

Melchor A, Silveira A, Lopez GM, Araújo R. Preservação de mananciais para abastecimento – Guarapiranga, um modelo de preservação. *Rev. DAE – SABESP*. 1974; 35: 14 – 25.

Mello Jorge MHP, Gotlieb SLD. *As condições de saúde no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000.

Ministério da Saúde. Portaria MS – 1469, de 29.12.2000: Norma de qualidade da água para consumo humano. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo, 22 fev. 2001. Seção 1, nº 38, p. 39.

Mota S. Saneamento. In: Rouquayrol MZ. *Epidemiologia e saúde*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Medsi. 1999. pp 405 – 430.

Muller R, Morera P. Helminthoses. In: Lankinen KS, Bergström PH, Peltomaa M. *Health and disease in developing countries*. London: The Macmillan Press Limited. 1994: 195 – 209.

Muniz PT. Parasitas intestinais e crescimento pondo-estatural na infância na cidade de São Paulo. São Paulo; 2000 [Tese de Doutorado - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

Muscillo M, La-Rosa G, Carducci L, Marianelli C. Molecular analysis of poliovirus 3 isolated from an aerosol generated by waste water treatment plant. *Water-Res.* 1997, 31 (12): 3125 – 3131.

Nações Unidas. *World Population Prospects*. Department of International Economic and Social Affairs. New York: United Nations. 1989.

Nasser AM. Prevalence and fate of hepatitis A vírus in water. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol*, 24 (4): 281 – 323. 1994.

Neves DP. *Parasitologia humana*. 8ª edição. Ed. Atheneu. 1995.

Odum E P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Discos CBS. 1985.

Organización Mundial de la Salud. *Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales em agricultura y acuicultura*. Organización Mundial de la Salud (OMS): Ginebra. Serie de Informes Técnicos 778. 1989.

Organización Mundial de la Salud. *Métodos básicos de laboratorio en parasitologia medica*. OMS: Ginebra. 1992.

Oliveira CAF. *Estudo da ocorrência de enteroparasitas em hortaliças comercializadas na RMSP – SP – Brasil*. [Dissertação de Mestrado da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo]. São Paulo. 1991.

Panicker PVRC, Krishnamoorthi. Parasite egg and cyst reduction in oxidation ditches and aerated lagoons. *Journal WPCF*. 53 (9): 1413 – 1419. 1981.

Paz VPS, Teodoro RGF, Mendonça FC. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Rev. Bras. Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4 (3):465 – 472. 2000.

Pelczar Junior, M. *Microbiologia: conceitos e aplicações*. 2nd ed. São Paulo Makron. 1996.

Pêsoa SM, Martins V. *Parasitologia médica/ Samuel Barnsley Pessoa; [colab] Vianna Martins*. 11ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara. 1988.

Peters W, Gilles HM. *Color atlas of tropical medicine and parasitology*. 4º ed. Mosby Wolfe. 1995.

Reed S, Crites RW, Middlebrooks EJ. *Natural systems for waste management and treatment*. 2nd ed. McGraw – Hill. 1995.

Rey L. *Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nas Américas e na África*. 2ª edição. Ed. Guarabara – Koogan. 1991.

Rocha AA. Ambiente e doença. Considerações sobre doenças em represas. *Saúde e Trabalho* (2): 120 – 132. 1987.

Rocha AA. A problemática da água. In: Leite JL. Problemas chave do meio ambiente. Ed. EXPOGEO. Salvador: Instituto de Geociências da UFBA, pp 91 – 113. 1994.

Rocha AA. *Ciências do ambiente, saneamento, saúde pública*. São Paulo: Departamento de Saúde Ambiental. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. 1995. 407p.

Rocha AA. *Fatos históricos do saneamento*. São Paulo: Scortecci. 1997. 120 p.

Rosário HB. *Prevalência de enteroparasitas e aspectos epidemiológicos em amostras da população do município de Botucatu – SP*. [Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Mackenzie]. São Paulo. 1997.

Rowe D, Abdel – Magid IM. *Handbook of wastewater reclamation and reuse*. CRC Press, Inc. 1995

Ruppel A, Doenhoff MJ. Vector biology and the control of parasitic diseases. *Parasitology Today*. 1998, 14 (8): 299 – 300.

Schiffer SR. São Paulo como pólo dominante do mercado unificado nacional. *In*: Deák C, Schiffer SR. O processo de urbanização no Brasil. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. pp 73 - 110. 1999.

Schutte CHJ. Some thoughts on parasitic diseases, nutrition and health/disease in Africa. *SAMJ (Supplement)*. 1994: 13-14.

Seoanez C M. *Aguas residuales: tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento*. Madrid: Mundi- Prensa. 1995.

Siegel S. *Estatística não – paramétrica*. Para as ciências do comportamento. McGraw – Hill. 1975.

Souza MSL, Souza DWC, Neves J. Ancilostomíase. *In*: Veronesi R. Doenças infecciosas e parasitárias. 8 ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara - Koogan. 1991. 802-12.

Spencer FM, Monroe LS. *The color atlas of intestinal parasites*. USA: Illinois. 1961.

Stott R, Jenkins T, Bahgat M, Shalaby I. Capacity of constructed wetlands to remove parasite eggs from wastewaters in Egypt. *Wat. Sci. Tech.* 40 (3), pp 117 - 123. 1999.

Strauss M. Part II: Pathogen survival. In: International reference centre for waste disposal. *Health aspects fo nightsoil and sludge use in agriculture and aquaculture*. 1985, pp II – 1 – 79. [IRCWD. Report nº 04]

Tchobanoglous G, Burton FL. *Wastewater engineering, disposal, reuse*. 3a ed. Metcalf & eddy, INC. 1991.

Teixeira PFP. *Manual sobre vigilancia ambiental*. Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud – División de Desarrollo de Sistemas y Servicios de Salud. Fundación W.K. Kellogg. 1996.

Traverso HP. Agua y salud en América Latina y el Caribe: enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. In: Craun GF, Castro R. *La calidad del agua potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química*. ILSI Argentina; Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud. ILSI Press; Washington, D.C. 1996. pp 51 - 62.

Trujillo M, Igreja RP, Huggins DW. Paragonimíase. In: Batista RS, Gomes AP, Igreja RP, Huggins DW. *Medicina tropical: abordagem atual das doenças infecciosas e parasitárias* – V. 1. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2001

Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Biblioteca CIR. *Guia de apresentação de Teses*. Grupo de trabalho, Cuenca AB, Noronha, DP, Ferrasz LEF, Andrade MTD. São Paulo: A Biblioteca. 1998.

U.S.Environmental Protection Agency. *Guidelines for water reuse*. U.S. EPA; U.S. Agency for International Development. EUA: Wasshington, DC; 1992. (EPA/625/R-92/004).

Watson DC, Satchwell M, Jones CE. A study of the prevalence of parasitic eggs and cysts in sewage sludge disposed to agricultural land. Study of eggs and cysts in sewage. *Water Pollut. Control*. 1983. pp 285-289.

Water Environment Federation. *Wastewater disinfection*. Water Environment Federation. III. Series: Manual of Practice, FD; 10, 1996.

Whitfield PI. Parasitic helminths. *In*: Cox FEG. Modern parasitology: a textbook of parasitology. 2d ed. Blackwell Science Ltd. 1993.

World Health Organization. *Environmental health in urban development*. Geneva: WHO. 1991. (Technical Report Series nº 807).

Yanko WA. *Occurrence of pathogens in distribution and marketing municipal sludges*. Health Effects Research Laboratory. Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency. January, 1988 (EPA/600/1-87/014).

Zumaeta MA. *Evaluacion de riesgos para la salud por el uso de las aguas residuales en agricultura. Identificacion y cuantificacion de enteroparasitos em águas residuales*. OPS/OMS; Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Cepis): Lima, Perú. 1993.

ANEXO

Resultados Quantitativos

Deve ser lembrado que para a quantificação dos ovos de helmintos, foi transferido 1,0 ml da alíquota, com auxílio de uma pipeta, da película superficial formada entre a solução de sulfato de zinco e material sedimentado, para câmara de Sedgwick - Rafter.

A contagem foi efetuada em toda a câmara, e a densidade é o próprio número de ovos de cada espécie ou gênero identificados em 1,0 ml da película formada, onde provavelmente estariam concentrados os ovos de helmintos. Procurou-se calcular a quantidade de ovos de helmintos para o volume original de 5 Litros, que são apresentados nos resultados como dados quantitativos no item 7.2 como densidade absoluta (OMS, 1989; ZUMAETA, 1993; AYRES & MARA, 1997).

As tabelas e os gráficos apresentados em anexo estão expressos em número de ovos em 1,0 ml da película superficial formada.

Tabela 1 - Número de espécies de ovos de helmintos/ ml nas amostras do Ponto 01 - ETE Barueri - SP (julho de 1999 à julho de 2000)

	Jul/99	Ago/99	Set/99	Out/99	Nov/99	Dez/99	Jan/00	Fev/00	Mar/00	Mai/00	Jun/00	Jul/00
<i>Ancylostomídeo</i>	nd	1	nd	1	nd	nd	nd	1	2	nd	nd	nd
<i>Ascaris sp</i>	nd	5	1	3	5	3	14	26	3	5	3	33
<i>Clonorchis sp</i>	1	nd	1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<i>Diphillobothrium</i>	nd	1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2
<i>Enterobius vermiculares</i>	3	10	6	5	8	4	2	6	3	2	3	4
<i>Fasciola sp</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1	nd	nd	nd	nd	nd
<i>Hymenolepis sp</i>	2	1	4	3	nd	1	1	3	1	2	1	1
<i>Meloidogyne sp</i>	nd	nd	1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<i>Strongyloides sp</i>	nd	3	2	4	2	2	3	5	3	1	1	1
<i>Taenia sp</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1	3	4	1	nd	2
<i>Trichuris trichiura</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2	nd	nd	nd	nd

nd - não detectado na amostra

Tabela 2 - Número de espécies de ovos de helmintos por ml nas amostras do Ponto 02 - ETE Barueri - SP (julho de 1999 à julho de 2000)

	Jul/99	Ago/99	Set/99	Out/99	Nov/99	Dez/99	Jan/00	Fev/00	Mar/00	Mai/00	Jun/00	Jul/00
<i>Ancylostoma</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1	nd	1	nd
<i>Ascaris sp</i>	1	1	1	2	4	3	5	7	8	6	8	4
<i>Echinococcus sp</i>	1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1	nd	nd	nd	nd
<i>Enterobius vermiculares</i>	6	13	1	2	2	2	6	5	4	3	4	nd
<i>Hymenolepis sp</i>	1	2	1	1	nd	nd	nd	1	3	3	1	2
<i>Meloidogyne sp</i>	nd	nd	1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<i>Necator americanus</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1	nd	nd
<i>Paragonius sp</i>	nd	nd	nd	nd	1	nd	nd	nd	1	nd	nd	nd
<i>Strongyloides sp</i>	nd	1	nd	nd	3	4	1	3	3	3	nd	1
<i>Taenia sp</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1	5	2	nd	1	1
<i>Trichuris trichiura</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1	nd	nd	1	nd

nd - não detectado na amostra

Tabela 3 - Número de espécies de ovos de helmintos por ml nas amostras do Ponto 03 - ETE Barueri - SP (julho de 1999 à julho de 2000)

	Jul/99	Ago/99	Set/99	Out/99	Nov/99	Dez/99	Jan/00	Fev/00	Mar/00	Mai/00	Jun/00	Jul/00
<i>Ascaris sp</i>	nd	nd	3	2	1	1	nd	1	nd	nd	nd	nd
<i>Enterobius vermiculares</i>	nd	nd	2	nd	3	2	nd	2	1	nd	nd	nd
<i>Hymenolepis sp</i>	1	nd	nd	1	2	2	nd	2	2	nd	2	nd
<i>Paragonius sp</i>	nd	nd	nd	nd	nd		nd	nd	1	nd	nd	nd
<i>Strongyloides sp</i>	1	nd	1	1	3	2	nd	nd	nd	nd	1	2

nd - não detectado na amostra

Gráfico 1 - Distribuição dos gêneros de ovos de helmintos no Ponto 1 - ETE Barueri - São Paulo

Gráfico 2 - Distribuição dos gêneros de ovos de helmintos no Ponto 2 - ETE Barueri - São Paulo

Gráfico 3 - Distribuição dos gêneros de ovos de helmintos no Ponto 3 - ETE Barueri - São Paulo

Comparação entre a densidade de ovos (ml) e as condições operacionais do Ponto 1 - ETE Barueri - São Paulo, julho de 1999 a julho de 2000.

Comparação entre a densidade de ovos (ml) e as condições operacionais do Ponto 1 - ETE Barueri - São Paulo, julho de 1999 a julho de 2000.

Comparação entre a densidade de ovos (ml) e as condições operacionais do Ponto 2 - ETE Barueri - São Paulo, julho de 1999 a julho de 2000.

Comparação entre a densidade de ovos (ml) e as condições operacionais do Ponto 2 - ETE Barueri - São Paulo, julho de 1999 a julho de 2000.

P - 3

P - 3

P - 3

Comparação entre a densidade de ovos (ml) e as condições operacionais do Ponto 3 - ETE Barueri - São Paulo, julho de 1999 a julho de 2000.

Comparação entre a densidade de ovos (ml) e as condições operacionais do Ponto 3 - ETE Barueri - São Paulo, julho de 1999 a julho de 2000.

Resultados dos coeficientes de correlação de Rank de Spearman – $r \geq 0,05$ e nível de significância - $\alpha \leq 0,05$ (STATGRAPHICS, versão 5.0).

Parâmetros	P - 1	P - 2	P - 3
N	10000* (12)** 10000***	10000 (12) 10000	10000 (12) 10000
CF	0.07 (12) 0.80	ND	0.24 (12) 0.41
CT	0.40 (12) 0.19	ND	-0.005 (12) 0.98
pH	-0.02 (12) .94	-0.16 (12) 0.57	-0.01 (12) 0.97
Tar	0.44 (12) 0.13	0.57 (12) 0.05	0.43 (12) 0.15
Tágua	0.19 (12) 0.51	0.21 (12) 0.48	0.33 (12) 0.27
V	0.003 (12) 0.80	0.60 (12) 0.04	0.10 (12) 0.72
SS	-0.41 (12) 0.17	0.47 (12) 0.11	-0.03 (12) 0.90
SST	0.06 (12) 0.82	-0.12 (12) 0.68	0.09 (12) 0.74
DQO	0.07 (12) 0.79	-0.65 (12) 0.03	0.02 (12) 0.93
DBO	-0.32 (12) 0.28	-0.47 (12) 0.16	-0.58 (12) 0.05
TD	0.07 (12) 0.69	0.37 (12) 0.22	0.17 (12) 0.55
IL	0.03 (12) 0.90	-0.12 (12) 0.68	-0.32 (12) 0.28

Fotografias

Ascaris sp infértil

Ascaris sp fértil

Ascaris sp infértil

Ascaris sp com larva no interior

Diphyllobothrium

Hymenolepis sp

Strongyloides sp

Observação: utilizou-se o microscópio Zeiss – Axioskop para as fotografias dos ovos de helmintos