

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”

LANDA CRISTINA DE MELO

REÚSO DE ÁGUAS DE LAGOS URBANOS:
ESTUDO DE CASO – LAGO DO IBIRAPUERA,

SÃO PAULO - SP

SÃO PAULO
FEVEREIRO, 2005

LANDA CRISTINA DE MELO

REÚSO DE ÁGUAS DE LAGOS URBANOS:
ESTUDO DE CASO – LAGO DO IBIRAPUERA, SÃO PAULO - SP

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia no Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”, no Programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação, sob Orientação do Prof. Dr. Dirceu D’Alkmin Telles.

SÃO PAULO
FEVEREIRO, 2005

LANDA CRISTINA DE MELO

REÚSO DE ÁGUAS DE LAGOS URBANOS:
ESTUDO DE CASO – LAGO DO IBIRAPUERA, SÃO PAULO - SP

Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles (Orientador)

Prof. Dr. Dirceu Brasil Vieira (Examinador)

Prof. Dr. Carlos Roberto Espíndola (Examinador)

São Paulo, 01 de fevereiro de 2005

M104f Melo, Landa Cristina de

Reúso de águas de lagos urbanos: estudo de
Caso – Lago do Ibirapuera, São Paulo – SP / Landa
Cristina de Melo. – São Paulo: CEETEPS, 2005.

104 f.

Dissertação (Mestrado) – Centro Estadual de
Educação Tecnológica Paula Souza, 2005.

1. Qualidade da água. 2. Reúso da água. 3. Parque
do Ibirapuera. I. Título.

CDU 628.16

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que possibilitaram a minha formação acadêmica e profissional;

Aos meus filhos, que estiveram presentes em todos os momentos e por toda paciência dedicada no decorrer deste trabalho;

As minhas amigas pelo incentivo e carinho dedicados a mim; e

A todos aqueles que de forma direta ou indireta me apoiaram e incentivaram durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles pelo incentivo à titulação acadêmica e orientação segura e valiosa na elaboração deste trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Helena Gemignani Peterossi pela força e incentivo dedicados nos momentos difíceis de minha formação.

Aos professores e amigos, que nos momentos mais difíceis de minha vida me deram força e me incentivaram nessa empreitada.

Ao Prof. Nilson Carlos Duarte da Silva e pessoal da Faculdade de Tecnologia da Baixada Santista – Extensão de Campus da Praia Grande por ceder às dependências da Faculdade na elaboração final do trabalho.

Ao pessoal da SABESP, que forneceram as análises laboratoriais e os dados para o desenvolvimento deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Distribuição de água na Terra.....	6
Figura 2 – Primeiros sistemas de água e serviços de saúde pública de 3000 a.C. a 1850 d.C.....	9
Figura 3 – Grande despertar para o sanitarismo, de 1850 a 1950.....	10
Figura 4 – Era do controle de poluição, reciclagem e reúso das águas residuárias, após 1960.....	11
Figura 5 – O papel das instalações de tratamento, recuperação, e reúso da água no ciclo hidrológico.....	11
Figura 6 – Mapa do Parque do Ibirapuera.....	66
Figura 7 – Vista panorâmica do Parque do Ibirapuera (posicionamento Central).....	66
Figura 8 – Fonte Multimídia.....	67
Figura 9 – Fauna e Flora do Parque do Ibirapuera.....	68
Figura 10– Gramado do entorno dos lagos do Parque do Ibirapuera.....	69
Figura 11– Vista panorâmica do lago superior do Parque do Ibirapuera.....	70
Figura 12– Vista panorâmica do lago médio do Parque do Ibirapuera.....	70
Figura 13– Vista panorâmica do lago inferior do Parque do Ibirapuera.....	70
Figura 14– Vista dos aeradores do lago inferior do Parque do Ibirapuera.....	70
Figura 15– Vista panorâmica da estação de flotação e remoção de flutuantes do Parque do Ibirapuera.....	72
Figura 16– Detalhe da grade da estação de flotação e remoção de flutuantes do Parque do Ibirapuera.....	72
Figura 17– Estação de flotação e remoção de flutuantes do Parque do Ibirapuera, vista de jusante.....	73
Figura 18– Efluentes da estação de flotação e remoção de flutuantes do Parque do Ibirapuera.....	73
Figura 19 Vazão Média (L/s) da Estação de flotação e remoção de flutuantes do Parque do Ibirapuera – Ano Base – 2004.....	75
Figura 20– Aspecto das águas do lago superior do Parque do Ibirapuera logo após a estação de flotação e remoção de flutuantes.....	86
Figura 21– Aspecto das águas dos lagos superior, médio e inferior do Parque do Ibirapuera.....	87

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1– Distribuição da água no Planeta em termos de volume armazenados.....	7
Tabela 2– Classificação geral das águas.....	20
Tabela 3– Evolução do consumo de água em âmbito mundial.....	53
Tabela 4– Distribuição regional no Brasil de: condicionantes, ênfase na exploração, principais culturas irrigadas e sistemas de irrigação.....	55
Tabela 5- Tratamentos recomendados pela OMS para reaproveitamento de águas residuárias na irrigação.....	60
Tabela 6- Substâncias potencialmente prejudiciais “Teores Máximos”.....	61
Tabela 7– Orientações quanto aos riscos e conseqüências sobre a utilização de águas que recebem esgotos sanitários conformes os métodos de irrigação e suas características	64
Tabela 8– Análises laboratoriais dos efluentes da estação de flotação e remoção de flutuantes do Parque do Ibirapuera	76

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro I Comparativo dos limites máximos da Resolução CONAMA 20/86 e as análises laboratoriais dos efluentes da estação de flotação e remoção de flutuantes do Parque do Ibirapuera.....	80

ANEXO

	Página
Anexo Análises laboratoriais da Estação de flotação e remoção de flutuantes do Parque do Ibirapuera – Ano Base – 2004.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

aC – Antes de Cristo

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ANA – Agência Nacional de Águas

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA 20 (1996) – Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 20, de 18 de junho de 1986

DBO_{5,20} – Demanda Bioquímica de Oxigênio de 5 dias a 20°C

dC – Depois de Cristo

DDD – Dicloro Difenil Dicloroetano

DDE – Dicloro Difenil Dicloroetileno

DDT – Dicloro Difenil Tricloroetano

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETAs – Estações de Tratamento de Águas

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

ETIM – Etimologia

FLOTFLUX – Processo de Tratamento por Flotação e Remoção de Flutuantes

IAP – Índice de Qualidade de Água Bruta para fins de Abastecimento Público

IB – Índice da Balneabilidade

ICB – Índice da Comunidade Bentônica

ICF – Índice da Comunidade Fitoplanctônica para reservatórios

ICZres – Índice da Comunidade Zooplanctônica para reservatórios

IVA – Índice de Proteção da Vida Aquática

LAS – Sulfonato de aquil benzeno linear

L/s – Litros por segundo

mg – Miligramas

mg/k – Miligramas por quilo

mg/l – Miligramas por litro

MBAS (Metilene Blue Active Substances – Substâncias ativas ao azul de Metileno)

MSH – Material solúvel em hexano

OD – Oxigênio Dissolvido

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PEAPI – Programa de Educação Ambiental no Parque Ibirapuera

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SMA – Secretaria do Meio Ambiente

SNA – Sociedade Nacional de Agricultura

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

THMs – Trihalometanos

TRV – Projeto Trilha Radial Verde

WHO – World Health Organization

UGHRI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

RESUMO

MELO, L.C. **Reúso de Águas de Lagos Urbanos: Estudo de Caso – Lago do Ibirapuera, São Paulo – SP.** 2005. 104f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2005.

Este trabalho tem como objetivo verificar a possibilidade de utilização das águas efluentes da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera, para irrigação dos gramados do parque, fazendo-se assim, reúso das águas existentes nos lagos. Foram realizados levantamentos de dados, referentes à escassez da água na região da grande São Paulo e elaborada uma abordagem da qualidade das águas superficiais, dos seus índices de controle, dos parâmetros principais usados na classificação dessas águas, segundo a CONAMA 20 (1986), Decreto Estadual nº 8468 (1976) e Organização Mundial da Saúde (OMS). Estudou-se a qualidade das águas dos Lagos do Ibirapuera, através de levantamento de dados de laboratoriais, do afluente e do efluente da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera. Estudou-se ainda, os requisitos exigidos pela CONAMA e OMS para a qualidade da água, em seus diversos usos e reúsos, destacando-se para a utilização na irrigação de gramados. Foram comparados os valores das exigências do CONAMA e da OMS, com os efluentes da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera. O diagnóstico da qualidade da água da estação e dos lagos, mostrou que o efluente tratado apresenta, na maioria dos ensaios realizados não atendimento à legislação em vigor, para o uso especificado.

Palavras chaves: Qualidade das Águas, Reúso, Irrigação, Parque do Ibirapuera.

ABSTRACT

MELO, L.C. **Reúso de Águas de Lagos Urbanos: Estudo de Caso – Lago do Ibirapuera, São Paulo – SP.** 2005. 104f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2005.

This work aims at verifying the possibility of using the effluent waters of the Flotation Utility and solid removal from Ibirapuera Park to irrigate the park lawns by reusing the existing waters in its lakes. Data surveys related to water shortage in the area of Greater São Paulo have been done and an approach to the quality of surface waters, the control rates, the main parameters used in the classification of these waters have been elaborated according to the CONAMA 20 (1986), State Decree-law nr. 8468 (1976), and the World Health Organization (WHO). The quality of Ibirapuera lake waters has been studied based on the laboratory data survey, the influent and effluent of the Flotation Utility and the solid removal of Ibirapuera Park. The CONAMA and the WHO requirements for the water quality have also been studied taking into account its several possibilities of use and reuse, giving prominence to the lawn irrigation. The requirement values of CONAMA and the WHO have been compared to the effluents of the Flotation Utility and the solid removal of Ibirapuera Park. The diagnosis of the lake and the water utility has shown that the treated effluent is not, in most tests, in accordance with the law for the specified use.

Keywords: Quality of water, reuse, Ibirapuera Park

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS, QUADRO e ANEXO.....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	4
3.1 Disponibilidade Hídrica na Terra - Escassez.....	4
3.2 Histórico do Reúso da Água.....	7
3.3 Qualidades das Águas.....	15
3.3.1 Qualidades das Águas Superficiais.....	16
3.3.2 Comprometimento da Qualidade das Águas.....	17
3.4 Classificação Geral das Águas.....	18
3.5 Águas Doces.....	20
3.6 Principais Usos da Água.....	21
3.6.1 Abastecimento Doméstico.....	21
3.6.2 Agricultura e Pecuária.....	22
3.6.3 Abastecimento Industrial.....	22
3.6.4 Geração de Energia Elétrica.....	23
3.6.5 Transporte e Navegação.....	23
3.6.6 Diluição de Despejos.....	24
3.6.5 Recreação e Lazer.....	24
3.6.6 Composição Paisagística.....	25
3.7 Parâmetros e Indicadores de Qualidade das Águas.....	25
3.7.1 Parâmetros Físicos.....	26
3.7.2 Parâmetros Químicos.....	26
3.7.3 Parâmetros Microbiológicos.....	26
3.7.4 Parâmetros Hidrobiológicos.....	26
3.7.5 Parâmetros Ecotoxicológicos.....	27
3.7.6 Padrões de Qualidades.....	27
3.8 Significado Ambiental dos Parâmetros.....	28
3.8.1 Variáveis Físicas.....	28
3.8.2 Variáveis Químicas.....	29
3.8.3 Variáveis Microbiológicas.....	40
3.9 Reúso.....	41
3.9.1 Reúso Potável.....	44
3.9.2 Reúso Não Potável.....	45
3.9.3 A Importância do Reúso.....	46
3.9.4 Formas Potenciais de Reúso.....	47
3.9.5 Usos Industriais.....	51
3.9.6 Recarga de Aqüíferos.....	52
3.9.7 Reúso de Água para fins Agrícola.....	52
3.10 Principais Usos da Água na Agricultura.....	54
3.11 Qualidade da Água para Agricultura.....	55
3.12 Problemas de Qualidade da Água de Irrigação.....	56
3.12.1 Salinidade.....	56

	Página
3.12.2 Infiltração.....	56
3.12.3 Toxicidade.....	57
3.12.4 Outros Problemas.....	58
3.13 Utilização de Águas de Residuárias e de Reúso na Agricultura.....	58
3.14 Métodos de Irrigação.....	62
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	64
4.1 Despoluição do Lago do Ibirapuera.....	69
4.2 Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes.....	71
4.3 Reúso das Águas do Parque do Ibirapuera.....	73
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	75
6 CONCLUSÕES.....	88
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

1. INTRODUÇÃO

Segundo SANTOS & MANCUSO (2003), 8% da reserva mundial de água doce está no Brasil, sendo que 80% destes encontram-se na Região Amazônica e os restantes 20% concentram-se nas regiões onde vivem 95% da população brasileira. Além de ser elemento essencial à vida, seu múltiplo uso é indispensável a uma série de atividades humanas, onde se destacam, dentre outras, o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica, as atividades de lazer e recreação, bem como a preservação da vida aquática (CETESB, 2003).

De recurso natural infinito, aos poucos a água vai tornando-se uma das mais valiosas mercadorias do século 21. Atualmente, ela já é entendida como bem escasso, com demanda crescente para uma oferta cada vez mais reduzida, seja pela sua degradação ou pelo mau uso (VALOR ECONÔMICO, 2004).

Dados da ONU dão conta que mais de 97,5 % da água do planeta é salgada. Os quase 2,5% restantes são água doce, dois quais, mais de dois terços estão incorporados nas geleiras ou neves eternas. Restam, apenas 0,93 % para consumo humano.

Esse volume é constante, para uma população humana que triplicou desde 1900, e um consumo que cresceu de seis a sete vezes neste período, em virtude dos avanços tecnológicos como, por exemplo, o desenvolvimento de bombas a diesel ou elétricas, nos anos de 1950, que possibilitou a retirada de água dos aquíferos mais rapidamente do que a recarga natural. Isto facilitou a Revolução Verde na agricultura, baseada na irrigação maciça, e contribuiu para ampliar a distribuição e o desperdício da água para cidades e indústrias (VALOR ECONÔMICO, 2004).

Também é da ONU a estimativa de perdas de mais de 70% da água nos métodos tradicionais de irrigação. As indústrias gastam menos recursos hídricos, mas tendem a poluir mais. As cidades têm parte da culpa no desperdício e na poluição; desde que foi

inventada a descarga hidráulica ligada a tubos de esgotos, no século 19, os despejos de dejetos crescem a ponto de ultrapassar a capacidade de suporte natural da água, de absorver os poluentes. Segundo a Organização Mundial da Saúde, mil litros de água usados pelo homem resultam em dez mil litros de água poluída.

Só a perspectiva de que todo País pagará pelo uso da água, já levou indústrias a investir em novas tecnologias e no reuso da água. Já em 1958, a ONU declarava que nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas com qualidade inferior. Só que ainda hoje, usa-se água potável tratada para usos menos nobres, como lavar pisos ou regar plantas.

A possibilidade concreta da escassez de água doce começa a tornar-se, cada vez mais, a grande ameaça ao desenvolvimento econômico e à estabilidade política do mundo nas próximas décadas. As disputas pelo uso da água poderão, inclusive, desencadear conflitos e guerras em escala imprevisível (PEDROSA & CAETANO, 2002).

As afirmações acima têm um ponto em comum: Classificam a água, ou sua disponibilidade, como um dos temas mais importantes da atualidade. Não há dúvidas de que, quem obtiver controle sobre a qualidade e a quantidade da água terá vantagens sobre os demais (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Desta forma, pela premência de solução para os problemas relacionados com a água, o presente trabalho focalizará a questão do reuso da água no Parque do Ibirapuera, localizado em São Paulo, Capital, que possui três lagos interligados, apresentando uma área superficial de aproximadamente 204.000 m², onde será analisada a possibilidade de reuso da água dos citados lagos para irrigação de seus entornos.

O Parque do Ibirapuera foi inaugurado em 1954 e é um dos logradouros públicos mais procurados pela população paulistana, constituindo-se numa das mais importantes áreas verdes da cidade e em local permanente de cultura e lazer.

Ressalta-se que, a influência no solo do possível lançamento desses efluentes tratados, não é escopo desse trabalho.

2. OBJETIVOS

Verificar a possibilidade de utilização das águas efluentes da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera, para irrigação dos gramados do referido parque.

Subsidiariamente, apresentar análise dos valores paramétricos das águas tratadas na estação.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - Disponibilidade Hídrica na Terra - Escassez

O Brasil é um país privilegiado, pois detém as mais extensas bacias hidrográficas do nosso planeta. Entretanto, muitas delas estão extremamente distantes de centros populacionais e industriais do País, o que ocorre com muitas potências mundiais, que demandam água em quantidade e qualidade.

A Organização das Nações Unidas (ONU) alertou que em 2025 cerca de 2,7 bilhões de pessoas, em todo o mundo, enfrentarão a falta d'água se as populações continuarem a tratá-la como um bem inesgotável. Os países que detêm grandes reservas naturais de água doce - como o Brasil - são acompanhados de perto como potenciais fornecedores.

Em MANCUSO & SANTOS (2003), pode-se verificar que, com base na disponibilidade de menos de 1000 m³ de água renovável por pessoa/ano, existem projeções antecipando escassez progressiva de água em diversos países do mundo, no intervalo 1955-2025:

- Países com água escassa em 1955: Malta, Djibuti, Barbados, Cingapura, Kuwait e Jordânia.
- Países adicionados à lista anterior em 1990: Qatar, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Iêmen, Israel, Tunísia, Cabo Verde, Quênia, Burundi, Argélia, Ruanda e Somália.
- Países que se encontram adicionados aos anteriores sob todas projeções de crescimento populacional das Nações Unidas para o ano 2025: Líbia, Omã, Marrocos, Egito, Camarões, África do Sul, Síria, Irã, Etiópia e Haiti.

A possibilidade concreta da escassez de água doce começa a tornar-se, cada vez mais, a grande ameaça ao desenvolvimento econômico e à estabilidade política do mundo nas próximas décadas. As disputas pelo uso da água poderão, inclusive, desencadear conflitos e guerras em escala imprevisível (PEDROSA & CAETANO, 2002).

Inúmeros estudiosos do assunto, criticam a cultura de abundância da água no país, o que é comprovado pela perda da SABESP, concessionária paulista, de aproximadamente 35% da água no caminho da captação à torneira do consumidor.

Dramática é a situação da Grande São Paulo, que com 18 milhões de habitantes, dispõe de apenas 500 m³ de água/habitante, para o abastecimento, não pela falta de cursos d'água, ou de chuvas, mas devido a poluição, por exemplo, do Rio Tietê. Para suprir a população são trazidos da bacia do Rio Piracicaba cerca de 31 m³/s, que fazem falta ao interior paulista (VALOR ECONÔMICO, 2004).

A produção de água de boa qualidade, dentro dos padrões de potabilidade, torna-se ainda mais onerosa, induzindo-se a priorização do abastecimento para consumo humano. Ao mesmo tempo, a adoção de tarifas escalonadas vem tornando proibitivo o uso de água potabilizada para processos industriais. Considerando a limitação dos mananciais de superfície, é provável que num futuro próximo, as águas subterrâneas venham a ser preferencialmente destinada ao abastecimento público, levando-se a uma alternativa para o uso nas atividades industriais, que é a utilização da água de reuso.

As disponibilidades de água doce na natureza são limitadas pelo alto custo de sua obtenção nas formas menos convencionais.

Se forem excluídas as reservas de gelo das calotas polares e glaciares, a água doce utilizável representa apenas 0,6% (8,5 milhões de km³) da água do planeta, que se reparte desigualmente pelas diversas regiões continentais.

Destes 8,5 milhões de km³ de água doce utilizáveis, 97% correspondem a águas subterrâneas, representando os rios e os lagos uma percentagem muito pequena.

Na Figura 1 é apresentada a distribuição da água na Terra, onde se pode verificar que:

- O bloco da esquerda mostra que cerca de 97% de toda a água existente está nos oceanos.
- O bloco do meio representa os restantes 3%. Dessa porção 77% está retida nos glaciares e *icebergs* e 22% constituem a água subterrânea.
- A distribuição do restante 1% está representada no bloco da direita. Desta porção aproximadamente de 61% corresponde a lagos, 39% distribui-se pela atmosfera e solos e menos de 0,4% pelos rios.

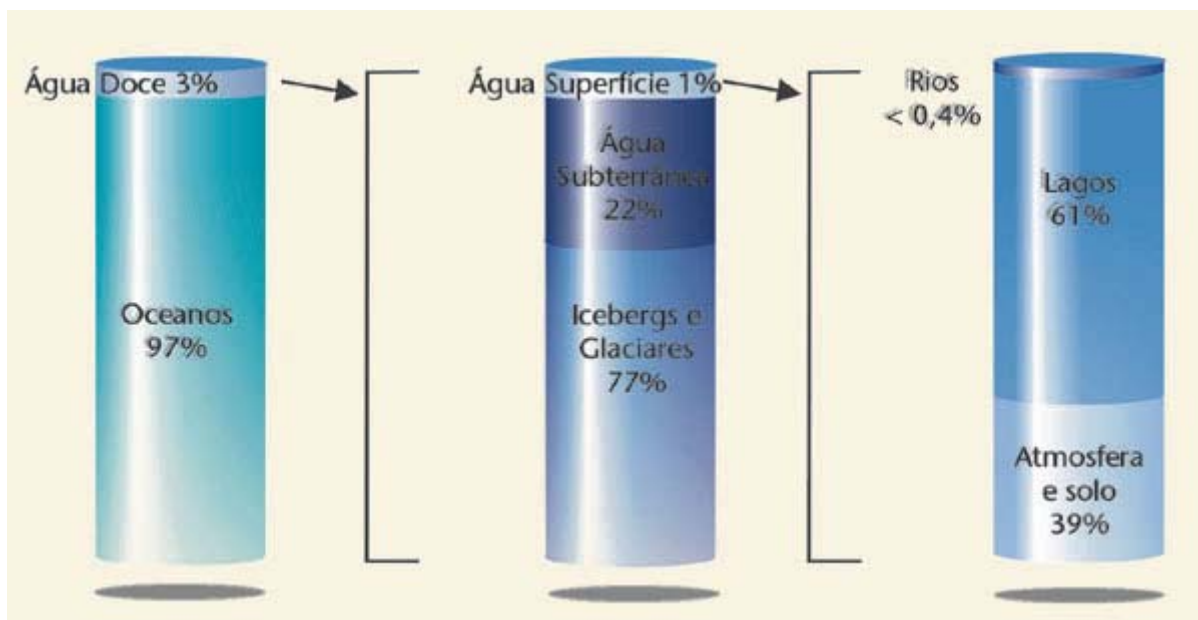


Figura 1 – Distribuição da água na Terra.

Fonte: adaptado de ANA, 2003

Na Tabela 1 mostra-se a distribuição da água no planeta, em termos de volume armazenado nos diferentes reservatórios:

Tabela 1 – Distribuição da água no Planeta em termos de volume armazenado

Reservatórios	Volume aproximado de água, em km³ de água	Porcentagem aproximada da água total
Oceanos	1 320 000 000	96.1
Glaciares	29 000 000	2.13
Água subterrânea	8 300 000	0.61
Lagos	125 000	0.009
Mares interiores	105 000	0.008
Humidade do Solo	67 000	0.005
Atmosfera	13 000	0.001
Rios	1 250	0.0001
Volume de água total	1 360 000 000	100%

Fonte: adaptado de Nace, U.S. Geological Survey, 1967.

Nas últimas décadas a crescente expansão demográfica e industrial trouxe como conseqüência o comprometimento das águas dos rios, lagos e reservatórios. As disponibilidades de água doce na natureza são limitadas pelo alto custo de sua obtenção mediante formas menos convencionais, como é o caso da salinidade da água do mar. Deve se, portanto, dar maior prioridade à preservação, ao controle, à recuperação, à utilização racional e ao reuso das águas doces superficiais.

3.2 - Histórico do reuso da água

O termo água de reuso passou a ser utilizado com maior freqüência na década de 1980, quando as águas de abastecimento foram tornando-se cada vez mais caras, onerando, assim, os produtos finais dos diversos processos de fabricação. Como o preço do produto aliado à sua qualidade, é fator determinante para o sucesso de uma empresa, a indústria passou a procurar, dentro de suas próprias instalações, a solução para o problema, tentando reaproveitar, ao máximo, seus próprios efluentes (MANCUSO & SANTOS, 2003).

A recuperação, reciclagem e reuso de águas residuárias tem suas raízes na Grécia antiga. Embora essa prática tenha ocorrido em muitas partes do mundo por séculos, existem vários fatores que contribuíram para o interesse recente por esse assunto. Em muitas nações industrializadas existem problemas crescentes, associados com o desenvolvimento ambientalmente adequado do abastecimento de água. Além disso, os custos da disposição dos esgotos domésticos e industriais

estão aumentando. Em países em desenvolvimento, localizados em partes áridas do mundo; para se obter um custo baixo é necessário o uso de tecnologias simples, a fim de viabilizar novas fontes de abastecimento de água, protegendo da poluição as já existentes. No planejamento e implementação de recuperação e reuso da água, as aplicações pretendidas para as mesmas determinam a extensão do tratamento exigido para as águas residuárias. Como a tecnologia tem melhorado, e os sistemas de reuso têm demonstrado confiabilidade, é provável que o reuso continuará a expandir-se no futuro (ASANO, 1996).

O reuso de águas residuárias tem uma longa história, comprovada pelos elaborados sistemas de esgoto associados com antigos palácios e cidades da Civilização de Minoan. As indicações para utilização de águas residuárias para irrigação agrícola nos remete há aproximadamente 5000 anos atrás (ANGELASKIS, 1996). Em épocas mais recentes, durante o século 19, os métodos de utilização de águas residuárias em larga escala, com descarga nas águas de superfície, liderada pelo uso indireto de esgoto e outros efluentes, eram descartados de forma inadvertida. Esse reuso, não planejado, associado com a falta e adequado tratamento das águas residuárias, resultou em epidemias catastróficas, tais como, cólera e febre tifóide asiática, durante os anos de 1840 a 1850. Porém, quando ficou claro que estas doenças tinham veiculação hídrica, foram adotadas soluções de engenharia, como, por exemplo, o lançamento de efluentes a jusante da captação, em Londres, e a introdução progressiva de filtração da água, durante os anos de 1850 e 1860 (BARTY-KING, 1991).

O desenvolvimento de programas para uso planejado de águas residuárias, nos EUA começou no início século 20. O Estado de Califórnia priorizou esforços para promover recuperação das águas e seu reuso, sendo que os primeiros regulamentos foram promulgados em 1918. Alguns dos primeiros sistemas com essa finalidade foram desenvolvidos para fornecer água para irrigação, nos estados do Arizona e Califórnia, em 1920. Em 1940 águas residuárias cloradas foram usadas nos processo de produção de aço, e em 1960 sistemas para reuso urbano foram desenvolvidos no Colorado e Flórida.

Durante os últimos 25 anos do século 20, os benefícios decorrentes do reuso de águas residuárias, como um meio de suplementar as fontes de abastecimento já haviam sido reconhecido pela maioria das unidades federadas dos Estados Unidos e também pela União Européia (ECCD, 1991).

Nos anos 90, aumentou o interesse pelo reuso de águas residuárias em muitas partes do mundo, em virtude das crescentes pressões a favor da alta qualidade, disponibilidade de água segura para agricultura, indústria e o público, uma situação que é exacerbada em anos de seca. Hoje, está provado que tecnicamente existem processos de tratamento e purificação de águas residuárias capazes de produzir água de qualquer qualidade desejada (ASANO e LEVINE, 1996). Nas Figuras 2 a 4 são apresentadas projeções de evolução do controle de poluição, reciclagem e reuso das águas, no período que vai de 3000 aC até 2000 dC.

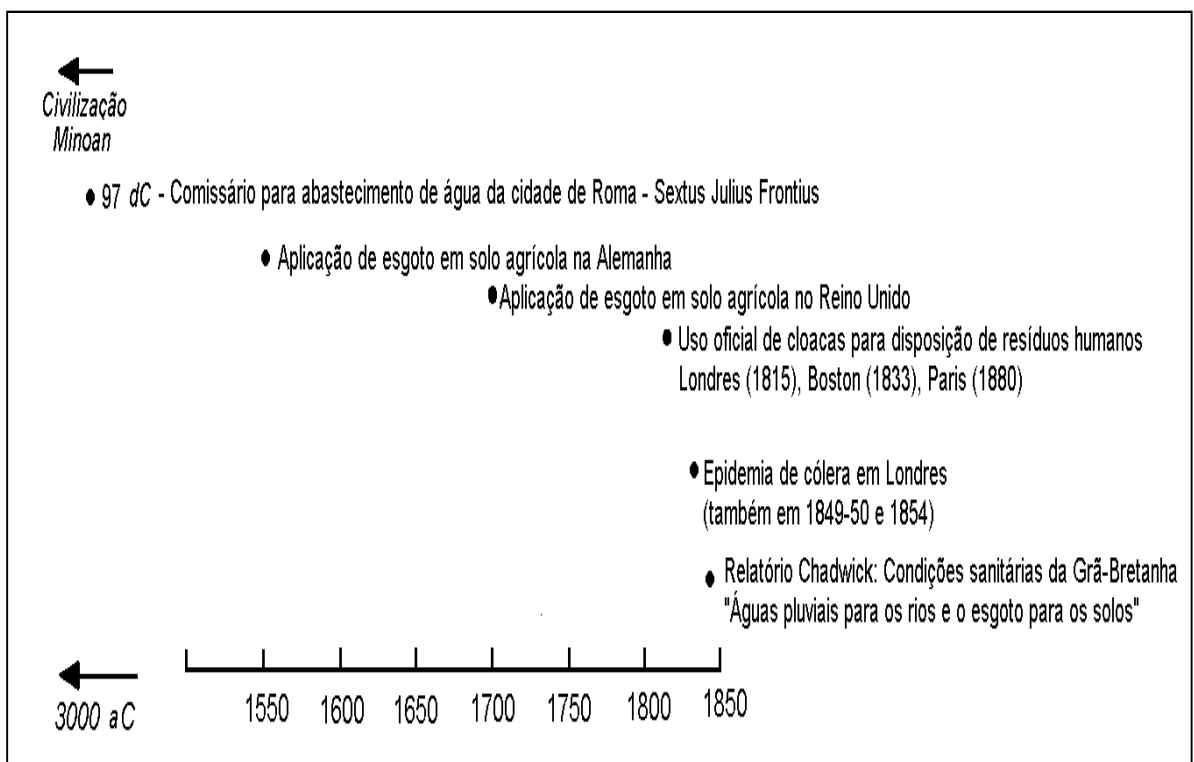


Figura 2 – Primeiros sistemas de água e serviços de saúde pública de 3000 aC a 1850 dC. Fonte: Adaptado de Asano e Levine, 1996

A partir do ciclo hidrológico a água se constitui em um recurso renovável. Quando reciclada em de sistemas naturais, é um recurso limpo e seguro, que é, por meio da atividade antrópica, deteriorada a níveis diferentes de poluição. Entretanto, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos. A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reuso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, operação e manutenção associados. As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANOL, 2002 b)

Os sistemas de distribuição de águas e de coleta de esgotos, associados com a recuperação, reciclagem e reuso de águas residuárias, desempenham um papel importante no ciclo hidrológico natural. Uma avaliação conceitual do ciclo das águas superficiais e das subterrâneas, para abastecimento público, irrigação, usos municipais, industriais, e para recuperação e reuso é mostrado na Figura 5.

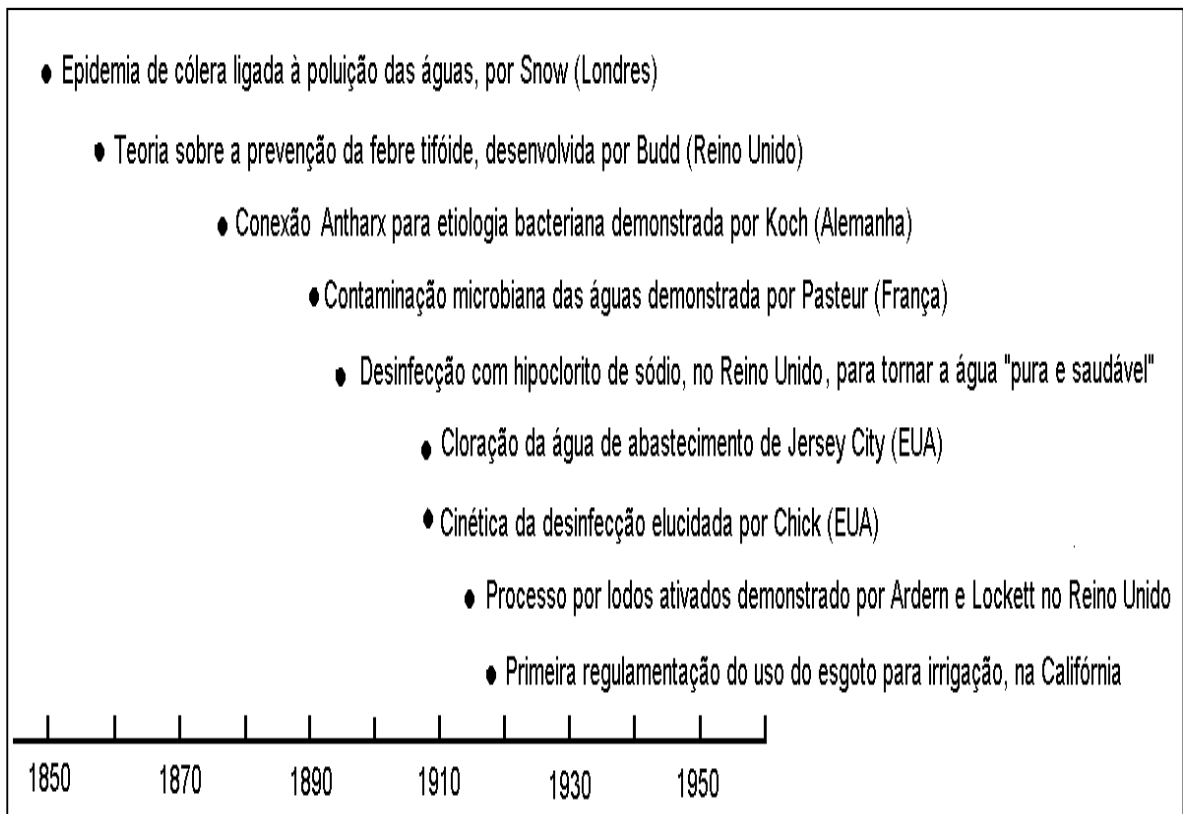


Figura 3 – Grande despertar para o sanitarismo, de 1850 a 1950
 Fonte: Adaptado de Asano e Levine, 1996

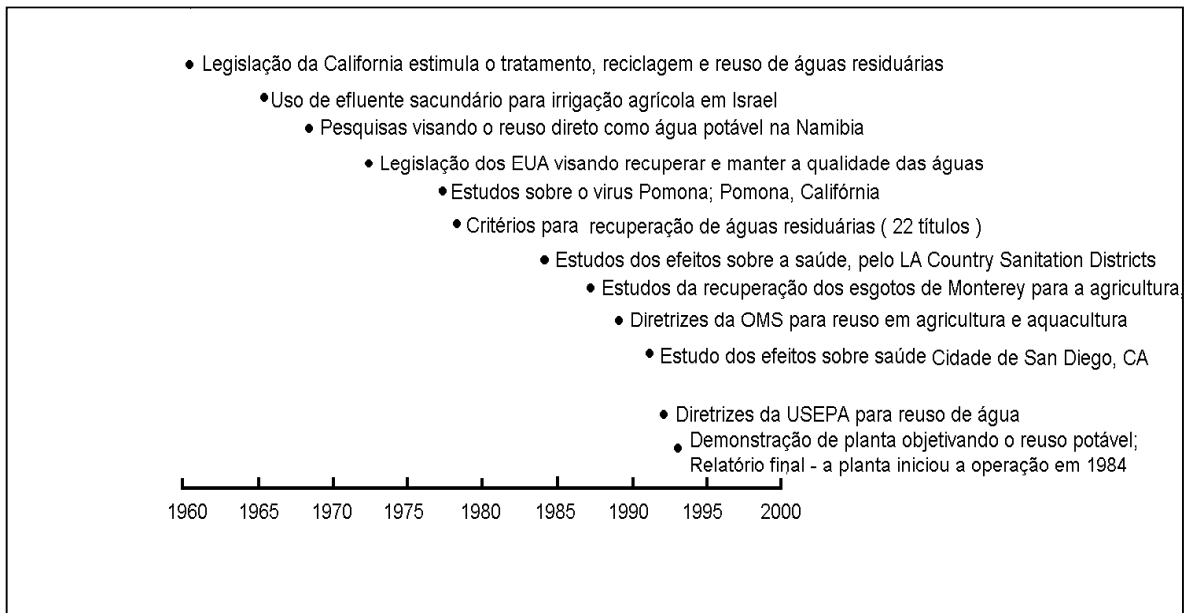


Figura 4 – Era do controle de poluição, reciclagem e reúso das águas residuárias, após 1960 - Fonte: Adaptado de Asano e Levine, 1996

As águas para reúso industrial são provenientes de diversos tipos de com alta taxa de utilização desse bem. Em alguns casos, tem sido desenvolvidos sistemas de reciclagem em circuito-fechado, que tratam a água por um processo simples (ASANO e LEVINE, 1996).

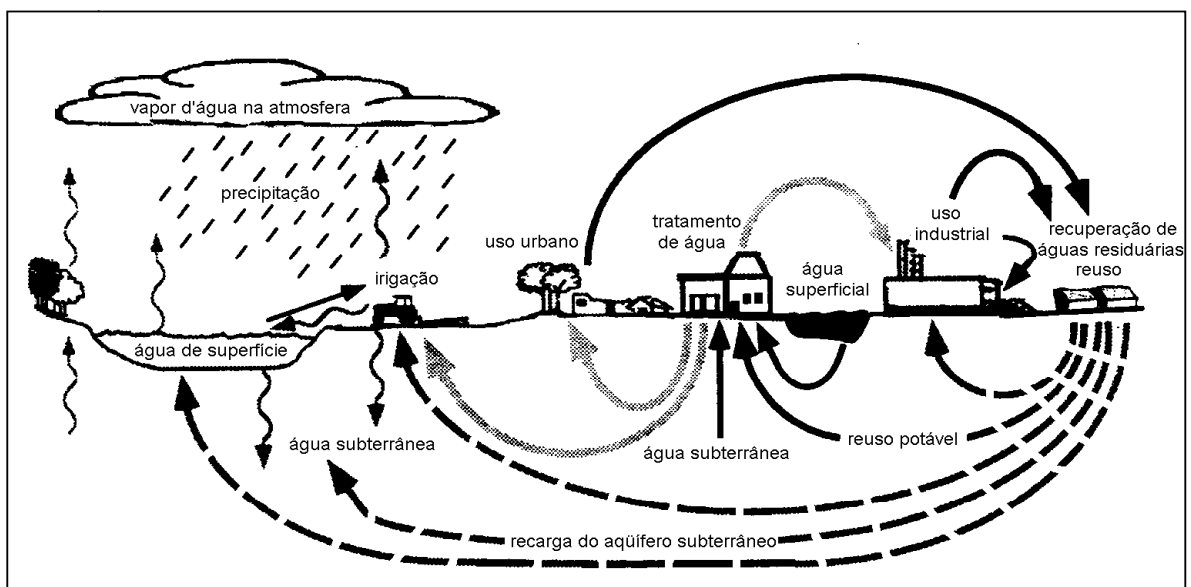


Figura 5 – O papel das instalações de tratamento, recuperação, e reúso da água no ciclo hidrológico. Fonte: adaptado de ASANO e LEVINE, 1996

Na figura 5, as principais vias são mostradas com linhas tracejadas, e incluem a recarga dos mananciais subterrâneos, irrigação, uso industrial, e reabastecimento de mananciais. O reabastecimento das águas de superfície e a recarga do aquífero subterrâneo acontecem também naturalmente, pela drenagem, via ciclo hidrológico, e pela infiltração das águas de irrigação não absorvidas pelas plantas. As águas usadas ou reusadas, para irrigações agrícolas e de jardins, incluem as provenientes da agricultura, as de uso residencial, comercial e as de aplicações municipais.

Segundo Hespagnol (2002 b), o uso de esgotos tem sido praticado em muitas partes do mundo, por muitos séculos. Sempre que água de boa qualidade não é disponível, ou quando é difícil de serem obtidas, águas de menor valor, tais como de esgotos, águas de drenagem agrícola ou águas salobras são espontaneamente utilizadas, principalmente em agricultura e aquicultura. Infelizmente, essa forma de uso não institucionalizado, não planejado e, às vezes, inconsciente, é realizada sem quaisquer considerações para com os aspectos de saúde, de meio ambiente e de práticas agrícolas adequadas. O autor explica que, embora ocorram manifestações de reuso agrícola não planejado ou inconsciente em diversas regiões brasileiras, inclusive em algumas regiões metropolitanas, a prática do reuso de água associada ao setor público ainda é extremamente incipiente no Brasil. Em alguns Estados do Nordeste, particularmente Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, alguns projetos foram implantados visando à irrigação de capim elefante com efluentes domésticos, sem nenhum tratamento e sem nenhuma forma de proteção à saúde pública dos grupos de risco envolvidos.

Por outro lado, o setor privado, particularmente o industrial, vem, gradualmente, se conscientizando de que a prática de reuso e reciclagem pode trazer benefícios significativos tanto no que concerne ao processamento industrial, quanto em relação às águas de utilidades. As políticas tarifárias, praticadas pela maioria das companhias municipais e estaduais de saneamento, assim como o advento e a implementação das estruturas de outorga e cobrança, tanto na tomada de água como na diluição dos despejos produzidos, têm levado as indústrias a dedicarem especial atenção às novas tendências e tecnologias disponíveis para reuso e reciclagem de efluentes (HESPANHOL, 2002 b).

A Agência Nacional de Águas - ANA, dentro de sua função básica de promover o desenvolvimento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos previsto no inciso XIX do art. 21 da Constituição e criado pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, tem competência para administrar, entre uma gama significativa de atribuições (relacionadas no Art. 4º, Capítulo II, Lei Nº 9.984 de 17 de julho de 2000), os aspectos relativos às secas prolongadas, especialmente no Nordeste, e à crescente poluição dos cursos de água, no território nacional.

Atualmente, explica Hespanhol (2002 b), nenhuma forma de ordenação política, institucional, legal ou regulatória orienta as atividades de reuso praticadas no território nacional. Os projetos existentes são desvinculados de programas de controle de poluição e de usos integrados de recursos hídricos nas bacias hidrográficas onde estão sendo implementados, não empregam tecnologia adequada para os tipos específicos de reuso implementados e não incluem as salvaguardas necessárias para preservação ambiental e proteção da saúde pública dos grupos de risco envolvidos. Além disso, não são formulados com base em análises e avaliações econômico-financeiras e não possuem estruturas adequadas de recuperação de custos.

Embora possa não ser atribuição específica da ANA promover e regulamentar as atividades de reuso de água no Brasil, a sua ação coordenadora no setor permitiria a elaboração e implementação de projetos sustentáveis de reuso, ajustados aos programas e objetivos de gerenciamento integrado nas bacias hidrográficas nas quais esteja atuando. Além disso, as atividades de reuso adequadamente coordenadas constituir-se-iam em elementos valiosos para melhor a utilização dos recursos hídricos disponíveis, controle da poluição e atenuação do problema de seca em regiões semi-áridas.

Os elementos básicos para a promoção e regulamentação da prática sustentável de reuso de água no território nacional poderiam ser efetuados a partir das seguintes atividades:

- Estabelecer uma política de reuso, definindo objetivos e metas, tipos de reuso, áreas prioritárias e condições locais e/ou regionais para a implementação da prática;
- Propor estruturas institucionais para a promoção e gestão de programas e projetos de reuso em níveis nacional, regionais e locais;
- Estabelecer um arcabouço legal incluindo diretrizes, padrões e códigos de prática;
- Estabelecer um arcabouço regulatório, incluindo atribuições, responsabilidades, incentivos e penalidades;
- Definir os critérios de tratamento de efluentes para reuso e proposição de tecnologias adequadas para a prática em função de características climáticas, técnicas e culturais regionais ou locais;
- Estabelecer critérios para a avaliação econômico-financeira de programas e projetos de reuso; estabelecer normas e programas para informação, para educação ambiental e para participação pública nos programas e projetos de reuso;
- Estabelecer um sistema de monitoramento, avaliação e divulgação dos programas a níveis nacional, regionais e locais.

Como não existe no Brasil experiência em reuso planejado e institucionalizado, é necessário implementar projetos pilotos. Essas unidades experimentais devem cobrir todos os aspectos das diversas modalidades de reuso, principalmente os relativos ao setor agrícola, e deverão fornecer subsídios para o desenvolvimento de padrões e códigos de prática, adaptados às condições e características nacionais. Uma vez concluída a fase experimental, as unidades piloto serão transformadas em sistemas de demonstração, objetivando treinamento, pesquisa e o desenvolvimento do setor.

A incorporação da filosofia de reuso nos planos nacionais de gestão de recursos hídricos e desenvolvimento agrícola é de fundamental importância para regiões áridas e semi-áridas, e naquelas onde a demanda é precariamente satisfeita, mediante transposição de água de bacias adjacentes. O reuso implica redução de custos, principalmente se é considerado em associação com novos projetos de sistemas de tratamento, uma vez que os padrões de qualidade de efluentes, necessários para diversos tipos de uso, são menos restritivos do que os necessários para proteção ambiental.

Água de reuso pode ser utilizada, entre outras, na criação ou melhoria de ambientes aquáticos para fins de recreação ou de preservação de espécies aquáticas, lagos para natação, para passeios de barcos, para pesca recreativa, ou

apenas para fins paisagísticos que podem ser criados em clubes e parques etc., com águas recuperadas de esgotos tratados (MANCUSO e SANTOS, 2003).

3.3 - Qualidade das Águas

Segundo RANTAC (2001), a qualidade das águas que estão disponíveis para os diferentes usos do ser humano é resultante das condições naturais da bacia hidrográfica e depende da sua utilização e da ocupação dos solos em torno dos mananciais.

De acordo com MULLER (2000), a qualidade da água é definida em função de seus usos específicos diversos, como o abastecimento da população, criação natural e/ou intensiva (aqüicultura), proteção das comunidades aquáticas, dessedentação de animais, irrigação, recreação, uso industrial, harmonia paisagística, entre outros. A poluição da água acontece quando lhe são adicionadas substâncias estranhas, eliminando ou diminuindo a sua aptidão para usos específicos. A contaminação ocorre quando a qualidade da água é deteriorada por microorganismos, resultante de atividades humanas (esgotos), agrícola e industrial.

Ainda de acordo com MULLER (2000), ecologicamente, a qualidade da água tem um sentido um pouco diferente, que ocorre em função da condição de adaptação dos seres vivos a um certo meio. Neste caso, depende dos aportes naturais dados pelas chuvas e pelas condições geológicas e dos solos da bacia de drenagem. Podem ter sua qualidade comprometida por agentes de origem inorgânica, como o chumbo ou mercúrio, ou orgânica, como é o caso dos coliformes oriundos de esgotos domésticos.

A decomposição natural da matéria orgânica, quando acumulada, pode causar mudanças importantes na concentração de oxigênio e nos valores de pH, com conseqüências irreparáveis para diversos seres vivos.

Segundo a UNIAGUA (1999), a qualidade da água muda ao longo do ano, em decorrência dos fatores meteorológicos, da eventual sazonalidade de lançamentos poluidores e das vazões. Sua avaliação é realizada em função da quantificação

de algumas variáveis, como: temperatura, pH, fósforo total, oxigênio dissolvido, nitrogênio total e coliformes fecais, entre outras.

3.3.1 - Qualidade das Águas Superficiais

A rede de monitoramento da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo foi criada em 1974, em atendimento à Lei Estadual nº. 118, promulgada em 29.06.1973. Com o advento da Portaria nº. 1469/2000, do Ministério da Saúde, foi incorporada a exigência, em seu artigo 19, de que os mananciais superficiais contenham um plano de monitoramento (CETESB, 2002).

De acordo com CETESB (2002), os principais objetivos dessa rede de monitoramento são:

- Avaliar a evolução da qualidade das águas interiores dos rios e reservatórios do Estado;
- Proporcionar o levantamento das áreas prioritárias para o controle da poluição das águas;
- Subsidiar o diagnóstico e controle da qualidade das águas doces utilizadas para o abastecimento público, verificando se as características da água são compatíveis com o tratamento existente, bem como para outros usos;
- Dar subsídio técnico para a elaboração dos Planos de Bacia e Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos, realizados pelos Comitês de Bacias Hidrográficas em nível Estadual e Federal na área compreendida pelo Estado de São Paulo;
- Identificar trechos de rios onde a qualidade d'água possa estar mais degradada, possibilitando ações preventivas e corretivas da CETESB e de outros órgão, como a construção de ETEs (Estações de Tratamento de Esgotos) pelos municípios ou a adequação de lançamentos industriais.

Segundo o relatório da CETESB (2003), essa rede de monitoramento é constituída, por 153 pontos distribuídos dentro da área do Estado de São Paulo e 1 ponto no Estado de Minas Gerais.

A CETESB estrutura em seus relatórios a avaliação da qualidade das águas dividindo o Estado de São Paulo em Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI), e também pelos três usos preponderantes dos recursos hídricos. Assim, para cada um desses usos, além das variáveis específicas de qualidade de água e sedimento são utilizados também índices de qualidade, conforme especificado a seguir:

- **Para fins de abastecimento público**

IAP – Índice de Qualidade de Água Bruta para fins de Abastecimento Público.

- **Para fins de proteção da vida aquática**

IVA – Índice de Proteção da Vida Aquática;

ICF – Índice da Comunidade Fitoplanctônica;

ICZRES – Índice da Comunidade Zooplanctônica para reservatórios e

ICB – Índice da Comunidade Bentônica.

- **Para fins de Balneabilidade**

IB – Índice de Balneabilidade.

A situação dos esgotos domésticos no Estado de São Paulo, isto é, sua porcentagem de coleta e tratamento, cargas poluidoras potenciais, remanescentes e corpos receptores são atualizadas anualmente pela SABESP e CETESB.

A Lei Estadual nº 7663/1991, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, dividiu o Estado de São Paulo em 22 UGRHI. Sendo assim, a avaliação da qualidade das águas está estruturada em função desta divisão, e apresenta, para cada UGRHI, os resultados dos parâmetros monitorados (físicos, químicos e biológicos), bem como uma análise dos corpos d'água correspondentes (CETESB, 2002).

3.3.2 - Comprometimento da Qualidade das Águas

Segundo RANTAC (2001), a qualidade das águas pode ser comprometida de diferentes maneiras, pelo Homem:

- **Em relação ao grau de ocupação do solo da bacia:** a construção de casas, prédios ou indústrias pode provocar a contaminação das águas. A forma mais comum, é o lançamento de esgoto diretamente em córregos ou rios. Embora ilegal e danoso à saúde é uma prática corriqueira no Brasil. Outra possibilidade é a construção de fossas próximas aos corpos d'água. Ao longo dos anos este comprometimento acontece em decorrência da permeabilidade do solo. Resíduos sólidos, lixo acumulados em áreas urbanas ou partículas de fezes animais podem ser carregados pelas águas das chuvas para os rios, lagos e represas. Quanto maior for o grau de ocupação do solo maior será o risco de contaminação do manancial.
- **Atividades poluidoras na área da bacia:** substâncias químicas nocivas podem ser geradas por indústrias ou atividades de mineração, e atingir diretamente os corpos d'água, comprometendo a qualidade das águas da bacia. Produtos químicos podem se depositar no solo e serem carregados pelas chuvas alcançando os mananciais, pondo em risco a saúde da população que se abastece dessa água.
- **Aplicação de defensivos agrícolas:** o uso de biocidas e fertilizantes, decorrente de atividades agropecuárias, os quais chegam direta ou indiretamente ao manancial, compromete a qualidade das águas.
- **Pela criação de animais:** a concentração de animais acarreta acúmulo de esterco, que pode ser carregado pelas chuvas para os mananciais, aumentando assim, os teores de nitrogênio e o risco de coliformes fecais.

A legislação tem vindo a proibir, coibir ou a reduzir as emissões de poluentes nos rios, definindo limites de concentração de matéria orgânica, limitação ou proibição de produtos químicos no efluente.

3.4 - Classificação Geral das Águas

O CONAMA (1986) diz que a classificação das águas é essencial para a defesa de seus níveis de qualidade, de modo a assegurar seus usos preponderantes.

O artigo 2º da Resolução CONAMA 20, de 18.06.1986 adota as seguintes definições:

- a) Classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade).
- b) Enquadramento: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d' água ao longo do tempo.
- c) Condição: qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d' água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada.
- d) Efetivação do Enquadramento: conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento de corpo d' água em correspondência com a sua classe.

Ainda segundo o CONAMA (1986), os custos do controle de poluição para um determinado corpo d' água, ou seus diferentes trechos, serão adequados quando os níveis de qualidade exigidos estiverem de acordo com os usos que se pretende dar aos mesmos.

O enquadramento dos corpos d' água deve estar baseado não necessariamente, no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atenderem às necessidades da comunidade e de seus usos. A saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não deve ser afetado como consequência da deterioração da qualidade das águas.

Segundo REBOUÇAS et al (2002), existem dois tipos de classificação das águas, a Mundial e a Brasileira, sendo que a primeira é em função dos teores de sólidos totais dissolvidos e a segunda de acordo com suas salinidades (CONAMA, 1986), ambas mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação Geral das Águas

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS	MUNDIAL	TERRITÓRIO BRASILEIRO (RESOLUÇÃO CONAMA 20/86)
Doces	(STD) inferior a 1.000 mg/L	Salinidade inferior ou igual a 0,5 ‰
Salobras	(STD) entre 1.000 e 10.000 mg/L	Salinidade entre 0,5 ‰ e 30 ‰
Salgadas ou Salinas	(STD) com mais de 10.000 mg/L	Salinidade superior a 30 ‰

Fonte adaptada de REBOUÇAS et al, 2002.

REBOUÇAS et al (2002) explicam que no Sistema Internacional de Unidades, a salinidade da água é referida, com maior precisão, como sólidos totais dissolvidos, uma vez que os constituintes em solução na água não são somente sais.

3.5 – Águas Doces

Água doce é elemento natural essencial ao abastecimento do consumo humano, ao desenvolvimento de atividades industriais e agrícolas, e de importância vital para os ecossistemas, estando classificada em (CONAMA, 1986):

- **Águas da Classe Especial** - são as águas destinadas ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
- **Águas da Classe 1** - são as águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e, à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
- **Águas da Classe 2** - são as águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e, à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas á alimentação humana.

- **Águas da Classe 3** - são as águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e, a dessedentação de animais;
- **Águas da Classe 4** - são as águas destinadas à navegação, à harmonia paisagística e, aos usos menos exigentes.

3.6 –Principais Usos da Água

De acordo com RANTAC (2001), os recursos hídricos são utilizados para múltiplos fins, sendo que uma mesma fonte de água ou manancial pode ser destinada a um ou mais usos, tais como:

- Abastecimento doméstico;
- Industrial;
- Agricultura e Pecuária;
- Recreação e lazer;
- Geração de energia elétrica;
- Transporte e navegação;
- Diluição de despejos; e
- Paisagismo.

A multiplicidade de usos pode gerar conflitos, e estes ocorrem quando um determinado uso inviabiliza ou dificulta o outro. Por exemplo, o uso da água como fonte de abastecimento humano ou doméstico apresenta conflitos com o uso da água para diluição de esgotos, uma vez que isso pode implicar dificuldades crescentes para o tratamento dessa água. A meta deve ser a utilização das fontes de água garantindo principalmente o abastecimento da população e o máximo possível de seus usos diversos (RANTAC, 2001).

3.6.1 - Abastecimento doméstico

De acordo com RANTAC (2001), este é o uso mais nobre da água, essencial para a manutenção da vida humana, para suprir o corpo humano e também as necessidades como limpeza de utensílios e habitações, higiene pessoal, cozimento de alimentos, irrigação de jardins, combate a incêndios e limpeza de ruas.

3.6.2 – Agricultura e pecuária

Segundo REBOUÇAS et al (2002), o inter-relacionamento do uso da água na agricultura e na pecuária deve ser focado, segundo quatro aspectos:

- Uso na agricultura irrigada;
- Uso na dessedentação de animais;
- Erosão provocada pela ação das chuvas em áreas agricultadas; e
- Efluentes agrícolas.

A irrigação exige grandes volumes de água. Cerca de 98% do volume retirado pelas plantas é transferido diretamente para a atmosfera, através da evapotranspiração das culturas. Os 2% restantes são transformados em matéria orgânica.

Na dessedentação de animais o retorno da água para o manancial é parcial, sendo que o maior prejuízo se dá no aspecto qualidade, uma vez que 60 a 70% retornam sob a forma de urina e de outros dejetos.

Dependendo do tipo de solo, da declividade do terreno e do cultivo, chuvas intensas podem provocar erosão superficial, carreando nutrientes e partículas sólidas, empobrecendo ou até mesmo destruindo o solo, degradando conseqüentemente os corpos d'água superficiais e subterrâneos.

3.6.3 - Abastecimento industrial

Segundo RANTAC (2001), a água pode ser captada diretamente pelas indústrias, para cumprir as seguintes funções:

- Fabricação de produtos, tais como bebidas e alimentos;
- No processo de fabricação, como a água de refrigeração, ou para as caldeiras; e

- Utilizadas complementarmente ao processo de fabricação, tais como, limpeza de equipamentos, prevenção e controle de incêndio.

3.6.4 – Geração de Energia Elétrica

REBOUÇAS et al (2002), afirmam que o Brasil, e outros países como o Canadá, Suécia e Noruega, têm a sorte de possuir numerosos rios com potencial de aproveitamento hidrelétrico. Por esta razão, o parque hidrelétrico brasileiro é um dos maiores do mundo, em termos absolutos e relativos: enquanto em termos mundiais as usinas hidrelétricas são responsáveis pela produção de cerca de 25% da energia elétrica, no Brasil esta cifra tem atingido nos últimos anos 97%. O restante é produzido principalmente por usinas termoelétricas, cujas turbinas são acionadas pela queima de combustíveis fósseis ou fósseis (usina nuclear é um tipo de usina térmica). Existem usinas que não são nem hidrelétricas nem termoelétricas, por serem acionadas pela energia eólica ou diretamente pela energia solar. Em termos quantitativos, no entanto, estas usinas “alternativas” contribuem com uma porcentagem insignificante do total de energia elétrica produzida, no mundo e no Brasil.

Ainda segundo REBOUÇAS et al (2002), a energia produzida nas usinas hidrelétricas é renovável graças ao ciclo hidrológico: a água de chuva escoam superficialmente ou subsuperficialmente em direção ao mar, ao mesmo tempo em que vai sendo evaporada. O escoamento descendente é acionado pela gravidade, ao passo que a evaporação ascendente, que dão origem às nuvens e às futuras precipitações, é acionada pela energia solar. Já a energia produzida nas usinas termoelétricas é não renovável. Isto é, depende de reservas minerais que são definitivamente deplecionadas pelo uso.

3.6.5 – Transporte e Navegação

REBOUÇAS et al (2002), relatam que a logística do abastecimento de insumos para o sustento e desenvolvimento da espécie humana enfrenta distâncias cada vez maiores entre as áreas de produção e as de transformação e de consumo,

dada a disposição geográfica diversificada das jazidas naturais, das áreas agricultáveis, das comunidades, das zonas industriais etc, sendo necessário assim, o desenvolvimento da infra-estrutura de transportes, tanto em termos de corredores ferroviários como de navegação interior.

Ainda segundo os autores, o Brasil se defronta com sérias limitações de expansão da fronteira agrícola, dadas a inexistência de corredores ferro-hidroviários. Nesse contexto, o transporte por meio da navegação interior se apresenta como o de solução de menor custo operacional, e muitas vezes, de custo de implantação até pequeno, quando inserido em projeto de usos múltiplos.

Nota-se ainda, que em todo mundo a navegação vem se revelando o modo de transporte de menores impactos para o meio ambiente.

3.6.6 – Diluição de despejos

O uso menos nobre é o da simples diluição de despejos, o qual não possui nenhum requisito básico em termos da qualidade da água (RANTAC, 2001).

3.6.7 - Recreação e lazer

Turismo, recreação e lazer são atividades que geram rendimentos importantes na composição do Produto Interno Bruto das nações. Segundo REBOUÇAS et al (2002) essas atividades vêm sendo exploradas em associação ao uso de água doce como negócio. As expectativas de crescimento dessas atividades são bastante positivas e, nesse sentido o Brasil, pode estimar o crescimento do potencial de negócios associado ao ecoturismo em água doce, face às suas riquezas naturais disponíveis.

De acordo com RANTAC (2001), o contato do homem com a água, nas atividades de turismo, lazer e recreação, pode ser:

- *Contato Primário:* são aquelas atividades em que o homem entra em contato direto com o meio líquido – natação, wind-surf e esqui aquático.
- *Contato Secundário:* são aquelas atividades em que não há contato com o meio líquido – esportes náuticos como o uso de barcos, vela ou motor e pesca esportiva.

3.6.8 - Composição paisagística

É a água como componente da paisagem tornando-a menos árida, mais agradável (RANTAC, 2001).

3.7 - Parâmetros e Indicadores de Qualidade das Águas.

Segundo CETESB (2003), a poluição das águas tem como origem diversas fontes, dentre as quais destacam:

- Efluentes domésticos;
- Efluentes industriais;
- Carga difusa urbana e agrícola.

Essas fontes estão associadas ao tipo de uso e ocupação de solo, sendo que cada fonte possui características próprias, quanto aos poluentes que carregam (CETESB, 2003).

Em geral, o deflúvio superficial urbano contém todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Quando da ocorrência de chuvas, os materiais acumulados são arrastados pelas águas pluviais para os cursos d'água, constituindo-se numa fonte de poluição (CETESB, 2003).

Ainda segundo CETESB (2003), o deflúvio superficial agrícola apresenta características diferentes. Seus efeitos dependem das práticas agrícolas de cada região e da época do ano em que se preparam os terrenos para o plantio, a

aplicação de fertilizantes, defensivos agrícolas e colheita. Intensifica-se quando da ocorrência de chuvas a contribuição proveniente da erosão de solos.

As diferentes formas de aporte tornam, na prática, essencial a análise sistemática de todos os poluentes, que possam estar presentes nas águas superficiais, fato pelo qual, a CETESB faz uso de 50 indicadores (parâmetros) de qualidade de água (físicos, químicos, hidrobiológicos, microbiológicos, e ecotoxicológicos), a seguir mostraremos os mais representativos.

3.7.1 - Parâmetros Físicos.

Absorbância no ultravioleta, coloração da água, série de resíduos (filtrável, não filtrável, fixo e volátil), temperatura da água e do ar e turbidez.

3.7.2 - Parâmetros Químicos.

Alumínio, bário, cádmio, carbono orgânico dissolvido, chumbo, cloreto, cobre, condutividade específica, cromo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), demanda química de oxigênio (DQO), fenóis, ferro total, fluoreto, fósforo total, manganês, mercúrio, níquel, óleos e graxas, ortofosfato solúvel, oxigênio dissolvido, pH, potássio, potencial de formação de trihalometanos, série de nitrogênio (Kjeldahl, amoniacal, nitrato e nitrito), sódio, surfactantes e zinco.

3.7.3 - Parâmetros Microbiológicos

Clostridium perfringens, coliformes termotolerantes, *Cryptosporidium sp*, estreptococos fecais e *Giardia sp*.

3.7.4 - Parâmetros Hidrobiológicos.

Clorofila *a* e feofitina *a*

3.7.5 - Parâmetros Ecotoxicológicos.

Sistema Microtox, teste de Ames para a avaliação de mutagenicidade e teste de toxicidade crônica a *Ceriodaphnia dubia*.

Segundo a CETESB (2003), quando necessário, um diagnóstico mais detalhado de qualidade de água em determinados trechos de rios, lagos ou em reservatórios, outros parâmetros podem vir a ser analisados.

No item 3.8 do presente trabalho, retrataremos somente os parâmetros que são analisados pela SABESP, no que se refere a ETE do Ibirapuera.

3.7.6 - Padrões de Qualidade

Segundo a CETESB (2001), os padrões de qualidade definem os limites de concentração a que cada substância presente na água, deve obedecer no controle da poluição das águas de nossos rios e reservatórios. Esses padrões dependem da classificação das águas interiores, que é estabelecido segundo seus usos preponderantes, variando da Classe Especial, a mais nobre, até a Classe 4, a menos nobre, conforme legislação em vigor .

De acordo com a SMA (2000), para que seja definida a qualidade da água e o seu uso, os padrões são determinados pelo número de coliformes fecais por 100mL de água e a porcentagem de vezes que estiverem presentes em cinco coletas consecutivas. Assim, as águas que apresentarem menos de mil coliformes fecais em 100 mL em 80% das amostras são consideradas próprias para banho e piscicultura. Até 4.000 coliformes fecais, as águas ainda podem ser utilizadas para abastecimento, desde que submetidas a tratamento, quando ultrapassam esse valor, servem apenas à navegação e harmonia paisagística.

BRANCO (1978) apud RIBEIRO (1998) faz distinção entre padrão de qualidade e de potabilidade. Segundo o autor, o primeiro diz respeito a todos os

usos possíveis das águas, enquanto que o segundo refere-se tão somente à utilização para fins de consumo humano. Ainda de acordo com o autor, para muitos empregos deste líquido têm sido estabelecidos padrões restritivos.

3.8 – Significado Ambiental dos Parâmetros.

3.8.1 - Variáveis Físicas

- **Coloração:** De acordo com CETESB (2003), a cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico.
A coloração é realizada na rede de monitoramento e consiste basicamente na observação visual do técnico de coleta no instante da amostragem.
- **Resíduo Total:** Para a CETESB (2003), os sólidos podem causar prejuízos as comunidades aquáticas. Estes podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbica.
- **Turbidez :** BRANCO (1978) apud RIBEIRO (1998), explica que a turbidez da água é devida à dispersão dos raios luminosos causada por materiais em suspensão, tais como: silte, partículas coloidais, microrganismos, etc. Esses podem ser transparentes ou opacos, coloridos ou incolores. Sua presença, em um lago ou rio, além de interferir na penetrabilidade da luz, tem importância em fenômenos de outra natureza, podendo interferir inclusive na velocidade da decomposição da matéria orgânica depositada no fundo do manancial.
De acordo com a CETESB (2003), alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas, logo, influencia as comunidades

biológicas aquáticas e afeta os usos doméstico, industrial e recreacional das águas.

3.8.2 – Variáveis Químicas

- **Alumínio:** O alumínio é o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão. No ar a sua concentração varia e na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura, pela presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. O alumínio apresenta maior concentração em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. Se a estratificação, e conseqüente anaerobiose, não for muito forte, o teor de alumínio diminui no corpo de água como um todo, à medida que se distancia a estação das chuvas. O aumento da concentração de alumínio está associado ao período de chuvas e com a alta turbidez (CETESB, 2003).
- **Bário:** Segundo a CETESB (2002), o bário pode ocorrer naturalmente na água, na forma de carbonatos em algumas fontes minerais. Ocorre principalmente em atividades industriais e na extração da bauxita. Não possui efeito acumulativo, sendo que a dose fatal para o homem é considerada de 550 a 600 mg. Ocorre em geral, nas águas naturais em concentrações muito baixas, de 0,7 a 900 µg/L
- **Cádmio:** O cádmio se apresenta nas águas naturais devido às descargas de efluentes industriais, sendo que a queima de combustíveis fósseis, também é uma fonte de cádmio no ambiente. Apresenta efeito crônico e agudo, podendo levar indivíduos à morte numa única dose de 9,0 g. Não apresenta nenhuma qualidade que o torne benéfico para os seres vivos. O padrão de potabilidade é fixado pela Portaria 1469 em 0,005 mg/L

O cádmio está presente em águas doces em concentrações traços, geralmente inferiores a 1 µg/L. É um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar, podendo acarretar vários processos patológicos (CETESB, 2002)

- **Cloreto:** Segundo a CETESB (2003), o cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais são fontes importantes as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, etc. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da língua salina, são encontradas águas com altos níveis de cloreto. Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água.
- **Cobre:** O cobre ocorre naturalmente nas águas, em concentrações inferiores a 20 µg/L. Quando em concentrações elevadas, é prejudicial à saúde e confere sabor às águas. Segundo pesquisas efetuadas, é necessária uma concentração de 20 mg/L de cobre ou um teor total de 100 mg/L por dia na água para produzirem intoxicações humanas com lesões no fígado. No entanto, concentrações de 5 mg/L tornam a água absolutamente impalatável, devido ao gosto produzido. Interessante é notar, todavia, que o trigo contém concentrações variáveis de 190 a 800 mg/kg de cobre, aveia 40 a 200 mg/kg, lentilha 110 a 150 mg/kg e ervilha de 13 a 110 mg/kg. As ostras podem conter até 2000 mg/kg de cobre. O cobre, em pequenas quantidades é até benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue humano, facilitando a cura de anemias (CETESB, 2003)

- **Condutividade:** A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, representando assim, uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2003).

A condutividade fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas de vários componentes. Quanto mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores indicam características corrosivas da água (CETESB, 2003).

- **Cromo:** As concentrações de cromo em água doce são muito baixas, normalmente inferiores a 1 $\mu\text{g}/\text{L}$. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel, fotografia. Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e, sua carência, causa doenças. Na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente.

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$):** A CETESB (2003) define que a DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbica para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é freqüentemente usado e referido como $\text{DBO}_{5,20}$.

Ainda segundo a CETESB (2003), os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são causados por lançamentos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode acarretar a completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

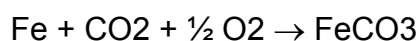
- **Demanda Química de Oxigênio (DQO):** A CETESB (2003) define que a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Seus valores normalmente são maiores que os da DBO_{5,20}, sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial.

Segundo a CETESB (2003), a DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO_{5,20}, para observar a biodegradabilidade de despejos. Desta forma os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO_{5,20}.

- **Fenóis:** Segundo a CETESB (2003), são compostos orgânicos que geralmente não ocorrem naturalmente nos corpos d'água. A presença dos mesmos se deve principalmente aos despejos de origem industrial. São compostos tóxicos aos organismos aquáticos, em concentrações bastante baixas, e afetam o sabor dos peixes e a aceitabilidade das águas, por conferir sabor e odor extremamente pronunciados, especialmente os derivados do cloro.

Para o homem o fenol é considerado um grande veneno trófico, causando efeito de cauterização no local em que ele entra em contato através de ingestão. Os resultantes de intoxicação são náuseas, vômito, dores na cavidade bucal, na garganta e estômago, entre outros. Inicialmente, há uma excitação seguida de depressão, e queda na pressão arterial, seguida de desenvolvimento de coma, convulsão e endemia dos pulmões. (CETESB, 2003)

- **Ferro Total:** De acordo com CETESB (2003), o ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do elemento pelo gás carbônico da água, conforme a reação:



A CETESB (2003) diz que, o ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria 1469 do Ministério da Saúde. É também padrão de emissão de esgotos e de classificação das águas naturais. No Estado de São Paulo estabelece-se o limite de 15 mg/L para concentração de ferro solúvel em efluentes descarregados na rede coletora de esgotos seguidos de tratamento (Decreto nº. 8468).

- **Fluoreto:** Segundo a CETESB (2003), o flúor é o mais eletronegativo de todos os elementos químicos tão reativos que nunca é encontrado em sua forma elementar na natureza, sendo normalmente encontrado na sua forma combinada como fluoreto. O flúor é o 17º elemento em abundância na crosta terrestre representando de 0,06 a 0,9% e ocorrendo principalmente na forma de fluorita (CaF_2), Fluoroapatita ($\text{C}_{10}(\text{PO}_4)_6$) e criolita (Na_3AlF_6). Porém, para que haja disponibilidade de fluoreto livre, ou seja, disponível biologicamente, são necessárias condições ideais de solo, presença de outros minerais ou outros componentes químicos e água. Traços de fluoreto são normalmente encontrados em águas naturais e concentrações elevadas geralmente estão associadas com fontes subterrâneas.

Ainda de acordo com CETESB (2003), os benefícios da aplicação de fluoreto em águas para a prevenção da cárie dentária são reconhecidos. Estudos desenvolvidos mostram que é necessária a ingestão de 1,5 mg/dia de fluoreto, o que para um consumo de água de 1,2 a 1,6 litros por dia, resulta em concentrações da ordem de 1,0 mg/L. A Organização Mundial de Saúde considera 1,5 mg/L o valor máximo permissível.

- **Fósforo Total:** Segundo a CETESB (2003), altas concentrações de fósforo na água estão associadas com a eutrofização da mesma.

METCALF & EDDY (1991), afirmam que o fósforo é essencial para o crescimento das algas e outros organismos biológicos. Visto que os “blooms” de algas ocorrem nas águas superficiais, sua presença é muito interessante no controle da quantidade de compostos de fósforos, que entram nos mananciais, através de descargas domésticas, industriais e águas pluviais. Esgotos domésticos podem conter de 4 a 15 mg/L de fósforo.

As formas usuais de fósforo encontradas em soluções aquosas incluem os ortofosfatos, polifosfatos e fosfatos orgânicos. Os ortofosfatos, por exemplo, PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} , $H_2PO_4^{-}$, H_3PO_4 , estão disponíveis para os metabolismos biológicos. Os polifosfatos incluem aquelas moléculas com dois ou mais átomos de fósforo, átomos de oxigênio, e em alguns casos, átomos de hidrogênio combinado com moléculas complexas. (METCALF & EDDY, 1991). Por ser nutriente para processos biológicos, o fósforo em excesso em esgotos sanitários e efluentes industriais, conduz a processos de eutrofização das águas naturais (CETESB, 2003).

- **Manganês:** De acordo com CETESB (2003), o comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro, sendo que a sua ocorrência é mais escassa. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação Mn^{+2} (forma mais solúvel) e Mn^{+4} (forma menos solúvel).

A concentração de manganês $\leq 0,05$ mg/L, geralmente é aceitável em mananciais, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manifestações de manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos. É usado na indústria de aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros (CETESB, 2003).

- **Mercúrio:** O mercúrio é largamente utilizado no Brasil nos garimpos, no processo de extração do ouro (amálgama). O problema é em primeira

instância ocupacional, pois o próprio garimpeiro inala o vapor de mercúrio, mas posteriormente, torna-se um problema ambiental, pois normalmente nenhuma precaução é tomada e o material acaba por ser descarregado nas águas. Casos de contaminação já foram identificados na região do Pantanal, no norte brasileiro e em outras regiões (CETESB, 2003).

O padrão de potabilidade fixado pela Portaria 1469 do Ministério da Saúde é de 0,001 mg/L. Os efeitos sobre os ecossistemas aquáticos são igualmente sérios, de forma que os padrões de classificação das águas naturais são também bastante restritivos com relação a este parâmetro (CETESB, 2003).

As concentrações de mercúrio em águas doces não contaminadas estão normalmente em torno de 50 mg/L. Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, fabricação de certos produtos odontológicos e farmacêuticos, indústrias de tintas, etc. O peixe é um dos maiores contribuintes para a carga de mercúrio no corpo humano, sendo que o mercúrio mostra-se mais tóxico na forma de compostos organo-metálicos (CETESB, 2003).

- **Níquel:** Segundo CETESB (2003), estudos recentes demonstram que o níquel é carcinogênico. Não existem muitas referências bibliográficas quanto à toxicidade do níquel; todavia, assim como para outros íons metálicos, é possível mencionar que, em soluções diluídas, estes elementos podem precipitar a secreção da mucosa produzida pelas brânquias dos peixes. Assim, o espaço inter-lamelar é obstruído e o movimento normal dos filamentos branquiais é bloqueado. O peixe, impedido de realizar as trocas gasosas entre a água e os tecidos das brânquias, morre por asfixia. Por outro lado, o níquel complexado (níquelcianeto) é tóxico quando em baixos valores de pH. Concentrações de 1,0 mg/L desse complexo são tóxicas aos organismos de água doce.
- **Óleos e Graxas:** De acordo com o procedimento analítico empregado, consiste no conjunto de substâncias que em determinado solvente consegue

extrair da amostra e que não se volatiliza durante a evaporação do solvente a 100°C. Estas substâncias, solúveis em n-hexano, compreendem ácidos graxos, gorduras animais, sabões, graxas, óleos vegetais, ceras, óleos minerais, etc. Este parâmetro costuma ser identificado também por MSH – material solúvel em hexano (CETESB, 2003).

De acordo com CETESB (2003), os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas.

Ainda de acordo com CETESB (2003), os óleos e graxas em seu processo de decomposição reduzem o oxigênio dissolvido elevando a $DBO_{5,20}$ e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático. Não existe limite estabelecido para esse parâmetro; a recomendação na legislação brasileira é de que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para as classes 1, 2 e 3.

- **Ortofosfatos Solúveis:** A CETESB (2003) diz que, os ortofosfatos são biodisponíveis. Uma vez assimilados, eles são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados. Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água. Entretanto, eles não estão disponíveis para absorção biológica até que sejam hidrolizados para ortofosfatos por bactérias.
- **Oxigênio Dissolvido (OD):** De acordo com a CETESB (2003), uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Os níveis de oxigênio dissolvido indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática.
- **Potencial Hidrogeniônico (pH):** Segundo CETESB (2003), o pH define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, devendo ser considerado, pois os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de

neutralidade e, em conseqüência, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento de espécies presentes na mesma. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o meio.

O pH influencia em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, tornando-se assim um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental (CETESB, 2003).

- **Série de Nitrogênio – (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico):** São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise sofrida pela uréia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes (CETESB, 2003). A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos: fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas a fixação química, reação que depende da presença de luz, concorre para as presenças de amônia e nitratos nas águas, as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais concorrem para as presenças de partículas contendo nitrogênio orgânico bem como para a dissolução de amônia e nitratos. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização (CETESB, 2003).

Como explica CETESB (2003), o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas.

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. São tidos como macronutrientes pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido

em maior quantidade pelas células vivas. Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização (CETESB, 2003).

Quando as descargas de nutrientes são muito fortes, dá-se o florescimento muito intenso de gêneros que predominam em cada situação em particular. Estas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos usos que se possam fazer dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição por morte e decomposição. O controle da eutrofização, através da redução do aporte de nitrogênio é comprometida pela multiplicidade de fontes, algumas muito difíceis de serem controladas como a fixação do nitrogênio atmosférico, por parte de alguns gêneros de algas. Por isso, deve-se investir preferencialmente no controle das fontes de fósforo (CETESB, 2003).

Pela legislação federal em vigor, a resolução Nº 20 do CONAMA/86, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. Além disso, como visto anteriormente, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada DBO de segundo estágio. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é importante parâmetro de classificação das águas naturais, e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas (CETESB, 2003).

- **Surfactantes:** Segundo CETESB (2003), surfactantes são definidos como compostos que reagem com o azul de metileno sob certas condições especificadas, ou seja, são compostos que reduzem a tensão superficial de uma solução, como os detergentes e emulsificantes; tensoativos (HOUAISS & VILLAR, 2001).

Estes compostos são designados “substâncias ativas ao azul de metileno” (MBAS – Metilene Blue Active Substances) e suas concentrações são relativas ao sulfonato de alquil benzeno linear (LAS) que é utilizado como padrão na análise (CETESB, 2003).

Os esgotos sanitários possuem de 3 a 6 mg/L de detergentes. As indústrias de detergentes descarregam efluentes líquidos com cerca de 2000 mg/L do princípio ativo. Outras indústrias, incluindo as que processam peças metálicas, empregam detergentes especiais com a função de desengraxante, como é o caso do percloroetileno (CETESB, 2003).

As descargas indiscriminadas de detergentes nas águas naturais levam a prejuízos de ordem estética provocados pela formação de espumas. Um dos casos mais críticos de formação de espumas ocorre no Município de Pirapora do Bom Jesus, no Estado de São Paulo. Localiza-se às margens do Rio Tietê, a jusante da Região Metropolitana de São Paulo, recebendo seus esgotos, em grande parte, sem tratamento (CETESB, 2003).

Os detergentes têm sido responsabilizados também pela aceleração da eutrofização. Além de a maioria dos detergentes comerciais empregados ser rica em fósforo, sabe-se que exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas. Segundo este conceito, não bastaria apenas a substituição dos detergentes superfosfatados para o controle da eutrofização (CETESB, 2003).

- **Zinco:** Segundo CETESB (2003), o zinco é também bastante utilizado em galvanoplastias na forma metálica e de sais tais como cloreto, sulfato, cianeto, etc. A presença de zinco é comum nas águas naturais, excedendo em um levantamento efetuado nos EUA a 20 mg/L em 95 dos 135 mananciais pesquisados. O zinco é um elemento essencial para o crescimento, porém, em concentrações acima de 5,0 mg/L, confere sabor à água e uma certa opalescência a águas alcalinas. Os efeitos tóxicos do zinco sobre os peixes são muito conhecidos, assim como sobre as algas. A ação desse íon metálico sobre o sistema respiratório dos peixes é semelhante à do níquel, anteriormente citada. As experiências com outros organismos aquáticos são escassas. Entretanto, é preciso ressaltar que o zinco em quantidades adequadas é um elemento essencial e benéfico para o metabolismo humano, sendo que a atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. A deficiência do zinco nos animais pode conduzir ao atraso no crescimento. Nos EUA, populações consumindo águas com 11 a

27 mg/L não tiveram constatada qualquer anormalidade prejudicial à saúde.

Os padrões para águas reservadas ao abastecimento público indicam 5,0 mg/L como o valor máximo permissível.

3.8.3 – Variáveis Microbiológicas

Segundo a UNIAGUA (1999), os principais componentes da matéria orgânica encontrada na água são proteínas, aminoácidos, carboidratos, gorduras, uréia, surfactantes e fenóis. Os microorganismos desempenham diversas funções de fundamental importância para a qualidade das águas, participando na transformação da matéria nos ciclos biogeoquímicos, como por exemplo, do N (nitrogênio), P (Fósforo), S (enxofre), Hg (mercúrio), C (carbono) e da água.

Se a quantidade de matéria orgânica for elevada será alto o índice de poluição das águas e inúmeros processos serão alterados. Haverá muito alimento à disposição e conseqüentemente proliferação dos seres vivos, acarretando assim um maior consumo de oxigênio que ocasionará a diminuição do oxigênio dissolvido provocando a mortalidade de peixes e outros organismos.

Ainda segundo a UNIAGUA (1999), a detecção dos agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus, em uma amostra de água é extremamente difícil, em razão de suas baixas concentrações. Portanto, a determinação da potencialidade de um corpo d'água ser portador de agentes causadores de doenças pode ser feita de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal do grupo dos coliformes. Estes estão presentes em grandes quantidades nas fezes de animais de sangue quente e no solo.

Para BRANCO (1978) apud RIBEIRO (1998) os microorganismos não são, na sua totalidade, nocivos à saúde. O autor separa os organismos causadores de problemas a saúde em dois grupos. O primeiro é constituído por aqueles que são introduzidos nos mananciais por meio de despejos, contendo excreções humanas, nos quais podem ser encontradas bactérias patogênicas, enterovirus, alguns tipos

de fungos, protozoários e vermes parasitas, etc. O segundo, é constituído pelos organismos que se originam no próprio corpo d'água, a partir da reprodução ativa e rápida, onde encontram ambiente favorável ao seu desenvolvimento.

- **Coliformes termotolerantes:** As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (CETESB, 2003).

As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente (CETESB, 2003).

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera (CETESB, 2003).

3.9. Reúso

Segundo MANCUSO & SANTOS (2003), as diversas atividades humanas, associadas ao crescimento demográfico, vem exigindo atenção cada vez maior para a questão do uso de água em suas múltiplas finalidades.

Essas necessidades cobram seus tributos tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, e se destacam em regiões com características de maior desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Entretanto, há ainda de se destacar a existência de regiões onde a escassez e a má distribuição de água tornam-se

fatores limitantes ao seu próprio processo de desenvolvimento (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Diversos são os instrumentos, mecanismos e as tecnologias a serem empregados no trato dessa questão, porém vários deles necessitam de estudos e investigações que auxiliem o seu melhor emprego e produzam resultados sanitários, ambientais e econômicos satisfatórios. O adequado manuseio de instrumentos e técnicas voltados para o controle quantitativo e qualitativo do recurso água exige o desenvolvimento de políticas públicas claras e consistentes, bem como perfeita compreensão da legislação e o seu conseqüente entendimento. (MANCUSO & SANTOS, 2003).

A Agenda 21 – o plano de metas em termos de ambiente e desenvolvimento para o século XXI – produzida pela Conferência sobre Desenvolvimento e Ambiente (CNUMAD-92, Rio de Janeiro, Junho de 1992), dedicou importância especial ao reuso, recomendando aos países participantes, a implementação de políticas de gestão dirigidas ao uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública de grupos de riscos, com práticas ambientais adequadas (HESPANHOL, 2002 a).

A Universidade e Órgãos Ambientais do Brasil, em especial, do Estado de São Paulo têm estimulado, por meio de suas unidades, o estudo, a pesquisa e o desenvolvimento da ciência e tecnologias direcionadas para o enfrentamento desse assunto (MANCUSO & SANTOS, 2003).

A conclusão de alguns pesquisadores é que a sobrevivência do Homem relaciona-se à sua capacidade de reaproveitamento dos recursos escassos, em particular a água, bem como sua proteção, recuperação e reuso (MANCUSO & SANTOS, 2003).

O reuso de água subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido

usada anteriormente, dificultando, em muito, a conceituação precisa do termo “reuso de água”.

Ainda segundo os autores, o reuso pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não. Conforme a Organização Mundial da Saúde - OMS (1973), tem-se:

- **reuso indireto:** ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada na águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;
- **reuso direto:** é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- **reciclagem interna:** é o reuso da água internamente à instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle de poluição.

A OMS diferencia o reuso indireto intencional do não intencional, estabelecendo que, quando o reuso indireto decorre de descargas planejadas a montante, ou recargas planejadas no aquífero subterrâneo, ele é designado reuso direto intencional. Cabe ressaltar que em 1985 foi publicado o livro “Water Treatment Principles & Design”, onde em seu capítulo 14, denominado “Water Reuse” substitui o termo “intencional” por “planejada” e “não intencional” por “não planejada”, estendendo-se o conceito de reciclagem da água para outros usos, além do industrial, nas diversas formas de classificação de reuso. O termo reciclagem é definido como o reuso interno da água para o uso original, antes de sua descarga em um sistema de tratamento ou outro ponto qualquer de disposição, outros autores entendem que reciclagem não é sinônimo de reuso e sim uma forma especial de reuso, ou seja, ela recupera os esgotos gerados por um uso, para atender ao mesmo uso (MANCUSO & SANTOS, 2003)

Ainda citando a obra de MANCUSO & SANTOS (2003), verifica-se a sugestão de uniformização da linguagem utilizando a seguinte terminologia:

- **“Reúso de água:** é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas.
- **Reúso indireto não planejado de água:** ocorre quando a água, já utilizada uma ou mais vezes em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Nesse caso, o reúso da água é um subproduto não intencional da descarga de montante. Após sua descarga no meio ambiente, o efluente será diluído e sujeito a processos como autodepuração, sedimentação, entre outros, além de eventuais misturas com outros despejos advindos de diferentes atividades humanas.
- **Reúso planejado de água:** ocorre quando o reúso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reúso planejado das águas pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluente que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água. O reúso planejado também pode ser denominado “reuso intencional da água”.
- **Reúso indireto planejado de água:** ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d’água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico.
- **Reúso direto planejado de água:** ocorre quando os efluentes, após devidamente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso. Assim, sofrem em seu percurso os tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não são, em momento algum, descarregados no meio ambiente.
- **Reciclagem de água:** é o reúso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular do reúso direto”.

Segundo MANCUSO & SANTOS (2003), outra classificação de reúso de água foi apresentada e adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), seção São Paulo e amplamente divulgada na série “Cadernos de Engenharia Sanitária e Ambiental” em 1992, que foi a divisão da terminologia reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável, que será adotada no presente trabalho.

3.9.1 Reúso potável

Segundo os autores MANCUSO & SANTOS (2003), o reúso potável divide-se em:

Reúso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.

Reúso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

3.9.2 Reúso não potável

Segundo os autores MANCUSO & SANTOS (2003), são classificados como reuso não potável, os seguintes tipos de reuso:

- **Reúso não potável para fins agrícolas:** embora, quando se pratica essa modalidade de reuso, via de regra ocorra, como subproduto, recarga do lençol subterrâneo, o objetivo desta é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais etc., e plantas não alimentícias, como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais.
- **Reúso não potável para fins industriais:** abrangem os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em diversos processos.
- **Reúso não potável para fins recreacionais:** esta classificação é reservada unicamente à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimento de lagos ornamentais, recreacionais, etc.
- **Reúso não potável para fins domésticos:** são aqueles considerados reuso de água para regra de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.
- **Reúso para manutenção de vazões:** a manutenção de vazões de cursos de água busca a utilização planejada de efluentes tratados, objetivando a uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.
- **Aqüicultura:** consiste na produção de peixes e plantas aquáticas, visando à obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.
- **Recarga de aquíferos subterrâneos:** é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta, pela injeção sob pressão, ou de forma indireta, utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

3.9.3 A importância do Reúso

Nas regiões áridas e semi-áridas, a água é um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos procuram novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda disponível (HESPANHOL, 2002 a)

No polígono das secas do Nordeste brasileiro, a dimensão do problema é ressaltada por um anseio, que já existe há 75 anos, pela transposição do rio São Francisco, visando ao atendimento da demanda dos Estados da região semi-árida, situados ao norte e a leste de sua bacia de drenagem.

Diversos países do Oriente Médio, onde a precipitação média oscila entre 100 e 200 mm por ano, dependem de alguns poucos rios perenes e pequenos reservatórios de água subterrânea, geralmente localizados em regiões montanhosas, de difícil acesso. Nesses locais, a água potável é proporcionada por sistemas de dessalinização da água do mar e, em razão da impossibilidade de manter uma agricultura irrigada, mais de 50% da demanda de alimentos são satisfeitas pela importação de produtos alimentícios básicos (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Ainda segundo os autores, o fenômeno da escassez não é exclusivo de regiões áridas de uma grande parte dos países e das regiões semi-áridas brasileiras. Muitas áreas com taxas de precipitações anuais significativas, mas insuficientes para gerar vazões capazes de atender a demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

A Bacia do Alto Tietê, que abriga uma população superior a 15 milhões de habitantes e um dos maiores complexos industriais do mundo, dispõe, pela sua condição característica de manancial de cabeceira, vazões insuficientes para a

demanda da região metropolitana de São Paulo e municípios circunvizinhos. Esta condição tem levado à busca de recursos hídricos complementares de bacias vizinhas, que trazem, como consequência direta, aumentos de custo, problemas legais e político-institucionais associados. Esta prática tende a se tornar cada vez mais restritiva, face à conscientização populacional, arregimentação de entidades de classe e ao desenvolvimento institucional dos comitês de bacias afetadas pela perda de seus valiosos recursos hídricos (HESPANHOL, 2002 a).

Nessas condições, o conceito de “substituição de fontes” mostra-se como uma alternativa plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico. Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta o seguinte conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (HESPANHOL, 2002 a).

Ainda segundo o autor, águas de qualidade inferior, tais como esgotos, fundamentalmente os de origem doméstica, águas de chuva, águas de drenagem agrícola e águas salobras, devem, sempre que possível, serem considerados como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, constitui-se atualmente, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal da água.

3.9.4 Formas potenciais de reuso

A água é um recurso renovável através do ciclo hidrológico. Quando reciclada por sistemas naturais, é limpa e segura, sendo deteriorada a níveis diferentes de poluição por meio da atividade antrópica. Quando poluída, a água pode ser recuperada e reusada para diversos fins benéficos (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Os autores afirmam, que a qualidade da água utilizada e o objeto específico do reuso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados, os custos de capital, de operação e de manutenção associados. As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais e disponibilidade.

Existem inúmeras possibilidades de reuso de água no Brasil para atendimento de grande variedade de usos benéficos, os mais significativos são as formas de reuso na área urbana, o reuso industrial, o reuso agrícola e o reuso associado à recarga artificial de aquíferos (MANCUSO & SANTOS, 2003).

a) Usos urbanos: No setor urbano, o potencial de reuso de efluentes é muito amplo e diversificado. As aplicações que demandam água com qualidade elevada, entretanto, requerem sistemas de tratamento e de controle avançados, podendo levar a custos inviáveis aos benefícios que trazem. De maneira geral, esgotos tratados podem ser utilizados para fins potáveis, e não potáveis, desde que obedeçam aos seguintes critérios básicos:

- **Usos urbanos para fins potáveis:** A presença de organismos patogênicos, metais pesados e compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes disponíveis para reuso, principalmente naqueles oriundos de estações de tratamento de esgotos de grandes conturbações com pólos industriais expressivos, classifica o reuso potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, tornando-o, praticamente, inaceitável. Além disso, os custos dos sistemas de tratamento avançados que seriam necessários levariam, à inviabilidade econômico-financeira do abastecimento público, não ocorrendo, ainda, a garantia de proteção adequada da saúde pública dos consumidores (HESPANHOL, 2002 a).

De qualquer maneira, a prática de reuso urbano para fins potáveis só poderá ser considerada garantindo-se a operação dos sistemas de tratamento e distribuição e de vigilância sanitária, adequados e obedecendo, rigorosamente aos critérios básicos abaixo indicados:

- **Empregar unicamente sistemas de reuso indireto**

Segundo MANCUSO & SANTOS (2003), a Organização Mundial da Saúde não recomenda o reuso direto, visualizando como a conexão direta dos efluentes de uma estação de tratamento de esgotos a uma estação de tratamento de água e, em seguida, ao sistema público de distribuição.

De acordo com as definições adotadas por diversos autores, o conceito de reuso indireto implica, necessariamente, que o corpo receptor intermediário seja um corpo hídrico não poluído para reduzir a carga poluidora a níveis aceitáveis por meio de diluição adequada.

A prática de reuso para fins potáveis – como a efetuada na Bacia do Alto Tietê para abastecimento de parte da região metropolitana de São Paulo, na qual a água do reservatório Billings extremamente poluída por efluentes, tanto domésticos como industriais, é revertida, através do braço do Taquacetuba, sem nenhum tratamento, para o reservatório do Guarapiranga, também extensivamente poluído por esgotos domésticos e por elevadas concentrações de cobre utilizadas para controle de algas, não se classifica, como reuso indireto (MANCUSO & SANTOS, 2003).

- **Utilizar exclusivamente esgotos domésticos**

Segundo MANCUSO & SANTOS (2003), a impossibilidade de identificação adequada de grande quantidade de compostos de alto risco, principalmente micropoluentes orgânicos presentes em efluentes líquidos industriais, mananciais que recebem ou receberam, durante períodos prolongados, são desqualificados

para a prática de reuso para fins potáveis. O reuso para fins potáveis, somente pode ser praticado tem como matéria-prima básica esgotos unicamente domésticos.

- **Empregar barreiras múltiplas nos sistemas de tratamento.**

Existem elevados riscos associados á utilização de esgotos, inclusive dos domésticos, para fins potáveis, que exigem extremos cuidados, a fim de assegurar proteção efetiva e permanente aos consumidores. Os sistemas de tratamento a serem implementados devem ter unidades de tratamento suplementares, além das teoricamente necessárias, sendo recomendável, reter os esgotos já tratados em aquíferos subterrâneos, por períodos prolongados, antes da distribuição da água para abastecimento público (MANCUSO & SANTOS, 2003).

- **Adquirir aceitação pública e assumir as responsabilidades pelo empreendimento.**

Segundo MANCUSO & SANTOS (2003), programas de reuso para fins potáveis devem ser, amplamente divulgados e discutidos pelos diversos setores da população que irá utilizá-lo. Para a implementação do projeto deve haver aceitação pública da proposta de reuso e as responsabilidades técnicas devidamente reconhecidas e assinadas.

- **Usos urbanos para fins não potáveis:** MANCUSO & SANTOS (2003), afirmam que os usos urbanos não potáveis envolvem riscos menores do que os potáveis e devem ser considerados como a primeira opção de reuso na área urbana. Cuidados especiais também devem ser tomados, quando ocorrer contato direto do público com os gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de esporte. Os maiores potenciais de reuso são os que empregam esgotos tratados para:

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;

- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndios;
- Sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de trens e ônibus;
- Controle de poeira em obras de execução de aterros, terraplanagem, etc.
- Construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para estabelecer umidade ótima em compactação de solos.

Os autores afirmam ainda que, os problemas associados ao reuso urbano não potável são, os custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos de ocorrência de conexões cruzadas. Os custos devem, principalmente serem avaliados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais para abastecimento público.

3.9.5 Usos Industriais

Segundo HESPANHOL (2002 a), o reuso para fins industriais pode ser visualizado sob diversos aspectos, de acordo com as possibilidades existentes no contexto interno ou externo das indústrias. Podendo ser classificado arbitrariamente, conforme segue:

- reuso macroexterno (torres de resfriamento; caldeiras, lavagens de peças; irrigação de áreas verdes no entorno das instalações e processos industriais);
- reuso macrointerno (torres de resfriamento); e
- reuso interno específico (reciclagem de efluentes, águas de lavagens

Os processos de conservação e reuso devem ser estimulados nas indústrias, visando o baixo consumo de água.

Por não ser objeto de estudos deste trabalho, o presente item não será amplamente exposto pela autora.

3.9.6 Recarga artificial de aquíferos

Segundo MANCUSO & SANTOS (2003), aquíferos subterrâneos são alimentados, continuamente ou intermitentemente, através de áreas de recarga naturais, tais como lagos, rios, campos irrigados, ou diretamente, pela infiltração de águas de chuva. A hidrogeologia e a engenharia de recursos hídricos, em associação com a prática de reuso, desenvolveram a tecnologia de recarga artificial, realimentando aquíferos com águas de diversas procedências ou efluentes devidamente tratados, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água, incrementar reservas hídricas, ou para resolver problemas específicos e localizados.

Este item por não ser objeto de estudo do presente trabalho, portanto não será aprofundado pela autora.

3.9.7 Reúso de água para fins agrícolas

HESPANHOL (2002 a) aponta que, em virtude das grandes vazões envolvidas, a demanda atual de água para uso agrícola brasileiro representa, cerca de 70% do uso consultivo total, com forte tendência a chegar a 80% até o final desta década. Face aos grandes volumes de água, o significado em termos de gestão de nossos recursos hídricos, é de extrema importância que se atribua prioridade para institucionalizar, promover e regulamentar o reuso para fins agrícolas, em âmbito nacional.

A irrigação além de exigir grandes volumes de água, não permite o retorno desses volumes imediatamente, uma vez que cerca de 98% do volume retirado com essa finalidade é transferido diretamente para a atmosfera, através da

evapotranspiração das culturas e os outros 2% são transformados em matéria orgânica (TELLES, 2002 a).

A Tabela 3 apresenta a evolução em escala mundial do uso da água nos últimos 100 anos, podendo-se notar que atualmente, cerca de 70% da água é destinada para fins agrícolas.

Tabela 3 – Evolução do consumo de água em âmbito mundial (km³/ano)

Ano	1900	1920	1940	1960	1980	2000(*)	2020(**)
Tipo/uso							
Doméstico	--	--	--	30	250	500	850
Industrial	30	45	100	350	750	1350	1900
Agrícola	500	705	1000	1580	240	3600	4300
TOTAL	530	750	1100	1960	3400	5450	7050

Observação: (--) Sem dados; (*) Estimativa; (**) Previsão

Fonte: adaptada de PADILLA.,1999 apud TELLES, 2002 (a)

Segundo HESPANHOL (2002 a), nas últimas duas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou significativamente, em função dos seguintes fatores:

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação;
- Custo elevado de fertilizantes;
- A segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se são tomadas as ações adequadas.
- os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores;
- a aceitação sociocultural da prática do reuso agrícola;
- o reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco dessa prática.

TELLES (2002 a) afirma que, a utilização na irrigação de águas residuárias, de esgotos sanitários, apesar das crescentes preocupações sanitárias, é prática comum nos chamados cinturões verdes das grandes e médias cidades brasileiras. Nos últimos tempos esta prática, tende a ganhar impulso, em virtude da escassez dos recursos hídricos e avanços tecnológicos nesta área.

Ainda segundo o autor, os efluentes líquidos oriundos de áreas agricultadas podem conter substâncias poluentes advindas do mau uso ou do excessivo uso de insumos agrícolas.

A aplicação de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semi-áridas. Os maiores benefícios dessa forma de reuso são associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (HESPANHOL, 2002 a).

3.10 - Principais usos da água na agricultura

Os principais usos da água na agricultura estão ligados à irrigação das plantações. A irrigação está cada vez mais sendo utilizada no Brasil, em função das variações climáticas. No Nordeste, no chamado Polígono das Secas, os totais anuais de precipitação não são suficientes para suprir as necessidades hídricas das plantas, sendo impossível a implantação de uma agricultura racional, sem o emprego da irrigação. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste as quantidades de água precipitada são suficientes para abastecer as plantas em suas exigências, entretanto, a irregular distribuição das chuvas, cria períodos de estresse hídrico (TELLES, 2002 a).

Segundo VIEIRA (1989), a irrigação pode ser classificada como obrigatória, quando as condições climáticas o determinam, como no caso do Nordeste brasileiro, onde sem o emprego da irrigação, torna-se inviável a agricultura, e como suplementar, quando as chuvas são suficientes para satisfazer as necessidades hídricas das plantas, mas a irregular distribuição dessa água durante o ano afeta o seu metabolismo, causando queda de produtividade e de qualidade das safras.

Segundo TELLES (2002 a), a irrigação no Brasil pode ser dividida em três grupos:

- Irrigação “Obrigatória” – aquela desenvolvida no Nordeste
- Irrigação “Facilitada” – aquela desenvolvida no Rio Grande do Sul e
- Irrigação “Profissional” – aquela desenvolvida nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e parte da Sul.

Estas distribuições estão resumidamente apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição regional no Brasil de: condicionantes, ênfase na exploração, principais culturas irrigadas e sistemas de irrigação

Região	Condicionante	Ênfase na exploração	Principais culturas	Sistemas de Irrigação
Norte	Drenagem Obrigatória	Empresarial(jari)	Arroz	Inundação
Nordeste	Irrigação Obrigatória	“Profissional” e social	Frutas Tomate Arroz	Localizada aspersão/pivô superfície
Centro-Oeste	Irrigação suplementar e obrigatória	“Profissional” grandes produtores	Cana-de-açúcar Cereais Frutas arroz	Montagem direta Pivô Localizada Superfície
Sudeste	Irrigação suplementar	“Profissional” pequenos e médios produtores	Feijão e tomate Frutas e citros Hortaliças	Pivô Localizada Aspersão
Sul	Irrigação suplementar e drenagem	“Facilitada”	Cana-de açúcar Arroz e pastagem	Montagem direta Inundação

Fonte: Adaptada de TELLES (2002 a)

3.11 - Qualidade da água para agricultura

O conceito de qualidade da água é definido por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas; diferentes requisitos são utilizados para usos específicos (TELLES, 2002 a).

Segundo o autor, este conceito refere-se ainda às características que podem afetar a adaptabilidade para um, ou mais usos específicos. Sendo assim, águas de um manancial consideradas adequadas para determinado sistema de irrigação ou cultura podem ser inadequadas para outras.

Existem inúmeros “guias” para uso das águas segundo sua qualidade e aplicação, porém isso não ocorre para as condições e especificidades da agricultura de nosso país.

TELLES (2002 a), as análises de qualidade de água para irrigação dever levar em consideração, os seguintes aspectos:

- Efeitos no solo e sobre o desenvolvimento da cultura;
- Efeitos sobre os equipamentos;
- Efeitos na saúde do irrigante e do consumidor de produtos irrigados;
- Uso de águas residuárias na irrigação;
- Problemas com efluentes agrícolas e
- Problemas com efluentes da pecuária.

Ainda segundo o autor, a qualidade da água de irrigação pode variar bastante, de acordo com o tipo e quantidade de sais dissolvidos. Os problemas de solo mais comuns, nos quais, se avaliam as quantidades da água, são relacionados com a salinidade, a velocidade de infiltração da água no solo, a toxicidade e outros problemas associados.

3.12 - Problemas de qualidade da água de irrigação

Em TELLES (2003), o autor afirma que os problemas de qualidade da água de irrigação estão relacionados com os seguintes itens.

3.12.1 - Salinidade

O excesso de sais na água (salinidade), advindos do solo ou da água reduzem sensivelmente a disponibilidade da água para as plantas, comprometendo seus rendimentos (TELLES, 2003).

As culturas não respondem da mesma forma à salinidade, algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis baixos.

3.12.2 - Infiltração

Teores relativamente altos de sódio, ou baixos de cálcio no solo e na água, reduzem a velocidade que a água de irrigação penetra no solo, podendo

comprometer as raízes das plantas de maneira tal, que a insuficiência de água levará a mesma a um mau desenvolvimento e má produção da cultura (TELLES, 2003).

Os fatores da qualidade da água que influenciam na infiltração são os teores totais de sais, de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio, geralmente, a infiltração aumenta com a salinidade e, diminui na redução desta, ou, com o aumento no teor de sódio em relação ao cálcio e magnésio, sendo assim, para avaliar o efeito final da qualidade da água, deve-se considerar estes dois fatores (TELLES, 2003).

3.12.3 - Toxicidade

Estes problemas surgem, quando certos constituintes (íons) do solo ou da água são absorvidos pela planta e, acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas para provocar danos e, reduzir seus rendimentos. A magnitude destes danos depende da quantidade de íons absorvidos e da sensibilidade das plantas (TELLES, 2003).

Os íons de maior toxicidade são: o cloreto, o sódio e o boro, complicando e complementando os problemas de salinidade e de infiltração.

- **Cloreto:** A toxicidade provocada pelo íon cloreto contido na água de irrigação é mais freqüente. Os danos começam nas pontas das folhas caminhando ao longo das bordas seguindo até a necrose, podendo ocorrer ainda, por absorção direta através das folhas das culturas irrigadas por aspersão. O ensaio utilizado para confirmar esta toxicidade é o de análise foliar. A sensibilidade das culturas ao cloreto é variável, podendo começar os sintomas de danos à concentração de 0,3% de cloreto, em base de peso seco.
- **Sódio:** A toxicidade do sódio é mais difícil de diagnosticar do que a do cloreto. Os sintomas típicos do sódio aparecem em forma de queimaduras ou

necroses ao longo das bordas das plantas. O limite tóxico na folha é atingido em concentrações acima de 0,25 a 0,50% de sódio, em base de peso seco.

- **Boro:** Em quantidades relativamente pequenas, o boro é um elemento essencial para o desenvolvimento das plantas, porém se torna tóxico quando ultrapassa certos níveis. Sua toxicidade pode afetar praticamente todas as culturas, porém a faixa de tolerância é muito ampla. Os sintomas geralmente aparecem como manchas amarelas ou secas, nas bordas e ápices das folhas mais velhas. Os primeiros sintomas aparecem quando a concentração foliar de boro excede 250 a 300 mg/kg de matéria seca.

3.12.4 - Outros problemas

Inúmeros outros problemas são observados nos cultivos, de acordo com a cultura e o elemento presente na água de irrigação. Altas concentrações de nitrogênio provocam o excessivo crescimento vegetativo, o retardamento na maturação das culturas e sua tendência ao acamamento. Manchas nas folhas e nos frutos podem ser devidas à aplicação de água com altos teores de bicarbonato, gesso ou ferro por aspersão associadas às águas de pH anormal (TELLES, 2003).

3.13 - Utilização de água de residuárias e de reuso na agricultura

TELLES (2002 a) afirma que, a utilização de corpos d'água, que recebem efluentes domésticos, é prática antiga na irrigação e comum nos centros urbanos. Isto ocorre por existirem áreas adequadas ao cultivo agrícola no perímetro urbano, com recursos hídricos disponíveis em corpos d'água próximos e enriquecidos com nutrientes advindos dos esgotos sanitários. Dentro de normas restritas e controladas apresenta resultados em ganho de produtividade.

Segundo o citado autor, no estudo do uso de efluentes domésticos na irrigação, se deve avaliar primeiramente as características microbianas e

bioquímicas, de acordo com as normas de saúde pública, levando-se em consideração o tipo de cultura, o solo, o sistema de irrigação e a forma em que o produto será consumido. Somente depois de ser verificado que estas águas reúnem as condições específicas pelas normas de saúde, é que deve ser considerada a avaliação em termos de seus componentes químicos.

O uso de efluentes domésticos é considerado, em determinadas condições, como forma de tratamento e de despoluição das águas. No Brasil o aspecto sanitário de água de irrigação está ligado a duas doenças: a esquistossomose e a verminose. A contaminação por esquistossomose ocorre, principalmente, com o agricultor irrigante que mantém contato direto com a água; enquanto a verminose ataca os usuários, através de produtos irrigados consumidos in natura (verduras), nos quais a água de irrigação entra em contato direto com o produto (TELLES, 2002 a).

Segundo o autor, a OMS, chegou á conclusão de que o tratamento primário das águas residuárias é suficiente para a irrigação de culturas em que não há consumo humano direto, enquanto o tratamento secundário e, provavelmente, a desinfecção e filtração são necessários quando estas águas forem utilizadas na irrigação de culturas para consumo direto, conforme podemos verificar na Tabela 5.

Ainda segundo o autor, alguns países dispõem de normas para o uso de efluentes em termos de suas características bacteriológicas e do tratamento adequado. A irrigação com estes efluentes podem causar danos irreparáveis ao meio ambiente, contaminando o ar, os solos, as plantas e áreas do entorno dos campos irrigados. A magnitude desta contaminação depende do tratamento destas águas, das condições climáticas, da cultura irrigada e do próprio sistema de irrigação.

Tabela 5 – Tratamentos recomendados pela OMS para reaproveitamento de águas residuárias na irrigação.

	Culturas consumidas indiretamente	Culturas consumidas cozidas	Culturas consumidas cruas
Critério de saúde	1 + 4	2 + 4	3 + 4
Tratamento primário	XXX	XXX	XXX
Tratamento secundário	XXX	XXX	XXX
Filtração em areia ou método equivalente		+	+
Desinfecção		+	XXX

Critério de Saúde

1. Livre de sólidos grandes: eliminação significativa de ovos de parasitas.
2. Igual ao item 1, porém com eliminação significativa de bactérias
3. Não permite mais de 100 organismos coliformes em 100 ml, em 80% das amostras.
4. Não permite elementos químicos que deixam resíduos indesejáveis nas culturas.

Observação: Para satisfazer os requisitos de saúde os elementos marcados com **XXX** são essenciais; além disso podem ser necessários, às vezes, os tratamentos marcados com **+**.

Os critérios recomendados pela OMS para as atividades recreativas são igualmente aplicáveis ao pessoal irrigante ou a outros que possam ter contato direto com os efluentes.

Fonte: adaptado de Telles in Rebouças et.al (2002 a)

O presente trabalho pretende verificar a viabilidade de se irrigar gramíneas forrageiras (grama batatais) do Parque do Ibirapuera, para tanto a água deverá ser classificada como classe 3, conforme artigo 6º da Resolução CONAMA 20/86 e obedecer as condições da OMS, mostradas nas Tabelas 5 e 6.

Artigo 6º da Resolução CONAMA 20/86

Para as águas de Classe 3 são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- d) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) número de coliformes fecais até 4.000 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, índice limite será de até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) DBO₅ dias a 20°C até 10 mg/l O₂;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l O₂

1) Turbidez: até 100 UNT;

j) Cor: até 75 mg Pt/l;

l) pH: 6,0 a 9,0

m) Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) – Tabela 6.

Tabela 6 – Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos)

Alumínio:	0,1 mg/l Al
Arsênio:	0,05 mg/l As
Bário:	1,0 mg/l Ba
Berílio:	0,1 mg/l Be
Boro:	0,75 mg/l B
Benzeno:	0,01 mg/l
Benzo-a-pireno:	0,00001 mg/l
Cádmio:	0,01 mg/l Cd
Cianetos:	0,2 mg/l CN
Chumbo:	0,05 mg/l Pb
Cloretos:	250 mg/l Cl
Cobalto:	0,2 mg/l Co
Cobre:	0,5 mg/l Cu
Cromo Trivalente:	0,5 mg/l Cr
Cromo Hexavalente:	0,05 mg/l Cr
1,1 dicloroetano:	0,0003 mg/l
1.2 dicloroetano:	0,01 mg/l
Estanho:	2,0 mg/l Sn
Índice de Fenóis:	0,3 mg/l C ₆ H ₅ OH
Ferro solúvel:	5,0 mg/l Fe
Fluoretos:	1,4 mg/l F
Fosfato total:	0,025 mg/l P
Lítio:	2,5 mg/l Li
Manganês:	0,5 mg/l Mn
Mercúrio:	0,002 mg/l Hg
Níquel:	0,025 mg/l Ni
Nitrato:	10 mg/l N
Nitrito:	1,0 mg/l N
Nitrogênio amoniacal:	1,0 mg/l N
Prata:	0,05 mg/l Ag
Pentaclorofenol:	0,01 mg/l
Selênio:	0,01mg/l Se
Sólidos dissolvidos totais:	500 mg/l
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno:	0,5 mg/l LAS
Sulfatos:	250 mg/l SO ₄
Sulfatos (como H ₂ S não dissociado):	0,3 mg/l S
Tetracloroetano:	0,01 mg/l
Tricloroetano:	0,03 mg/l
Tetracloroeto de Carbono:	0,003 mg/l
2, 4, 6 triclorofenol:	0,01 mg/l
Urânio total:	0,02 mg/l U
Vanádio:	0,1 mg/l V

Zinco:	5,0 mg/l Zn
Aldrin:	0,03 µg/l
Clordano:	0,3 µg/l
DDT:	1,0 µg/l
Dieldrin:	0,03 µg/l
Endrin:	0,2 µg/l
Endossulfan:	150 µg/l
Epóxido de Heptacloro:	0,1 µg/l
Heptacloro:	0,1 µg/l
Lindano (gama-BHC):	3,0 µg/l
Metoxicloro:	30,0 µg/l
Dodecacloro + Nonacloro:	0,001 µg/l
Bifenilas Policloradas (PCB'S):	0,001 µg/l
Toxafeno:	5,0 µg/l
Demeton:	14,0 µg/l
Gution:	0,005 µg/l
Malation:	100,0 µg/l
Paration:	35,0 µg/l
Carbaril:	70,0 µg/l
Compostos organofosforados e carbamatos totais em Paration:	100,0 µg/l
2,4 - D:	20,0 µg/l
2,4,5 - TP:	10,0 µg/l
2,4,5 - T:	2,0 µg/l

Fonte: Resolução Conama 20/86

3.14 - Métodos de irrigação

VIEIRA (1989) afirma que, a aplicação da água na agricultura é feita por meio de métodos ou sistemas de irrigação, que é o conjunto de técnicas e equipamentos que promovem a distribuição da água às plantas cultivadas em quantidade e frequência adequadas, com a finalidade de garantir o seu perfeito desenvolvimento e produção com uso racional da água. A classificação aceita atualmente divide os sistemas de irrigação em:

- Sistemas de superfície (sulcos de infiltração, faixas de infiltração e inundação)
- Sistemas de aspersão (convencional, montagem direta, lateral rolante, autopropelido e pivô central)
- Sistemas de irrigação subterrânea (com tubos perfurados ou porosos; e por elevação do lençol freático)
- Sistemas de irrigação localizada (gotejamento, microaspersão, jato pulsante, xique-xique, e pote de barro).

Segundo o citado autor, a irrigação de superfície se caracteriza pela forma de aplicação da água, que é mantida ou se escoia sobre a superfície do terreno

enquanto se infiltra no solo, irrigando-o. Na aspersão a água é atirada sobre a cultura em forma de jatos, que ao se chocarem com as moléculas de ar, quebram-se em gotas que caem sobre a cultura como uma chuva. Na irrigação subterrânea, também conhecida como subirrigação ou irrigação de subsuperfície, a água é aplicada no subsolo ou de forma a elevar os lençóis freáticos, que por capilaridade ascendem no perfil do solo até a zona ocupada pelo sistema radicular das plantas. Na irrigação localizada a água é aplicada apenas em certos pontos do terreno, a partir dos quais forma no perfil do solo um bulbo molhado onde o sistema radicular retira a umidade necessária.

VIEIRA (1989) afirma ainda que, cada método de irrigação tem suas particularidades, qualidades e defeitos, portanto, na escolha do método a ser utilizado, devem ser considerados os seguintes fatores:

- Capacidade do manancial de água;
- Qualidade da água de irrigação;
- Natureza do solo;
- Topografia do terreno;
- Adaptabilidade da cultura ao método;
- Cultura anual ou perene;
- Cultura perene já plantada ou não;
- Disponibilidade de energia;
- Aspectos econômicos;
- Créditos e incentivos.

TELLES (2003) afirma que, a irrigação subterrânea (tubulações perfuradas enterradas) e a irrigação por gotejamento são os métodos mais seguros e os que apresentam menores riscos de contaminação. Irrigação por sulcos, em condições adequadas, pode ser aplicada, para não contaminar o ar ou a parte superior das plantas. Irrigação por aspersão tem maior potencial de provocar a contaminação microbiana do ar e das culturas devido à ação do vento.

As limitações para utilização de águas residuárias na agricultura, não são impeditivas, uma vez que podem ser superadas, através de manejo agrícola. Uma vez, determinadas as características das águas residuárias, dos solos e da cultura pode-se efetuar um estudo detalhado do método de irrigação que melhor se adapte ao caso.

Na Tabela 7 apresentamos orientações quanto, aos riscos e conseqüências sobre a utilização de águas que recebem esgotos sanitários, conforme os métodos de irrigação e suas características.

Tabela 7 - Orientações quanto aos riscos e conseqüências sobre a utilização de águas que recebem esgotos sanitários conforme os métodos de irrigação e suas características.

MÉTODO	CARACTERÍSTICAS	RISCOS / CONSEQÜÊNCIAS
Inundação	Água estacionada no tabuleiro enquanto infiltra. Muito contato do irrigante com a água.	Mau cheiro e aspecto. Atração e desenvolvimento de moscas e vetores. Risco de contaminação do irrigante.
Sulcos	Água caminha lentamente nos sulcos enquanto infiltra. Contato do irrigante com a água de irrigação.	Mau cheiro e aspecto. Atração e desenvolvimento de moscas e vetores. Risco de contaminação do irrigante.
Aspersão (todos)	Água é lançada para o ar caindo em pequenas gotas sobre as plantas.	Risco de contaminação do ar, das partes superiores das plantas e dos frutos. Quanto mais forte o vento e maiores o alcance e altura do jato, maiores serão os efeitos.
	Presença de materiais metálicos e de componentes móveis.	Possibilidade de corrosão das partes metálicas e de obstrução na movimentação dos emissores.
Micro-aspersão	A água é aspergida em pequenos círculos junto ao pé das plantas.	Risco da contaminação do irrigante, das plantas e frutos é mínimo.
	O sistema geralmente envolve filtração da água e orifícios com pequenos diâmetros dos emissores.	Pode haver entupimento dos orifícios, devido a sólidos em suspensão e algas com de maiores cuidados na manutenção dos filtros. (*)
Gotejamento	A água é colocada, em gotas junto ao pé das plantas.	Praticamente não há risco da contaminação do irrigante, das plantas e frutos.
	O sistema envolve filtragem da água e orifícios com pequenos diâmetros dos emissores.	Prováveis problemas com os filtros e com entupimentos dos emissores prejudicando a distribuição da água. (*)
Subterrânea: elevação do nível do lençol freático	A água caminha lentamente nos canais para elevação do nível d'água.	Mau cheiro e aspecto. Atração e desenvolvimento de moscas e vetores.
	Contato do irrigante com a água de irrigação.	Contaminação do irrigante
Subterrânea: aplicação da água no interior do solo	A água em "injetada" no solo através de tubulações enterradas porosas ou perfuradas.	Praticamente não há riscos de contaminação do irrigante, das plantas e frutos. Problemas com fechamento dos poros e furos.

(*) Medidas preventivas e corretivas contra entupimentos incluem filtros de areia, de tela com auto lavagem, cloração e descargas periódicas para lavagem das linhas laterais.

Fonte: adaptada de TELLES (2003)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para ser verificada a possibilidade de utilização das águas efluentes da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes para irrigação dos gramados do parque, foram pesquisados os arquivos da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, realizadas visitas ao Parque do Ibirapuera e a seus respectivos lagos, onde fotografou-se o aspecto estético de suas águas.

Os dados assim obtidos foram analisados, tabulados e confrontados com os valores estabelecidos na Resolução CONAMA 20/86, Decreto Estadual nº 8468/76 e requisitos da OMS, são apresentados no item 5 do presente trabalho.

A metodologia utilizada para a avaliação da qualidade das águas foi a definida nos relatórios de qualidade de águas interiores da CETESB.

Segundo o INSTITUTO 5 ELEMENTOS (1999), responsável pelo PEAPI – TRV, o Parque Ibirapuera tem aproximadamente 1.680.000 m² de áreas arborizadas, pavimentadas e construídas, e possui ainda três lagos interligados, com aproximadamente 204.000 m², margeados por alamedas arborizadas, jardins, fontes luminosas, monumentos, fontes e pavilhões onde atualmente são realizados vários eventos.

O conjunto dos três lagos interligados foi criado artificialmente a partir do represamento das águas do Córrego do Sapateiro. Apresentam-se nas Figuras 6 e 7 um mapa do Parque do Ibirapuera e uma vista panorâmica do mesmo.



** Mapa sem Escala ** Mapa sin Escala ** This map not have scale

Figura 6 – Mapa do Parque do Ibirapuera
Fonte: Guia São Paulo, 2004.

A seguir mostraremos vistas panorâmicas do Parque do Ibirapuera.



Figura 7 – Vista panorâmica do Parque do Ibirapuera (Posicionamento Central)
Fonte – Estação Metrópole, 2004.

O lago inferior possui um sistema de aeração (fonte multimídia), que tem o objetivo de aumentar a oxigenação das águas oriundas da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Ibirapuera, conforme mostrado na Figura 8.

A fonte é uma instalação flutuante de 110 metros de comprimento por 2 metros de largura e movimentada cerca de 60 mil litros de água por minuto, lançando jatos de até 60 metros de altura, com mais de 60 tonalidades.



Figura 8 – Fonte Multimídia
Fonte – Kodak Brasil, 2004.

O Parque do Ibirapuera foi implantado sobre terreno brejoso, que foi drenado e onde foram plantados eucaliptos, para secar o solo e possibilitar a introdução das espécies nativas e exóticas; existem nos lagos do Ibirapuera várias espécies de peixes; as aves catalogadas superam 100 espécies, entre silvestres (nativas e exóticas) e domésticas (Estação Metrópole, 2004).

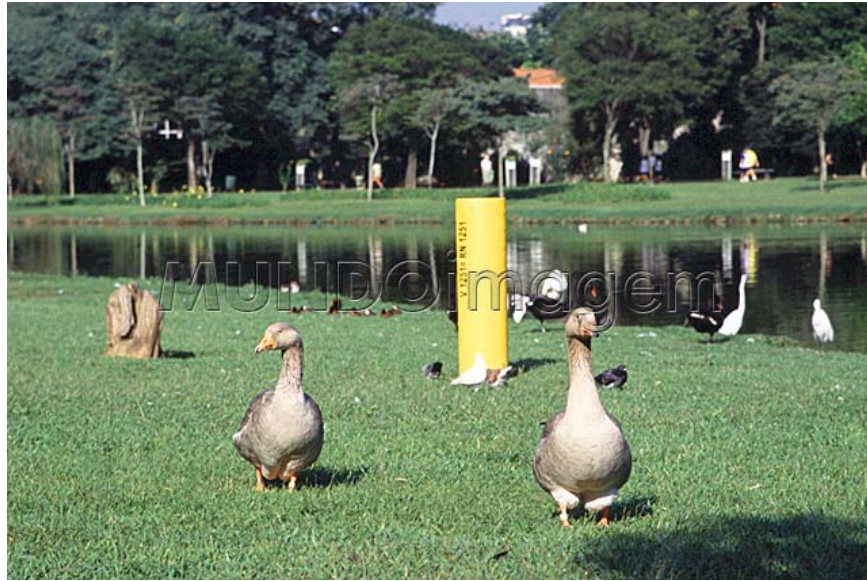


Figura 9 – Fauna e Flora do Parque do Ibirapuera.
Fonte – Mundo & Imagem, 2004.

O gramado do entorno dos lagos do Ibirapuera é formado pela espécie *Paspalum notatum* Fluggé, também conhecida como: grama batatais, grama forquilha, grama mato-grosso, grama comum, grama de pasto, gramão, grama da Bahia (SNA, 2004).

Trata-se de umas gramas nativas do Brasil, perene e fortemente rizomatosa com suas folhas atingindo cerca de 30 cm. É pouco exigente em solo e clima, vegetando bem desde o nível do mar até altitudes elevadas. Sua propagação pode ser feita por mudas.

A grama batatais é indicada para parques públicos, campos de futebol, bordas de piscinas e entornos de lagos. Resiste bem às secas e pisoteio. Evita erosão e filtra a água.

No que se refere a irrigação, o fato de as folhas da grama enrolarem-se, assim como ao se caminhar de manhã, ficarem marcas das passadas, ou seja, as folhas não se erguem, constitui uma maneira prática de se identificar a necessidade de irrigar.

A Empresa SERVMAC é a atual distribuidora da grama batatais para o Parque do Ibirapuera.

Apresenta-se a seguir, a Figura 10 do gramado do entorno dos lagos do Parque do Ibirapuera.



Figura 10 – Gramado do entorno dos lagos do Parque do Ibirapuera.
Fonte – Mundo & Imagem, 2004.

4.1. - Despolição do Lago do Ibirapuera

A exemplo do que ocorria no Lago da Aclimação, o Lago do Ibirapuera era um exemplo da degradação dos recursos hídricos, provocada pelo lançamento clandestino de esgoto nas galerias de águas pluviais de Vila Mariana, de onde vem o Córrego do Sapateiro. A luta pela recuperação do Lago do Ibirapuera mobiliza a comunidade há vários anos, e motivou o tombamento do Parque pelos órgãos competentes. (O ESTADO DE SÃO PAULO, 1997 e QUEIROZ, 1999).

Desde outubro de 2000, a partir de um convênio com a Prefeitura, a SABESP vem operando a Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes que aplica o processo FLOTFLUX® de tratamento. Com tecnologia nacional, o processo garante a recuperação gradativa do lago, mediante renovação do lançamento da água tratada do Córrego do Sapateiro, conforme se verifica nas Figuras 11 a 14.



Figura 11 – Vista panorâmica do Lago superior do Parque do Ibirapuera
Fonte: Fotos da Autora (2004)



Figura 12 – Vista panorâmica do Lago médio do Parque do Ibirapuera
Fonte: Fotos da Autora (2004)



Figura 13 – Vista panorâmica do Lago inferior do Parque do Ibirapuera.
Fonte: Fotos da Autora (2004)



Figura 14 – Vista dos aeradores do Lago inferior do Parque do Ibirapuera.
Fonte: Fotos da Autora (2004)

4.2 - Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes

De acordo com SABESP (2001), a concepção do processo FLOTFLUX®, inclui a utilização de duas técnicas usuais em Estações de Tratamento de Água: a Floculação e a Flotação. O projeto tem como variável o comportamento hidráulico do curso d'água, possibilitando a aplicação eficiente do tratamento em leitos de rios ou em canais artificiais. As interferências da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera restringem-se a pequenas instalações e a algumas adaptações nas galerias do Córrego do Sapateiro, sem acesso aos usuários dos parques, garantido a segurança dos mesmos.

Pode-se definir o processo de flotação em cinco etapas:

- **1ª. Etapa:** Retenção de resíduos sólidos, através de sistemas de grades basculantes e cercas flutuantes. Em regiões onde se verificam problemas de assoreamento dos cursos d'água, são utilizadas caixas de areia.
- **2ª. Etapa:** Aplicação de agentes químicos coagulantes, entre eles o sulfato de alumínio e cloreto férrico, que agregam a sujeira e também promovem uma filtração química da água no tratamento, este processo é semelhante ao usado na limpeza de piscinas. Esses agentes químicos são os mesmos usados em unidades de tratamento de água para abastecimento público.
- **3ª. Etapa:** Através da microaeração, processo de injeção de água e ar por equipamentos específicos, que permite a flotação (elevação) dos flocos acima da superfície da água, assim, facilitando a remoção.
- **4ª. Etapa:** Remoção da sujeira através de um sistema rotativo, que viabiliza o processo de coleta do material flotado. O lodo resultante do processo é destinado para as estações de tratamento de esgoto, incinerado ou aproveitado como adubo, quando a qualidade indicada pelas análises permitirem.
- **5ª. Etapa:** Desinfecção do efluente, através da aplicação de produtos próprios, como o cloro. Este procedimento é eventual, dependendo do uso que será dado a água, o que não ocorre na estação do Parque do Ibirapuera.

Ainda segundo SABESP (2001), o tratamento provoca a redução significativa de indicadores de qualidade como:

- Cor;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio;
- Demanda Química de Oxigênio;
- Fosfato;
- Coliformes Fecais; e
- Turbidez

A SABESP (2001) observa ainda, que o tratamento provoca aumento do Oxigênio Dissolvido na água, criando condições favoráveis para reprodução e preservação dos ecossistemas aquáticos, como pode ser comprovado pelo aumento de peixes e aves nos Lagos. Os incrementos de água tratada nos Lagos asseguram a renovação e a manutenção dos ecossistemas locais; a melhoria dos padrões estéticos dos corpos d'água; e um ambiente agradável e saudável aos usuários dos Parques. O lodo flotado é lançado nos coletores tronco locais e encaminhado para a ETE de Barueri.

Nas Figuras 15 a 18 são apresentadas fotos da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera.



Figura 15 – Vista panorâmica da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera
Fonte: Fotos da Autora (2004)



Figura 16 – Detalhe da Grade da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera
Fonte: Fotos da Autora (2004)



Figura 17 –Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera, vista de jusante.
Fonte: Fotos da Autora (2004)



Figura 18 – Efluente da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera.
Fonte: Fotos da Autora (2004)

O efluente tratado está, em parte, sendo reutilizado internamente para limpeza de equipamentos, lavagem de uma rua na estação, rega das plantas e selagem de bombas (SABESP, 2005)

Cabe ressaltar que a estação trata as águas afluentes do Córrego do Sapateiro, e não os possíveis lançamentos de esgotos sanitários das edificações existentes no Parque, que devem ter como destino os lagos.

4.3 – Reúso das Águas dos Lagos do Ibirapuera

Desde novembro de 2003, a Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP), juntamente com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), vêm tentando influenciar a população a mudar seus hábitos, incluindo em seus programas a limpeza de áreas públicas com água de reuso, em vez da potável.

A água utilizada no serviço de limpeza e irrigação dos gramados advém de três estações de tratamento da SABESP. Pelo contrato firmado entre os órgãos públicos estão sendo comprados 19 mil metros cúbicos de água, a R\$ 0,36 o m³. A

mesma quantidade de água potável custa R\$ 6,00, o que gera para o município uma economia de R\$ 1,2 milhão por ano.

A água de reuso está sendo utilizada para lavar ruas, escadarias, monumentos e praças, para irrigar jardins e até para desobstruir bueiros. Para atingir 100% de limpeza ecologicamente correta, devem ser construídos reservatórios nas subprefeituras, com o objetivo de estocar água de reuso e abastecer caminhões-pipa de lugares afastados. Tratando o esgoto à base de cloro, a SABESP produz mensalmente 156.128 m³ de água de reuso.

Em face desta nova abordagem que está sendo dada à água de reuso e sua crescente aceitação pública, os citados lagos são potenciais fontes de água de reuso para irrigação de seus entornos, até mesmo em outros tipos de aplicação: lavagens de prédios, pátios, jardins, praças, veículos, uso em sanitários públicos, etc.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram coletados da SABESP e analisados dados de vazão e análises laboratoriais de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera, conforme consta do Anexo ao presente trabalho.

A figura 19 apresenta as vazões médias mensais do efluente da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera, no ano de 2004.

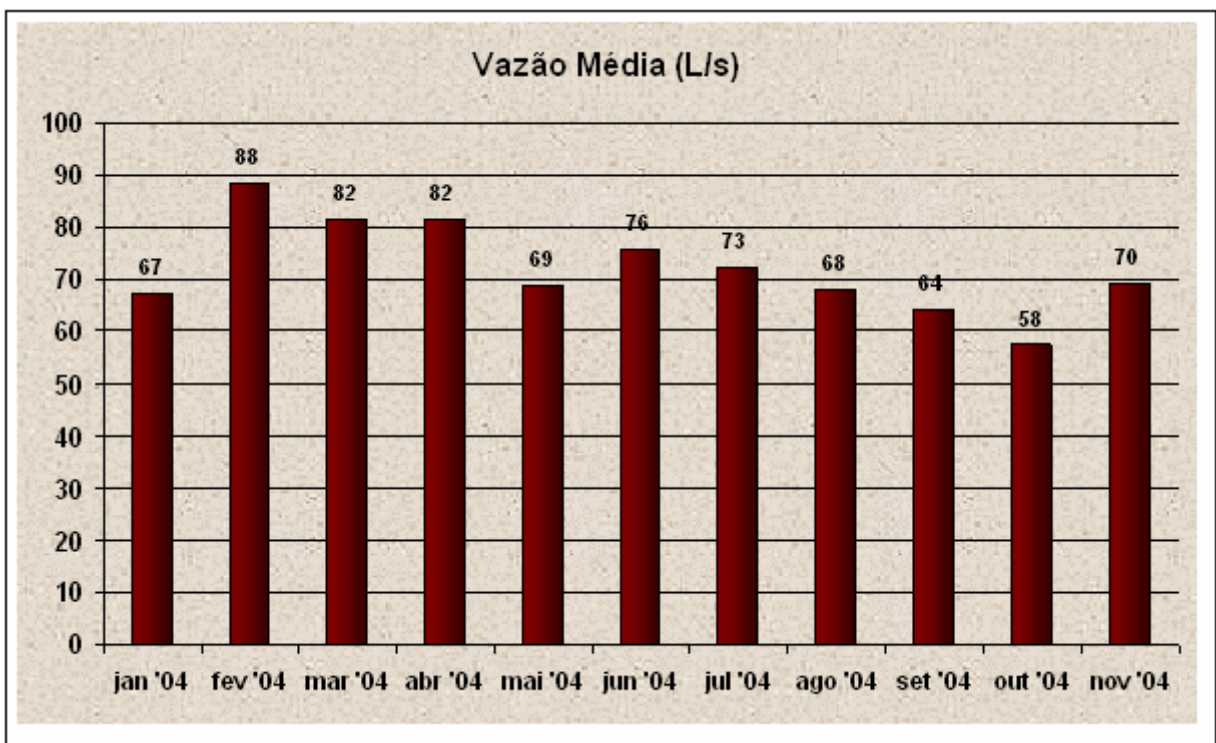


Figura 19 – VAZÃO MÉDIA (L/s) da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera – Ano Base 2004

Fonte: SABESP, 2005

Apresenta-se na tabela 8 as análises laboratoriais dos efluentes da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera realizadas pela SABESP no período de 07.07.2003 a 14.12.2004 e de interesse neste estudo.

Tabela 8 – Resultados das Análises Laboratoriais dos efluentes da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera

Data	Cloreto	Condutividade	Cor	DBO	DQO	Fenol	Fósforo Total	Fluoreto	N Total	N-NH3
07/07/03	42,8	342		16	49				8,9	7,1
15/07/03	45,2	477		33	55	0,03	0,2		13,5	9,8
30/07/03	49,8	458		17	41				11,4	9,8
05/08/03	121,5	432		14	37				10,1	8,5
12/08/03	68,8	423		19	39	0,07	0,1		10,4	8,4
09/09/03	101,8	543	110		52				14,9	12,5
16/09/03	75,9	461	101	29	45	0,01	0,4		11,1	8,4
30/09/03	93,4	511	120	16	36				12,4	10
07/10/03	60,6	402	92	14	48				10,5	9,2
14/10/03	65,9		47	9	22				8	6,3
21/10/03	76,8	447	74	26	48	0,02	0,02	0,5	9,7	8,4
28/10/03										
04/11/03	63	421	47	7	23				7,4	6,8
06/11/03										
11/11/03	78	471	68		45	0,05	0,1		10,3	8,5
12/11/03			50		19	0,02	0,2			4
18/11/03	66	437	48	10	27				7,8	4,9
25/11/03	78	466	53	10	35				10,6	8,5
02/12/03	71	473	104	16	42					
09/12/03	76	435	38	12	25	0,02	0,08	0,4	9,5	7,3
10/12/03			27	6	12	0,02	0,06	0,4		3,1
16/12/03	83	478	83	13	32				11,2	9,9
06/01/04	74	468	101	12	36				11,8	9,8
13/01/04	63	403	87	6,8	25				8,4	6,2
20/01/04	36	414	25	17	38	0,02			10,2	7,3
21/01/04			3	6	16	0,023	0,06			3,5
03/02/04	50	368	80	10	24				4,6	2,6
10/02/04	71	427	32		25	0,02	0,1	0,4	7,3	7,1
11/02/04			23		15	0,02	0,06	0,3		2,2
17/02/04	77	444	23	8	33				9,5	7,3
02/03/04	64	414	93	12	49				8,9	6,9
09/03/04	70	419	32	18	36	0,01	0,06	0,3	8,3	5,8
16/03/04	72	398	53	10	31				8	5,4
23/03/04	69	417	39	10	23				9,4	7,5
30/03/04	56	348	42	4	19				5,1	3,9
06/04/04	44	314	18	3	12				3,4	2,7
13/04/04	61	388	60		25	0,01	0,09	0,3	7,2	5,6
27/04/04	50	338	1	4	14				4,7	3,6
04/05/04	39	317	16	6	16				4,7	3,3
11/05/04	51	350	55	13	18	0,01	0,09	0,3	5,7	4,3
18/05/04	53	332	29	6	18				5,3	4,1
01/06/04		363	23	13	24				5,4	3,3
08/06/04	68	412	34	8	22				7,8	6,1
15/06/04	58	388	57	8	20	0,01	0,1	0,4	7,2	5,5
22/06/04	48		34	6	17				5,3	4,4
29/06/04	67	401	75	7	21				8,5	6,4
06/07/04	59	381	55	7	19				5,9	4
13/07/04	63	369	33	7	18	0,01	0,02	0,4	3,9	1,9
20/07/04		355	35	10	21					
27/07/04	62	353	39	9	24				4,2	2,5
03/08/04	67	392	33	7	16				5,5	3,9
10/08/04	63	404	60	13	19	0,01	0,06	0,4	6,6	4,8
17/08/04	70	419	88	8	20				6,1	5,3
24/08/04	67	427	63	10	22				6,1	5,5
31/08/04	61	386	120	6	20				5,7	3,7
08/09/04			40	8	20				6	5
14/09/04	58	369	55	11	19	0,01	0,3	0,3	5,1	3
21/09/04	63	397	25	6	20				4,5	4
28/09/04	66	386	77	8	23					
19/10/04	53	348	81	8	18	0,01	0,07		4,4	2,7
26/10/04	52	336	61	8	17				2,4	1,4
02/11/04	119	378	57	6	17				3,4	2,3
09/11/04	57	366	86	4	19	0,01	0,07	0,4	3,3	2,2
23/11/04	65	363	29	4	15				3,2	2,3
30/11/04	59	370	30	5	16				1,6	1,2
07/12/04	61	366	68	5	20	0,01	0,06	0,3	2,1	1,7
14/12/04	65	376	63	5	18				4,1	2,9

Fonte: SABESP, 2005

Tabela 8 – Resultados das Análises Laboratoriais dos efluentes da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera (continuação)

Data	Nitrato_	Nitrito_	Óleos Grax_	Ortofosfato_	Sol Fixos_	Sol Vol	Sol Totais	Sol Sedim	Sol Susp Tot	Sol Susp Vol
07/07/03						92	282		28	24
15/07/03	0,2	0,9	1,8	172	0,2	111	283		16	5
30/07/03	0,1			204	0,1	68	272		11	7
05/08/03	0,1			162	0,1	96	258		3	3
12/08/03	0,1		1,7	145	0,1	152	197		8	7
09/09/03	0,1			173	0,1	127	300		35	5
16/09/03	0,2	1,3	1,2	102	0,2	216	318	0,1	2	0
30/09/03				228		32	260			
07/10/03	0,3			196	0,3	124	320	0,05	15	9
14/10/03	0,4			156	0,4	94	250		1	1
21/10/03	0,2		1	220	0,2	68	288	0,05	10	6
28/10/03				194		118	312		312	118
04/11/03	0,2			184	0,2	4	4	0,05	4	4
06/11/03										
11/11/03	0,1	0,7	1,1	300	0,1	24	324	0,05	8	5
12/11/03	0,1		1,6	252	0,1	8	260		6	3
18/11/03	0,2			104	0,2	132	236	0,05	4	3
25/11/03				180		128	308	0,05	7	6
02/12/03				76		116	192	0,05	14	6
09/12/03	0,2		0,6	180	0,2	128	308	0,05	5	4
10/12/03	0,2			128	0,2	144	272		5	3
16/12/03	0,3			192	0,3	108	300	0,05	13	7
06/01/04	0,057			156	0,057	20	176	0,05	12	12
13/01/04	0,2			176	0,2	116	292	0,05	14	7
20/01/04	0,1	1,8	0,7	156	0,1	48	204	5	5	1
21/01/04	0,1	3,1	0,6	184	0,1	28	212		4	1
03/02/04	0,2			216	0,2	8	224	0,05	9	7
10/02/04	0,2		1	248	0,2	132	380	0,05	4	2
11/02/04	0,1		1	144	0,1	96	240		4	1
17/02/04	0,1			192	0,1	116	308	0,05	7	6
02/03/04	0,2			188	0,2	16	204	0,05	15	9
09/03/04	0,5	1,2	0,4	180	0,5	112	292	0,05	5	4
16/03/04	0,3			172	0,3	136	308	0,05	6	5
23/03/04	0,3			144	0,3	2	236	0,05	5	2
30/03/04	0,2			152	0,2	144	296	0,05	4	4
06/04/04	0,2			104	0,2	156	260	0,05	5	4
13/04/04	0,1	0,9		156	0,1	62	218	0,1	11	9
27/04/04	0,2				0,2	3	224	0,05	5	3
04/05/04	0,3			140	0,3	40	180	0,05	5	3
11/05/04	0,5	2,4	0,7	138	0,5	36	174	0,05	7	1
18/05/04	0,016			114	0,016	130	244	0,05	6	2
01/06/04	0,3			138	0,3	122	260	0,05	3	2
08/06/04	0,3			210	0,3	102	312	0,05	7	6
15/06/04	0,4	6,2	0,7	194	0,4	54	248	0,05	5	1
22/06/04	0,2			128	0,2	58	186	0,05	1	1
29/06/04	0,2			92	0,2	148	240	0,05	13	5
06/07/04	0,2			160	0,2	116	276	0,05	5	2
13/07/04	0,5	1,2	0,7	200	0,5	72	272	0,05	28	24
20/07/04	0,2			112	0,2	128	240	0,05	4	3
27/07/04	0,3			172	0,3	84	256	0,05	3	1
03/08/04	0,3			188	0,3	88	276	0,05	2	2
10/08/04	0,5		0,7	172	0,5	36	208	0,05	2	2
17/08/04	0,4			176	0,4	72	248	0,05	5	1
24/08/04	0,4			148	0,4	108	256	0,05	2	1
31/08/04	0,4			136	0,4	120	256	0,05	6	4
08/09/04	0,3			192	0,3	28	220	0,05	6	4
14/09/04	0,2	9,1	0,7	168	0,2	28	196	0,05	3	2
21/09/04	0,3			236	0,3	44	280	0,05	2	1
28/09/04	0,2				0,2		188	0,05	1	1
19/10/04	0,2	3,3	0,2	112	0,2	80	192	0,05	4	3
26/10/04	0,2			96	0,2	84	180	0,05	2	1
02/11/04				212		48	260	0,05	3	0
09/11/04	0,3	3,5	0,3		0,3					
23/11/04	0,3			152	0,3	56	208	0,05	140	40
30/11/04	0,3			188	0,3	116	304	0,05	22	13
07/12/04	0,3	0	0,4	84	0,3	172	256	0,05	11	1
14/12/04	0,4			116	0,4	144	260	0,05	7	

Fonte: SABESP, 2005

Tabela 8 – Resultados das Análises Laboratoriais dos efluentes da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera (continuação)

Data	Sól Susp Fix	Sulfato	Surfactan tes	Turbidez	Alumínio	Arsênio	Bário	Cádmio	Chumbo	Cianeto	Cobre	Cromo Tot
07/07/03	4			18,2								
15/07/03	11	32,8	3,5	3					0,005		0,002	0,007
30/07/03	4			16,3								
05/08/03	0			11,6								
12/08/03	1	27,2	1,9	5,2	0,03				0,005		0,002	0,007
09/09/03	30			10								
16/09/03	2	26,2	1,4	10,8	0,03	0,002	0,003	0,001	0,005	0,004	0,002	0,007
30/09/03												
07/10/03	6			7,9								
14/10/03	0			2,7								
21/10/03	8	25,7	1,5	6,4	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005	0,01	0,002	0,007
28/10/03	194											
04/11/03	0			2,5								
06/11/03												
11/11/03	4	29	2,2	2,7	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005	0,01	0,002	0,007
12/11/03	3		1,4	4,3								
18/11/03	1			4,8								
25/11/03	1			4,2								
02/12/03	8			12,4								
09/12/03	1	25	2	2,6	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005	0,03	0,002	0,007
10/12/03	2		1,1	23,1								
16/12/03	6			5,6								
06/01/04	0			5,6								
13/01/04	7			5,5								
20/01/04	3	23	1,4	2	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005	0,004	0,002	0,007
21/01/04	3		0,8	2,6								
03/02/04	2			6								
10/02/04	2	24	1,7	1,8	0,03	0,005	0,03	0,001	0,2	0,004	0,002	0,007
11/02/04	3		0,4	1,1								
17/02/04	192			1,2								
02/03/04	6			3,5								
09/03/04	180	23	0,9	2	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005	0,004	0,002	0,007
16/03/04	1			2,4								
23/03/04	144			1,7								
30/03/04	0			1								
06/04/04	1			1,4								
13/04/04	2	23	1,3	2,5	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005	0,009	0,002	0,007
27/04/04	2			1,3								
04/05/04	2			1,8								
11/05/04	6	23	1,3	3	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005	0,003	0,002	0,007
18/05/04	4			2,9								
01/06/04	0			2,2								
08/06/04	1			1,9								
15/06/04	5	23	2	2,5	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005		0,002	0,1
22/06/04	0			2,2								
29/06/04	8			8,4								
06/07/04	4			3,2								
13/07/04	4	25	1	2,5	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005		0,002	0,1
20/07/04	2			2,3								
27/07/04	2			2,8								
03/08/04	1			1,5								
10/08/04	0	29	1,2	5,2	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005		0,002	0,07
17/08/04	3			6,1								
24/08/04	1			4,4								
31/08/04	3			5,4								
08/09/04	2			2,9								
14/09/04	1	16	1	3	0,03		0,03	0,001	0,005	0,003	0,002	0,007
21/09/04	0			3								
28/09/04	0			1,1								
19/10/04	1	21	0,8	2,3	0,03	0,0005	0,03	0,001	0,005	0,007	0,002	0,007
26/10/04	1			1,2								
02/11/04	3			1,4								
09/11/04		38	1,3	1,4	0,03	0,001	0,03	0,001	0,005	0,006	0,002	0,004
23/11/04	100			2								
30/11/04	8			2								
07/12/04	11	19	1,3	3,1								
14/12/04				2,4								

Fonte: SABESP, 2005

Tabela 8 – Resultados das Análises Laboratoriais dos efluentes da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera (continuação)

Data	Cromo Hexa	Estanho	Ferro Tot	Ferro Sol	Manganês	Manganês Sol	Mercurio	Niquel	Prata	Selênio	Zinco	Coliformes Fecais	Coliformes Totais
07/07/03													
15/07/03	0,004		1,6		0,06		0,002	0,006			0,07	170000	
30/07/03													
05/08/03													
12/08/03	0,002		2,1		0,05		0,002	0,006			0,0005	30000	
09/09/03													
16/09/03	0,002	0,08	3,1	0,9	0,06	0,06	0,001			0,0005	0,1	500000	
30/09/03													
07/10/03													
14/10/03													
21/10/03		0,07	2	0,4	0,06	0,06	0,009	0,006	0,004	0,0005	0,07	70000	
28/10/03													
04/11/03													
06/11/03													
11/11/03		0,08	2	0,3	0,06	0,06	0,002	0,006	0,004	0,0005	0,04		
12/11/03													
18/11/03													
25/11/03													
02/12/03													
09/12/03		0,08	0,7	0,07	0,05	0,05	0,003	0,006	0,004	0,0005	0,07		
10/12/03													
16/12/03													
06/01/04												50000	
13/01/04												220000	
20/01/04		0,08	0,5	0,005	0,04	0,06	0,002	0,006	0,009	0,0005	0,02	17000	
21/01/04													
03/02/04												1600000	1600000
10/02/04		0,08	1	0,9	0,04	0,09	0,002	0,006	0,004	0,003	0,06	50000	50000
11/02/04													
17/02/04												170000	300000
02/03/04												1100000	1100000
09/03/04		0,08	3,5	0,7	0,06	0,05	0,003	0,006	0,004	0,0005	0,2	1	1
16/03/04													
23/03/04												14000	14000
30/03/04												4000	4000
06/04/04												110000	110000
13/04/04		0,08	1	0,2	0,05	0,05	0,004	0,006	0,004	0,0005	0,06	300000	300000
27/04/04												50000	50000
04/05/04												23000	23000
11/05/04	0,002	0,08	1,3	0,005	0,05	0,04	0,008	0,006	0,004	0,0005	0,07	2000	7000
18/05/04													
01/06/04													
08/06/04													
15/06/04	0,002	0,08		0,4	0,07	0,07	0,002	0,006	0,004	0,0005	0,04		
22/06/04													
29/06/04													
06/07/04													
13/07/04	0,002	0,08		0,2	0,07	0,07	0,009	0,006	0,004	0,0005	0,05		
20/07/04													
27/07/04													
03/08/04													
10/08/04	0,002	0,08		0,6	0,1	0,1	0,009	0,006	0,004	0,0005	0,08		
17/08/04													
24/08/04													
31/08/04													
08/09/04													
14/09/04	0,002	0,08		0,08	0,05	0,05	0,0005	0,006	0,004	0,0005	0,07		
21/09/04													
28/09/04													
19/10/04	0,002	0,08	0,005	0,2	0,004	0,04	0,002	0,06	0,004	0,0005	0,07		
26/10/04													
02/11/04													
09/11/04	0,002	0,08	1,1	0,005	0,004	0,004	0,002	0,006	0,004	0,0005	0,06		
23/11/04													
30/11/04													
07/12/04													
14/12/04													

Fonte: SABESP (2005)

Não existem ainda normas que regulamentem o uso de efluentes de águas residuárias de culturas e outros usos e reúsos.

Normas regulamentadoras estão sendo discutidas por diversos pesquisadores e órgãos ambientais de nosso País; espera-se que em breve elas sejam aprovadas e implantadas. Entretanto existem critérios (OMS e Resolução CONAMA 20/86) que devem ser obedecidos e que serão analisados no presente trabalho.

As gramíneas do Parque do Ibirapuera, que se pretende irrigar, são as forrageiras, que se aproximam das classificadas nos critérios da OMS (tabela 5) como culturas consumidas indiretamente, que devem seguir os seguintes critérios:

- De saúde – Livre de Sólidos Grandes: eliminação significativa de ovos de parasitas e não permite elementos químicos que deixam resíduos indesejáveis nas culturas.
- Serem submetidos a tratamento primário e tratamento secundário.

No quadro I, apresenta-se o comparativo dos limites máximos da Resolução CONAMA 20/86 e as análises laboratoriais dos efluentes da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera, realizadas pela SABESP, no período de 07.07.2003 a 14.12.2004.

Quadro I – Comparativo dos limites máximos da Resolução CONAMA 20/86 e as análises laboratoriais dos efluentes da estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera

Parâmetros	Limites Resolução CONAMA 20/86	Análises Laboratoriais		
		Médio	Mínimo	Máximo
Materiais flutuantes	Virtualmente ausentes	----	----	----
Óleos e graxas	Virtualmente ausentes	0,9	0,2	2,8
Coliformes fecais	Até 4000 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês	235.789,5	1	1.600.000
Coliformes totais	Até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês	296.500,1	1	1.600.000
DBO ₅ dias a 20°C	até 10 mg/l O ₂	10,3	3,0	33,0
OD, em qualquer amostra	Não inferior a 4mg/l O ₂	----	----	----
Turbidez	Até 100 UNT	4,6	1	23,1
Cor	Até 75 mg Pt/l	54,9	1,0	120,0
pH	de 6,0 a 9,0	----	----	----

continua

Quadro I – Comparativo dos limites máximos da Resolução CONAMA 20/86 e as análises laboratoriais dos efluentes da estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera (continuação)

Parâmetros	Limites Resolução CONAMA 20/86	Análises Laboratoriais		
		Médio	Mínimo	Máximo
Cloreto	250 mg/l Cl	64,2	36,0	121,5
Condutividade	100 µS/cm	402,4	314	543
DQO	----	26,3	12,0	55,0
Fenol	0,3 mg/l C ₆ H ₅ OH	0,01	0,01	0,07
Fósforo Total	0,025 mg/l P	0,1	0,02	0,4
Fluoreto	1,4 mg/l F	0,3	0,3	0,5
N Total	1,0 mg/l N	7,21	1,6	14,9
N-NH ₃	1,0 mg/l N	5,65	1,2	12,5
Nitrato	10,0 mg/l N	0,24	0,016	0,5
Nitrito	1,0 mg/l N	2,5	0,1	9,1
Ortofosfatos	----	224,9	76	300
Sólidos Fixos	----	0,24	0,016	0,5
Sólidos Voláteis	----	168,9	2	216
Sólidos Totais	500 mg/l	630,1	4	380
Sólidos Sedimentados	----	0,5	0,05	5
Sólidos Suspensos Totais	----	14,5	1	312
Sólidos Suspensos Voláteis	----	6,9	0	118
Sólidos Suspensos Fixos	----	15,9	0	194
Sulfato	250 mg/l SO ₄	28,4	16	38
Surfactantes	0,5 mg/l LAS	1,43	0,4	3,5
Alumínio	0,1mg/l Al	0,03	0,03	0,03
Arsênio	0,05 mg/l As	0,001	0,0005	0,002
Bário	1,0 mg/l Ba	0,03	0,003	0,03
Cádmio	0,01 mg/l Cd	0,001	0,001	0,001
Chumbo	0,05 mg/l Pb	0,02	0,005	0,2
Cianeto	0,2 mg/l CN	0,008	0,003	0,03
Cobre	0,5 mg/l Cu	0,002	0,002	0,002
Cromo	0,5 mg/l Cr	0,02	0,004	0,1
Cromo Hexa	0,05 mg/l Cr	0,002	0,002	0,004
Estanho	2,0 mg/l Sn	0,08	0,08	0,08
Ferro Total (1)	15 mg/l Fe	1,6	0,005	3,5
Ferro Solúvel	5,0 mg/l Fe	0,3	0,005	0,9
Manganês	0,5 mg/l Mn	0,05	0,004	0,1
Mercúrio	0,002 mg/l Hg	0,003	0,005	0,9
Níquel	0,025 mg/l Ni	0,009	0,006	0,06
Prata	0,05 mg/l Ag	0,004	0,004	0,09
Selênio	0,01 mg/l Se	0,0007	0,0005	0,003
Zinco	5,0 mg/l Zn	0,07	0,0005	0,2

(1) Decreto nº 8468/76

Alguns parâmetros são observados semanalmente, mesmo assim existe muita irregularidade nas séries das análises.

Essas análises são da saída da Estação de Tratamento, e segundo informações da SABESP não existem dados atuais do(s) lagos; somente os realizados antes da construção da Estação.

Nota-se, pelos dados apresentados, que no ano de 2004, houve uma ligeira melhora em relação ao ano de 2003 no sistema de tratamento da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera.

Existem picos de alterações que provavelmente são provenientes de chuvas intensas, momento no qual, o sistema não suporta a vazão de tratamento e tem que descarregar o excedente de água nos lagos.

No quadro I, pode-se verificar que os parâmetros de Turbidez, Cor, Cloreto, Fenol, Fluoreto, DQO, Nitrato, Nitrito, Sulfato, Alumínio, Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo, Cromo Hexa, Estanho, Ferro Total, Ferro Solúvel, Manganês, Níquel, Prata, Selênio e Zinco, nas médias apresentadas estão adequadas à OMS, limites máximos estabelecidos na Resolução CONAMA 20/86 e pelo Decreto 8468/76.

A seguir, discutir-se-ão os parâmetros cujas médias estão fora dos critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86 e OMS.

- **Óleos e Graxas:** em seu processo de decomposição reduzem o oxigênio dissolvido elevando a $DBO_{5,20}$ e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático. Não existem limites estabelecidos para esse parâmetro, a recomendação na legislação brasileira é de que os óleos e graxas sejam virtualmente ausentes, para as classes 1, 2 e 3, o que não acontece no efluente da estação de tratamento do Parque do Ibirapuera.

- **Coliformes Fecais e Totais:** indicam a possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como: febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera. Estes parâmetros estão extremamente alterados o que indica a patogenicidade destas águas, não sendo recomendado nenhum tipo de contato humano.

- **Condutividade:** indica modificações na composição de uma água, este parâmetro relaciona-se à salinidade da água, os índices de infiltração de água no solo e interferências na produtividade das culturas.
Em TELLES 2002, verifica-se que a cultura mais próxima à grama batatais é o capim mimoso, cujo rendimento potencial é de 75% a 50% está entre 3,3 e 5,3 dS/m, enquanto a média das águas efluentes da ETE apresenta valor de 0,4 dS/cm.

- **Fósforo Total:** altas concentrações estão relacionadas à eutrofização das águas.

- **Série de Nitrogênio:** o nitrogênio pode ser encontrado nas águas na forma de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas formas oxidadas.
O nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e de emissão de esgotos. Amônia é um tóxico bastante restrito à vida dos peixes, provoca ainda consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente.
A concentração de nitrogênio amoniacal é importante parâmetro de classificação das águas e muito utilizado na constituição de índices da qualidade das águas.

- **Surfactantes:** indicam a presença de detergentes e emulsificantes, tensoativos, são responsáveis pela aceleração da eutrofização, exercem efeitos tóxicos sob o zooplâncton, predador natural das algas.

- **Mercúrio:** este é um parâmetro que indica grandes restrições à sua presença, causam efeitos maléficos aos ecossistemas aquáticos; sendo o peixe um dos maiores contribuintes para a carga de mercúrio no corpo humano.

A SABESP não forneceu resultados de análises dos parâmetros de materiais flutuantes, OD e pH.

- Quanto aos materiais flutuantes em visitas realizadas na estação e nos lagos pode-se observar significativas quantidades desses materiais (figura 20) não atendendo assim, a Resolução CONAMA 20/86 e a OMS.
- O parâmetro OD (oxigênio dissolvido) é essencial para os processos de autodepuração em sistemas aquáticos e em estações de tratamento de esgotos, seus níveis indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática, portanto o parâmetro deveria ser analisado periodicamente na estação, para que não houvesse comprometimento da vida aquática nos lagos.
- O parâmetro pH (potencial hidrogeniônico) define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, pois organismos aquáticos geralmente são adaptados à neutralidade, em consequência alterações bruscas podem acarretar desaparecimento de espécies no meio. Ele influe ainda, em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente em processos de tratamento de água, águas ácidas atacam metais e não se sabe o porquê do parâmetro não estar sendo medido, é muito importante saber seus valores, pois podem causar efeitos de corrosão e incrustações nos equipamentos de irrigação, portanto é um dos parâmetros mais importantes no campo do saneamento ambiental.

A média do parâmetro DBO_{5,20} está muito próximo do limite estabelecido, pela Resolução CONAMA 20/86, Os seus valores máximos porém estão acima dos propostos pela CONAMA.

Em seguida, ilustrar-se-ão as dependências e os três lagos do Parque do Ibirapuera, com algumas observações:

O lago superior do Parque do Ibirapuera tem uma forma geométrica semelhante à de um reator do tipo “Plug-flow”. Na figura 20, fotografias de (a) até (f) podem-se observar significativas quantidades de materiais flutuantes, cuja concentração vai diminuindo à medida que as águas se afastam do ponto de entrada no lago.

Em visita ao Parque do Ibirapuera, observou-se o lançamento de esgotos no lago superior a jusante da Estação de flotação e remoção de flutuantes, possivelmente oriundos do Pavilhão da Bienal. Observou-se ainda, que as águas do lago superior exalavam mau cheiro.

Nas fotografias (a) e (b) da figura 20, pode se observar material em suspensão, provavelmente constituído de flocos formados pelo residual de cloreto férrico adicionado na estação.

Na fotografia (d) observa-se, na superfície, a presença de materiais sólidos, provavelmente constituídos de lodo liberado do fundo do lago, em virtude da fermentação biológica.

Nas fotografias (e), (f) da figura 20 e a fotografia (g) da figura 21, as águas do lago superior já apresentam uma substancial melhora em seu aspecto visual.

Nas fotografias (h) a (j) da figura 21, observa-se a presença de peixes e aves nos lagos médio e inferior, o que mostra a adequação desses dois lagos ao seu uso preponderante.

Nas fotografias (l) e (m) da figura 21, pode-se observar no descarregador de superfície, a boa qualidade das águas do lago inferior do Parque do Ibirapuera.



(a)



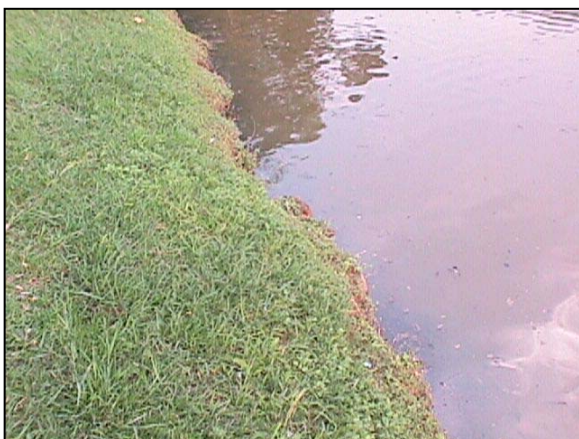
(b)



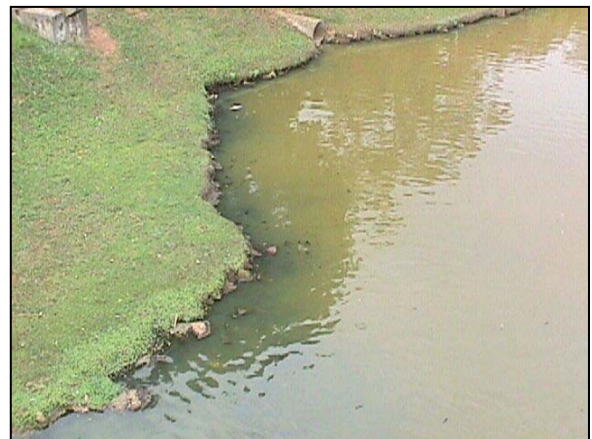
(c)



(d)

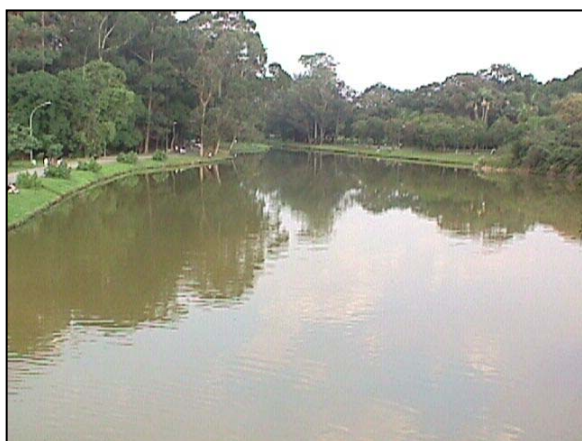


(e)



(f)

Figura 20 – Aspecto das águas do Lago Superior do Parque do Ibirapuera logo após a Estação de flotação e remoção de flutuantes. Fonte: Fotos da autora (2004)



(g)



(h)



(i)



(j)



(l)



(m)

Figura 21 – Aspecto das águas dos lagos superior, médio e inferior do Parque do Ibirapuera Fonte: Fotos da autora (2004)

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho procurou retratar, no período considerado (2004), a qualidade da água do efluente da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera, o que pode não representar a realidade das águas dos lagos, mesmo porquê existem instalações públicas de cujos lançamentos de esgotos não se sabe o destino.

A série de dados fornecidos pela SABESP é restrita de um pequeno período; não fornece medições de vazões afluentes, que induz à conclusão de que quando as vazões são superiores à capacidade da estação, não há controle sobre o efluente da mesma.

Pelos resultados obtidos no trabalho, chegou-se à conclusão que não é viável a irrigação do entorno dos lagos, uma vez que os parâmetros: óleos e graxas, coliformes fecais e totais, condutividade, fósforo total, série de nitrogênio (exceção ao nitrato), surfactantes e mercúrio não atendem à Resolução CONAMA 20/86 e critérios da OMS.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. *Gestão das Águas – Informações Hidrológicas > Projetos e Programas*. Disponível em: www.ana.gov.br> Acesso em: 06.06.2003.

ANGELASKIS, A. N.; SPYRIDAKIS, S. – The status of water resources in Minoan times: a preliminary study. Angelaskis, A. N. and A. Issar, Editors, *Diachronic Climatic Impacts on Water Resources in Mediterranean Region*. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 1996.

ASANO, T.; LEVINE, A. D. – Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present, and future – *Water Science Technology*. v. 33, n. 10-11, pp. 1-14, 1996.

BARTY-KING, H. – *Water The Book*, na *Illustrated History of Water Supply and Wastewater in the United Kingdom*. Quillier Press Limited, London, U.K. 1992

BRANCO, S.M., *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*, 2ª edição, São Paulo, CETESB, 1978 apud RIBEIRO, J.T., *Estudo de remoção de precursores de THMs para águas de abastecimento*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Campinas, São Paulo, 1998.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. *Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional*. Diário Oficial (da República Federativa do Brasil), Brasília, v. 124, n. 143, p. 11356-11361, 30 jul. 1986. seção I.

BRASIL. Ministério da Saúde/FUNASA. Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000: Normas de qualidade da água para consumo humano. Brasília, 17p. 2000.

CETESB. Eutrofização e Contaminação por Metais no Reservatório do Guarapiranga – Dados Preliminares – Relatório Técnico, 1992

CETESB, *Comunidade planctônica e clorofila a do Complexo Billings (out/92 a out/93)*. S. Paulo, CETESB: Relatório Técnico, 1996, 61p.

CETESB, São Paulo. *Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo*: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 263p., 2002.

CETESB, São Paulo. *Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo*: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov>> Acesso em: 18 abr. 2003.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS - LABORATÓRIO DE PAISAGISMO, Paraná. *Paisagem e Gramados*. Disponível em <<http://www.floresta.ufpr.br/~paisagem/dicas/gramados.htm>>. Acesso em: 02 dez. 2004.

ECCD – European Communities Commission Directive. Council directive regarding the treatment of urban wastewater (91/271/EEC). Official Journal of the European Communities, n. L 135, of the 91.5.30, 40-50, 1991.

ESTAÇÃO METRÓPOLE, São Paulo. *Parque do Ibirapuera* Disponível em: <<http://www.geocites.yahoo.com.br/estacaometropole/parquedoibirapuera.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2004.

EDUCACIONAL, São Paulo. *Livre-se do estresse da cidade no parque*. Disponível em: <<http://www.educacioal.com.br/reportagens/sp450/textoibirapuera.asp.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2004.

GUIA SÃO PAULO, São Paulo. *Passeios Diversões* Disponível em: <http://www.guiasp.com.br/guiasp/site/passeios_diversões.htm>. Acesso em: 23 nov. 2004.

GUIA SÃO PAULO, São Paulo. *Parque do Ibirapuera* Disponível em: <<http://www.geocities.com/negocioreal/ibirapuera.html>>. Acesso em: 25 nov. 2004.

GUIA DA SEMANA, São Paulo. *Parque do Ibirapuera*. Disponível em: <<http://www.guiadasemana.com.br/place.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2004.

GUIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS, São Paulo. *Parque do Ibirapuera*. Disponível em: <http://www2.prefeitura.sp.gov.br/guia_servicos;index_pg_interna.htm>. Acesso em: 25 nov. 2004.

HOUAISS, A e VILLAR, M.S. *Dicionário da Língua Portuguesa* / Antônio Houaiss e Mauro de Salles Vilar, elaborado no Instituto Antônio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa S/C Ltda. – Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

HESPANHOL, I. *Água e Saneamento Básico – Uma Visão Realista*. In: REBOUÇAS et. al. *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*, 2ª edição, São Paulo, Escrituras, 703p., 2002 a.

HESPANHOL, I. *Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos v. 7, n. 4, 2002 b.

INSTITUTO 5 ELEMENTOS, São Paulo. Instituto 5 Elementos. *Projeto Trilha Radical Verde – Programa de Educação Ambiental no Parque Ibirapuera*. São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www.5elementos.org.br/eduamb/trv.htm>>. Acesso em: 08 abr. 2001.

JORNAL DOIS PONTOS, São Paulo. *Aeração revitaliza o lago*, setembro de 2004. Disponível em <[http://www.google.com.br/lagos do parque do Ibirapuera.htm](http://www.google.com.br/lagos%20do%20parque%20do%20Ibirapuera.htm)> Acesso em 26 nov 2004

KODAK BRASIL, São Paulo. *Tetsuo Segui – 50 anos do Parque do Ibirapuera*. Disponível em <http://www.kodak.com/br/fotografia/galeriafotos/tetsuo2/fotografo_01.shhtml>. Acesso em: 23 nov. 2004.

MANCUSO, P. C. S; SANTOS, H. F. *Reuso de Água* Universidade de São Paulo/Faculdade de Saúde Pública/Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Editora Manole Ltda, 2003.

MULLER, S. Korff Muller Engenharia S/C Ltda. *Gestão Ambiental de Recursos Hídricos*. 2000. Disponível em: <<http://www.ecolatina.com.br/artigos/agua/sibylle.htm>>. Acesso em 19 mar. 2001.

MUNDO&IMAGEM, São Paulo. *Parque do Ibirapuera*. Disponível em: <<http://www.geocites.yahoo.com.br/mundoimagem/parquedoibirapuera.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2004.

NACE, U.S. Geological Survey, 1967.

O ESTADO DE SÃO PAULO, NetEstado, São Paulo. *Vizinhos reclamam de lago poluído do parque*. São Paulo, 1997. Disponível em: <<http://www.estado.estadao.com.br/edicao/pano/97/10/09/cid416.html>>. Acesso em: 08 abr. 2001.

PEDROSA, C. A; CAETANO, F. A. *Águas Subterrâneas*. Agência Nacional de Águas. Brasília, Agosto. 2002.

QUEIROZ, L.R.S. *Estado inicia limpeza no Lago do Ibirapuera*. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 11 dez. 1999. Disponível em: <<http://www.estado.com.br/edicao/pano/99/12/10/cid974.html>>. Acesso em: 08 abr. 2001.

RANTAC, São Paulo. *Projeto Água – Ecossistemas Aquáticos*. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.rantac.com.br/cardeal/ProjetoAgua.html>>. Acesso em: 19 mar. 2001.

REBOUÇAS, A. C. et al. *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*, 2ª edição, São Paulo, Escrituras, 703p., 2002.

SABESP, São Paulo. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. *Parque da Aclimação*. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://10.7.193.25/DT/modulo.htm>>. Acesso em 23 mai. 2001.

SABESP, São Paulo. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. *Parque da Aclimação*. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://10.7.193.25/DT/parque.htm>>. Acesso em 23 mai. 2001.

SABESP, São Paulo. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. *Análises Laboratoriais e dados de vazão do Parque do Ibirapuera*. São Paulo, 2005.

SAMPA ONLINE, São Paulo. *Confira a programação da Fonte Multimídia do Parque do Ibirapuera*. Disponível em: <http://www.sampaonline.com.br/reportagens/fonedoibirapueraprogramacao.htm> Acesso em: 23 nov. 2004.

SANTOS, H. F.; MANCUSO, P. C. S. *A escassez e o reuso de água em âmbito Mundial*. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. *Reuso de Água*. Universidade de São Paulo/Faculdade de Saúde Pública/Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Ed. Manole Ltda, 2003.

SNA, Sociedade Nacional de Agricultura, Brasil. *Gramíneas* Disponível em: <http://www.google.com.br/biblioteca.sna.agr.br/artigos.htm> . Acesso em: 03 dez. 2004.

SÃO PAULO (ESTADO). Decreto nº 8468, de 08 de setembro de 1976. *Aprova o regulamento da Lei 997/76, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente*. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, 09 set 1976. Seção I, P. 4-18

SVMA, SECRETARIA DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE, São Paulo. *Trilhas e Museus – Educação Ambiental* Disponível em: http://www.prodiam.sp.gov.br/svma/educacao_amb/trilhas.htm . Acesso em: 25 nov. 2004.

TELLES, D.A. *Água na agricultura e pecuária*. In: REBOUÇAS et. al. *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*, 2ª edição, São Paulo, Escrituras, 703p., 2002.

TELLES, D.A. *Aspectos da utilização de corpos d'água que recebem esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas*. In: NUVOLARI et. al. *Esgoto Sanitário – coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*, 1ª edição, São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda, 520p., 2003.

UNIAGUA. Universidade da Água. *Qualidade das Águas*. São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/qualidad.htm> . Acesso em: 19 mar. 2001.

VALOR ECONÔMICO, Empresas Especial, São Paulo. *Escassez de água é um dos maiores problemas do século*. São Paulo, 2004. Disponível em: [http://www.Jornal Valor Econômico - CADB - Empresas - 3/5//2004 \(22:51\) Página 4](http://www.Jornal Valor Econômico - CADB - Empresas - 3/5//2004 (22:51) Página 4) . Acesso em 19 jun. 2004.

VIEIRA, D.B. *As técnicas de irrigação*. São Paulo, Ed. Globo, 263p., 1989.

ANEXO

Anexo - Análises Laboratoriais da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera

Data	Cloreto Af	Cloreto Ef	Condutividade Af	Condutividade Ef	Cor Af	Cor Ef	DBO Af	DBO Ef	DBO Lodo	DQO Af	DQO Ef	DQO Lodo
24/08/02												
07/07/03	31,8	42,8	432	342			52	16		149	49	
15/07/03	34,6	45,2	521	477			54	33		154	55	2767
30/07/03	23,5	49,8	484	458			46	17		123	41	
05/08/03	66,5	121,5	477	432			627	14		1350	37	
12/08/03	39,9	68,8	427	423			147	19	1236	577	39	2802
09/09/03	47,7	101,8	483	543	313	110				152	52	
16/09/03	50,9	75,9	524	461	391	101	141	29		336	45	14974
30/09/03	50	93,4	462	511	222	120	40	16		101	36	
07/10/03	38,5	60,6	407	402	141	92	32	14		81	48	
14/10/03	43,7	65,9			165	47	26	9		75	22	
21/10/03	48,2	76,8	439	447	217	74	47	26	1052	98	48	2897
28/10/03												
04/11/03	36	63	393	421	87	47	14	7		36	23	
06/11/03												
11/11/03	46	78	437	471	196	68	64			75	45	
12/11/03					238	50	62			92	19	
18/11/03	43	66	413	437	155	48	24	10		61	27	
25/11/03	41	78	422	466	241	53	34	10		108	35	
02/12/03	42	71	427	473	215	104	33	16		85	42	
09/12/03	38	76	387	435	183	38	28	12	1848	80	25	3659
10/12/03					192	27	32	6		77	12	
16/12/03	84	83	442	478	250	83	46	13		119	32	
06/01/04	39	74	402	468	172	101	29	12		95	36	
13/01/04	37	63	377	403	114	87	21,4	6,8		39	25	
20/01/04	63	36	377	414	79	25	20	17		68	38	
21/01/04					53	3	11	6		40	16	
03/02/04	32	50	387	368	100	80	15	10		34	24	
10/02/04	35	71	394	427	105	32	52		3060	71	25	4125
11/02/04					101	23	43			56	15	
17/02/04	46	77	410	444	103	23	21	8		65	33	
02/03/04	44	64	424	414	184	93	39	12		107	49	
09/03/04	39	70	396	419	173	32	26	18	4400	77	36	5918
16/03/04	41	72	301	398	22	53	22	10		57	31	
23/03/04	38	69	386	417	125	39	18	10		77	23	
30/03/04	33	56	315	348	75	42		4		60	19	
06/04/04	29	44	293	314	52	18	6	3		21	12	
13/04/04	34	61	359	388	122	60	21			46	25	3032
27/04/04	30	50	309	338	24	1	6	4		23	14	
04/05/04	30	39	308	317	50	16	7	6		25	16	
11/05/04	34	51	333	350	63	55	9	13		29	18	4540
18/05/04	32	53	359	332	72	29	7	6		28	18	
01/06/04			409	363	154	23	19	13		47	24	
08/06/04	35	68	371	412	128	34	19	8		75	22	
15/06/04	35	58	375	388	183	57	16	8		50	20	2986
22/06/04	40	48			217	34	27	6		90	17	
29/06/04	40	67	394	401	246	75	22	7		69	21	
06/07/04	33	59	361	381	315	55	15	7		44	19	
13/07/04	35	63	355	369	158	33	12	7	570	43	18	1472
20/07/04	30		337	355	335	35		10		53	21	
27/07/04	34	62	330	353	305	39	10	9		36	24	
03/08/04	37	67	357	392	212	33	11	7		37	16	
10/08/04	53	63	378	404	321	60	18	13	276	43	19	1883
17/08/04	35	70	373	419	222	88	13	8		35	20	
24/08/04	43	67	402	427	213	63	30	10		117	22	
31/08/04	35	61	348	386	164	120	10	6		32	20	
08/09/04					82	40	14	8		40	20	
14/09/04	35	58	339	369	99	55	15	11	1644	34	19	8194
21/09/04	42	63	378	397	144	25	12	6		53	20	
28/09/04	37	66	351	386	130	77	12	8		33	23	
19/10/04	32	53	331	348	203	81	19	8		36	18	
26/10/04	28	52	304	336	123	61	11	8		26	17	
02/11/04	72	119	344	378	104	57	16	6		27	17	
09/11/04	40	57	346	366	96	86	7	4	485	27	19	2160
23/11/04	40	65	343	363	82	29	6	4		19	15	
30/11/04	38	59	355	370	94	30	7	5		21	16	
07/12/04	43	61	351	366	129	68	8	5	433	30	20	1257
14/12/04	46	65	361	376	52	63	7	5		26	18	

Fonte: SABESP, 2005

Anexo - Análises Laboratoriais da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera (continuação)

Data	Fenol Af	Fenol EF	Fenol Lodo	Fósforo Total Af	Fósforo Total Ef	Fluoreto Af	Fluoreto Ef	Fluoret o Lodo	N Total Af	N Total Ef	N-NH3 Af	N-NH3 Ef
24/08/02												
07/07/03									15,4	8,9	10,9	7,1
15/07/03	0,07	0,03		2,7	0,2				16,4	13,5	10,7	9,8
30/07/03									22	11,4	16,6	9,8
05/08/03									43,8	10,1	15,3	8,5
12/08/03	0,21	0,07		2,2	0,1				20,2	10,4	10,4	8,4
09/09/03									17,2	14,9	11,6	12,5
16/09/03	0,08	0,01		1,9	0,4				19,7	11,1	11,2	8,4
30/09/03									15,1	12,4	9,7	10
07/10/03									11,8	10,5	8,2	9,2
14/10/03									12,4	8	8,4	6,3
21/10/03	0,05	0,02		1,3	0,02	0,5	0,5	0,7	14	9,7	9,3	8,4
28/10/03												
04/11/03									8,7	7,4	6,2	6,8
06/11/03												
11/11/03	0,04	0,05		1,5	0,1				12,4	10,3	8,3	8,5
12/11/03		0,02		2,1	0,2						16,6	4
18/11/03									9,3	7,8	4,9	4,9
25/11/03									12	10,6	7,6	8,5
02/12/03												
09/12/03	0,02	0,02	0,4	0,9	0,08	0,4	0,4	0,7	11,3	9,5	6,5	7,3
10/12/03	0,05	0,02		1	0,06	0,4	0,4				13,8	3,1
16/12/03									14,9	11,2	10,3	9,9
06/01/04									11,4	11,8	7,4	9,8
13/01/04									8,7	8,4	5,6	6,2
20/01/04	0,03	0,02							8,7	10,2	7,6	7,3
21/01/04	0,05	0,023		0,6	0,06						5,5	3,5
03/02/04									5,5	4,6	2,5	2,6
10/02/04	0,02	0,02	0,45	0,9	0,1	0,3	0,4	0,4	7,1	7,3	5,5	7,1
11/02/04	0,02	0,02		1,4	0,06	0,3	0,3				10,9	2,2
17/02/04									11,7	9,5	7,5	7,3
02/03/04									12,5	8,9	7,7	6,9
09/03/04	0,01	0,01		0,9	0,06	0,3	0,3	0,3	9,4	8,3	6,2	5,8
16/03/04									11	8	6,9	5,4
23/03/04									10,7	9,4	7,5	7,5
30/03/04									5,6	5,1	3,2	3,9
06/04/04									4,1	3,4	2,2	2,7
13/04/04		0,01	0,27	0,8	0,09	0,4	0,3	0,3	7,4	7,2	5	5,6
27/04/04									5	4,7	3,3	3,6
04/05/04									4,6	4,7	3	3,3
11/05/04	0,01	0,01	0,44	0,6	0,09	0,3	0,3	0,3	5,8	5,7	3,9	4,3
18/05/04									5,8	5,3	3,9	4,1
01/06/04									6,7	5,4	2,8	3,3
08/06/04									8,5	7,8	5,5	6,1
15/06/04	0,03	0,01	0,5	1,1	0,1	0,4	0,4	0,8	8,3	7,2	6	5,5
22/06/04									10	5,3	7	4,4
29/06/04									10,8	8,5	6,5	6,4
06/07/04									6,3	5,9	3,5	4
13/07/04	0,01	0,01	0,98	1,5	0,02	0,4	0,4	0,3	5,2	3,9	2,5	1,9
20/07/04									3		2,1	
27/07/04									4,6	4,2	2,2	2,5
03/08/04									6	5,5	3,5	3,9
10/08/04	0,03	0,01	0,68	1	0,06	0,4	0,4	0,3	7,3	6,6	4,4	4,8
17/08/04									6,7	6,1	5	5,3
24/08/04									7,9	6,1	5,1	5,5
31/08/04									6,2	5,7	4,1	3,7
08/09/04									7,5	6	5,1	5
14/09/04	0,03	0,01	0,72	0,9	0,3	0,2	0,3	1,5	5,4	5,1	3,3	3
21/09/04									5	4,5	4,4	4
28/09/04												
19/10/04	0,03	0,01		0,4	0,07				5	4,4	2,7	2,7
26/10/04									2,7	2,4	1,5	1,4
02/11/04									3,9	3,4	2,2	2,3
09/11/04	0,03	0,01	0,03		0,07	0,4	0,4	0,9	3,5	3,3	2,3	2,2
23/11/04									3,4	3,2	2,3	2,3
30/11/04									2,1	1,6	1,3	1,2
07/12/04	0,01	0,01	0,01	0,6	0,06	0,3	0,3	1,3	3,5	2,1	2	1,7
14/12/04									4,5	4,1	3	2,9

Anexo - Análises Laboratoriais da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera (continuação)

Data	Nitrato_Af	Nitrato_Ef	Nitrito_Af	Nitrito_Ef	Óleos Grax_Af	Óleos Grax_Ef	Óleos Grax_Lodo	Ortofosfato_Af	Ortofosfato_Ef	Sol Fixos_Af	Sol Fixos_Ef	Sol Fixos_Lodo
24/08/02												
07/07/03												
15/07/03	0,2	0,2	12,3	0,9		1,8		150	172	2680	0,2	12,3
30/07/03	0,3	0,1						192	204	2050	0,1	
05/08/03	0,05	0,1							162	1218	0,1	
12/08/03	0,03	0,1	487,7			1,7	0,1	157	145		0,1	487,7
09/09/03	0,07	0,1						213	173	3500	0,1	
16/09/03	0,05	0,2	33,4	1,3		1,2	0,05	256	102	7060	0,2	33,4
30/09/03								232	228	3440		
07/10/03	0,6	0,3						172	196		0,3	
14/10/03	1,9	0,4						184	156	4280	0,4	
21/10/03	0,7	0,2	3,8			1	0,07	168	220	2410	0,2	3,8
28/10/03								2020	194	6060		
04/11/03	0,6	0,2						4	184	3480	0,2	
06/11/03												
11/11/03	0,4	0,1	0,3	0,7		1,1	0,05	280	300		0,1	0,3
12/11/03	0,1	0,1				1,6	0,08	248	252		0,1	
18/11/03	4,2	0,2						172	104	2030	0,2	
25/11/03								168	180	2890		
02/12/03								196	76	4250		
09/12/03	1,5	0,2			313	0,6	0,02	140	180	2290	0,2	
10/12/03	2,6	0,2	5,4				0,02	140	128		0,2	5,4
16/12/03	0,1	0,3						180	192	4290	0,3	
06/01/04	0,1	0,057						172	156	4880	0,057	
13/01/04	1,2	0,2						176	176	1780	0,2	
20/01/04	0,7	0,1	4,1	1,8		0,7	0,04	156	156		0,1	4,1
21/01/04	1,9	0,1	3,2	3,1		0,6	0,02	200	184		0,1	3,2
03/02/04	4,8	0,2						252	216	3837	0,2	
10/02/04	0,8	0,2	0		631	1	0,04	256	248	2896	0,2	0
11/02/04	1,1	0,1				1	0,04	232	144		0,1	
17/02/04	0,02	0,1						180	192	2667	0,1	
02/03/04	0,04	0,2						220	188	10191	0,2	
09/03/04	1,1	0,5	1,6	1,2	560	0,4	0,02	196	180	4240	0,5	1,6
16/03/04	0,3	0,3						212	172	4510	0,3	
23/03/04	0,5	0,3						160	144	2470	0,3	
30/03/04	3	0,2						128	152	1578	0,2	
06/04/04	3	0,2						52	104	2960	0,2	
13/04/04	0,7	0,1	0,9	0,9	180		0,04	148	156	1176	0,1	0,9
27/04/04	2	0,2								1810	0,2	
04/05/04	2,5	0,3						98	140	1260	0,3	
11/05/04	2,1	0,5	1,2	2,4	92	0,7	0,07	150	138	970	0,5	1,2
18/05/04	1,4	0,016						106	114	1970	0,016	
01/06/04	3,2	0,3						158	138	5670	0,3	
08/06/04	1,3	0,3						168	210	1570	0,3	
15/06/04	1,1	0,4	2,9	6,2	181	0,7	0,07	194	194	1710	0,4	2,9
22/06/04	0,4	0,2						180	128	4470	0,2	
29/06/04	0,1	0,2						96	92	3980	0,2	
06/07/04	1,4	0,2						208	160	2570	0,2	
13/07/04	1,8	0,5	0,9	1,2	25,3	0,7	0,02	200	200	4300	0,5	0,9
20/07/04	4,2	0,2						184	112	5470	0,2	
27/07/04	1,8	0,3						264	172	3100	0,3	
03/08/04	2	0,3						236	188	7490	0,3	
10/08/04	1,5	0,5			91,1	0,7	0,03	180	172	4080	0,5	
17/08/04	1,9	0,4						228	176	5902	0,4	
24/08/04	1,1	0,4						168	148	8800	0,4	
31/08/04	1	0,4						160	136	3294	0,4	
08/09/04	0,5	0,3						172	192	1188	0,3	
14/09/04	0,8	0,2	8,7	9,1	141	0,7	0,5	152	168	4340	0,2	8,7
21/09/04	1,8	0,3						216	236	3052	0,3	
28/09/04	1,4	0,2									0,2	
19/10/04	3,5	0,2	2,9	3,3		0,2	0,3	120	112		0,2	2,9
26/10/04	2,2	0,2						112	96	1860	0,2	
02/11/04								184	212	3020		
09/11/04	2,2	0,3	2,1	3,5	35,5	0,3	0,3			1830	0,3	2,1
23/11/04	3	0,3						168	152	1630	0,3	
30/11/04	2	0,3						172	188	2310	0,3	
07/12/04	1,9	0,3	2,6	0	58	0,4	0,3	140	84	1080	0,3	2,6
14/12/04		0,4						108	116	3300	0,4	

Anexo - Análises Laboratoriais da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera (continuação)

Data	Sol Vol_Af	Sol Vol_Ef	Sol Vol_Lodo	Sol Totais_Af	Sol Totais_Ef	Sol Totais_Lodo	Sol Sedim_Af	Sol Sedim_Ef	Sol Sedim_Lodo	Sol Susp Tot_Af	Sol Susp Tot_Ef	Sol Susp Tot_Lodo
24/08/02												
07/07/03	142	92	3100	348	282	6120				46	28	3150
15/07/03	81	111	1600	232	283	4280				69	16	
30/07/03	112	68	2010	304	272	4060				77	11	1800
05/08/03		96	2445		258	3664					3	830
12/08/03	119	152		276	197					27	8	
09/09/03	122	127	4067	335	300	7567				97	35	
16/09/03	322	216	7360	578	318	14420	3	0,1	810	150	2	12000
30/09/03	56	32	2660	260	260	6100						
07/10/03	96	124	3550	268	320	7210	0,05	0,05		22	15	6240
14/10/03	84	94	3520	268	250	7800				18	1	7260
21/10/03	88	68	2170	256	288	4580	0,05	0,05	0,05	38	10	3400
28/10/03	3490	118	5080	5510	312	11140				4200	312	9040
04/11/03	12	4	2650	248	4	6130	0,05	0,05	570	16	4	5640
06/11/03												
11/11/03	27	24		324	324		0,05	0,05		32	8	
12/11/03	48	8		296	260					42	6	
18/11/03	96	132	2200	268	236	4230	0,05	0,05	230	25	4	3480
25/11/03	108	128	3050	276	308	5940	0,05	0,05	460	44	7	5140
02/12/03	44	116	4690	240	192	8940	0,05	0,05	550	26	14	6850
09/12/03	88	128	2320	228	308	4610	0,05	0,05	280	35	5	3650
10/12/03	104	144		244	272					28	5	
16/12/03	120	108	4600	300	300	8890	0,05	0,05	480	58	13	6350
06/01/04	76	20	6190	248	176	11070	0,05	0,05	570	42	12	8050
13/01/04	100	116	1970	276	292	3750	0,05	0,05	220	32	14	3050
20/01/04	20	48		176	204		0,05	5		19	5	
21/01/04	12	28		212	212					7	4	
03/02/04	4	8	2510	256	224	6346	0,05	0,05	340	13	9	5367
10/02/04	80	132	2664	336	380	5560	0,05	0,05	870	15	4	4940
11/02/04	80	96		312	240					12	4	
17/02/04	108	116	2471	288	308	5137	0,05	0,05	300	32	7	4933
02/03/04	8	16	10964	228	204	21155	0,05	0,05	960	29	15	20286
09/03/04	32	112	4790	228	292	9030	0,05	0,05	515	23	5	7580
16/03/04	88	136	4230	300	308	8740	0,05	0,05	465	24	6	7780
23/03/04	68	2	2660	228	236	5130	0,05	0,05	415	20	5	4943
30/03/04	104	144	1667	232	296	3244	0,05	0,05	190	13	4	3100
06/04/04	140	156	2450	192	260	5410	0,05	0,05	320	8	5	4936
13/04/04	40	62	1208	188	218	2384	0,1	0,1	170	180	11	1750
27/04/04	148	3	980	212	224	2790	0,05	0,05	240	6	5	
04/05/04	108	40	806	206	180	2066	0,05	0,05	230	9	5	1710
11/05/04	30	36	648	180	174	1618	0,05	0,05	160	9	7	1380
18/05/04	98	130	1280	204	244	3250	0,05	0,05	230	9	6	2760
01/06/04	128	122	4140	286	260	9810	0,05	0,05	920	21	3	7500
08/06/04	78	102	1590	246	312	3160	0,05	0,05	300	19	7	2780
15/06/04	44	54	1170	238	248	2880	0,05	0,05	350	20	5	2650
22/06/04	68	58	2620	30	186	7090	0,05	0,05	370	30	1	5190
29/06/04	180	148	2780	276	240	6760	0,05	0,05	600	48	13	5350
06/07/04	20	116	1080	228	276	3650	0,3	0,05	130	42	5	3360
13/07/04	72	72	1680	272	272	5980	0	0,05	250	33	28	4350
20/07/04	80	128	1740	264	240	7210	0,05	0,05	265	57	4	5800
27/07/04	9	84	970	288	256	4070	1	0,05	150	51	3	3780
03/08/04	72	88	3250	308	276	10740	0,4	0,05	450	33	2	9530
10/08/04	52	36	1170	232	208	5250	0,3	0,05	200	24	2	4830
17/08/04	64	72	1608	292	248	7510	0,05	0,05	230	29	5	5780
24/08/04	96	108	5980	264	256	14780	0,6	0,05	910	22	2	12140
31/08/04	60	120	1843	220	256	5137	0,05	0,05	270	13	6	4560
08/09/04	16	28	660	188	220	1848	0,1	0,05	100	14	6	1591
14/09/04	32	28	2980	184	196	7320	0,05	0,05	450	8	3	5960
21/09/04	68	44	2492	284	280	5544	0,05	0,05	280	18	2	5160
28/09/04				144	188	3780	0	0,05	210	12	1	3100
19/10/04	96	80		216	192		0,05	0,05		31	4	
26/10/04	44	84	1084	156	180	2944	0,05	0,05	130	12	2	2840
02/11/04	16	48	1470	200	260	4490	0,05	0,05	280	26	3	4300
09/11/04			1060			2890						
23/11/04	92	56	610	260	208	2240	0,05	0,05	270	230	140	1670
30/11/04	68	116	1060	240	304	3370	0,05	0,05	200	21	22	2836
07/12/04	104	172	930	244	256	2010	0,05	0,05	220	32	11	1370
14/12/04	92	144	1900	200	260	5200	0,05	0,05	430	7	7	4940

Anexo - Análises Laboratoriais da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera (continuação)

Data	Sol Susp Vol_Af	Sol Susp Vol_Ef	Sol Susp Vol_Lodo	Sol Susp Fix_Af	Sol Susp Fix_Ef	Sol Susp Fix_Lodo	Sulfato_Af	Sulfato_Ef	Sulfato_Lodo	Surfactantes_Af	Surfactantes_Ef	Turbidez_Af
24/08/02												
07/07/03	38	24	1400	8	4	1750						35,5
15/07/03	34	5		35	11		99,5	32,8		5,3	3,5	36
30/07/03	54	7	1500	23	4	300						33,5
05/08/03		3	370		0	460						591
12/08/03	22	7		5	1		41,2	27,2		1,1	1,9	45
09/09/03	35	5		62	30							38,5
16/09/03	30	0	6000	120	2	6000	49	26,2		3,2	1,4	85
30/09/03												
07/10/03	11	9	3040	11	6	3200						19,8
14/10/03	4	1	3500	4	0	3760						17,5
21/10/03	36	6	1680	2	8	1720	31,8	25,7		3,5	1,5	23,6
28/10/03	3040	118	3880	1160	194	5160						
04/11/03	108	4	2680	4	0	2960						8
06/11/03												
11/11/03	27	5		5	4		31	29		2,7	2,2	20,4
12/11/03	29	3		13	3					1,2	1,4	19,2
18/11/03	13	3	1780	13	1	1700						16,9
25/11/03	41	6	2720	3	1	2420						28,3
02/12/03	20	6	4450	6	8	2400						22,7
09/12/03	33	4	1900	2	1	1750	28	25		3	2	19,2
10/12/03	25	3		3	2					1,4	1,1	16,8
16/12/03	54	7	3100	4	6	3250						24,5
06/01/04	41	12	5650	1	0	2400						13,1
13/01/04	29	7	1500	3	7	1550						12,4
20/01/04	18	1		1	3		22	23		1,1	1,4	4,4
21/01/04	4	1		3	3					1,1	0,8	4,1
03/02/04	11	7	2517	3	2	2850						10,5
10/02/04	15	2	2360	0	2	2580	28	24		2,2	1,7	9,1
11/02/04	11	1		1	3					0,8	0,4	7,4
17/02/04	30	6	2650	2	192	2283						7,3
02/03/04	23	9	10476	5	6	10191						18,1
09/03/04	21	4	3940	196	180	3640	26	23		1,8	0,9	15,8
16/03/04	23	5	3960	1	1	3820						2
23/03/04	20	2	2486	0	144	2457						9,8
30/03/04	11	4	1538	1	0	1563						3,4
06/04/04	8	4	2182	1	1	2755						3,9
13/04/04	80	9	840	100	2	910	23	23		1,4	1,3	8
27/04/04	5	3		1	2							2,7
04/05/04	3	3	710	6	2	1000						3,7
11/05/04	5	1	580	4	6	800	25	23		1,3	1,3	4,5
18/05/04	8	2	1240	1	4	1520						8,8
01/06/04	20	2	3700	1	0	3800						13,5
08/06/04	18	6	1260	1	1	1520						11,4
15/06/04	8	1	950	12	5	1700	26	23		2,7	2	22,2
22/06/04	19	1	1952	11	0	3238						41,5
29/06/04	30	5	2350	18	8	3000						32,3
06/07/04	12	2	920	30	4	2440						48
13/07/04	17	24	1550	16	4	2800	36	25		3	1	41,1
20/07/04	19	3	1120	38	2	4680						62,5
27/07/04	9	1	780	42	2	3000						76
03/08/04	12	2	2700	22	1	6830						29,1
10/08/04	4	2	920	20	0	3910	36	29		1,8	1,2	49,2
17/08/04	11	1	1380	18	3	4400						31,6
24/08/04	13	1	4800	9	1	7340						25,2
31/08/04	8	4	1680	4	3	2880						13,5
08/09/04	10	4	618	4	2	973						7,7
14/09/04	5	2	2460	2	1	3500	21	16	499	1,3	1	7,4
21/09/04	17	1	2330	2	0	2830						10,2
28/09/04	6	1	1100	6	0	2000						13,1
19/10/04	13	3		17	1		23	21		1,2	0,8	24,3
26/10/04	6	1	1040	6	1	1800						11,2
02/11/04	4	0	1380	22	3	2920						8,5
09/11/04							41	38	215	1,7	1,3	5,7
23/11/04	100	40	490	130	100	1180						6,6
30/11/04	9	13	1000	13	8	1836						7,9
07/12/04	10	1	500	22	11	870	23	19		1,7	1,3	8,7
14/12/04	2		1690	5		3250						4,4

Anexo - Análises Laboratoriais da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do Parque do Ibirapuera (continuação)

Data	Sulfeto Lodo	Coliformes Fecais_Af	Coliformes Fecais_Ef	Coliformes Fecais_Lodo	Coliformes Totais_Af	Coliformes Totais_Ef	Coliformes Totais_Lodo
24/08/02							
07/07/03							
15/07/03		130000	170000	140000000			
30/07/03							
05/08/03							
12/08/03		500000	30000	130000000			
09/09/03							
16/09/03		130000	500000	70000000			
30/09/03							
07/10/03							
14/10/03							
21/10/03		170000	70000	90000000			
28/10/03							
04/11/03							
06/11/03							
11/11/03							
12/11/03							
18/11/03							
25/11/03							
02/12/03							
09/12/03							
10/12/03							
16/12/03							
06/01/04		500000	50000	900000000			
13/01/04		800000	220000	900000000			
20/01/04		240000	17000	500000000			
21/01/04							
03/02/04		500000	1600000	300000000	50000000	1600000	30000000
10/02/04		500000	50000	1600000000	50000000	50000	16000000
11/02/04							
17/02/04		800000	170000	50000000	8000000	300000	11000000
02/03/04		170000	1100000	1600000000	17000000	1100000	16000000
09/03/04		300000	1	17000000	3000000	1	17000000
16/03/04							
23/03/04		300000	14000	500000000	3000000	14000	50000000
30/03/04		500000	4000	500000000	5000000	4000	50000000
06/04/04		170000	110000	300000000	17000000	110000	30000000
13/04/04		800000	300000	500000000	8000000	300000	50000000
27/04/04		220000	50000	5000000	500000	50000	13000000
04/05/04		300000	23000	300000000	3000000	23000	30000000
11/05/04		230000	2000	30000000	5000000	7000	30000000
18/05/04							
01/06/04							
08/06/04							
15/06/04							
22/06/04							
29/06/04							
06/07/04							
13/07/04							
20/07/04							
27/07/04							
03/08/04							
10/08/04							
17/08/04							
24/08/04							
31/08/04							
08/09/04							
14/09/04	1,2						
21/09/04							
28/09/04							
19/10/04							
26/10/04							
02/11/04							
09/11/04							
23/11/04							
30/11/04							
07/12/04							
14/12/04							

Fonte: SABESP, 2005