

**FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FSP**

**REÚSO DE ÁGUA DO RIO PINHEIROS COMO
ELEMENTO DE RECUPERAÇÃO DA REPRESA
BILLINGS**

Paula Andréia Dagostino Vilela

**Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Saúde Pública
para obtenção do título de Doutor
em Saúde Pública.**

**Área de Concentração: Saúde
Ambiental**

**Orientador: Prof. Dr. Pedro C. S.
Mancuso**

**São Paulo
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

*“se tiveres que lidar com água, consulta primeiro
a experiência e depois a razão”*

Leonardo da Vinci

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, meus primeiros orientadores.

Ao Professor Doutor Pedro Caetano Sanches Mancuso, pela orientação, dedicação e incentivo à realização deste trabalho. E também pela relação de amizade construída ao longo destes anos.

Às minhas irmãs, pelo apoio, incentivo e ajuda.

Ao amigo dedicado e prestativo, Renato Mattos Zuccolo, que foi um grande incentivador deste trabalho.

Aos colegas e amigos da Logos Engenharia que me ajudaram e demonstraram interesse por este trabalho.

À EMAE – Empresa Metropolitana de Água e Energia, pela disponibilização dos dados utilizados neste trabalho.

Às funcionárias Cidinha, Vânia e Renilda, da Secretaria de Pós-Graduação, pela atenção, gentileza e valiosa ajuda oferecida.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente apresentaram sua contribuição para a realização deste trabalho.

RESUMO

Vilela, P.A.D. **Reúso de água do rio Pinheiros como elemento de recuperação da represa Billings** [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP;2009.

Introdução – Análise da qualidade da água do reservatório Billings, situado na região Metropolitana de São Paulo, em decorrência do bombeamento de água proveniente de duas estações de Flotação experimentais, situadas no rio Pinheiros. **Objetivo** – Analisar parâmetros de qualidade da água revertida para o reservatório Billings, sob o aspecto de poluição e toxicidade, objetivando a utilização deste reservatório para reúso recreacional e também para geração de energia na Usina Henry Borden em Cubatão. **Metodologia** – Para a pesquisa quantitativa foram utilizados dados secundários, coletados ao longo de 22 de agosto de 2007 a 31 de maio de 2008, sendo este o período de funcionamento do sistema de flotação, nos pontos de amostragem convencionais e também nos pontos com monitoramento contínuo, em locais previamente estabelecidos. **Resultados** – A análise indicou que o primeiro ponto de monitoramento dentro da represa sofre os efeitos diretos do bombeamento, o que não se constata nos pontos mais distantes do corpo central do reservatório. Apontou também a presença de alguns contaminantes importantes como chumbo e clorofórmio na água, em quantidade acima do permitido na legislação. **Conclusão** - A utilização do reservatório para reúso recreacional com contato primário está contra indicada e o bombeamento das águas para geração de energia pode ser mantido, uma vez que a qualidade de água para esta aplicação deverá ter baixa quantidade de sólidos, que são removidos pela flotação. **Recomendações** - Realização de estudos que contemplem a análise conjunta da influência dos benefícios oriundos do Programa de Despoluição do Tietê, em implantação pela Companhia de Saneamento Básico de São Paulo, e também do sistema de tratamento por flotação. Ajustes operacionais e adequações no sistema de flotação. Mapeamento e

identificação de fontes de lançamento de esgotos diretamente no corpo da represa, e eliminação destas emissões clandestinas. Controle rigoroso da ocupação de áreas no entorno da Billings.

Descritores: reúso, flotação, reservatório, qualidade da água.

ABSTRACT

Vilela, P.A.D. **Water reuse of Pinheiros river as recovering element of Billings reservoir** [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP;2009.

Introduction - A quality assessment of the water pumped from two experimental floating plants on the Pinheiros River into the Billings Reservoir, located in the Sao Paulo Metropolitan Region. **Objective:** To analyze quality parameters of the water pumped into the Billings Reservoir, scrutinizing both pollution and toxicity; with focus on the recreational use of the reservoir as well as generating energy at the Henry Borden Plant in the city of Cubatão. **Methodology** – For the quantitative research, secondary data was collected from August 22, 2007 to May 31, 2008 – the functioning period of the flotation systems. The data was gathered in conventional sampling points as well as pre-established continuous monitoring sampling points. **Results** - The assessment has indicated that the first monitoring point inside the reservoir is affected by the pumping, however, this fact does not occur in distant points located in the reservoir's central body. Some important pollutants such as lead and chloroform showed levels above allowed by law. **Conclusion** – Primary contact for Recreational reuse is not indicated for this reservoir; however, the water pumping for energy generation can be kept, since the water for this application must have low quantities of solids. **Recommendation** – Development of studies that assess both the resulting benefits of the Tiete River Clean-Up Project, implemented by The Sanitation Company of The State of Sao Paulo (SABESP), as well as Flotation Treatment System; Operational adjustments on Flotation System; Identify and eliminate underhand sewage discharged into the reservoir; Strict control of the occupied areas surrounding the Billings reservoir.

Descriptors: reuse, flotation, reservoir, water quality.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.1 HISTÓRICO DO SISTEMA ENERGÉTICO DE SÃO PAULO.....	21
3.2 REPRESA BILLINGS.....	29
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
4.1 A HISTÓRIA DA ÁGUA.....	31
4.2 REÚSO DE ÁGUA.....	35
4.3 REÚSO DE ÁGUA E SAÚDE PÚBLICA.....	37
4.4 DESIGUALDADES SOCIAIS.....	40
4.5 REÚSO DE ÁGUA E SUAS APLICAÇÕES.....	42
4.6 REÚSO DE ÁGUA NO BRASIL.....	46
4.7 REÚSO PAISAGÍSTICO E RECREACIONAL.....	51
4.8 ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO.....	56
4.9 PROJETO BILLINGS.....	59
4.10 FLOTAÇÃO.....	62
4.10.1 Etapa 1: Tratamento preliminar.....	66
4.10.2 Etapa 2: Injeção de coagulantes e auxiliares de coagulação.....	67
4.10.3 Etapa 3: Microaeração da massa líquida – flotação	68
4.10.4 Etapa 4: Retenção, remoção e transporte de lodo flotado.....	68
4.11 ESTAÇÕES DE TESTES DO SISTEMA DE FLOTAÇÃO.....	69
4.12 QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO PINHEIROS.....	71

4.13 PROJETO TIETÊ.....	73
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	79
5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	79
5.2 PARÂMETROS AVALIADOS.....	79
5.3 PONTOS DE AMOSTRAGEM, FREQUÊNCIA E METODOLOGIA ANALÍTICA.....	81
5.3.1 Pontos de amostragem da água bombeada e do reservatório.....	81
5.3.2 Pontos de amostragem no rio Pinheiros: Projeto Tietê.....	87
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	89
6.1 PERÍODO DE OBSERVAÇÃO E CRITÉRIO DE SELEÇÃO DOS DADOS.....	89
6.2. QUALIDADE DA ÁGUA BOMBEADA.....	91
6.3 QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO PINHEIROS: PROJETO TIETÊ	98
6.4 QUALIDADE DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO.....	98
6.4.1. Monitoramento contínuo – Ponto B1.....	98
6.4.2. Monitoramento contínuo – Ponto B3.....	104
6.4.3. Monitoramento contínuo – Ponto B4.....	110
6.4.4 Evolução da condutividade nos pontos B1, B3 e B4	114
6.4.5. Qualidade da água no reservatório com relação aos padrões CONAMA 357.....	116
7. CONCLUSÕES.....	136
8. RECOMENDAÇÕES.....	142
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema hidrelétrico de São Paulo.....	24
Figura 2 – Região Metropolitana de São Paulo (foto de satélite).....	28
Figura 3 – Represa Billings.....	29
Figura 4 – Distribuição do consumo de água por atividade.....	45
Figura 5 – Distribuição do consumo de água por atividade na RMSP..	45
Figura 6 – Desenho esquemático dos fluxos hídricos.....	64
Figura 7 - Funcionamento do sistema de flotação.....	65
Figura 8 – Fluxograma de desidratação e estabilização de lodo.....	65
Figura 9 – Estação de Flotação Pedreira.....	70
Figura 10 – Sistema de retirada do lodo – EF Pedreira.....	70
Figura 11 – Regatas no Tietê	73
Figura 12 – Interceptor Iti 06.....	75
Figura 13 - Coletor tronco Aterrado.....	76
Figura 14 – Transposição de esgotos Barueri – Margem direita.....	77
Figura 15 – Transposição de esgotos Barueri – Margem esquerda.....	77
Figura 16 – Pontos de amostragem.....	81
Figura 17 – Estações de flotação e pontos de amostragem.....	83
Figura 18 – Estações de flotação e ponto TIE.....	83
Figura 19 – Vazões bombeadas e continuidade da flotação.....	90
Figura 20 – Variação da cor.....	92
Figura 21 – Variação do pH.....	92
Figura 22 – Variação do ferro.....	93
Figura 23 – Variação do oxigênio dissolvido.....	93
Figura 24 – Variação da turbidez.....	94
Figura 25 – Variação da DBO.....	94
Figura 26 – Variação da DQO.....	95
Figura 27 – Variação do fósforo total.....	95
Figura 28 – Variação do nitrogênio amoniacal.....	96
Figura 29 – Monitoramento contínuo da temperatura - B1.....	99

Figura 30 - Monitoramento contínuo do pH - B1.....	100
Figura 31 - Monitoramento contínuo de OD - B1.....	101
Figura 32 - Monitoramento contínuo da condutividade - B1.....	102
Figura 33 - Monitoramento contínuo da turbidez - B1.....	103
Figura 34 - Monitoramento contínuo do pH – B3.....	105
Figura 35 - Monitoramento contínuo de OD – B3.....	106
Figura 36 - Monitoramento contínuo da condutividade – B3.....	107
Figura 37 - Monitoramento contínuo da turbidez – B3.....	108
Figura 38 - Monitoramento contínuo da temperatura – B3.....	109
Figura 39 - Monitoramento contínuo do pH – B4.....	110
Figura 40 - Monitoramento contínuo do OD – B4.....	111
Figura 41 - Monitoramento contínuo da condutividade – B4.....	112
Figura 42 - Monitoramento contínuo da turbidez – B4.....	113
Figura 43 - Monitoramento contínuo da temperatura – B4.....	114
Figura 44 - Evolução da condutividade.....	115
Figura 45 - Porcentagem de dados fora do padrão CONAMA 357.....	118
Figura 46 - Grau de afastamento do padrão (GAP) – Alumínio.....	129
Figura 47 - Grau de afastamento do padrão (GAP) – Chumbo.....	129
Figura 48 - Grau de afastamento do padrão (GAP) – Cianetos.....	130
Figura 49 - Grau de afastamento do padrão (GAP) – Cianobactérias.....	131
Figura 50 - Grau de afastamento do padrão (GAP) – Clorofórmio.....	131
Figura 51 - Grau de afastamento do padrão (GAP) – Nitrogênio Amoniacal.....	132
Figura 52 - Grau de afastamento do padrão (GAP) – Fósforo.....	133
Figura 53 - Grau de afastamento do padrão (GAP) – Manganês Solúvel.....	134
Figura 54 - Grau de afastamento do padrão (GAP) – Oxigênio Dissolvido (OD).....	134
Figura 55 - Grau de afastamento do padrão (GAP) – Coliformes Termotolerantes.....	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Região x População a ser atendida.....	34
Tabela 2 – Principais agentes infecciosos.....	38
Tabela 3 - Principais agentes infecciosos e as doenças que podem veicular.....	39
Tabela 4 – Algumas finalidades da água de reúso.....	43
Tabela 5 – Aplicações da água reciclada.....	48
Tabela 6 – Classificação da ABNT.....	53
Tabela 7 – Parâmetros de eficiência.....	69
Tabela 8 – Parâmetros de controle da qualidade de água bombeada....	71
Tabela 9 – Graduação da qualidade da água do rio Pinheiros.....	72
Tabela 10 – Parâmetros operacionais.....	80
Tabela 11 – Parâmetros ambientais.....	80
Tabela 12 – Descrição dos pontos de amostragem.....	82
Tabela 13 – Pontos de coleta e frequência de amostragem.....	86
Tabela 14 – Métodos para exame da água.....	87
Tabela 15 – Pontos de coleta no rio Pinheiros.....	88
Tabela 16 – Qualidade da água com base no CONAMA 357.....	117
Tabela 17 – Balanço de desconformidades com padrões da Resolução CONAMA	118
Tabela 18 – Parâmetros com dados fora do padrão ou do valor de referência.....	120
Tabela 19- Variação dos parâmetros do sistema de flotação (P1-P 4 A)	136
Tabela 20 - Variação dos parâmetros do reservatório.....	138

1. INTRODUÇÃO

A água pode ser considerada como um dos recursos naturais mais vitais do planeta. Um recurso extremamente necessário e relativamente frágil, pois suas condições apresentam-se sempre como um reflexo das condições ambientais. O Brasil é um país privilegiado em termos de disponibilidade de água, tanto na superfície quanto no subsolo. As mais extensas bacias hidrográficas do planeta estão localizadas aqui.

Essa riqueza, no entanto, apresenta limitações, considerando que as maiores bacias hidrográficas brasileiras estão localizadas muito distantes de seus principais centros urbanos e industriais e, além disto, o crescimento da população tem demandado crescente consumo da água, que é insumo básico de todos os processos industriais e de vital importância para a produção de alimentos.

Cerca de 8% por cento da água doce do planeta encontra-se no Brasil, sendo 80% na região amazônica e os 20% restantes distribuídos pelo país, onde se vivem cerca de 95% da população brasileira (MANCUSO e SANTOS, 2003).

A demanda pelos recursos hídricos para uso doméstico, comercial, industrial e agrícola encontra-se crescendo imensamente e a situação exacerba-se em função do aumento da urbanização. De acordo com informações da Organização das Nações Unidas, enquanto a população mundial cresceu 150% na segunda metade do século 20, a população urbana apresentou um crescimento de 300%, com quase a metade do total da população mundial vivendo em cidades a partir do ano 2000 (EPA, 1992).

Diante dessa realidade, em determinadas regiões do planeta há locais em que a disponibilidade de água é muito menor que sua demanda, resultando

em aumento dos custos para o abastecimento humano com água de boa qualidade em termos de potabilidade e, pior ainda, em escassez devido à insuficiência em relação à demanda e ao desperdício.

A necessidade em estabelecer um consumo racional, sem desperdícios, é a condição primordial para que as gerações futuras possam ter acesso à água de qualidade. É necessário conscientizar as populações a adotar novos hábitos e usar esse recurso vital com equilíbrio.

A importância em se contar com mananciais de água doce é facilmente constatada quando se observa que todas as grandes civilizações, desde a Antiguidade, desenvolveram-se nas proximidades de uma importante bacia hidrográfica, ao longo de rios perenes.

Apesar de o deslocamento populacional fazer parte da história da humanidade desde há milhares de anos, quando os seres humanos viviam isolados em um meio natural cheio de obstáculos, aos poucos, homens e mulheres passaram a viver em grupos, facilitando a sobrevivência da espécie humana. Mais tarde, começaram a se espalhar pela superfície da Terra, aventurando-se em regiões até então desconhecidas. Os diversos grupos humanos foram se instalando em diferentes pontos do planeta, aprendendo a conhecer e a utilizar as riquezas ali existentes: água, alimentos (frutas, peixes, etc.), madeiras, rochas, etc.

Entretanto, os grupos dependiam da coleta desses materiais para sobreviver e, quando esses suprimentos acabavam, eram obrigados a procurar outro local para viver, ou seja, eram forçados a se deslocar. As principais causas da migração eram a busca de água, alimento e de abrigo.

A história da civilização começa com as aglomerações humanas que surgiram na Mesopotâmia, uma área compreendida pelos rios Tigre e Eufrates, no território onde hoje está o Iraque. Depois disto, surgiram

idades no vale do rio Nilo (Egito, 3.100 anos antes de Cristo). Em todas essas aglomerações, o ponto em comum é a existência de mananciais de água doce que permitiam o desenvolvimento de todas as atividades humanas, fazendo com que grupos humanos deixassem de ser nômades para se estabelecer em locais fixos, produzindo nessas localidades os itens que supriam suas necessidades.

Na direção oposta, a escassez de água provocou, na história da humanidade, grandes movimentos migratórios, abandonando locais em que a disponibilidade de água tornou-se menor que a demanda e buscando regiões em que esse líquido precioso sobejasse. As migrações forçadas podem ocorrer também por causa de catástrofes naturais, como grandes secas prolongadas.

No Brasil, a região Nordeste tem sido acometida de periódicas secas prolongadas, empobrecendo sua população, que, sem condições de produzir alimentos para sua subsistência, desloca-se para outras regiões do país em busca de melhores condições de vida.

Assim, a escassez de água potável que parecia ser um fato isolado da região Nordeste, passa a fazer da realidade em outros locais, a partir do aumento populacional em algumas regiões, do incremento da atividade industrial e da agricultura irrigada, fatores que contribuem para a degradação de mananciais.

Enquanto que as populações rurais, na maioria dos casos, podem, eventualmente, encontrar água para suas necessidades em áreas próximas, as populações urbanas precisam contar com sistemas especialmente projetados para dispor de água nas cidades, às vezes localizadas em áreas distantes de mananciais adequados. A maior parte das grandes cidades explorou por completo os recursos hídricos mais próximos e ficaram obrigadas a utilizar e tratar fontes de baixa qualidade ou localizadas em

longas distâncias para desenvolver novos suprimentos hídricos, sempre com altos custos (EPA, 1992).

Para minimizar o problema da escassez de água potável, as alternativas não são muitas. A principal delas, certamente, é a racionalização do uso da água, evitando o desperdício. O aproveitamento dos mananciais está vinculado ao saneamento básico, às condições do tratamento dos esgotos, haja vista que nas principais regiões consumidoras de água potável, os aglomerados urbanos estão muito próximos e a qualidade da água disponível depende do alcance das políticas de gestão ambiental e do tratamento adequado às águas servidas.

Dentre essas alternativas, o reúso de água tem sido apontado como um importante instrumento para o melhor aproveitamento dos mananciais, ainda mais considerando que na atualidade, cerca de metade da população mundial vive em regiões urbanas e, com isto, depende do abastecimento de água tratada em quantidades crescentes.

O reúso de água tem sido classificado em duas categorias: potável e não potável. O reúso potável, por sua vez, é dividido em reúso potável direto – quando o esgoto recuperado com tratamento avançado é diretamente reutilizado no sistema de água potável -; e reúso potável indireto – quando o esgoto, depois de tratado, é integrado para diluição, purificação natural às águas superficiais ou subterrâneas para a subsequente captação, tratamento e mais uma vez utilizado como água potável.

O reúso não potável apresenta outras alternativas, como o reúso não potável para fins agrícolas – a irrigação de plantas alimentícias (árvores frutíferas, cereais, etc.) e plantas não alimentícias (pastagens e forrações), além de dessedentação de animais -; reúso não potável para fins industriais – usos industriais de refrigeração, águas de processo, utilização em caldeiras, etc. -; reúso não potável para fins recreacionais – irrigação de plantas ornamentais,

campos de esportes, parques, lagos ornamentais, recreacionais, etc. -; reúso não potável para fins domésticos – rega de jardins residenciais, descargas sanitárias e outras utilizações em grandes edifícios -; e reúso para manutenção de vazões – manutenção de vazão de cursos d'água, promovendo a utilização planejada de efluentes tratados para diluir eventuais cargas poluidoras, além de propiciar vazão mínima em períodos de estiagem.

O reúso da água depende do adequado tratamento do esgoto. Este, por sua vez, consiste na remoção de poluentes utilizando-se métodos de acordo com as características físicas, químicas e biológicas apresentadas pelo esgoto, ou seja, o método depende diretamente das substâncias e dos micro-organismos presentes como resíduos.

O reúso tem sido apontado como uma importante alternativa para minimizar a expectativa de escassez e para assegurar a continuidade do uso da água em inúmeros países, permitindo o desenvolvimento sustentável. A utilização crescente da água em todas as atividades humanas provocou a necessidade em se coletar e afastar os esgotos. A disposição inadequada desses dejetos levou à contaminação dos cursos d'água, degradando, a partir destes, todo o ecossistema em que o ser humano está integrado.

Despejar águas residuárias – tratadas ou não tratadas – em sistemas hídricos superficiais (rios, lagos, represas, etc.) tem sido uma constante em muitas comunidades em todo o planeta, ocasionando sérios problemas de poluição, como é o caso da Represa Billings, no Estado de São Paulo.

Em muitas comunidades ao redor do mundo, a disponibilidade de água aproxima-se de seu limite ou já está esgotada. A recuperação de água ou o reúso têm sido opções para ampliar em termos sustentáveis os suprimentos de água. O reúso de água pode também oferecer às comunidades uma

oportunidade para redução da poluição como um todo, ao despejar águas devidamente tratadas, removendo os elementos nocivos dos esgotos.

O reúso não potável e a recuperação de água não requerem complicadas tecnologias de tratamento de água, sendo possível utilizar no mundo todo, dependendo, na maioria dos casos, apenas de decisões das políticas públicas do setor. O reúso de água apresenta certa tradição internacional, com algumas tecnologias sendo desenvolvidas há bastante tempo (FORNARI, 2007).

Na região metropolitana da capital paulista, a Represa Billings, criada em 1925 como parte de um complexo que gerava energia elétrica para as indústrias de São Paulo, é seu maior reservatório de água, abrangendo uma área de aproximadamente 100 quilômetros quadrados, sendo que a bacia hidrográfica que a alimenta se estende pelos municípios de Diadema, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, São Bernardo do Campo, Santo André e São Paulo, em uma área de mais de 500 quilômetros quadrados (SABESP, 2009).

Como na época anterior à Represa Billings havia preocupante carência de água e de recursos energéticos, os engenheiros F. Hyde e Asa Billings desenvolveram o Projeto Serra, compreendendo o desvio do fluxo do rio Tietê para o canal do rio Pinheiros, conduzindo as águas em direção ao reservatório Billings e gerando energia elétrica na Usina de Cubatão. Diversos fatores, principalmente em função da explosão demográfica, provocaram uma série de inundações e a poluição das águas desse reservatório, a ponto de ter sido paralisada a reversão das águas poluídas por três anos, a partir de 1988 (SABESP, 2009).

As Secretarias de Estado de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente decidiram, em 1992, que o bombeamento das águas do rio Pinheiros somente seria realizado sob algumas condições predeterminadas, como o

controle das cheias. Também se iniciou, nessa ocasião, discussão a respeito da utilização desse manancial para aumentar a contribuição hídrica na Represa de Guarapiranga, um manancial de abastecimento.

A partir do ano 2000, começou a transferência de água da Represa Billings para a represa Guarapiranga, com o objetivo de aumentar em 4 metros cúbicos por segundo a captação de água para o abastecimento, iniciando, com isto, uma grande polêmica, pois havia o temor que as águas da Represa Billings contaminassem todo o sistema. Surge então a proposta de implantação no rio Pinheiros de um processo físico-químico de tratamento das águas do rio pelo processo de flotação, levando em consideração a possibilidade de se retomar o bombeamento das águas do rio Pinheiros para a Usina Henry Borden, de Cubatão.

Essa iniciativa visa tratar, utilizando uma tecnologia denominada “Flotação em Fluxo”, as águas do canal do rio Pinheiros e de alguns de seus afluentes com a finalidade de se obter padrões de qualidade de água que assegurem o uso múltiplo do reservatório Billings, que tem como uso prioritário o abastecimento de água potável à população da Região Metropolitana de São Paulo.

A Flotação em Fluxo acontece depois da remoção do material sólido grosseiro, na adição de produtos químicos que corrigem o potencial hidrogeniônico (pH), quando se inicia o processo de coagulação das partículas presentes na água, que se aglutinam, formando flocos. Para que esses flocos não afundem, é insuflado ar micropulverizado na massa líquida do tanque de aeração. O ar, por sua vez, adere às partículas sólidas, fazendo-as flocular mais e flutuar. O lodo resultante desse processo é coletado por dragas, para posterior tratamento e destinação final.

O sistema de reversão das águas do rio Pinheiros, previamente submetidas ao tratamento físico-químico por Flotação, à represa Billings, caracteriza um

sistema de reúso de água, ou seja, a reutilização de água anteriormente utilizada. Desta forma, as considerações sobre esse projeto devem atender às diretrizes adotadas para essa prática. Identificam-se, nesse projeto, dois tipos de reúso indireto: reúso para fins paisagísticos ou recreacionais e para geração de energia na Usina Henry Borden.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo analisar os impactos na qualidade da água do reservatório Billings, em decorrência do bombeamento de 10 metros cúbicos por segundo de água, proveniente de duas estações de Flotação, situadas no rio Pinheiros, considerando a possibilidade de reuso recreacional nesse reservatório e também a geração de energia na Usina de Henry Borden em Cubatão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Analisar a qualidade da água revertida para o reservatório Billings, devido ao sistema piloto de flotação de 10 m³/s, atualmente em operação no Rio Pinheiros
- Analisar a qualidade da água revertida para o reservatório Billings, devido ao bombeamento para controle de cheias praticado pela EMAE;
- Analisar a legislação vigente, identificando os fundamentos jurídicos e condicionantes legais direcionados ao reuso de água;
- Avaliar a possibilidade de utilização da Represa Billings para reuso recreacional e também para geração de energia na Usina de Cubatão.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. HISTÓRICO DO SISTEMA ENERGÉTICO DE SÃO PAULO

Entre 1920 e 1950, foi desenvolvido pela antiga Cia. Light and Power Company Ltd., o “Projeto Serra”, que foi elaborado pelo Engenheiro Billings, para ampliar a oferta de energia elétrica para a Região Metropolitana de São Paulo.

A geração de energia elétrica na Capital paulista teve seu início durante a última década do século XIX, sob a responsabilidade da mesma Cia. Light. A energia era obtida por meio de uma usina termoelétrica e se destinava, exclusivamente, ao suprimento de eletricidade à rede de bondes, em fase de implantação para transporte urbano na cidade de São Paulo.

Com a expansão do fornecimento de eletricidade também para consumo residencial, foi construída, entre 1900 e 1901, a UHE de Parnaíba, com potência de 2MW. Esta usina fora projetada pelo engenheiro H.L. Cooper, na Cachoeira do Inferno, situada a montante da cidade de Santana de Parnaíba, no local onde atualmente se encontra implantada a Barragem Edgard de Souza.

Face ao crescimento da capital paulista, esse sistema de geração foi se tornando rapidamente, insuficiente. Uma primeira medida adotada para a ampliação do sistema de geração existente, foi a instalação na mesma usina de Parnaíba, de turbinas adicionais, o que implicava na necessidade de se regularizar as vazões do Rio Tietê.

Para poder suprir a usina durante os períodos de estiagem, foi concebido em 1908, o Reservatório Guarapiranga, localizado em afluente homônimo situado na margem esquerda do rio Pinheiros, cerca de 30-35 km a

montante de sua foz no rio Tietê, distância esta considerando o curso original do rio Pinheiros, então intensamente meandrado.

Na tentativa de suprir a capital da crescente necessidade de energia elétrica, foram construídas, durante a década de 1920, as usinas de Itupararanga, no rio Sorocaba, e de Rasgão, no rio Tietê a jusante da Usina de Parnaíba.

Diante da insuficiência geradora do sistema instalado face à crescente demanda, foi idealizado pelo Engenheiro Asa White K. Billings, contratado pela Light em 1922, um novo sistema destinado a ampliar, de forma mais significativa, a oferta de energia elétrica. A solução seria a utilização do desnível de 720 metros da Serra do Mar, gerando energia na usina Henry Borden localizada em Cubatão, junto ao pé da Serra.

Numa primeira etapa do projeto, em 1923 - 1925, os engenheiros Billings e F.S. Hyde executaram o barramento do rio Grande implantando a barragem de Pedreira, com a formação de reservatório que se constituiria na futura represa Billings. Por meio deste elemento, foi possível reverter o próprio rio Grande para o rio das Pedras, através da “Barragem Reguladora de “Summit Control”.

A barragem do rio das Pedras, que já supria desde 1923 a usina Henry Borden, em Cubatão, foi re-inaugurada com maior potência em 1927. Como ainda não havia sido executada a reversão do rio Pinheiros, considera-se que ainda não eram desrespeitadas as recomendações de Saturnino de Brito, de não sobrelevar mas, ao contrário, rebaixar a crista da barragem de Parnaíba, e de aduzir águas de futuras represas de cabeceira do Tietê por canais e túneis diretamente ao reservatório do rio Grande. Entretanto, em 1927, foi aprovado o projeto de retificação do rio Pinheiros no trecho entre sua foz e Pedreira, medida decisiva para a captação no rio Tietê.

Entre 1939 e 1942 foram executadas as obras do projeto de captação propriamente dita, envolvendo as obras de retificação do rio, de construção

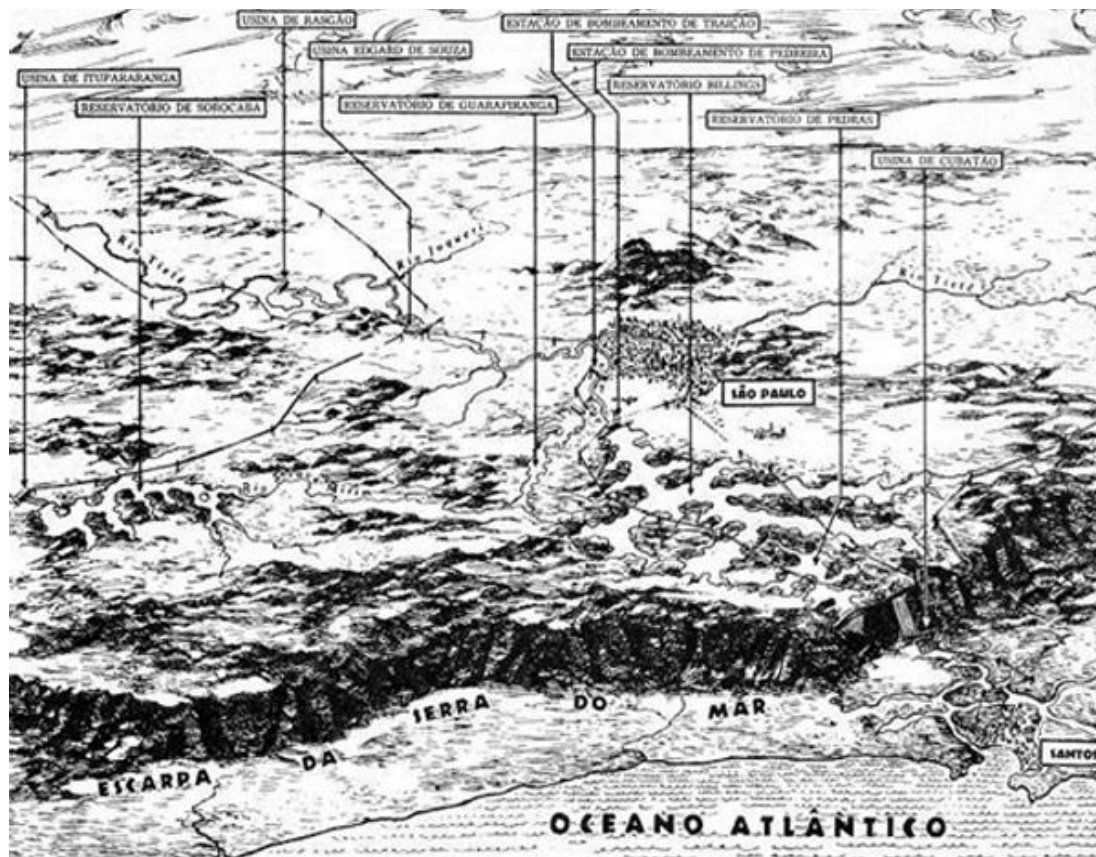
da U.E. de Traição e de complementação de Pedreira, também com sistema de reversão por bombeamento. Em 1950 a barragem de Parnaíba, foi alteada em 2 metros.

Dessas intervenções, a de maior relevância foi a canalização do rio Pinheiros, com a conseqüente valorização imobiliária de sua várzea, e a construção, ao longo do seu curso, de usinas elevatórias que permitiram a utilização das águas do rio Tietê para a geração de energia.

Aproveitando as características de curso aluvial meandrado e, portanto de baixa declividade, o Canal Pinheiros foi concebido para ter uma extensão total de 25 km, uma largura da ordem de 60 metros e declividade nula, dividindo-o em dois trechos: o denominado Canal Inferior, localizado entre a confluência com o Rio Tietê e a Usina Elevatória de Traição, com cerca de 10 km de extensão, e o Canal Superior, localizado entre as usinas elevatórias de Traição e de Pedreira, com extensão de cerca de 15 km.

A obra de canalização do rio Pinheiros foi iniciada ao final da década de 1930 e concluída em 1957. A Usina Henry Borden, em Cubatão, foi adequada à nova vazão disponível.

Figura 1 – Sistema hidrelétrico de São Paulo



Fonte: EBAL (1962)

A Usina Elevatória de Traição que tem por função a reversão das águas do Canal Pinheiros Inferior e seu recalque para o Canal Pinheiros Superior. Possui quatro unidades que podem funcionar tanto como unidades geradoras de energia, como bombas. Nesse caso, tem capacidade de recalque de 5,5 metros, com uma vazão total de bombeamento de $280 \text{ m}^3/\text{s}$. A obra foi inaugurada em 1940.

A Usina Elevatória de Pedreira, da mesma forma que Traição, é dotada de unidades reversíveis. Possui um total de oito unidades, sendo sete motobombas e uma que opera apenas como bomba. Através dela as águas do Canal Pinheiros Superior são recalçadas para o Reservatório Billings, elevando-as em aproximadamente 25 metros e com uma capacidade máxima de bombeamento de $395 \text{ m}^3/\text{s}$. Esta Usina foi inaugurada em 1939.

O trecho do Canal Superior compreendido entre a confluência com o Canal Guarapiranga e a U.E. Pedreira, é também denominado de Canal Jurubatuba.

Além do Canal Pinheiros, da construção das Usinas Elevatórias de Traição e de Pedreira e do alteamento da barragem de Parnaíba, o Projeto Serra envolveu a execução de outras obras hidráulicas, maiores e menores, como a construção da Estrutura de Retiro próximo à foz do rio Pinheiros, de diques de fechamento do Reservatório Billings, como o Dique do Marcolino, e da barragem de Pirapora, a jusante da Barragem de Parnaíba. Esta última tinha por objetivo reter, além das águas vertidas pela Barragem de Parnaíba, também as contribuições fluviais de jusante desta, sendo a mais importante a do rio Juqueri.

A reforma da barragem de Parnaíba, além do alteamento de sua crista, envolveu a implantação de unidades reversíveis. Com isso, seria possível a reversão das águas retidas por Pirapora para o reservatório de Parnaíba e daí para o Reservatório Billings. A unidade Parnaíba alteada, recebeu a denominação de Usina Edgard de Souza.

A mencionada estrutura do Retiro, localizada no Canal Pinheiros, a cerca de 600 m a montante da sua confluência no Rio Tietê, foi construída com a finalidade de isolar ambos os cursos durante as cheias, desempenhando assim, papel importante na prevenção de enchentes no Canal Inferior do Pinheiros, oriundas do Tietê.

Foi construída em 1942, sendo constituída por dez comportas planas. Posteriormente, em 1993, foi reformada para se adequar às novas exigências de controle das enchentes na bacia do Rio Pinheiros; a operação completa das comportas, que antes exigia um período de cerca de uma hora, passou a demandar um tempo muito menor – 12 minutos para a abertura e 6 minutos para o fechamento, podendo o sistema ser operado por

controle remoto a partir da Usina Elevatória de Traição. As obras de reforma, que constaram da instalação de três comportas motorizadas, foram inauguradas em 1998.

Em síntese o reservatório Billings foi concebido para receber as águas revertidas provenientes da Bacia do Alto Tietê, através do Canal Pinheiros, acrescidas de retenção adicional propiciada pela Barragem de Pirapora. Com uma bacia hidrográfica de 582 km², o reservatório Billings abrange os municípios de São Paulo, Santo André, São Bernardo do Campo, Diadema, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra sendo, dentre todos os reservatórios da EMAE, o de maior volume de acumulação, com cerca de 1,1 bilhão de metros cúbicos de água.

Estruturas ainda hoje remanescentes na ala esquerda da Barragem Reguladora de “Summit Control” indicariam, de acordo com hipóteses, que era prevista ali a construção de uma eclusa. Esta seria utilizada por embarcações cujas cargas seriam alçadas da Baixada para o reservatório do rio das Pedras, por teleféricos. Estas embarcações transitariam do Canal do Rio das Pedras para a Represa Billings, via eclusa de “Summit Control” e daí, também por eclusagens, desceriam o rio Pinheiros, alcançando o rio Tietê.

Quanto à Barragem do Rio das Pedras, esta passou a ter, por função, a garantia de níveis constantes para a tomada d’água e geração na usina localizada ao pé da Serra.

Com a expansão urbana ocorrida na RMSP, houve necessidade de alterar as destinações originais de alguns dos elementos hidráulicos constituintes do sistema.

Guarapiranga, por exemplo, vem sendo utilizada, desde 1929, para o abastecimento de água potável da Região Metropolitana de São Paulo. A fim de reforçar a produção de água para abastecimento público efetua-se,

também, a reversão das águas para este reservatório a partir do Braço Taquacetuba, integrante do Reservatório Billings. Secundariamente, o Reservatório de Guarapiranga vem se prestando, atualmente, para o controle das cheias do rio Pinheiros, servindo também ao lazer.

O reservatório Billings passou, igualmente, a ser utilizado para o abastecimento público. O reservatório foi seccionado por meio da construção, em 1981, da Barragem Anchieta, junto à rodovia de mesmo nome, originando assim dois compartimentos: o de rio Grande, operado pela SABESP, destinado à captação de água para abastecimento público do ABC e o compartimento de Pedreira, que corresponde ao volume remanescente para geração de energia elétrica, em Henry Borden.

Além disto, questões ambientais impuseram outras alterações profundas ao sistema. A Resolução Conjunta SMA/SES 03/92, atualizada pela Resolução SEE-SMA-SRHSO-I, de 13/03/96, estabelece que as águas do Canal Pinheiros não poderão ser bombeadas para o Reservatório Billings, excetuando-se situações em que haja risco de inundações.

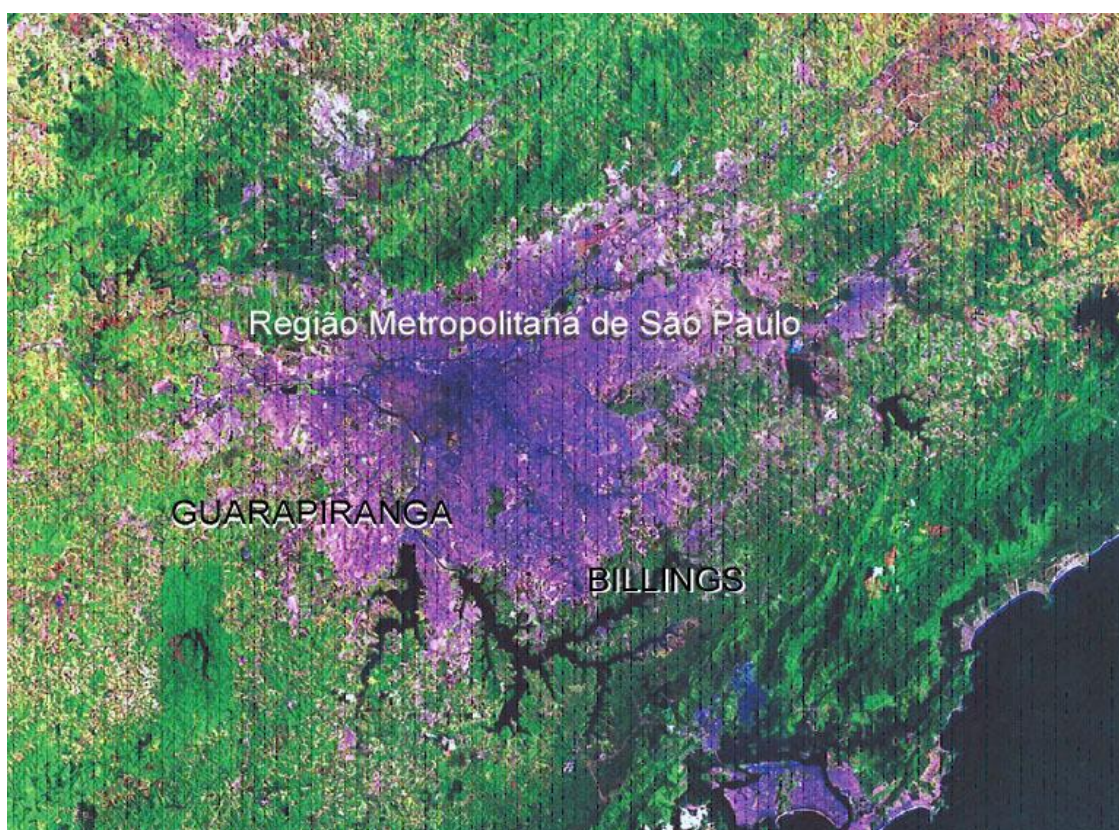
A mesmas questões ambientais, já em 1984, fizeram com que as unidades reversíveis em Edgard de Souza fossem desativadas, transferindo-as para a Usina Elevatória de Pedreira.

Com o cancelamento da função de bombeamento, o Reservatório de Pirapora passou a ter por função, apenas, o controle de cheias, a jusante. Assim, com a conclusão das Fases I e II da ampliação da calha do rio Tietê (trechos Bar. Edgard de Souza - rio Pinheiros e rio Pinheiros – Barragem da Penha, respectivamente), o reservatório, recebendo de montante vazões muito maiores, passou a ter por finalidade a laminação das vazões de cheias, descarregando somente as vazões correspondentes à capacidade máxima do canal a jusante da barragem.

Visando, portanto, atender a tendência cada vez mais presente de utilização múltipla dos recursos hídricos, pode-se observar que os objetivos do sistema, primariamente energéticos, foram sendo alterados, compartilhando suas águas com outras finalidades, como o abastecimento urbano, o controle de cheias e viabilização da navegação fluvial.

O presente trabalho abordará somente a represa Billings, a ser descrita no item seguinte.

Figura 2 – Região Metropolitana de São Paulo (foto de satélite)



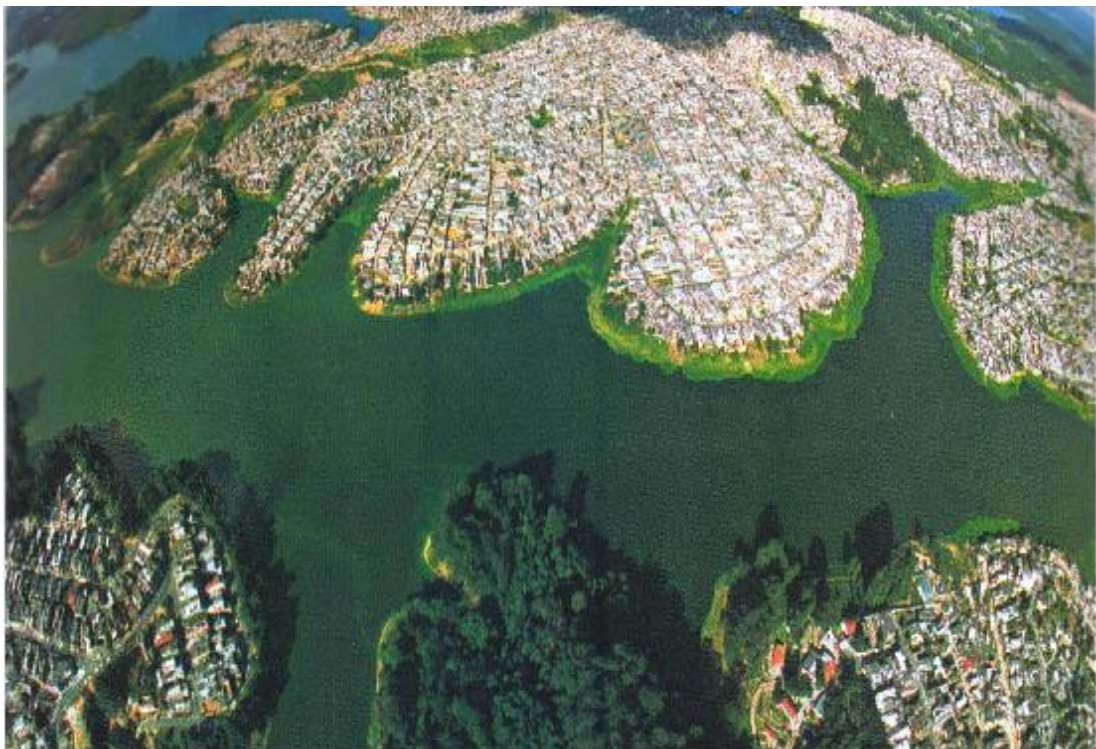
Fonte: SABESP (2006)

3.2 REPRESA BILLINGS

A Represa Billings, com espelho d'água de 10.814,20 hectares, é o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo.

Sua bacia hidrográfica está localizada na porção sudeste dessa região metropolitana, estendendo-se por um território de 582 quilômetros quadrados, tendo como limites: a oeste, a Bacia Hidrográfica da Represa Guarapiranga; ao sul, a Serra do Mar.

Figura 3 – Represa Billings



Fonte: Consórcio Tietê

A partir da década de 1950, com a crescente expansão industrial paulista e aumento da população, a represa Billings passou a receber carga de poluentes em função dos lançamentos provenientes dos rios Tamandateí, Pinheiros e Tietê, estes já contaminados por efluentes sanitários e industriais.

Na década de 1970, com o constante aumento da carga poluidora, as águas da represa já continham um alto grau de poluição e floração de algas.

Atualmente, quase 1.000.000 de pessoas vivem no entorno da represa, em uma ocupação que ocorreu de forma desordenada e sem controle, gerando sérios problemas ambientais devido ao lançamento de esgotos domésticos e o desmatamento de áreas verdes.

Ressalta-se, porém, que a recuperação ambiental e urbanística proposta até o momento é orientada pelo Projeto Billings, elaborado em 1997 pelo Governo do Estado de São Paulo para subsidiar a contratação de empréstimos necessários à intervenção do Poder Público nessas áreas.

Os resultados do trabalho com as comunidades são surpreendentes. Além de uma mudança de conduta da população, agora voltada para a preservação ambiental de seu entorno mais próximo, os órgãos de fiscalização são rapidamente informados sobre atividades ilícitas e as intervenções de saneamento do poder público são mais bem compreendidas.

Há uma demanda da população por tratamento de esgotos – o que é muito importante se observarmos que a região do entorno da represa tem pouca coleta de esgotos. A capacitação dessa população é fundamental para a formulação das políticas públicas ambientais e de saneamento, área em que o Ministério Público não encontra ressonância no Poder Judiciário.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A HISTÓRIA DA ÁGUA

Diretamente vinculada ao desenvolvimento da civilização, a água é considerada como o insumo do século 21 e como um recurso finito. O desenvolvimento humano está diretamente ligado à disponibilidade de água desde os primórdios da história da civilização, como Mancuso e Santos (2003) lembram:

Estudando a história do homem, constata-se que os vales fluviais férteis que dispunham de água em abundância foram os sítios iniciais da civilização, onde a maior parte da água utilizada destinava-se à irrigação e à agricultura, enquanto somente uma pequena parcela era consumida pela população. O emprego da água para beber e cozinhar limitava-se às pessoas que podiam transportá-la de um poço ou de um riacho até seus domicílios, usando jarras, cântaros ou outros recipientes (MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 20).

O conhecimento a respeito das causas de doenças é um fato recente na história das civilizações e, assim, o tratamento de água das primeiras civilizações e até relativamente pouco tempo atrás, limitava-se à melhora do aspecto visual e de seu sabor.

Com o tempo, percebeu-se que a origem de muitas doenças estava relacionada à qualidade da água, como os trabalhos desenvolvidos por John Snow, em 1865, ligados à epidemia de cólera que afligiu Londres em 1854, em que, “mais do que relacionar a transmissão dessa peste pela água, Snow relacionou-a com sua qualidade, mudando de forma radical o conhecimento da época sobre a necessidade de sua preservação” (MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 21).

A água não se extingue, mas a poluição e o desperdício podem fazer com que a disponibilidade de água com qualidade em determinados locais acabe, pois, apesar de o planeta Terra estar, na maior parte de sua superfície,

coberto por água, mais de 99% dessa água não serve para o consumo ou o custo para sua exploração é muito alto.

Sandra Postel (*apud* MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 21) lembra que “uma pequena fração da água do planeta está sempre se transformando em água doce através de um contínuo processo de evaporação e precipitação”. Com isto, uma significativa quantidade de água é transferida dos oceanos para a terra, renovando constantemente o suprimento de água doce. Essa mesma autora destaca que “o problema surge da distribuição desigual da precipitação e do mau uso que se faz da água captada” (p. 22).

O Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC) advertiu, em sua série de relatórios de 2007, de que haverá escassez de água e alimentos nas duas próximas décadas. Segundo o documento, entre 75 milhões e 250 milhões de pessoas na África podem sofrer falta de água até 2020. A agricultura, que depende das chuvas, pode ser reduzida em 50% em alguns países africanos até 2020. Com a mudança climática, as colheitas poderão aumentar em até 20% no leste e sul do Sudeste Asiático, mas diminuir em até 30% na Ásia Central e Sul. Cientistas alertam que a zona tropical está se expandindo mais rápido que o previsto, de acordo com os modelos de computador (AQUECIMENTO GLOBAL, 2008, p. 5).

As populações dos locais em que a falta de água é mais aguda têm crescido mais rapidamente que no restante do planeta. Alguns países compartilham bacias hidrográficas, provocando constantes e dificilmente solucionáveis litígios. Em outros, o aumento populacional excede a capacidade de seus mananciais, como afirmam Mancuso e Santos (2003):

Em muitas regiões do globo, a população ultrapassou o ponto em que podia ser abastecida pelos recursos hídricos disponíveis. Hoje existem 26 países que abrigam 262 milhões de pessoas e que se enquadram na categoria de áreas com escassez de água. [...] No Oriente Médio, nove entre quatorze países vivem em condições de escassez, seis dos quais devem duplicar a população dentro de 25 anos. (MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 13)

As soluções para a escassez de água em qualquer região do planeta dependem da gestão adequada dos recursos hídricos disponíveis, da racionalização do uso, da conscientização das populações, das mudanças de atitudes, do fim do desperdício e, certamente, das novas tecnologias de tratamento de água.

Com base na disponibilidade de menos de 1.000 m³ de água renovável por pessoa/ano, existem projeções que antecipam a 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 as projeções de crescimento populacional das Nações Unidas para o ano 2025: Líbia, Omã, África do Sul, Síria, Irã, Etiópia e Haiti

Pode-se notar a presença dos países do MENA¹ nessa relação (MANCUSO e SANTOS, 2004, p. 15).

De acordo com relatório das Nações Unidas, atualmente 1 bilhão de pessoas não tem acesso à água potável, 2,4 bilhões de pessoas não possuem condições adequadas de saneamento básico e 5 bilhões de pessoas vivem em locais aonde os esgotos são lançados diretamente nos corpos hídricos sem tratamento.

Dentre os objetivos do milênio preconizados pela ONU, destacam-se os seguintes:

- Reduzir pela metade o percentual de pessoas sem acesso à água potável, até 2015
- Reduzir pela metade o percentual de pessoas sem acesso à condições adequadas de saneamento básico
- Alcançar melhora significativa na qualidade de vida de pelo menos 100 milhões de habitantes, até 2020.

¹ MENA: Sigla de em inglês de Oriente Médio e Norte da África (Middle East and North Africa)

Considerando que no ano 2000, 1 bilhão de pessoas necessitava de água potável e com a projeção para o ano de 2025 de um incremento de 1,8 bilhões de habitantes, temos um total de 2,8 bilhões de pessoas a serem atendidas com água. Assim, para suprir esta demanda de crescimento populacional, teríamos que conectar 315.000 pessoas/dia à rede de abastecimento.

Com relação ao saneamento básico, tem-se a seguinte situação: 2,4 bilhões de pessoas necessitavam de condições sanitárias adequadas em 2000 e somando-se a mesma projeção anterior para 2025, teremos então 4,2 bilhões de pessoas a serem atendidas, o que resultaria em efetuar 460.000 conexões de esgotos por dia.

A região e projeção da população a ser atendida com serviços de saneamento estão demonstradas a seguir na Tabela 1.

Tabela 1: Região x População a ser atendida

REGIÃO	POPULAÇÃO A SER ATENDIDA	
	1991 - 2000	2001 - 2025
África	27.000.000	91.000.000
Ásia	160.000.000	320.000.000
América Latina e Caribe	23.000.000	32.000.000

Fonte: Apresentação "City of The Future"

Admitindo-se a hipótese de que em 2025 teria disponibilidade de água potável para todos, isto levaria a uma produção de:

- 580×10^6 m³ de esgotos por ano;
- 116×10^6 ton de DBO por ano;
- 18×10^6 ton de N por ano

Considerando que 1 L de esgoto afeta 100 L de água limpa, anualmente 58.000 km^3 de mananciais seriam diretamente afetados/contaminados e a

capacidade máxima de renovação de água seria de 40.000 km³ por ano. Esse cenário de escassez pode ser minimizado com o reúso de água, através de tecnologias de tratamento de águas servidas, certamente dando a destinação adequada a cada tipo de água de reúso. A escassez de água, caso os governos não levarem a sério essa questão e se não forem adotadas medidas eficazes, será uma realidade para dois terços da população mundial em 2025.

Ainda predomina a visão de que a água é abundante, mas na verdade ela é rara em algumas localidades e o acesso a ela pode gerar conflitos (GEOGRAFIA, 2009). São necessárias ações imediatas para racionalizar o consumo de água e, dentre estas, há a “prática do reúso da água – processo pelo qual a água, tratada ou não, é reaproveitada para o mesmo ou outro fim – porém, essa prática é incipiente ainda no Brasil, principalmente devido à cultura de abundância presente no cenário nacional” (SAMPAIO, 2006, p. 17).

É preciso preservar cada vez mais as fontes de captação de água, o que inclui medidas para a redução do consumo *per capita*, compreendendo a sensibilização da população no assunto; o incentivo de técnicas de redução do consumo de água; e substituição de água potável por água de reúso e água pluvial tratada.

4.2 REÚSO DE ÁGUA

O reúso de água pode ser considerado como uma opção inteligente para o melhor aproveitamento dos mananciais. O tratamento de água e reutilização de água já usada – reúso – é considerado, potencialmente, como uma “nova” fonte, capaz de fornecer água para diversas finalidades de reúso direto ou indireto.

A água produzida nas estações de reúso pode ter padrões físico-químico-

biológicos comparáveis ou até mesmo superiores à água potável distribuída para a população. Entretanto, a Organização Mundial da Saúde não recomenda o reúso direto para o consumo humano, de acordo com o que Fornari (2007) apresenta:

Apesar das perspectivas que se abrem, o risco que existe nessa estória toda é que a tecnologia de análises físico-químico-biológicas não acompanhou a evolução dos tratamentos. [...] É por esse motivo que a OMS (Organização Mundial da Saúde) não recomenda o reúso da água direto para o consumo humano. Mas quando se fala de água de reúso para consumo industrial, é evidente que a situação é completamente diferente. Ela pode ser empregada numa infinidade de usos menos nobres e na Europa e Estados Unidos isso já é uma realidade, onde cada vez mais se recicla a água proveniente dos processos industriais (FORNARI, 2007, p. 15).

Os setores de saneamento ambiental, industrial e agrícola precisam estar sintonizados em uma gestão de recursos hídricos que vise à sustentabilidade dos mananciais, adotando medidas para evitar as perdas e investindo no tratamento de esgotos para a reutilização, atendendo com isto inúmeras atividades, como a agricultura ou processos industriais, dentre outras aplicações.

Com isto, é possível sanar a falta de suprimento de água em algumas regiões brasileiras, como explica Sampaio (2006):

O Brasil produz, anualmente, 12,6 bilhões de metros cúbicos de água. Segundo dados do Ministério das Cidades, o país só fatura, no entanto, 7,6 bilhões de metros cúbicos. Ou seja, 4,9 bilhões de metros cúbicos de água são desperdiçados entre as estações de tratamento e a torneira do consumidor final por diversos problemas, sendo que os principais são as perdas operacionais, sejam de faturamento ou físicas. Se for considerado apenas o total de água que chega ao consumidor final – 7,6 bilhões de m³ - 80% deste volume se transforma em esgotos – domésticos e/ou industriais. E nesse caso, chega-se a um volume de 6,08 bilhões de m³ de esgotos produzidos anualmente no país, a maior parte deles jogada “in natura” nos corpos hídricos. Com poucos investimentos, 60% desses esgotos – um volume de 3,64 bilhões de metros cúbicos – poderiam ser tratados e reutilizados, suprimindo uma vasta gama de atividades econômicas que não necessitam de água potável:

agricultura, processos industriais, lavagem de ruas e desentupimento de galerias de esgotos e pluviais (SAMPAIO, 2006, p. 16).

Esse volume, ainda de acordo com SAMPAIO (2006), seria suficiente para acabar com a crise de abastecimento que ocorre em algumas regiões do país, notadamente nos grandes centros urbanos. Mancuso e Santos (2003), por sua vez, entendem que há alguma indefinição na expressão “reúso de água”:

O reúso 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. O que dificulta, entretanto, a conceituação precisa da expressão “reúso de água” é a definição do exato momento a partir do qual se admite que o reúso está sendo feito (MANCUSO e SANTOS, 2004, p. 22).

A caracterização do reúso, portanto, deve considerar diversas variáveis, classificando-se a partir de como foi anteriormente utilizada e de seu novo uso, sem colocar em risco a saúde pública.

4.3 REÚSO DE ÁGUA E SAÚDE PÚBLICA

O reaproveitamento de água para o reúso deve sempre considerar sua finalidade – uso direto ou indireto -, assim como o tipo de consumo – potável ou não-potável. Os esgotos urbanos e industriais carregam uma série de elementos nocivos à saúde das pessoas e, assim, torna-se imprescindível um tratamento adequado, seja qual for sua destinação.

Como é possível observar na Tabela 2 seguinte, os principais agentes infecciosos que podem estar presentes nos esgotos são classificados em três principais grupos: Bactérias, Parasitas (protozoários e helmintos) e Vírus.

O tratamento da água tem como objetivo preservar a saúde e o reúso deverá atender a esse princípio básico. A proteção à saúde pública é alcançada por

meio da redução da concentração de patógenos, parasitas e vírus na água de reúso, com o controle de elementos químicos e, ainda, limitando a exposição à água (contato, inalação e ingestão).

Tabela 2 – Principais agentes infecciosos

BACTÉRIAS	
Bactérias	As fezes de indivíduos saudáveis contêm grande número de bactérias de várias espécies, que variam em função da estrutura epidemiológica da população, sendo, por esse motivo, consideradas como indicadores de poluição fecal. Entre os indicadores mais usados, destaca-se o coliforme fecal <i>Escherichia coli</i> e o <i>enterococci</i> , sempre presente nas fezes humanas. Por outro lado, algumas bactérias anaeróbicas como <i>Clostridium bacteroides</i> e a <i>Bifidobacterium</i> também servem como indicadores.
PARASITAS	
Protozoários	Algumas espécies de protozoários podem infectar o homem e causar doenças. As formas infectantes desses protozoários passam pelas fezes na forma de cistos que, quando ingeridos, infectam o indivíduo. <ul style="list-style-type: none"> – Os principais protozoários são: <i>balantídium coli</i>, <i>Etamoeba histolytica</i> e <i>Giardia lamblia</i>.
Helmintos	Muitas espécies de helmintos têm o homem como hospedeiro e algumas podem causar sérias doenças. Para avaliação dos problemas que esses organismos podem causar é importante levar em conta alguns aspectos: <ul style="list-style-type: none"> – Exceção feita aos Strongyloides, os helmintos não se multiplicam dentro do organismo hospedeiro; – A contaminação é feita através dos ovos dos helmintos eliminados no meio ambiente. Esses ovos, sendo ingeridos, darão lugar dentro do hospedeiro a novos organismos, havendo então um aspecto quantitativo da patologia que precisa ser considerado. – É importante e possível conhecer a carga de organismos que o hospedeiro alberga, sendo esta carga crescente através de recontaminações sucessivas.
VÍRUS	
Vírus	Inúmeros vírus podem infectar o trato intestinal humano e a partir daí, infectar novamente outros hospedeiros através de ingestão ou inalação. Um grama de fezes pode conter diversas partículas viróticas infecciosas, provenientes de portadores que podem ou não apresentar sintomas. Esses vírus, embora não possam se multiplicar fora do hospedeiro, podem sobreviver por semanas no meio ambiente, principalmente às temperaturas inferiores a 15 C. Embora outros grupos possam ser encontrados nas fezes, os cinco grupos apresentados a seguir e os principais são: <ul style="list-style-type: none"> – adenovirus, – enterovirus (incluindo-se o polivírus), – vírus da hepatite A, – reovirus e – vírus causadores de diarreia (em especial o rotavírus).

Fonte: Fundação SEADE (2007)

A água de reúso, quando terá contato com seres humanos, deverá passar

por um tratamento avançado, garantindo a qualidade necessária a cada tipo de aplicação. Na Tabela 3 estão listados os principais agentes infecciosos presentes nos esgotos domésticos e as doenças que podem veicular.

Tabela 3 - Principais agentes infecciosos e as doenças que podem veicular

ORGANISMOS	DOENÇA
BACTÉRIAS:	
Salmonella typhi	Febre Tifóide
Salmonella sp	Salmoneloses
Shigela	Shigelose (disenteria bacilar)
Escherichia coli patogênica	Gastroenterites
Mycobacterium tuberculosis	Tuberculose
Legionella pneumophila	Doença dos legionários
Leptospira	Leptospirose (contato)
VÍRUS:	
Enterovirus	Poliomielite, gastroenterites
Rotavírus	Gastroenterites
Vírus da Hepatite A	Hepatite A
Adenovirus	Doenças respiratórias, conjuntivites
Protozoários:	
Entamoeba histolítica	Amebíases
Giardia Lambia	Giardíases
HELMINTOS:	
Ascaris lumbricóides	
Enterobius vermicularis	Verminoses
Strongyloides stercoralis	
Trichuris trichiura	
Schistosoma mansoni	Esquistossomose

Fonte: Fundação SEADE (2007)

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), a cada ano morrem 6 milhões de pessoas no mundo devido as doenças de veiculação hídrica, sendo o maior grupo de risco sujeito a estas doenças, as crianças de até 5 anos de idade, pois estas ainda não têm seus sistemas imunológicos completamente desenvolvidos e, em muitos casos, devido à desnutrição que as enfraquece, reflexo das desigualdades sociais e da pobreza, aliada à falta de saneamento básico em suas moradias, convivendo com esgotos lançados “*in natura*” em rios e córregos. Aperfeiçoando o saneamento, torna-se possível obter melhora geral da saúde pública.

O estabelecimento e a evolução de diretrizes e regulamentos relativos à

saúde pública não são controlados unicamente por conhecimentos e dados epidemiológicos e toxicológicos. Interesses econômicos, características socioculturais, práticas higiênicas, conscientização e sensibilização da comunidade, além de desenvolvimento tecnológico são tão importantes como evidências científicas no estabelecimento de mecanismos legais e regulatórios voltados principalmente, à proteção da saúde pública de grupos de risco específicos.

Uma das atribuições da Organização Mundial da Saúde é a de propor regulamentações e fazer recomendações relativas a temas internacionais de saúde pública. As diretrizes têm a finalidade de fornecer informações e orientações às autoridades governamentais, facilitando a tomada de decisões associadas à gestão de riscos relativos à proteção da saúde pública e preservação do meio ambiente.

4.4 DESIGUALDADES SOCIAIS

Questões relacionadas às desigualdades sociais e à pobreza surgem até mesmo em situações em que o crescimento econômico é bem-sucedido, pois a distribuição das riquezas geradas não é igualitária e, com isto, dificulta a eliminação das crescentes desigualdades sociais resultantes do processo de expansão econômica nos países subdesenvolvidos.

A pobreza, no senso econômico, é uma noção fácil de compreender e difícil de definir. Ela designa a falta ou má qualidade de recursos (naturais, financeiros, materiais, etc.) para as pessoas, grupos de pessoas, regiões, etc. (ROCHA, 2005) e pode ser classificada em pobreza absoluta e pobreza relativa.

Em qualquer destas classificações significa que o nível mínimo das necessidades não está sendo alcançado. No entanto, a distinção entre

pobreza absoluta e relativa não tem limites claros, confundindo as duas situações. São diversos itens que podem estar ou não sendo atendidos e, de acordo com o grupo em que se vive, o valor disto torna-se relativo.

Até mesmo nas comparações entre países pobres e ricos há essa confusão, pois “a adoção de linhas de pobreza relativa nos países ricos acabou levando à aplicação indevida dessa abordagem em países subdesenvolvidos, onde a noção de pobreza absoluta ainda é a relevante”, explica ROCHA (2005, p. 17).

No Brasil, as desigualdades sociais constituem um obstáculo a ser enfrentado com relação à universalização dos serviços de saneamento básico e quanto à reformulação e proposições de modelos de privatização do setor. Tais entraves podem ser observados na região metropolitana de São Paulo, onde problemas de moradia e de invasões de terrenos acontecem constantemente. Diversas áreas de mananciais estão ocupadas por loteamentos habitacionais clandestinos, colocando em risco estes mananciais em termos sanitários e mesmo quanto a sua sustentabilidade.

Ao buscar conhecer as principais causas das desigualdades sociais e da pobreza no Brasil, depara-se com temas como o mercado de trabalho, o comportamento e a cultura das faixas mais pobres da população, além das determinantes gerais dessas desigualdades, a partir das limitações existentes no modelo primário-exportador que dominava a economia brasileira até pouco tempo atrás.

Essa situação contribuía para provocar a exclusão social, fazendo com que grande parte da população viva em condições miseráveis. Isto porque a incapacidade do setor primário de crescer continuamente a taxas adequadas limitava a incorporação de mão-de-obra na parte moderna da economia, que operava com tecnologia avançada e com altos níveis de produtividade (ROCHA, 2005).

O reúso de água é, como já visto, comparável à implantação de novas

fontes, ampliando a capacidade dos mananciais existentes, ao mesmo tempo em que reduz o custo para suprir as populações com água de qualidade adequada para cada tipo de uso. A saúde pública é o objetivo final do reúso de água e, por isso, este conceito deverá atender aos padrões de qualidade para não prejudicar a população de modo geral (HESPANHOL *apud* MIELI, 2001).

A implantação de um programa de reúso tem como premissa básica a participação de todos os setores da população concernente. O programa deverá ser amplamente discutido e divulgado, para que sejam expostos os benefícios técnicos e de saúde pública e também para o esclarecimento de questões que envolvem esse tipo de programa.

Além disso, as responsabilidades técnica e financeira que cabem às entidades encarregadas do planejamento, implantação e gestão do sistema de reúso devem ser explicitamente reconhecidas e assumidas.

4.5. REÚSO DE ÁGUA E SUAS APLICAÇÕES

A necessidade em conservar o suprimento de água potável tem sido uma consideração cada vez mais importante no planejamento urbano em praticamente todo o mundo. Sob a definição de recuperação de água ou reúso, fontes de água recuperadas podem ser utilizadas em processos industriais ou para irrigação na agricultura, ou mesmo para outros usos, conforme descrito na Tabela 4.

Tabela 4 – Algumas finalidades da água de reúso

FINALIDADE	DESCRIÇÃO
Aquacultura	Consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando à obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados. O desenvolvimento da aquacultura se deu primeiramente como forma complementar ao tratamento de esgotos, principalmente usando-se plantas aquáticas como o aguapé. Posteriormente, a idéia da utilização de peixes para tal fim foi adotada principalmente com o objetivo de produção de proteínas.
Reúso para recarga de Aquíferos Subterrâneos	A recarga de um aquífero subterrâneo pode ser realizada para as seguintes finalidades: evitar o rebaixamento do nível do aquífero; proteção desse aquífero contra a intrusão de água do mar; armazenamento de esgoto tratado. Essa recarga pode ser feita de duas maneiras: através da infiltração-percolação, sendo um método semelhante à filtração intermitente em areia. A maior parte do esgoto penetra no solo, embora haja perda por evaporação. Os solos arenosos, com altas baixas de infiltração e textura grosseira, são os mais indicados. Outra forma é pela injeção direta, que consiste na injeção por pressão no subsolo, de esgotos tratados de forma direta ou indireta com água de superfície, através de poços profundos, ou minas abandonadas, cavernas, etc.
Reúso para manutenção de vazões de cursos d'água	Trata-se da utilização planejada de efluentes tratados, no sentido de garantir a vazão necessária a cursos de água, visando adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.
Reúso não potável agrícola	O objetivo desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc., bem como plantas não alimentícias tais como pastagens e forrações e também, a dessedentação de animais. O reúso não potável agrícola é classificado de acordo com o tipo de cultura que o utiliza, conforme a seguir: <ul style="list-style-type: none"> – primeiro grupo: plantas não comestíveis como silvicultura, pastagens, fibras e sementes. – segundo grupo: subdividido em plantas consumidas cozidas e plantas consumidas cruas.

Fonte: Reúso de Água

Um dos itens mais importantes em qualquer programa de reúso de água consiste em assegurar que a proteção à saúde não será comprometida pelo uso de água recuperada (EPA, 1992). A demanda de água para as atividades humanas apresenta diversas e diferentes destinações. Cada tipo requer características que assegurem sua qualidade e, em qualquer um desses diferentes tipos, o uso mostra-se crescente, como Mierzwa e Hespanhol (2005) afirmam:

Na atualidade podemos identificar os seguintes usos para a água (Moran, Morgan e Wiersma, 1985): Consumo humano;

Uso industrial; Irrigação; Geração de Energia; Transporte; Aquicultura; Preservação da fauna e da flora; Paisagismo; Assimilação e transporte de efluentes. De acordo com cada tipo de uso, a água deve apresentar características físicas, químicas e biológicas que garantam a segurança dos usuários, a qualidade do produto final e a integridades dos componentes com os quais entrará em contato. Muitas vezes, ela é utilizada simultaneamente para atender às necessidades de duas ou mais categorias mencionadas. O chamado uso múltiplo da água pode muitas vezes gerar conflitos entre diversos segmentos da sociedade (MIERZWA e HESPANHOL, 2005, p. 12).

Como se percebe, são diversas as modalidades de utilização da água; entretanto, a água para consumo humano é o tipo que deve ser priorizado, pois esse líquido é essencial para atender esse tipo de utilização, sendo que “cada indivíduo necessita de 2,5/l de água por dia, para ingestão, para satisfazer as suas necessidades vitais” (MIERZWA e HESPANHOL, 2005, p. 12).

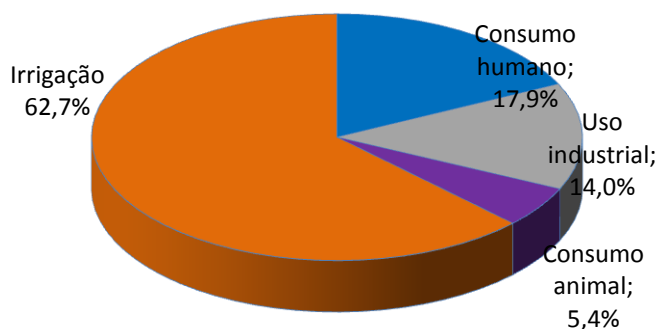
Alguns objetivos, como a prevenção à degradação ambiental, evitando, com isto, problemas à população e satisfação de determinadas necessidades dos consumidores, podem ser alcançados implantando-se com sucesso um sistema de reúso de água, mas o ponto de partida deve estar na segurança em se entregar a cada tipo de consumidor uma água de reúso apropriadamente tratada (EPA, 1992). Mancuso e Santos (2003) afirmam:

De maneira geral, o reúso de água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (1973), tem-se:

- *reúso indireto*: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída;
- *reúso 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 reúso da água internamente à instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição (MANCUSO, 2003)

O consumo de água, no Brasil, apresenta maior demanda na agricultura, compreendendo somente esse item cerca de 2/3 de toda água consumida, como se observa na figura abaixo:

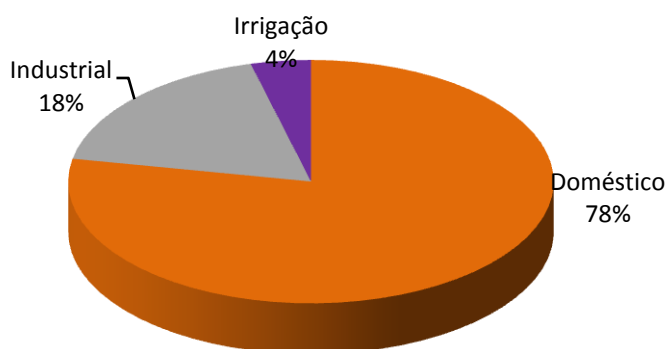
Figura 4 – Distribuição do consumo de água por atividade



Fonte: MIERZWA e HESPANHOL (2005)

Considerando somente a Região Metropolitana de São Paulo, a demanda por água apresenta outro perfil, muito diferente do consumo geral de água no país, como se constata na figura seguinte:

Figura 5 – Distribuição do consumo de água por atividade na RMSP



Fonte: MIERZWA e HESPANHOL (2005)

Como se percebe, a maior demanda pela água na região metropolitana de São Paulo é para o consumo humano e, em seguida, para uso industrial. Sendo assim, um programa de reúso de água precisa estar devidamente preparado para atender a esse tipo de necessidade. A maior parte da água

deve estar em condições de atender ao uso humano e, por isso, é preciso estabelecer o uso racional dos mananciais, como Mierzwa e Hespagnol (2005) destacam:

Racionalizar o uso da água é uma das primeiras alternativas de um programa de gerenciamento de recursos hídricos, qualquer que seja a atividade na qual a água é empregada. A aplicação dessa prática passa, necessariamente, pelo conhecimento das atividades nas quais a água é utilizada, de forma a possibilitar a determinação da quantidade necessária em cada aplicação e o grau de qualidade exigido para uso. Também é importante que se faça o levantamento dos principais pontos de geração de efluentes. Uma questão fundamental para o sucesso de qualquer iniciativa que promova a racionalização do uso da água é a importância que se dá a esse recurso. Isto significa dizer que a água deve ser considerada um insumo cuja disponibilidade é limitada, o que a torna dotada de valor econômico (MIERZWA e HESPANHOL, 2005, p. 19).

Depois de determinada a demanda por cada atividade, é preciso estabelecer as alternativas para racionalizar seu consumo, procedendo à integração entre processos, alterando procedimentos operacionais, substituindo componentes que apresentam maior consumo de água e buscando novas tecnologias e métodos produtivos, principalmente em locais em que a disponibilidade de água é crítica (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

Nos Estados Unidos, o Centro Nacional para o Desenvolvimento Sustentado do Abastecimento de Água, tem buscado soluções para os problemas de gerenciamento sustentável do reúso de água, considerando que:

- com o crescimento populacional de 80% nas áreas urbanas, por volta de 2025, a população com escassez de água será dez vezes maior do que a atual;
- o reúso e a recirculação da água são os únicos métodos de aumentar o suprimento após o esgotamento da água superficial e do aquífero subterrâneo;
- o desenvolvimento sustentável futuro de áreas urbanas depende de soluções que garantam mananciais sustentáveis de água sem impactos negativos ao meio ambiente;
- o reúso de água não potável para a irrigação é limitado pela possibilidade de o sistema de distribuição ser duplo

- (água potável e não potável) e pela disponibilidade de terra agricultável;
- a combinação de barreiras tecnológicas e naturais faz do reúso potável indireto o método preferível para o reúso potável (MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 16-17).

No Brasil, a escassez dos recursos hídricos em algumas regiões, principalmente no Estado de São Paulo, já é uma realidade em alguns casos. Com isto, tem sido discutido o conceito de reúso de água como forma de contar com um abastecimento de água sustentável, adotando estratégias como apontam Mierzwa e Hespanhol (2005):

Por isso, a adoção de estratégias relacionadas ao reúso da água vem ganhando cada vez mais destaque entre os diversos setores que dependem desse recurso tão imprescindível. A opção pelo reúso da água visa principalmente garantir o atendimento às demandas e, dessa forma, possibilitar que as aspirações por uma melhor qualidade de vida sejam atingidas (MIERZWA e HESPANHOL, 2005, p. 20).

A conscientização da população em relação ao desperdício de água em função do esgotamento da capacidade dos mananciais existentes pode forçar as empresas a adotarem sistemas de reúso de água, preservando e aumentando a capacidade hídrica disponível.

4.6. REÚSO DE ÁGUA NO BRASIL

A irrigação passou a ser um elemento prioritário para o incremento da produtividade agrícola brasileira, com o crescimento dessa prática em todo o país e, em função disto, a “grande questão que se antepõe às entidades gestoras de recursos hídricos é associada ao balanço entre oferta e demanda de água para o atendimento das necessidades crescentes da agricultura irrigada” (MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 38).

O consumo de água para a agricultura brasileira corresponde a aproximadamente 2/3 de toda a água consumida no país, sendo que o uso

“de água para a agricultura no Brasil, em grandes números, é de 70% do total consumido atualmente. Os 30% remanescentes destinam-se a usos domésticos e industriais, em partes iguais” (MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 38). A Tabela 5 apresenta as aplicações da água reciclada.

Tabela 5 – Aplicações da água reciclada

APLICAÇÃO	LOCAIS
Irrigação paisagística	Parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de auto-estradas, campus universitários, cinturões verdes, gramados residenciais.
Irrigação de campos para cultivos	Plantio de forrageiras, plantas fibrosas e de grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas.
Usos urbanos não-potáveis	Irrigação paisagística, recreação, combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas e pontos de ônibus, etc.
Finalidades ambientais	Aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca.
Usos diversos	Aquicultura, construções, controle de poeira, dessedentação de animais.

Fonte: Elaboração própria

As perspectivas apontam para um aumento percentual do uso de água para a agricultura irrigada, trazendo, com isso, desequilíbrio maior na utilização das bacias hidrográficas. Assim, a água passa a ser um fator limitante para o desenvolvimento de inúmeras regiões do país, principalmente aquelas com maior crescimento populacional e nas regiões semiáridas do Nordeste. Mancuso e Santos (2003) destacam a bacia do Tietê:

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 dos municípios circunvizinhos. Essa condição tem levado à busca incessante de recursos hídricos complementares de bacias vizinhas, que trazem, como consequência direta, aumentos consideráveis de custo, além dos evidentes problemas legais e político-institucionais associados (MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 40).

A alternativa mais razoável para satisfazer as demandas dessa região é o

reúso não potável. Com isto, as águas de melhor qualidade ficam liberadas para o abastecimento doméstico, em conformidade com o que prescreve o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas para a gestão hídrica em regiões carentes desse recurso: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (UNITED NATIONS, 1958, *apud* MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 40).

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) vem realizando o reúso planejado de água em suas instalações de tratamento de água e de esgotos, onde a recirculação de água é utilizada, por exemplo, para lavagem de filtros. A reutilização da água apresenta inúmeras vantagens, como menor custo, confiabilidade tecnológica e garantia de suprimento. Quanto à qualidade, os riscos são gerenciados através de medidas adequadas de planejamento, monitoramento, controle e sinalização (SABESP, 2009).

Os processos industriais que permitem a utilização de reúso de água são os de produtos de carvão, petróleo, produção primária de metal, curtumes, indústrias têxteis, químicas e de papel e celulose. A Coats, empresa fabricante das Linhas Corrente, em parceria com a SABESP, utiliza a água de reúso em seus processos de lavagem e tingimento de produtos. Além disso, desde maio de 2001, o município de São Caetano do Sul passou a realizar a lavagem de ruas nas quais existem feiras livres e a rega de jardins com a água retirada da Estação de Tratamento de Esgotos do ABC. No início de 2002, os municípios de Barueri e Carapicuíba também passaram a utilizar água de reúso (SABESP, 2009).

O reúso planejado de água é um bom negócio. A Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, com capacidade atual de 9,5 mil litros de esgotos por segundo, a partir da remoção de 95% da carga poluidora, lança a maior parte do esgoto tratado no rio Tietê. Isto, no entanto, representa um recurso

de grande valor, pois com soluções tecnológicas apropriadas, toda essa água deve ser fornecida para usos específicos, poupando grandes volumes de água potável. Uma parte dessa água de reúso já é utilizada no processo de refrigeração de equipamentos da estação. Inúmeras empresas já perceberam a importância do assunto e vêm se preocupando cada vez mais com a reutilização da água em seus processos produtivos.

Um acordo feito com a Prefeitura do Município de Barueri, em junho de 2002, autoriza a criação de um pólo industrial, onde a água de reúso será destinada às indústrias do núcleo industrial a ser instalado próximo à Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, podendo ser utilizada para limpeza de pátios, veículos, resfriamento de caldeiras e no próprio processo industrial.

Estudos preliminares indicam que o efluente tratado na estação Barueri para reúso planejado industrial tem um custo significativamente menor que a média tarifária industrial praticada atualmente na Região Metropolitana de São Paulo. O reúso planejado da água representa ainda, a possibilidade de ganhos pela economia de investimentos e pela comercialização de efluentes hoje descartados (SABESP, 2009).

Em julho de 2002, foi assinado contrato para fornecimento de até 172 mil litros de água de reúso por dia às construtoras OAS, VA Engenharia, Consdon e Marquise. O produto é retirado nas estações Barueri e Parque Novo Mundo, com caminhão-pipa das empresas. Este fornecimento é destinado para assentamento de pó em canteiros de obras.

Em agosto de 2002, na estação de tratamento de esgotos ABC, foi inaugurado o Centro de Reservação de Água de Reúso com capacidade para 50 mil litros. São dois reservatórios que tornaram o fornecimento ao município de São Caetano do Sul mais ágil, pois o monitoramento do produto é feito no reservatório com quatro leituras diárias. Com isto, o caminhão-pipa, ao ser abastecido, vai diretamente para seu destino, sem

precisar esperar que o laboratório faça a análise do produto no próprio caminhão, como ocorria inicialmente (SABESP, 2009).

Dentre as inúmeras vantagens da utilização da água de reúso, destacam-se a economia no valor do custo da água utilizada e a diminuição do volume de água bruta retirada dos mananciais. Cada litro de água de reúso aproveitado representa um litro de água potável destinada para o consumo humano, um uso mais nobre.

4.7. REÚSO PAISAGÍSTICO E RECREACIONAL

O grande potencial do reúso de água é, indiscutivelmente, sua utilização no setor industrial. Entretanto, há outras áreas que podem ser beneficiadas com esse tipo de reaproveitamento de água:

Eliminação ou redução de uma descarga de superfície através de recuperação e reúso geralmente reduz o impacto adverso de qualidade da água. Porém, mudar a descarga de um determinado local para um sistema de reúso, pode provocar impactos ambientais secundários. [...] O desenvolvimento do sistema de reúso de água pode provocar impactos ambientais secundários relacionados ao uso de terra, ao fluxo do córrego, e à qualidade do lençol d'água (EPA, 1992, p. 59).

Os cuidados com a reutilização de água não devem ser deixados de lado, pois os impactos ambientais podem ser bastante severos. Os programas de reúso devem ser amplamente divulgados, para que ocorram debates com todos os setores da população que será beneficiada com esse tipo de proposta. A utilização de água de reúso pode abranger outras propostas não potáveis, como o reúso recreacional.

O reúso recreacional vem crescendo em muitos países. Estima-se que turistas e estrangeiros gastam em torno de 2 bilhões de dólares anualmente em resorts recreacionais.

Entretanto, os riscos que envolvem reuso recreacional podem ocasionar repercussão econômica em áreas que dependem desta modalidade como fonte de renda. Como exemplo é a queda de turistas em Lake Malawi na África do Sul devido às notícias veiculadas de casos de esquistossomose (OMS 2003).

A prática do reuso recreacional pode expor os indivíduos a uma variedade de riscos à saúde, incluindo microrganismos patogênicos. Esportes que envolvem contato primário com a água como surfe, vela e mergulho estão crescendo em popularidade, e com isso cresce também o risco de contrair doenças.

Alguns microrganismos patogênicos podem causar problemas, dependendo da dose e da condição física do indivíduo exposto.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da norma NBR-13.969/97 classifica os tipos de água de reuso, conforme Tabela 6.

Tabela 6– Classificação da ABNT

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Classe 1	<p>Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes:</p> <ul style="list-style-type: none"> – turbidez - inferior a 5; – coliforme fecal – inferior a 200 NMP/100ml; – sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/l – pH entre 6.0 e 8.0; – cloro residual entre 0,5 mg/l e 1,5 mg/l <p>Nesse nível, serão geralmente necessários tratamentos aeróbios (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguidos por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.</p>
Classe 2	<p>Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:</p> <ul style="list-style-type: none"> – turbidez - inferior a 5; – coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml; – cloro residual superior a 0,5 mg/l <p>Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;</p>
Classe 3	<p>Reúso nas descargas dos vasos sanitários:</p> <ul style="list-style-type: none"> – turbidez - inferior a 10; – coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml; <p>Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão.</p>
Classe 4	<p>Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.</p> <ul style="list-style-type: none"> – coliforme fecal – inferior a 5.000 NMP/100ml; – oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/l <p>As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.</p>

Fonte: Engenharia & Projetos (2009)

O uso não potável recreacional envolve formação e/ou manutenção de lagos recreacionais, rega de jardins e paisagismo. Estes usos urbanos para fins não potáveis devem ser priorizados, pois envolvem menos riscos e a utilização de água de reúso pode ser considerada como a primeira opção na área urbana, como a manutenção de paisagens.

Diversos países da Europa e também países industrializados da Ásia,

localizados em regiões de escassez de água, exercem extensivamente a prática de reúso urbano não potável. Entre esses, o Japão vem utilizando efluentes secundários para diversas finalidades.

Em Fukuoka, uma cidade de aproximadamente 1,2 milhões de habitantes, situada no sudoeste do Japão, utiliza efluente tratado para irrigação de árvores em áreas urbanas, para lavagem de gases e também alguns usos industriais, tais como resfriamento e desodorização (SANO & MIURA, 1999)

As possibilidades de reúso urbano incluem ainda fontes ornamentais, chafarizes, espelhos d'água, quedas d'água, irrigação e manutenção de gramados, dentre outras aplicações

Em qualquer forma de reúso, cuidados especiais devem ser tomados quando essa aplicação apresenta contato direto com o público, como é o caso de emprego de água de reúso em gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de prática de esportes, usos destacados por Mancuso e Santos (2003):

Os maiores potenciais de reúso 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, terraplenagem, etc.;
- construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para estabelecer umidade ótima em compactação de solos (MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 45).

A utilização de água recuperada para recreação e para finalidades ambientais variam da manutenção de lagoas decorativas e canais ao desenvolvimento de locais recreacionais aquáticos, como direcionados para natação, pesca e canoagem.

O reúso reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Essa prática, atualmente muito discutida, posta em evidência e já utilizada em alguns países é baseada no conceito de substituição de mananciais. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico.

Dessa forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados pelo reúso quando se utiliza água de qualidade inferior (geralmente efluentes pós-tratados) para atendimento das finalidades que podem prescindir desse recurso dentro dos padrões de potabilidade.

Atividades recreacionais ligadas ao reúso urbano abrangem diversas modalidades, entre as quais: pesca, prática de remo e natação, e o nível de tratamento exigido varia de acordo com o potencial de contato humano com água.

Para atividades sem contato primário, como pesca e remo recomendam-se a remoção de nutrientes, evitando-se a proliferação de algas, que ocasiona odor, cor e até aparência desagradável. Além disso, é aconselhável que não haja níveis elevados de microrganismos patogênicos e de metais pesados, para que não ofereça riscos à população que consumirá os peixes.

Nos locais aonde é permitida a prática de natação e mergulho, com contato primário, a água deverá oferecer segurança do ponto de vista microbiológico, não apresentar cor e não ocasionar irritações à pele e olhos.

4.8. ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO

O tratamento jurídico das águas no Brasil, até o advento da Constituição Federal de 1988, sempre considerou a água como bem inesgotável, passível de utilização abundante e farta.

O Decreto Federal 24.643 de 10 de julho de 1934 - Código de Águas assegurava à propriedade privada, o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente e tratava os conflitos sobre o uso das águas como meras questões de vizinhança.

A conscientização de que a água é um bem finito, ganha contorno definido em 1988 com a Constituição Federal e a promulgação da Lei 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. A partir daí, a questão dos usos da água por bacias hidrográficas e o conceito de usuário pagador conduzem a um novo enfoque que começa a ser implantado, visando a preservação dos recursos hídricos.

O modelo atual da sociedade de consumo, iniciado na Revolução Industrial nos levará a um colapso planetário, uma vez que não há recursos naturais capazes de suprir as necessidades de uma população consumista em sua demanda por produtos e serviços.

Assim, se considerarmos que entre os bens de consumo encontra-se a água que é o elemento essencial à existência e manutenção da vida e cujo consumo não pode ser adiado, torna-se imperioso o uso consciente de racionalizado deste bem finito e precioso.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, citada anteriormente, demonstra a importância de racionalizar o uso da água como forma de garantia de abastecimento para as gerações futuras, citando a necessidade de implantar medidas de racionalização de uso (Art. 7º), incentivo à racionalização (Art.

19º), utilização integrada dos recursos hídricos, incluindo transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável (Art. 2º).

Considerando ainda a Constituição de 1988, a partir da qual não há mais águas particulares, sendo a propriedade ou o domínio dos cursos e corpos d'água exclusivamente público, com a Lei 9.433/97 fica estabelecido que os direitos de uso da água estejam sujeitos à outorga pelo Poder Público.

A outorga constitui o ato administrativo mediante o qual o poder público outorgante (União, Estado ou Distrito Federal) faculta ao outorgado (requerente) o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato administrativo. O ato administrativo utilizado pela ANA - Agência Nacional das Águas para emissão das outorgas, como também para os demais atos normativos, é a Resolução. A Resolução de outorga contém a identificação do outorgado, as características técnicas e as condicionantes legais do uso da água autorizado.

A Agência Nacional de Águas é a responsável pela emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos em corpos hídricos de domínio da União. Em corpos hídricos de domínio dos Estados e do Distrito Federal, a solicitação de outorga deve ser feita às respectivas autoridades outorgantes estaduais responsáveis pelo gerenciamento dos recursos hídricos. Atualmente, 26 Unidades da Federação possuem Legislações sobre Recursos Hídricos.

Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público, os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

- Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- Extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo

de processo produtivo;

- Lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- Uso de recursos hídricos com fins de aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Inegavelmente a cobrança pelo uso da água a qual materializa o princípio do usuário-pagador, acarretará um grande incentivo ao reúso de água como forma de minimização de passivo ambiental.

Outro instrumento jurídico utilizado pela Política Nacional de Recursos Hídricos que está intrinsecamente ligado ao reúso, refere-se à classificação das águas doces superficiais da Resolução CONAMA nº 357/05, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”.

No presente trabalho será adotada esta Resolução CONAMA, como referência para atendimento do padrão de qualidade da água exigido para atividades recreacionais,, considerando o que segue:

- Capítulo II: Classificação dos Corpos D’água, Seção I - Art. 4º;
- Capítulo III: Das Condições e Padrões de Qualidade das Águas, Seção II Artigos 14º e 15º;
- Resolução CONAMA 274/00 – Art. 2º

É importante salientar que, com esse conjunto de regras jurídicas, a Constituição nos dá o princípio maior de garantia a todos de um meio

ambiente ecologicamente equilibrado, tendo o Poder Público o dever de preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais.

Entretanto, quando o foco é o reúso de água, observa-se que não existe no Brasil legislação específica para esta prática, sendo de extrema urgência a formulação de regras e leis que incluam a necessidade de um compromisso constante, tanto político, quanto da sociedade civil, a fim de garantir o desenvolvimento sustentável para a prática do reúso.

Para o caso de geração de energia elétrica, não existe legislação que especifique a qualidade da água para esta modalidade. A única ressalva é de uma água com baixo teor de sólidos, para que as turbinas não sejam danificadas.

4.9. PROJETO BILLINGS

Com o objetivo de buscar melhor qualidade do meio ambiente para as gerações presentes e futuras, o Governo do Estado de São Paulo instituiu o “Projeto Billings”, através do artigo primeiro do Decreto nº 41.716, de abril de 1997, “destinado a viabilizar o aproveitamento do Reservatório Billings para o abastecimento da população, buscando o uso múltiplo das águas através da melhoria de sua qualidade e de um novo modelo de gestão operacional da Bacia do Alto Tietê”.

Nesse projeto, que decorre de uma ação civil pública, os objetivos de despoluição das águas do rio Pinheiros em um empreendimento denominado “Sistema de Melhoria da Qualidade das Águas do Complexo Hidroenergético Pinheiros-Billings para Fins de Uso Múltiplo”, compreendem:

- o aumento da disponibilidade hídrica do reservatório Billings, recuperando suas águas para usos múltiplos, sem prejudicar a prioridade do abastecimento público;
- a redução da carga poluidora que tem sido conduzida para a região do

Médio Tietê;

- aumento da disponibilidade de água doce para a bacia do rio Cubatão; e
- possibilidade de aumento da produção de energia elétrica em Henry Borden.

A água, antes de ser lançada no Reservatório Billings, é monitorada em tempo real imediatamente antes de seu lançamento nesse reservatório. Como a represa Billings está enquadrada como Classe 2 na legislação, é necessário que a água atinja a qualidade exigida para seu lançamento em corpos d'água de Classe 2, conforme determinações da Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 que, em seu Capítulo IV, particularmente nos parágrafos 4º e 5º do artigo 34; assim como nos padrões de emissão preconizados no Regulamento da Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto nº 8.46876.

Essa legislação estabelece limites para os seguintes indicadores de qualidade: Fosfato total (mg/L P): $\geq 0,030$; Oxigênio Dissolvido (mg/L): $\geq 5,0$; Cor verdadeira (mg Pt/L): ≥ 75 ; e Turbidez (UNT): ≥ 100 . Em caso de surgimento de nova legislação substitutiva, prevalece sempre a mais restritiva.

Ao constatar, através dos monitoramentos, que as águas a serem revertidas não alcançam a qualidade exigida para o lançamento em corpos d'água de Classe 2, o bombeamento de águas do rio Pinheiros deve ser imediatamente suspenso, por decisão da comissão constituída por dez técnicos (cinco deles indicados pela EMAE e cinco pelo Ministério Público), independentemente de qualquer notificação ou decisão judicial. As deliberações dessa comissão a respeito da continuidade ou da retomada do bombeamento não poderão ultrapassar três dias, mas a suspensão da reversão de águas deve ser imediata, quando os técnicos indicados pelo Ministério Público assim decidirem.

O bombeamento de águas previsto no "Projeto Billings", sob hipótese alguma poderá prejudicar a utilização das águas do Reservatório Billings para o abastecimento público. Na ocorrência de irregularidades na qualidade

da água, a SABESP deve suspender por sua própria iniciativa, por solicitação da EMAE ou por determinação da CETESB, a captação e transposição das águas do Taquacetuba para o Reservatório Guarapiranga e sua utilização para consumo humano.

As análises das amostras coletadas, segundo as indicações da legislação, devem ser realizadas em laboratórios nacionais com certificação do Inmetro e, na eventual impossibilidade técnica destes, poderá a EMAE (ou sua contratada), utilizar serviços de laboratórios estrangeiros de notória idoneidade.

Com o objetivo de evitar incômodos ao bem estar público, os ruídos e as vibrações geradas pelas atividades do empreendimento devem ser controladas, sempre dentro de níveis que atendam aos padrões das Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especificamente as normas NBR-10151 e NBR-10152, ou quaisquer outras que as sucederem, sempre prevalecendo a mais restritiva.

Os impactos ambientais decorrentes do “Projeto Billings” devem constar de documento denominado “Especificação Técnica para Elaboração de Avaliação das Análises e Condições Precedentes”, de acordo com as diretrizes constantes na Resolução CONAMA 01/86, assim como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Esse relatório deve contemplar o Estudo de Viabilidade para Aquisição de Carbono referente ao empreendimento “Sistema de Melhoria da Qualidade das Águas do Complexo Hidroenergético Pinheiros-Billings para Fins de Uso Múltiplo”.

Devem ser avaliados também os impactos decorrentes da operação do empreendimento no sistema viário e nas áreas direta ou indiretamente afetadas, principalmente no tocante ao transporte de resíduos sólidos e dos produtos químicos utilizados no projeto, que, sendo em veículos, devem ser

devidamente dotados de equipamentos para tal finalidade.

As avaliações do Estudo de Impacto Ambiental devem enfatizar a disposição final dos resíduos provenientes da operação do sistema, devendo ser consideradas as mais avançadas tecnologias existentes, ou em estudos, de tratamento e eventuais usos sustentáveis para estes resíduos ou ainda processos de significativa redução de volumes visando o uso alternativo, transporte e disposição final.

4.10. FLOTAÇÃO

O reúso de água é uma das alternativas para que as gerações futuras possam ter acesso à água de qualidade, preservando os mananciais existentes na atualidade e principalmente garantindo o consumo racional sem desperdícios. Para o aproveitamento da água servida é preciso contar com tratamentos adequados a cada tipo de efluente, com diferentes e diversas fases (Tratamento físico-químico, Tratamento biológico), Tratamento preliminar, Tratamento primário, Tratamento secundário e Tratamento terciário.

O aproveitamento do Reservatório Billings para o abastecimento da população da região metropolitana de São Paulo constitui o objetivo de um projeto, que busca o uso múltiplo de suas águas com base na melhoria de sua qualidade e de um novo modelo de gestão operacional da bacia do Alto Tietê. Na busca de soluções que viabilizassem esse projeto, foram estudadas diversas alternativas tecnológicas para despoluir o rio Pinheiros e, dentre as opções disponíveis, a alternativa adotada foi a de Flotação em Fluxo.

A partir de 1998 foram estudadas várias alternativas tecnológicas para despoluição do rio Pinheiros, sendo que a alternativa adotada foi a flotação em fluxo, pois representa um menor custo de investimento e um custo de operação passível de ser pago pela geração de energia elétrica adicional da Usina Henry Borden (EMAE, 2008).

O processo de flotação consiste na adição de produtos químicos que agregam a sujeira na forma de flocos, os quais são forçados para cima com a ajuda de microbolhas de ar.

Em linhas gerais, o processo de tratamento preconizado para o Rio Pinheiros e afluentes pode ser explicado pela aplicação conjunta, seqüencial em fluxo de duas técnicas usualmente empregadas em Estações de Tratamento de Água, e mais recentemente em Estações de Tratamento de Esgoto, para segregação físico-química de materiais: a Coagulação/Floculação e a Flotação. Em adição e seqüencialmente a essas duas técnicas de segregação, o processo inclui técnica de remoção de lodo flotado através de equipamento especial de dragagem e eventualmente, dependendo do uso da água resultante, a desinfecção do efluente pós-tratamento.

As unidades de tratamento por flotação em fluxo incorporam o comportamento hidráulico do canal ou curso d'água a ser tratado como variável operacional, garantindo a eficiência indistinta do processo nos leitos de rios e canais existentes ou em canais de tratamento artificiais.

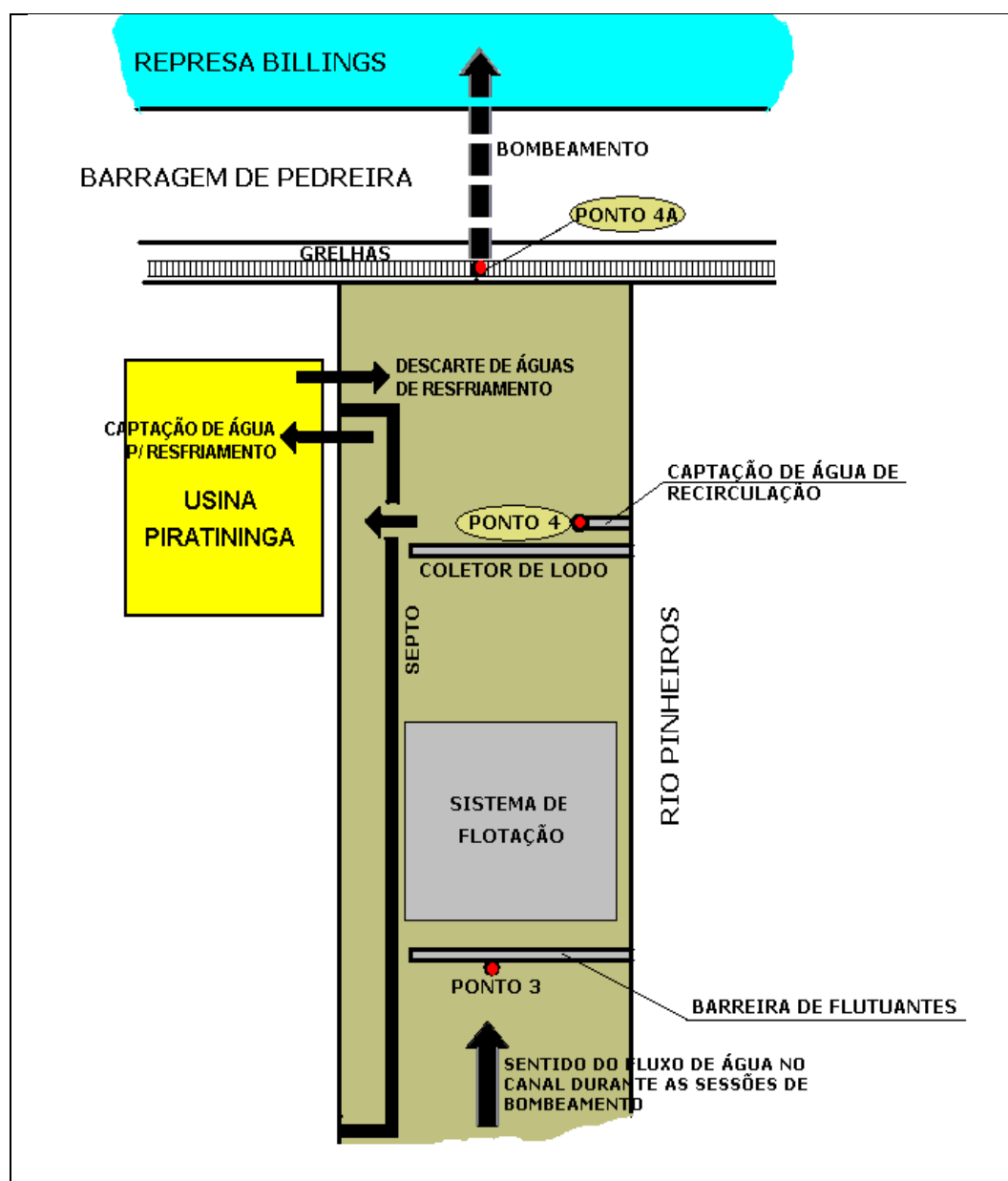
O processo não se limita apenas ao rio Pinheiros, mas devido ao alcance de seu projeto, torna possível melhorar as águas de seus afluentes e de canais e reservatórios:

A flexibilidade inerente à concepção do processo possibilita sua implantação para a melhoria das águas em rios, canais, reservatórios e lagos e também a sua utilização conjunta, como complemento a outros sistemas de tratamento em Estações de Tratamento de Esgoto. As metas estabelecidas para o tratamento são alcançadas através da redução das concentrações de substâncias que funcionam como indicador de qualidade de acordo com a legislação ambiental vigente, como a Demanda Bioquímica de Oxigênio; os coliformes; o Fósforo Total; Óleos e Graxas; ou ainda pela diminuição da taxa de parâmetros de maior perceptividade como a Cor; a Turbidez; e o odor da água tratada. Ainda como resultado da aplicação do processo, tem-se o incremento significativo da concentração de

Oxigênio Dissolvido no efluente pós-tratamento, parâmetro bastante significativo no que se refere às condicionantes para a preservação e conservação dos ecossistemas aquáticos (MPSP, 2008).

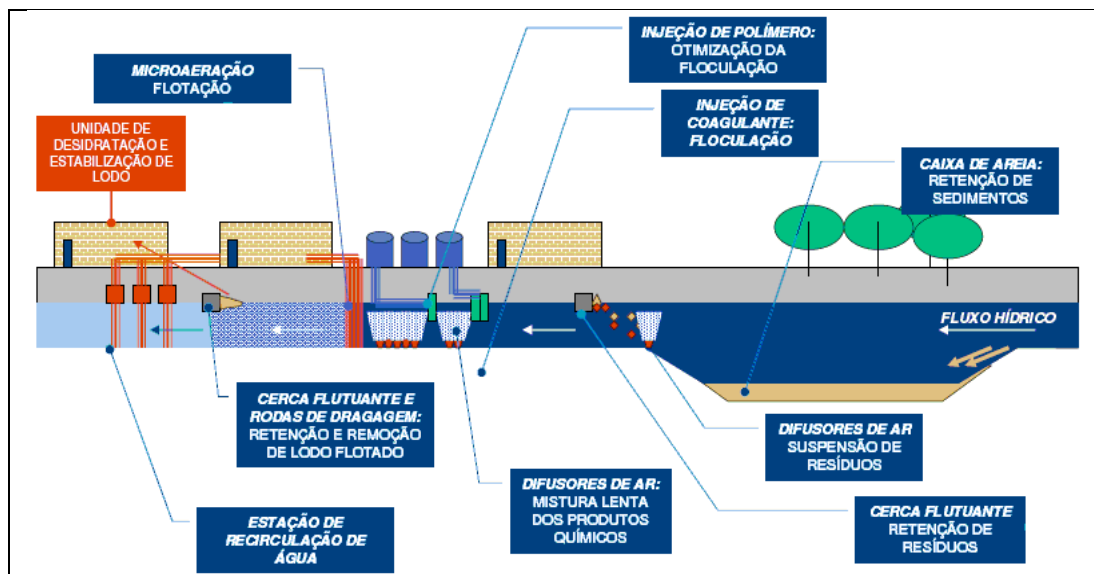
O sistema de flotação conta com unidades de tratamento em cursos de água urbanos, atuando diretamente no fluxo hídrico. As figuras seguintes (6, 7 e 8) mostram a representação do funcionamento do sistema de flotação.

Figura 6 – Desenho esquemático dos fluxos hídricos



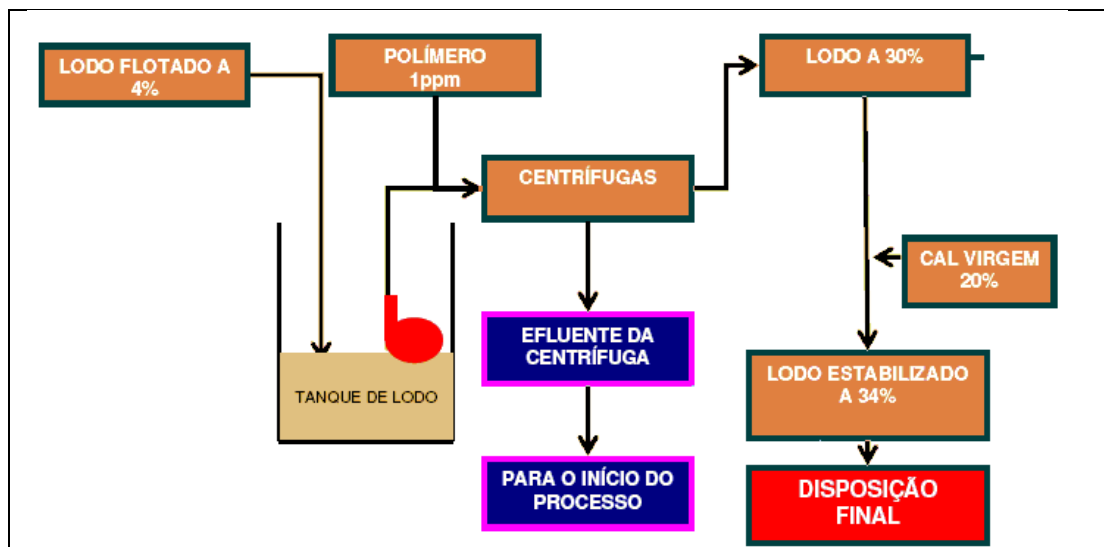
A qualidade da água nos pontos P4 e P4-A, é afetada imediatamente pelo bombeamento. Conforme se pode verificar no desenho esquemático, a qualidade da água no Ponto P4 corresponde à qualidade da água tratada no sistema, enquanto que no P4-A ela pode ser afetada pelo descarte da água de resfriamento utilizada na Usina.

Figura 7 - Funcionamento do sistema de flotação



Fonte: MPSP (2008)

Figura 8 – Fluxograma de desidratação e estabilização de lodo



Fonte: MPSP (2008)

As unidades de tratamento por Flotação em Fluxo operam em quatro etapas, como descritas a seguir, visando à melhoria dos cursos de água urbanos.

4.10.1 Etapa 1: tratamento preliminar

O tratamento preliminar conta com caixa de areia e um sistema de retenção de resíduos sólidos.

A implantação das plantas de tratamento em cursos d'água urbanos implica o equacionamento preliminar de variável quase sempre presente em maior ou menor grau: o carreamento de resíduos sólidos e sedimentos granulares através das áreas de drenagem, que podem vir a interferir no processo de tratamento.

O sistema de retenção de resíduos sólidos é constituído por grades basculantes ou cercas flutuantes dependendo do porte da planta e das características do curso d'água a ser tratado. O sistema projetado para o Rio Pinheiros é basicamente formado por cercas flutuantes, o que se mostrou mais adequado para as condições existentes. O sistema de retenção de sedimentos ou Caixa de Areia é utilizado apenas nas unidades instaladas em regiões onde se verificam problemas com o assoreamento dos cursos d'água, que é o caso do Rio Pinheiros, onde ocorre freqüentemente carreamento significativo de sedimentos da sub-bacia hidrográfica de influência.

Essa fase preliminar do tratamento de água poluída é também descrita de forma semelhante no Guia de Reúso de Água, da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA):

O tratamento preliminar de água servida consiste em um processo físico de separação, pulverização e redução de seus detritos sólidos. A filtragem dos materiais mais espessos é, geralmente, o primeiro passo do tratamento e é aplicada para remover os elementos sólidos maiores e o lixo que podem interferir nas etapas seguintes da operação de tratamento. Os equipamentos para pulverizar os detritos sólidos têm sido utilizados com limitado sucesso para reduzir esses detritos em partículas pequenas e uniformes

para melhorar as operações à jusante (EPA, 1992, p. 29).

Em seguida ao tratamento preliminar, o sistema de Flotação em Fluxo passa à fase seguinte. Os agentes químicos injetados na água em tratamento têm como objetivo provocar a coagulação dos corpos sólidos em suspensão nessa água.

4.10.2 Etapa 2: injeção de coagulantes e auxiliares de coagulação

Essa etapa operacional da unidade de tratamento por flotação em fluxo consiste na aplicação de agentes químicos coagulantes, tais como Sulfato de Alumínio ou Cloreto Férrico, possibilitando a formação de pequenos flocos ou coágulos de sólidos suspensos, e da posterior injeção de auxiliares de coagulação ou polímeros que promove, através de trocas iônicas, a otimização do processo através da formação de flocos maiores, mantidos em suspensão no canal de tratamento através de fluxo de ar ascendente criado através de um sistema de difusores instalados no fundo.

Observa-se nessa fase o turbilhonamento da massa líquida. A etapa 2 é identificada como a fase de coagulação/floculação. A introdução de polímero fortemente aniônico ou catiônico garante a redução significativa das concentrações de DBO, DQO, fosfato total, óleos e graxas sólidas suspensas, cor, turbidez, coliformes totais e coliformes fecais, pois, promove uma filtração química na massa líquida em tratamento.

A partir da formação de flocos dos elementos sólidos presentes na água é que o processo de flotação em si começa a acontecer. O processo de coagulação dos elementos sólidos acontece por meio da “coagulação química com óxido de cálcio, sulfato de alumínio ou cloreto férrico seguida de sedimentação removendo sólidos em suspensão, metais pesados, traços de substâncias diversas, fósforo e turbidez” (EPA, 1992, p. 34)

4.10.3 Etapa 3: microaeração da massa líquida - flotação

A terceira etapa do processo consiste na microaeração da massa líquida, através da injeção de solução micropulverizada de água e ar por equipamentos específicos. Essa ação possibilita o fenômeno de Flotação ou a sobrelevação dos flocos acima da superfície d'água.

A Flotação pode ser explicada como a adesão das microbolhas de ar liberadas na massa líquida aos flocos, provocando o aumento do empuxo e a ascensão dos coágulos, os quais passam a constituir uma massa de consistência homogênea na superfície da água.

Em seguida, o processo chega à sua última etapa, na qual fica retido o lodo flotado dos cursos d'água.

4.10.4 Etapa 4: retenção, remoção e transporte de lodo flotado

A partir da formação de uma massa de lodo, torna-se possível remover através de dragas o material sólido presente nos cursos d'água:

A formação da massa de lodo homogênea flutuante possibilita a remoção através de equipamentos específicos de dragagem que operam segundo um princípio rotativo que viabiliza a coleta do material flotado. De modo geral, a decisão sobre o transporte e a destinação final do lodo depende das características e do volume de lodo gerado, assim como das peculiaridades locais. Na maior parte das vezes, o lodo gerado pelas unidades de flotação em fluxo é recalcado para a rede coletora local e posteriormente enviado para Estações de Tratamento de Esgoto.

Especificamente no caso do rio Pinheiros, o projeto final que visa o tratamento de 50m³/s, e que trata nas estações de Pedreira e Zavuvús uma vazão de 10m³/s, a quantidade de lodo em excesso provoca a necessidade de beneficiar esse material para que seu volume possa ser reduzido. Neste

processo é feita a desidratação e inertização com adição de cal, reduzindo ao mínimo os impactos provocados pela contaminação do material.

No período de testes, tratando 10m³/s, o lodo está provisoriamente depositado em um local especialmente preparado para essa deposição nos dois anos de operação contínua prevista para o sistema. O destino final do lodo ainda depende de estudo específico considerando o tratamento de 50 metros cúbicos por segundo.

4.11 ESTAÇÕES DE TESTES DO SISTEMA DE FLOTAÇÃO

O Sistema de Flotação piloto implantado no rio Pinheiros leva em consideração os dados dos ensaios realizados em amostras de água coletada nesse rio em 2002, monitorados pela CETESB, juntamente com os dados levantados na planta piloto do Projeto Pomar.

Os resultados dos ensaios forneceram os parâmetros de projeto das estações de testes de Pedreira (Figuras 9 e 10) e Zavuvús, que nessa fase apresentam 1/5 da vazão final de projeto, ou seja, 10 m³/s. Na tabela seguinte estão apresentadas as eficiências esperadas de remoção dos parâmetros utilizados nas duas estações de testes

Tabela 7 – Parâmetros de eficiência esperada

PARÂMETRO	EFICIÊNCIA
DQO	70 a 73%
DBO	70 a 75%
Fósforo total	91 a 95%
Sólidos em suspensão	90 a 91%
Turbidez	78 a 80%
Óleos e graxas	90 a 93%
Coliformes fecais	99,9%

Fonte: Dados de campo

Os dados anteriores foram obtidos a partir de unidades experimentais e foram adotados para o projeto os valores do início da faixa definida nos ensaios, estabelecendo desta forma uma margem de segurança para os

resultados das instalações implantadas.

Figura 9: Estação de Flotação Pedreira



Fonte: arquivo pessoal

Figura 10: Sistema de retirada do lodo – EF Pedreira



Fonte: Arquivo pessoal

4.12 QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO PINHEIROS

A legislação vigente estabelece que os parâmetros de qualidade das águas a serem bombeadas para o Reservatório Billings, levando em consideração um corpo d'água classe 2, deverão atender às referências estabelecidas na Resolução CONAMA 357/05, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetros de controle da qualidade de água bombeada

ITEM	VALORES
Fósforo total	< 0,030 mg/LP
Oxigênio dissolvido	> 5,0 mg/l
Cor aparente	< 75 mg Pt/l
Turbidez	< 100 UNT

Fonte: Resolução CONAMA 357/05

As águas do rio Pinheiros, no entanto, sofreram sensível mudança em sua qualidade com o aumento de lançamento de esgotos e com as descargas que passaram a acontecer em determinados pontos do rio.

Entretanto, com relação aos resultados a serem obtidos nas Estações de Flotação, é importante ressaltar que houve uma sensível mudança na qualidade das águas do Rio Pinheiros nos últimos anos, devido ao aumento do volume de esgotos lançados diretamente e também, por outro lado, houve a retirada de parte desses esgotos em função do Projeto de Despoluição do Tietê em andamento pela SABESP. Nesse projeto, foram executadas 332 Km de redes coletoras na Bacia da Billings e também o interceptor IPi 6 ao longo da Marginal Pinheiros que conduz os esgotos para tratamento na ETE de Barueri.

A degradação da qualidade das águas do rio Pinheiros nos anos recentes é comprovada nos dados da CETESB, que têm como referência o ponto de monitoramento localizado na foz desse rio.

O cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) é efetuado pela CETESB através da ponderação da temperatura da amostra; do pH; oxigênio dissolvido; demanda bioquímica de oxigênio; coliformes fecais; nitrogênio total; fósforo total; resíduo total e turbidez. O IQA é definido e avalizado em uma escala de 0 a 100, segundo a graduação de qualidade indicada a seguir na Tabela 9.

Tabela 9 – Graduação da qualidade da água do rio Pinheiros

QUALIDADE	GRADUAÇÃO
Ótima	79 < IQA < 100
Boa	51 < IQA < 79
Regular	36 < IQA < 51
Ruim	19 < IQA < 36
Péssima	IQA < 19

Fonte: CETESB

O Relatório de Qualidade das Águas do Estado de São Paulo, publicado anualmente pela CETESB demonstrou que a medição realizada no período de 2002 a 2006 indicou piora no IQA, passando da graduação média de 16,5 - considerada “péssima” -, obtida no período de 2002 a 2004 para a graduação 14,4 entre 2005 e 2006, ampliando a degradação da água já de qualidade péssima em mais de 10%.

O menor valor obtido aconteceu em 2006 (14,2), indicando que a tendência de piora da qualidade das águas do rio Pinheiros somente poderia ser revertida com o encaminhamento definitivo da carga de esgotos para a Estação de tratamento de Barueri, como descrito anteriormente.

Vale salientar que, em 2007 entrou em operação o Interceptor Ipi 6, construído ao longo da marginal Pinheiros, dentro do Programa de Despoluição do Rio Tietê em desenvolvimento pela SABESP (que será descrito a seguir). Este interceptor coleta os esgotos provenientes da Bacia da Billings, para encaminhamento dos mesmos até a estação de tratamento de esgotos de Barueri.

4.13 PROJETO TIETÊ

É importante destacar o trabalho da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) com o Projeto Tietê, um dos maiores programas de saneamento ambiental do Brasil. O objetivo desse programa é coletar e tratar os esgotos da Região Metropolitana de São Paulo, o que representa uma população de cerca de 18 milhões de pessoas. Com isto, pretende-se melhorar as condições ambientais e de saúde pública da região.

O rio Tietê tem importância histórica, social e econômica para São Paulo e o Brasil. A própria exploração do território brasileiro está vinculada a esse grande rio. Indubitavelmente, o rio Tietê está vinculado ao passado, ao presente e de suas condições depende o futuro não apenas de São Paulo, mas de uma parte significativa do Brasil.

Em um período relativamente recente, o rio Tietê era aproveitado, no seu trecho que corta a região metropolitana, para práticas esportivas e recreação.

No passado, eram comuns práticas esportivas, provas de remos e o aproveitamento das margens como áreas de lazer. Hoje, tais atividades são impraticáveis e certamente não encontraremos peixes em suas águas, mesmo após as intervenções do projeto.



Figura 11: Regatas no Tietê

Porém, com o trabalho desenvolvido desde 1992, foi possível construir estações que recebem os esgotos coletados e devolvem os efluentes tratados ao meio ambiente. Os benefícios foram notados no Interior do

Estado, a partir da redução da mancha poluidora e o retorno da pesca nestas regiões, o que indica a importância das obras de saneamento ao desenvolvimento econômico e social.

Um movimento em prol da despoluição do rio Tietê aconteceu em 1992, representado por uma manifestação popular incentivada pela Rádio Eldorado e o Jornal da Tarde, que resultou em um documento com mais de um milhão e duzentas mil assinaturas a favor da despoluição do rio. O programa foi impulsionado com as contratações efetuadas pelo governo estadual e a SABESP ficou responsável pela coordenação e execução das principais obras do sistema de coleta e tratamento de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo.

A primeira fase do Projeto Tietê foi realizada entre 1994 e 1998. Com investimentos de US\$ 1,1 bilhão foram inauguradas 3 novas estações de tratamento de esgotos: São Miguel, ABC e Parque Novo Mundo. Além disso, a SABESP ampliou a capacidade de tratamento da Estação de Barueri de 7 para 9,5 mil litros de esgotos tratados por segundo. Foram construídos também 1.500 quilômetros de redes coletoras, 315 quilômetros de coletores – tronco (Figura13), 37 quilômetros de interceptores (Figura12) e mais 250 mil ligações domiciliares. A melhoria da qualidade de vida da população dos municípios próximos ao Rio Tietê é visível. Os moradores de Salto e Itu, por exemplo, passaram a ver peixes no trecho do rio que corta suas cidades.

Figura 12 – Interceptor Iti 06



Fonte: SABESP (2002)

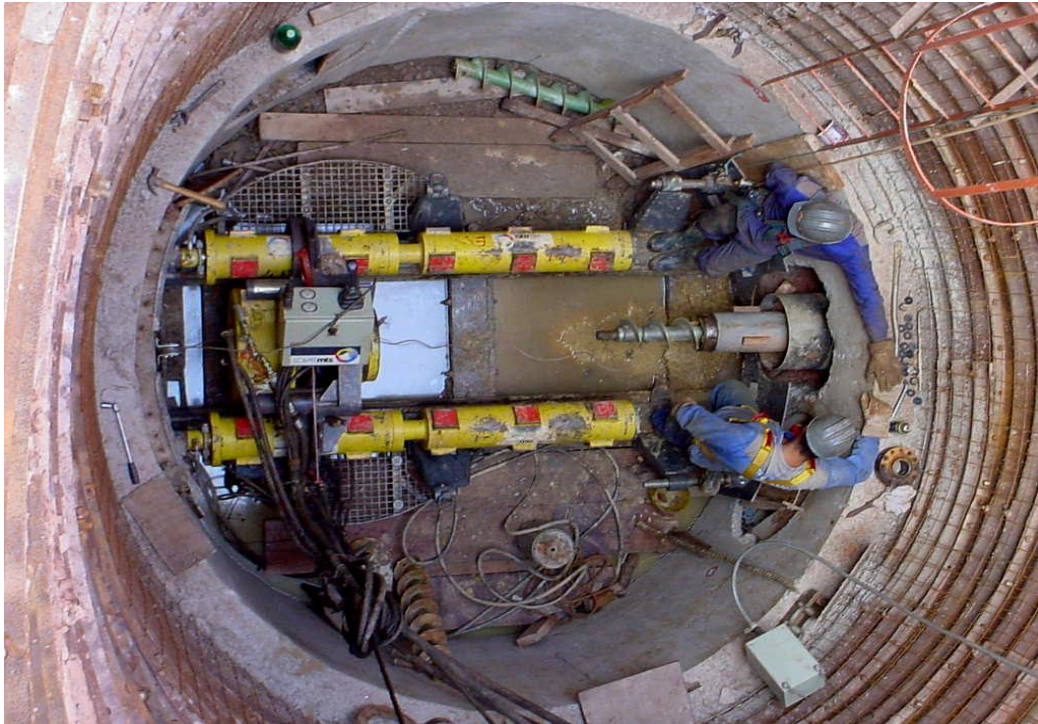
A fase seguinte, chamada 2ª Etapa do Projeto Tietê, envolveu a ampliação da captação dos esgotos e o aumento do índice de tratamento dos mesmos, impedindo que centenas de milhões de litros de esgotos fossem lançados sem tratamento, diretamente nos rios

Essa segunda etapa iniciou em 2002 e compreendeu a ampliação dos índices de coleta de esgotos de 80% para 84% e o tratamento de 62% para 68%, retirando cerca de 350 milhões de litros de esgotos dos rios. Os benefícios esperados envolveram melhorias na saúde pública e na qualidade de vida da população, além da redução de 40 km da mancha crítica de poluição na Bacia Médio Tietê. Durante a segunda fase foram executadas as seguintes obras:

- 36 quilômetros de interceptores;
- 110 quilômetros de coletores - tronco;
- 1,2 mil quilômetros de redes coletoras;

- 290 mil ligações domiciliares de esgotos;
- Transferência dos esgotos da região da Billings para o Sistema Barueri

Figura 13 – Coletor tronco Aterrado

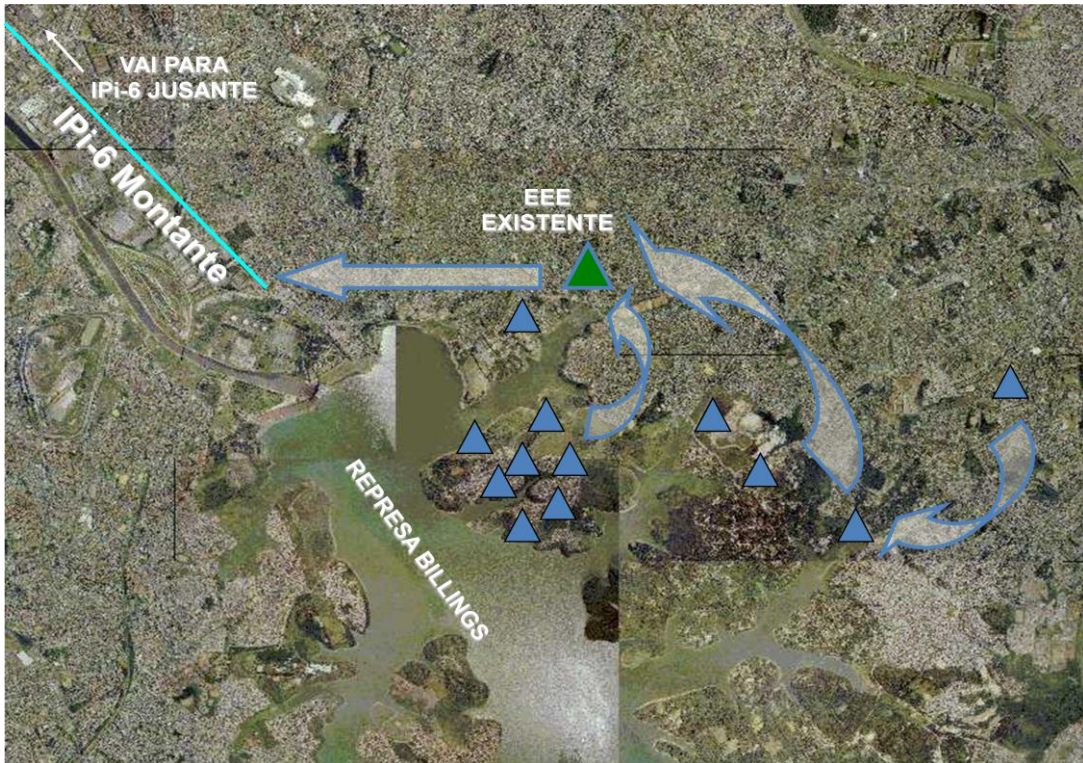


Fonte: Consórcio Tietê (2006)

Os trabalhos executados foram concentrados principalmente na bacia do Rio Pinheiros, visando a coleta e encaminhamento dos esgotos para tratamento.

As Figuras 14 e 15 mostram o sistema de afastamento de esgotos que foi implantado na 2ª Etapa do Projeto Tietê, nas duas margens da represa Billings.

Figura 14: Transposição de esgotos para Barueri – Margem Direita



Fonte: SABESP

Figura 15: Transposição de esgotos para Barueri – Margem Esquerda



Fonte: SABESP

Atualmente, a 2ª Etapa do Projeto de Despoluição do Tietê encontra-se encerrada. Entretanto, para que haja diminuição efetiva na poluição do rio Tietê, serão necessários investimentos contínuos e ininterruptos na expansão dos serviços de coleta e tratamento de esgotos, sempre com o objetivo de complementar o sistema de esgotamento sanitário, acompanhar o crescimento populacional e melhorar as condições ambientais e sanitárias da região.

Assim, dando prosseguimento ao programa, a SABESP deverá iniciar em 2009, a 3ª Etapa do Programa de Despoluição do Rio Tietê, que terá por objetivo final contribuir para a recuperação da qualidade da água da bacia do Rio Tietê, através da ampliação do nível de coleta e tratamento de esgotos na Região Metropolitana de São Paulo.

O programa abrangerá, em essência, a realização no período de 6 anos, de 2009 a 2015, de obras da coleta de esgotos (redes coletoras e ligações domiciliares), de obras de afastamento e condução dos esgotos para o tratamento (coletores - tronco e interceptores), bem como de obras de Estações de Tratamento de Esgotos, não só do Sistema Integrado de Esgotos da R.M.S.P., como também de diversos sistemas isolados da mesma região.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este trabalho é fundamentado em informações provenientes de dados secundários, coletados ao longo de 22 de agosto de 2007 a 31 de maio de 2008, que reflete o período de funcionamento das estações de flotação.

Foram considerados pontos de amostragem convencionais do programa de monitoramento da qualidade da água, supervisionados pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) da Universidade de São Paulo, e também dados gerados pelo monitoramento em tempo real efetuado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e pela Companhia de Tecnologia Ambiental (CETESB), em determinados locais previamente estabelecidos, da bacia hidrográfica que abastece os reservatórios Billings e Guarapiranga.

Com base nos itens acima, foram efetuadas duas análises distintas: uma referente à eficiência do sistema de flotação no tratamento da água no rio e outra referente ao impacto do bombeamento na qualidade da água do reservatório Billings, ambas visando a utilização deste reservatório para outros usos, conforme citado anteriormente nos objetivos.

5.2. PARÂMETROS AVALIADOS

Para analisar a eficiência das unidades de flotação, foram escolhidos parâmetros voltados aos aspectos operacionais e ambientais, aqueles que indicam se as unidades de tratamento estão trabalhando em regime e os que fornecem elementos para verificar os níveis de poluição da água tratada. Os parâmetros operacionais são: cor; pH, ferro, OD e turbidez (Tab.10) e os que indicam a poluição são: DBO; DQO; fósforo total e N-NH₃ (Tabela 11).

Tabela 10 – Parâmetros operacionais

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO
Cor	Embora seja um importante parâmetro estético, o fato de se utilizar sais de ferro no tratamento, a determinação desse parâmetro possibilita um controle visual do processo. Sua remoção por flotação não é indicada pelo fato de que a cor verdadeira deve-se a presença de material em solução, não removível por esse processo unitário.
pH	Parâmetro operacional fundamental em qualquer tipo de tratamento, notadamente nos físicos e químicos onde os processos de coagulação ocorrem em faixas que são típicas a cada coagulante.
Ferro	A presença do ferro nas águas naturais é bastante freqüente. Sua inclusão na determinação da performance do sistema de flotação se deve ao fato de que as estações empregam sais desse metal como coagulante.
Oxigênio dissolvido	Parâmetro extremamente importante, particularmente no caso em análise onde se espera que a insuflação de ar no sistema de flotação possa garantir sua presença na água que, após tratamento, é revertida para o reservatório Billings.
Turbidez	Parâmetro estético e sanitário da maior importância. No sistema estudado, seu acompanhamento é imprescindível, uma vez que flotação é particularmente recomendada para materiais em suspensão, responsáveis pela turbidez.

Fonte: Elaboração própria

Tabela 11 – Parâmetros ambientais

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO
Demanda bioquímica de oxigênio	A decisão da inclusão da DBO como parâmetro de controle operacional se deve a necessidade da constatação prática de sua possibilidade de remoção por flotação e também ao fato de que o corpo receptor do efluente dos sistemas de flotação é um corpo de água classificado como sendo de classe 2, de acordo com a Resolução Conama 357/05. A demora de sua resposta nos exames laboratoriais não o indicam como sendo prático, embora extremamente importante.
Demanda química de oxigênio	Por ser de determinação mais rápida, seu acompanhamento por vezes é adotado com mais freqüência do que a DBO.
Fósforo total	Pelo fato de ser um macro nutriente, a verificação de sua remoção se mostra muito importante devido a problemas ligados às constantes florações de algas comuns na Billings e na Guarapiranga. Além desse importante aspecto, sabe-se que sua remoção por processos físicos e químicos é alta. Assim sendo, o acompanhamento de sua remoção é obrigatório.
Nitrogênio amoniacal	Também concorre para os problemas de florações de algas, embora não seja o fator limitante, papel reservado ao fósforo. Sua remoção por flotação não é eficiente, entretanto o acompanhamento de sua presença foi recomendada pelo fato de poder ser documentada.

Fonte: Elaboração própria

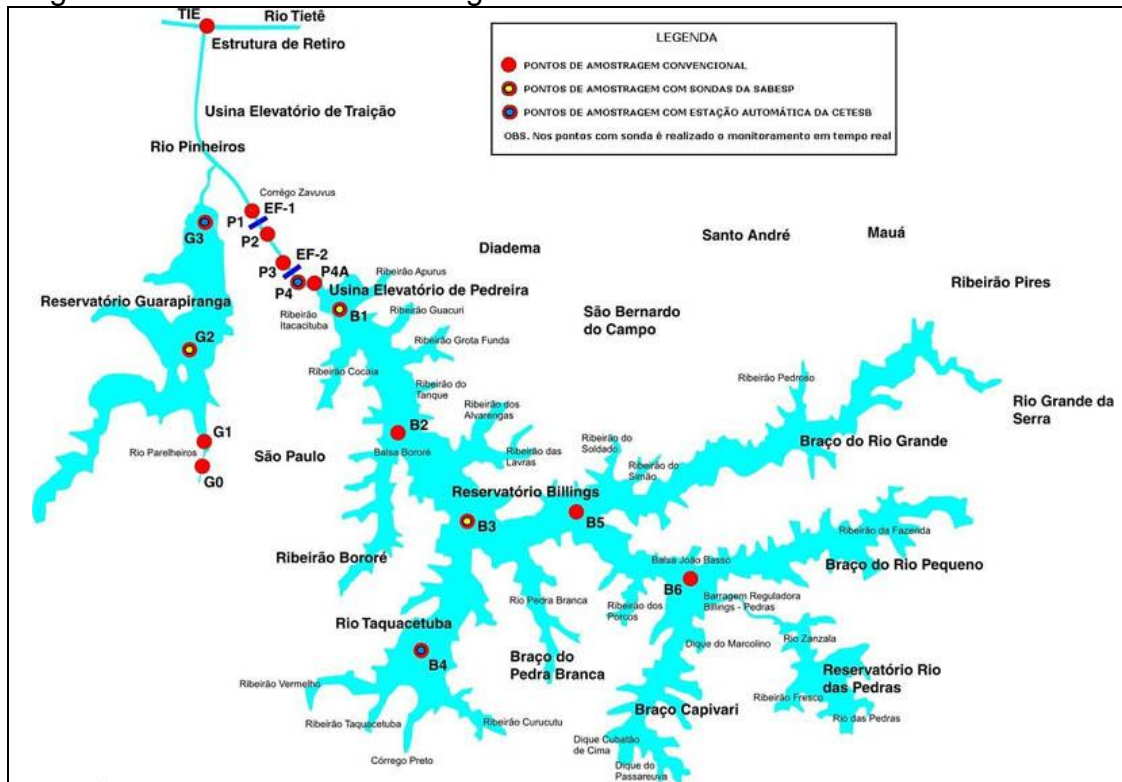
Para a análise da qualidade da água no corpo do reservatório, foram considerados parâmetros ambientais, existentes na Resolução CONAMA 357/05 da legislação vigente, que classifica as águas para diversos usos, conforme explicitado no item 4.8 e também os parâmetros monitorados pelas sondas (SABESP, CETESB e FCTH) que são: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade e turbidez.

5.3. PONTOS DE AMOSTRAGEM, FREQUÊNCIA E METODOLOGIA ANALÍTICA

5.3.1. Pontos de amostragem da água bombeada e do reservatório

Os pontos de amostragem estão apontados na figura seguinte (16), sem escala, no mapa da bacia do rio Pinheiros e dos reservatórios Billings e Guarapiranga. E a descrição destes pontos está na Tabela 12.

Figura 16 – Pontos de Amostragem



Fonte: EMAE (2009)

Tabela 12 – Descrição dos Pontos de Amostragem

PONTOS	DESCRIÇÃO
TIE	Ponto no rio Tietê, a montante e próximo à foz do rio Pinheiros
P1	Pinheiros, a montante da EF1
P2	Pinheiros, a jusante da EF1
P3	Pinheiros, a montante da EF2
P4	Pinheiros, a jusante da EF2
P4A	Pinheiros, na grade de Pedreira
B1	Reservatório Billings, na saída do “anfiteatro”
B2	Reservatório Billings, no corpo central, na direção do Braço Bororé
B3	Reservatório Billings, na direção do Braço Taquacetuba
B4	Reservatório Billings, Braço Taquacetuba, na captação da Sabesp
B5	Reservatório Billings, em frente ao rio Grande
B6	Reservatório Billings, em frente ao rio Pequeno
G0	Canal da dissipadora, antes da várzea do rio Parelheiros (wetland)
G1	Reservatório Guarapiranga, próximo à foz do Rio Parelheiros
G2	Reservatório Guarapiranga, ponto intermediário, no corpo central
G3	Reservatório Guarapiranga, na captação da SABESP

Fonte: EMAE (2009)

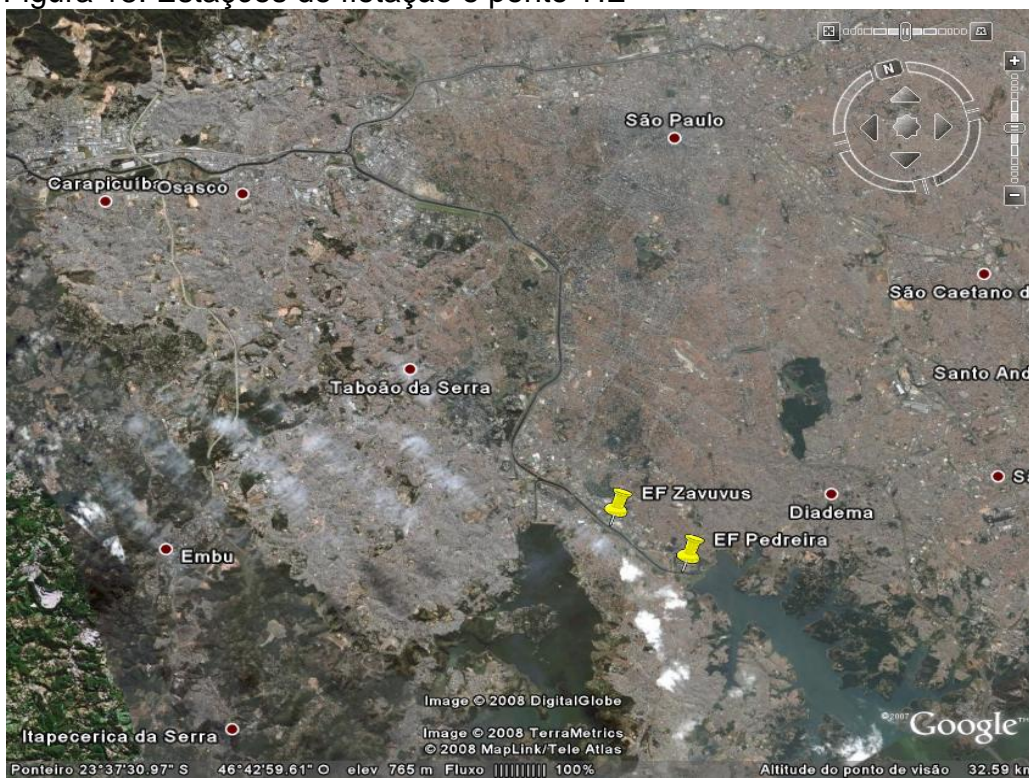
Para a análise da eficiência operacional do sistema de flotação, foram determinados quatro pontos de amostragem no Rio Pinheiros: P1, P2, P3 e P4 (Figura 17), de modo a abranger pontos a montante e a jusante de cada uma das estações de flotação. Sendo os pontos P1, P2 e P3, através de amostragem convencional, supervisionada pelo FCTH e o ponto P4, com coleta de dados pela estação automática da CETESB.

Adicionalmente foi instituído o ponto P4 A, que recebe o despejo das águas utilizadas para resfriamento na Usina Piratininga e é monitorado pelo FCTH.

Figura 17 :Estações de flotação e pontos de coleta



Figura 18: Estações de flotação e ponto TIE



Fonte: Google Earth

Para a análise da qualidade da água no reservatório, as avaliações e o acompanhamento foram baseados nos seguintes dados:

- Programa de monitoramento da qualidade da água, supervisionado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) da Universidade de São Paulo (USP) que inclui os pontos de amostragem convencionais B2, B5, B6, G0 e G1, identificados na Figura 16.
- Monitoramento em tempo real realizado pela CETESB, SABESP e FCTH em sete pontos do sistema, identificados também na Figura 16 e detalhados a seguir:
 - a) Monitoramento CETESB: três pontos (P4, B4 e G3) através de estações automáticas de tipo “*flow through*”, equipadas com sondas multiparâmetro instaladas em abrigo (*container*) próximo do ponto monitorado. Nesse tipo de estação, a água é bombeada do ponto de monitoramento para o abrigo, onde é analisada a intervalos de uma hora pelos sensores instalados na sonda.
 - b) Monitoramento SABESP: três pontos do sistema (B1, B3 e G2), através de estações automáticas de tipo “*in situ*” (bóias) equipadas com sondas multiparâmetro.
 - c) Monitoramento FCTH: um ponto, localizado junto da Barragem de Pedreira (P4-A), através de sonda multiparâmetro, também de tipo “*in situ*”, instalada junto da barragem. Esse ponto foi incluído posteriormente, devido a uma contribuição de despejos proveniente da Usina Termoelétrica Piratininga, a jusante do ponto P4.

Ressalta-se que foi adotada a premissa de que o Ponto TIE (Figura 16) seja representativo da qualidade da água bombeada antes do tratamento (água bruta), porque leva em conta o fato de que, caso o sistema de flotação seja implantado, a principal contribuição para a vazão a ser revertida será a do rio Tietê, principalmente para uma vazão final de 50 m³/s, como previsto. Mesmo para uma vazão de 10 m³/s, que é a vazão de testes, a qualidade da água bombeada resulta principalmente dessa contribuição. E a coleta de dados para este ponto foi efetuada pelo FCTH (amostragem convencional)

Para análise da qualidade da água depois do bombeamento, foi adotado o Ponto P4-A, uma vez que o mesmo situa-se após o sistema de flotação no trajeto entre o P4 e o P4-A a água do canal recebe a contribuição das águas utilizadas para resfriamento da Usina Piratininga (Figura 6), conforme citado anteriormente.

Assim, será possível comparar a qualidade da água da Billings antes e depois de passar pelo sistema de flotação e, com isto, concluir a respeito de sua eficiência e do impacto causado na qualidade da água da represa.

As análises laboratoriais para ambos os casos: eficiência operacional e qualidade da água no reservatório foram efetuadas por um consórcio formado por dois laboratórios certificados: Laboratório Ambiental e Laboratório Ecolabor, a partir de um plano de amostragem com frequência e metodologia previamente definidas (Tabela 13) e sob a supervisão e acompanhamento dos técnicos do FCTH.

Vale mencionar que, além dos eventos de bombeamentos para controle de cheias, por motivos de ajustes e manutenção, o funcionamento do sistema piloto de flotação apresentou uma série de interrupções ao longo do ano de 2008, motivo pelo qual foi fixado o critério de 12 horas mínimas, contínuas ou não, de funcionamento por dia, para os dados analisados no presente trabalho.

Tabela 13 – Pontos de Coleta e frequência de amostragem

PONTOS DE COLETA	DESCRIÇÃO	FREQUÊNCIA
TIE (1)	Rio Tietê, próximo à foz do rio Pinheiros	Contínuo
P1	Montante da EF Zavuvús	Diária
P2	Jusante da EF Zazuvús	Semanal
P3	Montante da EF Pedreira	Semanal
P4	Jusante da EF Pedreira	Diária
P4A (1)	Junto às grades da elevatória Pedreira	Contínuo
B1	Reservatório Billings, na saída do “anfiteatro”	Contínuo
B2	Reservatório Billings, no corpo central, na direção do Braço Bororé	Semanal
B3	Reservatório Billings, na direção do Braço Taquacetuba	Contínuo
B4	Reservatório Billings, Braço Taquacetuba, na captação da Sabesp	Contínuo

LEGENDA:

(1) Sonda instalada e monitorada pelo FCTH

Fonte: Elaboração própria

Os parâmetros com frequências diária e semanal, tanto quanto os contínuos têm o objetivo de permitir uma análise a respeito da evolução da qualidade da água nos diversos pontos de amostragem durante o período de testes, visando, com isto, obter uma avaliação consistente em relação à confiabilidade do sistema de flotação.

A coleta das amostras, assim como os ensaios laboratoriais obedeceram às prescrições estabelecidas na 21ª edição do “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Padrões para Exame de Água e Água Servida), de 2005. As prescrições desse Método são adotadas pela SABESP, CETESB, FCTH, Inmetro, dentre outras entidades.

Os métodos analíticos utilizados para o exame desses parâmetros são apresentados na Tabela 14, a seguir:

Tabela 14 – Métodos para exame da água

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO
Cor	Número do método: 2120 C. Título: Método Colorimétrico de Comprimento de Onda Único. Descrição: Color – Spectrofotometric Single Wavelength.
pH	Número do método: 4500 -H-B. Título: Método Titulométrico. Descrição: Nitrogen (Ammonia) – Titrimetric Method.
Ferro	Número do método: 3111 C. Título: Espectrofotometria de Absorção Atômica em Chama de Ar-Acetileno após Digestão. Descrição: Metals by Flame Atomic Absorption Spectrofotometry – Extraction / Air Acetylene Flame Method.
Oxigênio dissolvido	Número do método: 4500 –OG. Título: Método Eletrométrico. Descrição: Oxygen (Dissolved) – Membrane Electrode Method.
Turbidez	Número do método: 2130 B. Título: Método Nefelométrico. Descrição: Turbidity –Nephelometric Method.
DBO	Número do método: 5210 B. Título: Método da Diluição e Incubação, 5 dias, 20 ° C. Descrição: Biochemical Oxygen Demand – 5 day BOD Test.
DQO	Número do método: 5220 D Título: Método Colorimétrico após Refluxo Fechado. Descrição: Chemical Oxygen Demand – Close Reflux, Colorimetric Method.
Fósforo total	Número do método: 4500 -P.B e E. Título: Método Colorimétrico do Ácido Ascórbico. Descrição: Phosphorus – Ascorbic Acid Method.
Nitrogênio amoniacal	Número do método: 4500 -NH3 B e C. Título: Método Titulométrico Após Destilação Prévia. Descrição: Nitrogen (Ammonia) – Titrimetric Method (with preliminary distillation step).

Fonte: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

5.3.2. Pontos de amostragem no rio Pinheiros: Projeto Tietê

Diversos pontos nos rios Pinheiros, Tietê e também em seus afluentes têm sido monitorados pela SABESP, no intuito de avaliar a qualidade das águas nestes rios, ao longo do período de implantação do Projeto Tietê.

Considerando somente a qualidade da água no rio Pinheiros, foram adotados para este trabalho, os dados de monitoramento provenientes de quatro pontos neste rio, sendo um coincidente com um ponto da CETESB, situado da estrutura de Retiro (PI 01), outro junto à elevatória de Traição (PI

03) e dois outros intermediários, situados nos cursos inferior (PI 02) e superior (PI 03), conforme localização detalhada a seguir, na Tabela 15.

Tabela 15: Pontos de coleta rio Pinheiros

PONTOS DE COLETA	DESCRIÇÃO
PI 01	Estrutura de Retiro
PI 02	Ponte Cidade Universitária
PI 03	Estação Elevatória de Traição
PI 04	Ponte João Dias

Fonte: Relatório Estática (2009)

Até o presente momento foram realizadas 14 campanhas de monitoramento, que tiveram início em 2002, sendo que a última campanha foi realizada em julho de 2008.

As análises foram efetuadas em dois períodos distintos: na estiagem, que representa a situação mais crítica em termos de degradação da qualidade da água e redução da capacidade de autodepuração do sistema hídrico e período chuvoso aonde as vazões atingem valores mais elevados, e o corpo hídrico apresenta maior poder de diluição e elevação da concentração de oxigênio dissolvido (OD).

Ressalta-se que este monitoramento da SABESP teve início em 2002 e ainda continua em andamento, uma vez que a 3ª Etapa do Projeto Tietê deverá ter início ainda em 2009.

Os parâmetros avaliados são os mesmo descritos no item 5.2, além de sólidos dissolvidos totais e coliformes (totais e fecais).

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 PERÍODO DE OBSERVAÇÃO E CRITÉRIO DE SELEÇÃO DOS DADOS

O período de observação das estações considerado na presente análise foi de 22 de agosto de 2007 a 31 de maio de 2008. Entretanto, pelo fato de que nesse período ocorreram vários episódios de chuva e inúmeras paradas das instalações de flotação por motivos de manutenção e de ajustes, foi necessária a instituição de um critério para eleição dos dados significativos. Esse critério consistiu na escolha dos dados de laboratórios referentes a coletas efetuadas em dias nos quais as estações de flotação operaram durante, pelo menos, 50% do tempo, o que levou à restrição do período de análise de 27 de setembro de 2007 a 31 de maio de 2008, aonde os dados são apresentados acumulativamente.

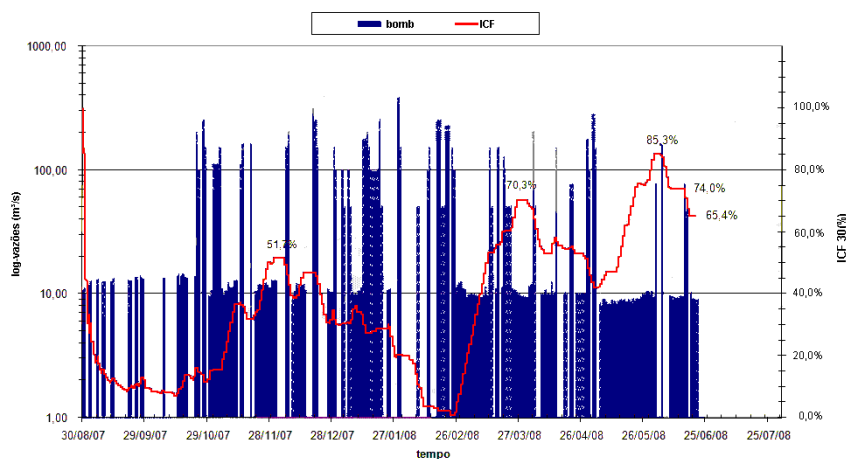
Conforme descrito anteriormente, em todo o período avaliado, as sessões de bombeamento aconteceram intermitentemente, incluindo: os bombeamentos para os testes (com vazão em torno de 10 metros cúbicos por segundo, que é a capacidade do sistema piloto de flotação) e os bombeamentos para controle de cheias (ocasiões em que o sistema de flotação é paralisado, em razão das vazões bombeadas para controle de cheias apresentarem, de maneira geral, vazões muito superiores a 10 m³/s).

Para efeito de se estabelecer um critério objetivo de julgamento sobre o que seria um estado de operação contínua do sistema, foi definido um indicador de continuidade de funcionamento do sistema, denominado Índice de Continuidade da Flotação (ICF), que corresponde à porcentagem de tempo em que o sistema se mantém em operação contínua, em períodos de 30 dias consecutivos.

As vazões bombeadas durante este período de testes são mostradas na Figura 19, em um gráfico que representa o andamento, com os valores do ICF e com vazão de bombeamento para os testes em torno de 10m³/s.

Desta forma, os períodos em que o valor é próximo de 10m³/s indicam que o teste de flotação estava ativo e, nos períodos em que os valores estão significativamente superiores a 10m³/s, o bombeamento era realizado para controle das cheias e os testes estavam inativos, ou seja, a flotação estava inoperante.

Figura 19: Vazões bombeadas e continuidade da flotação



Constata-se, através do gráfico do ICF, uma acentuada melhora no índice de continuidade dos testes a partir do mês de março, com um valor máximo de 85,3% atingido no início de junho. O bombeamento ininterrupto de 10m³/s, caso a flotação se mantenha em funcionamento, resulta em um volume bombeado de 26 milhões de metros cúbicos de água em um mês em direção ao Reservatório Billings, o que representa aproximadamente 4% do volume armazenado nesse reservatório.

6.2 QUALIDADE DA ÁGUA BOMBEADA

A qualidade da água que está sendo bombeada para a Billings, está, de fato, representada no Ponto P4-A, conforme citado anteriormente, devido à descarga das águas de resfriamento da Usina Piratininga caracterizadas, principalmente, por temperaturas relativamente altas e pela presença de espumas, e ainda por algumas outras descargas canalizadas naquela sub-bacia de drenagem. Portanto, este é o ponto de maior importância para avaliação dos riscos de contaminação decorrentes do bombeamento dos testes.

Os dados das planilhas apresentadas como anexo foram tratados estatisticamente. Numa primeira abordagem, foram calculados os parâmetros da Estatística Descritiva, ou seja: média amostral, desvio padrão, valor maior, valor menor, amplitude e número de dados.

A análise usada consiste na aplicação do Teste t de Significância para Comparação de Médias. As médias amostrais, mais e menos um desvio padrão por ponto de coleta, foram calculadas e plotadas em gráficos.

Assim, os resultados do monitoramento entre os pontos TIE, que representa a água não tratada, o ponto P4, que representa a eficiência da flotação e o ponto P4 A, que recebe a descarga das águas da Usina estão representados a seguir.

Figura 20: Variação da cor (médias)

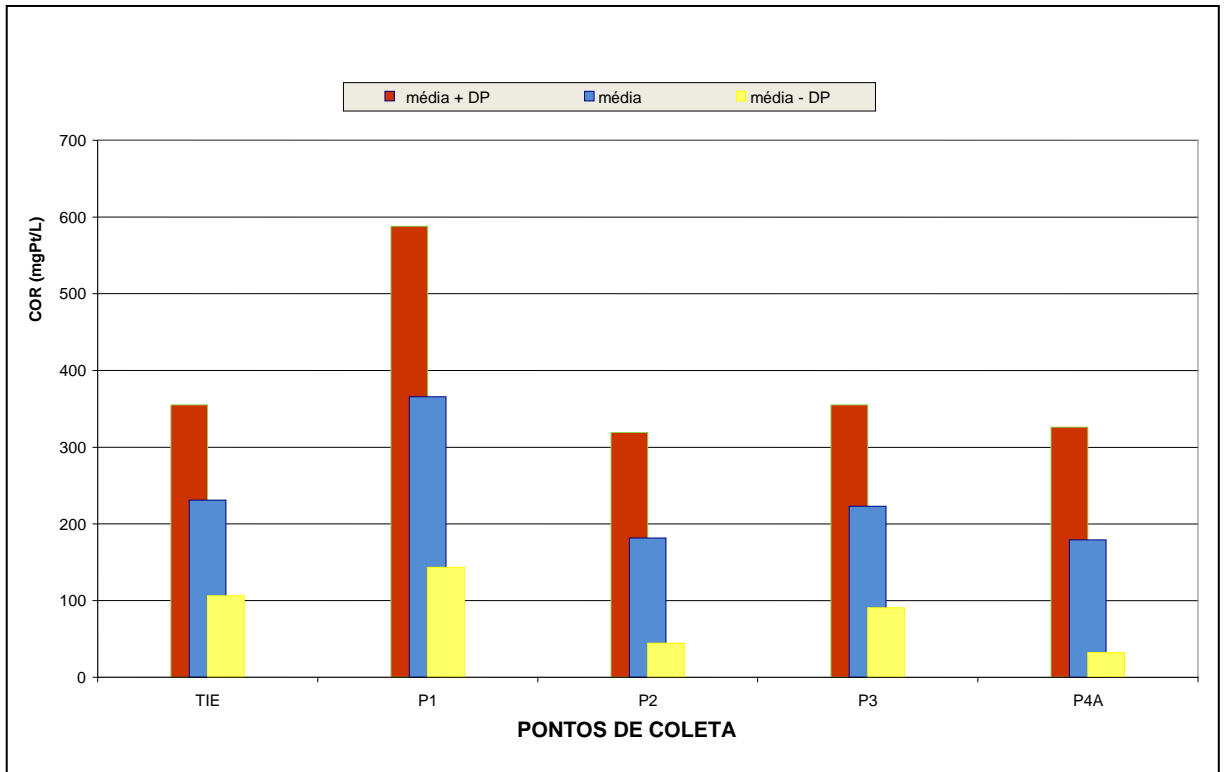


Figura 21: Variação do pH (médias)

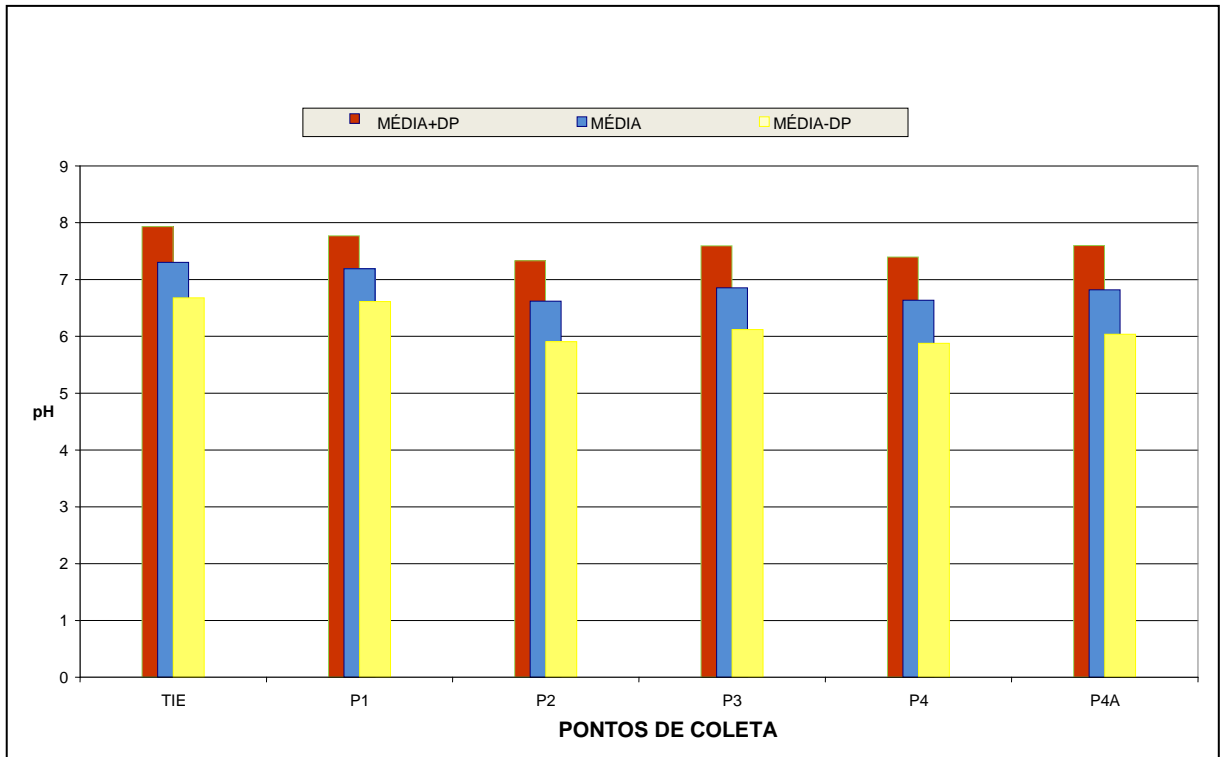


Figura 22: Variação do ferro (médias)

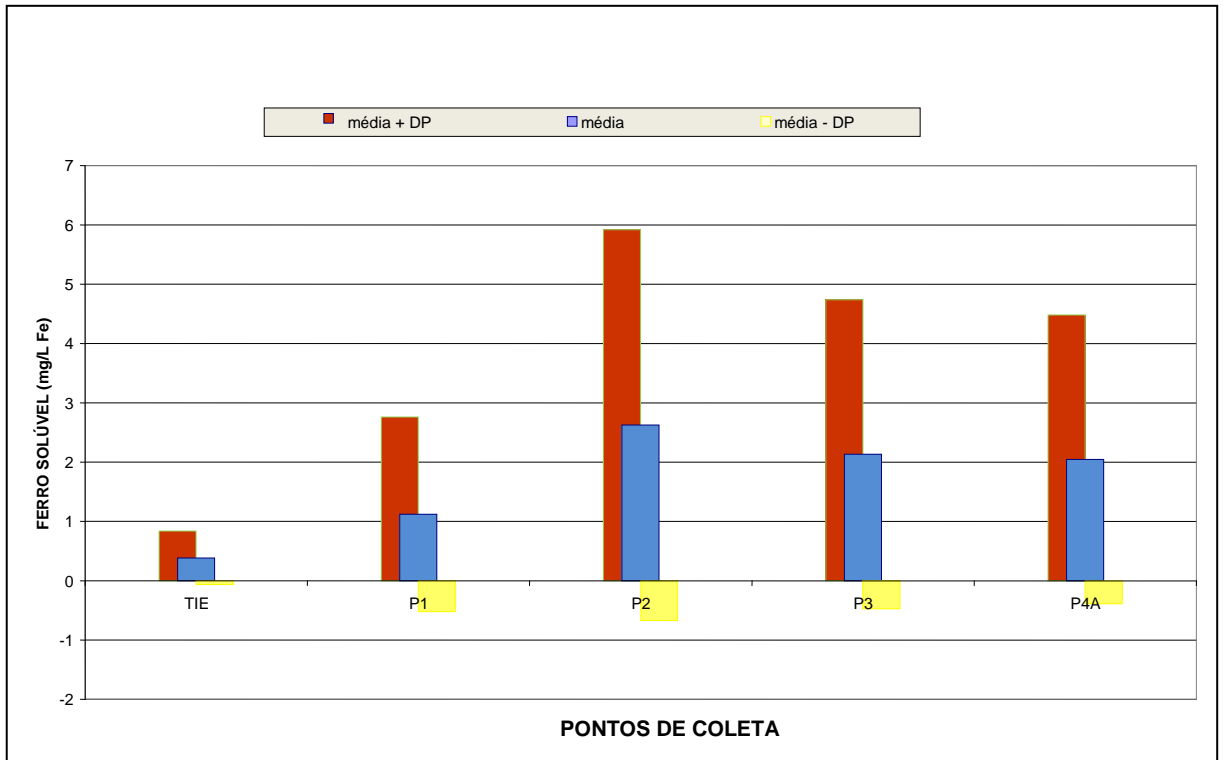


Figura 23: Variação do oxigênio dissolvido (médias)

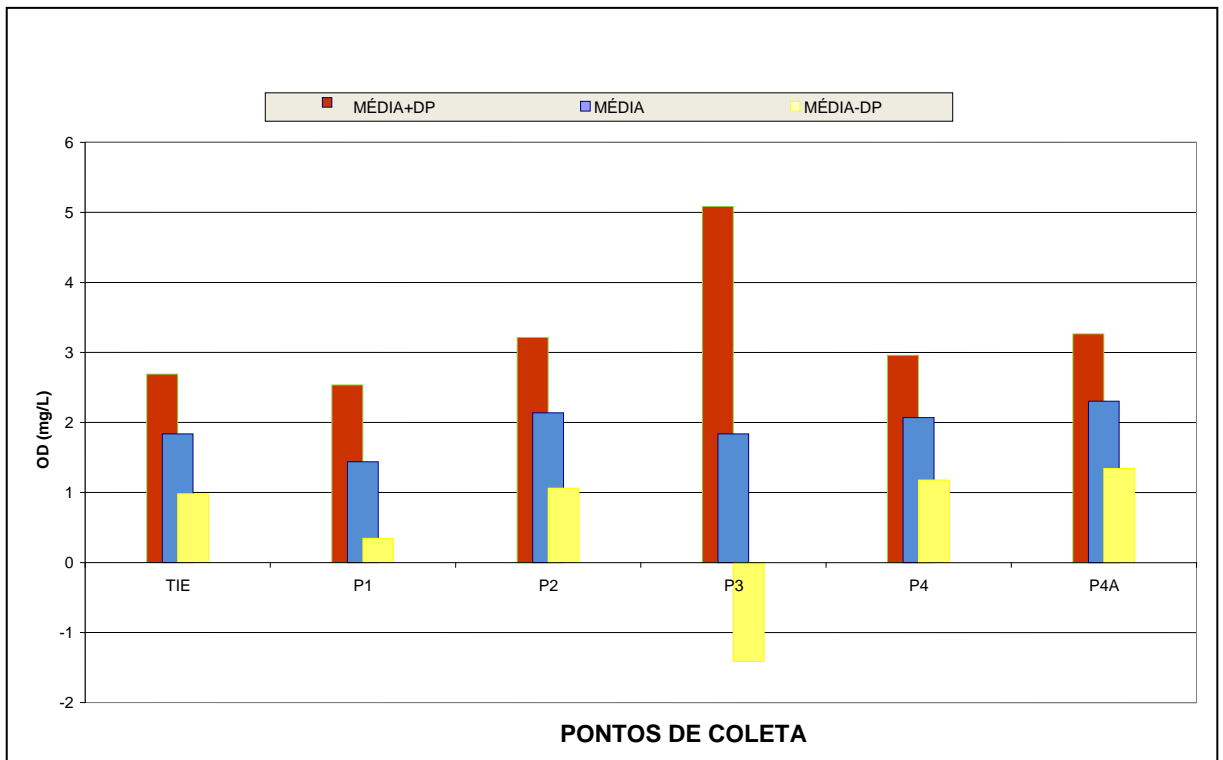


Figura 24: Variação da turbidez (médias)

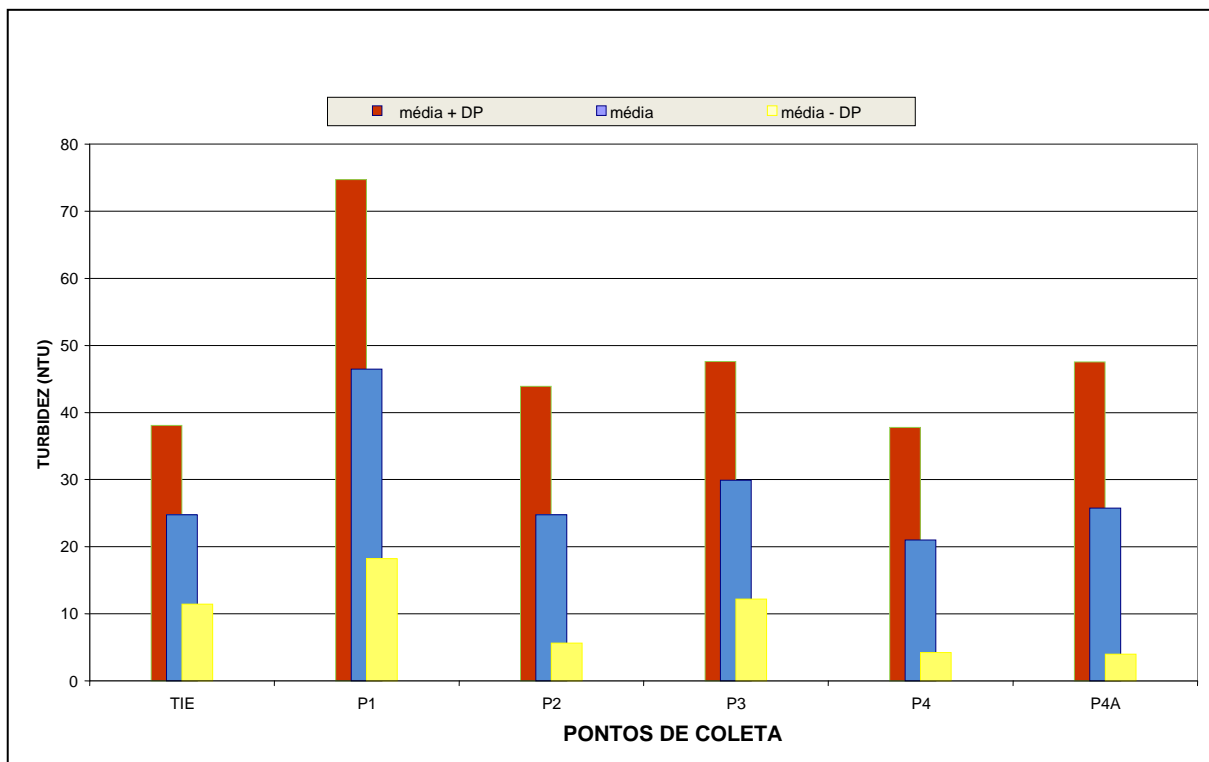


Figura 25: Variação da DBO (médias)

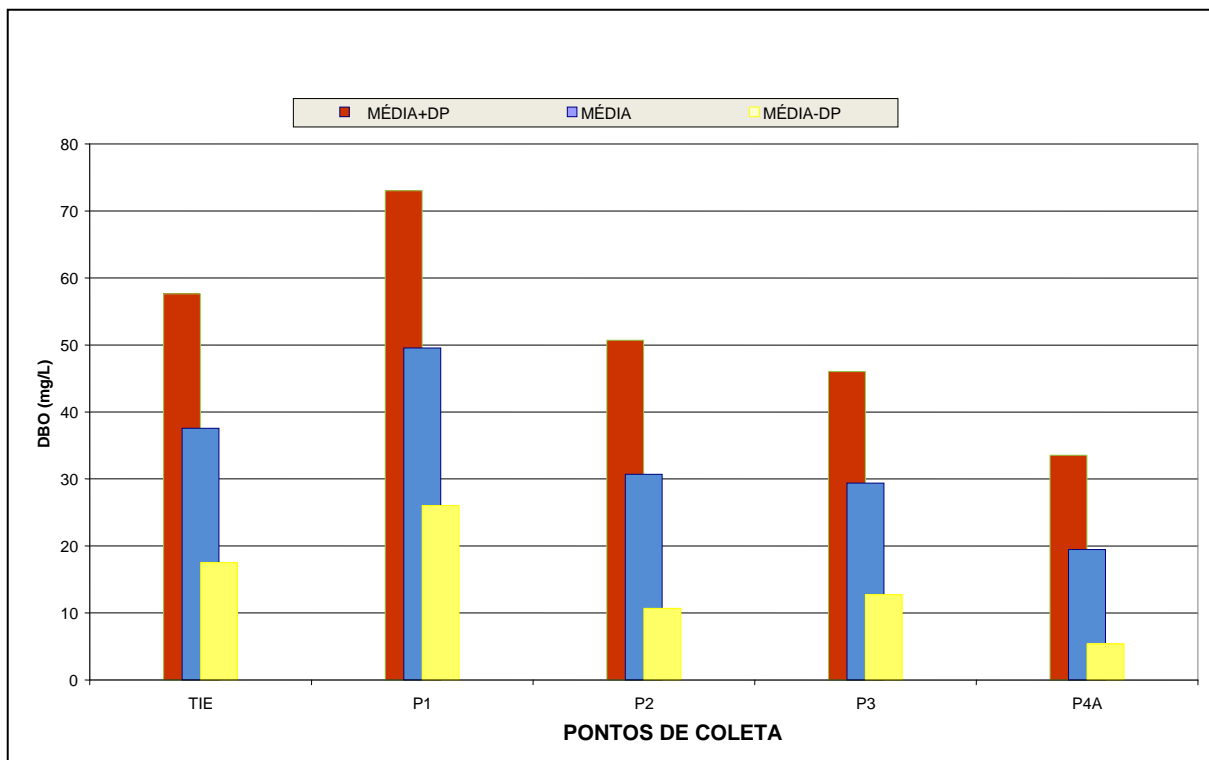


Figura 26: Variação da DQO (médias)

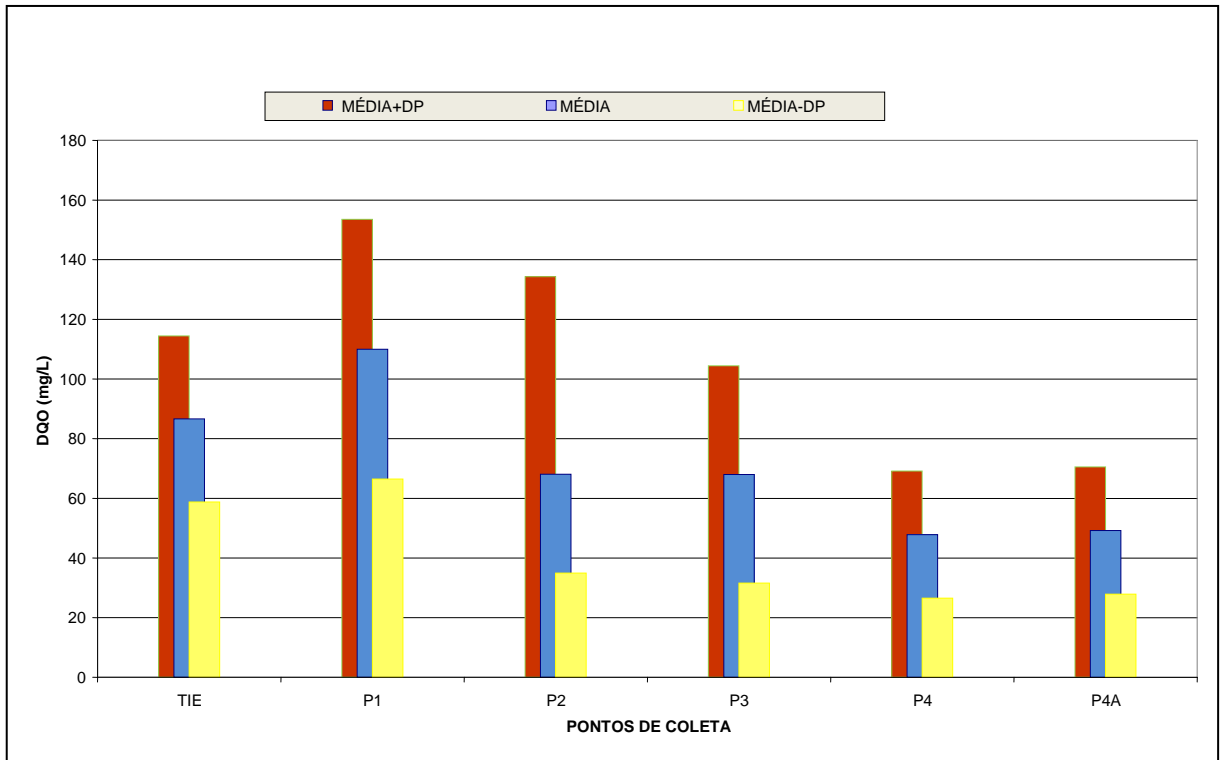


Figura 27: Variação do fósforo total (médias)

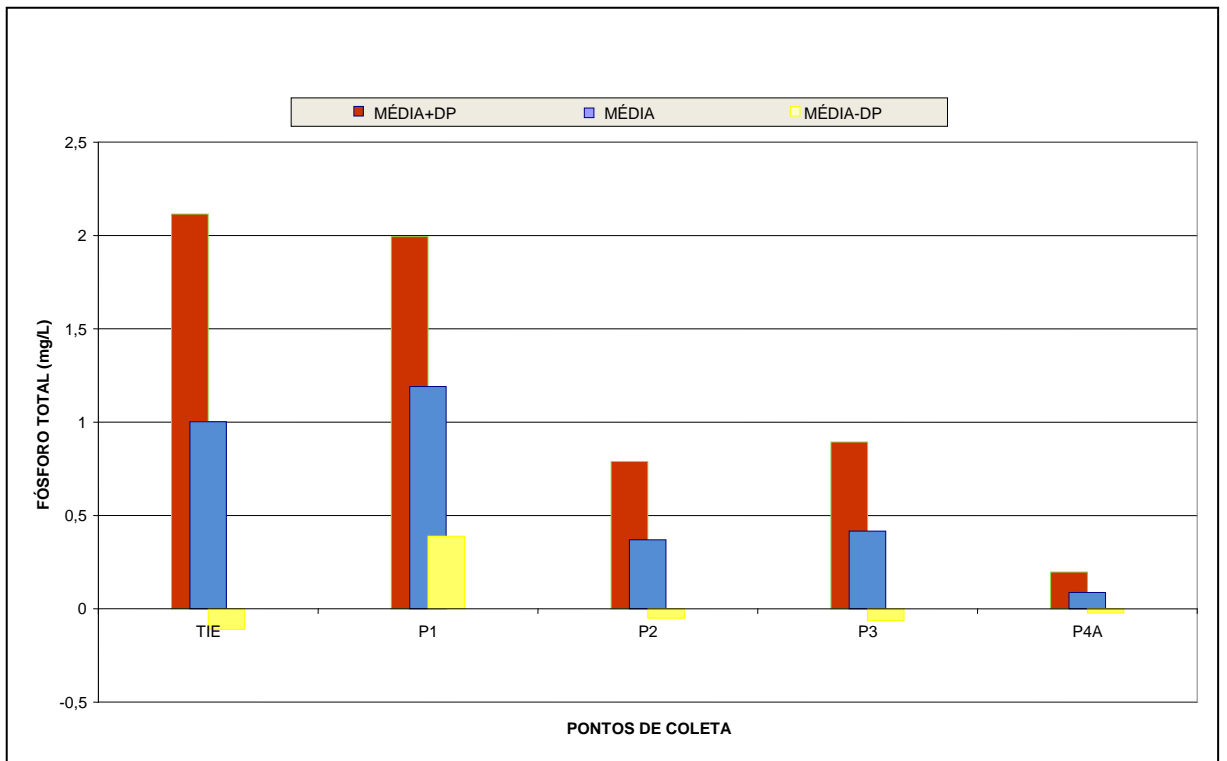
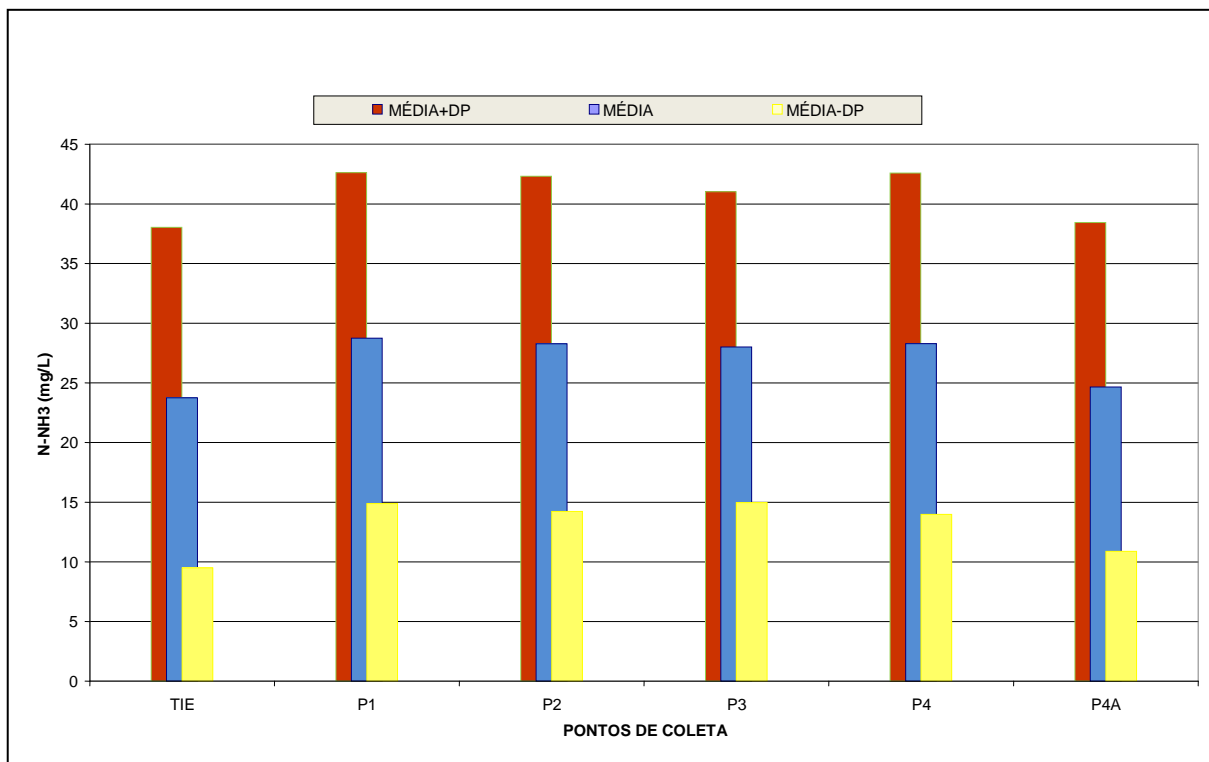


Figura 28: Variação do nitrogênio amoniacal (médias)



Os resultados obtidos, especificamente aqueles indicados nos gráficos de médias e desvios padrão, apontam as seguintes tendências de evolução, ao longo do trecho

- Cor: os números mostram uma tendência de queda no trecho entre P1 e P2, de um patamar de 350 UC para um patamar de 200 UC, o que pode ser interpretado como efeito do tratamento na Estação Zavuvus ((EF1).
- pH: não há tendência significativa no trecho, mantendo-se em um patamar em torno de 7.
- Ferro: tendência de aumento, de um patamar de 0,5 mg/L em TIE para 2,5 mg/L em P2, mantendo-se daí em diante nesse patamar. Essa tendência pode ser devida ao uso de coagulantes a base de sais de ferro no tratamento.

- OD: leve tendência de aumento a partir de TIE, mas sem atingir valores médios muito superiores a 2,0 mg/L.
- Turbidez: tendência de redução, de um patamar superior a 40 UNT em P1 para um patamar de 25 UNT em P2 e 20 UNT em P4, o que pode ser considerado, da mesma forma que no caso da cor, um efeito do tratamento.
- DBO: tendência de queda, de um patamar de 50 mg/L em P1 para 30 mg/L em P2, e desse patamar para 20 mg/L em P4, provavelmente, também, como resultado do tratamento, ou mais especificamente, como resultado da remoção de material particulado, que contém a parcela da DBO insolúvel. O residual de 20 mg/L será objeto de estudo do EIA Rima, em elaboração.
- DQO: segue a tendência da DBO, ou seja, de queda entre P1 (110 mg/L) até P4 (50 mg/L), pelo mesmo motivo apontado.
- Fósforo total: é o parâmetro para o qual se observa a maior eficiência do sistema, mostrando uma tendência de queda de um patamar de 1,2 mg/L em P1 para um patamar de 0,1 mg/L em P4A, o que significa uma remoção superior a 90%.
- Nitrogênio amoniacal: não apresenta tendência de alteração entre P1 e P4, mostrando apenas uma leve tendência de queda entre P4 e P4A. Ou seja, o tratamento não tem nenhum efeito significativo nesse parâmetro.

A queda entre P4 e P4A, já fora da influência do tratamento, pode ser devida ao aumento na temperatura da água, causada pelas descargas da usina termo-elétrica. Parte do N amoniacal presente se apresenta na forma de amônia livre (gás), que se desprende da água por efeito de um aumento na temperatura.

6.3 QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO PINHEIROS - PROJETO TIETÊ

Os resultados das amostras verificadas no rio Pinheiros ao longo da implantação do Projeto Tietê indicaram o que segue:

- presença de altos teores de fósforo total;
- variações de DBO, atingindo algumas vezes valores acima de 100 mg/L;
- valores praticamente constantes de pH , em torno de 7,0;
- nitrogênio amoniacal variando entre 7,0 e 14,50 mg/L;
- sólidos dissolvidos totais: valores sempre dentro do estabelecido na legislação CONAMA.

Ressalta-se que estes valores de monitoramento são provenientes de pontos situados antes do sistema de flotação e apenas a última campanha (julho/08) foi efetuada após a implantação do tratamento. Além disso, a medição inicial era realizada no rio no sentido do fluxo Pedreira-Retiro, o que foi modificado após a implantação da flotação.

O monitoramento indicou uma redução dos teores de fósforo após 2007, que pode ser atribuída a entrada em operação do interceptor ao longo da marginal Pinheiros (IPI6) que retirou parte da carga poluidora da Billings.

6.4. QUALIDADE DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO

6.4.1. Monitoramento Contínuo - Ponto B1

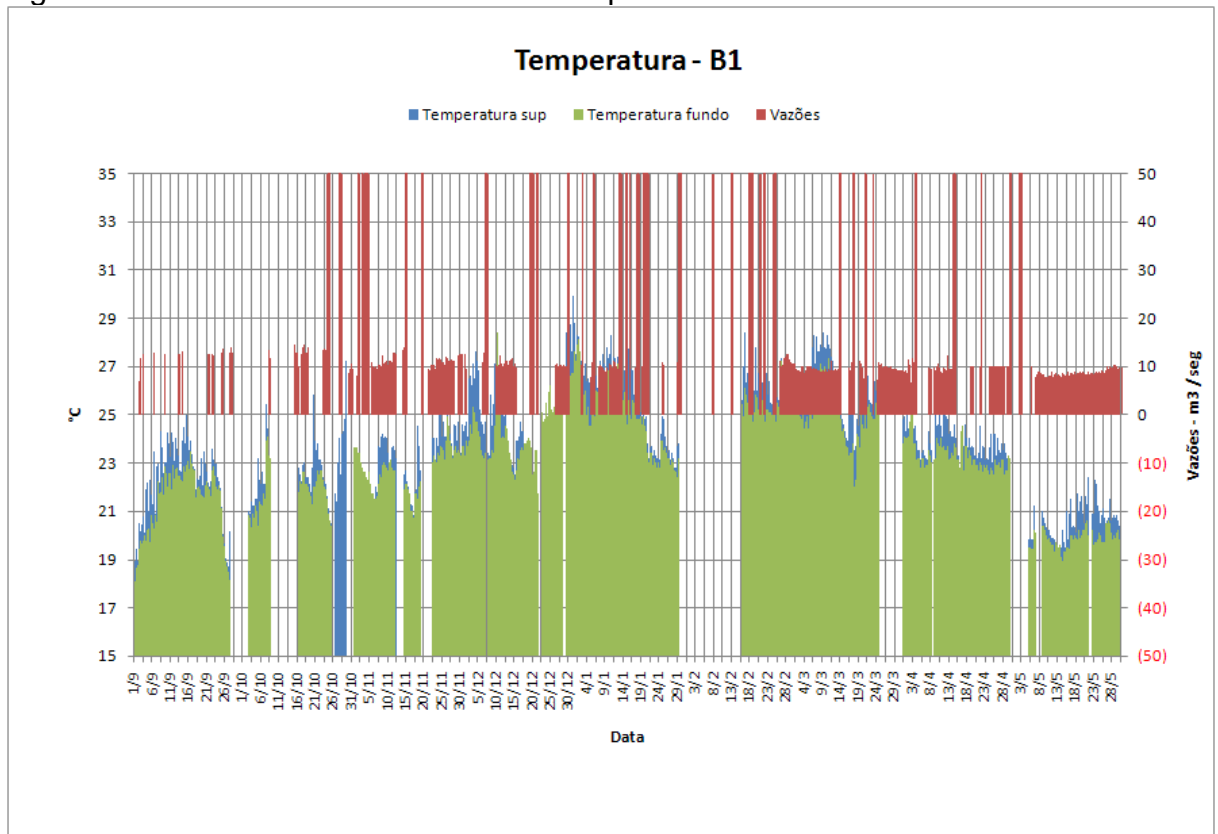
A avaliação da qualidade da água no reservatório considera os dados coletados nos pontos de monitoramento contínuo (B1, B3, B4) do reservatório Billings, e também os dados de amostragem (B2, B5).

O Ponto B1 é o ponto do reservatório mais próximo da entrada da água bombeada e, portanto, aquele onde devem ser sentidos com maior

intensidade os eventuais impactos no reservatório. Em função disso, a análise feita aqui enfoca principalmente esse ponto.

O monitoramento de tipo contínuo no Ponto B1 é feito através de uma sonda operada pela SABESP, gerando dados de meia em meia hora, e também através das amostragens, já descritas. Os parâmetros monitorados pela sonda são: temperatura da água, pH, OD, condutividade, turbidez. Os resultados desse monitoramento são apresentados a seguir.

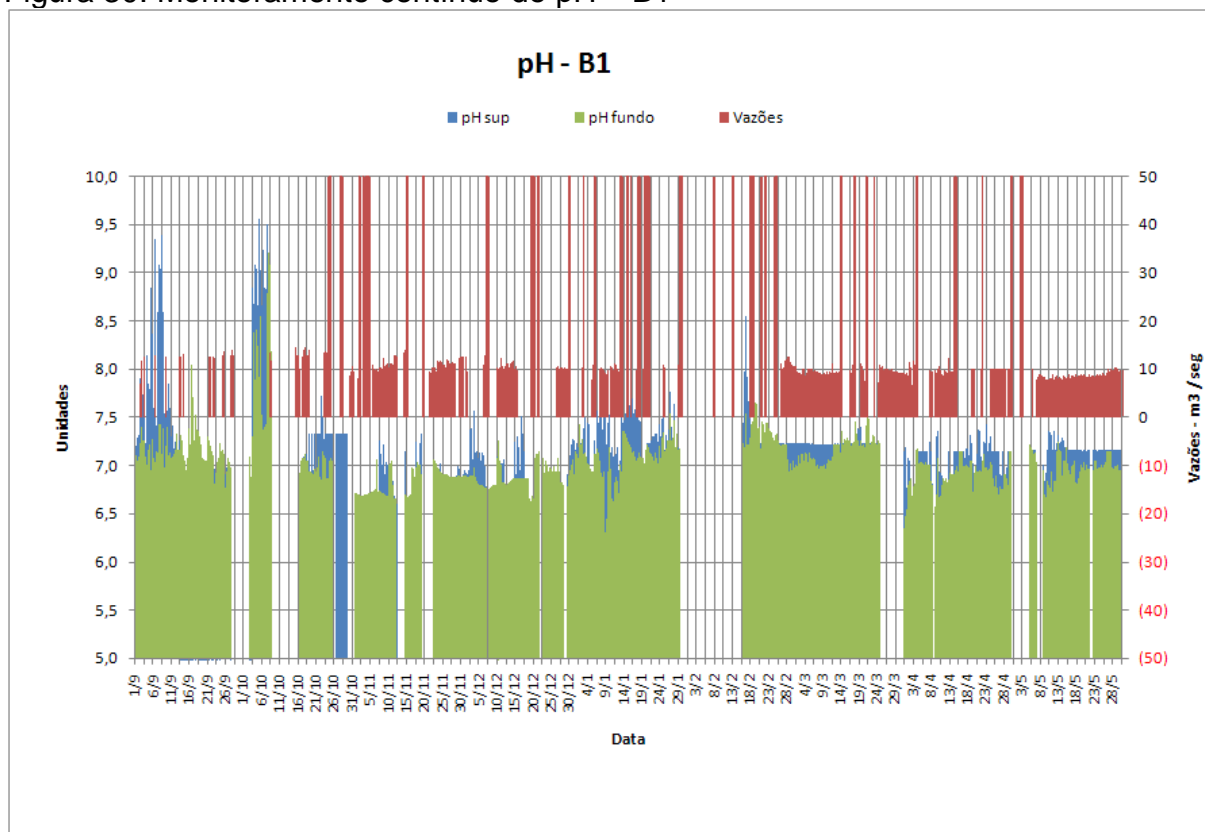
Figura 29: Monitoramento contínuo da temperatura – B1



Pode-se observar, nesse gráfico, uma tendência de aumento na temperatura da água a partir de setembro de 07. Porém, não é possível distinguir exatamente qual seria a influência dos bombeamentos e qual a influência do clima nesse aumento, já que nesse período a temperatura atmosférica média aumenta. Entretanto, considerando a descarga da Usina Piratininga

no ponto P4, pode-se deduzir que é significativa a influência das altas temperaturas observadas na água bombeada, que por sua vez estão fortemente afetadas pelas descargas de água quente da Usina Termoelétrica Piratininga.

Figura 30: Monitoramento contínuo do pH – B1

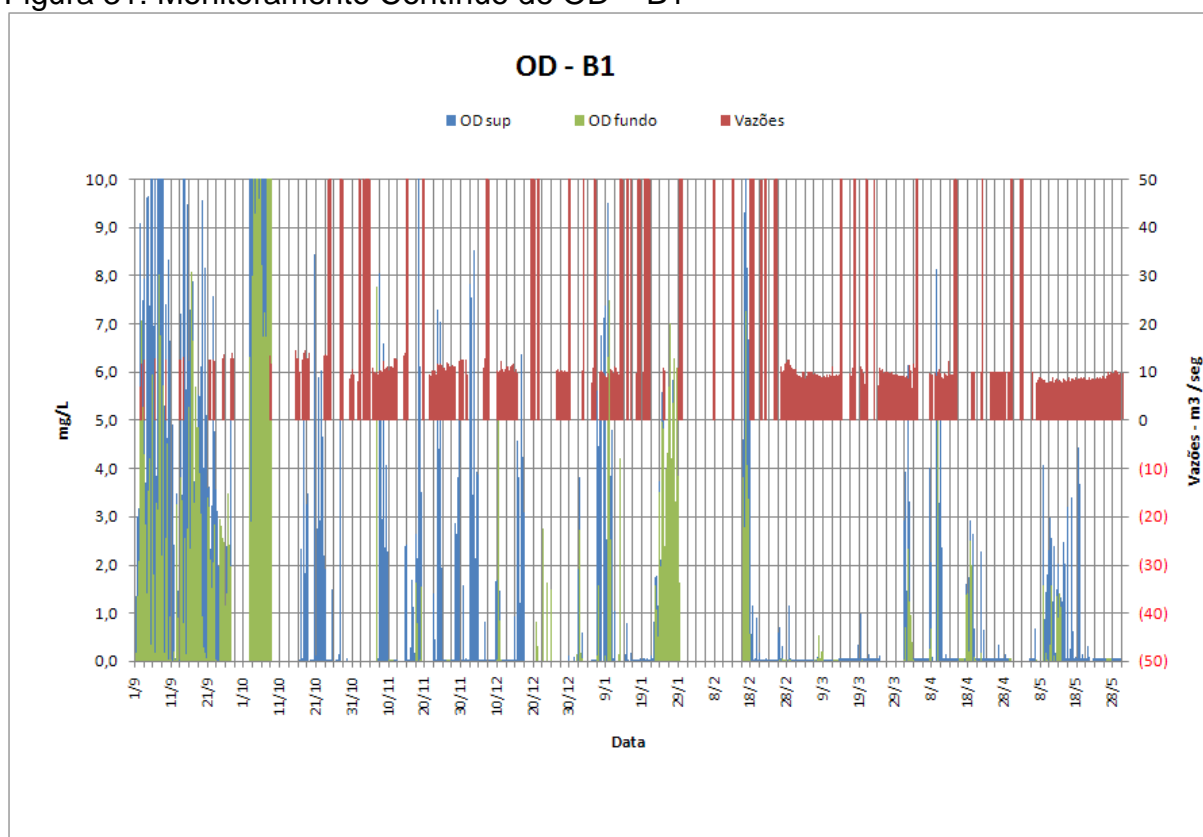


Pode-se verificar, nesse gráfico, que o pH vem se mantendo em um patamar de 7,0 un, elevando-se às vezes para o nível de 7,5. Os valores medidos na superfície podem, em determinados períodos, atingir patamares de 9,0 ou mais, certamente devido à presença de algas em grande quantidade na água.

Observa-se, entretanto, que entre os meses de Fevereiro a Maio, os dados da superfície se mantêm, em vários períodos, inalterados, o que leva a suspeitar de problemas no funcionamento do sensor. Isso, entretanto, não

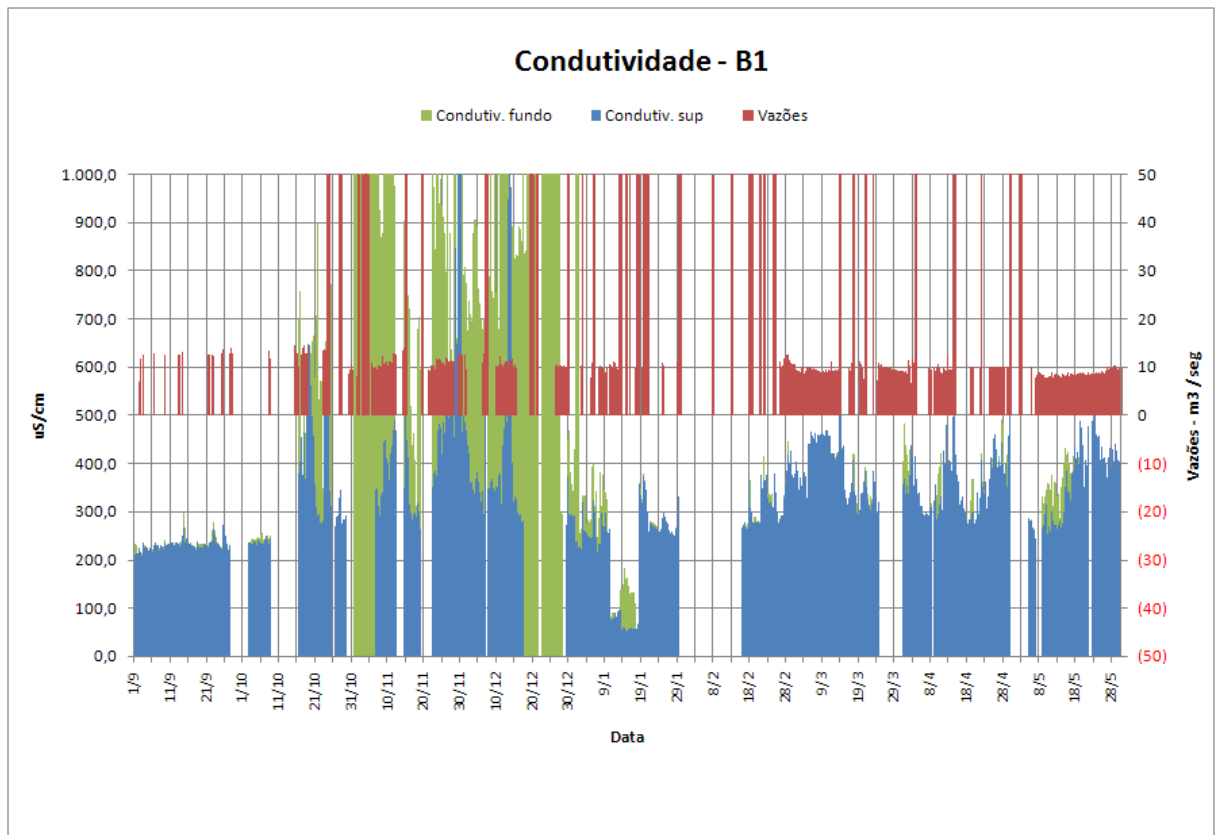
invalida a análise feita acima, já que o sensor de fundo, aparentemente, esteve funcionando bem.

Figura 31: Monitoramento Contínuo de OD – B1



Os teores de OD no ponto B1 se mantêm, na maior parte do tempo, em zero, principalmente no fundo, com alguns picos, de curta duração, que podem atingir valores acima de 10 mg/L na superfície, como consequência da presença de altas densidades de algas, que se observam no reservatório.

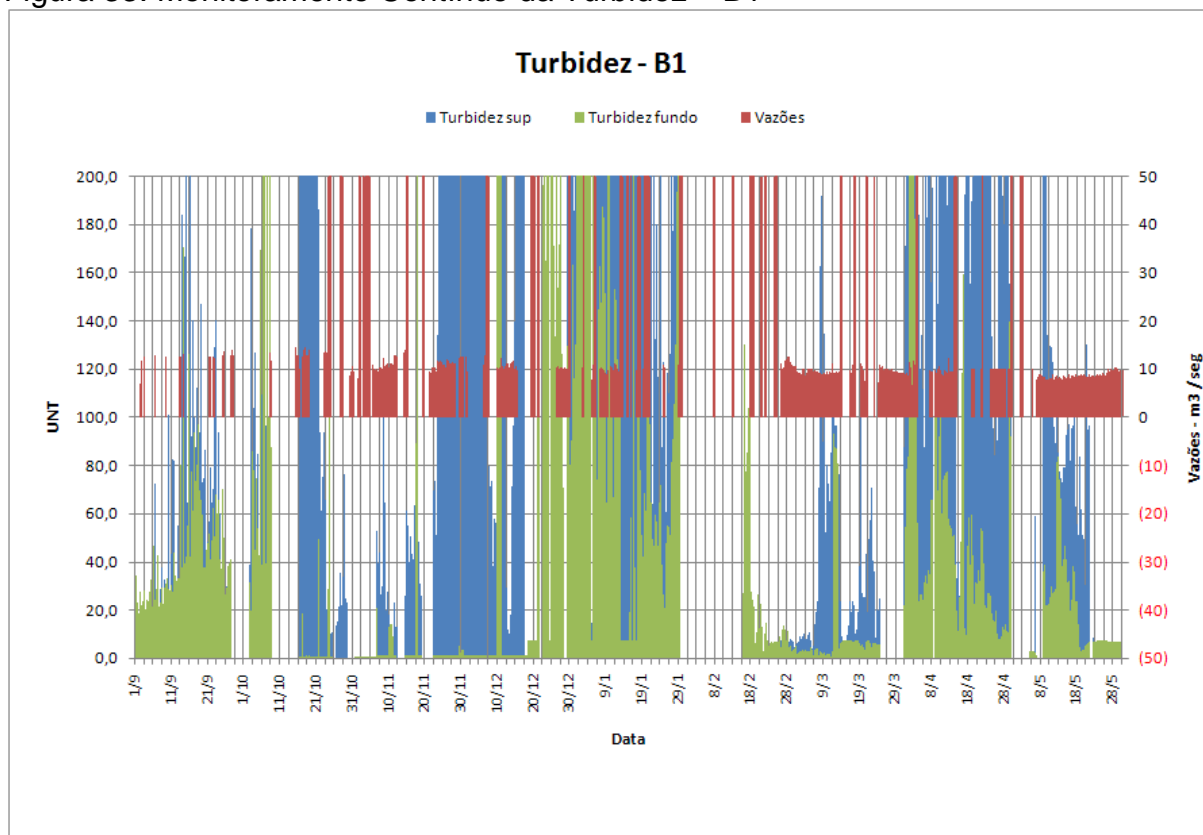
Figura 32: Monitoramento Contínuo da Condutividade – B1



A condutividade, da mesma forma que ocorre no Ponto P4-A, vem apresentando uma tendência de elevação, de um nível de 250 $\mu\text{S/cm}$ no início dos testes, para um patamar médio atual de 350 a 400 $\mu\text{S/cm}$, com picos que podem chegar a 500 $\mu\text{S/cm}$. Esse efeito é devido, provavelmente, aos bombeamentos de testes de flotação, em que as águas de salinidade elevada dos rios Pinheiros e Tietê se misturam com as águas menos salinizadas da Billings.

No período entre 15/10/2007 e 30/01/2008 os valores de condutividade atingiram níveis atípicos no fundo do reservatório, com patamares de 1.000 $\mu\text{S/cm}$.

Figura 33: Monitoramento Contínuo da Turbidez – B1



A turbidez, conforme se verifica nesse gráfico, apresenta um comportamento bastante irregular, mas é possível notar que a maior influência para o aumento na turbidez se deve ao bombeamento para controle de cheias, que envolve grandes vazões e podem, inclusive, causar uma movimentação do lodo de fundo no reservatório, no ponto de descarga da água bombeada.

O comportamento da turbidez em relação aos bombeamentos é melhor avaliado tomando-se por base os valores no fundo, devido ao fato de que a turbidez na superfície é afetada de forma significativa pela presença de grandes densidades de algas, não tendo, portanto, relação direta com a turbidez da água bombeada. Pode-se observar, no gráfico acima, que em alguns períodos nos quais os bombeamentos para teste se mantiveram mais ou menos contínuos, a turbidez no fundo se manteve baixa no Ponto B1.

Ao longo do mês de Março e durante a segunda quinzena de Maio, por exemplo, em que o bombeamento foi feito exclusivo para os testes, sem uma influência marcante de bombeamentos para controle de cheias, a turbidez, principalmente no fundo, tem mostrado valores baixos, abaixo de 10 UNT, o que pode indicar uma melhora na eficiência do sistema de flotação.

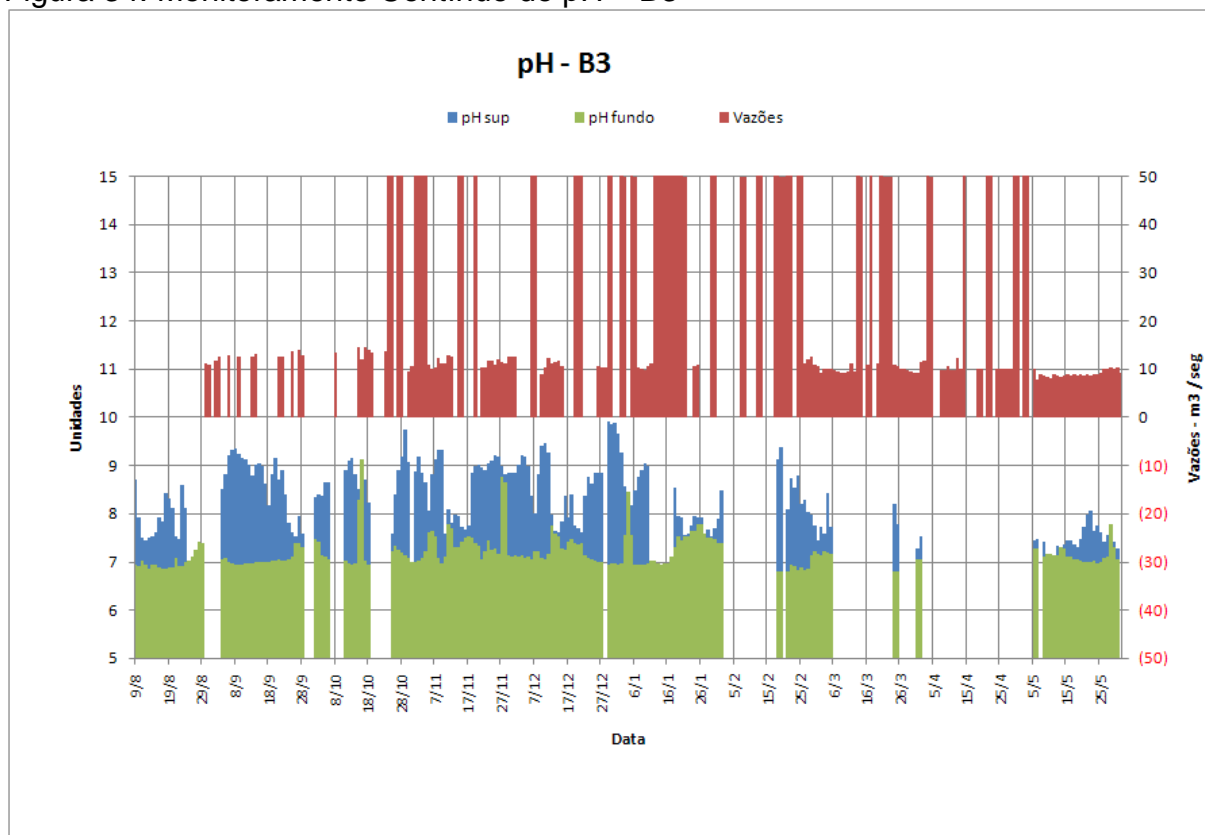
Resumidamente, pode-se verificar, nos gráficos apresentados, os efeitos dos bombeamentos no Ponto B1, especificamente no OD, Condutividade e Turbidez. A intensificação dos bombeamentos, que se verifica a partir de 15/10, é acompanhada por uma tendência de redução nos teores de OD, que se mantém praticamente em zero no fundo, de aumento visível na condutividade e de fortes oscilações na turbidez da água, com períodos de valores bastante elevados coincidindo com os bombeamentos, principalmente de cheias, e alguns períodos mais recentes, de baixa turbidez, coincidentes com períodos de bombeamentos para flotação.

Também há um impacto maior causado na condutividade pelos bombeamentos de flotação, em relação aos bombeamentos de controle de cheias. A explicação para essa diferença é que a água bombeada nos períodos de flotação não está afetada pelo efeito de diluição pelas águas de chuva, apresentando assim, níveis de salinidade maiores.

6.4.2 Monitoramento Contínuo - Ponto B3

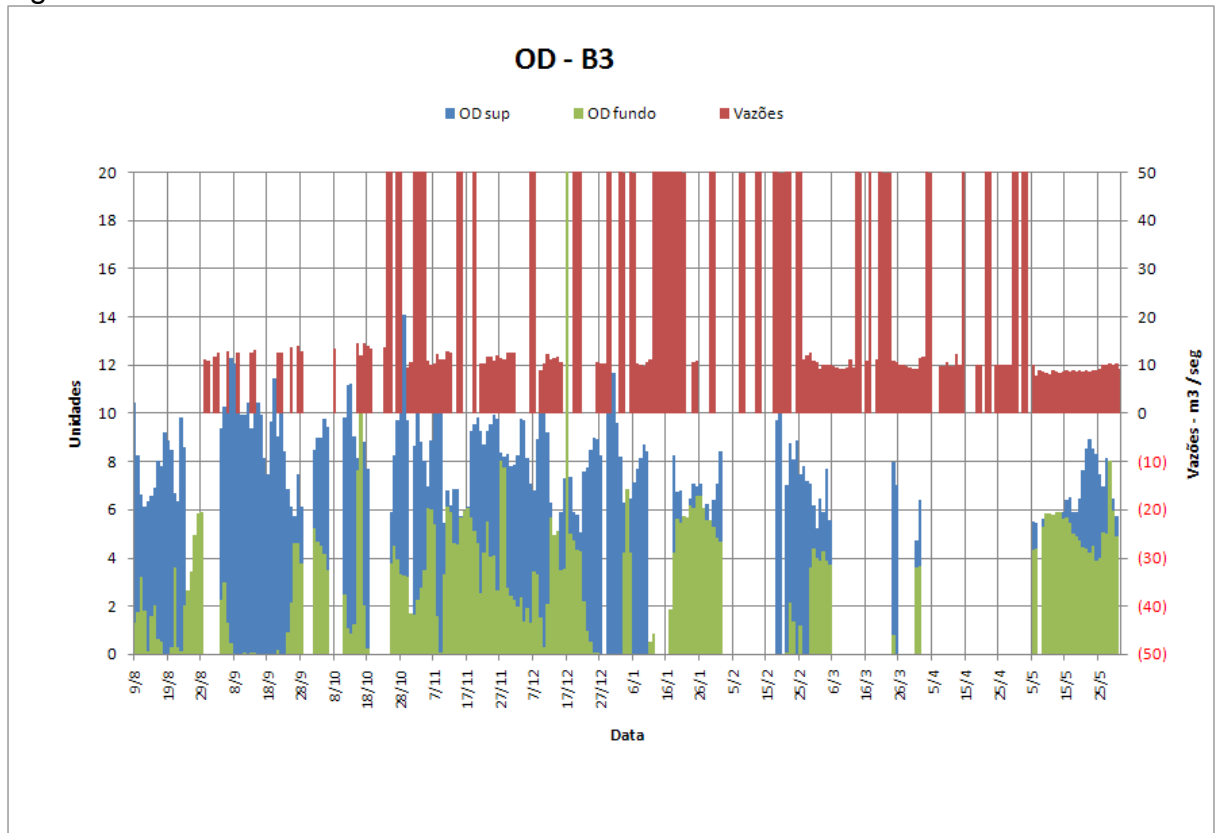
O ponto B3, como já assinalado, está localizado na entrada do Braço Taquacetuba. Os dados a seguir são obtidos pela estação automática da SABESP instalada no local. É importante observar que as séries de dados dessa estação apresentam vários “claros”, correspondentes a períodos em que as sondas (superfície e fundo) estiveram fora de operação. O período mais extenso de falta de dados ocorreu entre 6/3 e 10/5.

Figura 34: Monitoramento Contínuo do pH – B3



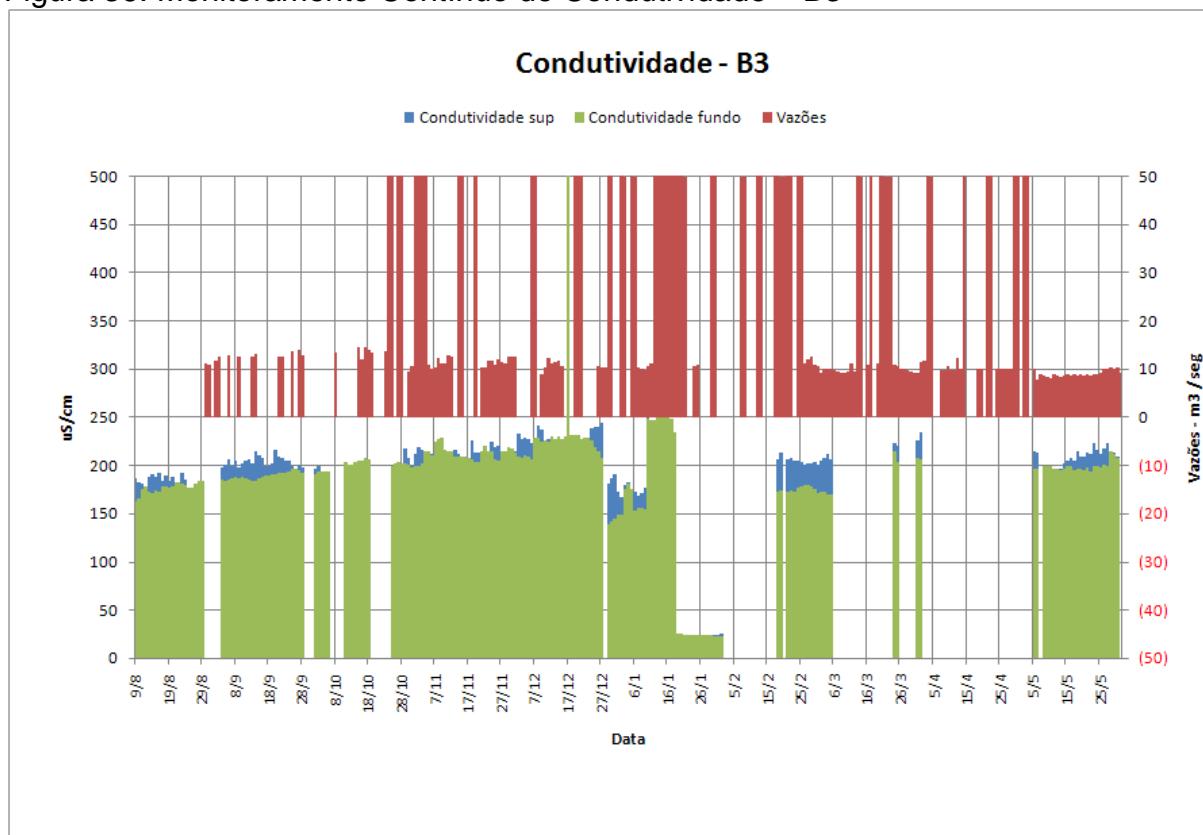
Os dados do gráfico mostram valores de pH relativamente estáveis no fundo, e fortes oscilações na superfície, com picos que chegam a atingir 10 unidades. Isso certamente se deve às altas densidades de algas encontradas nesse ponto, durante a maior parte do ano, principalmente de cianobactérias.

Figura 35: Monitoramento Contínuo de OD – B3



Os valores de OD no ponto mostram alguns períodos de baixas concentrações no fundo, enquanto que na superfície os valores se mantêm, salvo raras exceções, acima de 5 mg/L. com picos de super-saturação chegando a mais de 10 mg/L. Esse fenômeno se deve também, como no caso do pH, às altas densidades de algas no reservatório.

Figura 36: Monitoramento Contínuo de Condutividade – B3

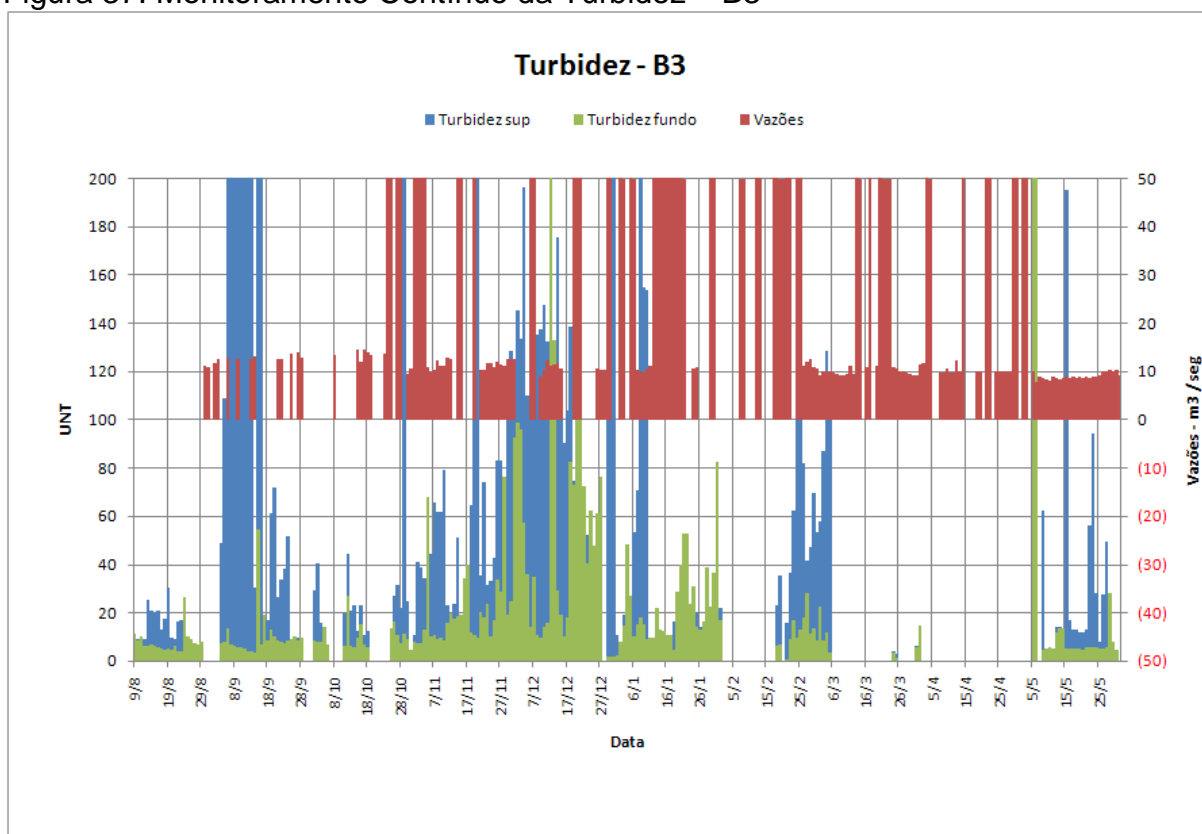


A condutividade no Ponto B3 vem se mantendo em torno de 200 $\mu\text{S/cm}$. Nota-se, entretanto, no gráfico acima, um trecho da curva, entre Setembro e Dezembro/2007, com uma tendência de elevação da condutividade, que vai de um patamar de 170 $\mu\text{S/cm}$ para um patamar de 230 $\mu\text{S/cm}$ especialmente no período em que os bombeamentos de testes tiveram continuidade, entre 5/11 e 25/12.

Esse viés de aumento é interrompido em Janeiro/2008, quando os valores voltam ao patamar de 170 e, em seguida, de 200 $\mu\text{S/cm}$, coincidindo, agora, com bombeamentos mais frequentes para controle de cheias. No período mais recente, em Maio/2008, novamente se observa um viés de aumento, o que obriga a considerar a hipótese de que as variações da qualidade da água no ponto B1, devidas ao bombeamentos, podem estar acarretando, já, uma influência no Ponto B3.

Essa, entretanto, é uma hipótese que só poderá ser aferida com razoável consistência se os testes atingirem um grau suficiente de continuidade. Deve-se considerar que em períodos de chuvas prolongadas, as águas afluentes ao reservatório, através do escoamento superficial na bacia, apresentam níveis relativamente baixos de salinidade, o que também contribui para uma redução na condutividade da água no reservatório.

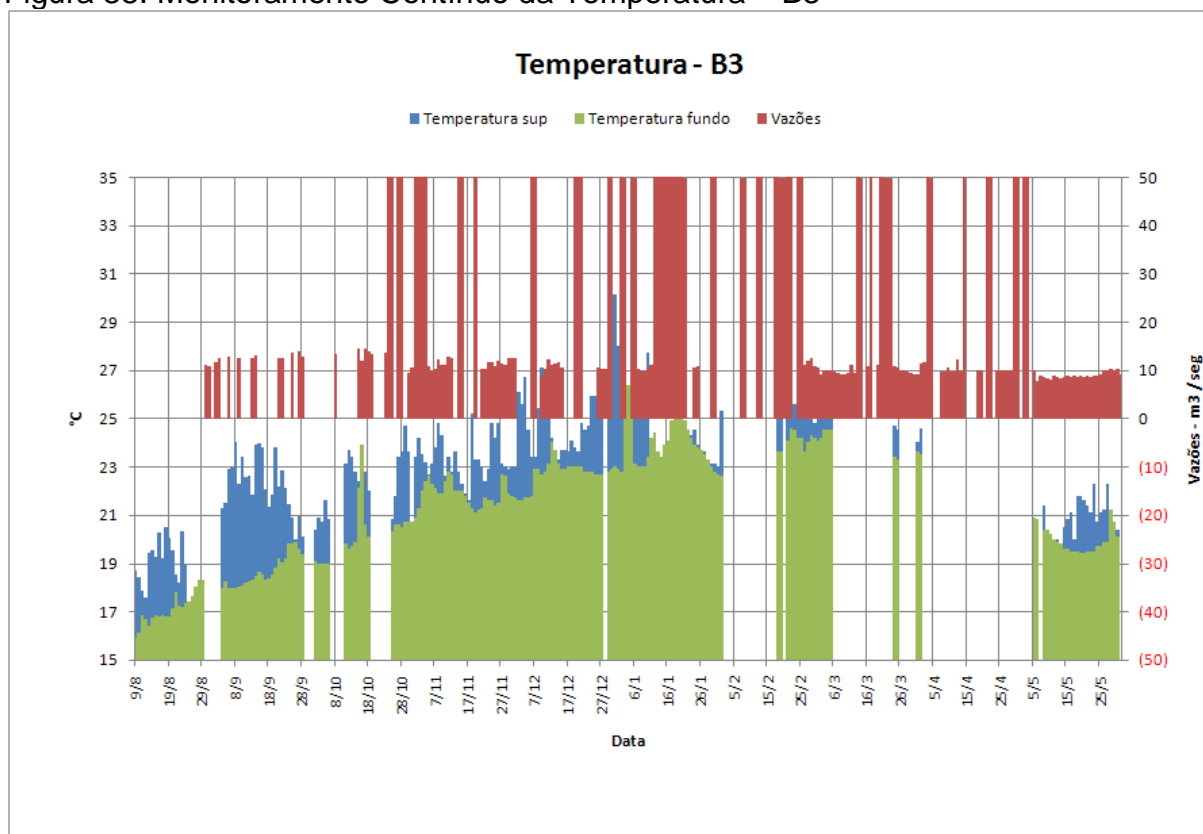
Figura 37: Monitoramento Contínuo da Turbidez – B3



Os dados de turbidez mostram um período, entre 25/11 e 25/12, quando a turbidez se elevou significativamente, tanto na superfície como no fundo. No período entre 8/09 e 18/9 ocorreu um aumento muito intenso também, porém, somente na superfície. Essas anomalias devem também, provavelmente, estar associadas a presença de massas de cianobactérias, que estão freqüentemente presentes no reservatório, especialmente em épocas de maior insolação e temperatura. O episódio de setembro é bem característico desse tipo de fenômeno.

De qualquer forma, não se observa uma tendência de evolução da turbidez, seja para cima ou para baixo, podendo-se explicar as fortes oscilações a fenômenos típicos de reservatórios, principalmente o efeito de chuvas intensas, que ocorrem entre Outubro e Março.

Figura 38: Monitoramento Contínuo da Temperatura – B3



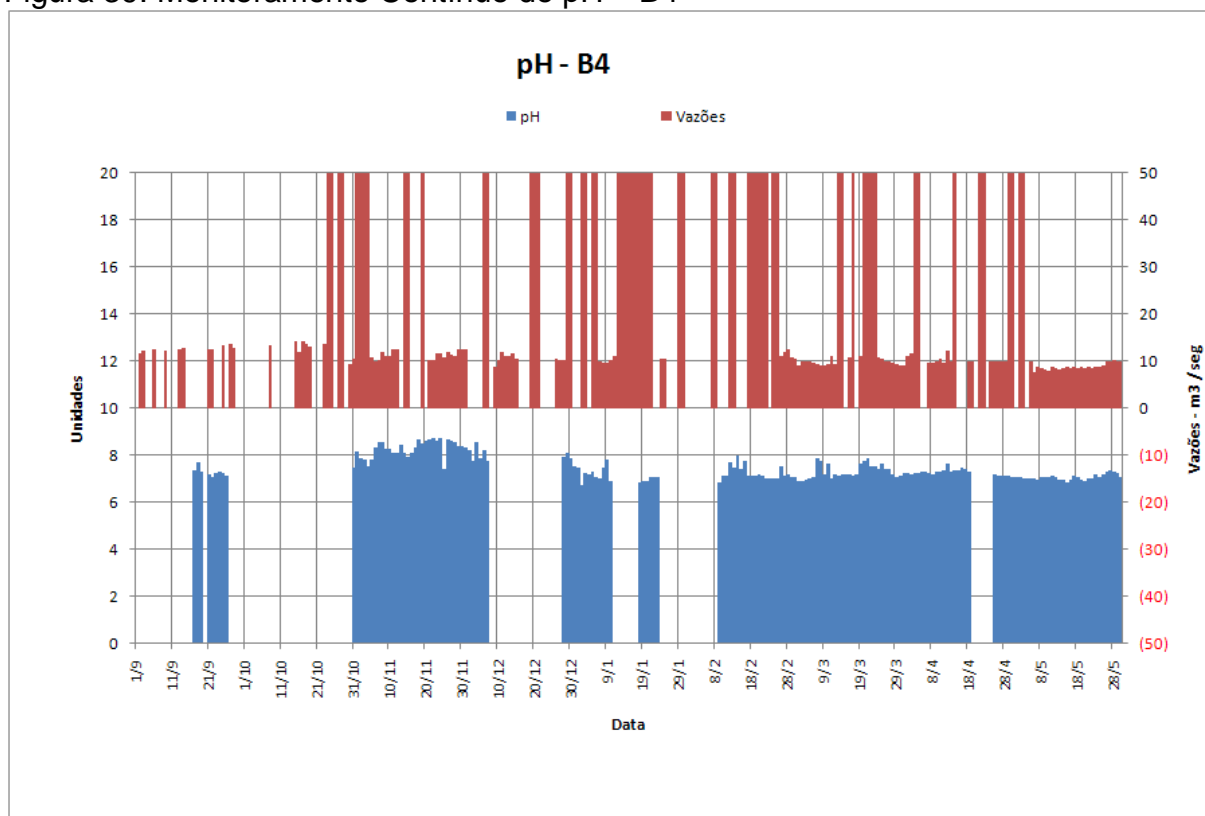
A evolução da temperatura da água no Ponto B3 mostra um perfil característico de variação climática, com valores crescentes a partir de Agosto até Março, e decrescendo a partir daí. Não há, portanto, evidências de que esse parâmetro possa estar sendo afetado de forma significativa pelos bombeamentos.

6.4.3. Monitoramento Contínuo - Ponto B4

Com relação ao Ponto B4, onde se encontra a estação automática da CETESB, as séries de dados disponíveis estão muito truncadas, com largos períodos sem registros. O funcionamento somente se manteve mais ou menos continuamente a partir de 10/02.

Trata-se de um ponto de grande importância em termos da qualidade da água, já que é onde se localiza a captação da água transferida para o Reservatório Guarapiranga. Essa estação possui uma única sonda, de superfície, devido ao fato de que a profundidade da água nesse local é pequena, da ordem de 5 m.

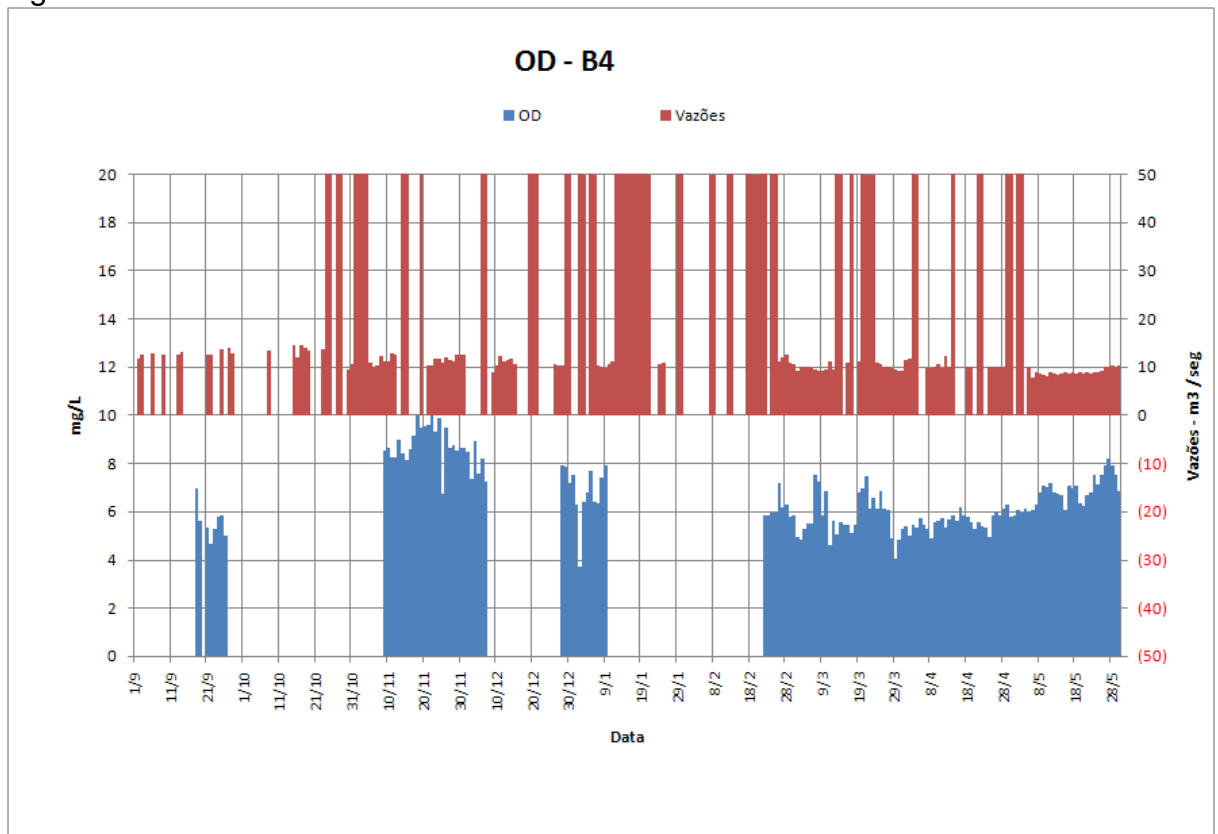
Figura 39: Monitoramento Contínuo do pH – B4



Esse gráfico mostra que o pH, no período considerado, vem se mantendo numa faixa de 7 na maior parte do tempo. A exceção é o mês de

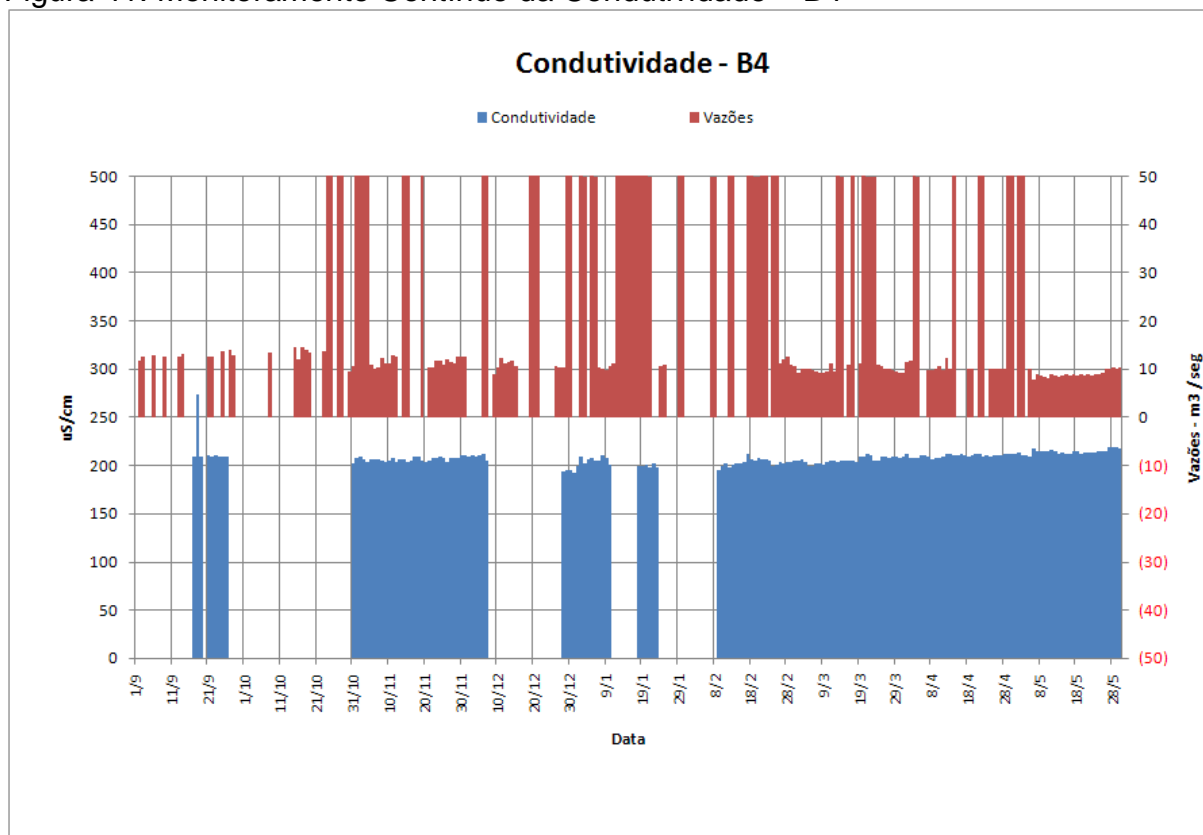
Novembro/2007, quando o patamar se manteve em 8 um, provavelmente devido à presença de algas no local. Essa hipótese é confirmada pelos dados de OD no mesmo período, como se verá adiante.

Figura 40: Monitoramento Contínuo do OD – B4



Os níveis de OD no Ponto B4 vêm se mantendo numa faixa de 5,5 a 8,0 mg/L, sendo que os níveis mais elevados ocorreram em Novembro/2007, o que comprova a afirmativa anterior, de que se trata de presença de algas no local.

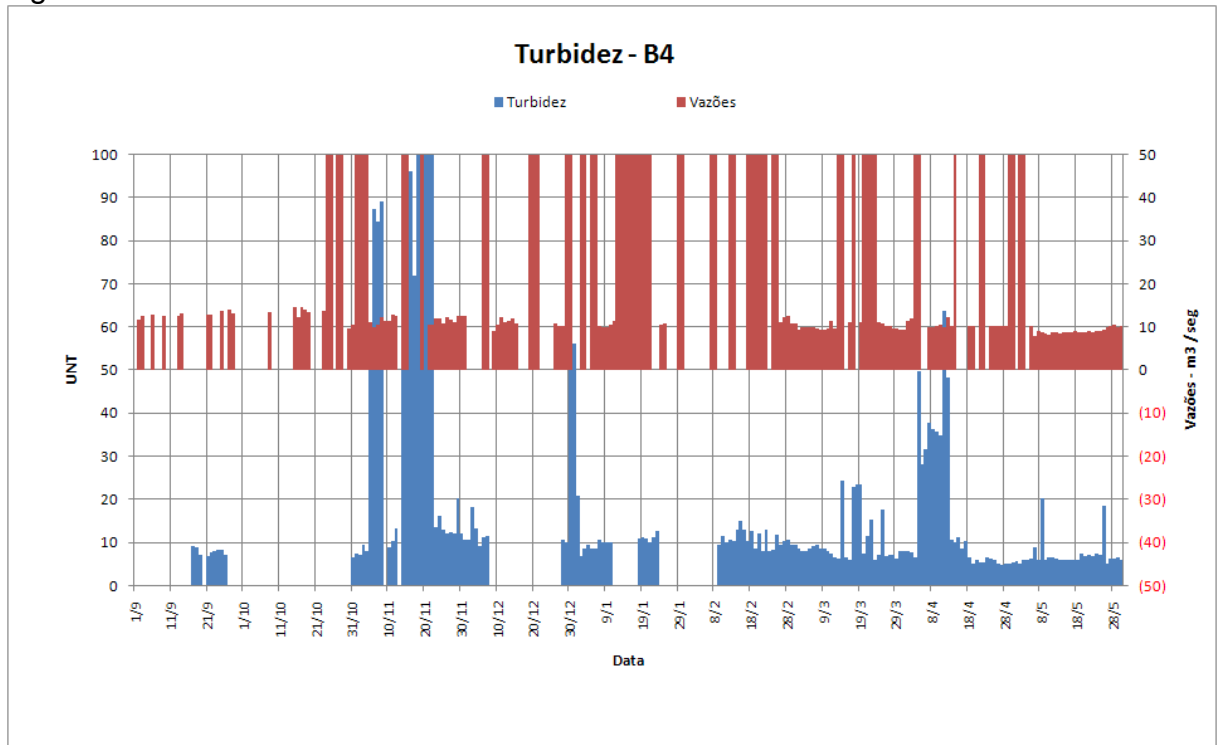
Figura 41: Monitoramento Contínuo da Condutividade – B4



A condutividade, como já assinalado anteriormente aqui, é um parâmetro importante para a avaliação de eventuais impactos na qualidade da água, resultantes de lançamentos de poluentes. Pode-se verificar, no gráfico acima, que a condutividade se mantém, com oscilações muito pequenas, em um patamar de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que é o valor típico da água na maior parte do Reservatório Billings.

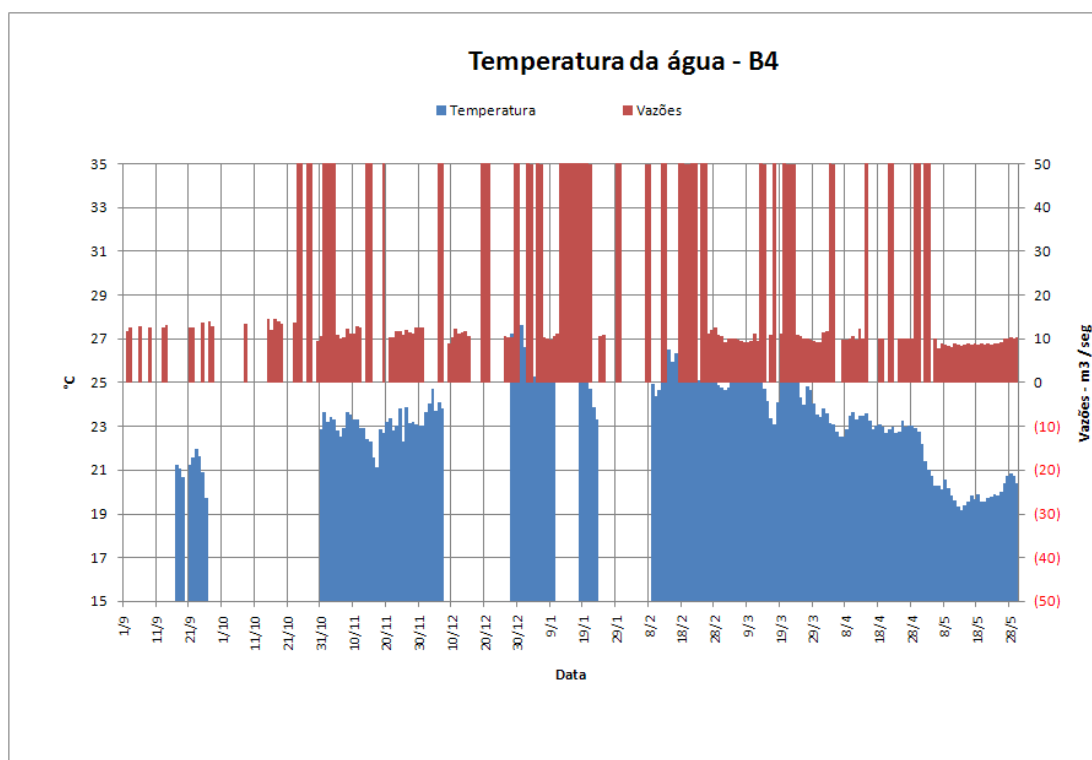
Nota-se, entretanto, no período de 8/2/2008 em diante, um leve viés de aumento, que deverá ser acompanhado, já que, como assinalado na avaliação do Ponto B3, a condutividade neste ponto também vem apresentando uma tendência de elevação. A continuidade dos testes servirá para avaliar se esse é um comportamento natural da água, ou se é função dos bombeamentos.

Figura 42: Monitoramento Contínuo da Turbidez – B4



A turbidez vem se mantendo em uma faixa entre 5 e 10 UNT, também típica do reservatório. Os picos que ocorrem esporadicamente, atingindo valores superiores a 100 UNT, podem ser atribuídos à presença de grandes densidades de algas, que acontecem com frequência nessas águas. Não se podem descartar, também, eventuais defeitos de funcionamento dos sensores da sonda.

Figura 43: Monitoramento Contínuo da Temperatura – B4



Da mesma forma que no Ponto B3, a evolução da temperatura da água no Ponto B4 mostra um perfil climático, não se podendo afirmar nada sobre eventuais influências dos bombeamentos nesse parâmetro.

6.4.4 Evolução da Condutividade nos pontos B1, B3 e B4

Para saber até que ponto os efeitos manifestados no ponto B1, devido aos bombeamentos, se estende aos demais pontos do reservatório, é feita uma análise dos dados de condutividade nos pontos B3 (na entrada do Braço Taquacetuba) e B4 (junto à captação de água no Braço Taquacetuba).

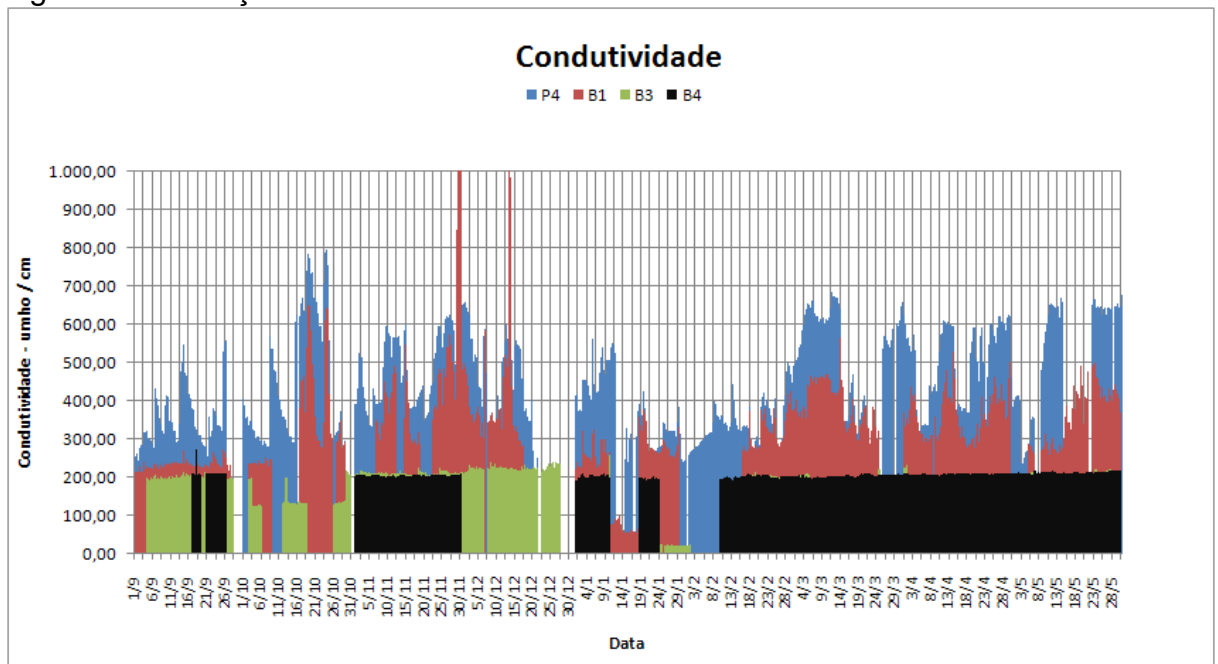
A utilização da condutividade como indicador se deve, como já comentado acima, a duas vantagens importantes desse parâmetro em relação aos demais, medidos pelas sondas:

- i) É um parâmetro conservativo, ou seja, não é afetado de forma significativa por condicionantes climáticas, físico-químicas ou biológicas.
- ii) Sua medição por sensores é mais confiável, em relação aos demais parâmetros, por envolver um processo de medição menos sujeito a interferências.

Além disso, deve-se ressaltar que a condutividade da água no Canal do Pinheiros e no Rio Tietê é bastante diferente (maior) que a do reservatório, o que permite sua utilização como um “traçador” dos efeitos dos bombeamentos na qualidade da água do reservatório.

Na Figura 44 é mostrada a evolução, no período, da condutividade nos pontos P4, B1, B3 e B4. Como se pode ver no mapa da Figura 16, essa sequência de pontos, como indicada, é a sequência do ponto mais próximo do sistema (P4, junto do sistema de flotação no Canal do Pinheiros) até o mais distante (B4, no Braço Taquacetuba, junto do bombeamento de transposição da SABESP).

Figura 44: Evolução da Condutividade



Pode-se constatar, nesse gráfico, que a evolução da condutividade no B1 acompanha aproximadamente a do P4, comprovando, como esperado, uma influência significativa dos bombeamentos sobre a qualidade da água naquele ponto.

Já nos pontos B3 e B4, embora sem apresentar oscilações significativas, e mantendo uma relativa estabilidade num patamar de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, típico nessa zona do reservatório, a condutividade mostra um leve viés de aumento. Esse aspecto foi analisado acima, na avaliação individual dos pontos B3 e B4. Caso essa tendência se consolide ao longo da continuidade dos testes, ficará mais clara a influência dos bombeamentos sobre a qualidade da água no reservatório.

6.4.5. Qualidade da água no reservatório com relação aos padrões CONAMA 357

Além dos dados fornecidos pelas estações automáticas, através das sondas, a situação relativa à qualidade da água no reservatório é também analisada com base na frequência e no grau de desconformidade que se verifica nos resultados das amostragens periódicas feitas nos pontos do complexo Tietê-Pinheiros-Billings-Guarapiranga, durante o período de avaliação (até 31/05/2008), considerando-se os valores de padrões estipulados pela Resolução nº 357 do CONAMA, para águas de Classe 2.

O objetivo deste tipo de monitoramento é possibilitar uma avaliação consistente sobre os riscos de contaminação das águas do Reservatório Billings, analisando a água antes do tratamento por flotação (Ponto TIE) e após o tratamento (Ponto P4-A), em função dos testes de flotação.

O número total de análises feitas até 31/05/2008 (para alguns parâmetros essa data limite se estende até 30/06), relativas à lista completa de

parâmetros, em todos os pontos amostrados, incluindo os pontos nos reservatórios, atingiu aproximadamente 62.000 análises.

Nas Tabela 16., a seguir, está apresentado um balanço geral relativo aos resultados das amostragens feitas no conjunto de pontos monitorados, incluindo os pontos nos rios Pinheiros e Tietê (TIE), e os pontos somente nos reservatórios, relativos aos parâmetros estipulados no CONAMA.

Tabela 16 – Qualidade da água com base no CONAMA 357

ITEM	TODOS OS PONTOS	PONTOS DOS RESERVATÓRIOS
Número total de análises	36.744	18.105
Dados fora do padrão/valor de referência	7.926	762
% de dados fora do padrão ou refer.	21,6%	4,2%
Nº total de parâmetros da CONAMA 357	95	95
Parâmetros s/ dados fora do padrão CONAMA	53	68
Parâmetros c/ dados fora do padrão CONAMA	42	27

Na tabela acima, dos parâmetros monitorados em todos os pontos, 53 não apresentaram resultados fora do padrão CONAMA 357. Quanto aos pontos do reservatório, esse número sobe para 68. Ou seja, dos 95 parâmetros monitorados, o número de parâmetros que apresentaram pelo menos um resultado fora do padrão é de 42 no conjunto total de pontos e de 27 nos pontos de reservatórios.

A seguir, está na Tabela 17 um balanço comparativo dos níveis de desconformidades com padrões da resolução CONAMA 357, para todos os parâmetros analisados, agora individualizando cada ponto no reservatório, para mapeamento destas desconformidades, o que possibilitará avaliar o impacto da água bombeada sobre o reservatório

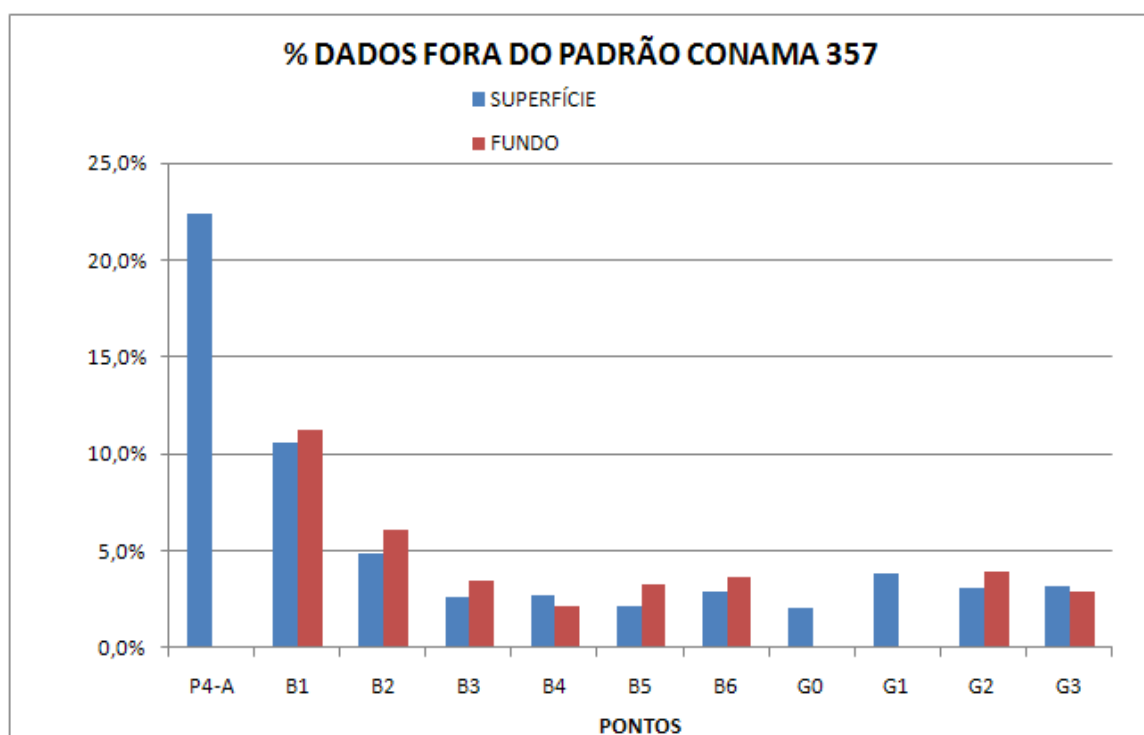
Tabela 17 – Balanço de desconformidades com padrões da Resolução CONAMA 357.

PONTOS DE AMOSTRAGEM	Nº TOTAL DE ANÁLISES		Nº DADOS FORA DO PADRÃO/REF		% FORA DO PADRÃO/REF		PARÂMETROS C/ DADOS FORA PADRÃO	
	SUP	FUNDO	SUP	FUNDO	SUP	FUNDO	SUP	FUNDO
P4-A	8.859	-	1.981	-	22,4%	-	34	-
B1	1.459	621(*)	155	70	10,6	11,3	10	10
B2	1.440	1.440	70	88	4,9	6,1	18	18
B3	947	946	25	33	2,6	3,5	8	10
B4	931	929	25	20	2,7	2,2	8	8
B5	956	955	21	31	2,2	3,2	10	13
B6	964	962	28	35	2,9	3,6	9	11
G0	939	-	19	-	2,0	-	10	-
G1	892	-	34	-	3,8	-	15	-
G2	963	962	30	38	3,1	4,0	11	12
G3	929	933	30	27	3,2	2,9	11	12

(*) O número significativamente menor de análises feita no fundo, em relação ao número feito na superfície, no Ponto B1, se deve ao fato de que a zona próxima a esse ponto se apresenta bastante assoreada, dificultando a amostragem no fundo, devido à pequena profundidade da água no local.

O resultado desta tabela está demonstrado no gráfico a seguir:

Figura 45: Porcentagem de dados fora do padrão CONAMA 357



O gráfico mostra a evolução da qualidade de água a partir do Ponto P4 A, indicando uma queda nas porcentagens de desconformidades no sentido P4

A – B4. Observa-se que os níveis caem, aproximadamente, de 22% no P4-A para 11% no B1, para 5% no B2 e para 2% a 3% no B3, estabilizando-se a partir daí nesse patamar.

Esse perfil de qualidade da água reflete o efeito de depuração que ocorre no reservatório. Ressalta-se ainda que alguns parâmetros podem apresentar valores fora do padrão no reservatório, em função de cargas poluentes originadas na própria bacia de contribuição, não tendo, portanto, relação com a água revertida pelos bombeamentos.

O número de parâmetros que apresentam valores fora do padrão nos reservatórios Billings está em torno de 10, com exceção do B2, onde esse número atinge 18 parâmetros. No P4-A, como comparação, são 34 os parâmetros com algum grau de desconformidade com os padrões Conama. Na Tabela 18, a seguir, estão relacionados os parâmetros que apresentaram níveis significativos de desconformidade no Ponto P4-A e nos reservatórios. Para efeito dessa seleção, foram considerados como significativos níveis de desconformidade com os padrões CONAMA superiores a 10%, ou seja, parâmetros com mais de 10% de dados de análise fora dos padrões do CONAMA.

Essa análise identifica os parâmetros cujos valores estão excedendo os limites aceitáveis na água do Rio Pinheiros e que podem estar comprometendo também a qualidade da água nos reservatórios, em função dos bombeamentos. Alguns parâmetros, como já ressaltado anteriormente aqui, podem apresentar valores fora dos padrões no reservatório sem que isso seja consequência dos bombeamentos.

Como regra geral, entretanto, admite-se que a influência preponderante na qualidade da água do Reservatório Billings, especialmente nos pontos mais próximos da Barragem Pedreira, se deve aos bombeamentos.

Tabela 18 – Parâmetros com dados fora do padrão ou do valor de referência

Parâmetro	Porcentagens de desconformidade com padrões ou valores de referência										
	P4-A	B1 S	B2 S	B3 S	B4 S	B5 S	B6 S	G0	G1	G2 S	G3 S
Alumínio solúvel	78,6	80,0	77,8	77,8	66,7	70,0	70,0	60,0	85,7	50,0	57,1
Chumbo	14,0	14,7	8,6	27,3	20,0	0,0	30,0	10,0	28,6	30,0	28,6
Cianetos	31,7	17,1	2,7	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	9,1	9,1	9,1
Cianobactérias	-	57,1	0,0	37,5	50,0	50,0	66,7	22,2	0,0	22,2	44,4
Clorofila a	-	25,0	50,0	0,0	25,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clorofórmio (*)	40,4	36,1	32,4	30,8	25,0	16,7	25,0	36,4	33,3	41,7	33,3
Cobre solúvel	21,4	6,3	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	70,0	71,4
Coliformes termotolerantes	71,5	50,0	9,1	0,0	6,3	0,0	0,0	18,2	50,0	36,4	0,0
Condutividade (*)	94,0	86,5	39,5	23,1	16,7	8,3	16,7	100,0	100,0	8,3	0,0
Cor	77,5	44,4	13,5	16,7	18,2	36,4	45,5	10,0	18,2	0,0	0,0
DBO	82,3	2,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Detergentes	48,5	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	10,0	0,0	0,0
DQO (*)	69,1	10,8	5,3	0,0	0,0	0,0	8,3	9,1	11,1	0,0	0,0
Enterovirus (*)	40,0	-	-	-	21,9	-	-	-	-	-	0,0
Ferro solúvel	43,5	8,8	5,7	9,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Fósforo total	78,1	73,5	48,6	36,4	10,0	0,0	0,0	0,0	71,4	40,0	14,3
Manganes total	71,4	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	50,0	0,0
Manganes solúvel	55,0	5,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0
Microtox (*)	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitritos	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrogenio amoniacal	91,3	67,6	20,6	9,1	10,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0
OD	95,2	80,6	41,7	30,8	25,0	25,0	25,0	18,2	33,3	33,3	88,9
Sólidos em suspensão (*)	67,3	50,0	32,4	15,4	8,3	16,7	33,3	36,4	33,3	25,0	8,3
Solidos sedimentaveis (*)	53,4	23,5	11,4	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Sulfeto de carbono (*)	54,9	18,2	14,7	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Sulfetos	66,3	30,6	2,7	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	27,3	0,0	0,0
Tolueno	60,5	16,7	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Toxicidade- <i>Ceriodaphnia</i> (*)	30,3	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MÉDIAS	56,2%	31,1%	15,1%	11,1%	10,7%	8,8%	12,6%	14,3%	24,3%	17,6%	13,4%

(*) Parâmetros não incluídos na Resolução Conama 357 – águas de Classe 2

Pode-se constatar, através da tabela acima, que são 26 os parâmetros que estão apresentando níveis significativos de desconformidade com padrões ou com valores de referência. Desses, apenas um, o Clorofórmio, não é incluído na Resolução Conama 357.

No que se refere aos parâmetros em si, valores fora dos limites para alguns deles são esperados, considerando-se as cargas poluentes que são

lançadas no reservatório, não apenas pelos bombeamentos de água do Rio Pinheiros, no caso da Billings, mas também por alguns rios e córregos contribuintes desse reservatório, que recebem esgotos de áreas ocupadas na sua bacia de drenagem. Deve-se levar em conta também as cargas difusas, originadas de áreas ocupadas junto das margens.

A seguir é feita uma análise dos dados relativos aos parâmetros mais críticos (destacados na Tabela 18), bem como uma descrição sucinta do significado deles para a qualidade das águas

a) **Alumínio:** A presença do alumínio em concentrações mais elevadas pode ser devida tanto ao lançamento de esgotos urbanos no reservatório, como a qualidade do solo na bacia de contribuição. Sua presença em esgotos se deve ao seu uso como coagulante no tratamento de águas de abastecimento. Normalmente ele não está associado à toxicidade, até porque ele está presente em muitos tipos de alimentos, como nozes, grãos e produtos lácteos, principalmente queijos.

Entretanto, estudos desenvolvidos e em andamento apontam uma associação entre a ingestão de alumínio e o Mal de Alzheimer, porém, esses estudos não são ainda conclusivos. Sua regulamentação na legislação ambiental leva em consideração essas e outras dúvidas sobre seus efeitos sobre a saúde humana e à vida aquática.

b) **Chumbo:** Com relação ao chumbo, os dados são mais consistentes e, por isso mesmo, preocupantes, já que se detectaram valores acima do padrão do CONAMA (0,01 mg/L) em praticamente todos os pontos dos reservatórios Billings e Guarapiranga, pelo menos em uma amostra. Deve-se ressaltar que no Ponto P4-A, no canal do rio Pinheiros, em 504 amostras analisadas foi encontrado valor acima do limite em 76 amostras, ou seja, 14% das amostras.

Mais importante que isso é o fato de que uma amostra coletada no Reservatório Billings (Ponto B6) apresentou concentrações desse metal de 0,96 mg/L, ou seja, 100 vezes o limite máximo permitido.

Chama a atenção o fato de que as porcentagens de desconformidades observadas nos reservatórios são maiores que as que se verificam no Ponto P4-A, sugerindo a hipótese de que esses altos índices de desconformidades se devem a contribuições próprias das respectivas bacias, ou mesmo ao estoque desse metal pesado existente nos sedimentos de fundo dos reservatórios, resultado de vários anos em que o bombeamento foi mantido, especialmente no período anterior à vigência da regra operacional atual.

É necessária, portanto, uma atenção especial a esse parâmetro, para confirmar a frequência com que ocorrem valores acima dos padrões, além de uma análise específica para se tentar detectar as possíveis causas desses valores excessivos, entre as quais se incluem os bombeamentos e o lodo do fundo do Reservatório Billings.

- c) **Cianetos:** os cianetos têm apresentado porcentagens significativas de valores acima do padrão no P4-A, e que se manifestam também, embora em menor valor, no B1. Cianetos são substâncias químicas altamente tóxicas, utilizadas na fabricação de fibras sintéticas, como o nylon, e em herbicidas. Outro uso comum de cianetos é na indústria de galvanoplastia, que costuma ser uma fonte de contaminação de águas superficiais por cianetos. Estudos apontam os cianetos como causador de efeitos tóxicos crônicos para seres humanos, como perda de peso e danos à tireóide e sistema nervoso

Cianetos não são persistentes em águas superficiais, e não são cumulativos na vida aquática. São voláteis e evaporam rapidamente, além de serem oxidados pela ação de certos tipos de microrganismos.

- d) **Cianobactérias:** Cianobactérias são um tipo de algas (algas azuis) que podem causar graves problemas para águas utilizadas em abastecimento humano. Quando em grande quantidade, produzem substâncias que causam gosto e cheiro desagradáveis na água, e que não são facilmente removidos no tratamento. Podem também, em determinadas circunstâncias e dependendo do gênero de algas, produzir toxinas, entre as quais a mais conhecida é a microcistina.

As densidades de cianobactérias tanto no reservatório Billings, como no Guarapiranga são altas, principalmente no primeiro, onde podem atingir picos da ordem de 1 milhão de células por mL. Essa condição se deve aos altos teores de nutrientes, especialmente fósforo, presentes nas águas afluentes aos reservatórios, incluindo, no caso da Billings, a água revertida do canal do rio Pinheiros.

Não há até aqui, entretanto, evidências de alteração nesse padrão de densidades de cianobactérias, que poderia estar associado aos bombeamentos de testes.

- e) **Clorofórmio:** Clorofórmio é um composto orgânico gerado a partir da reação do cloro com substâncias orgânicas. O clorofórmio, ou triclorometano, é um dos integrantes do grupo dos trihalometanos, e o mais encontrado no meio ambiente. Ele é também altamente volátil, e sua persistência em águas superficiais é muito limitada.

Seus efeitos sobre a saúde humana não estão ainda suficientemente esclarecidos, mas ele é suspeito de ser um cancerígeno potencial, razão pela qual sua concentração em efluentes lançados nos corpos d'água é regulamentada em lei (CONAMA 357, Art. 34). As fontes principais de contaminação de águas superficiais pelo clorofórmio são o lançamento de efluentes industriais, pois ele é utilizado como solvente e na

fabricação de outros produtos químicos, e despejos de lodos de estações de tratamento de águas e de efluentes nas quais é utilizada a cloração.

Os índices de desconformidade para clorofórmio estão relativamente altos no P4-A e nos pontos do reservatório. A razão para isso, entretanto, não está clara, já que se trata, como ressaltado acima, de um composto volátil e, portanto de baixa persistência na água. Uma fonte possível da sua presença no P4-A seria o lançamento de resíduos de estações de tratamento onde se utiliza cloro.

- f) **Fósforo:** O fósforo é um macro-nutriente fundamental para a reprodução e crescimento de algas em reservatórios. Quando sua concentração se eleva nesses corpos d'água, surgem os problemas de florações de algas, com as conseqüências já conhecidas, de geração de maus odores na água e, em alguns casos, de liberação de substâncias tóxicas por determinados tipos de algas. Efeitos tóxicos para humanos e animais não são significativos.

Os altos índices de desconformidades verificados para o fósforo nos rios Tietê e Pinheiros se devem aos despejos de esgotos neles. Nos reservatórios, os índices se apresentam altos também na maioria dos pontos, como B1, B2 e B3. As cargas de fósforo recebidas tanto através da água revertida dos rios acima como das respectivas bacias resultam em teores relativamente altos nas águas do reservatório.

- g) **Manganês:** Os efeitos da presença de manganês em águas superficiais são muito semelhantes aos do ferro, tanto em termos ambientais como sobre a saúde humana. A toxicidade para humanos é desprezível, nas concentrações encontradas em águas naturais. O problema causado pela presença de manganês em águas de abastecimento é de ordem estética, por provocar o aparecimento de manchas em roupas e em

equipamentos domésticos. A única diferença significativa é o fato de que o manganês não é tão abundante como o ferro na crosta terrestre.

O manganês, como o ferro, pode se apresentar tanto na forma solúvel como insolúvel na água. Na forma insolúvel, dependendo da sua concentração, ele confere cor à água. Os índices de desconformidade para Manganês solúvel no P4-A são altos, mas não se reproduzem na Billings, o que provavelmente se deve à sua oxidação, pela qual ele passa da forma solúvel para insolúvel, e sedimenta no fundo do reservatório.

- h) **Nitrogênio Amoniacal:** Com relação ao nitrogênio amoniacal, trata-se de um componente presente em concentrações elevadas em águas que recebem grande quantidade de esgotos domésticos, além de fontes industriais. Sua presença em águas utilizadas para abastecimento é motivo de atenção, devido aos problemas causados no tratamento da água, especificamente na cloração da água, que geralmente é feita no tratamento.

A reação do nitrogênio amoniacal com o cloro gera compostos chamados de cloraminas, que são menos eficazes como desinfetantes e são responsáveis pela geração de odor forte na água. Se a concentração de nitrogênio amoniacal na água bruta for muito alta, o consumo de cloro se eleva muito na ETA (Estação de Tratamento de Água), obrigando a dosagens que podem ultrapassar a capacidade da ETA.

Outra preocupação devido à presença de nitrogênio amoniacal nas águas superficiais diz respeito à toxicidade da amônia para peixes, que ocorre em concentrações relativamente baixas. O Nitrogênio amoniacal pode se apresentar, na água, na forma de íon amônio (NH_4^+) ou na forma molecular, NH_3 . A primeira é solúvel na água, e não traz problemas significativos, mas a segunda é tóxica para peixes. A passagem de uma

para a outra forma se dá em função do pH da água. Em pH elevado, acima de 8, a forma predominante é a amônia, e vice versa.

No caso dos testes de flotação, esse parâmetro assume grande importância, em função do fato de se apresentar em concentrações elevadas na água bombeada e da pouca eficácia do processo de flotação na sua remoção. Assim, a manutenção de teores aceitáveis nos reservatórios vai depender exclusivamente da capacidade de autodepuração nos reservatórios d'água.

No caso no Nitrogênio amoniacal, os processos de depuração incluem principalmente a nitrificação, pela qual o N amoniacal se oxida a nitratos, e a desnitrificação, pela qual os nitratos são reduzidos a nitrogênio gasoso (N_2) e se desprendem, em parte, para a atmosfera. Uma parcela do N amoniacal e dos nitratos podem ser utilizados por algas, para seu crescimento.

Em termos de balanço, o teor de nitrogênio total na água, ou seja, do nitrogênio nas suas várias formas se reduz pelo desprendimento de gás N_2 ou pela remoção de matéria vegetal do reservatório. O que ocorre de fato é um ciclo, o ciclo do Nitrogênio, em que esse elemento passa de uma forma para a outra na água. De qualquer forma, porém, o Nitrogênio na forma de N amoniacal é aquele que provoca os maiores problemas, seja pelo seu efeito tóxico à biota aquática, na forma de amônia (NH_3), seja pelos problemas ao uso da água para abastecimento, como já relatado acima.

- i) **Oxigênio Dissolvido:** A presença de Oxigênio Dissolvido (OD) nas águas superficiais é essencial para a vida aquática, especialmente peixes e microrganismos aeróbios. A falta de OD na água não é, em si mesmo, causador de toxicidade, mas ela altera substancialmente as

características químicas e biológicas da água, trazendo prejuízos para diversos tipos de usos, inclusive para abastecimento.

Além desse aspecto, o OD tem uma função importante no controle da qualidade das águas superficiais, como um indicador de poluição. Águas superficiais com baixos teores de OD geralmente são consideradas poluídas, pois a queda desses teores são quase sempre devido ao lançamento de matéria orgânica biodegradável, seja por esgotos domésticos, efluentes industriais, lixo, etc.

Para estes parâmetros considerados mais críticos em termos de conformidade com os padrões ou valores de referência, apresenta-se a seguir uma avaliação referente ao comportamento dos mesmos, sendo um critério importante para a avaliação de eventuais impactos na qualidade da água.

Para facilitar a análise, e permitir uma comparação entre parâmetros no que se refere à conformidade com os padrões, foi desenvolvido aqui um indicador numérico representativo desse grau de conformidade. O indicador adotado representa, numericamente, o quanto um dado se afasta do respectivo padrão, ou valor de referência. Ele é calculado pela relação entre o dado de qualidade e o valor do padrão, ou seja:

$$\text{GAP} = X / P$$

Onde

GAP = grau de afastamento do padrão

X = dado obtido para o parâmetro considerado

P = padrão definido na legislação, ou valor de referência adotado, para o parâmetro

De acordo com essa definição, um valor abaixo de 1 para o GAP indica que o dado atende ao padrão respectivo, e vice versa, valores maiores que 1

indicam desconformidade com o padrão. Um GAP igual a 2, por exemplo, indica que o dado de qualidade equivale a duas vezes o padrão respectivo, isto é, o resultado da análise é duas vezes superior ao limite para o parâmetro. Um valor de 0,1 indica que o dado está dentro do padrão e corresponde a um décimo do padrão, ou limite. E assim por diante. Como se pode concluir, quanto maior é o valor do GAP, maior é a desconformidade. Para aqueles parâmetros cujo padrão é um limite mínimo (Ex. OD) ou uma faixa de valores (Ex. pH), o cálculo do GAP é ajustado a essa condição.

Nos casos em que o resultado de análise está abaixo do limite de detecção do parâmetro (resultados de tipo “< x”), adota-se aqui o seguinte critério para o GAP:

a) o limite de detecção é inferior ao padrão: $GAP = LD / P$, onde

LD = limite de detecção

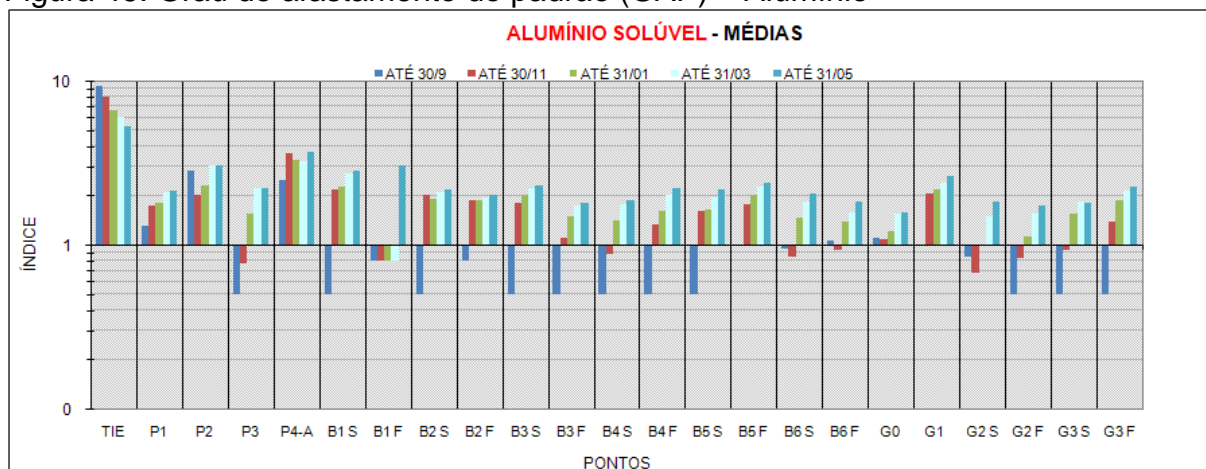
P = padrão

b) o limite de detecção é igual ao padrão: $GAP = 0,5$

c) o limite de detecção é maior que o padrão: $GAP = 1,0$

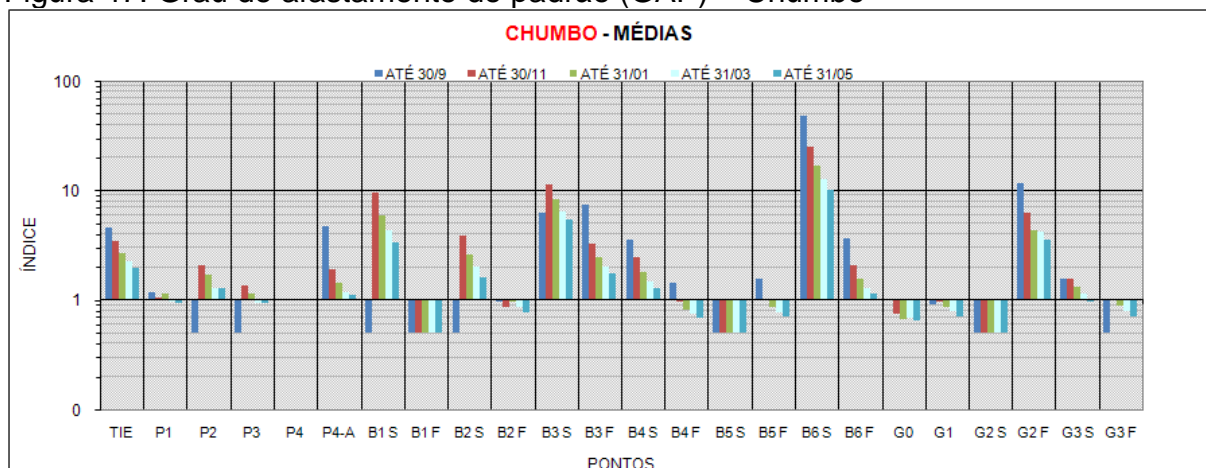
Os gráficos a seguir mostram os valores do GAP para os parâmetros citados acima, ou seja, aqueles que vêm apresentando níveis baixos de conformidade com os padrões. Os gráficos abrangem todos os pontos monitorados, sendo as séries de dados em cada ponto subdivididas em 3 bimestres. Os valores mostrados são as médias dos dados acumulados, ou seja, médias dos valores obtidos desde o início das amostragens. Com isso, eventuais dados isolados irão afetar sempre as médias da série.

Figura 46: Grau de afastamento do padrão (GAP) – Alumínio



Pode-se perceber que em praticamente todos os pontos do sistema as concentrações de alumínio estão, em média, acima do padrão (valores de GAP maiores que 1). Em termos de evolução, os GAP apresentam, em todos os pontos, uma tendência de aumento. Os valores de GAP se situam entre 1,5 e 2 nos reservatórios, o que significa que as concentrações nos pontos dos reservatórios estão, em média, entre 1,5 e 2 vezes o padrão.

Figura 47: Grau de afastamento do padrão (GAP) – Chumbo



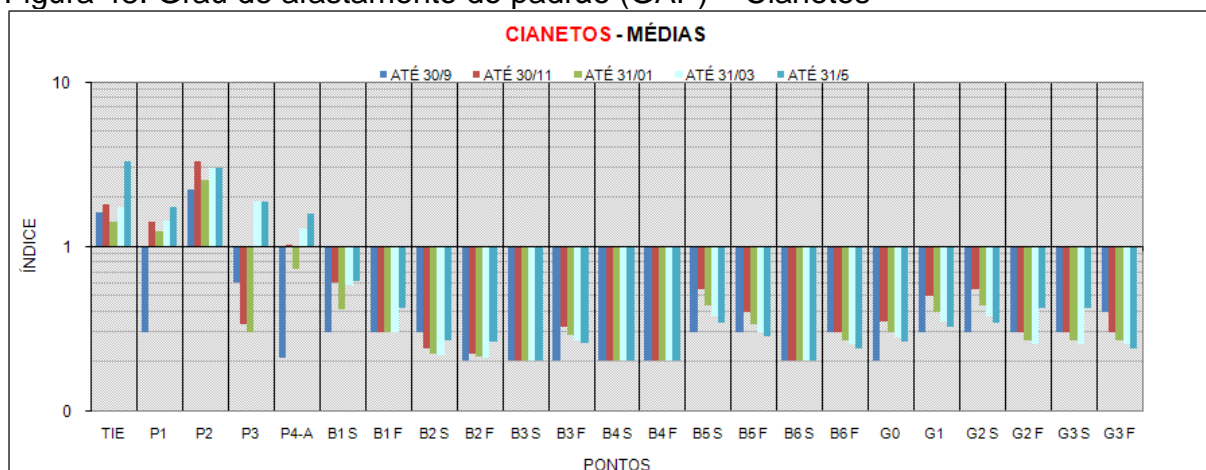
Nesse gráfico podem ser identificados os pontos onde se verificaram os maiores níveis de desconformidade com os padrões para o chumbo, ou seja, B1, B3 e B6, na Billings. Os níveis de concentração encontrados na Billings foram, inclusive, maiores que no Ponto TIE. Considerando-se que as concentrações nos pontos do canal do Pinheiros (P1 a P4-A) se mantiveram

em níveis inferiores aos medidos na Billings, pode-se supor que as concentrações relativamente altas medidas no reservatório não estão relacionadas com a água bombeada, pelo menos no período abrangido pela avaliação. Estas concentrações podem estar relacionadas com descargas de esgotos clandestinos diretamente na represa, o que deverá ser reduzido com o avanço do Programa de Despoluição do Rio Tietê, citado anteriormente.

Uma possível causa desses altos teores encontrados na água são os teores encontrados no lodo de fundo do reservatório, que são altos, de acordo com estudos realizados em anos anteriores. Em determinadas condições de pH, pode ocorrer uma solubilização do chumbo contido nesse lodo, contaminando a água nas camadas superiores. Não se deve descartar também a possibilidade de contaminação através de águas afluentes ao reservatório através dos seus rios tributários.

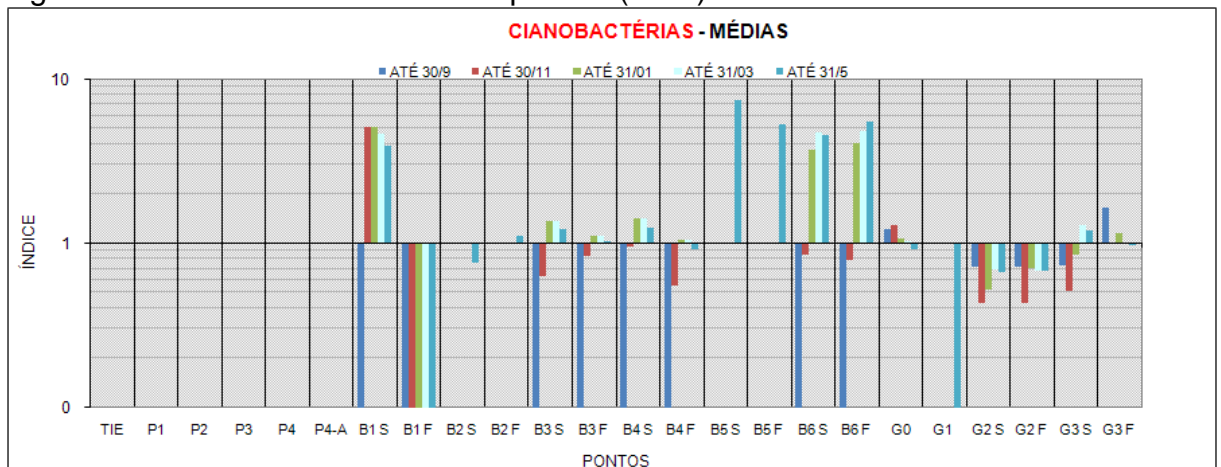
No que se refere à evolução no tempo, pode-se constatar que em todos os pontos a tendência é de queda, o que significa que os valores mais elevados foram detectados no início do programa de amostragens.

Figura 48: Grau de afastamento do padrão (GAP) – Cianetos



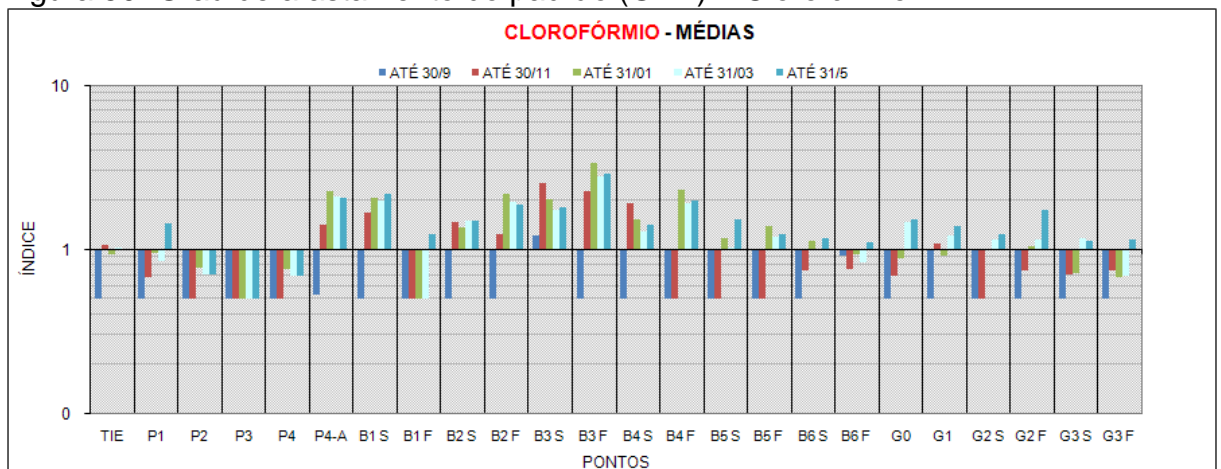
O gráfico mostra que as desconformidades com o padrão para cianetos se manifestam somente nos rios, especificamente nos pontos TIE, P1 e P2. Nos reservatórios, os dados se mantiveram, na média, sempre dentro dos padrões. Cianetos são instáveis quimicamente, e se oxidam rapidamente em um ambiente aeróbio, como é o caso das águas do reservatório.

Figura 49: Grau de afastamento do padrão (GAP) – Cianobactérias



O gráfico acima mostra que as densidades de cianobactérias estão apresentando muito acima do limite nos pontos B1, B6 e, mais recentemente, B5. Também acima dos limites, mas de forma mais atenuada (GAP < 2) são os valores verificados nos pontos B3 e B4.

Figura 50: Grau de afastamento do padrão (GAP) – Clorofórmio

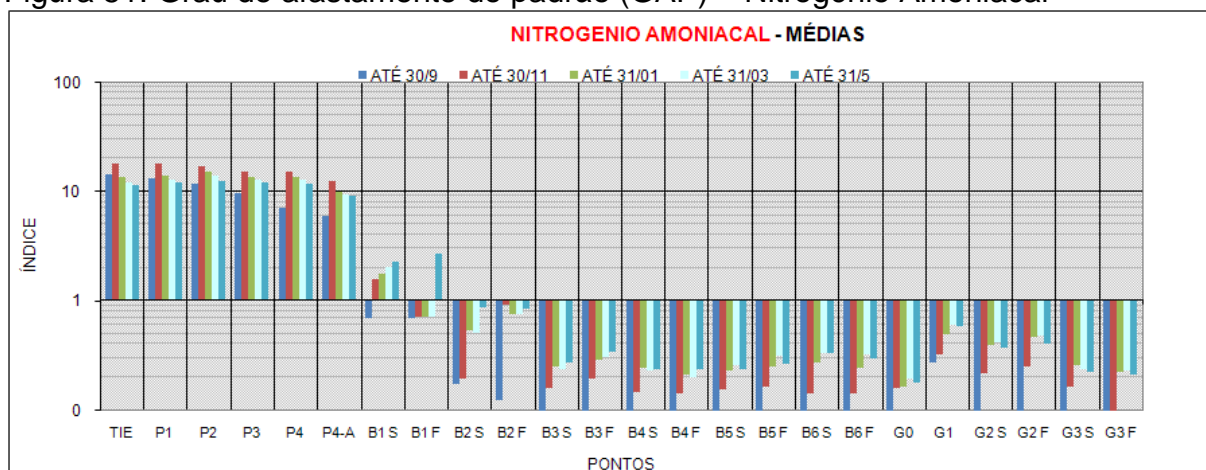


Os valores de GAP para clorofórmio mostram que em praticamente todos os pontos foram detectadas concentrações acima do padrão, uma ou mais vezes, desse composto orgânico. O fato de apresentar valores fora do padrão no P4-A leva a concluir que uma fonte provável de contaminação por clorofórmio está na água bombeada.

Por outro lado, observa-se, no Ponto P4-A, que os valores estão mais elevados que nos demais pontos do Canal do Pinheiro. Provavelmente está havendo uma influência das descargas da usina termo elétrica nesses teores, já que essa é a única alteração que ocorre no trecho curto entre o Ponto P4 e o P4-A. Este é também um caso que deve ser pesquisado, para se identificar quais seriam as suas causas.

Deve-se ressaltar que a Resolução CONAMA 357 estabelece, para o clorofórmio, um limite apenas de lançamento, mas não para águas superficiais.

Figura 51: Grau de afastamento do padrão (GAP) – Nitrogênio Amoniacal



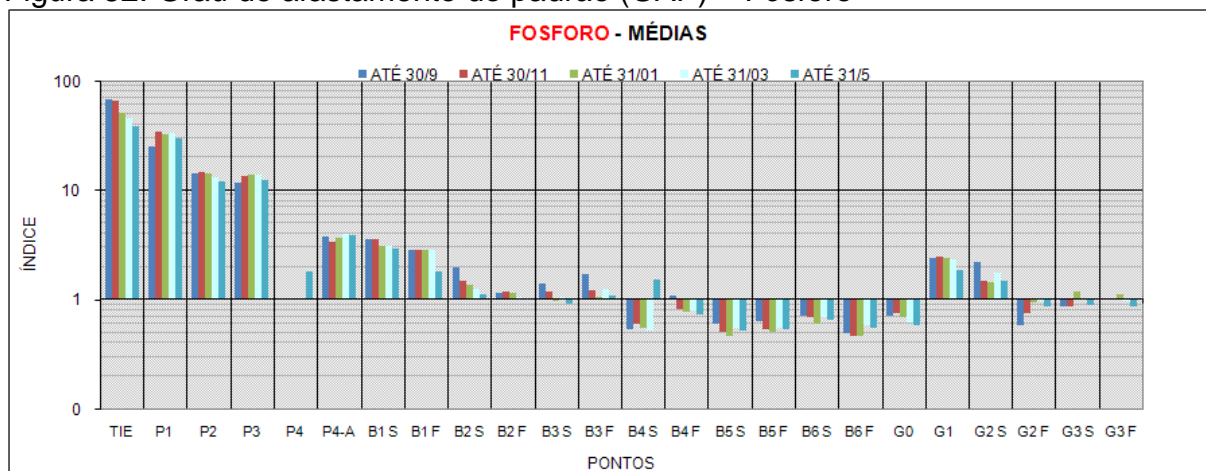
Os dados de nitrogênio amoniacal se apresentam muito acima do padrão (mais de 10 vezes superior) nas águas dos rios Tietê e Pinheiros, ligeiramente acima no Ponto B1 e dentro do padrão nos demais pontos, nos reservatórios. Com relação às águas dos rios, esse é um comportamento

esperado, já que se trata de águas com altos teores de poluição, principalmente por esgotos domésticos, considerando a população que reside hoje no entorno da represa.

O perfil observado nos reservatórios mostra que os bombeamentos não causaram, até aqui, impacto significativo na qualidade da água, em relação a esse parâmetro. Nitrogênio amoniacal, no reservatório, sofre um processo biológico de nitrificação, passando para nitritos e em seguida a nitratos, o que explica os teores relativamente baixos verificados nas águas dos reservatórios.

É preciso atentar, entretanto, para o fato de que a capacidade de autodepuração de corpos d'água superficiais para esse parâmetro tem um limite, dado pela carga de nitrogênio amoniacal lançada. Caso essa carga seja superior a esse limite, os teores de N amoniacal tendem a crescer no reservatório.

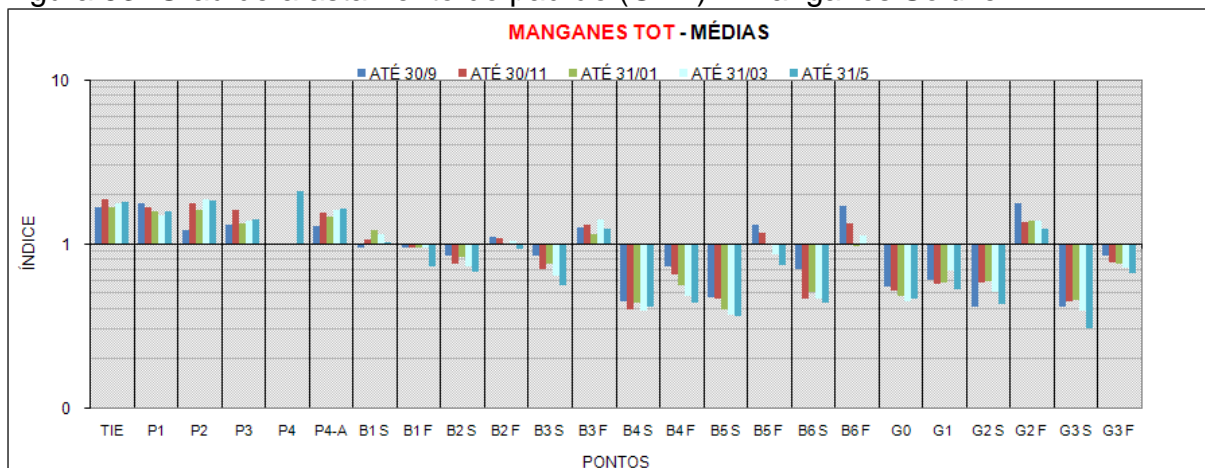
Figura 52: Grau de afastamento do padrão (GAP) – Fósforo



Os dados de fósforo refletem bem o que ocorre no complexo Tietê-Pinheiros-Billings, ou seja, altas concentrações nos pontos mais poluídos, sempre acima do padrão, e que decrescem no sentido do fluxo geral da água, na condição de bombeamento, apresentando-se ainda acima no Ponto B1, ligeiramente acima no B2 e B3, e mantendo-se dentro do padrão a partir

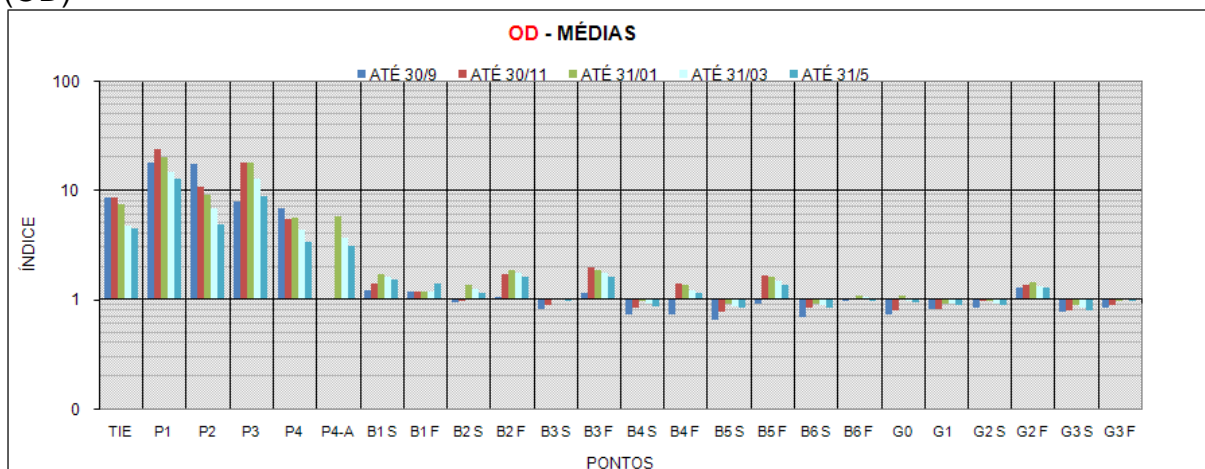
do B4. Ressalta-se que para esse caso específico a flotação apresentou uma remoção superior a 90%.

Figura 53: Grau de afastamento do padrão (GAP) – Manganês Solúvel



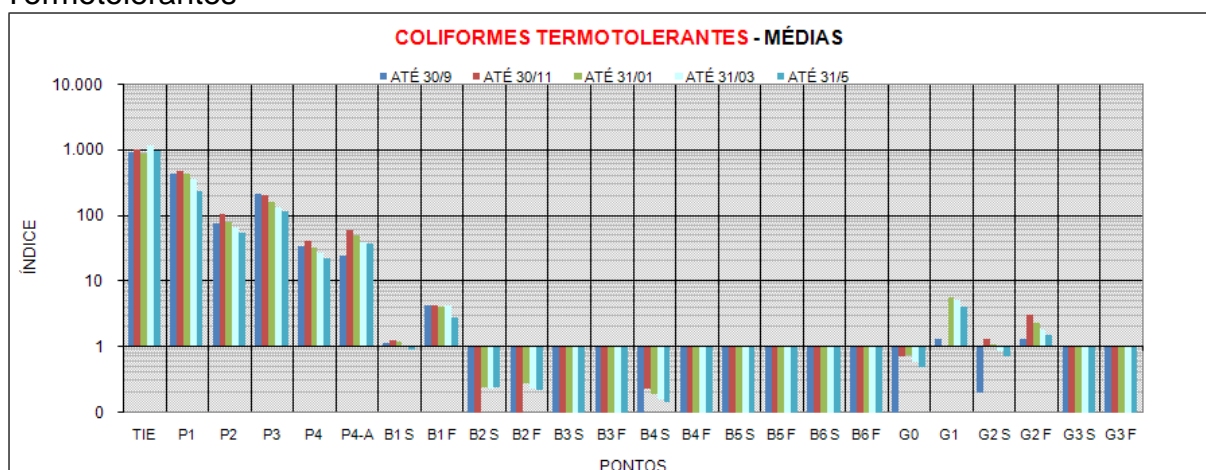
Os altos valores de manganês total observados em alguns pontos dos rios não estão sendo suficientes para trazer prejuízos à água do reservatório, em relação a esse parâmetro. Nota-se que os teores acima do padrão nos reservatórios se referem, geralmente, às águas de fundo, o que significa que esses teores se devem ao manganês contido no lodo de fundo, que, em determinadas condições, se difunde para a camada de água mais próxima do fundo, por ressolubilização oxidação ou por ressuspensão.

Figura 54: Grau de afastamento do padrão (GAP) – Oxigênio Dissolvido (OD)



O acompanhamento do oxigênio dissolvido nas águas vem sendo feito nos pontos P4, P4-A, B1, B3 e B4, através do monitoramento automático da SABESP, CETESB e FCTH. Os dados relativos a esse monitoramento foram apresentados em itens anteriores aqui. Os dados das amostragens, feitos em todos os pontos e mostrados na Figura 54, corroboram os dados do monitoramento contínuo, ou seja, os teores de OD são muito baixos nas águas dos rios e oscilam em torno do padrão nos reservatório, algumas vezes ligeiramente abaixo, outras acima, do padrão.

Figura 55: Grau de afastamento do padrão (GAP) – Coliformes Termotolerantes



As densidades de coliformes decrescem ao longo do fluxo de água, chegando a apresentar valores ligeiramente acima do padrão no Ponto B1, mas dentro já do padrão em todos os demais pontos da Billings. O que se conclui é que, embora apresentando altos valores nos rios, a capacidade de autodepuração no reservatório é suficiente para manter as densidades em níveis adequados. Vale ressaltar que esse tipo de microrganismo não é adaptado a ambientes aquáticos.

7. CONCLUSÕES

Considerando a possibilidade de reúso recreacional do reservatório Billings, e também geração de energia da Usina Henry Borden em Cubatão, indica-se a seguir, as faixas de valores dos parâmetros, em números absolutos, tanto para o sistema de flotação quanto para a água do reservatório, comparando-os com os padrões da Resolução CONAMA 357/05 – para águas de Classe II.

Será adotada como referência, essa Resolução CONAMA 357/05, uma vez que no Brasil não existe legislação específica para água de reúso, (conforme explicitado no item 4.8). Além disso, a Represa Billings está enquadrada como corpo hídrico de Classe II. Assim, os parâmetros de qualidade da água para a prática de reúso deverão atender as especificações desta Resolução.

A Tabela 19 apresenta a variação dos parâmetros do sistema de flotação e a Tabela 20 apresenta a variação dos parâmetros no reservatório.

Tabela 19: Variação dos parâmetros do sistema de flotação (P1 à P 4 A)

Parâmetro	Variação (médias)	Valores de referência (CONAMA)
Cor (UC)	350 - 200	75
pH	7,0	6,0 a 9,0
Ferro (mg/L)	1,2 - 2,5	0,3
OD (mg/L)	1,3 – 2,2	5,0 (*)
Turbidez (UNT)	50 - 25	100
DBO (mg/L)	50 - 20	5,0
DQO (mg/L)	110 – 45	-
Fosforo (mg/L)	1,2 - 0,1	0,03
Nitrogenio amoniacal (mg/L)	28 - 25	-

(*) O valor de 5,0 mg /L é o limite mínimo exigido na legislação

Fonte: Elaboração própria

O sistema de flotação está removendo alguns parâmetros, como cor, turbidez, DBO, DQO e fósforo, que são importantes indicadores para o controle de poluição das águas, sendo o fósforo o que apresentou maior índice de remoção, caracterizando um aspecto positivo, pois este parâmetro é de fundamental importância pelos problemas que causa, de florações de algas na represa.

Entretanto, constata-se que a remoção dos parâmetros não foi suficiente para o enquadramento dos mesmos (exceto para a turbidez), dentro dos limites exigidos pela legislação adotada. Ressalta-se, porém, não é possível afirmar se o objetivo final pode ser atingido, em função de diversos fatores, tais como:

- Diversas interrupções e paradas no sistema durante o período de observação;
- Alta quantidade de material depositado no trecho entre o ponto P4 e P4A, sujeito a revolvimento (mais freqüente e intenso nos eventos de controle de cheias);
- Descarga do efluente das torres de resfriamento da Termoelétrica Piratininga, também provocando revolvimento do material sedimentado no trecho;
- Qualidade da água do efluente da termoelétrica visivelmente pior que a água tratada na estação de flotação, em particular o lançado dentro do septo;

Além disso, é de fundamental importância a análise conjunta com o comportamento da água no reservatório, considerando a autodepuração que é um fenômeno natural dos corpos hídricos.

Estão identificadas na Tabela 20, as variações dos parâmetros no reservatório, para os pontos com monitoramento contínuo

Tabela 20: Variação dos parâmetros do reservatório

Parâmetro	Variação			Valor de referência (CONAMA)
	B1	B3 (*)	B4	
Temperatura (° C)	20 – 28	18 – 30	19 - 28	-
Condutividade (µS/cm)	250 - 1000	180 - 230	200 - 250	-
pH	7,0 - 9,5	7,5 - 10	7,0 - 8,0	6,0 a 9,0
OD (mg/L)	0 – 10	5,0 - 14	5,5 - 10	>=5,0
Turbidez (UNT)	10 – 200	15 - 200	5 - 100	Até 100

(*) As séries de dados desta estação apresentam vários “claros”, de períodos em que as sondas estiveram fora de operação

Fonte: Elaboração própria

Para o comportamento da água no reservatório pode-se concluir que o ponto B1 sofre diretamente o impacto do bombeamento, observando-se os valores da condutividade, pois a água dos Rios Pinheiros e Tietê apresentam maior salinidade do que a água da represa. Porém, para os pontos B3 e B4 não é possível afirmar até o presente momento se estão sob efeito do bombeamento.

Salienta-se que o aumento de oxigênio dissolvido nos pontos B3 e B4 pode ser atribuído ao efeito de autodepuração do reservatório.

Ainda com relação à qualidade da água no reservatório, pode-se concluir que os dados obtidos no monitoramento até o presente momento permitiram identificar uma série de parâmetros mais críticos, em termos do risco de impacto nos reservatórios, em função do bombeamento de água dos rios Pinheiros e Tietê, o que era previsto, em função da qualidade da água no Canal do Pinheiros.

Foram identificados também alguns contaminantes potencialmente tóxicos para humanos ou para a vida aquática, como o chumbo e clorofórmio, que apresentaram, em várias amostras, valores acima do padrão ou valor de referência em vários pontos nos reservatórios. Em relação ao clorofórmio, é importante salientar que o valor adotado como referência é aquele definido pela USEPA, a agência ambiental dos Estados Unidos, que é muito inferior ao padrão de lançamento definido pelo CONAMA (Resolução 357, Artigo 34).

O chumbo é o parâmetro mais crítico identificado até agora no programa de amostragens, e que tem apresentado valores acima do padrão em praticamente todos os pontos dos reservatórios. Em relação às possíveis causas dessa anomalia, é necessário um período suficiente de funcionamento contínuo do sistema de flotação para se analisar os efeitos dos bombeamentos feitos para os testes de flotação e a qualidade da água nos reservatórios.

Quanto ao conjunto total de parâmetros controlados, os resultados do programa de amostragens permitem já identificar, pelo menos de uma forma preliminar, um grande número de substâncias que não estão presentes nas águas dos rios Tietê e Pinheiros, e que não representariam risco de contaminação dos reservatórios, no caso de um bombeamento contínuo das águas desses rios para a Billings.

Outras substâncias se apresentam de forma sistemática nesses rios, algumas sensivelmente acima dos padrões ou limites aceitáveis, mas não são detectadas, ou pelo menos não ultrapassam os respectivos padrões, nos reservatórios. É o caso, por exemplo, dos Cianetos.

Dois parâmetros importantes são o nitrogênio amoniacal e o fósforo, que se apresentam em concentrações relativamente altas nas águas dos dois rios, e que, certamente, causam algum tipo de impacto no reservatório pelo bombeamento dessas águas. Os dados coletados até aqui têm indicado que

há um impacto significativo no Ponto B1, em relação a esses dois parâmetros, assim como a outros poluentes, mas nos demais pontos a qualidade da água vem se mantendo, no geral, dentro dos padrões.

Com relação aos dados provenientes do monitoramento do Projeto Tietê, pode-se dizer que as obras da 2ª etapa do programa ainda não foram suficientes para elevar a condição da água a um nível ideal de qualidade. Afirma-se, entretanto, que houve redução da poluição, com decréscimo dos teores de fósforo e DBO ao longo das campanhas, principalmente após a implantação do interceptor Ipi 6 na marginal Pinheiros, que recebe os esgotos provenientes da bacia da Billings.

É difícil avaliar, até o presente momento, quais foram os benefícios exclusivos decorrentes da implantação do Projeto Tietê e quais foram aqueles oriundos do tratamento por flotação. Sabe-se até agora que a flotação é eficiente para remoção de alguns parâmetros e também que a execução das obras pela SABESP ocasionou uma contribuição na redução da carga orgânica.

Estudos futuros poderão demonstrar com clareza a constatação dos ganhos através da execução das obras de coleta e afastamento dos esgotos, e também dos benefícios do sistema de flotação, após ajustes operacionais e adequações no mesmo.

Conclui-se que utilização da represa Billings para reuso recreacional com contato primário está contra indicada até o momento, uma vez que a qualidade da água tratada não atende ainda os parâmetros exigidos no CONAMA 357/05 para corpos hídricos de classe II, apesar da melhora obtida com a flotação e o Projeto Tietê.

Essa afirmação poderá ser reavaliada, após a obtenção de regime contínuo de operação do sistema de flotação por um período maior e também da implantação da 3ª Etapa do Projeto Tietê.

Para o caso de geração de energia elétrica na Usina Henry Borden em Cubatão, não se verifica nenhum impedimento para utilização da água nesta modalidade. Assim, os bombeamentos podem ser mantidos.

8. RECOMENDAÇÕES

Com base em tudo que foi estudado e pesquisado, colocam-se as seguintes recomendações:

1. Realizar ajustes operacionais no sistema de flotação, compatibilizando as dosagens de coagulante e de polímeros e colocando o sistema em regime contínuo de operação;
2. Realizar novos testes no sistema, para outra faixa de vazão, além de 10 m³/s, possibilitando extrapolação para a vazão final de projeto de 50 m³/s, e assim medir a eficiência do tratamento, com alto grau de confiabilidade;
3. Compatibilizar as descargas da usina termoelétrica com o sistema de flotação. Eliminar a influência negativa dessa operação na qualidade da água flotada;
4. Identificar e mapear fontes de lançamentos clandestinos de esgotos domésticos na bacia da Billings. Eliminar estes lançamentos através da execução de redes coletoras e coletores troncos, que podem ser incluídos no programa da 3ª Etapa do Projeto Tietê, em implantação pela SABESP;
5. Detectar contribuições de lançamentos de efluentes industriais, sem pré-tratamento, e exigir o enquadramento pelas indústrias, do atendimento aos parâmetros estabelecidos na legislação, para lançamento de efluentes na rede coletora;
6. Coibir a ocupação irregular e a invasão de áreas no entorno da represa Billings, através de uma Política de Uso e Ocupação do Solo;

7. Implantar um Programa de Educação Ambiental ostensivo e que atinja toda a comunidade;
8. Desenvolver estudos futuros para analisar separadamente a influência do Projeto Tietê e do sistema de flotação na melhoria da qualidade da água na represa Billings.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, RM. **Estratégia para despoluir as águas da Billings**. Revista Ambiente 1990; 1(4):36-43

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – **Standart Methods for Examination of Water and Wastewater**. 19^a ed. Washington: American Public Health Association; 1999

ANA – Agência Nacional de Águas. Outorga. Disponível em <<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/Outorga/default2.asp>>Acessado em janeiro de 2009.

ASANO, Takashi – **Wastewater Reclamation and Reuse**. Lancaster, Technomic Pub, 1998

AWWA American Water Works Association - **Dual Water Systems**. Manual M 24. Denver, 1980

BARBOSA, PSF. **O gerenciamento de recursos hídricos no estado de São Paulo**. Revista de Administração. 1997; 32(1)47-57.

BRAILE, PM; Cavalcanti JEWA. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. São Paulo: CETESB; 1993

CAMP DRESSER & MCKEE INC. **Guidelines for Water Reuse**. In: The Legal and Institutional Issues, 1990

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2008

CONSÓRCIO TIETÊ – Acervo particular. 2009

CONSÓRCIO TIETÊ. **Relatório de Progresso do Projeto Tietê**. São Paulo, 2009.

CPLA - Secretaria do Meio Ambiente. **Informações básicas para o planejamento ambiental**. São Paulo; 2002

CROOK, J. **Critérios de Qualidade da Água de Reúso**. Trad. Hilton Santos. In: Revista DAE, v174, p10-8,1993

DEAN, RB. *et al.* **Water Reuse: problems and solution**. Nova York, Academic Press, 1998

EBAL – Editora Brasil-América Ltda. Biografias em Quadrinhos: **O Sistema Elétrico de São Paulo**. 1962

EMAE – Empresa Metropolitana de Água e Energia. **Funcionamento do processo de tratamento por flotação**. Artigo. Disponível em: <<http://www.emae.com.br/empresa/historico.asp>> Acessado em janeiro de 2009

ENGENHARIA & PROJETOS. **Reúso da Água**. Artigo. Disponível em: <http://www.enge.com.br/reúso_agua.htm> Acessado em janeiro de 2009

ESTÁTICA ENGENHARIA. **Variação da Qualidade das Águas dos Principais Rios da RMSP ao longo do Período de Realização da 2ª Etapa do Projeto Tietê.** São Paulo: Fevereiro; 2009

EPA - Environmental Protection Agency. **Manual: Guidelines for Water Reuse.** Washington : DC. U.S. Agency for International Development, 1992

FINK, DR. **Reúso de água: proposta principiológica para desenvolvimento de disciplina legal no Brasil.** São Paulo; 2002 [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública da USP]

FORNARI, Mara. **Efluentes: novas tecnologias ampliam as possibilidades de reúso da água.** Revista Saneamento Ambiental, nº 125, janeiro/fevereiro-2007. pp. 14-19

FUNDAÇÃO SEADE – Sistema Estadual de Análise de Dados. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/>> Acessado em janeiro de 2009

GRANZIERA, MLM. **Direito de águas e meio ambiente.** São Paulo: Ícone, 1993

JORDÃO, Eduardo Pacheco. **Tratamento de esgotos domésticos.** Rio de Janeiro – RJ: ABES,1998

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches e SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água.** Barueri: Manole, 2003

MIELI, João Carlos de Almeida. **Reúso de Água Domiciliar.** Niteroi-RJ, 2001

MIERZWA, José Carlos e HESPANHOL, Ivanildo. **Água na Indústria: uso racional e reúso.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005

METCALF & EDDY INC. **Waste water engineering: treatment disposal reuse**. 3 ed. Revised by G. Tchobanoglous and F. Burton. Nova York, Mc Graw-Hill, 1991

MONTGOMERY CONSULTING, JM. **Water treatment principles & design**. Nova York, John Wiley & Sons, 1995

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Resolução 274/00. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>> Acessado em janeiro de 2009

MPSP – Ministério Público do Estado de São Paulo. **Flotação**. Disponível em: <<http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/>> Acessado em dezembro de 2008

Ministério Público do Estado de São Paulo. **Legislação Ambiental**. São Paulo, Imprensa oficial, 2000

PROJETO TIETÊ. Portal. Disponível em: <<http://www.projetotiete.com.br/>> Acessado em janeiro de 2009

Revista AQUECIMENTO GLOBAL. **Nem com dança da chuva**. Ano 1, n. 3. São Paulo : IBC Instituto Brasileiro de Cultura, 2008

Revista GEOGRAFIA. **Água: questões urgentes sobre o uso racional deste recurso**. Entrevista. n. 23. São Paulo, Editora Escala Educacional, 2009

ROCHA S. **Pobreza no Brasil. Afinal, de que se trata?** Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Portal. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br/>> Acessado em janeiro de 2009

SAMPAIO, Anne Raquel. **Reúso da água: consumo racional**. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente. Ano XV, nº 38 – Abril/Junho de 2006. pp. 16-29

SANCHES, Petra. **Biologia Aplicada ao Saneamento Ambiental**. Apostila Curso de Especialização Engenharia de Saneamento Básico – Faculdade de Saúde Pública –USP. São Paulo, 2002

SANO, K. MIURA, T. **Dual Water Supply System Using Reclaimed Wastewater in Fukuoka City**. Sewage Works in Japan, 96-100

SMA - Secretaria do Meio Ambiente. Projeto Pomar: **Pinheiros Tietê mais verde, mais vida**. São Paulo; sd

SMA - Secretaria do Meio Ambiente. **O Rio Pinheiros**. São Paulo; 2002

SOS Manancial Rio Cotia [1 tela] Disponível em <http://www.manancialcotia.org.br/sos_cotia.htm> Acessado em setembro de 2008

Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Biblioteca/CIR. **Guia de apresentação de teses**. São Paulo; 2006

USEPA. **Manual Guidelines for Water Reuse**. Office of Water. EPA/625/R-92/004. Washington; 1992. Legal and Institutional Issues; p141-50

WATERWATCH OF OREGON. **Water Law Basics**. Disponível em <<http://www.waterwatch.org/waterlaw.html>> 1998

WHO - World Health Organization. **Guidelines for drinking - water quality**. Geneva; 2004

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water Recreational and Disease.**
London, TJ International; 2005

ZUCCOLO, RM. **Algo do Tietê Hoje. Leito, Várzea e Afluentes.** São Paulo:
Nova Bandeira, 2000.

ANEXOS

Resultados de análises

Cor aparente (valores em mgPt/L)

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
27/9/2007	322	878	121	96		61	50
18/10/2007	450	832	842	518		370	58
23/10/2007	550	710	174	481		317	71
31/10/2007	361	512	66	264		108	54
6/11/2007	287	447	66	448		76	100
7/11/2007	294	123	24	53		151	100
8/11/2007	145	399	123	155		44	100
9/11/2007	283	172	212	81		104	96
10/11/2007	296	477	108	169		103	88
11/11/2007	293	508	57	228		106	100
14/11/2007	390	698				77	88
22/11/2007	342	578	27	147		100	100
23/11/2007	121		83	126		48	100
24/11/2007	316	628	85	295		93	92
25/11/2007	385	536	187	102		99	100
26/11/2007	500	354	222	245		266	100
27/11/2007	107	216	341	367		318	100
30/11/2007	329	305	150	126		167	75
10/12/2007	285	546	98	368		79	83
11/12/2007	451	586	125	214		106	96
12/12/2007	257		53	189		170	100
13/12/2007	80	229	108	163		295	100
14/12/2007	129	233	215	69		260	100
15/12/2007	215	293	290	223		98	50
26/12/2007	171	199				50	54
27/12/2007	108	104	26	23		9	92
28/12/2007	81	217	83	23		12	92
7/1/2008	215	614				532	67
8/1/2008	288	378	114	406		31	100
9/1/2008	50	114	153	488		70	67
10/1/2008	49	212	230	122		48	63
11/1/2008	105	152	73	59		143	92
16/1/2008	111	85				164	83
17/1/2008	258	271	349	171		376	58
26/2/2008	189	294				76	63
27/2/2008	65	214	161	247		74	100
28/2/2008	65	109	159	134		18	100
29/2/2008	87	90	96	18		54	100
1/3/2008	107	62	35	34		50	100
2/3/2008	319	226	278	82		58	100

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
3/3/2008	227	476	241	341		82	100
4/3/2008	334	536	45	305		179	67
5/3/2008	191	324	225	307		280	100
6/3/2008	352	642	117	273		392	100
7/3/2008	131	160	205	267		247	100
8/3/2008	89	86	302	106		143	100
9/3/2008	166	608	288	249		154	100
10/3/2008	454	640	358	373		226	100
11/3/2008	151	167	203	170		283	100
12/3/2008	275	97	411	502		424	100
14/3/2008	60	333				210	83
16/3/2008	73	359				295	67
19/3/2008	300	394				818	58
24/3/2008	186	796	132	353		410	63
25/3/2008	379	788	298	264		297	100
26/3/2008	82	128	252	177		91	100
27/3/2008	154	120	191	200		248	100
28/3/2008	275	473	152	378		269	100
29/3/2008	130	177	144	155		81	100
30/3/2008	336	350	49	232		151	100
31/3/2008	266	618	221	112		51	100
1/4/2008	234	219	152	312		365	67
2/4/2008	246	220	469	244		211	67

pH

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
27/9/2007		7,4	6,64	6,9	6,38		50
18/10/2007		6,73	6,6	6,71	6,65		58
23/10/2007		6,93	6,31	6,77	6,42		71
31/10/2007		7,07	6,09	6,62	6,19		54
6/11/2007		6,05	6,25	6,94	6,09		100
7/11/2007		7,01	6,5	6,33	6,04		100
8/11/2007		6,97	5,86	6,35	6,27		100
9/11/2007		6,97	6,62	6,21	6,14		96
10/11/2007		6,87	6,28	6,33	6,35		88
11/11/2007		7	6,27	6,34	6,36		100
14/11/2007		6,38					88
22/11/2007		6,87	5,53	6,87	6,32		100
23/11/2007		6,88	6,28	6,38	6,22		100
24/11/2007		6,79	6,55	6,54	6,64		92
25/11/2007		6,79	6,65	6,29	7		100
26/11/2007		7,31	6,01	6,7	5,47		100
27/11/2007		6,95	6,3	6,36	6,16		100
30/11/2007		7,12	6,64	8,2	6,34		75
10/12/2007	7,33	7,06	6,35	6,99	6,59		83
11/12/2007	7,52	7,3	6,62	6,67	6,62	6,69	96
12/12/2007	7,46		7	6,92	6,71	6,84	100
13/12/2007	8,13	8,29	7,42	7,62	7,34	7,35	100
14/12/2007	8,86	9,56	9,85	9,97	9,92	10,1	100
15/12/2007	10,6	10,2	9,67	10,6	10,6	10,3	50
26/12/2007	7,26	7				6,97	54
27/12/2007	6,93	7,06	6,81	6,87	6,57	6,69	92
28/12/2007	7,12	7,13	6,71	6,77	6,45	6,52	92
7/1/2008	7,28	7,24				7,19	67
8/1/2008	7,15	7,17	6,52	6,55	6,22	5,99	100
9/1/2008	6,87	7,25	6,41	6,75	6,56	6,49	67
10/1/2008	6,98	6,84	6,58	6,64	6,87	6,8	63
11/1/2008	7,35	7,3	7,22	7,07	6,8	6,82	92
12/1/2008	6,87	7,44	6,97	7,32	6,86	6,84	46
16/1/2008	7,36	7,42				7,36	83
17/1/2008	7,13	6,68	7,28	7,14	7,37	6,89	58
26/2/2008	7,8	7,28				6,95	63
27/2/2008	7,11	7,14	6,46	6,57	6,22	6,17	100
28/2/2008	6,33	7,04	6,19	6,54	6,28	6,29	100
29/2/2008	7,53	7,45	6,8	6,31	6,36	5,96	100
1/3/2008	7,52	7,55	6,85	7,2	6,73	6,82	100
2/3/2008	7,19	7,53	7	6,99	6,75	6,81	100
3/3/2008	7,08	7,1	6,26	6,57	6,19	6,42	100
4/3/2008	7,51	7,45	5,92	6,81	6,44	6,15	67
5/3/2008	7,43	7,46	6,51	6,82	6,58	6,7	100

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
6/3/2008	7	6,83	5,87	6,33	6,12	6,19	100
7/3/2008	7,53	7,43	6,09	6,62	6,73	6,7	100
8/3/2008	7,56	7,51	6,9	6,78	6,67	6,55	100
9/3/2008	7,52	7,48	7,17	7,02	6,76	6,85	100
10/3/2008	7,59	7,5	7,21	7,18	6,92	6,88	100
11/3/2008	7,67	7,51	6,6	6,65	6,79	6,89	100
12/3/2008	7,73	7,62	7,3	7,11	6,9	7,15	100
14/3/2008	6,85	7,06				7,07	83
16/3/2008	7,08	6,97				7,06	67
19/3/2008	6,96	6,95				6,87	58
24/3/2008	7,18	7,11	6,4	7,09	7,02	6,95	63
25/3/2008	7	7,04	6,7	6,6	6,32	6,27	100
26/3/2008	7,14	6,98	6,19	6,55	6,4	6,54	100
27/3/2008	6,61	7,03	6,21	6,4	6,4	6,36	100
28/3/2008	7,01	7,11	6,12	6,51	6,26	6,33	100
29/3/2008	6,98	6,84	6,37	6,44	6,16	6,33	100
30/3/2008	6,35	7,02	6,05	6,73	6,31	6,48	100
31/3/2008	7,05	6,95	6,55	6,42	6,98	6,39	100
1/4/2008	7,03	6,52	6,4	6,61	6,77	6,64	67
2/4/2008	7,05	6,8	6,52	6,33	6,3	6,47	67
4/4/2008	7,13	7,3	7,21	7,3	7,15	7,19	83
7/4/2008	7,04	7,04	6	7,08	6,58	6,94	67
8/4/2008	7,3	7,15	6,3	6,47	6,11	6,47	54
9/4/2008	7,15	6,87	6,25	6,64	6,55	6,46	63

Ferro solúvel (valores em mg/L)

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
27/9/2007	0,71	1,47	1,69	6,92		0,06	50
18/10/2007	0,39					3,18	58
23/10/2007	0,16					3,93	71
31/10/2007	0,35					5,23	54
6/11/2007	1,43					4,96	100
7/11/2007	1,38					1,83	100
8/11/2007	1,21					2,17	100
9/11/2007	1,09	0,85	0,05	3,43		0,26	96
10/11/2007	0,5					3,33	88
11/11/2007	0,13					1,61	100
14/11/2007	2,18					3,67	88
22/11/2007	0,51					5,69	100
23/11/2007	1,53		0,06	0,08		5,99	100
24/11/2007	0,19					6,21	92
25/11/2007	0,06					5,25	100
26/11/2007	0,14					6,6	100
27/11/2007	0,15					3,7	100
30/11/2007	0,29	0,25	6,07	0,35		1,69	75
10/12/2007	0,13	6,08	6,28	3,23		0,61	83
11/12/2007	0,05					0,05	96
12/12/2007	0,52					0,44	100
13/12/2007	0,48					0,56	100
14/12/2007	0,38					0,83	100
15/12/2007	0,5					0,46	50
26/12/2007	0,07					0,09	54
27/12/2007	0,05	0,85	0,7	0,12		0,05	92
28/12/2007	0,05	0,16	0,05	0,05		0,05	92
7/1/2008	0,11					0,62	67
8/1/2008	0,05					0,05	100
9/1/2008	0,05	0,18	0,05	0,26		0,05	67
10/1/2008	0,18					0,05	63
11/1/2008	0,12					1,04	92
16/1/2008	0,09					0,27	83
17/1/2008	0,06					0,05	58
26/2/2008	0,17					0,05	63
27/2/2008	0,05	0,2	0,05	0,1		0,05	100
28/2/2008	0,22					0,09	100
29/2/2008	0,05					0,89	100
1/3/2008	0,05					0,36	100
2/3/2008	0,05					0,13	100
3/3/2008	0,16					0,11	100
4/3/2008	0,21	0,26	9,86	0,49		1,04	67
5/3/2008	0,24					0,93	100
6/3/2008	0,49					3,78	100

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
7/3/2008	0,12					4,5	100
8/3/2008	0,16					1,77	100
9/3/2008	0,56					0,47	100
10/3/2008	0,07					5,84	100
11/3/2008	0,22					0,34	100
12/3/2008	0,94	0,6	4,6	6,5		6,98	100
14/3/2008	0,05					0,05	83
16/3/2008	0,49					4,07	67
19/3/2008	0,1					0,21	58
24/3/2008	0,05					0,45	63
25/3/2008	0,46	1,62				10,8	100
26/3/2008	0,9					2,29	100
27/3/2008	0,88					0,05	100
28/3/2008	0,34	0,9	2,03	4,05		2,74	100

Oxigênio dissolvido (valores em mg/L)

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
27/9/2007		0,2	1,6	0,3	1,2		50
18/10/2007		2,1	3,2	4			58
23/10/2007		1,6	3	2			71
31/10/2007		0,4	2,1	0,3	1,5		54
6/11/2007				0,9	3,9		100
7/11/2007		0,14	1,7	0,62	2,8		100
8/11/2007		0,05	2,1	0,08	1,4		100
9/11/2007		0,35	1,7	0,56	2,2		96
10/11/2007		0,05	1,3	23,8	2,7		88
11/11/2007		3,7	1,2	0,64	0,93		100
14/11/2007		1					88
22/11/2007		0,13	2	0,05	0,98		100
23/11/2007		0,08	1,5	0,05	1,5		100
24/11/2007		0,05	1,2	0,34	1,2		92
25/11/2007		0,05	0,53	0,16	1,8		100
26/11/2007		0,06	0,33	0,11	0,76		100
27/11/2007		0,2	0,8	0,1	1,1		100
30/11/2007		0,1	0,9	0,2	0,8		75
10/12/2007	0,9	0,1	1,5	0,06	1,7		83
11/12/2007	1,3	0,8	0,7	0,1	0,6		96
12/12/2007	0,3		2	0,7	1,6	1,4	100
13/12/2007	0,8	1,1	1,8	0,8	1,5	0,7	100
14/12/2007	0,7	0,8	1	1	1,2	1,2	100
15/12/2007	1,1	0,6	1,1	0,8	1,6	1,2	50
26/12/2007	0,5	0,6				1,5	54
27/12/2007	1	0,7	1,7	0,9	1,5	0,6	92
28/12/2007	0,6	0,5	0,9	0,6	1,9	1,4	92
7/1/2008	1,1	0,51				0,05	67
8/1/2008	1,45	0,9	1,6	0,7	2	1,8	100
9/1/2008	1,7	1,2	1,9	1,2	1,4	2,2	67
10/1/2008	0,32	0,74	0,55	0,56	0,67	1,4	63
11/1/2008	0,57	0,32	0,55	0,75	0,95	2	92
12/1/2008	0,33	0,05	0,85	0,5	1,3	2,2	46
16/1/2008	1,3	1,2				1,7	83
17/1/2008	3,2	3				3,1	58
26/2/2008	2,7	2,8				2,1	63
27/2/2008	2,1	1,8	2,5	2,4	2,5	2,7	100
28/2/2008	2,4	2,4	2,6	2,3	2,6	3	100
29/2/2008	2,2	3,2	3,2	2,9	3,3	2,9	100
1/3/2008	2,1	1,6	2,8	2	2,9	2,5	100
2/3/2008	2,1	2,1	2,5	1,8	3,1	2,6	100
3/3/2008	1,9	2	3	2	2,6	2,6	100
4/3/2008	2	2,7	3,8	2,2	2,8	2,3	67
5/3/2008	2,2	1,9	3,1	2,4	2,6	3,4	100

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
6/3/2008	2,3	2,2	3,3	2,4	2,6	1,9	100
7/3/2008	2	3,1	2,6	2,7	2,2		100
8/3/2008	2,1	1,7	2,3	2,1	2,5	5,7	100
9/3/2008	2,2	2,6	1,8	2,1	1,9	3,3	100
10/3/2008	2,1	1,8	2	2	1,8	2,7	100
11/3/2008	2,8	2,9	4,3	2,7	3,7	3,1	100
12/3/2008	3	2,7	5	3,2	4,5		100
14/3/2008	4	2,6				3	83
16/3/2008	2,3	3,2				2,3	67
19/3/2008	2,4	1,6				2	58
24/3/2008	2,6	3,8	3,4	2,9	2,7	2,9	63
25/3/2008	2,3	1,7	3	2,5	2,8	3	100
26/3/2008	2,7	2	3	2,4	2,5	3,2	100
27/3/2008	2,2	2,3	3	2,3	2	2,5	100
28/3/2008	2,3	2	2,9	2,1	2,4	2,4	100
29/3/2008	2,2	2	3,6	2,5	3,1	2,7	100
30/3/2008	2,2	2,4	3,9	2,3	2,8	2,1	100
31/3/2008	2,2	1,9	2,3	2,2	2,9	2,8	100

Turbidez (Valores em NTU)

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
27/9/2007		103	15	12	13		50
18/10/2007		124	123	69	57		58
23/10/2007		87	23	65	84		71
31/10/2007		66	9	34	10		54
6/11/2007		58	8	62	8		100
7/11/2007		15	3	7	11		100
8/11/2007		54	16	19	12		100
9/11/2007		21	34	17	10		96
10/11/2007		61	14	27	14		88
11/11/2007		57	7	31	10		100
22/11/2007		74	4	22	7		100
23/11/2007		81	11	16	11		100
24/11/2007		85	11	41	24		92
25/11/2007		68	24	13	14		100
26/11/2007		45	29	33	49		100
27/11/2007		28	42	46	15		100
30/11/2007		37	18	14	11		75
10/12/2007	44	79	11	30	9		83
11/12/2007	40	68	18	29	16	11	96
12/12/2007	28		30	28	16	13	100
13/12/2007	9	31	16	23	27	31	100
14/12/2007	15	32	23	7	7	27	100
15/12/2007	32	41	25	28	9	9	50
26/12/2007	26	30				8	54
27/12/2007	15	11	2	2	7	1	92
28/12/2007	9	20	8	1	12	1	92
7/1/2008	20	70				67	67
8/1/2008	37	48	15	53	7	4	100
9/1/2008	7	14	19	66	20	9	67
10/1/2008	6	28	30	16	63	7	63
11/1/2008	12	19	10	8	25	18	92
16/1/2008	14	11				21	83
17/1/2008	33	34	44	21	4	48	58
26/2/2008	25	40				10	63
27/2/2008	9	28	21	32	4	11	100
28/2/2008	10	14	21	20	13	3	100
29/2/2008	12	13	13	3	5	8	100
1/3/2008	15	9	5	6	13	7	100
2/3/2008	35	28	39	11	6	9	100
3/3/2008	29	58	34	46	13	11	100
4/3/2008	43	62	6	44	23	25	67
5/3/2008	24	38	32	42	28	37	100
6/3/2008	46	76	15	39	52	55	100
7/3/2008	19	20	28	35	37	36	100

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
8/3/2008	13	12	40	17	18	19	100
9/3/2008	22	87	38	37	24	25	100
10/3/2008	60	89	43	50	32	31	100
11/3/2008	21	21	34	24	26	38	100
12/3/2008	34	13	54	71	9	58	100
14/3/2008	7	43				27	83
16/3/2008	9	48				38	67
19/3/2008	39	51				112	58
24/3/2008	23	95	19	41	49	50	63
25/3/2008	48	95	46	41	30	46	100
26/3/2008	12	16	38	24	26	13	100
27/3/2008	22	18	28	27	21	33	100
28/3/2008	36	60	22	52	45	39	100
29/3/2008	17	21	21	21	9	10	100
30/3/2008	41	42	8	35	15	21	100
31/3/2008	35	80	32	17	11	7	100
1/4/2008	29	29	21	42	22	52	67
2/4/2008	32	28	61	27	42	27	67

DBO (valores em mg/L)

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
18/10/2007	94	78	68	29		32	58
23/10/2007	62	85	40	34		18	71
31/10/2007	53	55	22	23		11	54
6/11/2007	17	21	2	14		2	100
7/11/2007	55	59	2	2		2	100
8/11/2007	27		2	2		2	100
9/11/2007	37	54	28	28		2	96
10/11/2007	42	33	22	24		21	88
11/11/2007	54	45	16	18		10	100
14/11/2007	49	26				2	88
22/11/2007	47	50	18	28		2	100
23/11/2007	45		33	2		2	100
24/11/2007	15	22	21	41		18	92
25/11/2007	15	12	18	13		37	100
26/11/2007	31	49	34	36		19	100
27/11/2007	58	64	44	38		48	100
30/11/2007	59	76	62	53		38	75
10/12/2007	45	77	25	41		2	83
11/12/2007	27	62	37	27		22	96
12/12/2007	57		32	30		2	100
13/12/2007	25	40	26	19		23	100
14/12/2007	23	57	2	24		2	100
15/12/2007	45	47	2	2		2	50
26/12/2007	29	22				6	54
27/12/2007	2	2	2	2		2	92
28/12/2007	2	2	2	2		2	92
7/1/2008	17	2				27	67
8/1/2008	5	39	18	26		19	100
9/1/2008	28	32	18	49		14	67
10/1/2008	26	26	19	25		2	63
11/1/2008	44	38	37	26		22	92
16/1/2008	24	26				19	83
17/1/2008	19	46	17	8		14	58
26/2/2008	18	41				10	63
27/2/2008	24	40	22	19		8	100
28/2/2008	37	75	33	39		28	100
29/2/2008	34	71	20	19		19	100
1/3/2008	38	29	22	19		12	100
2/3/2008	42	49	38	28		20	100
3/3/2008	40	58	38	36		22	100
4/3/2008	46	61	38	34		24	67
5/3/2008	32	57	47	37		41	100
6/3/2008	15	27	13	11		10	100
7/3/2008	104	110	80	72		65	100

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
8/3/2008	65	100	76	57		40	100
9/3/2008	54	91	81	65		44	100
10/3/2008	18	60	47	34		26	100
11/3/2008	23	67	45	42		30	100
12/3/2008	60	81	57	62		29	100
14/3/2008	21	55				33	83
16/3/2008	27	33				27	67
19/3/2008	17	22				14	58
24/3/2008	29	56	34	40		22	63
25/3/2008	31	60	29	35		40	100
26/3/2008	35	65	27	33		24	100
27/3/2008	49	55	29	44		33	100
28/3/2008	33	46	17	33		17	100
29/3/2008	62	65	55	50		32	100
30/3/2008	76	72	54	44		31	100
31/3/2008							100
1/4/2008	42	36	16	21		25	67
2/4/2008	41	44	40	17		15	67

DQO (valores em mg/L)

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
27/9/2007	138	263	62	112	84	51	50
18/10/2007	119	107	96	49	45	42	58
23/10/2007	142	133	184	79	65	53	71
31/10/2007	112	121	46	50	22	30	54
6/11/2007	59	80	25	48	5	43	100
7/11/2007	71	66	18	9	30	16	100
8/11/2007	85	86	40	39	33	34	100
9/11/2007	88	106	62	43	56	38	96
10/11/2007	94	80	50	44	47	52	88
11/11/2007	127	141	46	100	62	48	100
14/11/2007	90	43				5	88
22/11/2007	94	113	76	82	26	21	100
23/11/2007	96	99	83	36	33	40	100
24/11/2007	119	115	82	100	96	82	92
25/11/2007	130	131	102	82	72	72	100
26/11/2007	90	123	78	72	61	73	100
27/11/2007	86	125	66	48	40	97	100
30/11/2007	160	202	159	126	120	112	75
10/12/2007	103	166	48	48	36	36	83
11/12/2007	62	122	48	38	50	29	96
12/12/2007	134		51	58	40	30	100
13/12/2007	69	101	58	59	44	75	100
14/12/2007	58	92	37	58	40	42	100
15/12/2007	54	43	16	29	24	16	50
27/12/2007	37	20	18	32	22	32	92
28/12/2007	38	38	54	21	20	21	92
7/1/2008	76	81				78	67
8/1/2008	82	84	36	62	41	56	100
9/1/2008	62	78	48	262	36	34	67
10/1/2008	85	68	77	59	38	38	63
11/1/2008	84	89	74	73	34	42	92
16/1/2008	58	64				42	83
17/1/2008	85	82	52	47	28	51	58
26/2/2008	58	121				56	63
27/2/2008	66	120	53	50	26	22	100
28/2/2008	92	153	46	70	48	54	100
29/2/2008	84	101	46	48	32	28	100
1/3/2008	82	99	58	58	47	36	100
2/3/2008	64	92	77	43	46	29	100
3/3/2008	70	122	64	82	62	38	100
4/3/2008	88	133	52	68	45	38	67
5/3/2008	72	134	84	100	49	67	100
6/3/2008	67	94	38	47	56	68	100
7/3/2008	108	130	106	81	5	66	100

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
8/3/2008	106	122	99	89	53	56	100
9/3/2008	108	130	123	96	94	94	100
10/3/2008	63	146	112	91	66	62	100
11/3/2008	42	128	64	58	47	39	100
12/3/2008	154	150	108	113	78	74	100
14/3/2008	31	118				82	83
16/3/2008	66	85				68	67
19/3/2008	72	60				52	58
24/3/2008	73	136	133	92	60	76	63
25/3/2008	74	148	85	69	44	32	100
26/3/2008	100	262	76	96	66	63	100
27/3/2008	80	109	50	64	51	49	100
28/3/2008	107	94	39	73	54	52	100
29/3/2008	86	93	70	63	50	38	100
30/3/2008	90	89	68	60	60	37	100
31/3/2008							100
1/4/2008	86	69	50	48	50	52	67
2/4/2008	107	100	82	48	45	42	67

Fósforo total (valores em mg/L)

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
27/09/07	1,9	1,3	0,14	0,89		0,07	50
07/11/07	0,92	0,89	0,12	0,07		0,014	100
08/11/07	1,3	1,1	0,11	0,28		0,033	100
09/11/07	0,92	1,5	0,37	0,2		0,013	96
10/11/07	1,2	0,74	0,14	0,2		0,028	88
11/11/07	1,4	1,1	0,11	0,28		0,066	100
14/11/07	1,5	0,39				0,14	88
22/11/07	0,93	1,4	0,11	0,7		0,076	100
23/11/07	1		0,24	0,14		0,017	100
24/11/07	0,21	1,5	0,4	0,56		0,018	92
25/11/07	1,2	1,8	0,48	0,18		0,012	100
26/11/07	1,2	1,3	0,55	0,2		0,025	100
27/11/07	1,5	2,6	0,39	0,27		0,09	100
30/11/07	2,3	2,9	2	0,68		0,016	75
10/12/07	0,056	2,2	0,094	1,2		0,078	83
11/12/07	0,62	2,1	0,23	0,43		0,026	96
12/12/07	1,5		0,066	0,13		0,034	100
13/12/07	0,43	1,3	0,2	0,12		0,026	100
14/12/07	0,71	1,5	0,1	0,28		0,044	100
15/12/07	1	1,6	0,4	0,1		0,17	50
26/12/07	0,77	0,42				0,12	54
27/12/07	1,7	1,3	0,42	0,28		0,08	92
28/12/07	1,4	1,7	0,48	0,28		0,049	92
07/01/08	0,6	0,5				0,36	67
08/01/08	0,89	1	0,21	0,33		0,0024	100
09/01/08	0,75	1,1	0,1	1		0,03	67
10/01/08	0,7	0,56	0,11	0,1		0,08	63
11/01/08	1,1	1,8	1,4	0,48		0,1	92
12/01/08	0,59	3,1	0,5	1,3		0,049	46
16/01/08	0,38	0,69				0,38	83
17/01/08	0,51	0,68	0,47	0,13		0,32	58
26/02/08	0,91	1,5				0,51	63
27/02/08	0,39	1,1	0,048	0,05		0,13	100
28/02/08	0,85	1,1	0,06	1,4		0,05	100
29/02/08	0,86	1,6	0,29	0,35		0,038	100
01/03/08	1,2	0,36	0,17	0,023		0,08	100
02/03/08	1,6	1,6	0,75	0,12		0,08	100
03/03/08	2	2,3	0,51	1,5		0,012	100
04/03/08	2,3	1,4	0,09	0,31		0,018	67
05/03/08	8	0,07	0,1	0,033		0,07	100
06/03/08	1,2	0,49	0,12	0,21		0,11	100
07/03/08	2	0,9	0,86	2,6		0,012	100
08/03/08	1,7	2,1	0,6	0,21		0,016	100

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
09/03/08	1,3	2,2	1,4	0,48		0,035	100
10/03/08	0,22	2,3	1,5	0,44		0,012	100
11/03/08	1,3	2,1	0,23	0,31		0,018	100
12/03/08	0,38	2,7	0,94	0,77		0,034	100
14/03/08	0,13	0,16				0,39	83
16/03/08	0,05	0,19				0,17	67
19/03/08	0,18	0,039				0,33	58
24/03/08	0,15		0,38	0,24		0,032	63
25/03/08	0,38	0,44	0,18	0,16		0,13	100
26/03/08	0,4	0,68	0,19	0,31		0,046	100
27/03/08	0,017	0,32	0,14	0,32		0,08	100
28/03/08	0,34	0,5	0,06	0,11		0,08	100
29/03/08	0,036	0,39	0,06	0,06		0,023	100
30/03/08	0,034	0,012	0,08	0,026		0,032	100
31/03/08	0,014	0,07	0,15	0,33		0,012	100
01/04/08	0,012	0,037	0,024	0,012		0,012	67

Nitrogênio amoniacoal (valores em mg/L)

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
27/9/2007	30,4	31,7	43,9	62,5	41,4	43,6	50
18/10/2007	32,5	29,8	32,7	27,3	62	33	58
23/10/2007	85	41	50,5	34,5	70	30,2	71
31/10/2007	50,5	44,5	49,5	33,6	31,2	30,1	54
6/11/2007	33,9	36,5	34,8	12,5	29,9	30,9	100
7/11/2007	30,3	16,5	25,2	23,7	27,3	26,5	100
8/11/2007	38,4	37	7,5	19,5	27,5	28,6	100
9/11/2007	11	51	58,5	51	50	62,5	96
10/11/2007	18	25	23	41,5	42,5	55	88
11/11/2007	13,5	23	37	35	32	16,5	100
14/11/2007	41	36,5				1,5	88
22/11/2007	43,5	29	25	19	21	22,5	100
23/11/2007	43,5	61,5	51,5	38,5	38,5	38,5	100
24/11/2007	40	38	39	54,5	56	54,5	92
25/11/2007	43	60,5	55	52	52	50,5	100
26/11/2007	43	66,5	61	57,5	51,5	55	100
27/11/2007	40	67	63	54	52,5	54	100
30/11/2007	26,5	24	29	29,5	25	25	75
10/12/2007	13	19,5	9	10	13	13	83
11/12/2007	8,4	22,4	21	17,8	16,4	16,1	96
12/12/2007	15,3		23,9	23,6	24	21,5	100
13/12/2007	10,2	1,8	18,1	19,7	20,6	20,5	100
14/12/2007	13,4	20,7	18,8	15,9	16,5	18,8	100
15/12/2007	16,4	20,2	20,7	20,7	21,9	18,4	50
26/12/2007	16,2	12,7				7,6	54
27/12/2007	19	17,7	17,7	15	14,2	12,8	92
28/12/2007	16,5	22,2	23,9	20	18,7	17,5	92
7/1/2008	16,7	21				18,1	67
8/1/2008	16,8	18,1	18,2	16,1	17,1	17	100
9/1/2008	11,4	19,1	21,7	18	19,8	18,2	67
10/1/2008	17	20,4	19,3	24,3	18,5	16,1	63
11/1/2008	15,8	21,1	21,2	20,6	21	20,7	92
12/1/2008	9,2	22,7	23,7	24,1	25	24,4	46
16/1/2008	14	13				11,1	83
17/1/2008	13	16	11	12,3	11	11	58
26/2/2008	17,2	24,2				9,5	63
27/2/2008	18,7	26,5	26,1	18	14,6	11,3	100
28/2/2008	17,8	22,7	15,5	26	16,8	19,6	100
29/2/2008	17,8	24,6	19,1	19,3	26,8	17,9	100
1/3/2008	18,8	25,9	12,7	25,5	16,9	16,9	100
2/3/2008	19,7	30	21,6	25,1	18	17,1	100
3/3/2008	23,4	36,2	27	33,6	23,2	21,8	100
4/3/2008	23,2	39,6	27,4	36,5	29	24,2	67
5/3/2008	16,4	24,3	24	24,1	23,3	22	100

dia	Pontos de amostragem						Tempo de operação (%)
	TIE	P1	P2	P3	P4	P4-A	
6/3/2008	16,8	23,4	23,8	25,4	23	21	100
7/3/2008	18,4	23,1	22,1	23,6	21,2	21,2	100
8/3/2008	19	24,2	22,5	23,4	20,5	20,5	100
9/3/2008	18	23,2	23,3	23,4	21,5	21,4	100
10/3/2008	12,5	24,1	24,2	23,8	21,5	22,8	100

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)