



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

**CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DO ALTO TIETÊ EM RELAÇÃO À PRESENÇA  
DE CIANOBACTÉRIAS E TOXICIDADE AOS ORGANISMOS AQUÁTICOS**

**CÓDIGO DE EMPREENDIMENTO: 2009-AT-475**

**NÚMERO DO CONTRATO: 193/2010**

**TOMADOR: CETESB**

**Relatório Final**

**Dezembro de 2014**



**CETESB**

**FICHA TÉCNICA BIBLIOGRÁFICA**

**DOCUMENTO**

Tipo	Data	Origem	Nº Página / V	Nº Mapas
Relatório Técnico	03/02/15	ELH	100p	

**TÍTULO DO DOCUMENTO**

Caracterização das águas do Alto Tietê em relação à presença de cianobactérias e toxicidade nos organismos aquáticos

**AUTOR RESPONSÁVEL**

Assinatura / Carimbo / Data

**AUTORES / ENTIDADES OU UNIDADES A QUE PERTENCEM**

**CETESB:**

Marta Condé Lamparelli  
Denise Amazonas Pires  
Elayse Maria Hachich  
Emerson A. de Araújo  
Guiomar Johnscher Fornasaro  
Luciana H. M. Lerche  
Maira M. Lopes  
Márcia Aparecida Aragão  
Maria Cristina L.S. Coelho  
Maria do Carmo Carvalho  
Maria Inês Zanoli Sato  
Maria Yumiko Tominaga  
Neusa Akemi Niwa  
Rosalina P. de A. Araújo  
Sandra Valéria Buratini  
**Instituto de Botânica:**  
Andrea Tucci  
Camila Rosal  
Célia Leite Sant'Anna

**DOCUMENTO AUTORIZADO POR**

Assinatura / Carimbo / Data

**DOCUMENTO REVISADO**

Assinatura / Carimbo / Data

**CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA**

- Externa       Interna  
 Reservada

**PALAVRAS CHAVES**

Fitoplâncton, toxicidade, índices de qualidade das águas superficiais, cianobactérias, cianotoxinas.

**CÓDIGO E TÍTULO DO PROJETO**

PROJETO FEHIDRO - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DO ALTO TIETÊ EM RELAÇÃO À PRESENÇA DE CIANOBACTÉRIAS E TOXICIDADE A ORGANISMOS AQUÁTICOS - Código de empreendimento 2009-AT-475  
Número do contrato 193/2010 Tomador CETESB

**DISTRIBUIÇÃO INTERNA**

Áreas / Nº de Cópias

ELHC, ELHE, ELH e EL

**USO DA BIBLIOTECA**

Classificação de Assunto

Nº Documento

Visto / Carimbo / Data

## CETESB

## FICHA TÉCNICA BIBLIOGRÁFICA

**TÍTULO DO DOCUMENTO**

Caracterização das águas do Alto Tietê em relação à presença de cianobactérias e toxicidade nos organismos aquáticos

**RESUMO**

Foi realizado o levantamento e análise dos dados históricos (2000 a 2010) da UGRHI 6 do banco de dados da Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo da CETESB, para selecionar os corpos d'água mais eutrofizados, com ocorrência de cianobactérias e de toxicidade, por meio de ensaios crônicos com *Ceriodaphnia dubia*. Foram selecionados oito reservatórios e realizada a coleta de amostras durante 12 meses, para análise da comunidade fitoplanctônica, incluindo a identificação e contagem de células das cianobactérias e determinação de cianotoxinas para verificar o atendimento à Portaria MS 2914/11 e a Resolução CONAMA 357/05. Foram ainda realizados testes de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*, levantamento de variáveis de campo (pH, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade), análises complementares de nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais, turbidez, sólidos dissolvidos, surfactantes, DBO, clorofila-a e cálculo dos índices de Qualidade das Águas (IQA, IAP, IET e IVA) e da Comunidade Fitoplanctônica (ICF). As coletas tiveram início em outubro de 2011 em dez pontos de amostragem, nos seguintes reservatórios: Res. Guarapiranga (GUAR00100 e GUAR00900); Res. Rio Grande (RGDE02900); Res. Taiaçupeba (PEBA00900); Res. Jundiá (JNDI00500), Res. Billings (BILL02900 e BITQ00100); Res. das Graças (COGR00900); Res. do Juqueri (JQU00900) e Res. de Tanque Grande (TGDE00900). As variáveis associadas a eutrofização foram as que apresentaram a maior porcentagem de não-conformidades, superando 50% das amostras analisadas, sendo os reservatórios do Tanque Grande e Juqueri os menos impactados com relação aos efeitos do enriquecimento por nutrientes. Esses dois reservatórios, juntamente com os reservatórios de Jundiá, das Graças, e Taiaçupeba apresentaram os maiores valores de transparência da água, as menores concentrações das séries de nutrientes, turbidez e condutividade elétrica, indicando menores condições de trofia. No entanto, os resultados indicam uma condição de alerta no reservatório Jundiá, que apresentou sinais de deterioração. Os reservatórios Billings (Summit e Taquacetuba) e Guarapiranga (Parelheiros e Captação), estiveram associados aos maiores valores de condutividade elétrica, alcalinidade, pH e clorofila. O reservatório do Rio Grande apresentou características intermediárias. Foi detectada a presença de microcistinas, pelo método ELISA, nos dois pontos do reservatório Billings, no reservatório Jundiá e uma vez no Guarapiranga, sendo 1,95µg/L o maior valor encontrado neste estudo. A saxitoxina foi quantificada, embora em baixas concentrações, nos Reservatórios Billings e Jundiá, enquanto a cilindrospermopsina não foi detectada em nenhuma das amostras analisadas. A toxicidade verificada em ambos os pontos do reservatório Billings relaciona-se ao predomínio de cianobactérias, hipótese confirmada nos estudos de avaliação e identificação da toxicidade, assim como para o Res. Jundiá. Verificou-se ainda que o número de células de *Cylindrospermopsis raciborskii* esteve correlacionado com os efeitos crônicos observados. Foram encontrados 280 táxons no projeto, referentes aos organismos fitoplanctônicos, dos quais 51% pertencentes ao grupo das clorofíceas, 18% cianobactérias, 15% fitoflagelados, 12% diatomáceas, 2% dinoflagelados e 2% xantofíceas. Foi elaborado um Atlas contendo fotos e descrição dos 57 táxons do grupo das cianobactérias, potencialmente nocivas, registradas nos oito mananciais estudados em uma parceria entre a CETESB e o Instituto de Botânica.

**OBSERVAÇÕES**

Este documento contém anexos digitais que fazem parte do Relatório Final do Projeto Fehidro - Caracterização das águas do Alto Tietê em relação à presença de cianobactérias e toxicidade nos organismos aquáticos (Código de empreendimento 2009-AT-475/ Número do contrato 193/2010)



## DESCRIÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA

### Coordenação Técnica

Marta Condé Lamparelli Gerente da Divisão de Análises Hidrobiológicas.

### Coordenação das Análises e Interpretação dos Dados

Elayse Maria Hachich	Gerente do Setor de Microbiologia e Parasitologia
Guiomar Johnscher Fornasaro	Gerente do Setor de Comunidades Aquáticas
Maria Inês Zanoli Sato	Gerente do Departamento de Análises Ambientais
Neusa Akemi Niwa	Gerente do Setor de Química Orgânica
Maria Yumiko Tominaga	Gerente da Divisão de Análises Químicas
Rosalina Pereira de A. Araújo	Gerente do Setor de Ecotoxicologia Aquática
Maria do Carmo Carvalho	Gerente do Setor de Comunidades Aquáticas

### Análises Ecotoxicológicas

Sandra Valéria Buratini	Bióloga do Setor de Análises Ecotoxicológicas
Márcia Aparecida Aragão	Bióloga do Setor de Análises Ecotoxicológicas

### Análises Químicas

Maira M. Lopes	Química do Setor de Química Orgânica
Maria Cristina L.S. Coelho	Biomédica do Setor de Microbiologia e Parasitologia

### Fitoplâncton e Cianobactérias

Denise Amazonas Pires	Bióloga do Setor de Comunidades Aquáticas
Luciana Haipek Mosolino Lerche	Bióloga do Setor de Comunidades Aquáticas
Emerson Alves de Araújo	Técnico de Nível Médio do Setor de Comunidades Aquáticas

Célia Leite Sant'Anna	Pesquisadora do Instituto de Botânica (especialista em taxonomia de cianobactérias)
-----------------------	---

Andrea Tucci	Pesquisadora do Instituto de Botânica
--------------	---------------------------------------

Camila Rosal	Pós-graduanda do Instituto de Botânica.
--------------	---

### Clorofila a

Helena Mitiko Watanabe	Bióloga do Setor de Comunidades Aquáticas
------------------------	---



**COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**FUNDO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - FEHIDRO**

PROJETO FEHIDRO

Código de empreendimento: 2009-AT-475

Número do contrato: 193/2010

Tomador: CETESB



SUMÁRIO

	PÁGINA
1. TÍTULO .....	2
2. INTRODUÇÃO .....	2
3. OBJETIVOS .....	4
4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....	5
4.1. ETAPA I - LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS HISTÓRICOS .....	5
4.2. ETAPA II - LEVANTAMENTOS DE CAMPO E ANÁLISES .....	5
4.2.1 Amostragem .....	6
4.2.2 Ensaio para avaliação da qualidade da água .....	11
4.2.3.1 Dados Microbiológicos .....	12
4.2.4 Metodologia analítica .....	13
4.2.5 Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias .....	14
4.2.6 AIT - Avaliação e Identificação da Toxicidade .....	14
4.2.7 Determinação de Cianotoxinas .....	16
4.2.7.1 Teste de ELISA .....	17
4.2.7.2 Determinação de toxinas de cianobactérias por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas (LC-MS/MS): Microcistinas, Saxitoxina e Cíndrospermopsina .....	18
4.2.8 Tratamento Estatístico dos dados .....	19
4.3. ETAPA III - ELABORAÇÃO DO ATLAS .....	19
5. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS ADQUIRIDOS NO PROJETO .....	20
6. EQUIPE TÉCNICA .....	21
7. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO .....	23



	<b>PÁGINA</b>
8. RESULTADOS .....	24
8.1 HIDROLOGIA .....	24
8.1.1 Precipitações .....	24
8.1.2 Transposição entre os sistemas Billings e Guarapiranga .....	25
8.1.3 Tempo de Residência .....	25
8.2 RESULTADOS DA QUALIDADE DA ÁGUA – DADOS DE CAMPO .....	28
8.3 RESULTADOS ANALÍTICOS .....	35
8.3.1 Dados Microbiológicos .....	35
8.3.2 Médias e Desvios Padrão dos Resultados .....	35
8.4 ÍNDICES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	38
8.4.1 IQA – Índice de Qualidade da Água .....	38
8.4.2 IAP .....	40
8.4.3 IET .....	42
8.4.4 IVA .....	46
8.4.5. Índice da Comunidade Fitoplanctônica (ICF) .....	48
8.5 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA COM ÊNFASE EM CIANOBACTÉRIAS .....	49
8.5.1 Atlas de Cianobactérias .....	49
8.5.2 Avaliação da Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias nos diferentes reservatórios .....	50
8.6 TOXICIDADE .....	60
8.6.1. Ecotoxicidade e AIT .....	60
8.6.2. Determinação de Cianotoxinas .....	60
8.6.2.1. Teste de ELISA .....	60
8.6.2.2. Determinação de toxinas de cianobactérias por LC-MS/MS: Microcistinas .....	63
8.7 Tratamento Estatístico dos dados .....	65



	<b>PÁGINA</b>
9 DISCUSSÃO.....	69
9.1 NÃO CONFORMIDADES .....	69
9.2 ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA E DE COMUNIDADES AQUÁTICAS .....	70
9.2.1 Avaliação dos Ambientes estudados .....	71
9.2.1.1 Reservatório Billings .....	71
9.2.1.2 Reservatório Rio Grande .....	76
9.2.1.3 Reservatório Guarapiranga .....	77
9.2.1.4 Reservatório das Graças .....	80
9.2.1.5 Reservatórios Juqueri (Paiva Castro) .....	82
9.2.1.6 Reservatório Jundiaí .....	84
9.2.1.7 Reservatório Taiapuêba .....	86
9.2.1.8 Reservatório Tanque Grande .....	88
9.3 INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS ANÁLISE DE AGRUPAMENTO .....	89
10. CONCLUSÕES .....	91
11. RECOMENDAÇÕES .....	96
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	97

ANEXOS:

ANEXO I – Relatório de “Levantamento Histórico”.

ANEXO II – Relatório “Estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade”.

ANEXO III – Atlas de Cianobactérias.

ANEXO IV – Listagem dos táxons encontrados.



LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Página

**Lista de Quadros**

<b>Quadro 1</b> - Pontos de amostragem, em suas respectivas sub-bacias, com o código do ponto da Rede de Monitoramento da CETESB e a respectiva classe de enquadramento .....	6
<b>Quadro 2</b> - Número da Amostra coletada para o Projeto, data de coleta, cadastro da amostra no sistema de qualidade laboratorial da CETESB e Ponto de amostragem .....	8
<b>Quadro 3</b> - Variáveis de qualidade medidas nos índices de qualidade de água .....	12
<b>Quadro 4</b> - Metodologias analíticas das variáveis avaliadas no monitoramento .....	13
<b>Quadro 5</b> - Meses das coletas nos diferentes pontos de amostragem entre outubro de 2011 e setembro de 2012 .....	28

**Mapa**

<b>Mapa 1</b> – Localização dos pontos de coleta .....	7
--	---

**Lista de Fotografias**

<b>Fotografia 1</b> – Ponto de coleta no Res. Jundiaí (JNDI00500) em 05.05.2012 .....	9
<b>Fotografia 2</b> – Ponto de coleta no Res. Taiáçupeba (PEBA00900) em 09.04.2012 .....	9
<b>Fotografia 3</b> – Ponto de coleta no Res. Tanque Grande (TGDE00900) em 29.03.2012 .....	9
<b>Fotografia 4</b> – Ponto de coleta no Res. Billings - Summit Control (BILL02900) em 21.03.2012 .....	9
<b>Fotografia 5</b> – Ponto de coleta no Res. Billings – Braço do Taquacetuba (BITQ00100) em 21.3.2012 .....	9
<b>Fotografia 6</b> – Ponto de coleta no Res. Rio Grande (RGDE02900) em 02.02.2012 .....	9
<b>Fotografia 7</b> – Ponto de coleta no Res. das Graças (COGR00900) em 30.05.2012 .....	10
<b>Fotografia 8</b> – Ponto de coleta no Res. Guarapiranga - Captação (GUAR 00900) em 23.02.2012 .....	10
<b>Fotografia 9</b> – Ponto de coleta no Res. Guarapiranga - Parelheiros (GUAR 00100) em 26.04.2012 ....	10
<b>Fotografia 10</b> – Próximo ao ponto de coleta no Res. Juqueri (JQJU00900) em 10.11.2011 .....	10

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1</b> - Armadilha de <i>Schindler Patalas</i> ou trampa .....	17
<b>Figura 2</b> - Médias mensais de precipitação na UGRHI 6 - Alto Tietê em 2011 (a) e 2012(b). As barras azuis correspondem à média histórica e a linha verde representa a média mensal no período de janeiro a dezembro de 2011 e 2012. Setas: meses de amostragens deste trabalho (CETESB 2012b, 2013) .....	24 25

<b>Figura 3</b> - Volume bombeado entre os Reservatórios Billings e Guarapiranga, em m <sup>3</sup> /s, durante o período de estudo. As marcas azuis correspondem às datas de amostragem no reservatório Guarapiranga, entrada do rio Parelheiros, e as marcas vermelhas às datas de amostragem no reservatório Billings, braço do Taquacetuba .....	25
<b>Figura 4</b> - Tempo de Residência médio calculado para cada um dos reservatórios durante o período de estudo .....	26
<b>Figura 5</b> – Perfis de Temperatura (Temp. °C) e Oxigênio Dissolvido (OD, mg/L) nos dez pontos, em cada uma das campanhas de amostragem .....	30
a) Res. Jundiaí (JNDI00500) .....	30
b) Res. Taiapuê (PEBA00900) .....	30
c) Res. de Tanque Grande (TGDE00900) .....	31
d) Res. Billings – Summit Control (BILL02900) .....	31
e) Res. Billings - Braço do Taquacetuba (BITQ00100) .....	32
f) Res. Rio Grande (RGDE02900) .....	32
g) Res. das Graças (COGR00900) .....	33
h) Res. Guarapiranga - Parelheiros (GUAR00100) .....	33
i) Res. Guarapiranga - Captação (GUAR00900) .....	34
j) Res. do Juqueri (JQJU00900) .....	34
<b>Figura 6</b> - Porcentagens dos valores médios da densidade fitoplânctônica por grupo nos pontos amostrados .....	50
<b>Figura 7</b> - Composição da comunidade fitoplanctônica no período de estudo para os pontos BITQ 00100 e BILL02900 .....	51
<b>Figura 8</b> - Porcentagens dos valores médios da densidade fitoplânctônica por grupo nos pontos amostrados .....	52
<b>Figura 9</b> -Composição da comunidade fitoplanctônica no período de estudo para os pontos GUAR 00100 e GUAR 00900 .....	52
<b>Figura 10</b> - Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto JNDI 00500 no período estudado e porcentagens dos valores médios de densidade .....	54
<b>Figura 11</b> - Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto PEBA 00900 no período estudado e porcentagens dos valores médios das densidades .....	55
<b>Figura 12</b> - Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto COGR 00900 no período estudado e porcentagens dos valores médios das densidades .....	56
<b>Figura 13</b> - Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto JQJU 00900 no período estudado e porcentagens dos valores médios da densidade fitoplânctônica .....	57
<b>Figura 14</b> - Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto RGDE 02900 no período estudado e Porcentagens dos valores médios da densidade fitoplânctônica por grupo .....	58

<b>Figura 15</b> - Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto TGDE 00900 no período estudado e Porcentagens dos valores médios da densidade fitoplânctônica por grupo .....	58
<b>Figura 16</b> – Porcentagem dos resultados obtidos em cada faixa de concentração de microcistina ( $\mu\text{g/L}$ ) no período de 2000 a 2012 para o ponto BITQ00100 .....	61
<b>Figura 17</b> – Comparação dos resultados obtidos para microcistinas nas duas modalidades de coleta ..	61
<b>Figura 18</b> – Comparação dos resultados obtidos para saxitoxinas nas duas modalidades de coleta .....	62
<b>Figura 19</b> - Análise de componente principal ( $n=60$ ) para os dados abióticos, clorofila <i>a</i> e número de células de cianobactérias dos dez pontos amostrais nos oito Reservatórios do estudo (ver abreviações na Tabela 23 a seguir) .....	67
<b>Figura 20</b> - Distribuição e correlação da Condutividade nos eixos 1 e 2 da análise de componente principal ( $n=60$ ) para os dados abióticos, clorofila <i>a</i> e número de células de cianobactérias dos dez pontos amostrais nos oito Reservatórios do estudo (ver abreviações na Tabela 23) .....	68
<b>Figura 21</b> - Análise de agrupamento ( $n=60$ ) para os dados abióticos, clorofila <i>a</i> e número de células de cianobactérias dos dez pontos amostrais nos oito Reservatórios do estudo .....	90

#### Lista de Gráficos

<b>Gráfico 1</b> – Gradiente de qualidade das águas segundo a média do Índice de Qualidade da Água (IQA) .....	40
<b>Gráfico 2</b> – Gradiente de qualidade das águas segundo a média do Índice de Qualidade das Águas para fins de abastecimento público. (IAP) .....	41
<b>Gráfico 3</b> - Correlação entre fósforo total e clorofila <i>a</i> .....	43
<b>Gráfico 4</b> - Correlação entre clorofila <i>a</i> e o número de células de cianobactérias .....	44
<b>Gráfico 5</b> – Gradiente de qualidade das águas segundo a média do Índice de Estado Trófico (IET) .....	45
<b>Gráfico 6</b> - Correlação das médias geométricas dos resultados de clorofila <i>a</i> e o fósforo total, nos dez pontos estudados .....	45
<b>Gráfico 7</b> - Correlação das médias geométricas dos resultados de clorofila <i>a</i> e o tempo de residência, nos dez pontos estudados .....	46
<b>Gráfico 8</b> - Gradiente de qualidade das águas segundo a média do Índice de Qualidade da Água para Proteção da Vida Aquática (IVA) .....	47
<b>Gráfico 9</b> - Densidade média do fitoplâncton por ponto amostral, no período do estudo .....	49
<b>Gráfico 10</b> - Média da riqueza dos reservatórios estudados .....	59
<b>Gráfico 11</b> - Porcentagem de não-conformidades .....	69



LISTA DE TABELAS

Página

<b>Tabela 1</b> - Localização e descrição dos pontos de coleta .....	15
<b>Tabela 2</b> - Dados de volume (V) e vazão (Q) utilizados para o cálculo dos Tempos de Residência nos diferentes reservatórios .....	27
<b>Tabela 3</b> - Resultados das determinações de campo, por ponto de coleta e data de amostragem .....	29
<b>Tabela 4</b> – Resultados microbiológicos por sub-bacia, ponto de amostragem e campanha como <i>E. coli</i> . .....	35
<b>Tabela 5</b> – Média, desvio padrão (dp), valores mínimos (min) e máximos (max) para algumas variáveis em cada ponto amostral .....	36
<b>Tabela 6</b> – Resultado do IQA por campanha e médias das campanhas e por sub-bacia .....	38
<b>Tabela 7</b> - Média anual do IQA de 2002 a 2012 .....	39
<b>Tabela 8</b> - Resultado do IAP por campanha e médias das campanhas e por sub-bacia .....	40
<b>Tabela 9</b> – Número de células de cianobactérias por campanha e a média aritmética por ponto e por sub-bacia .....	41
<b>Tabela 10</b> – Resultados do Índice de Estado Trófico (IET) por campanha e a média .....	42
<b>Tabela 11</b> – Resultados do Índice de Estado Trófico (IET) médio e calculado separadamente para fósforo total (PT) e clorofila a (CLORO) e do grau de limitação .....	42
<b>Tabela 12</b> – Médias geométricas dos resultados de clorofila a, feofitina a, fósforo total e número de células de cianobactérias por ponto .....	43
<b>Tabela 13</b> - Dados histórico do Índice de Estado Trófico (IET) - 2000 a 2012 (Rede de Monitoramento da CETESB) .....	44
<b>Tabela 14</b> – Resultados do Índice de Qualidade da Água para Proteção da Vida Aquática (IVA) por campanha e a média .....	47
<b>Tabela 15</b> – Resultados do Índice da Comunidade Fitoplanctônica (ICF) por campanha e as médias por ponto e por sub-bacia .....	48
<b>Tabela 16</b> – Comparação da contagem de <i>Aphanocapsa</i> em relação ao resultado final da contagem de células de cianobactérias no reservatório Guarapiranga.....	53
<b>Tabela 17</b> – Resultados dos ensaios ecotoxicológicos.....	60
<b>Tabela 18</b> – Resultados obtidos para microcistina (Mic), saxitoxina (Saxi) e cilindrospermopsina (Cilindrosp) para amostras coletadas em superfície (coleta normal) e com Tranpa de Schindlres-Patalas, nos dez pontos amostrais no período de out/2011 a set/2012.....	63



## COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

<b>Tabela 19</b> – Resultados das análises de microcistinas por LC-MS/MS.....	64
<b>Tabela 20</b> – Identificação de microcistinas por LC-MS/MS.....	65
<b>Tabela 21</b> – Variância extraída do primeiro eixo.....	65
<b>Tabela 22</b> – Correlação de Pearson das variáveis analisadas com os eixos 1 e 2 (n=60 da análise de componentes principais (em negrito: variáveis com $r>0,5$ ).....	66
<b>Tabela 23</b> – Abreviação dos dez pontos amostrais nos oito reservatórios do estudo.....	67



## 1 TÍTULO

Caracterização das Águas do Alto Tietê em Relação à Presença de Cianobactérias e Toxicidade aos Organismos Aquáticos

## 2 INTRODUÇÃO

As águas da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, localizada no Estado de São Paulo, em região que inclui a Região Metropolitana de São Paulo, estão submetidas a grandes impactos em virtude de se tratar de uma área densamente povoada, na qual são desenvolvidas inúmeras atividades, resultando em baixa disponibilidade hídrica e deterioração de sua qualidade. A Região em estudo inclui as Áreas de Proteção aos Mananciais das Sub-bacias Guarapiranga, Billings, Paiva Castro/Juqueri e Jundiaí, responsáveis pelo abastecimento de água para uma parcela significativa da população da região.

Dentre os impactos existentes na Bacia pode-se destacar a contribuição de esgotos domésticos que resulta em um processo acelerado de eutrofização e, conseqüentemente em frequentes florações de algas e cianobactérias nos rios e reservatórios da região (Sant'Anna et al., 2008).

As Cianobactérias constituem o grupo fitoplanctônico que nas duas últimas décadas mais tem chamado atenção por possuir várias espécies formadoras de florações e produtoras de toxinas. A presença de cianobactérias, inclusive as potencialmente tóxicas, é um problema que deve ser melhor caracterizado por interferir na qualidade do ambiente nos aspectos relativos a preservação da vida aquática, bem como na qualidade da água utilizada para abastecimento público e balneabilidade. Algumas das dificuldades para um melhor conhecimento desse problema, como detecção da presença de cianotoxinas e a identificação taxonômica correta dos organismos foram foco deste projeto.

Outro efeito decorrente dos impactos existentes na Bacia, inclusive da atividade industrial, é a verificação de toxicidade em diversos ambientes aquáticos. Apesar do monitoramento contínuo da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009), não existe uma consolidação sistemática dos dados existentes do ponto de vista sazonal e de tendência histórica em cada ponto amostral, bem como da distribuição da ocorrência de toxicidade ao longo da Bacia. Tal levantamento permitiu identificar locais mais críticos nos quais foram realizados estudos específicos procurando determinar as substâncias responsáveis pela toxicidade verificada.

Além do aspecto ambiental, vale ressaltar o aspecto legal, uma vez que a legislação mais recente relativa à qualidade das águas, a Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005), regulamenta tanto o número de células de cianobactérias como o uso de ensaios ecotoxicológicos. Da mesma forma a regulamentação relativa à potabilidade do Ministério da Saúde, por meio da Portaria 2914/11 (Brasil, 2011) estabelece limites para o número de células de cianobactérias e concentrações de cianotoxinas.



## COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Por meio dos resultados deste Projeto foi possível ampliar as informações que podem resultar em ações preventivas ou corretivas, além de metas de fiscalização, controle e de qualidade ambiental, a serem estabelecidas pela CETESB ou pelo Comitê de Bacias do Alto Tietê, visando sempre à saúde e bem-estar da população.



### 3 OBJETIVOS

Este projeto tem como objetivos:

- Avaliar a qualidade de alguns corpos d'água da Bacia do Alto Tietê com relação à presença de cianobactérias, bem como presença de espécies de algas prejudiciais a qualidade da água e a ocorrência de toxicidade a organismos aquáticos;
- Avaliar o potencial de degradação desses ambientes;
- Elaborar um Atlas de ocorrência de espécies de cianobactérias potencialmente nocivas nos mananciais da região e associar a toxicidade detectada a eventuais fontes de poluição.

#### 4 ATIVIDADES

Este projeto foi dividido em duas etapas. A primeira (Etapa I) destinada ao levantamento e análise de dados históricos, prevista na Atividade 1 – Levantamento Histórico, com duração de oito meses, cujo Relatório Técnico constou do Anexo I do primeiro Relatório de Andamento (RA1 de novembro de 2012).

A segunda (Etapa II) envolveu o levantamento de campo e análises laboratoriais, previstos na Atividade 2 – Coletas e Análises, iniciando no terceiro mês do projeto, com duração de 20 meses. Além disso, incluiu a elaboração de Atlas para a identificação de cianobactérias prevista na Atividade 3 – Elaboração do Atlas, cujo início estava previsto a partir do 11.º mês do projeto.

Neste relatório estão descritas as Atividades desenvolvidas a partir do 6.º Bimestre até 10.º Bimestre, envolvendo dez meses do projeto. Neste período foram desenvolvidos trabalhos da Atividade 2, com a conclusão da Etapa de coleta de amostras e realização da maior parte da Etapa relativa às análises laboratoriais, bem como trabalhos da Atividade 5 de Coordenação Técnica.

##### 4.1 ETAPA I - LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS HISTÓRICOS.

Esta etapa consistiu na Atividade 1 de Levantamento e análise dos dados históricos (últimos 10 anos) de qualidade dos ambientes por meio de consulta ao banco de dados da Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo. O levantamento dos dados históricos foi realizado com dois enfoques distintos, o primeiro procurou selecionar entre os pontos de monitoramento da CETESB localizados na UGRHI 6, os corpos d'água mais eutrofizados e com ocorrência de cianobactérias. O segundo fez uma avaliação de todos os pontos no que tange a ocorrência de toxicidade, avaliada por meio de ensaios crônicos com *Ceriodaphnia dubia*, visando selecionar locais críticos. Os itens abordados apresentados de maneira breve a seguir e o texto completo do **Relatório do Levantamento dos Dados Históricos** constou do ANEXO I do primeiro relatório de andamento (RA 01) e tem sua versão eletrônica disponível no ANEXO I deste Relatório.

##### 4.2 ETAPA II - LEVANTAMENTO DE CAMPO E ANÁLISES LABORATORIAIS.

Neste item serão descritas as atividades de coletas de amostras e das análises laboratoriais.

##### **ATIVIDADE 2 – COLETA E ANÁLISES LABORATORIAIS**

A coleta de amostras foi realizada durante 12 meses, nos oito reservatórios avaliados na Etapa 1, para análise da comunidade fitoplanctônica, incluindo a identificação específica das cianobactérias, bem como contagem de células de cianobactérias para verificar o atendimento à Portaria MS 2914/11 e a Resolução CONAMA 357/05.

Além da avaliação da comunidade fitoplanctônica foi realizada a determinação de toxicidade em 10 pontos amostrais da Região do Alto Tietê por meio de testes de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*, além do levantamento de variáveis de campo (pH, Oxigênio Dissolvido, Temperatura), análises complementares de Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo), clorofila *a*. Além disso foram realizadas coletas especiais para a determinação de toxicidade pela Avaliação de Identificação de Toxicidade (AIT), em locais onde for verificada toxicidade e de material biológico em locais de alta densidade de cianobactérias para a determinação de cianotoxinas.

As contagens da comunidade Fitoplanctônica, com detalhamento na identificação de cianobactérias, bem como os ensaios de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*, além das horas para a realização dos ensaios para o AIT e para identificação das cianotoxinas foram realizadas pela CETESB como contrapartida do projeto. A identificação em nível de espécie quando possível das cianobactérias foi elaborada pelo Instituto de Botânica.

#### 4.2.1 Amostragem

A coleta de amostras teve duração de doze meses (um ano) nos dez pontos amostrais selecionados na Etapa 1, sendo realizadas a cada dois meses, totalizando seis amostragens em cada local. A amostragem da água foi realizada seguindo o Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Águas publicado pela ANA e CETESB (2011).

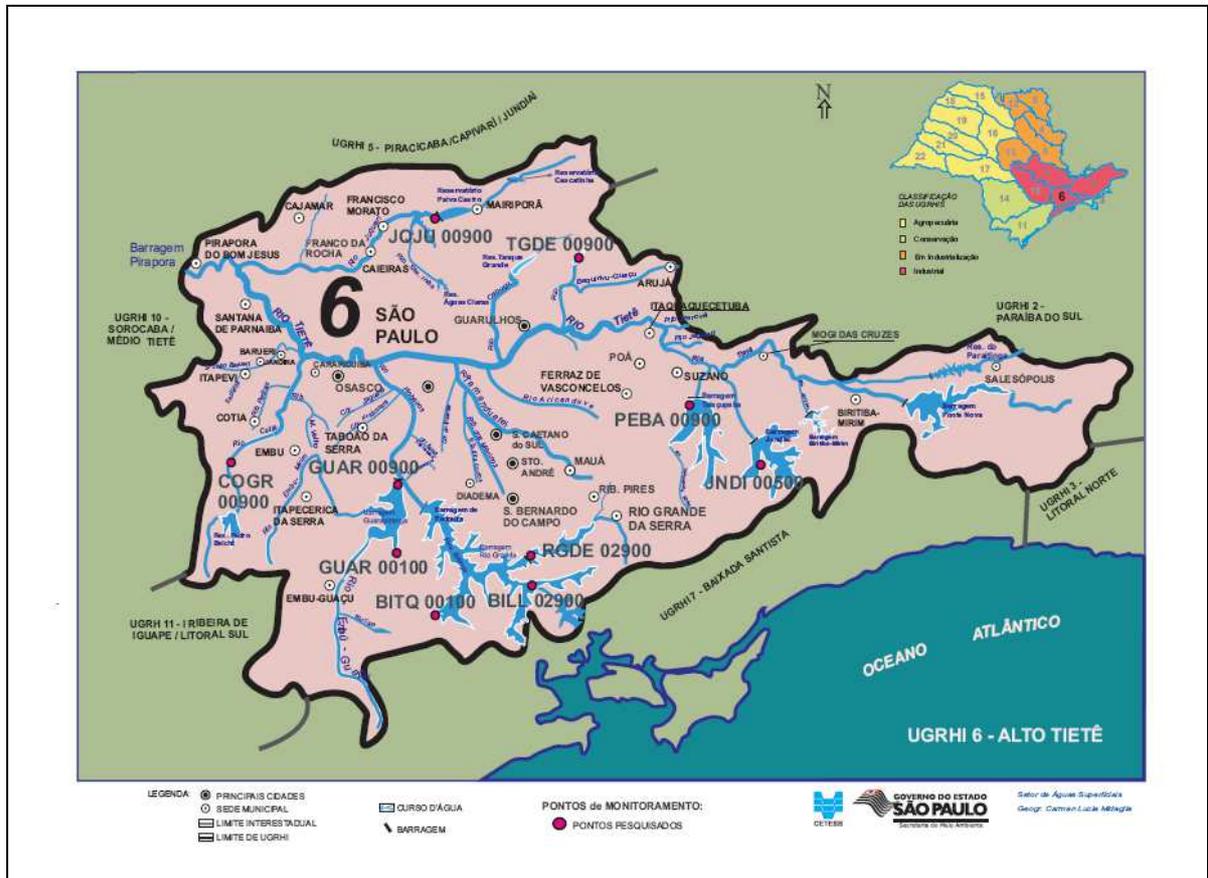
As coletas tiveram início em outubro de 2011 em cinco pontos de amostragem, localizados nos seguintes reservatórios: Res. Guarapiranga (GUAR00100 e GUAR00900); Res. Rio Grande (RGDE02900); Res. Taiaçupeba (PEBA00900); Res. Jundiaí (JNDI00500). Em novembro de 2011 foram iniciadas as coletas nos outros cinco pontos localizados nos reservatórios: Res. Billings (BILL02900 e BITQ00100); Res. das Graças (COGR00900); Res. do Juqueri (JQJU00900) e Res. de Tanque Grande (TGDE00900). Os pontos de amostragem e suas respectivas sub-bacias encontram-se discriminados no Quadro 1.

Quadro 1 - Pontos de amostragem, em suas respectivas sub-bacias, com o código do ponto da Rede de Monitoramento da CETESB e a respectiva classe de enquadramento.

Sub-bacia	Manancial	Código do Ponto	Classe de Qualidade (Res. Conama 357/05)	Coordenadas	
				Lat. S	Long. W
Alto Tietê-Cabeceiras	Res. Jundiaí	JNDI00500	1	23 38 56	46 11 48
	Res. Taiaçupeba	PEBA00900	1	23 34 45	46 17 18
	Res. de Tanque Grande	TGDE00900	1	23 22 38	46 27 35
Billings-Tamanduateí	Res. Billings	BILL02900	2	23 49 06	46 31 25
	Res. Billings	BITQ00100	1	23 50 41	46 39 20
	Res. Rio Grande	RGDE02900	2	23 46 07	46 32 00
Cotia-Guarapiranga	Res. das Graças	COGR00900	1	23 39 12	46 58 03
	Res. Guarapiranga	GUAR00100	1	23 45 15	46 43 37
	Res. Guarapiranga	GUAR00900	1	23 40 27	46 43 40
Juqueri-Cantareira	Res. do Juqueri	JQJU00900	1	23 20 25	46 39 45

O mapa a seguir (Mapa 1 apresenta a localização dos reservatórios na UGRHI 6, bem como dos pontos de amostragem selecionados.

Mapa 1 – Localização dos pontos de coleta.



As coletas foram realizadas pela equipe da Divisão de Amostragem da CETESB (ELC) sempre acompanhada por técnicos do projeto. As análises foram processadas nos laboratórios da CETESB envolvidos neste projeto. No Quadro 2 estão apresentadas informações relativas às amostras coletadas para o Projeto, com as respectivas datas de coleta, o número de cadastro da amostra no sistema de qualidade laboratorial da CETESB, que consta dos Boletins de Análises emitidos pela CETESB, e o ponto de amostragem. Nas Fotografias 1 a 10 estão os registros fotográficos dos pontos de amostragem em cada reservatório.

Quadro 2 - Número da Amostra coletada para o Projeto, data de coleta, cadastro da amostra no sistema de qualidade laboratorial da CETESB e Ponto de amostragem.

Número da Amostra	Data da Coleta	Cadastro de Amostra	Local
1	06/10/2011	1128557	GUAR00900
2	06/10/2011	1128558	GUAR00100
3	13/10/2011	1128591	RGDE02900
4	20/10/2011	1128592	PEBA00900
5	20/10/2011	1128593	JNDI00500
6	03/11/2011	1130592	BITQ00100
7	03/11/2011	1130593	BILL02900
8	09/11/2011	1130597	COGR00900
9	10/11/2011	1130598	JQJU00900
10	24/11/2011	1131064	TGDE00900
11	14/12/2011	1131672	GUAR00100
12	14/12/2011	1131673	GUAR00900
13	15/12/2011	1131674	RGDE02900
14	20/12/2011	1131721	JNDI00500
15	20/12/2011	1131722	PEBA00900
16	03/01/2012	1208431	BITQ00100
17	03/01/2012	1208432	BILL02900
18	16/01/2012	1209582	JQJU00900
19	19/01/2012	1209588	TGDE00900
20	01/02/2012	1208441	COGR00900
21	02/02/2012	1211626	RGDE02900
22	13/02/2012	1212026	JNDI00500
23	13/02/2012	1212027	PEBA00900
24	23/02/2012	1212020	GUAR00100
25	23/02/2012	1212021	GUAR00900
26	08/03/2012	1212922	COGR00900
27	15/03/2012	1213102	JQJU00900
28	21/03/2012	1214205	BILL02900
29	21/03/2012	1214206	BITQ00100
30	29/03/2012	1215330	TGDE00900

Número da Amostra	Data	Amostra	Local
31	09/04/2012	1216016	JNDI00500
32	09/04/2012	1216017	PEBA00900
33	24/04/2012	1219843	RGDE02900
34	26/04/2012	1219841	GUAR00900
35	26/04/2012	1219842	GUAR00100
36	09/05/2012	1220099	JQJU00900
37	14/05/2012	1220196	BITQ00100
38	14/05/2012	1220197	BILL02900
39	30/05/2012	1220462	COGR00900
40	31/05/2012	1220463	TGDE00900
41	14/06/2012	1220540	RGDE02900
42	25/06/2012	1220488	GUAR00100
43	25/06/2012	1220489	GUAR00900
44	27/06/2012	1220672	JNDI00500
45	27/06/2012	1220673	PEBA00900
46	03/07/2012	1223415	COGR00900
47	04/07/2012	1223416	BITQ00100
48	04/07/2012	1223417	BILL02900
49	23/07/2012	1225623	TGDE00900
50	26/07/2012	1225624	JQJU00900
51	08/08/2012	1220683	GUAR00100
52	08/08/2012	1220684	GUAR00900
53	15/08/2012	1227435	RGDE02900
54	16/08/2012	1227436	PEBA00900
55	16/08/2012	1227437	JNDI00500
56	04/09/2012	1229590	COGR00900
57	05/09/2012	1229591	BILL02900
58	05/09/2012	1229592	BITQ00100
59	12/09/2012	1229682	JQJU00900
60	19/09/2012	1230338	TGDE00900

Fotografia 1 – Ponto de coleta no Res. Jundiáí (JNDI00500) em 05.05.2012.



Fotografia 4 – Ponto de coleta no Res. Billings - Summit Control (BILL02900) em 21.03.2012.



Fotografia 2 – Ponto de coleta no Res. Taiapuêba (PEBA00900) em 09.04.2012.



Fotografia 5 – Ponto de coleta no Res. Billings – Braço do Taquacetuba (BITQ00100) em 21.03.2012.



Fotografia 3 – Ponto de coleta no Res. Tanque Grande (TGDE00900) em 29.03.2012.



Fotografia 6 – Ponto de coleta no Res. Rio Grande (RGDE02900) em 02.02.2012.



Fotografia 7 – Ponto de coleta no Res. das Graças (COGR00900) em 30.05.2012.



Fotografia 9 – Ponto de coleta no Res. Guarapiranga - Parelheiros (GUAR 00100) em 26.04.2012.



Fotografia 8 – Ponto de coleta no Res. Guarapiranga - Captação (GUAR 00900) em 23.02.2012.



Fotografia 10 – Próximo ao ponto de coleta no Res. Juqueri (JQJU00900) em 10.11.2011.



#### 4.2.2 Ensaios para avaliação da qualidade da água

A CETESB faz uso de 50 variáveis de qualidade de água (físicas, químicas, hidrobiológicas, microbiológicas e ecotoxicológicas) na Rede Básica de Monitoramento, considerando-se aquelas mais representativas, sendo elas:

Variáveis Físicas: absorvância no ultravioleta, cor, coloração, série de sólidos (dissolvido, total e volátil), temperatura da água e do ar, transparência e turbidez.

Variáveis Químicas: alumínio dissolvido, bário, cádmio, carbono orgânico dissolvido, carbono orgânico total, chumbo, cloreto, cobre dissolvido, condutividade específica, cromo, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), fenóis totais, ferro dissolvido, fluoreto, fósforo total, manganês, mercúrio, níquel, óleos e graxas, ortofosfato solúvel, oxigênio dissolvido, pH, potássio, potencial de formação de trihalometanos, série de nitrogênio (Kjeldahl, amoniacal, nitrato e nitrito), sódio, sulfato, surfactantes e zinco.

Variáveis Microbiológicas: coliformes termotolerantes e *E. coli*.

Variáveis hidrobiológicas: clorofila-a e comunidade fitoplanctônica.

Variáveis Toxicológicas: Cianotoxinas (microcistinas, cilindrospermopsinas e saxitoxinas), ensaio de toxicidade aguda com a bactéria luminescente – *Vibrio fischeri* (Sistema Microtox); ensaio de toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* e ensaio de mutação reversa (teste de Ames).

#### 4.2.3 Índices de qualidade das águas

Com os resultados obtidos foram calculados os índices de qualidade das águas que estabelecem uma classificação para os corpos hídricos a partir da integração de grupos de variáveis específicos. Atualmente, a CETESB utiliza diversos índices de qualidade de água derivativos dos principais usos da água. Assim, para fornecer uma informação de mais fácil compreensão para o público leigo, a CETESB utiliza, desde 2002, índices específicos, que refletem a qualidade das águas para os diferentes usos:

IQA – Índice de Qualidade das Águas.

IAP – Índice de Qualidade das Águas para fins de abastecimento público.

IET – Índice do Estado Trófico.

IVA – Índice de Qualidade das Águas para proteção da vida aquática

IB – Índice de Balneabilidade.

ICF – Índice da Comunidade Fitoplanctônica.

No Quadro 3, são indicadas as variáveis de qualidade de águas utilizadas para o cálculo dos respectivos índices.

Quadro 3 - Variáveis de qualidade medidas nos índices de qualidade de água

Índice de Qualidade	Variáveis de qualidade
IQA	Temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes ou <i>E.coli</i> , nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.
IAP	Temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes ou <i>E.coli</i> , nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez, ferro total, manganês, alumínio total, cobre total, zinco, potencial de formação de trihalometanos, número de células de cianobactérias, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel.
IET	Clorofila a e fósforo total.
IVA	Oxigênio dissolvido, pH, toxicidade, cobre dissolvido, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes, clorofila a e fósforo total.
IB	Coliforme termotolerante ou <i>E. coli</i> .
ICF	Densidade total do fitoplâncton, dominância de grupos e valor do IET

#### 4.2.3.1 Dados Microbiológicos

Para o cálculo dos índices de qualidade de água (IQA) e índice de qualidade de água para abastecimento público (IAP) são utilizados diversos parâmetros, sendo o IQA um dos componentes do cálculo do IAP. Um dos parâmetros empregados no cálculo do IQA é o de colimetria, devido a sua importância sanitária. Em função de não terem sido coletadas as amostras para a realização dos ensaios microbiológicos durante o projeto, algumas estratégias foram utilizadas para suprir esta falha.

Nos pontos BILL 02900, BITQ 00100, COGR 00900, JQJU 00900 e TGDE 00900 para o cálculo do IQA da primeira amostragem, realizada em novembro de 2011, foi utilizado o valor encontrado no Programa de monitoramento da Qualidade das Águas do Estado de São Paulo da CETESB do referido mês. Para esses pontos e demais amostragens foram utilizados os valores das médias dos resultados de cada mês, dos últimos cinco anos. Esses resultados foram obtidos do Programa de monitoramento da Qualidade das Águas do Estado de São Paulo da CETESB (Interáguas) e agrupados em planilhas por ponto e mês de amostragens. Em seguida, foram calculadas as médias dos resultados de coliformes termotolerantes, para cada um dos meses dos anos de 2008 a 2011.

Para os pontos GUAR 00100, GUAR 00900, JNDI 00500, PEBA 00900 e RGDE 02900, para o cálculo do IQA foram utilizadas as médias dos dados de colimetria da Rede de Monitoramento, dos meses imediatamente posteriores aos da amostragem desse projeto. Por exemplo, se a coleta do projeto foi realizada em dezembro de 2011, utilizou-se a média do mês de janeiro. Isso foi necessário, pois, as datas das coletas da rede de monitoramento não coincidiram com os meses amostrados nesse projeto.

Esses valores foram convertidos em valores equivalentes aos resultados de *Escherichia coli*, pois a partir de 2012, os dados de colimetria passaram a ser gerados em função dessa bactéria por sua maior especificidade em termos de contaminação de esgoto. A conversão foi realizada multiplicando-se o valor da média encontrada para coliformes termotolerantes por 0,8, pois considera-se que, em média, 80% das bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes pertenceriam à espécie *Escherichia coli*.

Após a conversão, os valores das médias de cada mês, em cada ponto foram somados aos valores obtidos para *Escherichia coli* em 2012, naquele local, para a obtenção de uma nova média mensal, que foi utilizada nas planilhas de IQA, de modo a dar maior peso a dados mais recentes.

Uma outra variável utilizada no cálculo do IAP é o Potencial de Formação de Trihalometanos. No entanto, não foi possível realizar a análise dessa variável no âmbito desse projeto, assim os resultados do IAP não a consideraram. Isso significa que os valores obtidos para o IVA podem estar superestimados.

#### 4.2.4 Metodologia analítica

No Quadro 4, são apresentadas as metodologias analíticas das variáveis de água avaliadas no monitoramento da CETESB.

Quadro 4 - Metodologias analíticas das variáveis avaliadas no monitoramento		
Água		
Variáveis	Metodologias analíticas	Bibliografia
Absorbância no UV- Visível	Espectrofotometria (Método 5910-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Alumínio dissolvido	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Alumínio total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Arsênio total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Bário total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Cádmio total	Espectrometria de absorção atômica – forno de grafite (Método 3113)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Chumbo total	Espectrometria de absorção atômica – forno de grafite (Método 3113)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Cloreto total	Espectrofotometria automática com tiocianato de mercúrio (Método 4500-CL – item F)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Clorofila <i>a</i>	Determinação de pigmentos fotossintetizantes – Clorofila <i>a</i> , <i>b</i> e <i>c</i> e Feofitina <i>a</i> . (Norma Técnica CETESB L5.306)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Cobre dissolvido	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Cobre total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Coliformes termotolerantes	Técnica de membrana filtrante (Norma Técnica CETESB L5.221)	CETESB, 1984
Comunidade Fitoplânctônica/ Número de células de cianobactérias	Fitoplâncton de água doce. Método qualitativo e quantitativo (Norma Técnica CETESB L5.303)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Condutividade	Condutimetria (Método 2510)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Cor verdadeira	Espectrofotometria (Método 2120C)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Cromo total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
DBO <sub>5,20</sub>	Diluição e incubação a 20°C e 5 dias (Método 5210-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Dureza	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio-ICP/OES. (Método 3120B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Ensaio de toxicidade crônica com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	Avaliar a sobrevivência (efeito agudo) e a reprodução (efeito crônico) em 7 dias de exposição (ABNT NBR 13373) modificado segundo CETESB SQ PR/LB-088	ABNT, 2010 CETESB, 2013
Fenóis totais	Espectrofotometria com 4 aminoantipirina (Método 5530-C)	APHA-AWWA-WEF, 2005

Variáveis	Metodologias analíticas	Bibliografia
Ferro dissolvido	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Ferro total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Fósforo total	Espectrofotometria automática com molibdato de amônio e ácido ascórbico (Método 4500-P – itens B e F)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Manganês total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Mercúrio total	Espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio (Método 3112)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Microcistinas	Técnica de ELISA - Ensaio Imunoenzimático	EnviroLogix Inc. – Microcystins Plate Kit - EP022
Níquel total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Nitrogênio amoniacal total	Espectrofotometria automática com ácido isocianídrico (ISO 11732)	ISO 2005
Nitrogênio Kjeldahl total	Espectrofotometria automática com ácido isocianídrico, após digestão ácida. (Método 4500-Norg – item B)	ISO 11732 e APHA-AWWA-WEF, 2005
Nitrogênio Nitrato total	Cromatografia iônica (Método 4110-C)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Nitrogênio Nitrito total	Cromatografia iônica (Método 4110-C)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Oxigênio dissolvido	Eletrômetro (Método 4500-H <sup>+</sup> B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
pH	Eletrômetro (Método 4500-OG)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Potássio total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Sódio Total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Sólido dissolvido total	Gravimetria (Método 2540)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Sólido total	Gravimetria (Método 2540)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Surfactantes	Espectrofotometria com azul de metileno (Método 5540-C)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Turbidez	Turbidimetria (Método 2130)	APHA-AWWA-WEF, 2005
Zinco total	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES (Método 3120-B)	APHA-AWWA-WEF, 2005

#### 4.2.5 Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias

As amostras de água para análise da comunidade fitoplanctônica foram coletadas na camada subsuperficial com garrafa van Dorn para análise quantitativa, acondicionadas em frascos de vidro âmbar e preservadas com lugol acético segundo Norma Técnica L5.303 (CETESB, 2005). Em laboratório, foram examinadas subamostras, utilizando-se o método de sedimentação, com auxílio de câmaras de Utermöhl de 2 e 5 mL, dependendo da concentração de organismos presentes na amostra. Os organismos foram identificados e contados com o auxílio de microscópio invertido (Zeiss e Leica) utilizando aumento de 400x. Foi utilizada rede de plâncton de 20µm de diâmetro para análise qualitativa.

Foi utilizado equipamento de epifluorescência, possibilitando a distinção entre cianobactérias e eubactérias, que não apresentam pigmentos. A identificação taxonômica foi realizada, sempre que possível, em nível infragenérico, baseada na literatura especializada para cada grupo do fitoplâncton.

As amostras que compõem o acervo da CETESB, assim como as amostras coletadas para a execução desse projeto, após serem identificadas foram fotografadas para a composição do Atlas.

#### 4.2.6 AIT - Avaliação e Identificação da Toxicidade

A partir do levantamento dos dados históricos de toxicidade, no qual foram considerados o grau e a consistência dos efeitos tóxicos, foram definidos sete pontos de amostragem, cinco além dos dois pontos

inicialmente propostos, nos quais foram realizados estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade (AIT). Na Tabela 1, a seguir, são apresentadas as frequências da ocorrência resultados “Não Tóxico” e “Toxicidade Crônica”, para cada ponto amostral e número de amostras selecionadas para realização dos estudos de AIT.

Tais estudos envolvem o fracionamento da amostra em alíquotas que são submetidas a diferentes manipulações físicas ou químicas, seguidas da realização de ensaios de toxicidade. Os resultados obtidos nesses ensaios indicam se o procedimento de tratamento é apropriado à redução ou eliminação dos efeitos, gerando informações sobre a natureza do agente tóxico.

**Tabela 1 – Frequência da ocorrência resultados não tóxico e toxicidade crônica, para cada ponto amostral e número de amostras selecionadas para realização dos estudos de AIT.**

PONTO	Distribuição dos resultados do ensaio		N.º de amostras tóxicas com AIT
	Não Tóxico	Crônico	
GUAR 00100	83%	17%	-
GUAR 00900	100%	0	-
JNDI 00500	17%	83%	4
PEBA 00900	83%	17%	1
BILL 002900	17%	83%	5
BITQ 00100	50%	50%	3
RGDE 02900	83%	17%	1
COGR 00900	17%	83%	4
JQJU 00900	83%	17%	1
TGDE 02200	100%	0	-

Os procedimentos para Avaliação e Identificação da Toxicidade seguirão a metodologia proposta em USEPA (1991a, modificado segundo CETESB SQ PR/LB- 158), USEPA (1991b), USEPA (1993a) e USEPA (1993b), abrangendo três fases:

- Fase I, para caracterização genérica da categoria a que pertence o agente tóxico envolvido.
- Fase II, para identificação do agente suspeito por meio da aplicação de técnicas analíticas específicas.
- Fase III, para confirmação da identificação correta, mediante técnicas que correlacionam a toxicidade medida com a concentração do agente tóxico suspeito.

O relatório RAIT produzido dentro deste mesmo projeto consta do ANEXO deste Relatório no qual os procedimentos e resultados da Avaliação e Identificação da Toxicidade são detalhados e discutidos.

#### 4.2.7 Determinação de Cianotoxinas:

Detecção de toxinas de cianobactérias por meio de teste de ELISA: Microcistinas, Saxitoxina e Cilindrospermopsina

##### a) Coleta

Para a determinação de cianotoxinas por meio do ensaio de ELISA foram utilizadas duas metodologias de coleta: o método convencional, e em caráter experimental foi avaliada a coleta de amostras com o equipamento “Schindler-Patalas plankton trap” ou “trampa”.

##### **Coleta convencional**

A coleta foi realizada da mesma forma que para análise de fitoplâncton na camada superficial. Um litro de amostra foi armazenado em frasco âmbar, sem adição de reagente. As amostras foram mantidas refrigeradas durante o transporte até o laboratório.

##### **Coleta com armadilha de Schindler - Patalas ou “trampa” de 30 L com rede de 20 µm**

Esse equipamento é usualmente utilizado para a coleta de zôoplancton, e foi empregado experimentalmente nesse estudo com a finalidade de obter uma maior concentração de células de cianobactérias (Figura 1).

Para a realização da coleta, inicialmente foi determinada por meio da leitura com a sonda YSI, a profundidade de maior concentração de clorofila isto é, a profundidade em que haveria maior probabilidade de presença cianobactérias na coluna d’água, em seguida o equipamento foi submerso até esse ponto e a coleta realizada conforme descrito no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Águas (ANA/CETESB 2011). O material retido na rede de 20 µm foi retirado por meio de lavagem com água destilada para um frasco de polipropileno de 500 mL, a amostra obtida foi mantida sob refrigeração durante o transporte até o laboratório.

Figura 1- Armadilha de *Schindler Patalas* ou trampa



#### **b) Preparo das amostras**

Após homogeneização da amostra, uma alíquota de aproximadamente 100 mL foi congelada a  $-20^{\circ}\text{C}$ . O congelamento da amostra permite a preservação da mesma até o momento do ensaio e causa a ruptura das células de cianobactérias íntegras com potencial para liberar toxinas na água. Para promover o rompimento das células de cianobactérias a alíquota da amostra foi congelada e descongelada por três vezes sendo, após essa etapa, submetida a ultrassom (por 15 minutos) em banho de gelo.

##### **4.2.7.1 Teste de ELISA**

Para detecção das toxinas de cianobactérias foi empregado o ensaio imunoenzimático de ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*) – método de competição com antígeno marcado. Nesse tipo de ensaio ELISA as microplacas sensibilizadas com anticorpo específico são incubadas com a amostra, e em seguida com o conjugado antígeno-enzima. Após período de reação em que ocorre a competição da amostra e do conjugado pelos sítios de ligação com o antígeno, foi realizada a lavagem para retirada dos reagentes não aderidos à microplaca e adicionou-se o substrato específico para enzima. A reação enzimática foi interrompida e a leitura realizada em espectrofotômetro para microplacas, no comprimento de onda de 450 nm. Nesse tipo de ELISA a relação entre a concentração do antígeno na amostra e nos controles de ensaio (padrão de toxina fornecida pelos kits com concentração conhecida) é inversamente proporcional. Os kits de microplacas para teste de ELISA empregados nesse estudo fornecem padrões da toxina a ser detectada em diferentes concentrações para construção da curva dose-resposta (curva de calibração). Desta forma, por meio da interpolação da curva de calibração foi possível calcular a concentração da toxina presente na amostra. Os resultados das amostras coletadas

pelo método convencional foram expressos em  $\mu\text{g/L}$ . Para as amostras coletadas com a trampa ainda não foi possível a padronização da massa ou volume coletado que permita o cálculo da concentração, dessa forma os resultados dessas amostras são apresentados como positivos e negativos.

Os kits de microplacas para teste de ELISA empregados nesse estudo foram:

- **Microcistinas:** - EnviroLogix – QuantiPlate Kit for Microcystins – EP022
- **Saxitoxina:**-ABRAXIS LLC–Saxitoxin (PSP) ELISA, Microtiter Plate – 52255B
- **Cilindrospermopsina:**-ABRAXIS LLC–Cylindrospermopsin ELISA, Microtiter Plate – 522011

#### **4.2.7.2 Determinação de toxinas de cianobactérias por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas (LC-MS/MS): Microcistinas, Saxitoxina e Cilindrospermopsina.**

As 60 amostras de água bruta coletadas neste projeto foram analisadas por meio da técnica de cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrometria de massas sequencial (LC-MS/MS). Os compostos determinados nesta análise foram: microcistina-LR, microcistina-RR, microcistina-YR, microcistina-LA, microcistina-LF, microcistina-LW.

O projeto previa a determinação em água bruta das seguintes cianotoxinas por LC-MS/MS: microcistina-LR, microcistina-RR, microcistina-YR, microcistina-LA, microcistina-LF, microcistina-LW, saxitoxina e cilindrospermopsina.

No entanto, não foi possível realizar a determinação de saxitoxina e cilindrospermopsina.

Para a análise por LC-MS/MS é necessário que os analitos sejam extraídos das amostras e concentrados em extratos para posterior quantificação no equipamento, dessa forma, foi necessário desenvolver a metodologia para a extração e determinar as condições de operação no equipamento para cada composto.

Estes procedimentos foram elaborados para a quantificação de microcistinas (descritos abaixo), mas não foram aplicáveis para a determinação de saxitoxina e cilindrospermopsina. Então, outro método está sendo desenvolvido para a análise destas cianotoxinas, sendo necessária a realização de outros testes.

##### **a) Amostragem**

As amostras de água foram coletadas e armazenadas em frascos de vidro âmbar de 1L, mantidos em isopor com gelo e transportadas ao laboratório, onde foram armazenadas em geladeira (faixa de 2 a 6°C).

##### **b) Método de análise**

O método de análise de toxinas de cianobactérias utilizado foi baseado na norma ISO 20179 (2005). E consiste na extração em fase sólida de 500 mL de amostra de água bruta. Utiliza-se o cartucho de recheio de equilíbrio hidrofílico-lipofílico (6 mL, 200 mg, fase estacionária poli (divinilbenzeno-co-N-vinilpirrolidona)). O extrato obtido é evaporado em corrente de nitrogênio e ressuspendido em 500  $\mu\text{L}$  de

metanol. Então, analisa-se 20 µL deste extrato em um cromatógrafo líquido acoplado a espectrômetro de massas triplo quadrupolo.

#### **4.2.8 Tratamento Estatístico dos dados**

A avaliação dos resultados limnológicos e biológicos foi realizada por meio de análise multivariada (n=60).

A análise de componentes principais (PCA) (Goodall 1954 apud Valentin 2000) foi utilizada para determinar a variabilidade dos dados em relação às amostragens (temporal) e aos reservatórios (espacial). A ordenação das unidades amostrais foi feita pela análise de componentes principais (PCA) utilizando matriz de covariância no Programa PC-ORD versão 4.1 para Windows (McCune & Mefford 1997). Os dados foram previamente padronizados pela amplitude de variação utilizando-se transformação "ranging"  $([x-x_{\min}]/[x_{\max}-x_{\min}])$  para variáveis abióticas e "log (x + 1)" para variáveis biológicas. As transformações dos dados foram feitas utilizando-se o programa FITOPAC (Shepherd, 1996). As análises multivariadas foram realizadas pelo programa PC-ORD, versão 4.1 para Windows (McCune & Mefford 1997). Foram consideradas correlações significativas aquelas que apresentarem  $r > 0,5$  com os eixos 1 e 2 da ordenação.

### **4.3 ETAPA II - ELABORAÇÃO DO ATLAS**

#### ***Atividade 3 – Captura de Imagens para a Elaboração do Atlas***

As amostras selecionadas do acervo da CETESB e as amostras coletadas para execução desse projeto foram encaminhadas às pesquisadoras do Instituto de Botânica para identificação mais detalhada das cianobactérias, quando possível em nível específico. As amostras coletadas foram separadas em laboratório. Os registros fotográficos dos organismos de interesse foram realizados pelas duas instituições. A captura de imagens possibilitou a produção de um atlas de consulta e foi realizada por meio de equipamento de registro de imagem digitalizada, com alta resolução, acoplados aos microscópios.

Os trabalhos foram encerrados, com a realização de um seminário em 15.5.2014 para a apresentação dos resultados, divulgação dos relatórios e do Atlas eletrônico e impresso, disponibilizando para as empresas de abastecimento público informações sobre a qualidade da água bruta com vistas à produção e fornecimento seguro das águas para consumo humano e industrial.

## 5 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS ADQUIRIDOS NO PROJETO

Na listagem a seguir estão especificados os equipamentos adquiridos no Projeto.

Nº	ITEM
<b>1</b>	<b>Levantamento Histórico</b>
1.1	Notebook e software
1.2	Microsoft Home and Business 2010 (licença)
1.3	Computador e software tipo I
1.4	Windows Office 2010 Professional (licença)
<b>2</b>	<b>Coletas e Análises</b>
2.1	Computador tipo II
2.2	Capturador de Imagens e filtro azul p/ epifluorescência
2.3	Medidor duplo de pH e Condutividade
2.4	Centrifuga refrigerada de Bancada
2.6	Máquina fotográfica digital para microscópio
2.7	Datashow – projetor SONY ES1 1500 ou similar.
2.8	Estufa de Secagem e esterilização
2.9	Kit detecção microcistinas
2.10	Kit detecção saxitoxinas
2.11	Kit detecção cilindrospermopsina
2.12	Kit detecção saxitoxinas
2.13	Kit detecção cilindrospermopsina
2.14	Material de consumo
<b>4</b>	<b>Seminário</b>
4.1	Coffee Break
4.2	Material para distribuição (Atlas)



## 6 EQUIPE TÉCNICA

A seguir está listada a equipe técnica envolvida neste projeto. Cabe ressaltar que as amostras coletadas para análise da comunidade fitoplanctônica, além dos dados gerados também foram analisados pela equipe do Instituto de Botânica.

A partir de 2012 uma nova funcionária do Setor de Comunidades Aquáticas, Luciana H. M. Lerche passou a integrar a equipe do projeto. Nesta mesma época houve uma alteração nas funções de duas integrantes do projeto:

- Guiomar Johnscher Fornasaro passou de Gerente a Bióloga do Setor de Comunidades Aquáticas.
- Maria do Carmo Carvalho passou de Bióloga a Gerente do Setor de Comunidades Aquáticas.

As horas trabalhadas foram relativas às diferentes atividades desenvolvidas: Levantamento Histórico, Coletas e Análises, Elaboração do Atlas, Seminário e Coordenação Técnica.

### **Coordenação Técnica**

Marta Condé Lamparelli Gerente da Divisão de Análises Hidrobiológicas.

### **Coordenação das Análises e Interpretação dos Dados**

Elayse Maria Hachich	Gerente do Setor de Microbiologia e Parasitologia
Guiomar Johnscher Fornasaro	Gerente do Setor de Comunidades Aquáticas
Maria Inês Zanoli Sato	Gerente do Departamento de Análises Ambientais
Neusa Akemi Niwa	Gerente do Setor de Química Orgânica
Maria Yumiko Tominaga	Gerente da Divisão de Análises Químicas
Rosalina Pereira de Almeida Araújo	Gerente do Setor de Ecotoxicologia Aquática
Maria do Carmo Carvalho	Gerente do Setor de Comunidades Aquáticas

### **Análises Ecotoxicológicas**

Sandra Valéria Buratini	Bióloga do Setor de Análises Ecotoxicológicas
Márcia Aparecida Aragão	Bióloga do Setor de Análises Ecotoxicológicas

### **Análises Químicas**

Maira M. Lopes	Química do Setor de Química Orgânica
Maria Cristina L.S. Coelho	Biomédica do Setor de Microbiologia e Parasitologia



## COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

### **Fitoplâncton e Cianobactérias**

Denise Amazonas Pires

Bióloga do Setor de Comunidades Aquáticas

Luciana Haipek Mosolino Lerche

Bióloga do Setor de Comunidades Aquáticas

Emerson Alves de Araújo

Técnico de Nível Médio do Setor de Comunidades Aquáticas

Célia Leite Sant'Anna

Pesquisadora do Instituto de Botânica (especialista em taxonomia de cianobactérias)

Andrea Tucci

Pesquisadora do Instituto de Botânica

Camila Rosal

Pós-graduanda do Instituto de Botânica.

### **Clorofila a**

Helena Mitiko Watanabe

Bióloga do Setor de Comunidades Aquáticas

**7 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO**

ATIVIDADES	Bimestres											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Levantamento de dados Históricos												
2. Realização de Coletas												
Realização de Análises												
Elaboração e emissão de Relatórios					RP1					RP2		RAIT
3. Elaboração do Atlas Eletrônico												RFinal
4. Seminário												

**Relatórios: RP1; RP2; RFAIT; RFinal**

O Cronograma dos Relatórios mais detalhado é:

- RP1 – 10.º mês (5.º bimestre) – Para liberação da 2.ª parcela
- RP2 – 20.º mês (10.º bimestre) – Para liberação da 3.ª parcela
- Relatório final (incluindo RAIT) – 24.º mês e prestação de contas a serem entregues em duas vias e uma digital.

## 8 RESULTADOS

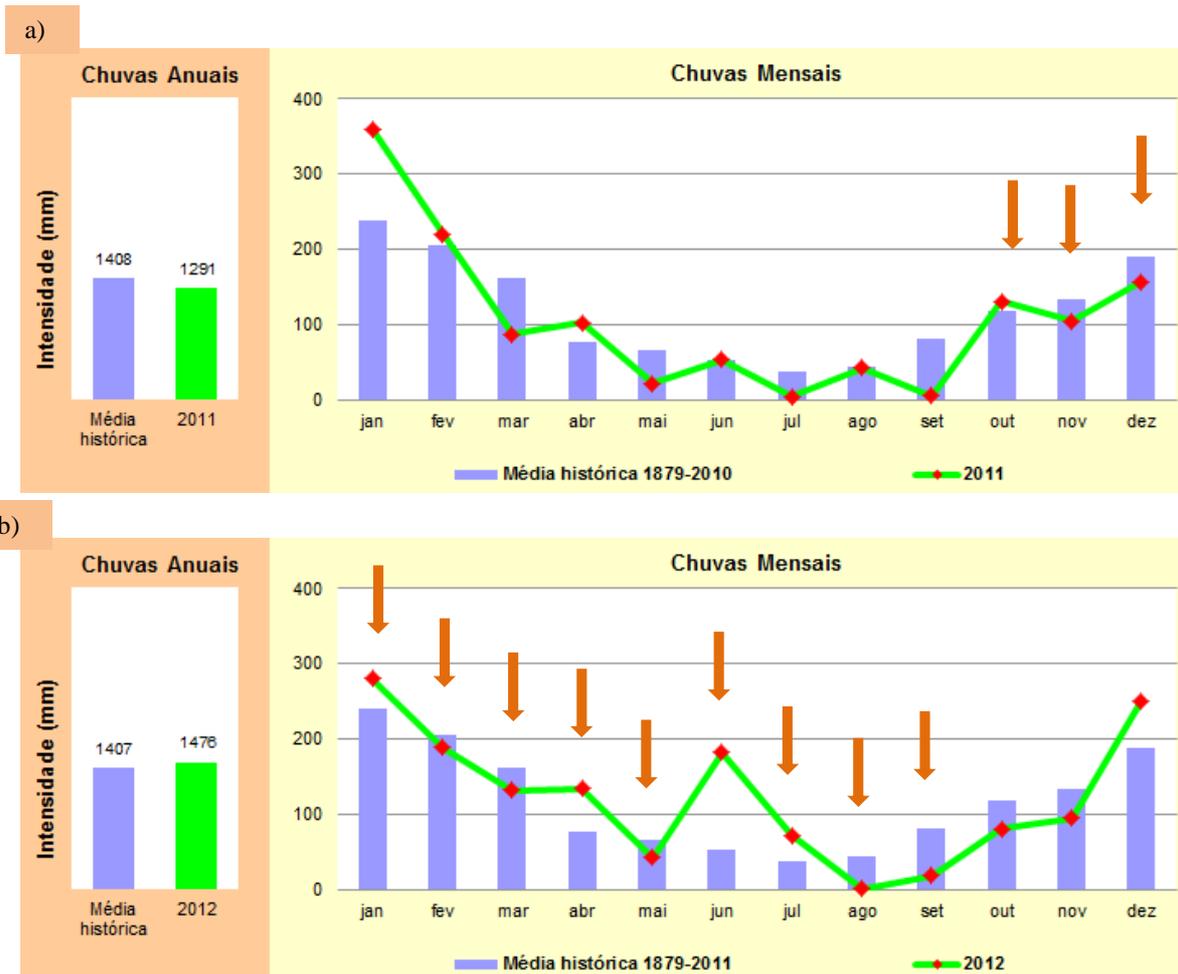
A seguir serão apresentados os resultados obtidos durante o período dos levantamentos (outubro/2011 a setembro/2012) nos dez pontos de amostragens.

### 8.1 HIDROLOGIA

#### 8.1.1 Precipitações

A figura 2 (a e b) apresenta a média mensal de precipitação na UGRHI 6 – Alto Tietê nos anos de 2011 e 2012, respectivamente. Em 2011 os períodos de amostragem foram típicos, com o aumento das precipitações no início da primavera e com valores próximos à média histórica. Em 2012, observa-se que as precipitações dos meses de janeiro, abril, junho e julho foram superiores à média histórica, com destaque para o mês de junho, no qual a precipitação superou em mais de 100% a média, e nos meses de agosto e setembro foram inferiores.

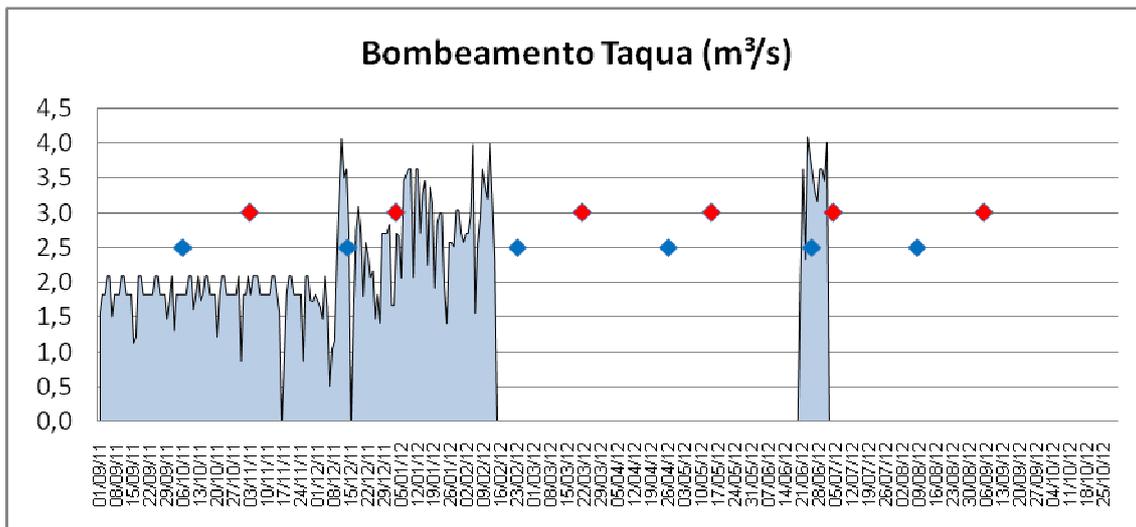
Figura 2. Médias mensais de precipitação na UGRHI 6 - Alto Tietê em 2011 (a) e 2012(b). As barras azuis correspondem à média histórica e a linha verde representa a média mensal no período de janeiro a dezembro de 2011 e 2012. Setas: meses de amostragens deste trabalho (CETESB 2012b, 2013).



### 8.1.2 Transposição entre os sistemas Billings e Guarapiranga

A partir dos dados do volume de água transposto entre Billings e Guarapiranga fornecidos pela SABESP, foi elaborado uma figura para identificar as datas nas quais a amostragem coincidiu com a transposição. Observa-se que em três delas (outubro e dezembro de 2011, fevereiro de 2012) houve coincidência com as amostragens no reservatório Guarapiranga, e em duas datas (novembro de 2011 e janeiro de 2012) houve coincidência com as amostragens no reservatório Billings. Na amostragem realizada em julho de 2012, o bombeamento para a transposição havia terminado quatro dias antes (Figura 3).

Figura 3. Volume bombeado entre os Reservatórios Billings e Guarapiranga, em m<sup>3</sup>/s, durante o período de estudo. As marcas azuis correspondem às datas de amostragem no reservatório Guarapiranga, entrada do rio Parelheiros, e as marcas vermelhas às datas de amostragem no reservatório Billings, braço do Taquacetuba.



### 8.1.3 Tempo de Residência

O Tempo de Residência de todos os reservatórios deste estudo foram calculados para o período de amostragem. As informações sobre cota operacional, vazão e volume dos reservatórios no período foram fornecidas pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), EMAE (Empresa Metropolitana de Águas e Energia SA) e pelo Setor de Hidrologia da CETESB. A partir destas informações, calculou-se o tempo de residência da água por meio da fórmula:

$$T = V / Q$$

onde:

T = tempo de residência (dias);

V = volume do reservatório (m<sup>3</sup>);

Q = descarga ou vazão (m<sup>3</sup>/s X 86.400s).

Os dados para o cálculo dos Tempos de Residência estão na Tabela 2, e na figura 4, os valores calculados para cada reservatório.

Figura 4 - Tempo de Residência médio calculado para cada um dos reservatórios durante o período de estudo.

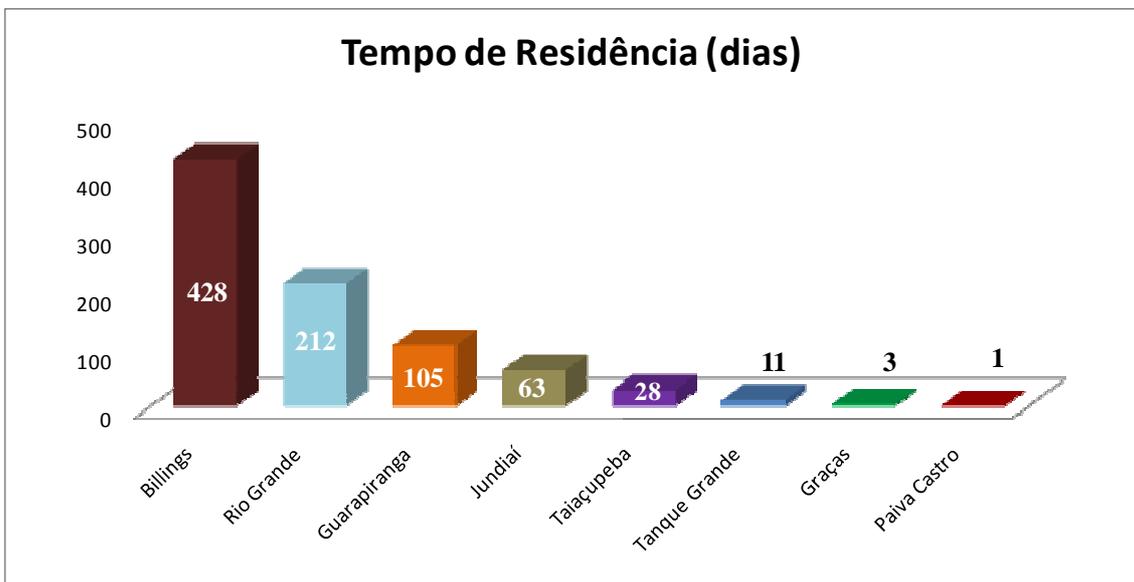


Tabela 2 - Dados de volume (V) e vazão (Q) utilizados para o cálculo dos Tempos de Residência nos diferentes reservatórios.

<b>Coletas</b>	<b>out/11</b>	<b>nov/11</b>	<b>dez/11</b>	<b>jan/12</b>	<b>fev/12</b>	<b>mar/12</b>	<b>abr/12</b>	<b>mai/12</b>	<b>jun/12</b>	<b>jul/12</b>	<b>ago/12</b>	<b>set/12</b>
<b>Reservatório Billings</b>												
V (m <sup>3</sup> ; x 10 <sup>6</sup> )	645	686	668	636	653	680	702	693	649	595	580	567
Q (m <sup>3</sup> /s)	24	20,1	28,5	24,7	37,9	28,1	19,3	10,9	9,6	11,4	13,8	23,8
<b>Reservatório Guarapiranga</b>												
V (m <sup>3</sup> ; x 10 <sup>6</sup> )	91,8	92,3	93,5	111,4	140,5	137,1	129,1	132,9	139	149,5	143,3	123,6
Q (m <sup>3</sup> /s)	12,8	12,8	12,9	12,9	13,9	14,1	14,1	13,9	13,7	13,6	13,9	14
<b>Reservatório Rio Grande</b>												
V (m <sup>3</sup> ; x 10 <sup>6</sup> )	87,25	90,76	98,34	106,7	103,88	100,51	99,69	105,25	107,38	105,01	102,75	94,87
Q (m <sup>3</sup> /s)	4,81	4,74	4,87	10,81	6,57	4,98	4,94	4,83	8,56	4,8	4,88	4,9
<b>Reservatório Jundiá</b>												
V (m <sup>3</sup> ; x 10 <sup>6</sup> )	19,75	21,13	25,89	39,9	58,92	53,28	47,7	53,43	60	59,2	54,28	44,26
Q (m <sup>3</sup> /s)	21,35	20,01	15,29	9,97	14,6	29,9	21,48	13,44	20,7	12,61	14,8	21,5
<b>Reservatório Taiacupeba</b>												
V (m <sup>3</sup> ; x 10 <sup>6</sup> )	29,06	30,08	31	32,97	30,08	29,46	30,09	29,86	28,11	35,88	33,3	29,4
Q (m <sup>3</sup> /s)	12,14	12,89	13,61	13,28	13,69	14,09	14,23	13,71	10,78	10,6	11,31	12,31
<b>Reservatório das Graças</b>												
V (m <sup>3</sup> ; x 10 <sup>6</sup> )	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Q (m <sup>3</sup> /s)	1,61	1,41	1,28	1,48	1,37	1,34	1,27	1,19	2,09	1,99	1,26	1,27
<b>Reservatório Tanque Grande</b>												
V (m <sup>3</sup> ; x 10 <sup>6</sup> )	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Q (m <sup>3</sup> /s)	nd	nd	nd	0,083	0,083	0,085	0,085	0,085	0,087	0,087	0,085	0,087
<b>Reservatório Paiva Castro (Juqueri)</b>												
V (m <sup>3</sup> ; x 10 <sup>6</sup> )	3,42	3,46	3,47	3,51	3,35	3,28	3,69	3,73	3,96	3,75	3,89	3,92
Q (m <sup>3</sup> /s)	30,87	30,12	30,45	28,78	30,94	31,23	29,85	29,74	31,38	31,87	32,82	32,35

## 8.2 Resultados da qualidade da água – dados de campo

O quadro 5, a seguir, apresenta os meses das coletas nos diferentes reservatórios.

Quadro 5 - Meses das coletas nos diferentes pontos de amostragem entre outubro de 2011 e setembro de 2012.

Sub-bacia	Manancial	Ponto Amostral	Campanha											
			1ª. Campanha	2ª. campanha	3ª. campanha	4ª. campanha	5ª. campanha	6ª. campanha						
			out/11	nov/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12	mai/12	jun/12	jul/12	ago/12	set/12
Alto Tietê-Cabeceiras	Jundiaí	JNDI 00500		X		X		X		X		X		X
	Taiacupeba	PEBA 00900	X		X		X		X		X		X	
	Tanque Grande	TDGE 00900		X		X		X		X		X		X
Billings-Tamanduatei	Billings (Barragem)	BILL02900		X		X		X		X		X		X
	Billings (Taquacetuba)	BITQ00100		X		X		X		X		X		X
	Rio Grande	RGDE 02900	X		X		X		X		X		X	
Cotia-Guarapiranga	das Graças	COGR00900		X		X		X		X		X		X
	Guarapiranga (Parelheiros)	GUAR00100	X		X		X		X		X		X	
	Guarapiranga (captação)	GUAR00900	X		X		X		X		X		X	
Juqueri-Cantareira	Juqueri (Paiva Castro)	JQUJ00900		X		X		X		X		X		X

Durante as atividades de amostragem foram realizadas medições em campo de condutividade, oxigênio dissolvido, pH, temperatura da água, temperatura do ar e transparência (disco de Secchi). Os resultados das determinações de campo estão apresentados na Tabela 3, a seguir.

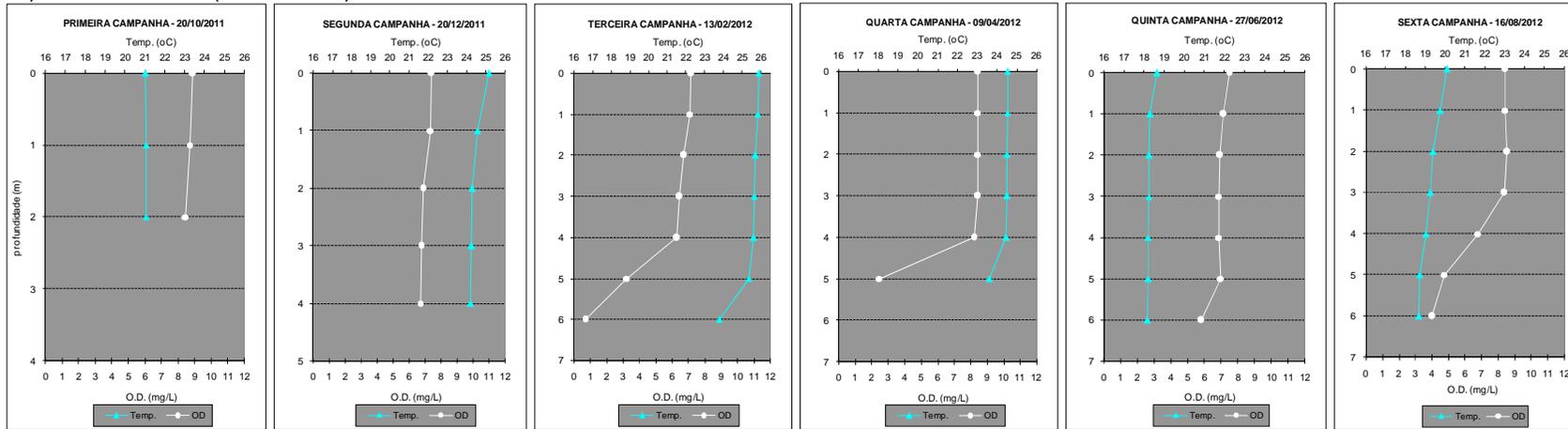
**Tabela 3 - Resultados das determinações de campo, por ponto de coleta e data de amostragem.**

<b>Res. Taiaçupeba (PEBA009 00)</b>	<b>data da coleta</b>	<b>20/10/2011</b>	<b>20/12/2011</b>	<b>13/02/2012</b>	<b>09/04/2012</b>	<b>27/06/2012</b>	<b>16/08/2012</b>
	número da amostra	112859 2	11317 22	1212027	121 6017	12 20673	1 22743 6
	Condutividade (µS/cm)	45	38	56	51	57	53
	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	8,1	8,03	7	7,9	7,9	8,4
	pH	7,5	7,59	7,4	7,3	6,8	6,9
	Temperatura da Água (°C)	20,7	25,68	25,1	24,8	19,5	20,7
	Temperatura do Ar (°C)	18	29,5	26,9	24,5	22	28,1
	Transparência (m)	0,8	1,1	1,1	0,9	1,7	1,7
<b>Res. Jundiá (JNDI00500)</b>	<b>data da coleta</b>	<b>20/10/2011</b>	<b>20/12/2011</b>	<b>13/02/2012</b>	<b>09/04/2012</b>	<b>27/06/2012</b>	<b>16/08/2012</b>
	número da amostra	112859 3	11317 21	1212026	121 6016	12 20672	1 22743 7
	Condutividade (µS/cm)	37	52	40	42	40	42
	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	9	7,4	7,2	8,5	7,5	8,4
	pH	7,9	7,35	7,4	7,5	6,5	6,6
	Temperatura da Água (°C)	21	25,17	25,9	24,5	18,7	20,1
	Temperatura do Ar (°C)	18,3	29,5	25,4	25,1	23	25,8
	Transparência (m)	1	1	0,9	1,2	1,15	1,9
<b>Res. Billings/Taquacetuba (BITQ0010 0)</b>	<b>data da coleta</b>	<b>03/11/2011</b>	<b>03/01/2012</b>	<b>21/03/2012</b>	<b>14/05/2012</b>	<b>04/07/2012</b>	<b>05/09/2012</b>
	número da amostra	113059 2	12084 31	1214206	122 0196	12 23416	1 22959 2
	Condutividade (µS/cm)	172	183	172	160	170	174
	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,5	9,2	10,9	7,8	12,6	8,6
	pH	7,6	8,8	9,2	7,9	9,4	7,9
	Temperatura da Água (°C)	20,4	25	26	20,4	20,4	21,4
	Temperatura do Ar (°C)	16,6	26	26	19	24,2	24
	Transparência (m)	1,2	1,1	0,5	0,7	0,8	0,9
<b>Res. Billings/Summit (BIL02 900)</b>	<b>data da coleta</b>	<b>03/11/2011</b>	<b>03/01/2012</b>	<b>21/03/2012</b>	<b>14/05/2012</b>	<b>04/07/2012</b>	<b>05/09/2012</b>
	número da amostra	113059 3	12084 32	1214205	122 0197	12 23417	1 22959 1
	Condutividade (µS/cm)	145	160	154	149	160	143
	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,3	8,8	8,1	7	11,3	8,7
	pH	7,6	9	8,5	7,6	9,2	8,2
	Temperatura da Água (°C)	20,3	25,5	26,1	20,4	21	20,1
	Temperatura do Ar (°C)	15,5	25,5	26	19	23,9	24
	Transparência (m)	1,1	0,7	0,7	0,8	1,5	0,7
<b>Res. das Graças (COGR00 900)</b>	<b>data da coleta</b>	<b>09/11/2011</b>	<b>01/02/2012</b>	<b>08/03/2012</b>	<b>30/05/2012</b>	<b>03/07/2012</b>	<b>04/09/2012</b>
	número da amostra	113059 7	12084 41	1212922	122 0462	12 23415	1 22959 0
	Condutividade (µS/cm)	16	18	18	18	17	160
	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	8,4	7,3	8,5	8,6	7,9	8,3
	pH	7,2	5,9	6,7	6,4	6,4	7
	Temperatura da Água (°C)	21,7	21,7	24,5	18,9	16,8	17,6
	Temperatura do Ar (°C)	24,7	22	27,5	25,6	22,5	16,2
	Transparência (m)	1,1	0,7	0,9	0,9	1,7	0,6
<b>Res. Juqueri/Paiva Castro (JQU00900)</b>	<b>Data da coleta</b>	<b>10/11/2011</b>	<b>16/01/2012</b>	<b>15/03/2012</b>	<b>09/05/2012</b>	<b>26/07/2012</b>	<b>12/09/2012</b>
	Número da amostra	113059 8	12095 82	1213102	122 0099	12 25624	1 22968 2
	Condutividade (µS/cm)	35	38	36	36	38	34
	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	8,4	7,6	7,9	7,6	8,98	8,5
	pH	8,2	7,6	7,5	7,1	6,98	6,9
	Temperatura da Água (°C)	24,4	24,9	27,2	21,7	18,8	22,5
	Temperatura do Ar (°C)	24,7	28,7	27	25,6	18,4	28
	Transparência (m)	1,6	1,3	1,5	1,6	1,2	1,4
<b>Res. Tanque Grande (TGDE00900)</b>	<b>Data da coleta</b>	<b>24/11/2011</b>	<b>19/01/2012</b>	<b>29/03/2012</b>	<b>31/05/2012</b>	<b>23/07/2012</b>	<b>19/09/2012</b>
	Número da amostra	113106 4	12095 88	1215330	122 0463	12 25623	1 23033 8
	Condutividade (µS/cm)	52	48	120	51	50	53
	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,5	6,4	6,2	7,8	8,3	7,9
	pH	7	7,2	7,4	6,9	7,4	6,9
	Temperatura da Água (°C)	26,1	22	25,7	19,3	17,2	23,7
	Temperatura do Ar (°C)	24,6	21	29,5	20,1	23,2	25,5
	Transparência (m)	0,7	0,3	0,5	1,3	0,4	1,2

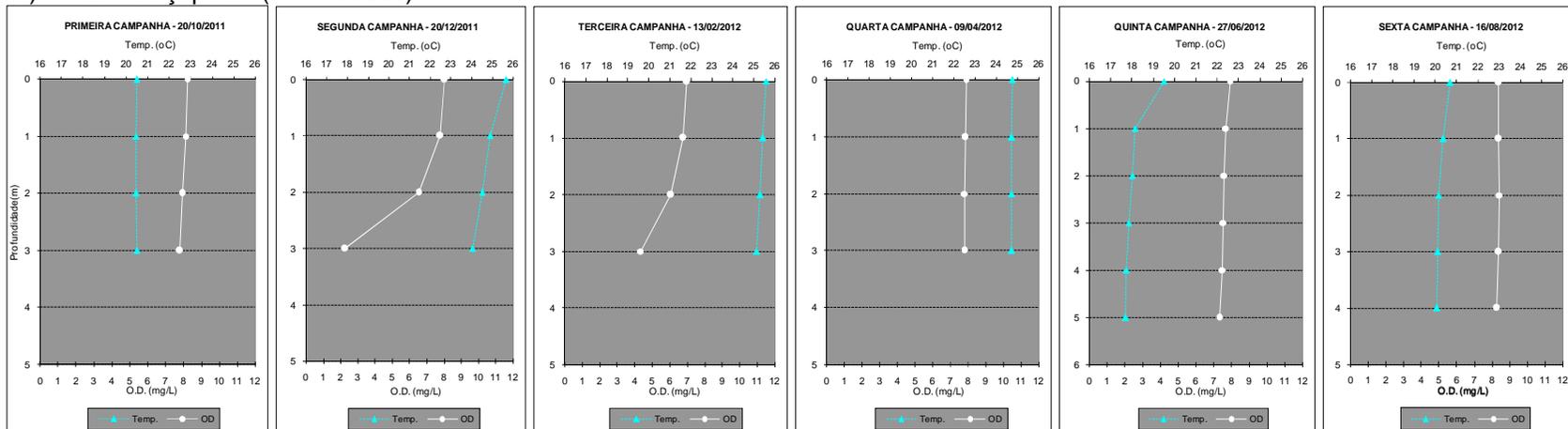
Também foram determinados os perfis de temperatura e de oxigênio dissolvido, determinados a cada metro, para todas as coletas realizadas (Fig.5).

Figura 5 – Perfis de Temperatura (Temp. °C) e Oxigênio Dissolvido (OD, mg/L) nos dez pontos, em cada uma das campanhas de amostragem.

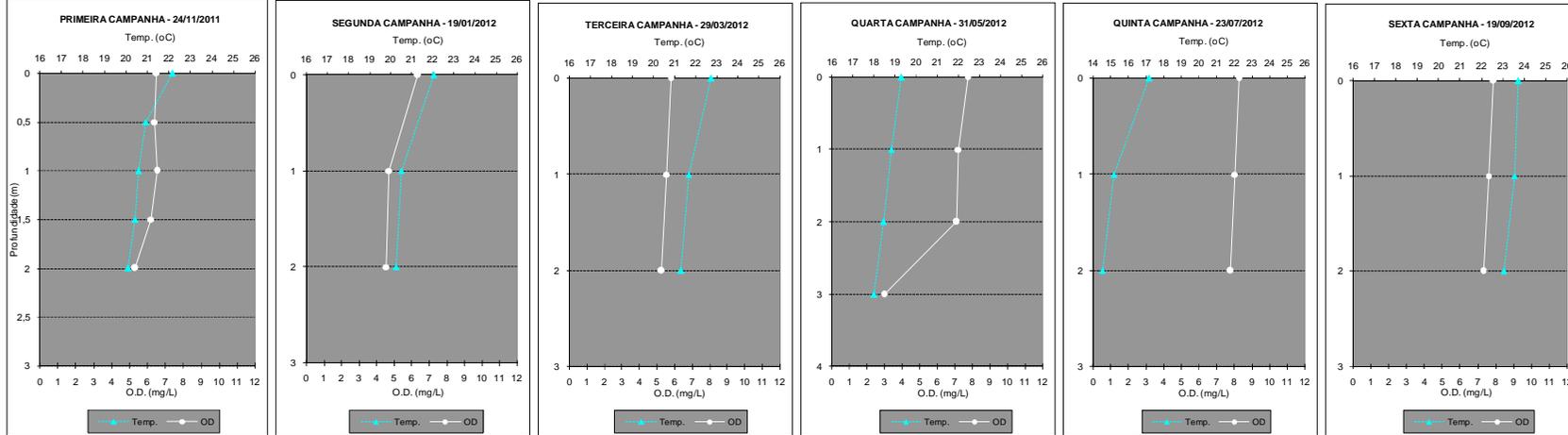
a) Res. Jundiáí (JNDI00500)



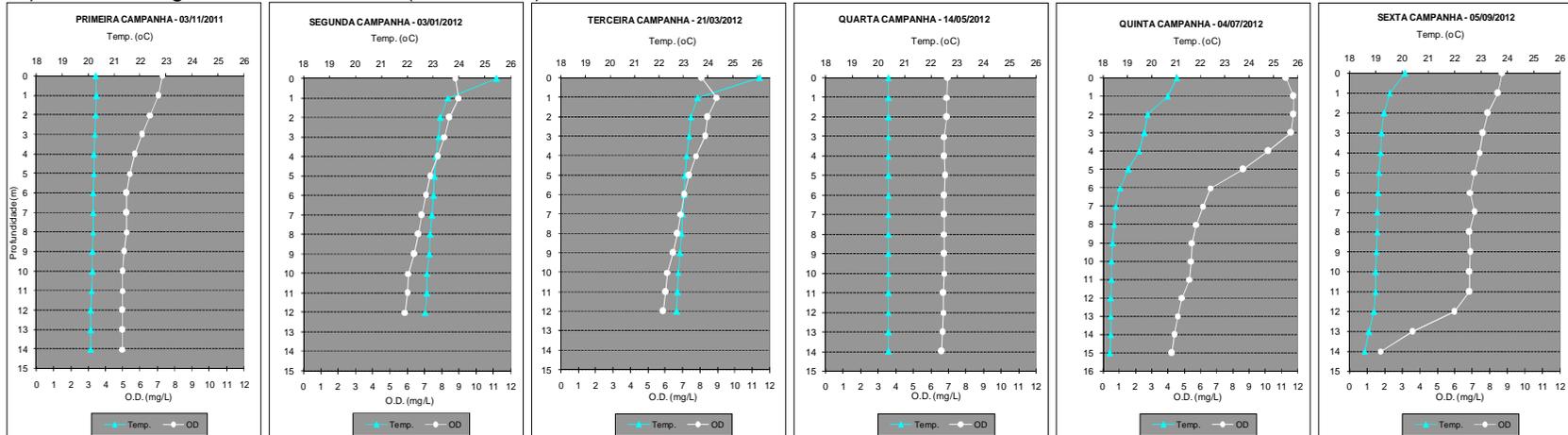
b) Res. Taiáçupeba (PEBA00900)



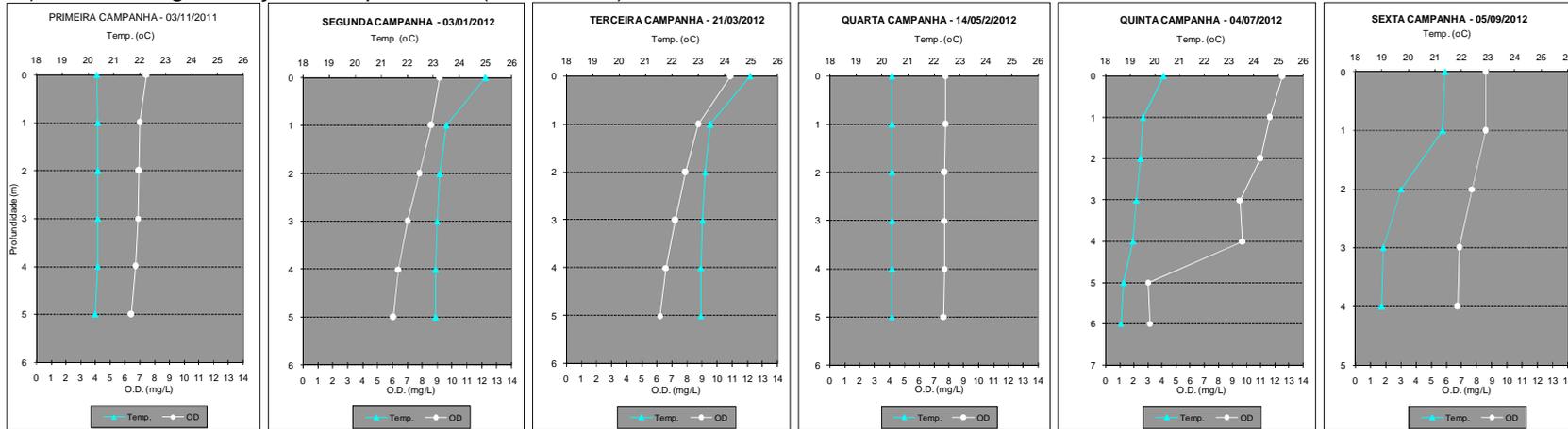
c) Res. de Tanque Grande (TGDE00900)



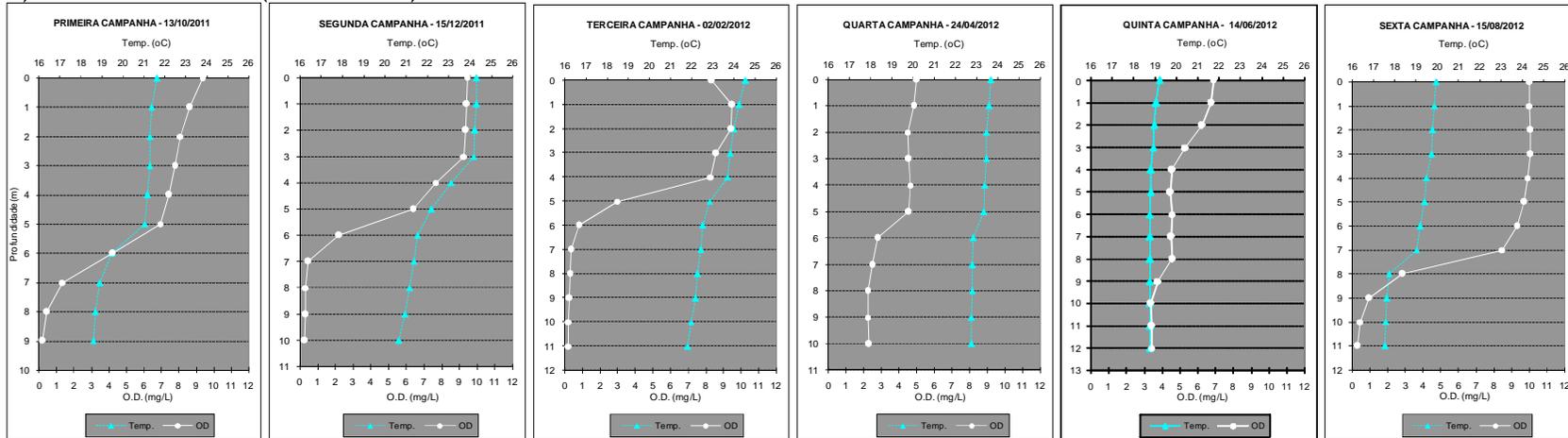
d) Res. Billings – Summit Control (BILL02900)



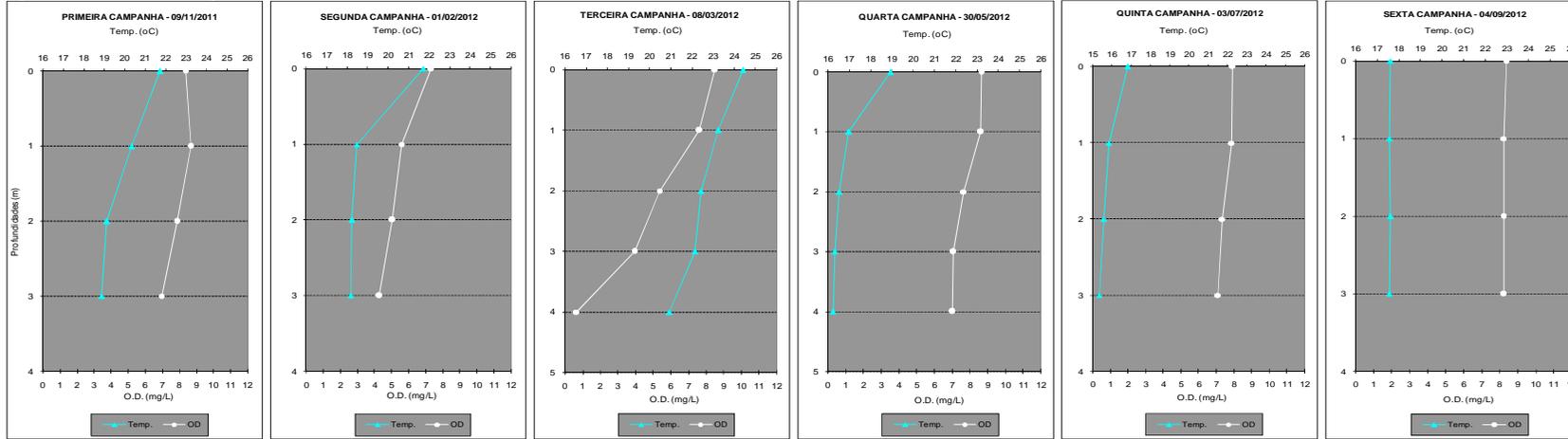
e) Res. Billings - Braço do Taquacetuba (BITQ00100)



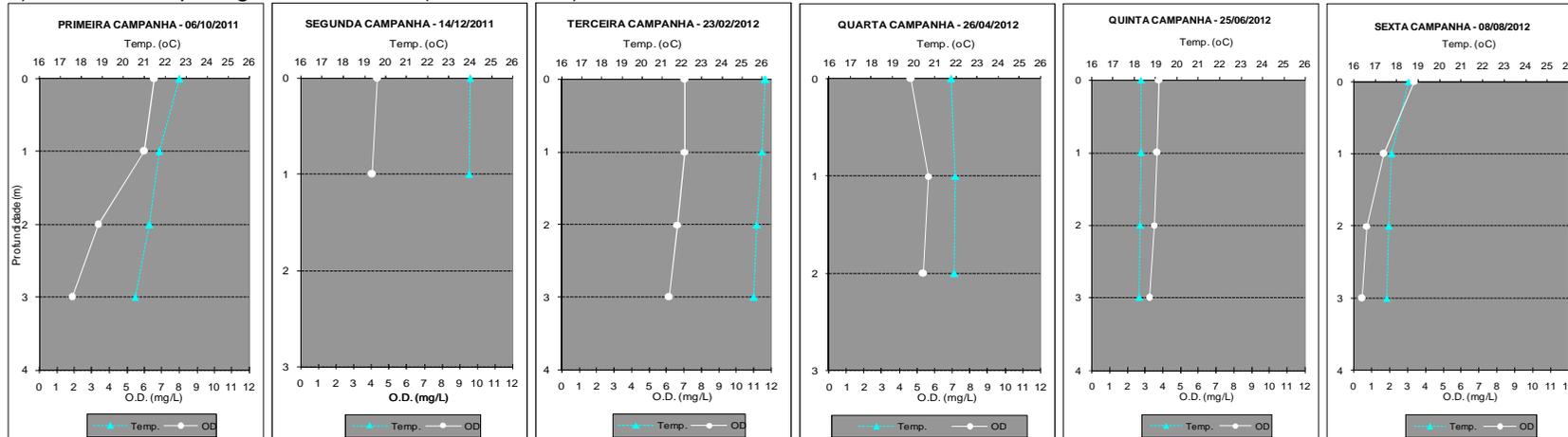
f) Res. Rio Grande (RGDE02900)



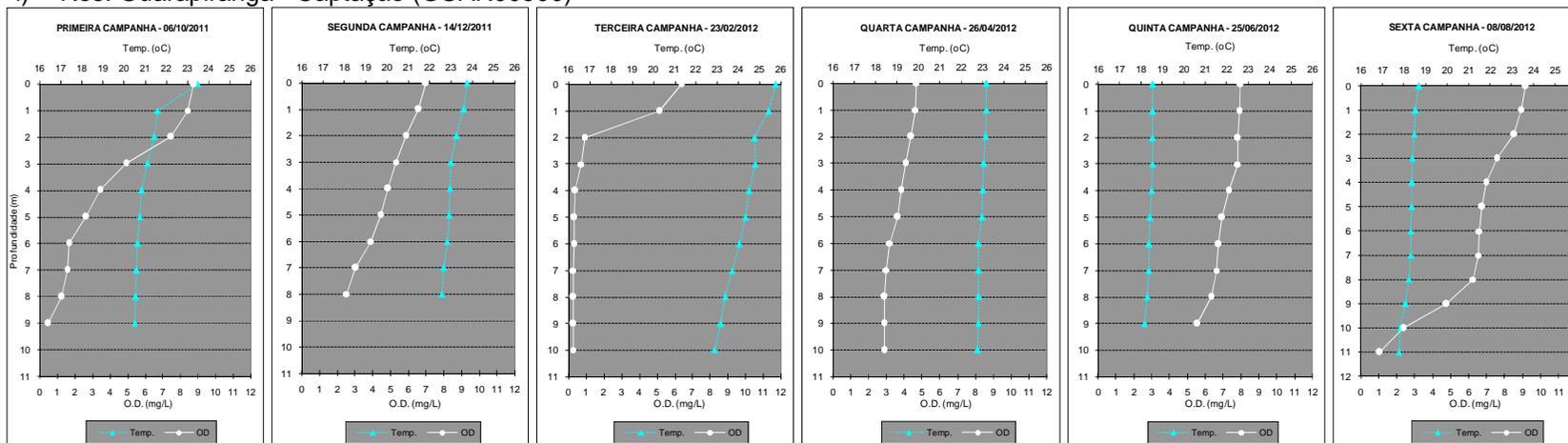
g) Res. das Graças (COGR00900)



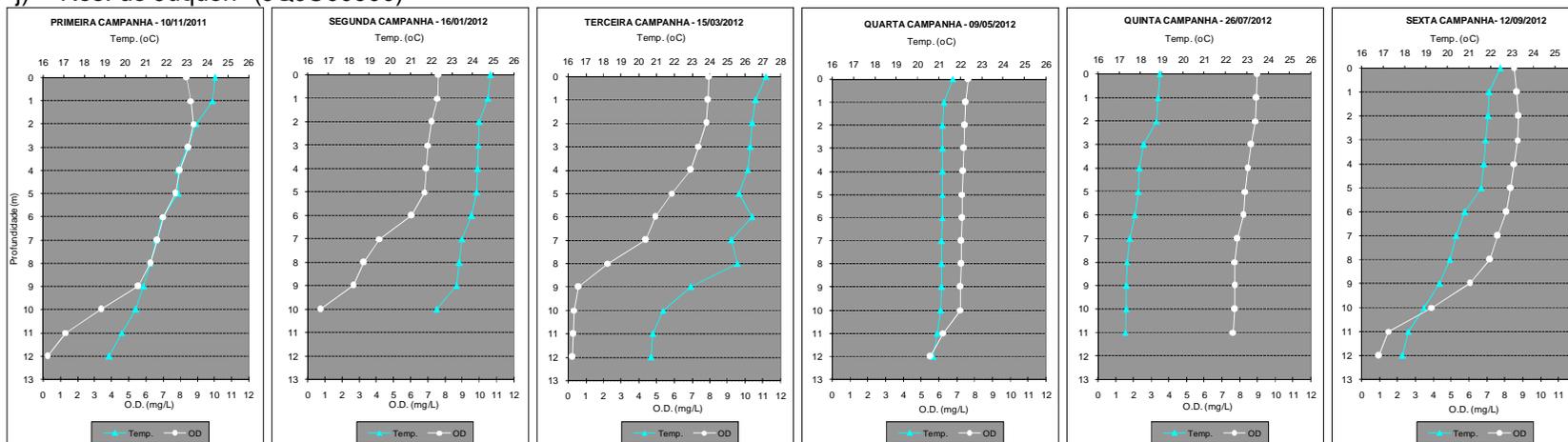
h) Res. Guarapiranga - Parelheiros (GUAR00100)



i) Res. Guarapiranga - Captação (GUAR00900)



j) Res. do Juqueri (JQUJ00900)



### 8.3 Resultados Analíticos

#### 8.3.1 Dados Microbiológicos

Conforme explicitado no item 4.1.3.1 alguns dados microbiológicos considerados neste trabalho foram derivados de dados históricos. A Tabela 4 apresenta os dados considerados para cada período de amostragem nos oito reservatórios.

Tabela 4 – Resultados microbiológicos por sub-bacia, ponto de amostragem e campanha como *E. coli*.

Sub-bacia	Manancial	OUT E NOV/11	DEZ/11 e JAN/12	FEV e MAR/12	ABR e MAI/12	JUN e JUL/12	AGO e SET/12
Alto Tietê-Cabeceiras	Jundiaí	292	74	18	8	23	25
	Taiacupeba	58	544	47	28	38	47
	Tanque Grande	6.080	4.304	114	2.214	517	393
Billings-Tamanduateí	Billings (Barragem)	4	11	6	3	9	2
	Billings (Taquacetuba)	2	20	1	20	16	3
	Rio Grande	29	40	57	38	83	17
Cotia-Guarapiranga	das Graças	49	166	73	68	86	26
	Guarapiranga (Parelheiros)	4.279	6.404	390	165	598	20.648
	Guarapiranga (captação)	18	116	445	102	23	360.017
Juqueri-Cantareira	Juquerí (Paiva Castro)	9	182	84	57	113	49
	resultados transformados em <i>E. coli</i>						

#### 8.3.2 Médias e Desvios Padrão dos Resultados

Das 51 variáveis determinadas foram selecionadas 30 mais significativas, considerando sobretudo a frequência de detecção das mesmas, para as quais foram calculados a média, o desvio padrão e apresentados os valores máximos e mínimos obtidos nas seis amostragens realizadas, para cada ponto amostras (Tabela 5).

Tabela 5 – Média, desvio padrão (dp), valores mínimos (min) e máximos (max) para algumas variáveis em cada ponto amostral.

Variável	Unidade	N	Guarapiranga Parelheiros				Guarapiranga Captação				Rio Grande				Taiáçupeba				Jundiaí			
			Média	dp	min	max	Média	dp	min	max	Média	dp	min	max	Média	dp	min	max	Média	dp	min	max
Condutividade	µS/cm	6	<b>168</b>	42	115	220	<b>125</b>	3	120	129	<b>97</b>	4	93	102	<b>50</b>	7	38	57	<b>42</b>	5	37	52
O.D.	mg/L	6	<b>5,0</b>	1,5	3,4	7,1	<b>6,3</b>	1,9	3,4	9,2	<b>8,2</b>	1,9	5,0	10,0	<b>7,9</b>	0,5	7,0	8,4	<b>8,0</b>	0,7	7,2	9,0
pH		6	<b>7,1</b>	0,3	6,7	7,4	<b>7,5</b>	0,6	6,7	8,5	<b>8,3</b>	1,1	6,9	9,4	<b>7,2</b>	0,3	6,8	7,6	<b>7,2</b>	0,5	6,5	7,9
Transparência	m	6	<b>0,85</b>	0,21	0,70	1,20	<b>1,15</b>	0,31	0,80	1,70	<b>1,35</b>	0,30	1,00	1,70	<b>1,22</b>	0,39	0,80	1,70	<b>1,19</b>	0,36	0,90	1,90
Clorofila a	µg/L	6	<b>29,31</b>	21,10	7,75	67,21	<b>29,50</b>	16,29	7,75	50,34	<b>36,87</b>	16,04	22,28	63,01	<b>13,41</b>	9,71	2,67	28,87	<b>20,25</b>	6,18	9,93	27,08
Feofitina	µg/L	6	<b>9,97</b>	5,00	3,85	16,73	<b>13,05</b>	7,73	3,85	25,37	<b>4,97</b>	1,73	3,02	7,98	<b>4,68</b>	1,65	2,41	6,47	<b>4,73</b>	2,32	1,76	6,90
No. cels Cianobact.	cel/mL	6	<b>43.058</b>	29.752	7.910	75.550	<b>43.053</b>	32.689	12.180	97.720	<b>43.134</b>	25.167	13.595	86.110	<b>56.453</b>	39.560	10.150	123.330	<b>37.104</b>	21.228	18.900	74.090
Alcalinidade	mg/L	6	<b>45,9</b>	16,2	30,8	73,5	<b>30,4</b>	3,5	25,1	34,9	<b>13,7</b>	7,6	1,9	19,6	<b>11,6</b>	2,6	8,2	15,4	<b>10,1</b>	2,4	8,2	14,6
Alumínio Total	mg/L	6	<b>0,18</b>	0,12	0,10	0,41	<b>0,11</b>	0,01	0,10	0,13	<b>0,13</b>	0,06	0,10	0,24	<b>0,17</b>	0,10	0,10	0,37	<b>0,13</b>	0,07	0,10	0,27
Alumínio Dissolvido	mg/L	6	<b>0,10</b>	0,00	0,10	0,10	<b>0,10</b>	0,00	0,10	0,10	<b>0,10</b>	0,00	0,10	0,10	<b>0,13</b>	0,06	0,10	0,25	<b>0,12</b>	0,05	0,10	0,23
Cloreto	mg/L	6	<b>12,79</b>	3,08	8,32	16,50	<b>10,10</b>	1,08	8,96	11,60	<b>11,21</b>	1,38	9,93	13,30	<b>4,95</b>	0,48	4,26	5,50	<b>3,59</b>	0,37	3,35	4,33
Cobre Total	mg/L	6	<b>0,01</b>	0,01	0,01	0,02	<b>0,04</b>	0,03	0,01	0,09	<b>0,02</b>	0,01	0,01	0,03	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,01	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,01
Cor	mg/L	6	<b>10,67</b>	5,92	5,00	18,00	<b>9,83</b>	6,18	5,00	21,00	<b>7,67</b>	3,72	5,00	15,00	<b>22,83</b>	12,89	9,00	45,00	<b>23,50</b>	13,16	9,00	44,00
DBO	mg/L	6	<b>4,7</b>	2,7	3,0	9,0	<b>3,5</b>	0,8	3,0	5,0	<b>3,8</b>	1,0	3,0	5,0	<b>3,0</b>	0,0	3,0	3,0	<b>3,0</b>	0,0	3,0	3,0
Dureza	mg/L	6	<b>40,1</b>	9,1	30,4	51,7	<b>30,2</b>	1,7	27,3	32,6	<b>23,7</b>	5,3	20,2	34,2	<b>13,1</b>	1,2	11,2	15,0	<b>10,0</b>	1,1	8,8	11,6
Fenóis	mg/L	6	<b>0,004</b>	0,003	0,003	0,010	<b>0,011</b>	0,019	0,003	0,050	<b>0,004</b>	0,002	0,003	0,007	<b>0,006</b>	0,007	0,003	0,020	<b>0,003</b>	0,000	0,003	0,003
Ferro Total	mg/L	6	<b>0,76</b>	0,48	0,22	1,49	<b>0,21</b>	0,07	0,13	0,31	<b>0,25</b>	0,21	0,10	0,64	<b>0,40</b>	0,09	0,32	0,57	<b>0,45</b>	0,14	0,28	0,65
Ferro Dissolvido	mg/L	6	<b>0,20</b>	0,11	0,10	0,38	<b>0,10</b>	0,00	0,10	0,10	<b>0,10</b>	0,00	0,10	0,10	<b>0,14</b>	0,03	0,10	0,19	<b>0,19</b>	0,10	0,10	0,30
Fósforo Total	mg/L	6	<b>0,14</b>	0,11	0,02	0,32	<b>0,05</b>	0,01	0,05	0,07	<b>0,03</b>	0,01	0,02	0,04	<b>0,03</b>	0,02	0,02	0,06	<b>0,04</b>	0,02	0,02	0,07
Manganês	mg/L	6	<b>0,09</b>	0,06	0,03	0,17	<b>0,07</b>	0,02	0,03	0,08	<b>0,07</b>	0,08	0,02	0,23	<b>0,09</b>	0,03	0,06	0,12	<b>0,03</b>	0,01	0,01	0,05
Nitrato	mg/L	6	<b>0,42</b>	0,16	0,26	0,65	<b>0,82</b>	0,32	0,39	1,16	<b>0,30</b>	0,14	0,10	0,53	<b>0,15</b>	0,05	0,10	0,20	<b>0,15</b>	0,05	0,10	0,20
Nitrito	mg/L		<b>0,07</b>	0,02	0,03	0,09	<b>0,06</b>	0,04	0,01	0,12	<b>0,03</b>	0,02	0,01	0,06	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,01	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,01
N amoniacal	mg/L	6	<b>1,1</b>	0,8	0,2	2,5	<b>0,2</b>	0,2	0,1	0,6	<b>0,1</b>	0,1	0,1	0,2	<b>0,1</b>	0,0	0,1	0,1	<b>0,1</b>	0,0	0,1	0,1
N Kjeldahl	mg/L	6	<b>2,0</b>	1,1	1,0	4,0	<b>0,9</b>	0,1	0,9	1,2	<b>0,8</b>	0,2	0,5	1,2	<b>0,6</b>	0,1	0,5	0,7	<b>0,6</b>	0,1	0,5	0,8
Potássio	mg/L	6	<b>3,8</b>	0,8	2,7	4,6	<b>3,2</b>	0,3	2,7	3,6	<b>2,0</b>	0,1	1,8	2,2	<b>1,9</b>	0,0	1,8	1,9	<b>1,7</b>	0,1	1,6	1,9
Sódio	mg/L	6	<b>11,8</b>	2,9	8,1	15,6	<b>9,3</b>	0,9	8,5	10,6	<b>8,4</b>	0,7	7,7	9,2	<b>3,5</b>	0,2	3,2	3,7	<b>2,6</b>	0,2	2,4	2,8
Sólidos Totais	mg/L	6	<b>119</b>	25	100	164	<b>109</b>	16	100	140	<b>100</b>	0	100	100	<b>100</b>	0	100	100	<b>100</b>	0	100	100
Surfactantes	mg/L	6	<b>0,11</b>	0,05	0,08	0,19	<b>0,08</b>	0,00	0,08	0,08	<b>0,08</b>	0,00	0,08	0,08	<b>0,10</b>	0,04	0,08	0,18	<b>0,10</b>	0,05	0,08	0,20
Turbidez	UNT	6	<b>4,90</b>	3,15	0,89	9,19	<b>2,53</b>	1,27	0,89	4,74	<b>3,47</b>	2,14	1,55	7,60	<b>3,00</b>	1,20	2,00	5,10	<b>3,12</b>	1,12	1,57	4,30
Microcistinas	µg/L	6	<b>0,16</b>	0,01	0,15	0,16	<b>0,16</b>	0,01	0,15	0,20	<b>0,16</b>	0,01	0,15	0,16	<b>0,16</b>	0,01	0,15	0,16	<b>0,16</b>	0,01	0,15	0,16

Tabela 5 – Média, desvio padrão (dp), valores mínimos (min) e máximos (max) para algumas variáveis em cada ponto amostral. (cont.).

Variável	Unidade	N	Billings Taquacetuba				Billings Summit				das Graças				Juqueri				Tanque Grande			
			Média	dp	min	max	Média	dp	min	max	Média	dp	min	max	Média	dp	min	max	Média	dp	min	max
Condutividade	µS/cm	6	<b>172</b>	7	160	183	<b>152</b>	7	143	160	<b>41</b>	58	16	160	<b>36</b>	2	34	38	<b>62</b>	28	38	120
O.D.	mg/L	6	<b>9,4</b>	2,0	7,5	12,6	<b>8,5</b>	1,5	7,0	11,3	<b>8,2</b>	0,5	7,3	8,6	<b>8,2</b>	0,6	7,6	9,0	<b>7,2</b>	0,9	7,0	8,3
pH		6	<b>8,5</b>	0,8	7,6	9,4	<b>8,4</b>	0,7	7,6	9,2	<b>6,6</b>	0,5	5,9	7,2	<b>7,4</b>	0,5	6,9	8,2	<b>7,1</b>	0,2	6,8	7,4
Transparência	m	6	<b>0,87</b>	0,26	0,50	1,20	<b>0,92</b>	0,33	0,70	1,50	<b>0,98</b>	0,39	0,60	1,70	<b>1,43</b>	0,16	1,20	1,60	<b>0,73</b>	0,42	0,80	1,30
Clorofila a	µg/L	6	<b>50,85</b>	25,27	16,32	86,72	<b>40,48</b>	15,88	17,91	66,83	<b>8,09</b>	3,51	3,74	12,30	<b>4,15</b>	1,64	1,34	6,11	<b>2,52</b>	0,87	2,67	3,86
Feofitina	µg/L	6	<b>6,04</b>	2,09	3,93	8,24	<b>4,40</b>	1,36	2,94	6,99	<b>2,86</b>	1,15	1,12	4,21	<b>1,76</b>	1,01	0,53	3,34	<b>1,47</b>	0,81	2,41	2,89
No. cels Cianobact.	cel/mL	6	<b>195.215</b>	127.206	21.995	398.345	<b>227.876</b>	65.415	125.020	287.500	<b>34.314</b>	34.682	6.885	93.577	<b>13.050</b>	5.405	5.415	19.670	<b>7.218</b>	5.112	10.150	14.560
Alcalinidade	mg/L	6	<b>46,9</b>	7,1	39,1	58,3	<b>38,8</b>	4,7	30,9	43,1	<b>7,5</b>	7,8	3,2	23,1	<b>11,7</b>	2,3	8,8	14,3	<b>24,0</b>	4,1	8,2	29,1
Alumínio Total	mg/L	6	<b>0,27</b>	0,11	0,10	0,40	<b>0,22</b>	0,14	0,10	0,49	<b>0,74</b>	0,34	0,45	1,25	<b>0,19</b>	0,09	0,10	0,32	<b>0,98</b>	0,90	0,10	2,14
Alumínio Dissolvido	mg/L	6	<b>0,10</b>	0,00	0,10	0,10	<b>0,10</b>	0,00	0,10	0,10	<b>0,15</b>	0,08	0,10	0,30	<b>0,10</b>	0,00	0,10	0,10	<b>0,12</b>	0,05	0,10	0,23
Cloreto	mg/L	6	<b>15,30</b>	0,78	14,30	16,50	<b>13,75</b>	0,61	12,70	14,30	<b>1,58</b>	0,10	1,50	1,77	<b>1,50</b>	0,40	1,28	2,31	<b>1,31</b>	0,18	4,26	1,58
Cobre Total	mg/L	6	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,01	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,01	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,01	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,02	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,01
Cor	mg/L	6	<b>20,33</b>	12,04	5,00	39,00	<b>17,00</b>	16,86	2,00	47,00	<b>38,00</b>	14,62	17,00	54,00	<b>9,67</b>	7,37	5,00	24,00	<b>20,83</b>	16,65	9,00	53,00
DBO	mg/L	6	<b>4,2</b>	1,3	3,0	6,0	<b>3,5</b>	0,8	3,0	5,0	<b>3,0</b>	0,0	3,0	3,0	<b>3,0</b>	0,0	3,0	3,0	<b>3,0</b>	0,0	3,0	3,0
Dureza	mg/L	6	<b>44,4</b>	2,7	40,9	48,4	<b>42,0</b>	7,9	35,8	56,8	<b>3,2</b>	0,3	2,9	3,7	<b>10,6</b>	1,9	9,3	14,5	<b>18,6</b>	1,0	11,2	20,4
Fenóis	mg/L	6	<b>0,003</b>	0,000	0,003	0,003	<b>0,003</b>	0,000	0,003	0,004	<b>0,005</b>	0,003	0,003	0,010	<b>0,018</b>	0,023	0,003	0,053	<b>0,011</b>	0,019	0,003	0,050
Ferro Total	mg/L	6	<b>0,25</b>	0,12	0,10	0,44	<b>0,34</b>	0,38	0,15	1,11	<b>0,61</b>	0,20	0,38	0,94	<b>0,30</b>	0,11	0,20	0,51	<b>1,06</b>	0,64	0,32	2,29
Ferro Dissolvido	mg/L	6	<b>0,10</b>	0,00	0,10	0,10	<b>0,10</b>	0,00	0,10	0,10	<b>0,20</b>	0,09	0,12	0,38	<b>0,11</b>	0,02	0,10	0,14	<b>0,27</b>	0,05	0,10	0,31
Fósforo Total	mg/L	6	<b>0,05</b>	0,03	0,02	0,09	<b>0,12</b>	0,19	0,04	0,50	<b>0,04</b>	0,04	0,02	0,12	<b>0,01</b>	0,01	0,01	0,02	<b>0,02</b>	0,00	0,02	0,03
Manganês	mg/L	6	<b>0,03</b>	0,01	0,01	0,05	<b>0,05</b>	0,01	0,03	0,06	<b>0,02</b>	0,01	0,02	0,03	<b>0,03</b>	0,01	0,02	0,04	<b>0,17</b>	0,07	0,06	0,29
Nitrato	mg/L	6	<b>0,31</b>	0,12	0,20	0,53	<b>0,23</b>	0,05	0,20	0,29	<b>0,17</b>	0,05	0,10	0,20	<b>0,17</b>	0,05	0,11	0,20	<b>0,17</b>	0,05	0,10	0,20
Nitrito	mg/L	6	<b>0,01</b>	0,01	0,01	0,02	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,02	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,01	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,01	<b>0,01</b>	0,00	0,01	0,02
N amoniacal	mg/L	6	<b>0,2</b>	0,1	0,1	0,3	<b>0,2</b>	0,1	0,1	0,3	<b>0,2</b>	0,2	0,1	0,6	<b>0,1</b>	0,0	0,1	0,2	<b>0,2</b>	0,1	0,1	0,4
N Kjeldahl	mg/L	6	<b>1,0</b>	0,3	0,7	1,5	<b>1,0</b>	0,3	0,6	1,5	<b>0,9</b>	0,3	0,5	1,4	<b>0,6</b>	0,2	0,5	0,9	<b>0,5</b>	0,0	0,5	0,6
Potássio	mg/L	6	<b>4,2</b>	0,2	3,9	4,5	<b>3,9</b>	0,8	3,4	5,5	<b>0,9</b>	0,2	0,7	1,2	<b>1,7</b>	0,4	0,8	2,0	<b>1,0</b>	0,2	1,8	1,4
Sódio	mg/L	6	<b>13,6</b>	0,9	12,4	14,6	<b>12,3</b>	1,2	11,4	14,6	<b>1,9</b>	0,3	1,4	2,3	<b>1,8</b>	0,6	1,0	2,5	<b>2,1</b>	0,1	3,2	2,2
Sólidos Totais	mg/L	6	<b>125</b>	16	100	146	<b>102</b>	3	100	106	<b>100</b>	0	100	100	<b>100</b>	0	100	100	<b>100</b>	0	100	100
Surfactantes	mg/L	6	<b>0,08</b>	0,00	0,08	0,08	<b>0,09</b>	0,01	0,08	0,10	<b>0,09</b>	0,03	0,08	0,15	<b>0,13</b>	0,13	0,08	0,39	<b>0,08</b>	0,00	0,08	0,08
Turbidez	UNT	6	<b>14,80</b>	14,48	4,74	43,40	<b>11,59</b>	7,33	3,55	25,40	<b>6,22</b>	3,37	3,29	12,70	<b>6,85</b>	8,50	2,34	24,00	<b>16,52</b>	12,56	2,00	36,50
Microcistinas	µg/L	6	<b>0,49</b>	0,72	0,15	1,95	<b>0,42</b>	0,50	0,15	1,40	<b>0,16</b>	0,01	0,15	0,16	<b>0,16</b>	0,01	0,15	0,16	<b>0,16</b>	0,01	0,15	0,16

## 8.4 Índices de Qualidade das Águas

### 8.4.1 IQA – Índice de Qualidade da Água

A seguir (tabela 6) são apresentados os resultados do IQA nos dez pontos dos oito reservatórios estudados.

Tabela 6 – Resultado do IQA por campanha e médias das campanhas e por sub-bacia.

Sub-bacia	Manancial	OUT E NOV/11	DEZ/11 e 01/12	FEV e MAR/12	ABR e MAI/12	JUN e JUL/12	AGO e SET/12	MÉDIA	Média sub-bacia
Alto Tietê-Cabeceiras	Jundiaí	75	80	83	85	81	83	81	77
	Taiacupeba	81	73	80	83	82	82	80	
	Tanque Grande	62	62	75	68	73	74	69	
Billings-Tamanduateí	Billings (Barragem)	86	71	83	86	55	85	78	76
	Billings (Taquacetuba)	88	76	69	81	61	84	76	
	Rio Grande	74	71	71	75	78	80	75	
Cotia-Guarapiranga	Das graças	80	70	78	78	78	82	78	70
	Guarapiranga (Parelheiros)	62	51	74	58	61	48	59	
	Guarapiranga (captação)	81	74	72	71	82	53	72	
Juqueri-Cantareira	Juqueri (Paiva Castro)	85	78	80	78	79	81	80	80

Otimo	Bom	Regular	Ruim
-------	-----	---------	------

A sub-bacia Juqueri-Cantareira apresentou média do Índice da Qualidade da Água (IQA) ótima, e as sub-bacias do Alto Tietê-Cabeceiras, Billings-Tamanduateí e Cotia-Guarapiranga apresentaram média boa, como se pode notar na Tabela 6.

O reservatório Juqueri, único representante da sub-bacia Juqueri-Cantareira, apresentou média do índice de qualidade da água ótimo, com ponderações consideradas ótimas em aproximadamente 70% das amostragens, e boas na segunda e quarta campanha (jan./12 e mai./12).

Dos reservatórios da sub-bacia Alto Tietê-Cabeceiras verificou-se que o Jundiaí e o Taiacupeba apresentaram média do índice ótimo, com ponderações consideradas boas em 80% das campanhas, sendo que o reservatório Jundiaí apresentou índice bom na primeira campanha (out./11) e o Taiacupeba na segunda (dez/2011). Já no Tanque-Grande os índices permaneceram bons durante todas as campanhas.

Na sub-bacia Billings-Tamanduateí, o ponto do Rio Grande esteve com índices bons em aproximadamente 80% das campanhas e qualidade ótima na sexta (ago./12). No ponto BILL 02900, a ponderação esteve ótima em aproximadamente 70% das amostragens e bons na segunda e quinta campanha (jan./12 e jul./12), enquanto que no ponto BITQ 00100, os índices foram considerados bons na segunda, terceira e quinta campanhas (jan./12, mar./12 e jul./12), e ótimos na primeira, quarta e sexta (nov./11, mai./12 e set./12).

Na sub-bacia Cotia-Guarapiranga, o reservatório das Graças apresentou índice ótimo na primeira e sexta campanha (nov./11 e set./12), e bom nas demais. No reservatório Guarapiranga, os dois pontos apresentaram ponderação considerada boa em aproximadamente 70% das campanhas, entretanto, no ponto GUAR 00100, o índice esteve regular na segunda e sexta campanha (dez./11 e ago./12), e no ponto GUAR 00900 o índice esteve ótimo na primeira e quinta campanha (out./11 e jun./12). Os dados

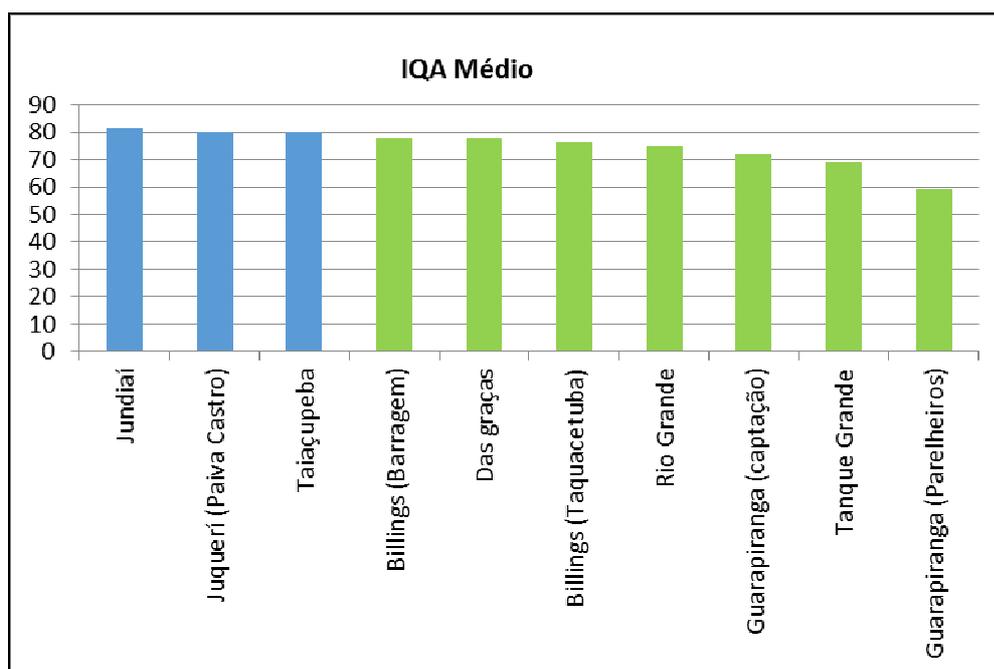
históricos desse índice (IQA), obtidos no monitoramento realizado pela CETESB, puderam ser comparados aos dados obtidos nesse trabalho, pois as variáveis envolvidas em seus cálculos praticamente não sofreram variações durante os últimos 10 anos, deste modo, pode-se observar a comparação das médias anuais dos reservatórios com a média obtida conforme a tabela 7. Nessa tabela também é possível verificar que, por meio da avaliação do IQA, não são observadas tendências significativas nos reservatórios estudados

Tabela 7 - Média anual do IQA de 2002 a 2012.

Sub-bacia	Manancial	Ponto Amostral	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Tendência
Alto Tietê-Cabeceiras	Jundiá	JNDI 00500	79	79	78	79	77	83	80	80	83	80	81	MA
	Taiáçupeba	PEBA 00900	-	-	85	79	87	87	88	79	81	85	80	MA
	Tanque Grande	TDGE 00900	74	77	81	77	81	70	77	70	77	71	69	MA
Billings-Tamanduateí	Billings (Barragem)	BILL02900	83	82	80	83	80	79	82	77	81	80	78	MA
	Billings (Taquacetuba)	BITQ00100	77	73	75	76	76	77	84	84	83	85	76	MA
	Rio Grande	RGDE 02900	74	85	81	78	84	75	82	78	78	83	75	MA
Cotia-Guarapiranga	Das graças	COGR00900	80	78	82	77	75	75	75	77	76	81	78	MA
	Guarapiranga (Parelheiros)	GUAR00100	54	55	53	69	58	64	63	60	58	60	59	MA
	Guarapiranga (captação)	GUAR00900	76	75	72	74	82	76	77	73	73	77	72	MA
Juqueri-Cantareira	Juquerí (Paiva Castro)	JQUU00900	81	85	75	77	84	72	82	78	79	79	80	MA
			Otimo	Bom	Regular	Ruim	ME=melhora			MA=manteve				

O Gráfico 1 exibe o gradiente de qualidade da água em relação ao índice IQA médio observado entre os dez pontos estudados, no período de out./2011 a set./2012.

Gráfico 1 – Gradiente de qualidade das águas segundo a média do Índice de Qualidade da Água (IQA).



**8.4.2 IAP**

A seguir (tabela 8) são apresentados os resultados do IQA nos dez pontos dos oito reservatórios estudados.

Tabela 8 - Resultado do IAP por campanha e médias das campanhas e por sub-bacia.

Sub-bacia	Manancial	OUT E NOV/11	DEZ/11 e 01/12	FEV e MAR/12	ABR e MAI/12	JUN e JUL/12	AGO e SET/12	MÉDIA	Média sub-bacia
Alto Tietê-Cabeceiras	Jundiaí	56	62	56	68	63	83	65	57
	Taiáçupeba	52	49	46	58	64	82	59	
	Tanque Grande	52	23	49	68	57	30	47	
Billings-Tamanduateí	Billings (Barragem)	51	36	41	52	26	43	41	49
	Billings (Taquacetuba)	70	45	33	48	42	46	47	
	Rio Grande	51	57	57	68	63	56	58	
Cotia-Guarapiranga	Das graças	47	43	36	65	68	72	55	52
	Guarapiranga (Parelheiros)	37	43	51	37	46	48	44	
	Guarapiranga (captação)	65	52	51	71	66	37	57	
Juqueri-Cantareira	Juqueri (Paiva Castro)	85	73	-	78	76	79	78	78

Ótimo
Bom
Regular
Ruim

As sub-bacias do Alto Tietê-Cabeceiras, Cotia-Guarapiranga e Juqueri-Cantareira apresentaram média do índice de qualidade da água bruta para fins de abastecimento público (IAP) boas e a sub-bacia Billings-Tamanduateí apresentou média regular.

Dos reservatórios da sub-bacia Alto Tietê-Cabeceiras que apresentaram média do IAP boa, verificou-se que no reservatório Jundiaí o índice manteve-se bom em praticamente todas as amostragens, com exceção da sexta campanha (ago./12), onde observou-se ponderação ótima. Também foi verificada ponderação ótima na sexta campanha (ago./12) no reservatório Taiáçupeba, entretanto, o índice esteve bom na primeira, quarta e quinta campanha (out./11, abr./12 e jun./12), e regular na segunda e terceira (dez/11 e fev/12).

O Tanque-Grande apresentou o pior índice da sub-bacia, com média de IAP regular, sendo 50% das campanhas boas, a terceira regular (mar/12), e a segunda e sexta ruins (jan./12 e set/12).

Na sub-bacia Billings-Tamanduateí, o ponto Rio Grande apresentou IAP bom em aproximadamente 80% das amostragens e ponderação regular na primeira campanha (out./11).

No ponto BITQ 00100 aproximadamente 70% das campanhas estiveram com IAP regular, sendo que a primeira (nov./11) esteve com índice bom e a terceira (mar./12) ruim. No ponto BILL 02900, a quarta campanha (mai./12) esteve com IAP bom, a primeira, terceira e sexta regular (nov./11, mar./12 e set./12), e a segunda e quinta (jan./12 e jul./12) ruins.

Na sub-bacia Cotia-Guarapiranga, o reservatório das Graças esteve com índices bons em 50% das campanhas, encontrando-se regular nas duas primeiras (nov./11 e fev./12) e ruim na terceira (mar/12). No reservatório Guarapiranga, o ponto GUAR 00100 apresentou IAP regular em todas as amostragens e no ponto GUAR 00900, aproximadamente 70% das campanhas apresentaram índice bom, e a terceira e sexta (fev./12 e ago./12) apresentaram índice regular.

No reservatório Juqueri, inserido na sub-bacia Juqueri-Cantareira, verificou-se ponderação ótima na primeira campanha (nov./11), e boa na segunda, quarta, quinta e sexta (jan./12, mai./12, jul./12 e set./12).

No cálculo do IAP é considerado o resultado do número de células de cianobactérias. Na tabela 9, a

seguir, são apresentados os dados do número de células de cianobactérias por ponto de amostragem e por campanha, com destaque para os valores que superaram o limite de 20.000 cels./mL estabelecido pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde, bem como para águas classe 1, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, sendo este, ainda, o valor a partir do qual interfere negativamente na classificação do IAP. Com relação à Resolução CONAMA 357/2005, apenas os pontos BILL02900 e RGDE02900 são enquadrados na classe 2, com valor máximo para o número de células de cianobactérias estabelecido em 50.000 cels./mL, enquanto para todos os outros são considerados os padrões de qualidade da classe 1.

Tabela 9 – Número de células de cianobactérias por campanha e a média aritmética por ponto e por sub-bacia.

Sub-bacia	Manancial	Ponto Amostral	OUT e NOV/11	DEZ/11 e JAN/12	FEV e MAR/12	ABR e MAI/12	JUN e JUL/12	AGO e SET/12	MÉDIA	Média sub-bacia
Alto Tietê-Cabeceiras	Jundiaí	JNDI 00500	31.795	49.590	74.090	28.180	20.070	18.900	37.104	33.575
	Taiacupeba	PEBA 00900	68.780	58.105	123.330	53.850	24.210	10.150	56.404	
	Tanque Grande	TDGE 00900	14.560	2.920	3.685	12.130	2.570	7.440	7.218	
Billings-Tamanduati	Billings (Barragem)	BILL02900	125.020	287.500	253.195	168.660	258.100	274.780	227.876	155.408
	Billings (Taquacetuba)	BITQ00100	21.995	134.125	266.030	182.720	398.345	168.075	195.215	
	Rio Grande	RGDE 02900	86.110	35.235	43.875	13.595	26.490	53.500	43.134	
Cotia-Guarapiranga	das Graças	COGR00900	59.565	18.200	93.575	16.395	6.885	11.260	34.313	40.362
	Guarapiranga (Parelheiros)	GUAR00100	62.250	7.910	69.075	30.565	41.950	12.180	37.322	
	Guarapiranga (captação)	GUAR00900	39.090	65.105	97.720	18.785	25.435	50.570	49.451	
Juquerí-Cantareira	Juquerí (Paiva Castro)	JQUU00900	5.415	13.930	19.670	13.155	8.420	17.710	13.050	13.050

Valores acima dos padrões de qualidade da Resolução Conama 357/2005 de acordo com a classe de enquadramento.

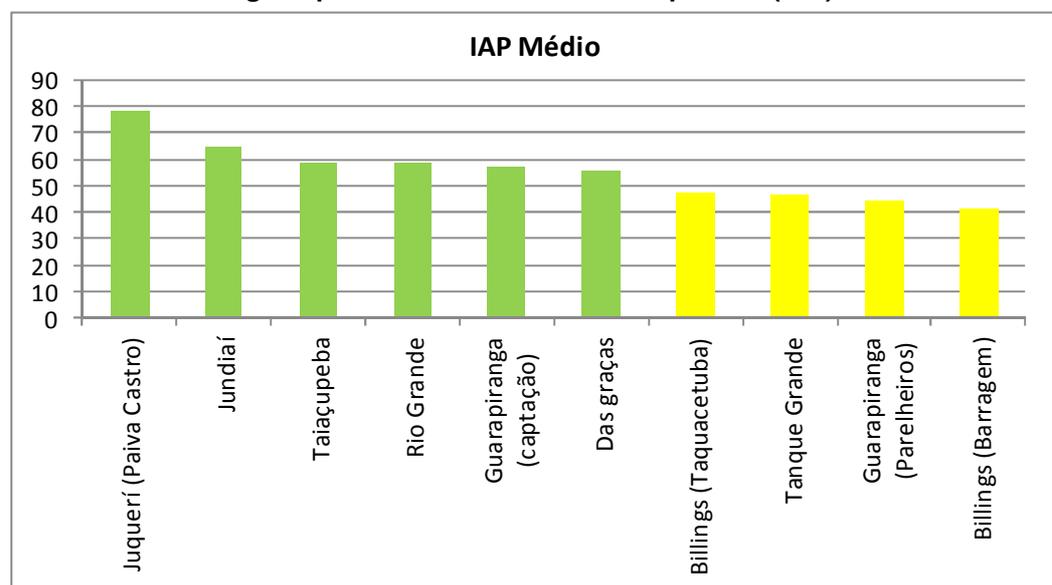
Valores acima de 20.000 cel./mL embora o ponto seja enquadrado na classe 2, cujo padrão é de 50.000 cel./mL.

De todos os reservatórios amostrados apenas os do Tanque Grande e do Juqueri não tiveram nenhuma amostra acima dos padrões de qualidade para o número de células de cianobactérias, enquanto, em ambos os pontos do reservatório Billings, todas as amostras superaram o limite de 20.000 cels./mL.

Os dados históricos desse índice não puderam ser comparados aos dados obtidos nesse trabalho, pois as variáveis envolvidas em seus cálculos sofreram variações durante os últimos dez anos.

O Gráfico 2 exibe o gradiente de qualidade da água em relação ao índice IAP médio observado entre os dez pontos estudados, no período de out/2011 a set/2012.

Gráfico 2 – Gradiente de qualidade das águas segundo a média do Índice de Qualidade das Águas para fins de abastecimento público (IAP).



8.4.3 IET

A seguir são apresentados os resultados em relação à eutrofização por meio do Índice de Estado Trófico (IET) dos dez pontos nos oito reservatórios estudados.

A tabela 10 apresenta os resultados do Índice de Estado Trófico (IET) dos oito reservatórios nas seis campanhas realizadas neste projeto.

Tabela 10 – Resultados do Índice de Estado Trófico (IET) por campanha e a média.

Sub-bacias	Manancial	OUT E NOV/11	DEZ/11 e 01/12	FEV e MAR/12	ABR e MAI/12	JUN e JUL/12	AGO e SET/12	MÉDIA
Alto Tietê-Cabeceiras	JNDI00500	60	59	62	59	57	55	58
	PEBA00900	60	59	59	56	53	52	56
	TGDE00900	53	52	52	52	51	55	52
Billings-Tamanduateí	BILL02900	59	64	60	61	72	61	63
	BITQ00100	60	63	60	62	69	63	62
	RGDE02900	60	60	61	58	57	59	59
Cotia-Guarapiranga	COGR00900	57	59	56	56	53	57	56
	GUAR00100	64	65	60	68	57	57	62
	GUAR00900	62	62	60	59	62	61	61
Juqueri-Cantareira	JQJU00900	50	50	51	47	51	56	51

ULTRAOLIGOTRÓFICO	OLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO	SUPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO
-------------------	--------------	-------------	-----------	----------------	----------------

A tabela 11 apresenta os resultados do Índice de Estado Trófico (IET) médio, e os índices calculados separadamente, para as concentrações médias (média geométrica) de clorofila a e de fósforo total, bem como uma avaliação do grau de limitação de cada um dos dez pontos amostrais. Um grau de limitação alto, como do Reservatório Tanque Grande indica que, considerando o modelo utilizado, o valor de clorofila a encontrado é inferior ao esperado para a concentração de fósforo total desse corpo d'água, enquanto a maioria dos pontos apresentou grau de limitação baixo, indicando uma maior produtividade do que a esperada para os valores de fósforo total medidos neste estudo.

Tabela 11 – Resultados do Índice de Estado Trófico (IET) médio e calculado separadamente para fósforo total (PT) e clorofila a (CLORO) e do grau de limitação.

Sub-bacia	Manancial	Ponto	Média	PT	CLORO	GRAU LIMITAÇÃO
Alto Tietê-Cabeceiras	Jundiá	JNDI 00500	58	56	61	B
	Taiáçupeba	PEBA 00900	56	55	57	N
	Tanque Grande	TDGE 00900	52	54	51	A
Billings-Tamanduateí	Billings (Barragem)	BILL02900	63	61	65	B
	Billings (Taquacetuba)	BITQ00100	62	59	66	B
	Rio Grande	RGDE 02900	59	55	64	B
Cotia-Guarapiranga	das Graças	COGR00900	56	56	56	N
	Guarapiranga (Parelheiros)	GUAR00100	62	62	62	N
	Guarapiranga (captação)	GUAR00900	61	58	64	B
Juqueri-Cantareira	Juqueri (Paiva Castro)	JQJU00900	51	48	53	B
		B=Baixo N=Neutro A=Alto	OLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO	SUPEREUTRÓFICO

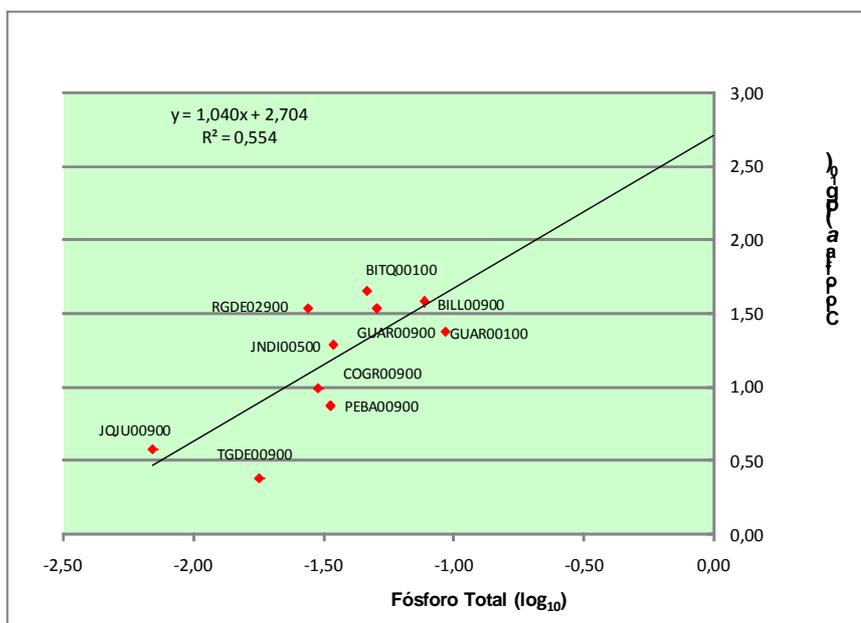
Foram realizadas análises de correlações entre as médias geométricas dos resultados das seis campanhas para fósforo total e clorofila a (Gráfico 3), bem como para os resultados de clorofila a e do número de células de cianobactérias (Gráfico 4). Devido às diferenças de unidade de medidas para as diferentes variáveis, foram utilizadas transformações logarítmicas das médias geométricas obtidas para cada ponto amostral (Tabela 12).

Tabela 12 – Médias geométricas dos resultados de clorofila a, feofitina a, fósforo total e número de células de cianobactérias por ponto.

Sub-bacia	Manancial	Código do ponto	média geométrica das seis campanhas			
			Clorofila a (µg/L)	Feofitina a (µg/L)	Fósforo total (mg/L)	nº cél. Ciano (célis/ml)
Alto Tietê-Cabeceiras	Res. Jundiá	JNDI00500	19,4	4,8	0,034	32.677
	Res. Taiaçupeba	PEBA00900	9,8	4,4	0,030	42.876
	Res. de Tanque Grande	TGDE00900	2,4	1,3	0,018	5.755
Billings-Tamanduateí	Res. Billings (Summit)	BILL02900	37,7	4,3	0,077	282.686
	Res. Billings (Taquacetuba)	BITQ00100	44,8	5,7	0,046	128.867
	Res. Rio Grande	RGDE02900	34,2	4,7	0,027	36.998
Cotia-Guarapiranga	Res. das Graças	COGR00900	7,4	2,6	0,034	22.477
	Res. Guarapiranga (Parelheiros)	GUAR00100	23,6	8,8	0,093	25.466
	Res. Guarapiranga (Captação)	GUAR00900	33,7	14,1	0,051	42.638
Juqueri-Cantareira	Res. do Juquerí	JQJU00900	3,8	1,5	0,007	11.949

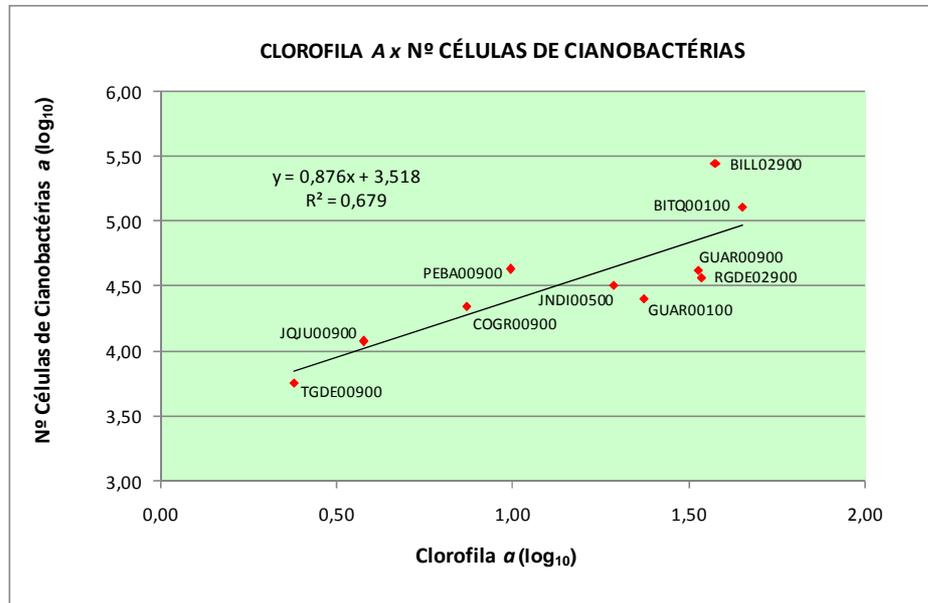
O gráfico 3 exibe a correlação entre as concentrações de fósforo total e clorofila a dos dez pontos estudados, apesar do pequeno n amostral é possível observar uma correlação significativa.

Gráfico 3 - Correlação entre fósforo total e clorofila a



O gráfico 4 exibe a correlação entre a concentração de clorofila a e o número de células de cianobactérias dos dez pontos estudados, apesar do pequeno n amostral é possível observar uma correlação significativa.

Gráfico 4 - Correlação entre clorofila a e o número de células de cianobactérias



A tabela 13 apresenta o histórico do Índice de Estado Trófico (IET) do período de 2000 a 2012, obtido na Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo.

Tabela 13 - Dados histórico do Índice de Estado Trófico (IET) - 2000 a 2012 (Rede de Monitoramento da CETESB)

Sub-bacia	Manancial		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	TENDÊNCIA
Alto Tietê-Cabeceiras	Res. Jundiá	JNDI00500	61	63	61	63	64	59	60	58	57	58	57	58	55	ME
	Res. Taiacupeba	PEBA00900	-	57	59	58	59	56	54	53	49	58	56	55	52	MA
	Res. de Tanque Grande	TGDE00900	56	53	52	56	51	52	54	56	52	49	49	50	47	ME
Billings-Tamanduateí	Res. Billings	BILLO2900	59*	59*	56*	63*	57*	57*	56*	58*	62	60	60	57	58	ME
		BITQ00100	63	62	63	65	62	62	65	62	56	57	61	59	58	MA
	Res. Rio Grande	RGDE02900	56	58	60	59	57	55	58	58	57	57	59	58	54	MA
Cotia-Guarapiranga	Res. das Graças	COGR00900	55	57	56	57	58	55	56	56	55	55	54	53	52	ME
		GUAR00100	60	60	63	63	63	60	65	63	58	60	63	65	58	MA
	Res. Guarapiranga	GUAR00900	59	61	60	62	60	59	60	59	60	59	59	59	57	MA
Juqueri-Cantareira	Res. do Juqueri	JQUU00900	53	55	53	54	55	52	53	55	51	56	53	53	49	MA

\* = apenas IET(PT)

ME = MELHORA

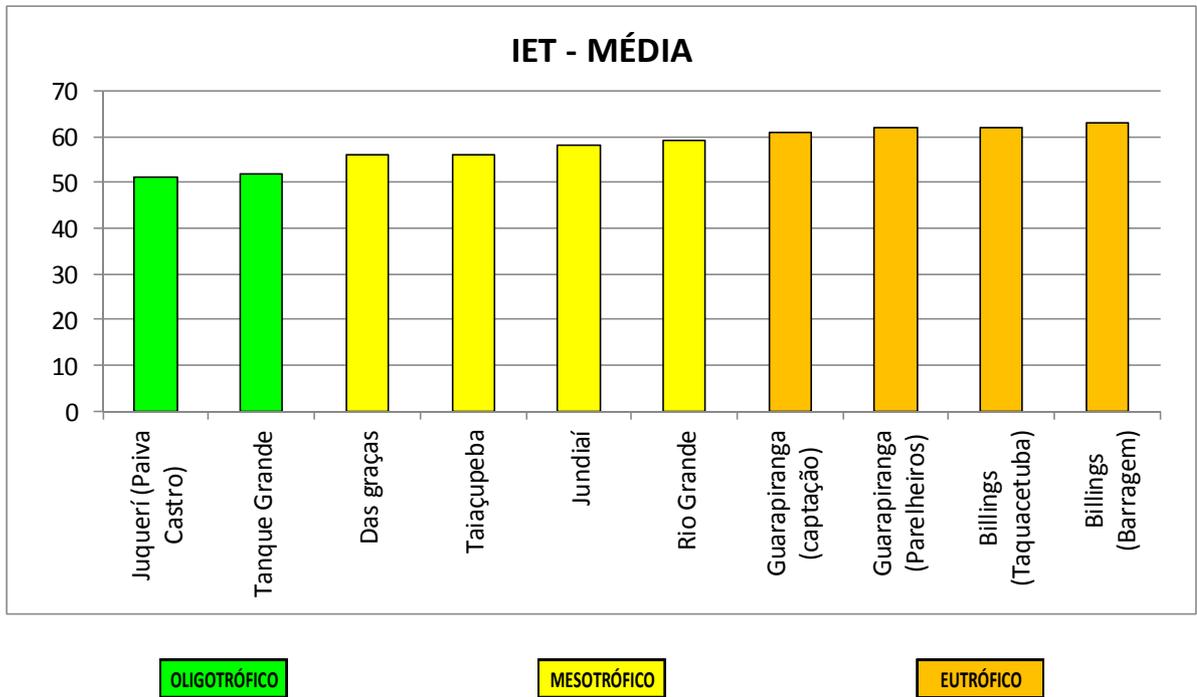
MA = MANTÉM

ULTRAOLOGOTRÓFICO	OLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO	SUPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO
-------------------	--------------	-------------	-----------	----------------	----------------

Observa-se uma tendência de melhora nos reservatórios do Jundiá, Tanque Grande, das Graças e nos pontos do Summit Control (BILL 02900) no reservatório Billings.

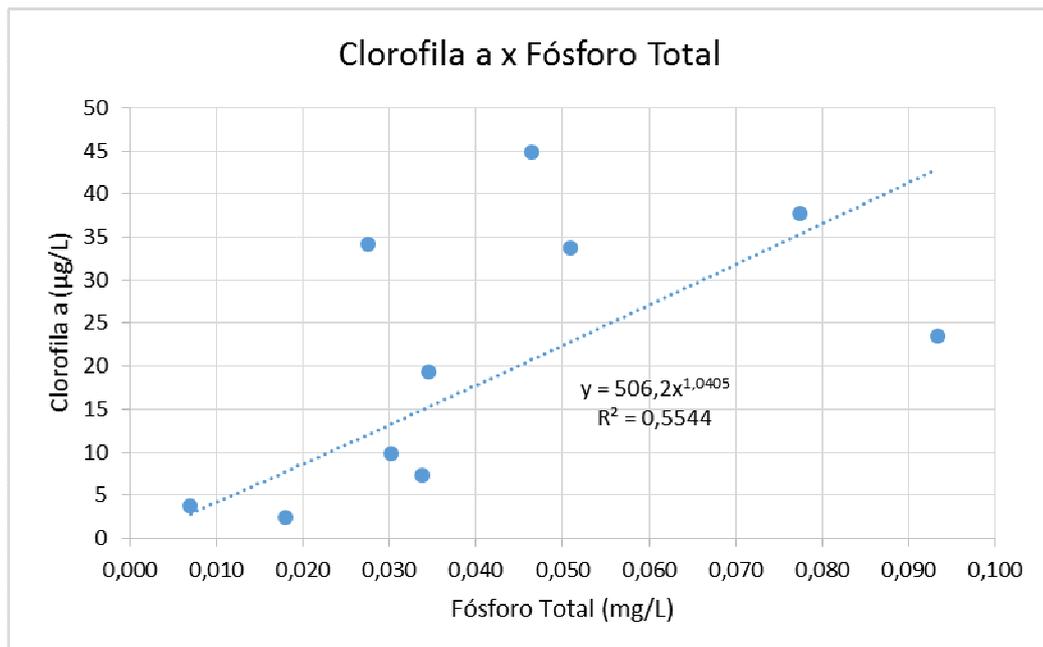
O Gráfico 5 exibe o gradiente de qualidade da água em relação a eutrofização média observada entre os dez pontos estudados, no período de out./2011 a set./2012.

Gráfico 5 – Gradiente de qualidade das águas segundo a média do Índice de Estado Trófico (IET).



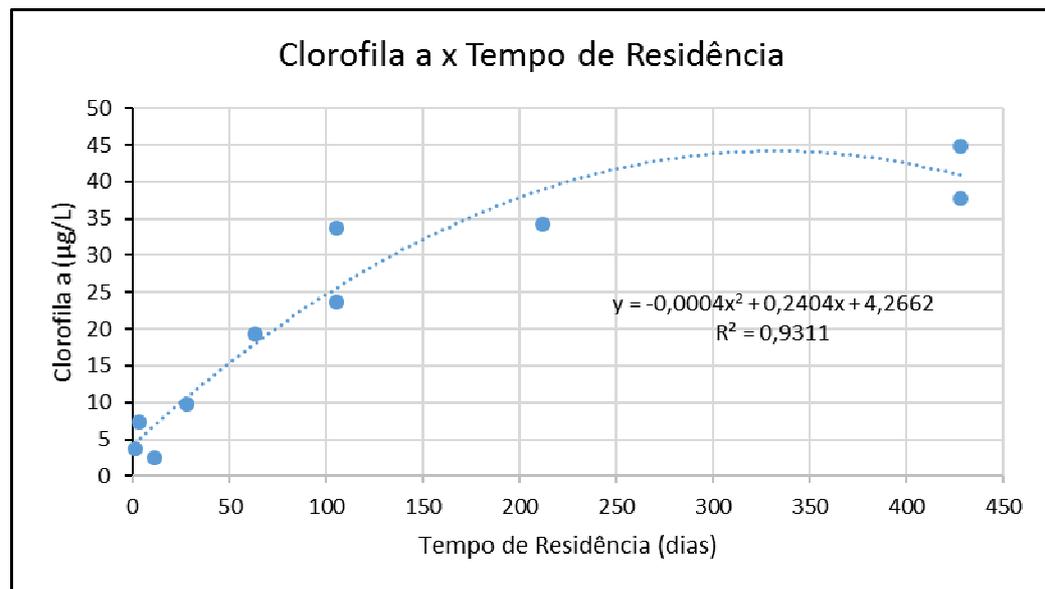
A correlação entre concentração média de clorofila a e de fósforo total dos dez pontos estudados pode ser observada no gráfico 6.

Gráfico 6 - Correlação das médias geométricas dos resultados de clorofila a e o fósforo total, nos dez pontos estudados



Embora seja observada uma correlação significativa, verifica-se uma maior relação entre os valores médios do tempo de residência nesses reservatórios e as concentrações médias (médias geométricas) de clorofila *a* (Gráfico 7). Lee e colaboradores (2012) estudando um reservatório na Coréia encontraram uma alta correlação entre os valores de clorofila *a* e as variações no tempo de residência. Esses autores sugerem que os operadores dos sistemas hídricos deveriam procurar evitar florações registradas naquele reservatório, nos períodos mais quentes, por meio da redução do tempo de residência.

**Gráfico 7 - Correlação das médias geométricas dos resultados de clorofila *a* e o tempo de residência, nos dez pontos estudados**



#### 8.4.4 IVA

A seguir são apresentados os resultados em relação à proteção da biota aquática, dada pelo Índice de Qualidade das Águas para a Proteção da Vida Aquática (IVA), dos dez pontos estudados.

A tabela 14 apresenta os resultados do Índice de Qualidade da Água para a Proteção da Vida Aquática (IVA) obtidos nos oito reservatórios durante as seis campanhas realizadas neste projeto.

Tabela 14 – Resultados do Índice de Qualidade da Água para Proteção da Vida Aquática (IVA) por campanha e a média.

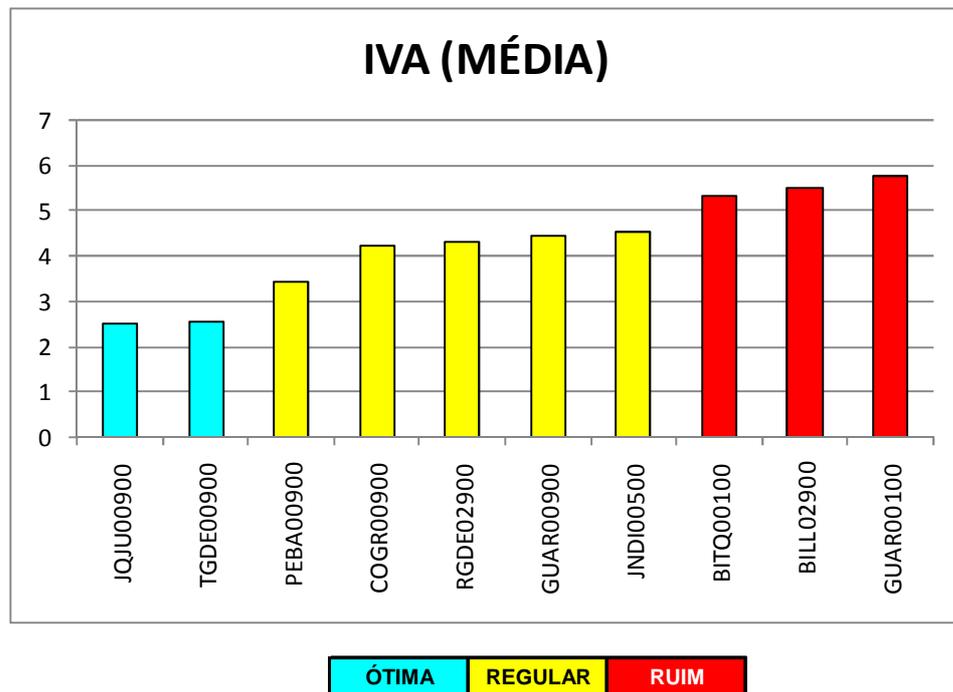
Sub-bacia	Manancial	OUT E NOV/11	DEZ/11 e 01/12	FEV e MAR/12	ABR e MAI/12	JUN e JUL/12	AGO e SET/12	MÉDIA
Alto Tietê-Cabeceiras	JNDI00500	5,4	4,4	5,4	4,4	4,4	3,2	4,5
	PEBA00900	4,2	4,4	3,2	3,2	3,2	2,2	3,4
	TGDE00900	3,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,2	2,5
Billings-Tamanduateí	BILL02900	3,2	6,4	5,4	5,4	7,4	5,4	5,5
	BITQ00100	4,2	5,4	5,4	5,4	7,4	4,2	5,3
	RGDE02900	4,2	5,4	5,4	3,2	4,4	3,2	4,3
Cotia-Guarapiranga	COGR00900	4,4	4,4	3,2	4,4	4,4	4,4	4,2
	GUAR00100	5,2	6,4	6,6	7,4	4,4	4,4	5,7
	GUAR00900	4,2	4,2	4,2	5,6	4,2	4,2	4,4
Juqueri-Cantareira	JQUU00900	2,2	2,2	-	1,7	2,2	4,4	2,5

ÓTIMA	BOA	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA
-------	-----	---------	------	---------

O Gráfico 8 exibe o gradiente de qualidade da água em relação proteção da biota aquática observado entre os dez pontos estudados.

Gráfico 8 – Gradiente de qualidade das águas segundo a média do Índice de Qualidade da Água para Proteção da Vida Aquática (IVA).



**8.4.5. ÍNDICE DA COMUNIDADE FITOPLÂNCÔNICA (ICF)**

A tabela 15 apresenta os resultados obtidos pelo Índice da Comunidade Fitoplânctônica por campanha e as médias por ponto e por sub-bacia.

Tabela 15 – Resultados do Índice da Comunidade Fitoplânctônica por campanha e as médias por ponto e por sub-bacia.

Sub-bacia	Manancial	OUT E NOV/11	DEZ/11 e 01/12	FEV e MAR/12	ABR e MAI/12	JUN e JUL/12	AGO e SET/12	MÉDIA	Média sub-bacia
Alto Tietê-Cabeceiras	JNDI 00500	3	2	3	3	3	3	3	2
	PEBA 00900	3	2	2	2	3	2	2	
	TDGE 00900	3	1	1	2	1	2	2	
Billings-Tamanduateí	BILL02900	3	4	4	4	4	4	4	3
	BITQ00100	2	4	4	4	4	3	3	
	RGDE 02900	3	3	3	2	3	3	3	
Cotia-Guarapiranga	COGR00900	0	2	2	2	2	2	2	3
	GUAR00100	3	2	3	4	3	2	3	
	GUAR00900	3	3	3	3	3	3	3	
Juqueri-Cantareira	JQUU00900	0	1	2	1	1	2	1	1
			Ótimo	Bom	Regular	Ruim			

A sub-bacia Juqueri-Cantareira apresentou média do índice da comunidade fitoplânctônica ótima, o Alto Tietê-Cabeceiras, boa e as sub-bacias Billings-Tamanduateí e Cotia-Guarapiranga, regular.

De forma geral observou-se que a classificação do índice para os reservatórios avaliados esteve ótimo para o reservatório Juqueri, bom para os reservatórios Graças, Taiapuê e Tanque Grande, regular para os reservatórios Billings (ponto BITQ 00100), Guarapiranga, Jundiá e Rio Grande e ruim no ponto BILL02900, próximo à barragem do reservatório Billings.

O reservatório Juqueri, inserido na sub-bacia Juqueri-Cantareira, apresentou ponderações ótimas em aproximadamente 70 % das amostragens e boas na terceira e sexta campanhas (mar./12 e set.12)

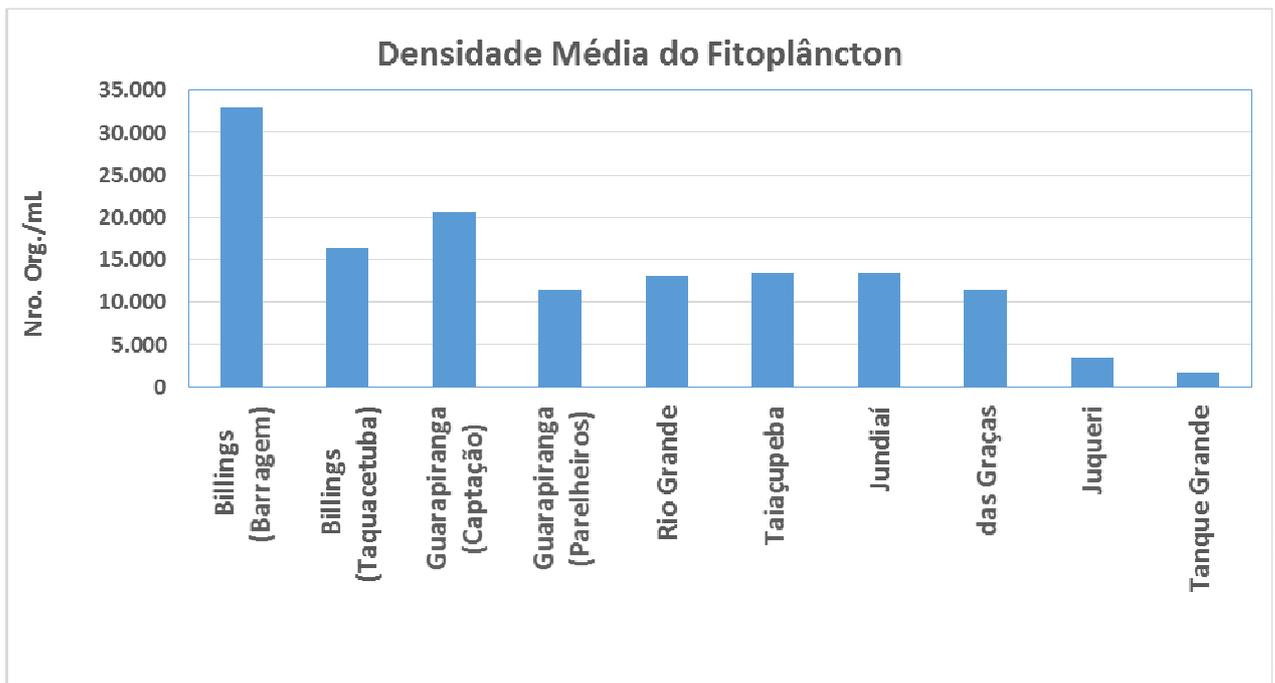
Na sub-bacia Alto Tietê-Cabeceiras, o reservatório Jundiá apresentou diagnóstico regular em aproximadamente 80% das campanhas, apresentando ponderação boa apenas na segunda campanha (jan./12). Os reservatórios Taiapuê e Tanque-Grande apresentaram médias consideradas boas. O reservatório Taiapuê apresentou diagnóstico bom em aproximadamente 70% das campanhas e regular na primeira (out./11) e quinta campanhas (jun./12), enquanto que no reservatório Tanque-Grande o ICF esteve ótimo em 50% das campanhas, regular na primeira (nov./11), e bom na quarta e sexta (mai./12 e set./12).

Quanto à sub-bacia Billings-Tamanduateí, verificou-se que o diagnóstico do ponto no Rio Grande apresentou classificação regular em aproximadamente 80% das campanhas e bom na quarta (abr./12). Já no ponto BILL 02900, observou-se que o diagnóstico foi considerado ruim em aproximadamente 80% das

campanhas e regular na primeira (nov./11) e no ponto BITQ 00100 o diagnóstico ruim foi verificado em aproximadamente 70% das campanhas, sendo que a primeira esteve boa (nov/11) e a sexta esteve regular (set.12).

No reservatório das Graças, situado na sub-bacia Cotia-Guarapiranga os diagnósticos mantiveram-se bons em todas os períodos, já no reservatório Guarapiranga, apesar dos dois pontos apresentarem média do ICF regular, as ponderações foram distintas durante o estudo. No ponto GUAR 00900, a ponderação manteve-se regular em todos os períodos enquanto que no ponto GUAR 00100 alternou períodos com índices bons, verificados na segunda e sexta campanhas (dez./11 e ago./12), regulares na primeira, terceira e quinta (out./11, fev./12 e jun./12), e ruim na quarta amostragem (abr./12). A seguir são apresentados os resultados médios da densidade da Comunidade fitoplanctônica (Gráfico 9).

**Gráfico 9 – Densidade média do fitoplâncton por ponto amostral, no período do estudo.**



## 8.5 Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias

### 8.5.1 Atlas de Cianobactérias

Esta atividade foi desenvolvida em uma parceria entre a CETESB e o Instituto de Botânica, tendo sido registrada a ocorrência das 57 espécies potencialmente nocivas e elaborado um Atlas contendo fotos e descrição desses organismos, encontrados nos oito mananciais estudados nas amostragens realizadas de outubro de 2011 a setembro de 2012. Essa publicação visa auxiliar na correta identificação taxonômica das cianobactérias, contribuir para o conhecimento desses ambientes, além de auxiliar empresas responsáveis pelo abastecimento público em seu monitoramento da água bruta, com vistas à produção e

fornecimento seguro das águas para consumo humano e industrial. Além das cópias impressas (200 cópias) essa publicação foi disponibilizada na página da CETESB ([www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)), devendo ser atualizada periodicamente, com informações a serem geradas nas atividades de rotina da CETESB relativas a Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas superficiais do Estado de São Paulo.

No dia 15 de maio de 2014, no período da tarde, foi realizado um seminário para a apresentação dos resultados do Projeto e o lançamento da versão impressa do Atlas de 86 pg e da sua versão digital.

O Atlas consta do ANEXO III deste Relatório.

### 8.5.2 Avaliação da Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias nos diferentes reservatórios

A listagem dos táxons encontrados em todos os reservatórios e pontos amostrais no decorrer deste projeto, conta do ANEXO IV deste Relatório.

#### RESERVATÓRIO BILLINGS

No reservatório Billings foram registrados 142 táxons (Anexo), sendo 28% do grupo das cianobactérias, 13% diatomáceas, 44% clorofíceas, 12% fitoflagelados, 3% dinoflagelados e 1% xantofíceas.

Nos dois pontos estudados no reservatório Billings (BILL 02900 e BITQ 00100) o grupo de o grupo dominante foi o das cianobactérias (Figura 6). No ponto BILL 02900, as cianobactérias representaram aproximadamente 89% da média de densidades do período amostrado; e no ponto BITQ 00100 esse valor foi de 71% (Figura 6).

Figura 6- Porcentagens dos valores médios da densidade fitoplânctônica por grupo nos pontos amostrados.

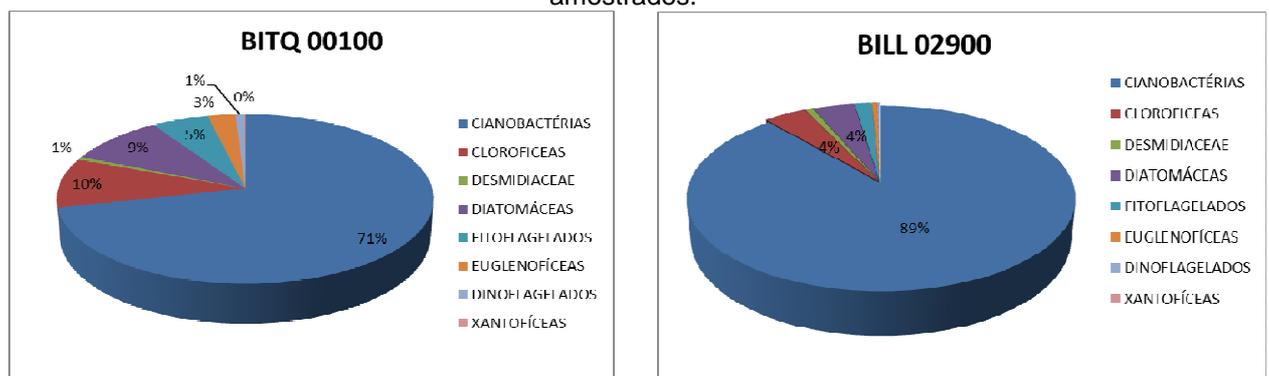
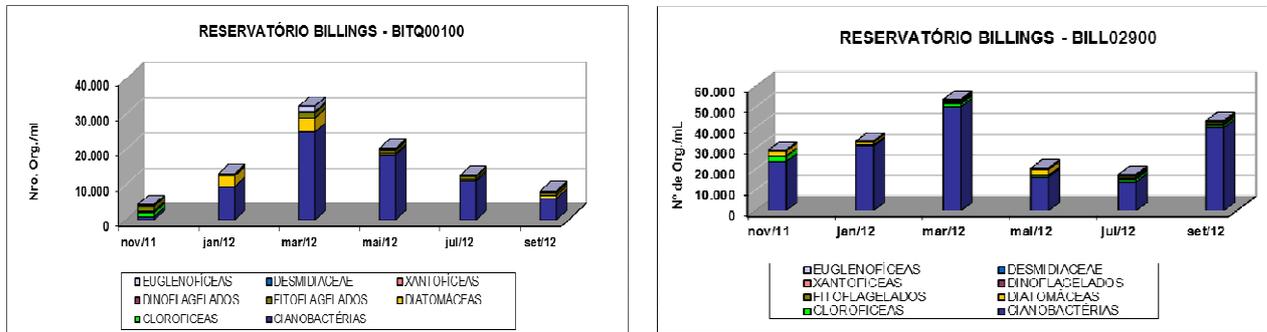


Figura 7 – Composição da comunidade fitoplanctônica no período de estudo para os pontos BITQ 00100 e BILL02900.



Embora essa dominância tenha ocorrido na maioria das amostragens, uma exceção foi observada no ponto do braço do Taquacetuba BITQ 00100 em novembro de 2011, na qual não foi observada dominância de nenhuma espécie, ou grupo taxonômico específico. Entretanto, verificou-se para este período que aproximadamente 40% da densidade fitoplanctônica correspondia ao grupo dos fitoflagelados, com destaque para a classe Cryptophyceae, representada em grande parte pela espécie *Rhodomonas lacustris*.

De modo geral, as maiores densidades fitoplanctônicas desse reservatório foram observadas no ponto BILL 02900 (Figura 7), onde o maior valor foi encontrado em março de 2012, com aproximadamente 54.000 org./mL, e o menor em julho de 2012, com aproximadamente 17.000 org./mL. No braço do Taquacetuba (ponto BITQ 00100), o maior valor de densidade também foi observado em março de 2012, aproximadamente 35.000 org./mL, e o menor em novembro de 2011, com aproximadamente 4.000 org./mL.

O número de células de cianobactérias esteve acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água classe 1 (20.000 céls./mL) e corpos de água classe 2 (50.000 céls./mL) em todos os períodos amostrados e em ambos os pontos (Tabela 9), com valores aproximados variando entre 22.000 céls./mL (novembro de 2011) e 400.000 céls./mL (julho de 2012) no ponto BITQ 00100 e entre 125.000 céls./mL (novembro de 2011) a 275.000 céls./mL (setembro de 2012) no ponto BILL 02900. Os maiores valores de células de cianobactérias encontrados pertencem a organismos dos gêneros *Cylindrospermopsis*, *Planktothrix* e *Microcystis*.

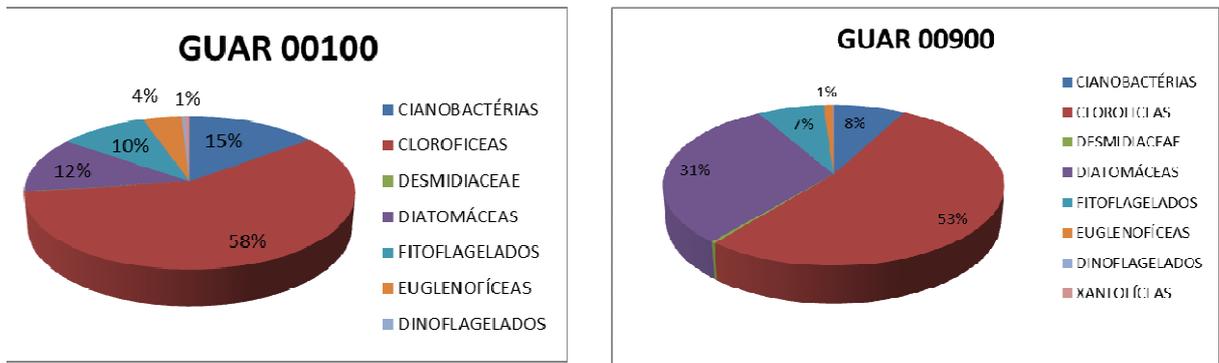
### RESERVATÓRIO GUARAPIRANGA

No reservatório Guarapiranga foram registrados 141 táxons (Anexo), sendo que 17% cianobactérias, 11% diatômáceas, 53% clorofíceas, 13,5% fitoflagelados, 3,5% dinoflagelados e 2% xantofíceas.

O grupo que mais se destacou em densidade foi o das clorofíceas em ambos os pontos (GUAR 00100 e GUAR 00900), representando aproximadamente 60% da média de densidade total de organismos no

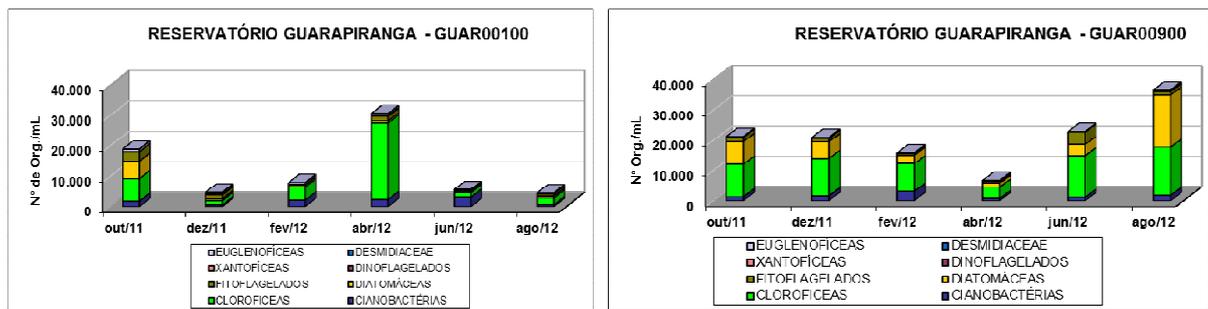
ponto GUAR 00100 e, aproximadamente, 50% no ponto GUAR 00900, como pode ser observado na figura 8.

Figura 8 - Porcentagens dos valores médios da densidade fitoplânctônica por grupo nos pontos amostrados.



Comparando-se os dois pontos desse reservatório, observa-se que a quantidade de períodos com dominância de espécies foi distinta (Figura 9). No ponto GUAR 00100 houve dominância de espécies em 50% dos períodos amostrados, sendo que apenas em junho de 2012 predominou organismos do grupo das cianobactérias, período coincidente com a transposição de águas do reservatório Billings. Já no ponto GUAR 00900 o número de amostras com dominância foi maior, aproximadamente 80%, com predomínio de clorofíceas.

Figura 9 - Composição da comunidade fitoplanctônica no período de estudo para os pontos GUAR 00100 e GUAR 00900



As maiores densidades fitoplânctônicas desse reservatório foram observadas no ponto GUAR 00900, onde o maior valor foi encontrado em agosto de 2012, com aproximadamente 37.000 org./mL. A menor densidade nesse ponto foi registrada em abril de 2012, com aproximadamente 7.000 org./mL. No ponto GUAR 00100, a maior densidade foi observada em abril de 2012, aproximadamente 31.000 org./mL, e o menor em agosto de 2012, com aproximadamente 4.000 org./mL.

O grupo das clorofíceas foi o dominante e esteve representado principalmente pelas espécies *Monoraphidium contortum* e *Kirchneriella contorta* em ambos os pontos e o gênero *Mougeotia* para o ponto da captação -GUAR 00900.

O número de células de cianobactérias esteve acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para a classe 1 (20.000 céls./mL) em aproximadamente 70 % das amostragens no ponto GUAR 00100 (Tabela 9) e em aproximadamente 80% no ponto GUAR 00900, com valores que variaram entre 19.000 céls./mL (abril de 2012) e 98.000 céls./mL (fevereiro de 2012) no ponto GUAR 00900 e de 8.000 céls./mL (dezembro de 2011) a 69.000 céls./mL (fevereiro de 2012) no ponto GUAR 00100.

O gênero *Aphanocapsa* foi o dominante quando se observam os valores de células de cianobactérias, presentes em todos os períodos amostrados. No ponto GUAR 00100, a quantidade de células por mL de *Aphanocapsa* ultrapassou 50% da contagem total em quatro dos seis períodos amostrados, e no ponto GUAR 00900 em cinco períodos dos seis esteve acima dos 50% da contagem total, chegando a representar aproximadamente 90% do valor total da contagem (dezembro de 2012), como pode ser observado na Tabela 16.

Tabela 16 - Comparação da contagem de *Aphanocapsa* em relação ao resultado final da contagem de células de cianobactérias no reservatório Guarapiranga.

GUAR 00100						
	06/10/2011	14/12/2011	23/02/2012	26/04/2012	25/06/2012	08/08/2012
<b>Cianobactérias</b>	<b>céls./mL</b>					
Total	62.250	7.910	69.075	31.386	41.950	12.180
<i>Aphanocapsa</i>	<b>53.614</b>	<b>1.400</b>	<b>52.156</b>	<b>23.920</b>	<b>1.925</b>	<b>10.825</b>
% do total	86	18	76	76	5	89

GUAR 00900						
	06/10/2011	14/12/2011	23/02/2012	26/04/2012	25/06/2012	08/08/2012
<b>Cianobactérias</b>	<b>céls./mL</b>					
Total	39.090	65.107	97.720	18.785	25.435	50.697
<i>Aphanocapsa</i>	<b>30.804</b>	<b>59.215</b>	<b>66.391</b>	<b>13.185</b>	<b>10.209</b>	<b>30.804</b>
% do total	79	91	68	70	40	61

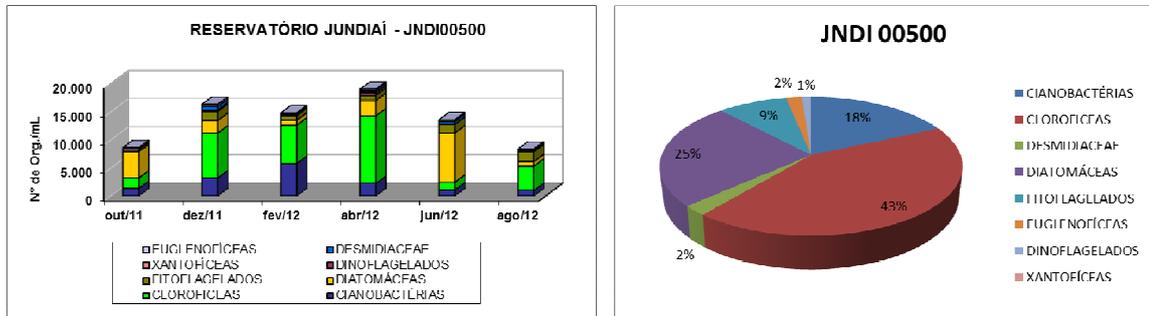
- % do total superior a 50%

## RESERVATÓRIO JUNDIAÍ

No reservatório Jundiaí foram registrados 95 táxons (Anexo) sendo 17% do grupo das cianobactérias, 16% diatomáceas, 45% clorofíceas, 21% fitoflagelados e 1% dinoflagelados.

Nesse reservatório o grupo que mais se destacou em termos de densidade foi o das clorofíceas, com aproximadamente 40% da densidade total de organismos, seguido pelo grupo das diatomáceas, com aproximadamente 25%, como pode ser observado na figura 10.

Figura 10 - Composição da comunidade fitoplânctônica do ponto JNDI 00500 no período estudado e porcentagens dos valores médios de densidade.



Os grupos dominantes em aproximadamente 70% dos períodos amostrados, foram as clorófitas no período de abril e agosto de 2012 e as diatomáceas em outubro de 2011 e junho de 2012. Entretanto, cabe salientar que os valores das densidades de clorófitas estiveram muito próximos da dominância nos meses de dezembro de 2011 e fevereiro de 2012.

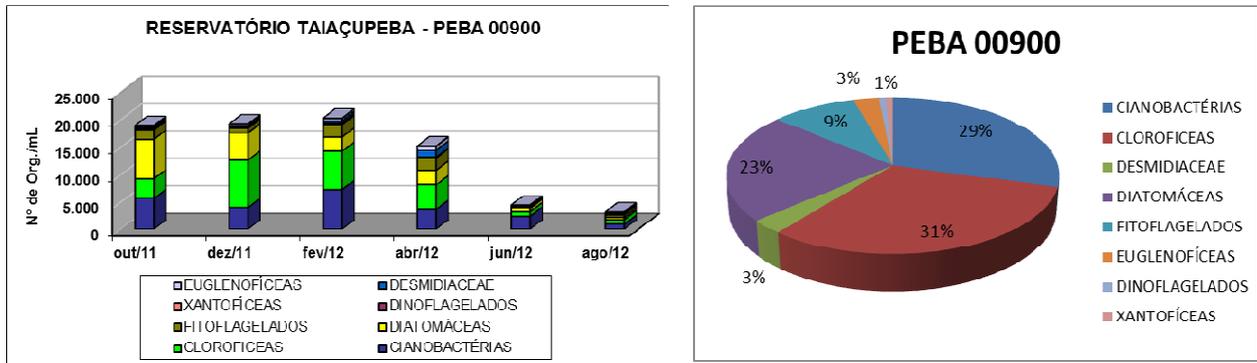
Entre as clorófitas, os gêneros *Mougeotia* e *Monoraphidium* foram os que mais se destacaram, representando 79% da densidade total em abril e 50% em agosto, respectivamente. Já entre as diatomáceas, os gêneros que mais se destacaram foram *Aulacoseira*, com 54% da densidade total do grupo em outubro de 2011, e *Eunotia* com 50% em junho de 2012.

O maior valor de densidade fitoplânctônica foi encontrado em abril de 2012, com aproximadamente 19.000 org./mL, e o menor em agosto de 2012, com aproximadamente 8.000 org./mL. O número de células de cianobactérias esteve acima do valor estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para classe 1 em aproximadamente 80% das amostragens, sendo que o maior valor foi obtido em fevereiro de 2012, aproximadamente 74.000 céls./mL. O período de agosto foi o que apresentou o menor valor (18.900 céls./mL)

### RESERVATÓRIO TAIACUPEBA

No reservatório Taiaçupeba foram registrados 97 táxons (Anexo), sendo 17% do grupo das cianobactérias, 14% diatomáceas, 41% clorófitas, 22% fitoflagelados, 2% dinoflagelados e 4% xantófitas. O grupo que mais se destacou em termos de densidade foi o das clorófitas, com 31% da densidade média total de organismos, seguido pelo grupo das cianobactérias, com 29% (Figura 11).

Figura 11 - Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto PEBA 00900 no período estudado e porcentagens dos valores médios das densidades



Entre as clorofíceas, *Monoraphium contortum* e *Actinastrum hantzschii* foram as que mais se destacaram em termos quantitativos.

Foi observada dominância entre os grupos fitoplanctônicos apenas em junho de 2012, com predomínio de cianobactérias, representadas principalmente pela espécie *Aphanocapsa delicatissima*, que contribuiu com quase 60% dos organismos.

O menor valor de densidade fitoplanctônica desse reservatório foi observado em agosto de 2012, com aproximadamente 3.000 org./mL, e o maior valor em fevereiro de 2012, com aproximadamente 20.000 org./mL. Nesse mesmo período também ocorreu o maior valor de contagem de células de cianobactérias, aproximadamente 123.000 céls./mL. A menor contagem de células de cianobactérias foi verificada em agosto, aproximadamente 10.000 céls./mL. Esse foi o único período em que as contagens estiveram abaixo do valor estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água classe 1.

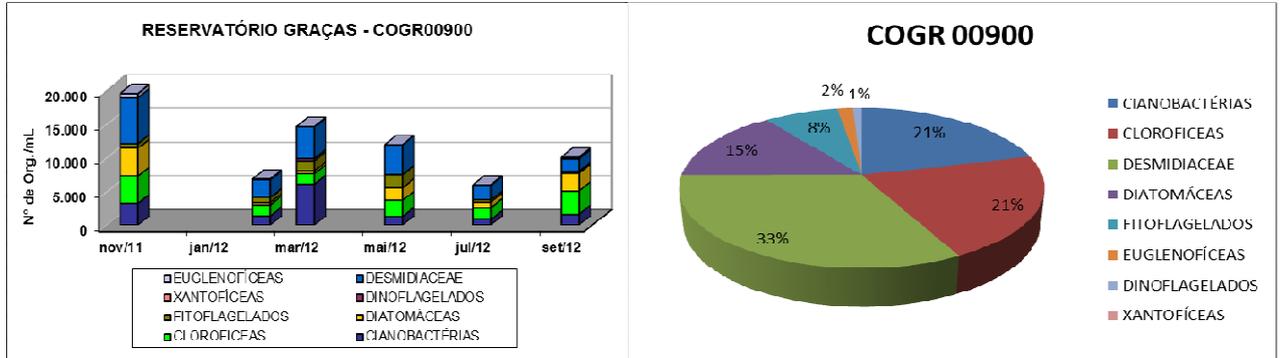
Observou-se também que as contagens das células de cianobactérias picoplanctônicas, representadas nesse reservatório pelos gêneros *Aphanocapsa*, *Anathece* e *Cyanogranis*, contribuíram com mais de 60% do valor final em todas as amostragens.

## RESERVATÓRIO DAS GRAÇAS

No reservatório das Graças (Figura 12) foram registrados 73 táxons (Anexo), 5,5% do grupo das cianobactérias, 11% diatomáceas, 60% clorofíceas, 20,5% fitoflagelados e 3% dinoflagelados.

O grupo que mais se destacou em densidade fitoplanctônica foi o das clorofíceas, com aproximadamente 53% da densidade média total de organismos, com destaque para a classe Desmidiaceae, com aproximadamente 33% representadas principalmente pelo gênero *Cosmarium* sp. O segundo grupo em densidade foi o das cianobactérias, com aproximadamente 21% com as espécies *Aphanocapsa delicatissima* e *Cyanogranis ferruginea*.

Figura 12: Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto COGR 00900 no período estudado e porcentagens dos valores médios das densidades.



Não foi observada dominância de espécies em nenhum período amostrado (figura 12). Em novembro de 2011 foi observada a maior densidade com aproximadamente 20.000 org./mL, destacando-se as desmídias, que corresponderam a 35% da densidade total para esse período. Já a menor densidade foi obtida em julho de 2012, aproximadamente 6.000 org./mL. Nesse mesmo período verificou-se a ocorrência do menor valor de contagens de células de cianobactérias (6.885 céls./mL).

O número de células de cianobactérias esteve acima do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para classe 1 em aproximadamente 30% das amostragens (tabela 7), sendo que o maior valor foi obtido em março de 2012, aproximadamente 94.000 céls./mL.

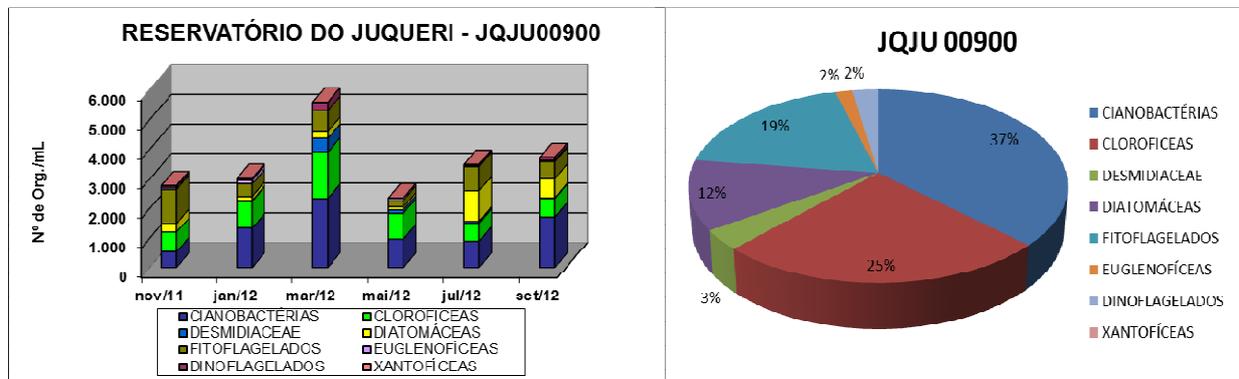
Dentre as cianobactérias, notou-se que os gêneros picoplanctônicos foram os mais abundantes e estiveram presentes em todas as amostragens, principalmente as espécies *Aphanocapsa delicatissima* e *Cyanogranis ferruginea*.

### RESERVATÓRIO JUQUERI

No reservatório Juqueri foram registrados 76 táxons (Anexo), sendo 14,5% do grupo das cianobactérias, 12% diatomáceas, 55% clorofíceas, 14,5% fitoflagelados e 4% dinoflagelados.

Nesse reservatório o grupo das cianobactérias foi que mais se destacou em densidade fitoplanctônica (Figura 13), com aproximadamente 37% da densidade média total de organismos, seguido pelo grupo das clorofíceas, com aproximadamente 25%.

Figura 13 - Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto JQJU 00900 no período estudado e porcentagens dos valores médios da densidade fitoplânctônica.



Apesar de não ter sido observada dominância de espécies em nenhum período amostrado (figura 13), 50% das amostragens apresentaram densidade de cianobactérias abundante, próximo do valor de dominância.

A maior densidade foi encontrada em março de 2012, com aproximadamente 6.000 org./mL, quando as densidades de clorofíceas e de cianobactérias ficaram bem próximas. A menor densidade foi obtida em maio, aproximadamente 2.000 org./mL

O grupo das clorofíceas esteve representado principalmente pelas espécies *Actinastrum hantzschii* e *Monoraphidium contortum*, enquanto o grupo das cianobactérias foi representado principalmente por organismos dos gêneros *Aphanocapsa* e *Cyanogranis*.

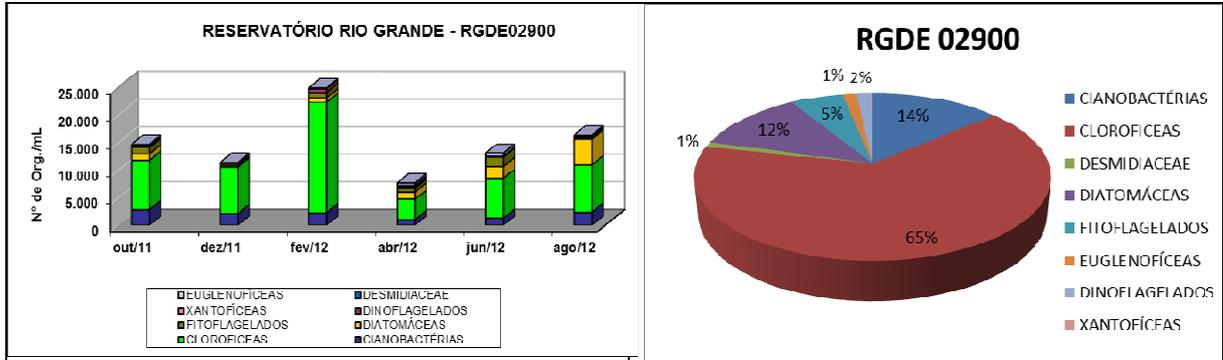
As contagens de células de cianobactérias apresentaram valores abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água classe 1 em todos os períodos, ressaltando que no mês março esse valor esteve bem próximo do valor regulamentado na legislação de 20.000 céls./mL.

## RESERVATÓRIO RIO GRANDE

No reservatório Rio Grande foram registrados 104 táxons (Anexo), sendo 18% do grupo das cianobactérias, 14% diatomáceas, 48% clorofíceas, 15% fitoflagelados, 3% dinoflagelados e 2% xantofíceas.

O grupo das clorofíceas foi o que mais se destacou em densidade fitoplanctônica no reservatório Rio Grande (Figura 14), com 65% da densidade média total de organismos.

Figura 14 - Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto RGDE 02900 no período estudado e Porcentagens dos valores médios da densidade fitoplânctônica por grupo



Foi observada dominância de clorofíceas em aproximadamente 80% das amostragens, representadas principalmente pelo gênero *Pseudodidymocystis*, que chegou a representar aproximadamente 75% da densidade desse grupo, em fevereiro de 2012.

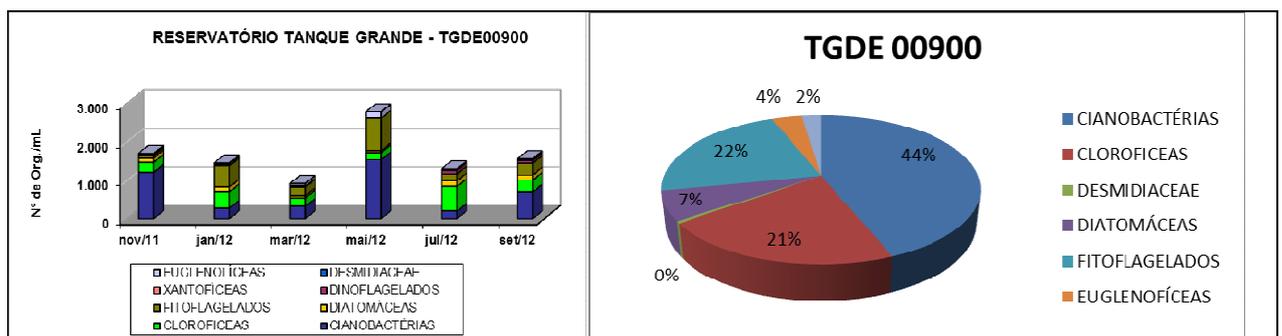
O menor valor de densidade fitoplanctônica desse reservatório foi observado em abril, com aproximadamente 8.000 org./mL e o maior em fevereiro de 2012, com aproximadamente 25.000 org./mL. As contagens de cianobactérias estiveram acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água classe 1 em aproximadamente 80% das amostragens, com valores aproximados que variaram de 14.000 céls./mL (abril de 2012) a 86.000 céls./mL (outubro de 2011), sendo que em outubro 58% das células de cianobactérias pertenciam ao gênero *Dolichospermum*.

### RESERVATÓRIO TANQUE GRANDE

No reservatório Tanque Grande foram registrados 60 táxons (Anexo), sendo 10% do grupo das cianobactérias, 20% diatomáceas, 43 % clorofíceas, 24% fitoflagelados e 3% dinoflagelados.

Apesar das baixas densidades observadas, com 900 org/mL em março de 2012 e 3.000 org./mL em maio de 2012 (Figura 15), o grupo que mais se destacou foi o das cianobactérias, com aproximadamente 44% da densidade total de organismos.

Figura 15 - Composição da comunidade fitoplanctônica do ponto TGDE 00900 no período estudado e Porcentagens dos valores médios da densidade fitoplânctônica por grupo

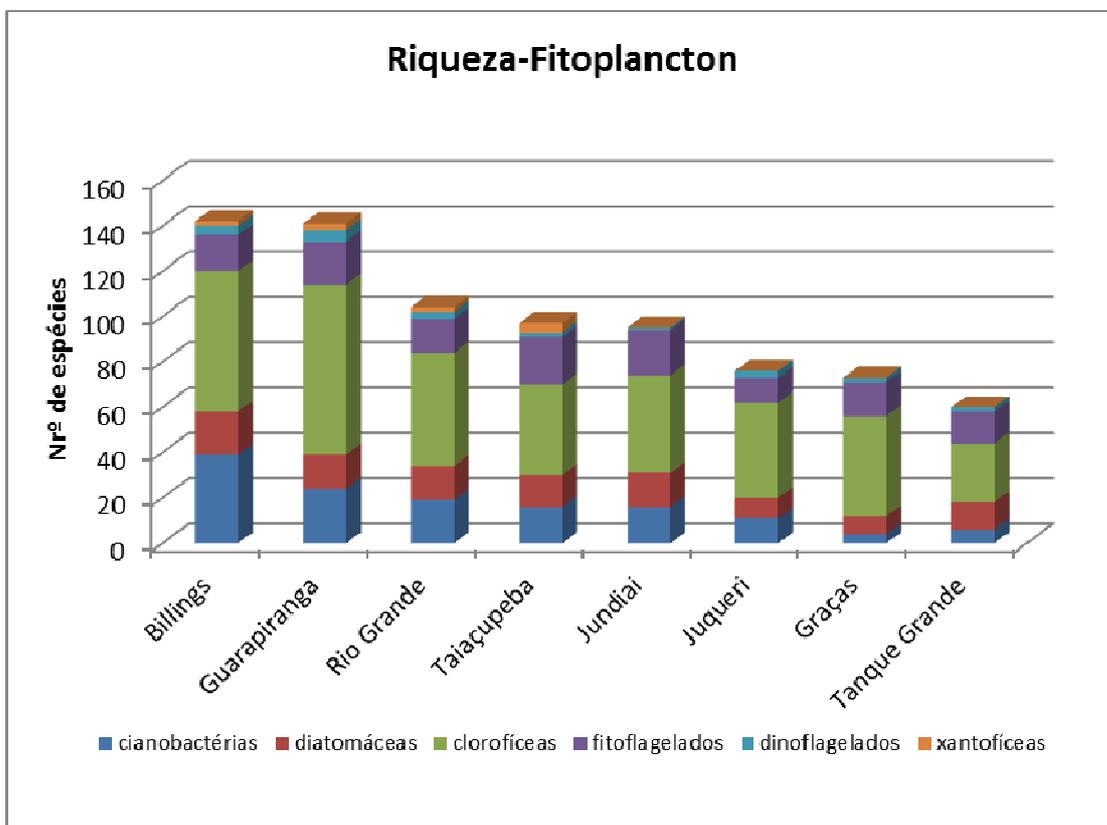


Foi observada dominância em aproximadamente 30% das amostragens, com predomínio de cianobactérias. No entanto, as contagens de cianobactérias estiveram abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água classe 1 em todas as amostragens (tabela 7), com valores aproximados que variaram de 2.500 céls./mL (julho de 2012) a 15.000 céls./mL (novembro de 2011). Verificou-se que os organismos picoplantônicos, representados nesse reservatório pelos gêneros *Aphanocapsa* e *Cyanogranis*, estiveram presentes em todos os períodos, chegando a ser os únicos representantes do grupo nos meses de novembro de 2011 e maio de 2012.

Com relação à riqueza, uma comparação entre os ambientes estudados verifica-se que os reservatórios Billings e Guarapiranga foram os reservatórios que apresentaram maior riqueza, o reservatório Billings apresentou um percentual maior do grupo das cianobactérias, por outro lado os reservatórios Graças e Tanque Grande apresentaram os menores valores. Assim como para os índices aplicados os resultados obtidos com a riqueza demonstraram um gradiente entre os reservatórios.

A seguir no Gráfico 10 apresentadas as médias da riqueza do fitoplâncton dos oito ambientes estudados.

**Gráfico 10 - Média da riqueza dos reservatórios estudados.**



## 8.6 Toxicidade

### 8.6.1. Ecotoxicidade e AIT

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* dos dez pontos estudados (Tabela 17).

Tabela 17 – Resultados dos ensaios ecotoxicológicos

Sub-bacia	Manancial	Ponto Amostral	OUT E NOV/11	DEZ/11 e JAN/12	FEV e MAR/12	ABR e MAI/12	JUN e JUL/12	AGO e SET/12	% Ocorrência
Alto Tietê-Cabeceiras	Jundiaí	JNDI 00500	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	Não Tóxico	83
	Taiacupeba	PEBA 00900	Não tóxico	Crônico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	17
	Tanque Grande	TDGE 00900	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	0
Billings-Tamanduateí	Billings (Barragem)	BILL02900	Não tóxico	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	83
	Billings (Taquacetuba)	BITQ00100	Não tóxico	Crônico	Crônico	Crônico	Não tóxico	Não tóxico	50
	Rio Grande	RGDE 02900	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Crônico	Não tóxico	17
Cotia-Guarapiranga	das Graças	COGR00900	Crônico	Crônico	Não tóxico	Crônico	Crônico	Crônico	83
	Guarapiranga (Parelheiros)	GUAR00100	Não tóxico	Não tóxico	Crônico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	17
	Guarapiranga (captação)	GUAR00900	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	0
Juqueri-Cantareira	Juqueri (Paiva Castro)	JQUU00900	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Crônico	17

Apenas nos reservatórios do Tanque Grande e do Guarapiranga, no ponto de captação, não foi verificada toxicidade em nenhuma das amostras coletadas. Destacaram-se com 83% das amostras apresentando toxicidade crônica os reservatórios do Jundiaí, das Graças e Billings (ponto BILL 02900), em desacordo com as condições estabelecidas para esses corpos hídricos segundo a Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005).

Os resultados dos estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade (AIT) são apresentados no Relatório de “Estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade” (RAIT) que faz parte dos produtos deste projeto.

### 8.6.2. Determinação de Cianotoxinas

A seguir são apresentados os resultados das determinações de toxinas de cianobactérias (cianotoxinas) tanto pelo Teste ELISA, para microcistinas, saxitoxinas e cilindrospermosina em duas diferentes tipos de amostragem bem como os resultados da determinação de microcistinas por LC-MS/MS.

#### 8.6.2.1. Teste de ELISA

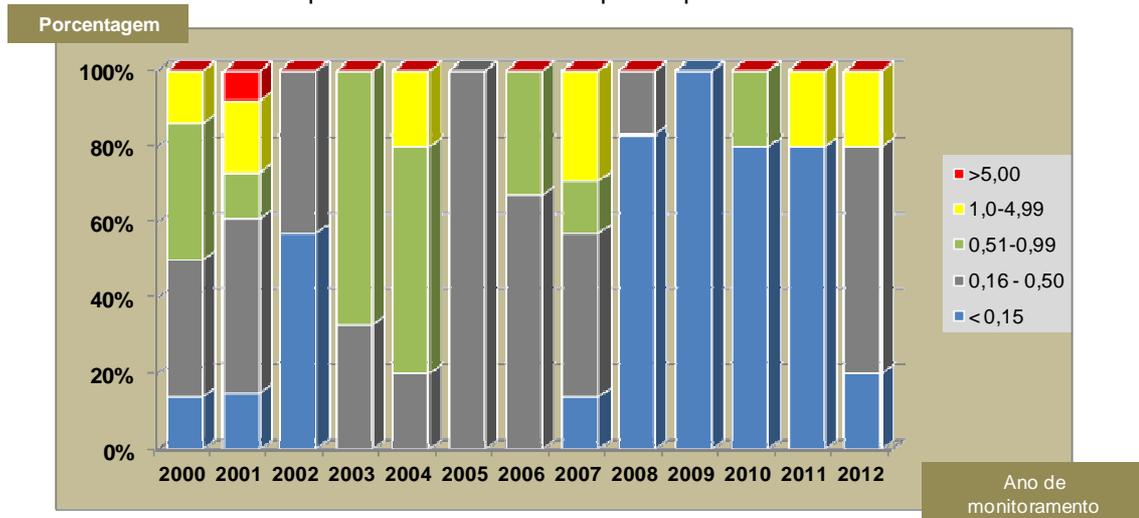
##### A) Microcistinas: Coleta convencional (amostragem de superfície)

Durante o período de estudo foi detectada a presença de microcistina quando utilizada a coleta convencional nos dois pontos do reservatório Billings e uma vez no Guarapiranga no ponto GUAR 00900.

No ano de 2011, no reservatório Billings, não foi detectada a presença de microcistina na amostra coletada em novembro no ponto do Taquacetuba (BITQ00100), e o resultado também foi negativo para as três amostras coletadas no ponto do Summit Control (BILL02900).

Em 2012, das cinco amostras do ponto BITQ00100 analisadas quatro foram positivas para essa hepatotoxina. A comparação dos resultados obtidos nesse estudo com os dados históricos indica a presença constante dessa toxina nesse ponto de coleta (Figura 16). No ponto BILL02900, duas das cinco amostras coletadas foram positivas para microcistinas. Os dois maiores valores de microcistinas detectados nesse projeto foram verificados no Reservatório Billings, 1,95 µg/L e 1,4 µg/L, detectados em abril e setembro, nos pontos BITQ00100 e BILL02900, respectivamente.

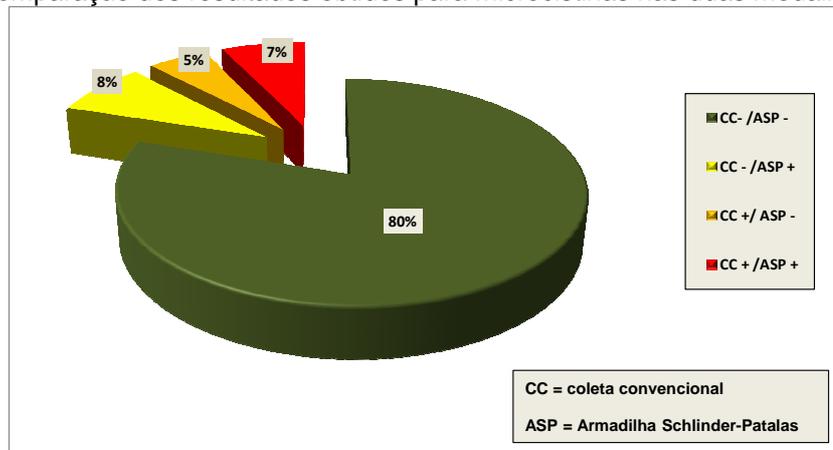
Figura 16 – Porcentagem dos resultados obtidos em cada faixa de concentração de microcistina (µg/L) no período de 2000 a 2012 para o ponto BITQ00100



### B) Microcistinas: Coleta com armadilha de Schindler – Patalas ou trampa

Na Figura 17 pode ser observada uma comparação dos resultados das análises de microcistinas, pela coleta convencional e pela coleta com a utilização da trampa.

Figura 17 – Comparação dos resultados obtidos para microcistinas nas duas modalidades de coleta



Esses resultados indicam que em 87% das determinações houve coincidência dos resultados, independentemente do método amostral (80% negativos). No entanto a concentração de um volume maior de amostra, resultante do uso da Trampa de Schindler-Patalas permitiu a detecção de microcistinas em 8% das amostras que foram negativas para a coleta tradicional.

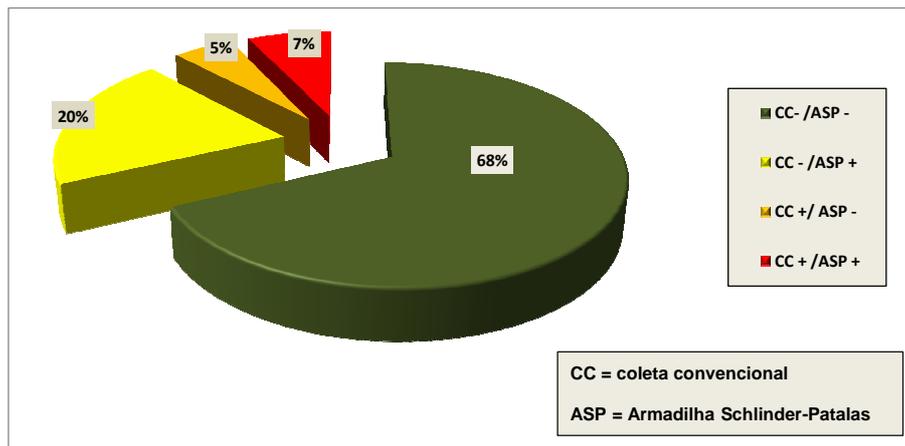
**C) Saxitoxina e Cilindropermopsina**

A saxitoxina foi detectada nas amostras dos dois pontos de coleta do Reservatório Billings, e também no Reservatório Jundiá quando utilizada a coleta convencional (Tabela 18).

No Reservatório Billings foi detectada saxitoxina em metade das amostras analisadas em cada ponto de coleta, a saber, em três das seis amostragens do Taquacetuba (BITQ00100) e em quatro das amostras coletadas no Summit (BILL02900). É importante destacar que em duas dessas amostras - março e setembro de 2012 - também foi detectada microcistina.

Quanto à cilindropermopsina, essa toxina não foi detectada em nenhuma das amostras do presente estudo. Uma comparação dos resultados obtidos para saxitoxinas pela coleta convencional e coleta com o equipamento Patalas-Schindler está representada graficamente na Figura 18.

Figura 18 – Comparação dos resultados obtidos para saxitoxinas nas duas modalidades de coleta



Esses resultados indicam que em aproximadamente 75% das determinações houve coincidência dos resultados, independentemente do método amostral (68% negativos). No entanto a concentração de um volume maior de amostra, resultante do uso da Trampa de Schindler-Patalas permitiu a detecção de saxitoxinas em 20% das amostras que foram negativas para a coleta tradicional.

Tabela 18 – Resultados obtidos para microcistina (Mic), saxitoxina (Saxi) e cilindropermopsina (Cilindrosp) para amostras coletadas em superfície (coleta normal) e com Trampa de Schindler-Patalas, nos dez pontos amostrais no período de out/2011 a set/2012.

Amostra	Data de coleta	Ponto de coleta	CIANOTOXINA E TIPO DE COLETA						Amostra	Data de coleta	Ponto de coleta	CIANOTOXINA E TIPO DE COLETA					
			Coleta Normal			Coleta com Trampa						Coleta Normal			Coleta com Trampa		
			Mic	Saxi	Cilindro	Mic	Saxi	Cilindro				Mic	Saxi	Cilindro	Mic	Saxi	Cilindro
1126593	20/10/11	JNDI00500	< 0,15	< 0,02	< 0,05	POS	POS	ND	1128591	13/10/11	RGDE2900	< 0,15	< 0,02	< 0,05	POS	POS	ND
1131721	20/12/11		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1131674	15/12/11		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1212026	13/02/12		< 0,15	0,26	< 0,05	POS	POS	ND	1211626	13/02/12		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1216016	09/04/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	POS	POS	ND	1219843	24/04/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1220672	27/06/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	POS	ND	1220540	14/06/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1227437	13/09/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1227435	15/08/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1128592	20/10/11	PEBA00900	< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1130597	09/11/11	COGR00900	< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1131722	20/12/11		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1208441	01/02/12		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1212027	13/02/12		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	POS	ND	1212922	08/03/12		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1216017	09/04/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	POS	ND	1220462	30/05/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1220673	27/06/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1223415	03/07/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1227436	13/09/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1229590	04/09/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1130593	03/11/11	BILL02900	< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1128588	06/10/211	GUAR00100	< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1208432	03/01/12		0,48	0,19	< 0,05	ND	ND	ND	1131672	14/12/2011		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1214205	21/03/12		< 0,15	0,28	< 0,05	ND	POS	ND	1212020	23/02/2012		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	POS	ND
1220197	14/05/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	POS	POS	ND	1219842	26/04/2012		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1223417	04/07/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	POS	ND	1220488	25/06/2012		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	POS	ND
1229591	05/09/12		1,40	0,22	< 0,05	ND	POS	ND	1220683	08/08/2012		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1130592	03/11/11	BITQ00100	< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1128557	06/10/2011	GUAR00900	< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	NA*	ND
1208431	03/01/12		< 0,15	0,05	< 0,05	ND	ND	ND	1131673	14/12/2011		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1214206	21/03/12		0,24	0,24	< 0,05	POS	POS	ND	1212021	23/02/2012		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1220196	14/05/12		0,22	< 0,02	< 0,05	POS	POS	ND	1219841	26/04/2012		< 0,16	< 0,02	< 0,05	POS	POS	ND
1223416	04/07/12		1,95	< 0,02	< 0,05	POS	POS	ND	1220489	25/06/2012		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1229592	05/09/12		0,20	0,10	< 0,05	POS	POS	ND	1220684	08/08/2012		0,20	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1131054	24/11/11	TGDE00900	< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1130598	10/11/12	JQU00900	< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1209588	19/01/12		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1209582	16/01/12		< 0,15	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1215330	29/03/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	POS	ND	ND	1213102	15/03/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1220463	31/05/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1220099	09/05/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	POS	ND
1225623	23/07/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1225624	26/07/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND
1230338	19/09/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND	1229682	12/09/12		< 0,16	< 0,02	< 0,05	ND	ND	ND

NA = Amostra Não Analisada

ND = Não Detectada a toxina nas condições do ensaio  
 POS = Resultado Positivo (qualitativo)

Limites de detecção dos Kits empregados:  
 Microcistina (Mic): 0,16 µg/L  
 Saxitoxina (Saxi): 0,02 µg/L  
 Cilindropermopsina (Cilindro): 0,05µg/L

### 8.6.2.2. Determinação de toxinas de cianobactérias por LC-MS/MS: Microcistinas

As análises das 60 amostras por LC-MS/MS envolveram as determinações de microcistina-RR, microcistina-YR, microcistina-LR, microcistina-LA, microcistina-LW e microcistina-LF. Os resultados estão apresentados na tabela 19.

**Tabela 19 – Resultado das análises de microcistinas por LC-MS/MS.**

Nº da amostra	Data da coleta	Ponto	Concentração de microcistina (µg/L)					
			RR	YR	LR	LA	LW	LF
1128557	06/10/11	GUAR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1128588	06/10/11	GUAR0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1128591	13/10/11	RGDE2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1128592	20/10/11	PEBA0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1128593	20/10/11	JNDI0500	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1130592	03/11/11	BITQ0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1130593	03/11/11	BILL2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1130597	09/11/11	COGR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1130598	10/11/11	JQJU0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1131064	24/11/11	TGDE0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1131672	14/12/11	GUAR0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1131673	14/12/11	GUAR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1131674	15/12/11	RGDE2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1131721	20/12/11	JNDI0500	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1131722	20/12/11	PEBA0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1208431	03/01/12	BITQ0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1208432	03/01/12	BILL2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1208441	01/02/12	COGR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1209582	16/01/12	JQJU0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1209588	19/01/12	TGDE0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1211626	02/02/12	RGDE2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1212020	23/02/12	GUAR0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1212021	23/02/12	GUAR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1212026	13/02/12	JNDI0500	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1212027	13/02/12	PEBA0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1212922	08/03/12	COGR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1213102	15/03/12	JQJU0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1214205	21/03/12	BILL2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1214206	21/03/12	BITQ0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1215330	29/03/12	TGDE0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1216016	09/04/12	JNDI0500	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1216017	09/04/12	PEBA0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1219841	26/04/12	GUAR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1219842	26/04/12	GUAR0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1219843	24/04/12	RGDE2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220099	09/05/12	JQJU0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220196	14/05/12	BITQ0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220197	14/05/12	BILL2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220462	30/05/12	COGR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220463	31/05/12	TGDE0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220488	25/06/12	GUAR0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220489	25/06/12	GUAR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220540	14/06/12	RGDE2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220672	27/06/12	JNDI0500	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220673	27/06/12	PEBA0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220683	08/08/12	GUAR0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1220684	08/08/12	GUAR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1223415	03/07/12	COGR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1223416	04/07/12	BITQ0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1223417	04/07/12	BILL2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1225623	23/07/12	TGDE0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1225624	26/07/12	JQJU0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1227435	15/08/12	RGDE2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1227436	16/08/12	PEBA0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1227437	16/08/12	JNDI0500	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1229590	04/09/12	COGR0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1229591	05/09/12	BILL2900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1229592	05/09/12	BITQ0100	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1229682	05/09/12	JQJU0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68
1230338	19/09/12	TGDE0900	<0,16	<0,24	<0,32	<0,96	<2,03	<0,68

Embora não tenha sido possível determinar as concentrações de microcistinas nas amostras analisadas (todos os resultados estavam abaixo do limite de quantificação), verificou-se sinal de presença de microcistinas nas amostras listadas na tabela 20, a seguir:

Tabela 20 – Identificação de microcistinas por LC-MS/MS.

<b>Nº da amostra</b>	<b>Data da coleta</b>	<b>Ponto</b>	<b>Microcistina identificada</b>
1128593	20/10/11	JNDI0500	RR, LR
1208432	03/01/12	BILL2900	LR
1214205	21/03/12	BILL2900	LR
1220672	27/06/12	JNDI0500	LF
1223417	04/07/12	BILL2900	LF
1229592	05/09/12	BITQ0100	RR, YR e LR

### 8.7 Tratamento Estatístico dos dados

A análise de componente principal (n=60) para os dados abióticos, clorofila *a* e número de células de cianobactérias resumiu 65,3% da variabilidade dos dados nos dois primeiros eixos (tabelas 21 e 22, Figura 19). A componente 1 (45,4%) agrupou os reservatórios quanto às suas características químicas abióticas (Ex. transparência e nutrientes) e biológicas (ex. número de células de cianobactérias). O componente 2 (19,85%) separou dois reservatórios (Billings e Guarapiranga) em função das suas características químicas (ex. oxigênio dissolvido) e biológicas (número de cianobactérias).

Tabela 21. Variância extraída dos 3 primeiros eixos (\* significativo).

EIXOS	Autos-valores	% de Variância	Linha de quebra Auto-valor
1	14,144	45,43	8,547 *
2	6,181	19,85	5,717 *
3	3,713	11,92	4,302 n.s.

*n.s.* = não significativo

As unidades amostrais relacionadas aos reservatórios Jundiaí, das Graças, Tanque Grande, espécie Juqueri estão agrupados do lado positivo do eixo 1, que, independente da época do ano, apresentam os maiores valores de transparência da água, as menores concentrações da série de nutrientes (nitrogênio Kjeldahl, nitrato e nitrito), turbidez e condutividade elétrica, indicando menores condições de trofias nestes sistemas. No lado negativo do eixo 1, estão agrupadas as unidades amostrais relacionadas aos reservatórios Billings (Summit e Taquacetuba) e Guarapiranga (Parelheiros e Captação), que estiveram associadas, ao longo do período de estudo, aos maiores valores de condutividade elétrica, alcalinidade, pH e clorofila *a*. Os dados do reservatório do Rio Grande estão divididos nos dois lados do eixo 1, indicando características intermediárias.

Quanto ao eixo 2, as unidades amostrais referentes aos reservatórios Billings (Summit e Taquacetuba) e Guarapiranga (Parelheiros e Captação) foram separadas em função das concentrações de oxigênio dissolvido e íon amônio. Do lado positivo deste eixo, estão as unidades referentes ao reservatório Billings, associadas as maiores concentrações de OD e os maiores números de células de cianobactéria. No lado negativo do eixo 2, estão agrupadas as unidades com as maiores concentrações da série de nitrogênio.

Em resumo, o eixo 1 representou a separação dos reservatórios quanto às concentrações de nutrientes, clorofila *a*, número de células de cianobactérias e transparência da água, características que relacionadas aos graus de trofia dos sistemas, separando os sistemas eutróficos (Billings e Guarapiranga) dos demais reservatórios (mesotróficos e oligotróficos); e o eixo 2, separou os dois reservatórios classificados como eutróficos. Cabe ressaltar que a variação temporal, ou sazonal, não foi detectada pela análise.

Tabela 22. Correlação de Pearson das variáveis analisadas com os eixos 1 e 2 (n= 60) da análise de componentes principais (em negrito: variáveis com  $r > 0,5$ ).

Variáveis (abreviação)	Componente Principal	
	Eixo 1	Eixo 2
Condutividade (Cond)	<b>-0,907</b>	-0,200
pH	<b>-0,633</b>	<b>0,581</b>
Transparência (Transp)	0,447	0,078
Turbidez (Turb)	-0,375	0,332
Alcalinidade (Alc)	<b>-0,855</b>	-0,250
Oxigênio Dissolvido (OD)	-0,082	<b>0,866</b>
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	<b>-0,565</b>	-0,491
Nitrogênio amoniacal (NH <sub>4</sub> )	-0,439	<b>-0,672</b>
Nitrogênio Kjeldahl Total (Kjeld T)	<b>-0,645</b>	-0,439
Clorofila <i>a</i> (Cloro <i>a</i> )	<b>-0,839</b>	0,279
Células de Cianobactéria (Cyano)	<b>-0,688</b>	<b>0,574</b>

**Figura 19** - Análise de componente principal (n=60) para os dados abióticos, clorofila a e número de células de cianobactérias dos dez pontos amostrais nos oito Reservatórios do estudo (ver abreviações na Tabela 23 a seguir).

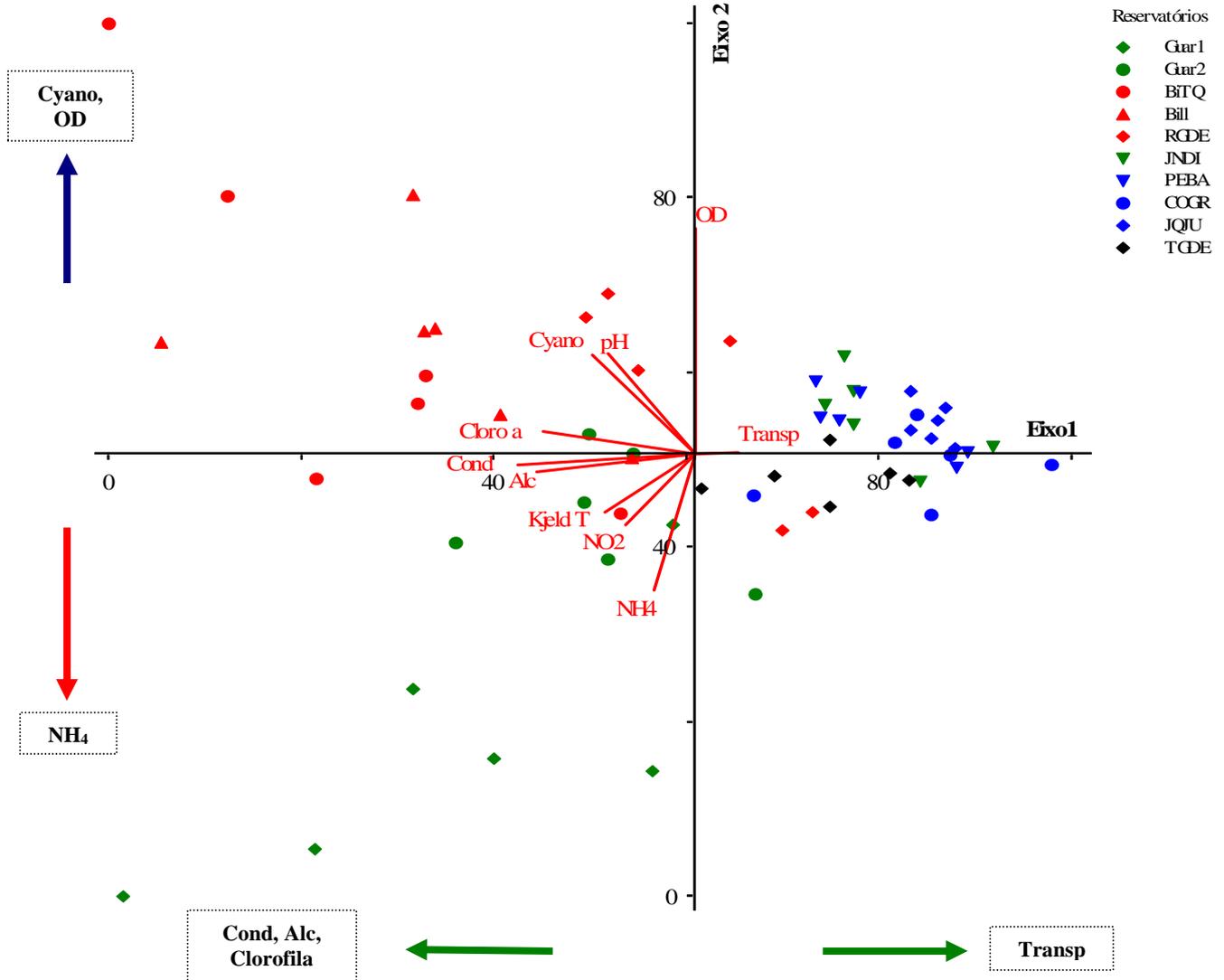
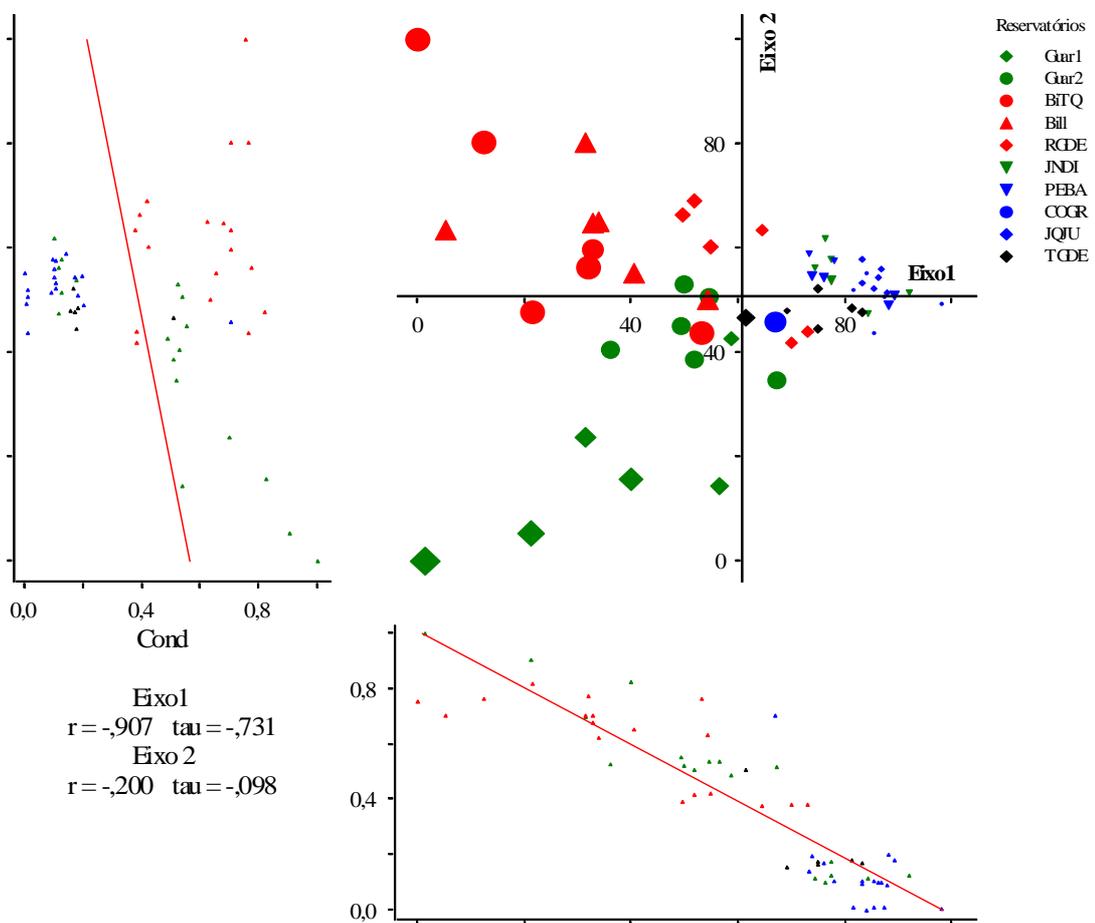


Tabela 23. Abreviação dos dez pontos amostrais nos oito Reservatórios do estudo.

Sub-bacia	Manancial	Ponto Amostral	Abreviação
Alto Tietê-Cabeceiras	Jundiaí	JNDI 00500	JNDI
	Taiáçupeba	PEBA 00900	PEBA
	Tanque Grande	TDGE 00900	TDGE
Billings-Tamanduaté	Billings (Barragem)	BILL02900	Bill
	Billings (Taquacetuba)	BITQ00100	BITQ
	Rio Grande	RGDE 02900	RGDE
Cotia-Guarapiranga	das Graças	COGR00900	COGR
	Guarapiranga (Parelheiros)	GUAR00100	Guar1
	Guarapiranga (captação)	GUAR00900	Guar2
Juqueri-Cantareira	Juqueri (Paiva Castro)	JQUU00900	JQUU

A Figura 20 apresenta a distribuição das unidades amostrais em função dos valores de condutividade, indicando maiores valores os sistemas Billings e Guarapiranga, bem como a alta correlação (negativa) com o eixo 1.

**Figura 20** - Distribuição e correlação da Condutividade nos eixos 1 e 2 da análise de componente principal (n=60) para os dados abióticos, clorofila *a* e número de células de cianobactérias dos dez pontos amostrais nos oito Reservatórios do estudo (ver abreviações na Tabela 23).



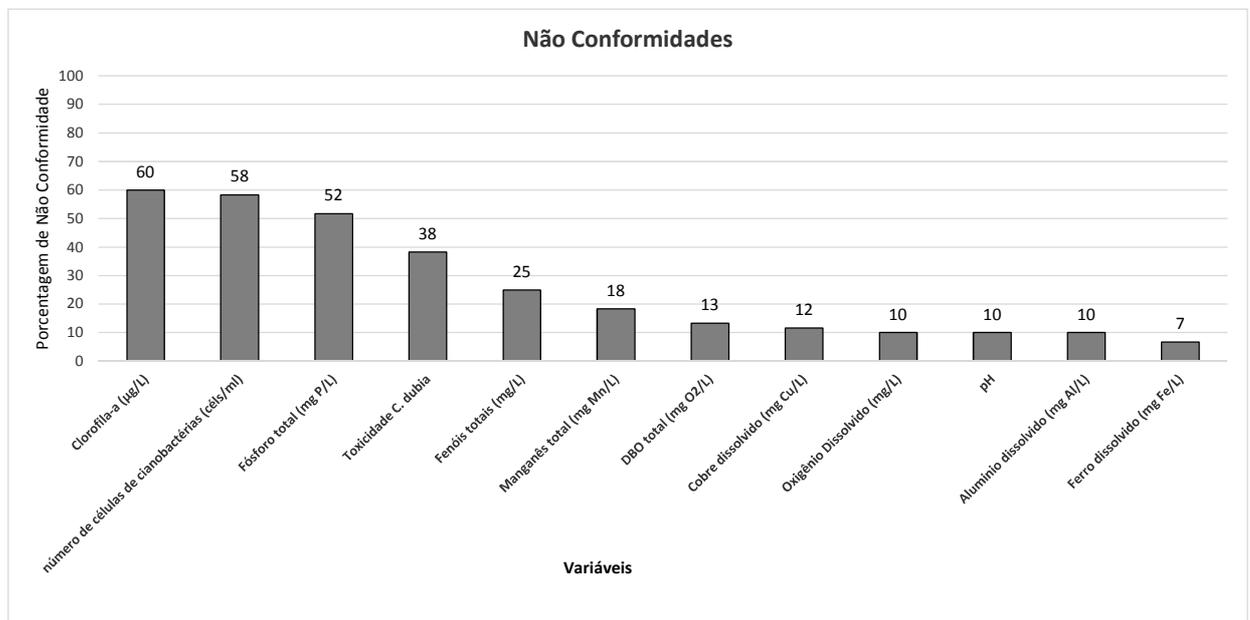
## 9 DISCUSSÃO

### 9.1 Não Conformidades

Dentre as 51 variáveis determinadas nas amostras de água entre outubro/2011 e setembro/2012, 25 são reguladas pela Resolução CONAMA 357/2005, a saber: toxicidade, D.B.O., oxigênio dissolvido (OD), turbidez, pH, sólidos dissolvidos totais, clorofila a, número de células de cianobactérias, fenóis totais, alumínio dissolvido, arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cloreto total, cobre dissolvido, cromo total, níquel, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, mercúrio total, níquel total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal total, zinco total e surfactantes (substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno). Dentre essas, algumas apresentaram resultados que não atenderam aos padrões estabelecidos para esses ambientes, segundo seu enquadramento (Classe 1 ou 2) (Gráfico 11).

As variáveis clorofila a, número de células de cianobactérias e fósforo total, todas associadas a eutrofização foram as que apresentaram a maior porcentagem de não-conformidades, superando 50% das amostras analisadas. Para as duas primeiras variáveis apenas os reservatórios do Tanque Grande e Juqueri não apresentaram nenhuma não-conformidade, indicando que esses ambientes são menos impactados com relação aos efeitos do enriquecimento por nutrientes, via esgoto doméstico, ou fontes indiretas como água de escoamento superficial.

Gráfico 11 – Porcentagem de não-conformidades.



A constatação de toxicidade crônica em vários reservatórios foi associada a presença de cianobactérias e pH em valores acima de 9, devido a ocorrência de florações de algas. Apenas no reservatório das Graças a toxicidade registrada está associada a outros fatores, como a baixa dureza da água. Valores elevados de Fenóis Totais, e resultados inferiores ao padrão para OD foram registrados preponderantemente no reservatório Guarapiranga, sobretudo no braço do Parelheiros. Os valores de DBO total não ultrapassaram 9 mgO<sub>2</sub>/L em nenhuma amostra, não atendendo ao padrão de 3 mgO<sub>2</sub>/L

apenas no reservatório Guarapiranga e no braço do Taquacetuba, no reservatório Billings.

As desconformidades para alguns metais como Al, Mn e Fe estão associadas a processos de lixiviação do solo, enquanto para o Cu dissolvido, encontrado em concentrações superiores a 0,009 mg/L, padrão ambiental, no reservatório do Rio Grande, mas principalmente no reservatório Guarapiranga, no ponto de captação, sendo associados a aplicação do algicida sulfato de cobre nos dois reservatórios.

Dentre outros metais avaliados, não foram quantificados em nenhuma amostra o Cd (L.Q. entre 0,0002 e 0,0007 mg/L), o Pb (L.Q. entre 0,005 e 0,009 mg/L) e o Ni (L.Q. = 0,02 mg/L). Outros como o Cr (L.Q. = 0,02 mg/L) e o Zn (L.Q. = 0,02 mg/L) foram quantificados em 3 e 9 amostras, respectivamente, sem, no entanto superar os limites da Resolução. O Hg foi quantificado em seis amostras (10% do total) no exato valor legislado (0,0002 mg/L) nos meses de outubro e dezembro de 2011 nos pontos GUAR 00100, RGDE 02900, PEBA 00900 e BITQ 00100 e em fevereiro/2012 no reservatório de Jundiaí (JNDI 00500), o que não é considerada uma não conformidade.

## 9.2 Índices de Qualidade de Água e de Comunidades Aquáticas

O uso de índices tem sido frequente em programas de monitoramento ambiental. Esses índices são geralmente compostos por fatores abióticos, ou utilizam a estrutura das comunidades biológicas como matriz básica para seu cálculo, embora haja necessidade de sua validação para os diferentes ambientes (THOMAZ, 2000).

Os índices de qualidade da água empregados estão associados ao uso que se deseja para um corpo d'água (PORTO, 1991 apud PELÁEZ-RODRIGUEZ et al., 2000). O conhecimento da qualidade dos recursos hídricos é essencial a seu manejo; neste sentido é conveniente a existência de um índice demonstrativo da qualidade das águas da bacia hidrográfica que possa servir como informação básica para o público em geral, como subsídio a atividades educativas e, principalmente, para o gerenciamento ambiental (PELÁEZ-RODRIGUEZ et al., 2000). Alguns índices desenvolvidos visam a de proteção da vida aquática (fauna e flora em geral), e outros índices refletem uma avaliação de água para consumo humano ou para recreação de contato primário (LORENZETTI, 2002).

No presente estudo foram utilizados vários índices de qualidade da água sendo que cada índice tem um objetivo e uma certa sensibilidade.

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) é calculado a partir de variáveis que indicam o lançamento de efluentes sanitários e fornece uma visão geral sobre a qualidade das águas superficiais. O histórico desse índice mostra que em todos os pontos amostrados ele se manteve relativamente estável, com qualidade entre boa e ótima, apresentando tendências não significativas de melhora ou piora.

O Índice de Qualidade das Águas para Fins de Abastecimento Público (IAP) considera em seus cálculos as variáveis do IQA, as substâncias tóxicas e as variáveis que podem afetar a qualidade organoléptica da água, e resultou, neste trabalho, em classificações médias entre Boa e Regular. À exceção dos reservatórios Tanque Grande e Juqueri, todos os outros apresentaram amostras acima dos padrões de qualidade para o número de células de cianobactérias, interferindo negativamente no IAP.

O Índice de Estado Trófico (IET) calculado a partir dos resultados de fósforo total e clorofila *a* tem sido amplamente utilizado como ferramenta na avaliação do grau de eutrofização de um corpo hídrico. Este índice tem se mostrado satisfatório na avaliação do potencial de eutrofização dado pelo fósforo total (agente causador) bem como do efeito desse processo no corpo hídrico, dado pela clorofila *a* (resposta do corpo hídrico ao agente causador). A clorofila *a* é frequentemente utilizada como indicadora da biomassa algal podendo corresponder, dependendo das espécies presentes, de 0,1 a 9,7% do peso das algas (Nicholls & Dillon, 1978). Assim, a clorofila *a* pode ser considerada uma importante variável indicadora do estado trófico de ambientes aquáticos.

Neste projeto, foi possível observar com os resultados de fósforo total, clorofila *a* e número de células de cianobactérias uma correlação significativa entre a concentração de fósforo total e clorofila *a* (55% - Gráfico 3), bem como entre o número de células de cianobactérias e a concentração de clorofila *a* (68% - Gráfico 4). Dada a rapidez e o menor custo com que é possível realizar a análise de clorofila *a*, quando comparada a identificação e contagem de cianobactérias, é importante, levantar um maior número de dados, na Rede de Monitoramento da CETESB, visando confirmar essa última correlação encontrada, visando o estabelecimento de uma concentração mínima de clorofila *a* como um critério de alerta o monitoramento das cianobactérias (identificação e contagem) e determinação de cianotoxinas em captações de água para o abastecimento público. Visto que existem sondas que possibilitam o monitoramento on-line de clorofila, esses resultados poderiam ser aplicados dentro de um plano de contingência, visando o direcionamento de análises prioritárias e a agilização na tomada de decisão.

## **9.2.1 Avaliação dos Ambientes estudados**

### **9.2.1.1 Reservatório Billings**

#### **IQA**

No reservatório Billings, o IQA médio foi considerado bom, sendo que no ponto BILL 02900, constatou-se ponderação ótima em aproximadamente 70% das amostragens, e bons na segunda e quinta campanha (jan./11 e jul./11), sendo verificado que os parâmetros importantes na queda do valor do índice na segunda campanha (jan/11) foram os de bacteriologia e pH, e na quinta campanha (jul./12) o elevado valor de fósforo. Já no ponto BITQ 00100, os índices foram considerados bons na segunda, terceira e quinta campanhas (jan./11, mar./12 e jul./12), e ótimos na primeira, quarta e sexta (nov./11, mai./12 e set./12). Na segunda amostragem (jan./12), os fatores que influenciaram o índice foram o pH e a colimetria, e na terceira e quinta campanha (mar./12 e jul./12) foram os valores de pH e de oxigênio

#### **IAP**

Nesse reservatório a média do IAP em ambos os pontos foi regular, sendo que no ponto BITQ 00100, apurou-se que a primeira campanha (nov./11) esteve com IAP bom, entretanto 70% das campanhas apresentaram índice regular, as quais foram influenciadas na segunda e quarta amostragens (jan./12 e mai./12) pelas concentrações de células de cianobactérias, e na quinta e sexta (jul./12 e set./12) pelos

valores de contagem de cianobactérias e alumínio total. Na terceira campanha (mar/12), observou-se índice ruim devido à combinação de valores elevados de contagem de células de cianobactérias, alumínio total e manganês total. No ponto BILL 02900, a quarta campanha (mai./12) esteve com IAP bom, pois, apesar de verificar-se elevado valor da contagem de células de cianobactérias, o valor do IQA também foi elevado aumentando a ponderação do índice. O parâmetro responsável pela queda do IAP para regular foi a concentração de células de cianobactérias, e nas campanhas em que o IAP foi Ruim, observou-se que na segunda (jan./12) o índice foi influenciado pelos valores de células de cianobactérias e do IQA, e na quinta (jul./12) pelos valores da contagem de cianobactérias e de alumínio.

### **IET**

O reservatório Billings, localizado na sub-bacia Billings-Tamanduateí, embora com classificação eutrófica, pela média das cinco campanhas, similar à do reservatório Guarapiranga (Tabela 10), exibiu ao longo das campanhas condições tróficas piores, principalmente em relação à resposta desse corpo d'água à carga de nutrientes, o que pode estar relacionado ao seu elevado tempo de residência. Dos dois pontos avaliados neste reservatório, o BITQ00100 localizado no braço do rio Taquacetuba se encontra ligeiramente melhor. Nos dois pontos os valores de fósforo total, clorofila *a* na maioria das campanhas e o número de células de cianobactérias em todas as campanhas superaram o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

Em relação aos dados históricos, apenas o ponto BITQ00100 possui resultados do IET (PT) e IET(CL) para 13 anos (2000 a 2012), já o ponto BILL02900, localizado próximo à barragem reguladora Billings-Pedras (Summit Control), possui resultados de clorofila *a* referentes ao período de 2008 a 2012, portanto o IET dos anos anteriores se baseiam apenas nos resultados de fósforo total. Em ambos os pontos, considerando-se os dados existentes, observa-se uma tendência à melhora em relação à eutrofização sendo significativa apenas para o BILL02900 (Tabela 13).

### **IVA**

O reservatório Billings, nos dois pontos avaliados (BITQ0010 e BILL02900) foi classificado pela média do IVA como de qualidade ruim (Tabela 14). No reservatório Billings, o ponto BITQ00100, localizado no braço do Taquacetuba, exibiu ao longo das campanhas classificações de qualidade regular a péssima, a eutrofização foi o principal fator influenciando negativamente o IVA, além da toxicidade crônica e o pH em algumas das campanhas. Tanto a toxicidade quanto o pH provavelmente estiveram relacionados com a presença da comunidade fitoplanctônica, o primeiro mais especificamente à presença de cianobactérias que foram observadas em elevado número de células. No ponto BILL02900, a qualidade segundo IVA variou de boa a péssima. Neste ponto, a eutrofização e a toxicidade foram os fatores que influenciaram negativamente este índice. A melhor classificação (boa em nov./11) foi obtida na única campanha em que não foi observada toxicidade e o IET indicou a melhor condição trófica (mesotrófica), bem como o menor valor do número de células de cianobactérias o que sugere que, neste reservatório a toxicidade esteja relacionada às cianobactérias.



## ICF

O reservatório Billings, no ponto BILL 02900, apresentou índice médio ruim, com ponderação regular na primeira campanha (nov./11) e ruim nas subsequentes, totalizando aproximadamente 80% das campanhas. Em todas as amostragens observou-se dominância de cianobactérias e alta densidade de organismos, já os valores do IET apresentaram ponderações heterogêneas. Na primeira campanha (nov./11) o IET esteve bom, na terceira, quarta e sexta (mar./12, mai./12 e set./12) regulares, e na segunda e quinta (jan./12 e jul./12), ruins.

No ponto BITQ 100 o índice médio foi considerado regular, verificando-se índice ruim em aproximadamente 70% das campanhas, sendo que a primeira (nov./11) apresentou índice bom pois apesar do IET receber classificação regular não houve dominância de espécies e a densidade de organismos foi considerada boa. Na sexta campanha (set./12), que obteve classificação regular, observou-se que apesar de ter ocorrido dominância de cianobactérias, a densidade de organismos e o valor do IET estiveram com ponderação regular.

## Comunidade Fitoplantônica com ênfase em Cianobactérias

Nos dois pontos estudados no reservatório Billings (BILL 02900 e BITQ 00100), as cianobactérias foram dominantes em praticamente todas as amostragens. No Summit Control (BILL 02900) houve dominância desse grupo em todos os períodos amostrados, e a classe representou aproximadamente 89% da média de densidade do período amostrado. No ponto do braço do Taquacetuba (BITQ 00100) a dominância ocorreu em aproximadamente 80% do período, e o grupo representou aproximadamente 71% da média de densidade no período.

A quantidade de células de cianobactérias esteve acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 em todos os períodos amostrados e o maior valor foi observado em julho de 2012, aproximadamente 400.000 células por mL. Os maiores valores de concentração de células encontrados pertencem a organismos dos gêneros *Cylindrospermopsis*, *Planktothrix* e *Microcystis*, considerados potencialmente tóxicos.

O regime de mistura da água e as condições de elevada trofia do sistema favorecem o estabelecimento de florações de espécies das cianobactérias em regiões tropicais (Gentil *et al.*, 2008). No reservatório Billings, os valores de fósforo superaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 em praticamente todos os períodos amostrados, evidenciando a alta carga de nutrientes presente nesse corpo de água, que favorece o crescimento de algas e cianobactérias (Nogueira *et al.*, 2011). A concentração de clorofila *a*, indicadora da biomassa algal, superou os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 em todos os períodos amostrados de ambos os pontos, sendo que o maior valor foi registrado em julho de 2012 no ponto BITQ00100, com 86,72 µg/L de clorofila *a*.

As cianobactérias apresentam diversas estratégias adaptativas que permitem seu estabelecimento nos corpos d'água, como, por exemplo, mecanismos para tolerar baixas concentrações de oxigênio, elevadas concentrações de metais pesados, variações na temperatura e a alta incidência de raios ultravioletas. Além disso, algumas espécies podem fixar o nitrogênio atmosférico, formar acinetos (células

diferenciadas que funcionam como esporos de resistência) e controlar sua posição na coluna d'água por meio de vesículas de ar (Molica & Azevedo, 2009).

Outros fatores também podem ter contribuído para as elevadas densidades da comunidade fitoplanctônica, alto valores de células de cianobactérias e dominância de cianobactérias, como o longo tempo de residência médio do período (428 dias), o que favorece o florescimento de cianobactérias (CETESB 2003), bem como as alterações nos períodos de precipitação de 2012, com a média do mês de junho bem acima da média histórica, acarretando em maior carreamento de nutrientes para o corpo de água.

Uma das espécies com maior frequência no ponto localizado no Summit Control foi a *Cylindrospermopsis raciborskii*. Essa espécie apresenta ampla distribuição em corpos lênticos do mundo inteiro, provavelmente devido ao seu comportamento invasivo e plasticidade adaptativa (Padisak, 1997; Bonilla *et al.* 2012; Sinha *et al.* 2012). Florações de *C. raciborskii* estão se tornando cada vez mais frequentes em ambientes tropicais (Gemelgo *et al.* 2009; Figueredo & Giani, 2009). Segundo Branco & Cavalcanti (In: Henry, 1999), o *Cylindrospermopsis raciborskii*, também apresenta como estratégias que lhes conferem sucesso ecológico a capacidade de utilizar fontes internas de fósforo, alta capacidade de absorção de fosfato e amônia, resistência à herbivoria, alta capacidade de dispersão e capacidade de sobreviver em condições levemente salinas.

A exceção foi observada na coleta realizada no ponto BITQ em novembro de 2011, na qual não foi observada dominância de espécies. Entretanto, o grupo dos fitoflagelados foi abundante e correspondeu a aproximadamente 40 % da densidade fitoplanctônica, com destaque para a classe Cryptophyceae, representado em grande parte pela espécie *Rhodomonas lacustris*. Essa classe de fitoflagelados ocorre de forma contínua nos ecossistemas aquáticos, sendo encontrada durante todo o ano (Bicudo *et al.*, 2009). As variações nas densidades dessa comunidade nem sempre estão ligadas à sazonalidade (Reynolds & Reynolds 1985). Cryptophyceae geralmente aumenta sua densidade quando diminui a densidade de outros grupos, e esse comportamento levou à qualificação dessa classe como “oportunista” – algas de crescimento rápido, com ciclo de vida curto, mecanismos de dispersão eficientes e alocação de grande quantidade de energia para reprodução (Bicudo *et al.* 2009). Em outras palavras, as Cryptophyceae são R-estrategistas (Sommer 1981, Klaveness 1988). Com relação aos requerimentos nutricionais, essa classe pode tolerar um grande espectro de condições tróficas (Reynolds 1976). Cryptophyceae possui um amplo espectro ambiental, sendo típicas de águas enriquecidas com nutrientes e matéria orgânica (Rosen 1981), mas também toleram a depleção ocasional de nutrientes, especialmente nitrogênio (Haffner & McNeely 1989).

Ainda no ponto BITQ 00100, observou-se um valor de microcistina de 1,95 µg/L. Esse foi o maior valor encontrado durante o estudo e dentre os oito reservatórios e pode ser explicada pelo fato de que 87% das quase 400.000 células de cianobactérias encontradas pertencerem aos gêneros *Planktothrix* e *Microcystis*, produtores da referida toxina. Entretanto, foi verificado que apesar de ser encontrado valor elevado de microcistina nessa amostragem, não foi observada toxicidade.

A toxicidade foi crônica nas amostragens de janeiro, março e maio de 2012, no ponto BITQ 00100 e em praticamente todas as amostragens realizadas no ponto BILL 2900, com exceção do primeiro período amostrado (nov, 2011). Verificou-se que no ponto BITQ 0100, quando as amostragens apresentavam valores de células de *Cylindrospermopsis* acima de 45.000 células por mL, foi constatada toxicidade crônica, já no ponto BILL 02900, a toxicidade foi observada apenas quando a concentração de células esteve acima de 90.000 células/mL. Segundo Zagatto *et.al* (2012), existem duas cepas da referida cianobactéria no reservatório Billings, o que poderia explicar a variação de toxicidade em relação ao número de células.

Cabe salientar que nesse corpo de água há registros da ocorrência de cianobactérias potencialmente produtoras de outras toxinas como, por exemplo, o gênero *Cylindrospermopsis*, que podem liberar cilindrospermopsina e saxitoxina e o gênero *Planktothrix*, que pode liberar anatoxina-a, homoanatoxina-a e saxitoxinas.

#### **Ecotoxicidade e AIT**

O ponto BILL 02900, apresentou o pior perfil ecotoxicológico, com registro de toxicidade crônica em cinco campanhas, totalizando 83% das amostras, porcentagem de ocorrência de efeito mais elevada que a calculada para levantamento histórico do período 2000 a 2009. No braço do Taquacetuba (BITQ 00100) as amostras apresentaram menor incidência de toxicidade, 50% das campanhas, quando comparadas àquelas coletadas no ponto localizado no Summit Control, indicando uma pequena redução em relação à intensidade e frequência dos efeitos registrados no período de 2000 a 2009.

Assim como para as amostras coletadas em outros reservatórios como o Jundiá a toxicidade verificada em ambos os pontos do reservatório Billings relaciona-se ao predomínio de algas do grupo das cianobactérias, hipótese confirmada nos estudos de avaliação e identificação da toxicidade. Em ambos os pontos se verificou ainda que o número de células de *Cylindrospermopsis raciborskii* esteve correlacionado com os efeitos crônicos observados.

#### **Determinação de Cianotoxinas**

No reservatório Billings constatou-se, por LC-MS/MS, a presença de microcistinas em três campanhas no ponto de amostragem BILL2900 e em uma campanha no ponto BITQ0100. A microcistina-LR apareceu na 2.<sup>a</sup> e 3.<sup>a</sup> campanhas, e a microcistina-LF, na 5.<sup>a</sup> campanha no ponto BILL2900. No ponto BITQ0100 foram encontradas as microcistinas RR, YR e LR na 6.<sup>a</sup> campanha. Embora tenham sido detectadas as microcistinas estavam em concentrações muito pequenas, abaixo do limite de quantificação do método.

Os ensaios com ELISA confirmaram a presença de microcistinas, tanto no ponto de amostragem BILL2900 como no ponto BITQ0100, mas em concentrações sempre inferiores a 2,0 µg/L. Dados do levantamento histórico do monitoramento da CETESB indicaram valores superiores dessa hepatotoxina no braço do Taquacetuba, como os registrados em agosto de 2001, variando de 3,5 a 13,8 µg/L.

Nesses pontos do reservatório Billings também foram quantificadas saxitoxinas na metade das amostras coletadas, embora em concentrações baixas (<0,3 µg/L), evidenciando que as espécies presentes têm

potencial para a produção desta cianotoxina.

### **9.2.1.2 Reservatório Rio Grande**

#### **IQA**

O reservatório Rio Grande apresentou índice médio bom e manteve essa ponderação em aproximadamente 80% das campanhas e qualidade ótima na sexta (ago./12). De forma geral, os valores de colimetria foram os responsáveis pela queda no valor do índice, sendo que na segunda e terceira campanha (dez./11 e fev./12) os resultados de pH também contribuíram para essa queda. É importante ressaltar que os valores sanitários são os que recebem o maior peso no cálculo do índice, pois indicam contaminação por lançamento de esgoto doméstico.

#### **IAP**

No reservatório Rio Grande a ponderação média do índice foi boa, essa ponderação foi verificada em aproximadamente 80% das amostragens. Na primeira campanha (out./11), observou-se ponderação regular devido à influência dos elevados valores de contagem de células de cianobactérias.

#### **IET**

O reservatório do Rio Grande localizado na sub-bacia Billings-Tamanduateí, encontra-se com melhor qualidade em relação à eutrofização quando comparado ao reservatório Billings (Tabela 11). No entanto esse reservatório exibiu um baixo grau de limitação ao estabelecimento da comunidade fitoplanctônica ao longo de toda campanha com o IET(PT) indicando condição mesotrófica e o IET(CL) variando entre eutrófica e supereutrófica, isto pode estar relacionado ao tempo de residência (212 dias). Pela média do IET(PT) e IET(CL) esse corpo d'água pode ser considerado medianamente eutrofizado com classificações variando de mesotrófico a eutrófico ao longo das seis campanhas, sendo que quando mesotrófico os valores foram próximos do limite do eutrófico. Nesse reservatório, em algumas das campanhas, os valores de fósforo total, clorofila *a* e número de células de cianobactérias superaram o estabelecido pela CONAMA 357/05. Pelos dados históricos, esse reservatório vem mantendo sua classificação trófica em mesotrófica (Tabela 13).

#### **IVA**

O reservatório do Rio Grande obteve classificações de boa a ruim ao longo das seis campanhas. O principal fator a influenciar negativamente na qualidade desse corpo d'água foi o grau de trofia. Em duas campanhas (dez./11 e fev./12) o elevado pH também contribuiu para a piora da qualidade da água que corrobora os resultados da clorofila *a*, indicativos da presença de algas e cianobactérias que nesse reservatório encontrou baixo grau de limitação para seu estabelecimento. A toxicidade também influenciou negativamente, apesar de apenas em uma campanha, resultou em uma qualidade regular.

#### **ICF**

O Rio Grande esteve com índice bom na quarta campanha (abr./12) e regular em aproximadamente 80%

das campanhas, resultando em uma média também regular. Dentre as campanhas que apresentaram ICF regular notou-se que nas três primeiras campanhas, os responsáveis pela queda no valor do índice foram os dados do IET, da densidade fitoplânctônica e a dominância por clorofíceas, enquanto que na quinta e sexta campanha (jun./12 e ago./12), foram apenas a alta densidade de organismos e a dominância por clorofíceas.

### **Comunidade Fitoplânctônica com ênfase em Cianobactérias**

No reservatório Rio Grande o grupo que mais se destacou em densidade fitoplânctônica foi o das clorofíceas, com aproximadamente 65% da densidade total de organismos.

Dominância de grupos foi observada em aproximadamente 80% das amostragens, com predomínio de clorofíceas, representadas principalmente pelo gênero *Pseudodidymocistis*.

Em abril foi obtido o menor valor de densidade fitoplânctônica e a menor concentração de células de cianobactérias (aproximadamente 13.595 céls./mL). Possivelmente o fator limitante foi a baixa disponibilidade de fósforo da coluna de água, registrado nesse mês.

Quanto aos valores de fósforo, verificou-se que estiveram acima do recomendado pela Resolução CONAMA 357/05 em aproximadamente 70% das amostragens.

As contagens de cianobactérias estiveram acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 em aproximadamente 80% das amostragens, sendo o maior valor encontrado em outubro de 2011, aproximadamente 86.000 céls./mL. Possivelmente esse elevado valor esteja relacionado ao início do período chuvoso.

### **Ecotoxicidade e AIT**

O reservatório Rio Grande apresentou apenas um evento de toxicidade crônica limiar. O estudo de avaliação e identificação da toxicidade, aliado ao histórico das análises químicas, apontou o cobre como responsável pela inibição da reprodução dos organismos-teste.

### **Determinação de Cianotoxinas**

Não foi observada a presença de microcistinas por LC-MS/MS. Apenas os ensaios por ELISA indicaram a presença de microcistinas e saxitoxinas nas coletas realizadas com a trampa de Schindler-Patalas em outubro de 2011.

#### **9.2.1.3 Reservatório Guarapiranga**

##### **IQA**

No reservatório Guarapiranga, ambos os pontos apresentaram ponderação média do índice considerada boa, com aproximadamente 70% das campanhas avaliada dessa forma. No ponto GUAR 00100, o índice esteve regular na segunda campanha (dez/11), onde se verificou que os dados bacteriológicos, os quais possuem grande peso no índice, além dos elevados valores de fósforo e DBO, contribuíram para a queda no valor do IQA. Já na sexta campanha (ago./12), os responsáveis pela queda no índice foram o baixo

valor de oxigênio dissolvido e o alto valor de *E. coli*. No ponto GUAR 00900, o índice esteve ótimo na primeira e quinta campanha (nov./11 e jun./12), e nas demais amostragens os índices sofreram interferência principalmente dos valores de colimetria.

#### IAP

No reservatório Guarapiranga, o ponto GUAR 00100 apresentou IAP regular em todas as amostragens, entretanto os parâmetros que influenciaram esse índice foram distintos, sendo eles: na primeira campanha (out./11), manganês e a concentração de células de cianobactérias; na segunda (dez./11), ferro; na terceira, células de cianobactérias; na quarta e na quinta (abr./12 e jun./12), ferro e células de cianobactérias; e na sexta (ago./12), o valor de IQA. No ponto GUAR 00900, aproximadamente 70% das campanhas apresentaram índice bom, e a terceira e a sexta (fev./12 e ago./12), índice regular. Essa redução do IAP foi provocada pelas determinações de células de cianobactérias e do IQA.

#### IET

O reservatório Guarapiranga, localizado na sub-bacia do Cotia-Guarapiranga, de acordo com os resultados obtidos nos dois pontos avaliados encontra-se eutrofizado (Tabela 13). Os valores de fósforo total, clorofila *a* e número de células de cianobactérias superaram o estabelecido pela CONAMA 357/05 na maioria das campanhas. Foram observadas, na maioria das campanhas, elevadas concentrações de feofitina *a* em ambos os pontos e de cobre dissolvido na água no ponto GUAR00900, localizado junto à captação da Sabesp, em concentrações superiores aos estabelecidos na legislação, o que indica a aplicação de algicida nesse corpo d'água. Cabe ressaltar que as o ponto GUAR00100, localizado no meio do braço do Rio Parelheiros se encontra com a qualidade ligeiramente mais eutrofizado em relação ao GUAR00900 localizado na captação da Sabesp, provavelmente reflexo da transposição das águas do reservatório Billings. O reservatório Guarapiranga, principalmente no GUAR00900, exibiu baixo grau de limitação ao estabelecimento da comunidade fitoplanctônica ao longo de toda campanha, provavelmente relacionado ao tempo de residência considerado (105 dias).

#### IVA

No reservatório Guarapiranga, no ponto GUAR00900, a qualidade variou de regular a ruim segundo a média do IVA, e também foi influenciado negativamente pelo grau de eutrofização. Em uma única campanha (abril/12) a variável oxigênio dissolvido influenciou negativamente. O cobre dissolvido ultrapassou os limites estabelecidos pela CONAMA 357/05 na maioria das campanhas contribuindo de forma negativa, sendo indicativo da provável utilização de algicidas no combate a floração de algas e cianobactérias corroborada pelos resultados de feofitina *a*, produto resultante da degradação da clorofila *a*. O ponto GUAR00100, localizado no meio do braço do rio Parelheiros, classificado como ruim se mostra bastante comprometido em relação à qualidade das águas com vistas à proteção das comunidades aquáticas tendo variado ao longo das campanhas de regular a péssimo. A eutrofização foi o principal fator a contribuir negativamente seguido do baixo teor de oxigênio dissolvido observado na maioria das campanhas. Na campanha de fevereiro/12, além da eutrofização o cobre dissolvido e a toxicidade crônica contribuíram negativamente, quando também foi observado elevado número de células de cianobactérias.

Assim como no ponto GUAR00900, a elevada concentração de feofitina a observada na maioria das campanhas é indicativo da utilização de algicida neste corpo d'água.

### **ICF**

No reservatório Guarapiranga apesar dos dois pontos apresentarem média do ICF regular, as ponderações foram distintas durante o estudo. No ponto GUAR 00900 o ICF manteve-se regular em todas as campanhas, apresentando aproximadamente 70% das amostragens com classificação regular para os valores do IET e dominância de organismos, e ruim para densidade total do Fitoplâncton. Na quarta campanha (abr./12) o IET foi considerado bom e na sexta não houve dominância.

O ponto GUAR 00100 alternou períodos com índices bons, verificados na segunda e sexta campanha (dez./12 e ago./12), regulares na primeira, terceira e quinta (out./11, fev./12 e jun./12), e ruim na quarta amostragem (abr./12). Nas amostragens com classificação do ICF boas, não foi observada dominância de espécies e a densidade fitoplânctônica total apresentou ponderação boa. As campanhas regulares apresentaram condições distintas, sendo que na primeira não houve dominância de espécies, mas as ponderações da densidade total e IET estiveram ruins, já na terceira campanha (fev./12), os valores de densidade e dominância estiveram regulares e na quinta (jun./12) os fatores que influenciaram foram densidade total de dominância de cianobactérias.

### **Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias**

No reservatório Guarapiranga, o grupo que mais se destacou em densidade foi o das clorofíceas, em ambos os pontos, representando aproximadamente 60% da média de densidade total de organismos no ponto GUAR 00100 e aproximadamente 50% no ponto GUAR 00900.

De modo geral, esse reservatório evidenciou melhores condições quando comparado com o reservatório Billings, pois além de apresentar, na média, maior valor de densidade de clorofíceas em detrimento às cianobactérias, esse último grupo esteve dominante em apenas uma amostragem.

Comparando-se os dois pontos amostrados nesse reservatório, notou-se que a quantidade de períodos com dominância de espécies foi distinta. No ponto GUAR 00100 houve dominância de espécies em 50% das amostragens, sendo que apenas em junho de 2012, predominou organismos do grupo das cianobactérias. Já no ponto GUAR 00900, o período de dominância foi maior, em aproximadamente 80% das amostragens, todas com predomínio de clorofíceas.

No período em que foi observada dominância de cianobactérias, constatou-se pluviosidade acima da média histórica para mês, o que poderia ter contribuído para o aporte de nutrientes para o corpo de água. Também se observou que a coluna d'água não apresentava estratificação térmica

Os parâmetros clorofila *a* e de fósforo total apresentaram valores acima do preconizado pela resolução Conama 357/05 em praticamente todas as amostragens, sendo que os maiores valores encontrados durante todo o estudo foram obtidos em abril de 2012, no ponto GUAR 00100, com valores de 67,21 µg/L e 0,32 mgP/L, respectivamente.

A quantidade de células de cianobactérias esteve acima do estabelecido pela Resolução CONAMA



357/05 em aproximadamente 70 % das amostragens no ponto GUAR 00100 e em aproximadamente 80% no ponto GUAR 00900, sendo que o maior valor foi encontrado em fevereiro de 2012 no ponto GUAR 00900, 98.000 células/mL. Apesar da concentração de células de cianobactéria ser alta, a concentração de fósforo não apresentou valor tão elevado, se comparado com os demais períodos amostrados. É provável que isso tenha ocorrido em função da elevada concentração de células como também da alta temperatura registrada, uma vez que, de acordo com ESTEVES (1998), ela estimula os processos biológicos, intensificando a absorção de nutrientes.

Verificou-se que em praticamente todas as amostragens realizadas nesse reservatório não houve ocorrência de toxicidade, com exceção da coleta realizada em fevereiro de 2012 no ponto GUAR 00100, na qual foi observada toxicidade crônica. É possível que esteja relacionada à concentração de células de cianobactérias, por ter sido o maior valor registrado nesse ponto.

#### **Ecotoxicidade e AIT**

No Reservatório Guarapiranga verificou-se que, apesar do registro frequente de cobre dissolvido nas amostras do ponto junto à captação, persistiu a ausência de efeitos tóxicos assinalada no levantamento histórico, indicando que o metal não se encontra biodisponível devido a fatores físicos e/ou químicos. No ponto situado no braço do rio Parelheiros, constatou-se a influência da transposição das águas do braço Taquacetuba por meio da presença da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii*; contudo, há indicação de que o episódio isolado de toxicidade em fevereiro de 2012, está relacionado ao cobre dissolvido, embora não tenham sido realizados os procedimentos para investigação das causas.

#### **Determinação de Cianotoxinas**

Não foi observada a presença de microcistinas por LC-MS/MS. Apesar do teste com ELISA só ter quantificado 0,20 µg/L microcistinas na coleta de agosto de 2012, no ponto da captação, em todos os períodos e em ambos os pontos, é necessário salientar que foi registrada a ocorrência de saxitoxinas nos dois pontos, bem como a presença cianobactérias potencialmente produtoras dessas como, por exemplo, do gênero *Cylindrospermopsis*.

#### **9.2.1.4 Reservatório das Graças**

##### **IQA**

No reservatório das Graças constatou-se média do IQA boa, evidenciando qualidade ótima na primeira e sexta campanha (nov./11 e set./12) e boa nas demais, sendo influenciado principalmente pelos valores bacteriológicos.

##### **IAP**

O reservatório das Graças apresentou média boa e demonstrou índices bons em 50% das campanhas, os quais sofreram influência dos valores de alumínio. Nas duas primeiras campanhas (nov./11 e fev./12), que apresentaram ponderação regular, notou-se que os parâmetros responsáveis pela queda no valor do IAP foram: valores de alumínio e a contagem de células de cianobactérias na primeira (nov./11), e alumínio e



IQA na segunda (fev./12). Já na terceira campanha (mar./12), considerada ruim, os responsáveis por essa diminuição foram os valores de alumínio total, células de cianobactérias e IQA.

#### **IET**

O reservatório das Graças, localizado na sub-bacia do Cotia-Guarapiranga, juntamente com o reservatório Pedro Beicht formam o Sistema Produtor do Alto Cotia, considerado referência na produção de água de boa qualidade, ambos os reservatórios estão inseridos na Reserva Florestal do Morro Grande (Silva, 2012). O reservatório das Graças formado pelo rio Nossa Senhora das Graças recebe as águas do reservatório Pedro Beicht via canal do rio Cotia. Apesar de se encontrar ligeiramente melhor dentre os quatro reservatórios classificados como mesotrófico (Tab. 8), este reservatório em algumas campanhas exibiu valores de fósforo total, clorofila *a* e número de células de cianobactérias acima dos critérios estabelecidos pela Resolução Conama 357/05 e pode ser considerado em processo de eutrofização provavelmente resultado das águas recebidas do reservatório Pedro Beicht que, segundo Silva (2012), já se encontra mesotrófico e com o aparecimento ocasional de florações de cianobactérias. Apesar dessas não conformidades com a legislação, esse corpo d'água vem apresentando melhora significativa de acordo com dados históricos (Tab. 11).

#### **IVA**

O reservatório das Graças, exibiu qualidade regular com exceção da terceira campanha na qual foi classificada como de qualidade boa. Os fatores que contribuíram negativamente foram a toxicidade e a eutrofização.

#### **ICF**

No reservatório das Graças os índices mantiveram-se bons em todas as amostragens devido ao fato de não ter sido observada dominância de espécies e os valores do IET apresentarem ponderação considerada boa em todas as coletas.

#### **Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias**

No reservatório Graças, o grupo que mais se destacou em densidade fitoplanctônica foi o das clorofíceas, com 53% da densidade média total de organismos, com destaque para o grupo das desmidiáceas, com aproximadamente 33% da densidade média total. Segundo SILVA et al., (2011) a Divisão Chlorophyta constitui um importante grupo dentro de ecossistemas aquáticos tropicais e organismos da família Desmidiacea são abundantes em ambientes oligotróficos e mesotróficos, sendo favorecidas por águas com pH levemente ácido e com baixa condutividade elétrica, fatores constatados na maioria dos períodos amostrados.

Apesar das clorofíceas terem apresentado densidade significativa, não foi observada dominância de espécies em nenhum período amostrado.

Em julho foi obtido o menor valor de densidade fitoplanctônica e a menor concentração de células de cianobactérias (aproximadamente 7.000 céls./mL). Possivelmente o fator limitante foi a baixa disponibilidade de fósforo da coluna de água pelo terceiro mês consecutivo.

A maior densidade da comunidade foi observada em novembro de 2011 (19.536 org./mL). Nesse mesmo período não houve estratificação da coluna d'água o que pode ter favorecido a ressuspensão de nutrientes, além disso, observou-se o início do período chuvoso, que geralmente contribui com o aporte de carga difusa de nutriente, fatores que podem ter privilegiado esse grupo.

As contagens de células de cianobactérias estiveram acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 em aproximadamente 30% das amostragens e o maior valor foi encontrado em março, aproximadamente 90.000 céls./mL, sendo representado por organismos dos gêneros *Aphanocapsa* e *Cyanogranis*, os quais foram observados em todas as amostragens.

Quanto aos valores de fósforo, verificou-se neste ponto concentrações abaixo do que estabelece a resolução CONAMA 357/05 em 50% das amostragens. Entretanto, pode-se observar que em fevereiro foi obtido o maior valor de fósforo para esse reservatório. É provável que a elevada concentração de células de cianobactérias verificadas em março, tenha ocorrido em função desse valor de fósforo.

Os valores de clorofila *a* podem ser considerados coerentes com o esperado, pois em março foi obtido o maior valor desse parâmetro e onde foi encontrada a maior densidade de dinoflagelado dentre todos os períodos amostrados.

#### **Ecotoxicidade e AIT**

No reservatório das Graças 85% das amostras coletadas ocasionaram efeito crônico, cuja causa, apurada nos estudos de avaliação e identificação da toxicidade, relaciona-se à baixa dureza e às substâncias húmicas presentes na água, desfavoráveis à subsistência dos organismos-teste (*Ceriodaphnia dubia*).

#### **Determinação de Cianotoxinas**

Não foi observada a presença de cianotoxinas no período amostrado.

### **9.2.1.5 Reservatórios Juqueri (Paiva Castro)**

#### **IQA**

O reservatório Juqueri, apresentou média do índice de qualidade da água ótimo, com ponderações consideradas ótimas em aproximadamente 70% das amostragens e boas na segunda e quarta campanha (jan./12 e mai./12). Na segunda campanha (jan./12), o parâmetro que exerceu maior influência sobre o índice foi o valor de colimetria, já na quarta campanha (mai./12) foi o de turbidez.

#### **IAP**

No reservatório Juqueri evidenciou média boa do IAP, verificando-se ponderação ótima na primeira campanha (nov./11), e boa na segunda, quarta, quinta e sexta (jan./12, mai./12, jul./12 e set./12). Dentre as amostragens que apresentaram índices bons, notou-se que os dados que interferiram no resultado final na segunda e sexta campanhas (jan./12 e set./12) foram os de alumínio total, e na quarta e quinta (mai./12 e jul./12) foram os valores do IQAICF

O reservatório Juqueri apresentou ponderações ótimas em aproximadamente 70% das amostragens e boas na terceira e sexta campanhas (mar./12 e set./12). De forma geral, não foi observada dominância de organismos em nenhuma das amostragens e tanto o IET quanto a densidade total da comunidade, apresentaram valores considerados ótimos e bons. Nas campanhas onde o índice foi considerado bom notou-se que os parâmetros que influenciaram o ICF foram: densidade fitoplânctônica com ponderação regular na terceira campanha, e densidade fitoplânctônica e IET com ponderações boas na sexta (set./12).

#### **IET**

O Reservatório do Juqueri, localizado na sub-bacia do Juqueri-Cantareira, foi classificado como oligotrófico sendo, entre todos os reservatórios avaliados, o de melhor qualidade em relação à eutrofização (Tabela 10). Apesar dos resultados de fósforo total indicar um ambiente pobre em nutrientes (ultraoligotrófico) e do reduzido tempo de residência (1 dia), na maioria das campanhas o IET (CL) calculado a partir dos resultados de clorofila *a* o classificou como mesotrófico, indicando influência das águas transpostas dos reservatórios localizados a montante pertencentes à bacia do Piracicaba que contribuem com o Sistema Cantareira. Na quarta campanha (maio/12), na qual o IET indicou melhor condição trófica e na sexta campanha (setembro/12), na qual indicou pior condição trófica podem estar relacionadas à pluviosidade, quando no primeiro caso ocorreram chuvas um pouco acima da média histórica e no segundo chuvas bem abaixo da média histórica.

#### **IVA**

O reservatório Juqueri, apesar da classificação ótima pela média de todas as campanhas, em setembro exibiu qualidade regular devido à influência de duas variáveis, a toxicidade crônica para organismos aquáticos e o IET, que por sua vez, provavelmente foram influenciadas pelas chuvas muito abaixo da média histórica. Não foi calculado o IVA da terceira campanha (março/12) devido à ausência dos resultados das substâncias tóxicas.

#### **ICF**

O reservatório Juqueri apresentou índice ótimo em aproximadamente 70% das campanhas e bom na terceira e sexta campanhas (mar/12 e set/12), sendo o ambiente de melhor qualidade, para o ICF, dentre todos os avaliados.

#### **Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias**

Nesse reservatório o grupo que mais se destacou em termos de densidade fitoplanctônica foi o das cianobactérias, com aproximadamente 37% da densidade total de organismos, seguido pelo grupo das clorofíceas, com aproximadamente 25%.

Apesar de não ter sido observada dominância de espécies em nenhum período amostrado, 50% das amostragens apresentaram densidade de cianobactérias próximo do valor de dominância.

A maior densidade foi encontrada em março de 2012 (5.573 org./mL), nesse período também se observou a maior contagem de células de cianobactérias (19.670 céls/mL) e o maior valor de clorofila *a*. Fato que

pode ser explicado pela ocorrência de estratificação da coluna d'água, que permitiu uma maior estabilidade, e a elevada temperatura da água, que esteve em torno de 27°C. Ambos os fatores favorecem o desenvolvimento das cianobactérias (BICUDO *et. al*, in: HENRY, R., 1999).

O grupo das cianobactérias foi representado principalmente por organismos dos gêneros *Aphanocapsa* e *Cyanogranis*.

As contagens de células de cianobactérias apresentaram valores abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 em todas as amostragens, assim como os valores de fósforo, que estiveram com valores inferiores a 0,007 mg P/L.

Foi observada toxicidade crônica apenas na amostragem de setembro.

#### **Ecotoxicidade e AIT**

O reservatório Juqueri apresentou melhora da qualidade da água com relação à preservação da vida aquática, durante o período de estudo, quando comparado ao seu histórico. O experimento de avaliação da toxicidade, conduzido com a única amostra com registro de efeito crônico limiar, foi inconclusivo.

#### **Determinação de Cianotoxinas**

Não foi observada a presença de microcistinas por LC-MS/MS, no entanto o ensaio ELISA indicou presença indicaram a presença de saxitoxinas na coletas realizada com a trampa de Schindler-Patalas em maio de 2012.

### **9.2.1.6 Reservatório Jundiaí**

#### **IQA**

No reservatório Jundiaí a média do índice foi considerada ótima, sendo que os índices estiveram ótimos em praticamente todas as campanhas, com exceção da primeira (out./11), que foi afetada principalmente pelos dados bacteriológicos.

#### **IAP**

No reservatório Jundiaí o IAP manteve-se bom em praticamente todas as amostragens, com exceção da sexta campanha (set./12), onde verificou-se ponderação ótima. As campanhas que apresentaram índices bons foram influenciadas principalmente pelos dados de células de cianobactérias e ferro total.

#### **IET**

O reservatório do Jundiaí, localizado na sub-bacia do Alto Tietê Cabeceiras, se encontra medianamente eutrofizado visto que sua classificação mesotrófica (Tabela 10), pela média do IET (PT) e IET (CL), foi muito próxima ao limite do eutrófico, e a resposta desse corpo hídrico indicada pelo IET (CL) já aponta para condição eutrófica e em alguns momentos próximo à condição supereutrófica, indicando um baixo grau de limitação para o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica. Nesse reservatório na maioria das campanhas os valores de fósforo total, clorofila *a* e número de células de cianobactérias superaram o

estabelecido pela CONAMA 357/05. O nível de eutrofização observado no reservatório do Jundiáí provavelmente está também relacionado à qualidade das águas dos corpos d'água a montante, visto que as águas do reservatório de Paraitinga, Ponte Nova e de um trecho do rio Tietê são recalçadas para o reservatório de Biritiba e posteriormente conduzidas por sistema canal-túnel-canal para esse corpo d'água. Apesar da condição trófica atual, de acordo com os dados do período de 2000 a 2012, o reservatório do Jundiáí vem exibindo melhora significativa (Tabela 13).

#### **IVA**

O reservatório do Jundiáí exibiu qualidade variando de boa a ruim, tendo sido influenciado negativamente tanto pela toxicidade quanto pelo grau de eutrofização. Essa toxicidade provavelmente relacionada à presença de cianobactérias visto que apenas na campanha de agosto de 2012 quando não foi observada toxicidade para organismos aquáticos, o número de células de cianobactérias e concentração de clorofila atenderam os limites estabelecidos pela CONAMA 357/05.

#### **ICF**

O reservatório Jundiáí esteve com índice regular em aproximadamente 80% das campanhas, apresentando ponderação boa apenas na segunda campanha (dez./11). A alta densidade de organismos fitoplanctônicos foi o responsável pela diminuição do valor do ICF em todas as campanhas que apresentaram ponderações regulares, salientando-se que na primeira e terceira campanha (out/11 e fev/12) também houve contribuição do valor do IET e na quarta e sexta (abr./12 e ago./12), da dominância de clorofíceas. Na segunda campanha (dez/11) o diagnóstico foi considerado bom devido ao IET não ter apresentado valor elevado e não ter sido observada dominância de espécies.

#### **Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias**

No reservatório Jundiáí, o grupo que mais se destacou em densidades fitoplanctônicas foi o das clorofíceas, com aproximadamente 40% da densidade total de organismos, seguido pelo grupo das diatomáceas com 25%.

Os dois grupos foram dominantes em aproximadamente 70% das amostragens, com prevalência de clorofíceas em abril e agosto de 2012 e de diatomáceas em outubro de 2011 e junho de 2012.

Entre as clorofíceas, os gêneros *Mougeotia* e *Monoraphidium* foram os que mais se destacaram, representando 79% da densidade total em abril e 50% em agosto, respectivamente. Já entre as diatomáceas, os gêneros que mais se destacaram foram *Aulacoseira*, com 54% da densidade total do grupo em outubro de 2011, e *Eunotia* com 50% em junho de 2012.

A alta densidade de diatomáceas foi observada em períodos onde houve precipitação acima da média histórica, o que pode ter proporcionado desestratificação da coluna de água e, deste modo, favorecido esse grupo de organismos.

O grupo das cianobactérias foi representado principalmente pelo gênero *Cylindrospermopsis*.

As contagens de células de cianobactérias apresentaram valores mais elevados que o preconizado pela resolução CONAMA 357/05 em aproximadamente 80% das amostragens, sendo que o maior valor foi

obtido em março, com aproximadamente 75.000 céls./mL. Nesse período também se obteve os maiores valores de clorofila a (27,08 µg/L) e de fósforo total (0,07 mg/L) do reservatório.

Também se observou que, em agosto, foram obtidos os menores valores de contagens de células de cianobactérias (18.900 céls./mL), a menor densidade fitoplânctônica, valor de fósforo abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 e o menor valor de clorofila a (9,93 µg/L). Esses dados justificam o fato dos valores de clorofila a estarem diretamente relacionada à concentração de células do Fitoplâncton e o fósforo a eutrofização dos corpos de água.

### **Ecotoxicidade e AIT**

O reservatório Jundiá apresentou uma piora da qualidade, com relação aos registros históricos, e os estudos de caracterização da toxicidade, apontaram que o efeito crônico sistemático registrado foi decorrente das florações de cianobactérias, em particular da presença da espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*.

### **Determinação de Cianotoxinas**

No reservatório Jundiá constatou-se a presença de microcistinas em duas campanhas por LC-MS/MS. Na 1.<sup>a</sup> campanha detectaram-se as microcistinas RR e LR, e na 5.<sup>a</sup> campanha, a microcistina-LF, embora em concentrações muito pequenas, abaixo do limite de quantificação do método.

Apesar do teste com ELISA só ter quantificado 0,26 µg/L de microcistinas na coleta de fevereiro de 2012, nas coletas realizadas com a trampa de Schindler-Patalas também foi registrada a ocorrência dessa cianotoxina em outubro/2011 e abril/2012, bem como de saxitoxinas nesses meses e em junho de 2012. A presença de cianobactérias potencialmente produtoras como, por exemplo, do gênero *Cylindrospermopsis*, pode explicar o registro das saxitoxinas em dois terços das amostras desse reservatório.

#### **9.2.1.7 Reservatório Taiapuê**

##### **IQA**

No reservatório Taiapuê observou-se índice médio ótimo. Os índices estiveram ótimos em praticamente todas as campanhas, com exceção da segunda campanha (dez./11), onde o índice foi considerado bom, sendo afetado principalmente pelos dados bacteriológicos.

##### **IAP**

No reservatório Taiapuê apresentou média do índice boa, sendo verificada ponderação ótima na sexta campanha (ago./12), enquanto que o índice esteve bom na primeira, quarta e quinta (out./11, abr./12 e ago./12), e regular na segunda e terceira (dez./11 e fev./12). Os parâmetros responsáveis pela queda do IQA na segunda e terceira campanha (dez./11 e fev./12) foram os valores de manganês total e a concentração de células de cianobactérias.

### IET

O reservatório de Taiapuêba, localizado na sub-bacia do Alto Tietê Cabeceiras, também se encontra em processo de eutrofização tendo sido classificado como mesotrófico (Tabela 10), porém, em alguns meses o IET (CL) o classificou como eutrófico. Na maioria das campanhas os valores de fósforo total, clorofila *a* e número de células de cianobactérias estiveram em desconformidade com a CONAMA 357/05. Este reservatório recebe influência direta do Reservatório Jundiáí, do qual recebe água através do canal de interligação Jundiáí-Taiapuêba, ambos pertencentes ao Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT). Pelos dados históricos (Tabela 13), este reservatório vem mantendo uma condição medianamente eutrofizada.

### IVA

O reservatório Taiapuêba pode ser considerado ligeiramente melhor, tendo exibido ao longo das campanhas qualidade ótima a regular. A eutrofização pode ser considerada o principal fator a contribuir negativamente no IVA e em apenas uma campanha (dezembro/12) além da eutrofização também a toxicidade.

### ICF

O reservatório Taiapuêba apresentou índice bom em aproximadamente 70% das campanhas e regular na primeira e quinta campanhas (out./11 e jun./12). Nas campanhas em que foi observada ponderação regular, verificou-se que o índice foi influenciado: pela alta densidade de organismos fitoplanctônicos na primeira campanha (out/11), e pela ocorrência de dominância de cianobactérias na quinta.

### **Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias**

No reservatório Taiapuêba o grupo que mais se destacou em termos de densidade foi o das clorofíceas, com 31% da densidade média total de organismos. Esse grupo é comum em ambientes aquáticos tropicais, chegando a ser o grupo dominante (SILVA *et al.*, 2011).

Foi observada dominância entre os grupos fitoplanctônicos apenas em junho de 2012, com predomínio de cianobactérias, representadas principalmente pela espécie *Aphanocapsa delicatissima*, que contribuiu com quase 60% dos organismos.

As contagens de cianobactérias estiveram acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 em aproximadamente 80% das amostragens. Cabe ressaltar que mais de 60% do valor final, em todas as amostragens, foi representado por cianobactérias picoplanctônicas dos gêneros *Aphanocapsa*, *Anathece* e *Cyanogranis*.

Em agosto, foram observados os menores valores de densidade fitoplânctônica (3.000 org./mL) e a menor contagem de células de cianobactérias (10.000 céls./mL), sendo que esse foi o único período em que as contagens estiveram abaixo do valor estipulado pela Resolução CONAMA 357/05. Já em fevereiro de 2012, obteve-se o maior valor de densidade fitoplânctônica (aproximadamente 20.000 org./mL) e o maior valor de contagem de células de cianobactérias, (aproximadamente 123.000 céls./mL).

Tal ocorrência pode ser atribuída à variação da quantidade de fósforo presente na coluna d'água, uma vez que esse elemento é considerado chave na regulação da produtividade dos ecossistemas (CAMPOS, 2010). Em agosto, a concentração de fósforo esteve abaixo de 0,02 mg/L pelo segundo mês consecutivo e em fevereiro o valor obtido foi de 0,06 mg/L.

Apesar, dos maiores valores de densidade e concentração no número de células de cianobactérias, terem sido encontrados em fevereiro, o maior valor de clorofila *a* foi obtido em outubro de 2011, com 28,87 µg/L. Ressalta-se que nessa amostragem houve predominância de *Aphanocapsa delicatissima* no grupo das cianobactérias, espécie com biovolume pequeno em relação a outras espécies desse grupo.

### **Ecotoxicidade e AIT**

Foi observado efeito crônico limiar em apenas na amostra de dezembro/2011 do reservatório Taiacupeba que não se confirmou após o descongelamento para aplicação das manipulações relativas ao AIT.

### **Determinação de Cianotoxinas**

Não foi observada a presença de microcistinas por LC-MS/MS, apesar do teste com ELISA ter registrado a ocorrência de saxitoxinas em fevereiro e abril/2012, indicando a presença de cianobactérias potencialmente produtoras dessa cianotoxina.

## **9.2.1.8 Reservatório Tanque Grande**

### **IQA**

No reservatório Tanque-Grande os índices permaneceram bons em todas as campanhas e foram influenciados principalmente pelos valores de colimetria e turbidez.

### **IAP**

O Tanque-Grande apresentou média de IAP regular, a pior média da sub-bacia, com 50 % das campanhas boas, a terceira regular (mar/12), influenciada principalmente pelo valor de manganês total, e a segunda e sexta ruins (jan/12 e set/12), influenciadas pela alta concentração de alumínio total.

### **IET**

O reservatório do Tanque Grande, localizado na sub-bacia do Alto Tietê Cabeceiras, também classificado como oligotrófico (Tabela 10), difere do Juqueri, pois em relação aos nutrientes (fósforo total) esse corpo d'água já se encontra em processo de eutrofização. Apesar do alto grau de limitação ao estabelecimento da comunidade fitoplancônica observado nas campanhas de janeiro a julho de 2012, que pode estar relacionado principalmente à elevada turbidez, velocidade do fluxo no local de coleta bem como a alta pluviosidade no período, a classificação oligotrófica pelo índice relativo à clorofila *a* já se encontra muito próxima ao limite do mesotrófico. No entanto pelos dados históricos disponíveis, esse reservatório exhibe melhora significativa (Tabela 13).

#### IVA

O reservatório do Tanque Grande, considerando os resultados obtidos ao longo das seis campanhas, exibiu qualidade de ótima a boa. Nos dois meses nos quais a qualidade exibiu uma ligeira queda, atingindo a classificação boa, a eutrofização (IET) foi a variável que influenciou negativamente nesse índice.

#### ICF

No reservatório Tanque-Grande o ICF esteve ótimo em 50% das campanhas, bom na quarta e sexta (mai./12 e set./12) e regular na primeira (nov./11). Observou-se que o pior diagnóstico ocorreu em função do alto valor do IET e da dominância de cianobactérias.

#### Comunidade Fitoplanctônica com ênfase em Cianobactérias

No reservatório Tanque Grande as cianobactérias apresentaram aproximadamente 44% da média da densidade total de organismos fitoplanctônicos.

A dominância de grupos foi observada em aproximadamente 30% dos períodos amostrados, com predomínio de cianobactérias, das quais se destacou organismos dos gêneros *Aphanocapsa* e *Cyanogranis*. Esses gêneros podem ser considerados como picoplanctônicos e seu relativo sucesso é dado pela capacidade de usar também fontes orgânicas de fosfato em ambientes com baixas concentrações de fósforo e sua adaptação a baixa luminosidade subaquática (Callieri, 2007)

Em novembro de 2011 foram obtidos os maiores valores da densidade fitoplânctônica e de contagem de células de cianobactérias, resultados coerentes com a concentração de clorofila *a* (3,86 µg/L), que também foi a maior dentre todos os períodos amostrados.

As contagens de cianobactérias estiveram abaixo do estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 em todas as amostragens

#### Ecotoxicidade e AIT

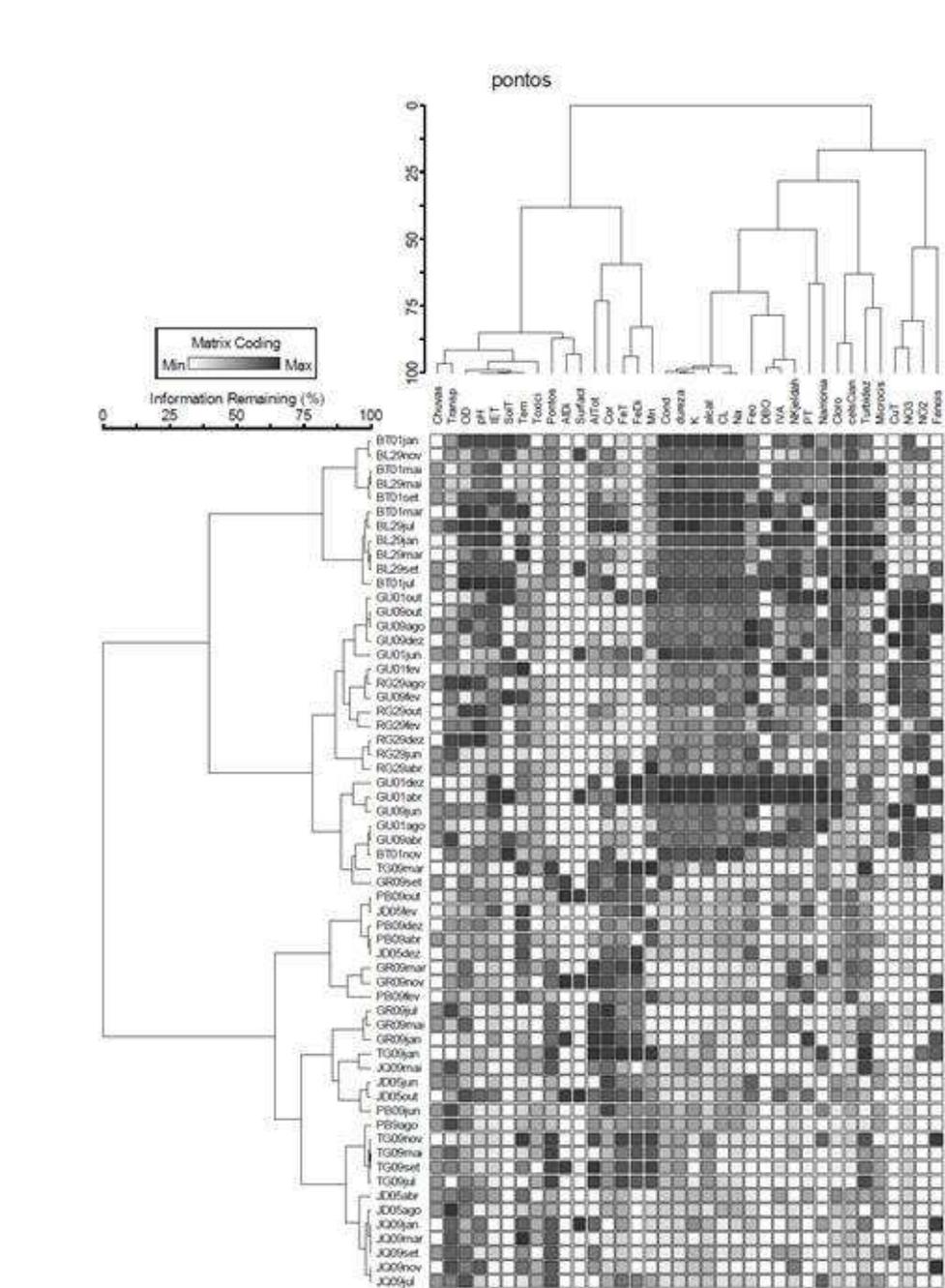
No reservatório Tanque Grande não houve detecção de toxicidade em nenhuma das amostragens realizadas.

#### Determinação de Cianotoxinas

Não foi observada a presença de microcistinas por LC-MS/MS. O ensaio ELISA identificou a ocorrência de saxitoxinas apenas na amostra de março/2012 coletada com a trampa de Schindler-Patalas.

### 9.3 Integração dos Resultados Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento das variáveis e das amostras coletadas nos diferentes locais (Fig. 21) indicam novamente uma clara separação dos reservatórios mais eutrofizados (Billings, Guarapiranga e Rio Grande), sendo sua qualidade associada a maiores valores de OD, pH e IET, enquanto os outros reservatórios estão associados a menores valores de nutrientes e condutividade.



**Figura 21** - Análise de agrupamento (n=60) para os dados abióticos, clorofila a e número de células de cianobactérias dos dez pontos amostrais nos oito Reservatórios do estudo.

## 10 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na avaliação dos oito reservatórios permitiram observar um gradiente de qualidade, sobretudo associado ao processo de eutrofização. Os reservatórios Juqueri ou Paiva Castro (JQJU00900), das Graças (COGR00900), Tanque Grande (TGDE00900), Taiapuêba (PEBA00900) e Jundiá (JNDI00500), independentemente da época do ano, apresentaram os maiores valores de transparência da água, as menores concentrações da série de nutrientes (nitrogênio Kjeldahl, nitrato e nitrito), turbidez e condutividade elétrica, indicando menores condições de trofias nestes sistemas, e, conseqüentemente melhor qualidade.

O Índice de Qualidade das águas (IQA) classificou como Ótimos os reservatórios do Juqueri, Taiapuêba e Jundiá e como Bons os outros pontos amostrais. No entanto, pela média do Índice de Estado Trófico (IET) o reservatório do Juqueri foi classificado como o de melhor qualidade seguido pelo reservatório Tanque Grande, ambos classificados como oligotróficos. Os reservatórios das Graças, Taiapuêba, Jundiá e Rio Grande, foram classificados como mesotrófico e os reservatórios Guarapiranga (GUAR00900 e GUAR00100) e o reservatório Billings (BITQ00100 e BILL02900), com a pior qualidade (eutróficos).

Os reservatórios da Graça, Taiapuêba, Jundiá e Rio Grande estão próximos ao limite da condição eutrófica, o que permite concluir que esses corpos d'água estão em avançado processo de eutrofização. Com exceção do reservatório das Graças todos os ambientes estudados apresentam um baixo grau de limitação ao estabelecimento da comunidade fitoplanctônica, visto que o índice relativo à clorofila *a* indica uma resposta mais intensa do que o potencial de eutrofização indicado pelo índice relativo ao fósforo total. Esse baixo grau de limitação está relacionado, entre outros fatores, ao tempo de residência nesses reservatórios bem como influências de corpos d'água localizados a montante e do uso do solo na bacia.

Inúmeros fatores externos influenciam na produtividade dos reservatórios, como uso do solo, que interfere na entrada de nutrientes e de material em suspensão. Dentre os fatores internos a concentração de nutrientes tem um papel preponderante, mas outros fatores relacionados a heterogeneidade espacial dos reservatórios, transparência e à circulação da água também devem ser considerados.

Assim como verificado pelo IET também foi possível observar um gradiente de qualidade a partir dos resultados do Índice de Qualidade das Águas para a Proteção da Vida Aquática (IVA) sendo os reservatórios Juqueri e Tanque Grande classificados como Ótimos, o Taiapuêba, Rio Grande, das Graças, Jundiá e Guarapiranga (ponto GUAR00900) como Regulares e o Billings, nos dois pontos (BITQ00100 e BILL02900), e o Guarapiranga, no ponto GUAR001000, como Ruins.

A classificação ruim do ponto GUAR00100, no reservatório Guarapiranga, provavelmente está relacionada a diversos fatores, como a contribuição das bacias dos rios Itaim e Parelheiros, à utilização de algicidas bem como à transposição das águas do reservatório Billings para esse reservatório.

O Índice de Qualidade da Água Bruta para Abastecimento Público (IAP), que é um índice sensível para avaliação da qualidade da água para consumo humano, também apresentou pelos resultados obtidos um gradiente indicando os reservatórios Billings, Tanque Grande e Guarapiranga com diagnóstico regular.

Os Reservatórios Billings (Summit e Taquacetuba) e Guarapiranga (Parelheiros e Captação), que estão parcialmente inseridos na malha urbana da Região Metropolitana de São Paulo, estiveram associadas, aos maiores valores de condutividade elétrica, alcalinidade, pH e clorofila *a*, mas foram distintos no que se refere às concentrações de oxigênio dissolvido e íon amônio. O reservatório Billings, está associado as maiores concentrações de OD e os maiores números de células de cianobactéria e o reservatório Guarapiranga às maiores concentrações da série de nitrogênio. Esses resultados indicam que as cargas afluentes têm consequências deletérias para esses ambientes.

Os valores médios do Índice da Comunidade Fitoplanctônica (ICF), corroboraram os resultados do IET quanto ao gradiente de qualidade, apresentando o reservatório Juqueri com a melhor ponderação do ICF (ótima), seguido dos reservatórios Tanque Grande, das Graças e Taiaçupeba como bons. Os reservatórios Jundiaí, Rio Grande, Guarapiranga (ambos os pontos) e no ponto Taquacetuba da Billings apresentaram ponderação regular e no Reservatório Billings (ponto Bill02900), a pior ponderação (ruim). No Reservatório Billings observou-se dominância de cianobactérias e alta densidade de organismos, em todas as amostragens, sendo os maiores valores de concentração de células encontrados para organismos dos gêneros *Cylindrospermopsis*, *Planktothrix* e *Microcystis*, considerados potencialmente tóxicos.

Foram encontrados 280 táxons no projeto, referente aos organismos fitoplanctônicos, dos quais 51% pertencentes ao grupo das clorófitas, 18% cianobactérias, 15% fitoflagelados, 12% diatomáceas, 2% dinoflagelados e 2% xantófitas.

O grupo das clorófitas foi o que apresentou o maior número de táxons (142) com a presença das espécies *Desmodesmus communis*, *Kirchneriella contorta*, *Monoraphidium komarkovae* e *Pseudodidymocystis fina* em todos os reservatórios amostrados. O gênero *Mougeotia* em termos quantitativos foi o mais representativo para os reservatórios Guarapiranga, Taiaçupeba e Jundiaí.

Foram registrados um total de 57 taxons, pertencentes ao grupo das cianobactérias, sendo que o reservatório Billings e Guarapiranga foram os que apresentaram a maior riqueza, podendo estar associada às maiores condições tróficas dos ambientes.

Durante o período de estudo, pelo método ELISA, foi detectada a presença de microcistina nos dois pontos do reservatório Billings, no reservatório Jundiaí e uma vez no Guarapiranga. No braço do Taquacetuba (ponto BITQ 00100), observou-se um valor de microcistina de 1,95 µg/L, o maior valor encontrado neste estudo e pode ser explicada pelo fato de que 87% das quase 400.000 células de cianobactérias encontradas pertencerem aos gêneros *Planktothrix* e *Microcystis*, produtores da referida toxina. Entretanto, foi verificado que apesar de ser encontrado valor elevado de microcistina, nessa amostra não foi observada toxicidade.

Pelo método ELISA, a saxitoxina foi quantificada, embora em baixas concentrações, em metade das amostras analisadas dos dois pontos de coleta do Reservatório Billings e também no Reservatório Jundiá. Quanto à cilindrospermopsina, também pelo método ELISA, essa toxina não foi detectada em nenhuma das amostras do presente estudo.

As variáveis clorofila *a*, número de células de cianobactérias e fósforo total, todas associadas a eutrofização foram as que apresentaram a maior porcentagem de não-conformidades, quando comparadas a Resolução CONAMA 357/2005, superando os padrões em 50% das amostras analisadas. Para as duas primeiras variáveis, apenas os reservatórios Juqueri e do Tanque Grande não apresentaram nenhuma não-conformidade, indicando que esses ambientes são menos impactados com relação aos efeitos do enriquecimento por nutrientes, via esgoto doméstico, ou fontes indiretas como água de escoamento superficial.

Foi possível observar uma correlação significativa entre a concentração de fósforo total e clorofila *a*, bem como entre o número de células de cianobactérias e a concentração de clorofila *a*.

A constatação de toxicidade crônica em vários reservatórios foi associada a presença de cianobactérias e pH em valores acima de nove, devido a ocorrência de florações de algas. Apenas no reservatório das Graças a toxicidade registrada está associada a outros fatores, como a baixa dureza da água. Valores elevados de Fenóis Totais, e resultados inferiores ao padrão para OD foram registrados preponderantemente no reservatório Guarapiranga, sobretudo no braço do Parelheiros. Os valores de DBO total não ultrapassaram 9 mgO<sub>2</sub>/L em nenhuma amostra, não atendendo ao padrão de 3 mgO<sub>2</sub>/L apenas no reservatório Guarapiranga e no braço do Taquacetuba, no reservatório Billings.

As desconformidades para alguns metais como Al, Mn e Fe estão associadas a processos de lixiviação do solo. O reservatório Tanque Grande apresentou as maiores concentrações desses metais e menor valor médio de transparência, indicando que esse corpo d'água, apesar de inserido em local com vegetação, está sujeito a maior impacto decorrente da erosão, provavelmente a montante. No entanto, o Cu dissolvido, encontrado em concentrações superiores a 0,009 mg/L, padrão ambiental no reservatório do Rio Grande, associado a toxicidade encontrada, mas principalmente no reservatório Guarapiranga, no ponto de captação, pode ser associado a aplicação do algicida sulfato de cobre nos dois reservatórios.

Dentre outros metais avaliados, não foram quantificados em nenhuma amostra o Cd, o Pb e Ni. Outros como o Cr e o Zn foram quantificados em três e nove amostras, respectivamente, sem, no entanto, superar os limites da Resolução. O Hg foi quantificado em seis amostras (10% do total) no exato valor legislado nos meses de outubro e dezembro de 2011 nos pontos GUAR 00100, RGDE 02900, PEBA 00900 e BITQ 00100 e, em fevereiro/2012, no reservatório de Jundiá (JNDI 00500), o que não é considerada uma não conformidade.

O Índice de Qualidade das Águas para Fins de Abastecimento Público (IAP) considera em seus cálculos as variáveis do IQA, as substâncias tóxicas e as variáveis que podem afetar a qualidade organoléptica da água, e resultou, neste projeto, em classificações médias entre Boa e Regular. À exceção dos reservatórios Tanque Grande e Juqueri, todos os outros apresentaram amostras acima dos padrões de qualidade para o número de células de cianobactérias, interferindo negativamente no IAP.

Os resultados indicam uma condição de alerta no reservatório Jundiaí, que apresentou claros sinais de deterioração. O grupo que mais se destacou nesse ambiente em densidades fitoplanctônicas foi o das clorofíceas, seguido pelo grupo das diatomáceas que se destacaram em períodos com precipitação acima da média histórica, o que pode ter proporcionado desestratificação da coluna de água e deste modo. O grupo das cianobactérias apresentou contagens de células mais elevadas que o preconizado pela resolução CONAMA 357/05 em aproximadamente 80% das amostragens e foi representado principalmente pelo gênero *Cylindrospermopsis*, o que pode explicar o registro das saxitoxinas em dois terços das amostras desse reservatório.

Utilizando a metodologia de análise de cianotoxinas por LC-MS/MS, foi possível detectar a presença de microcistinas em seis amostras das 60 analisadas neste projeto. As microcistinas encontradas foram a LR, RR, YR e LF. As microcistinas LA e LW também foram analisadas, mas não foram detectadas.

Com relação a implementação das metodologias de determinação de cianobactérias, a principal vantagem da análise por LC-MS/MS triplo quadrupolo, em comparação ao Ensaio com ELISA, é a possibilidade de determinar qual a microcistina presente, já que existem diversas variantes. No entanto, para isto é necessário obter o padrão para cada microcistina, não sendo possível efetuar sua quantificação na ausência do padrão, sendo que ainda existem apenas padrões para algumas delas. De modo geral, deve-se considerar, ainda, que a implantação dessa metodologia implica em custo elevado da análise, devido ao investimento para a aquisição do equipamento, de padrões e materiais de referência, e posteriormente, de manutenção do equipamento. Ela também demanda mais tempo para a preparação da amostra, já que há a necessidade da extração dos compostos antes de analisá-los no equipamento.

Quanto à sensibilidade do método, não foi possível realizar, neste projeto, uma avaliação/comparação entre os métodos, pois não foi encontrada nenhuma microcistina com concentração acima do limite de quantificação para as amostras analisadas.

Como produtos deste projeto pode-se destacar:

- A implantação da metodologia analítica para cianotoxinas por LC-MS/MS para determinação de microcistina-RR, microcistina-LR, microcistina-LF, microcistina-YR, microcistina-LA e microcistina-LW. Por essa metodologia foi confirmada a presença de diferentes tipos de microcistinas nos Reservatórios Billings e Jundiaí.



## COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

- A elaboração do Atlas contendo fotos e descrição dos 57 taxóons do grupo das cianobactérias, potencialmente nocivas, foram registradas nos oito mananciais estudados entre outubro de 2011 e setembro de 2012. Esta atividade desenvolvida em uma parceria entre a CETESB e o Instituto de Botânica, visa auxiliar na correta identificação taxonômica das cianobactérias, contribuir para o conhecimento desses ambientes, além de auxiliar empresas responsáveis pelo abastecimento público em seu monitoramento da água bruta, com vistas à produção e fornecimento seguro das águas para consumo humano e industrial. Além das cópias impressas (200 cópias) essa publicação foi disponibilizada na página da CETESB ([www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)).

## 11 RECOMENDAÇÕES

Como resultado deste projeto também foram apontadas algumas recomendações, relativas a continuidade dos trabalhos de Monitoramento da CETESB:

- Considerando que foi possível observar uma correlação significativa entre a concentração de fósforo total e clorofila *a*, bem como entre o número de células de cianobactérias e a concentração de clorofila *a*, e dada a rapidez e o menor custo com que é possível realizar a análise de clorofila *a*, quando comparada a identificação e contagem de cianobactérias, será levantado um maior número de dados, na Rede de Monitoramento da CETESB, visando confirmar essa última correlação encontrada. Caso isso seja confirmado, será possível o estabelecimento de uma concentração mínima de clorofila *a* como um critério de alerta para o monitoramento das cianobactérias (identificação e contagem) e determinação de cianotoxinas em captações de água para o abastecimento público. Visto que existem sondas que possibilitam o monitoramento *on-line* de clorofila, esses resultados poderiam ser aplicados dentro de um plano de contingência, visando o direcionamento de análises prioritárias e a agilização na tomada de decisão.
- Continuar a verificar a evolução do grau de trofia desses reservatórios e acompanhar, particularmente, o reservatório do Jundiá, com relação à presença de saxitoxinas.
- Reavaliar a utilização da riqueza em estudos de avaliação de qualidade ambiental, pois, neste estudo, observou-se que, em ambientes impactados, o número de táxons foi tão alto quanto nos ambientes de melhor qualidade.
- Cuidados na utilização da água para consumo humano e recreação tendo em vista a presença de cianotoxinas em alguns reservatórios estudados. É importante que se verifique ainda o eventual uso desta água para irrigação e dessedentação de animais.

## 12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Brasil). **NBR 13373**: Ecotoxicologia aquática: toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro. 8 p., 2010.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR15470**: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade em sedimento - Método de ensaio com *Hyalella* spp (Amphipoda). Rio de Janeiro: ABNT. 2007. 20p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos** 1.<sup>a</sup> Edição, 2011, BRASÍLIA, 321p. Ed. ANA. Organizadores: BRANDÃO, C.J., COELHO-BOTELHO, M.J., SATO, M.I.Z., LAMPARELLI, M.C. ISBN: 978-85-89629-83-6 <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em abr. 2013.

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington, DC: APHA, 2005.

BICUDO, C.E.M., FERRAGUT, C., MARRAGARDI, M.R. Cryptophyceae population dynamics in an oligo-mesotrophic reservoir (Ninféias pond) in São Paulo, southeast Brazil. **Hoehnea** **36** (1):99-111. 2009.

BICUDO, C.E.M., RAMÍRES, R.J.J., TUCCI, A., BICUDO, D.C. Dinâmica de populações fitoplantônicas em ambiente eutrofizado: O lago das Garças, São Paulo. In: Henry, R. **Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu, 1999.

BONILLA, S., AUBRIOT, L., SOARES, M.C.S., GONZALEZ-PIANA, M., FABRE, A., HUSZAR, V.L.M., LÜRLING, M., ANTONIADES, D., PADISÁK, J., KRUK, C. What drives the distribution of the bloom-forming cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and *Cylindrospermopsis raciborskii*? **FEMS Microbiology Ecology** **79**: 594-607. 2012.

BRANCO, C.W.C., CAVALCANTI, C.G. B. Ecologia das Comunidades Planctônicas no lago Paranoá. In: Henry, R. **Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu, 1999.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 março 2005. Seção 1, n. 53, p. 58-63.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em nov. 2012.

CALLIERI, C. Picophytoplankton in freshwater ecosystems: the importance of small-sized phototrophs. **Freshwater Reviews**. Pp. 1- 28, 2007.

CAMPOS, M.O. Fatores que influenciam a distribuição espacial do fitoplâncton na lagoa da Pampulha – Belo Horizonte, **Dissertação de Mestrado**. UFMG.MG. 2010. 33p. Disponível em: <[http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/art\\_pdf/Diss\\_Maira\\_Campos.pdf](http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/art_pdf/Diss_Maira_Campos.pdf)>. Acesso em: jul. 2014.

CETESB. **Norma Técnica L5.241**: Teste de Kado: ensaio de microsuspenção com *Salmonella Typhimurium* - método de ensaio. São Paulo, 1991. 43p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas---cetesb/43-normas-tecnicas---cetesb>. Acesso em: 28 mar. 2014.

CETESB. **Norma Técnica L5.227**: teste de toxicidade com a bactéria luminescente *Vibrio fischeri*: método de ensaio. São Paulo, 2001. 13p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas---cetesb/43-normas-tecnicas---cetesb>. Acesso em: 28 mar. 2014.

CETESB. Determinação de Pigmentos Fotossintetizantes Clorofila a, b e c e Feofitina a. São Paulo: 1990. 22p (Norma Técnica CETESB - L5.306).



- CETESB. Determinação de fitoplâncton de água doce. Métodos qualitativo e quantitativo. CETESB, normalização técnica. NT-06. Determinações biológicas, L5.303, 15p. 2005
- CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo, SP. 2011.** 356p. 2012b. (Série Relatórios). Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/relatorios.asp>.
- CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo, SP. 2012.** 370p. 2013. (Série Relatórios). Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/relatorios.asp>
- CETESB. **SQ PR/LB 088:** Ensaio ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia* – água superficiais. São Paulo: CETESB, versão 13, 2013. 7 p.
- DIPIN **Chlorophyll Analysis.** 2009. Disponível em: <http://dipin.kent.edu/chlorophyll.htm>. Acesso em: jul. 2010.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**, Rio de Janeiro, 2ª Edição, 1998.
- GENTIL, R.C., TUCCI, A., SANT'ANNA, C. L. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. **Hoehnea** 35(2):265-280. 2008.
- HAFFNER, G.D. & MCNEELY, R. Community structure in epilimnetic and metalimnetic phytoplankton assemblages. **Hydrobiologia** 182: 59-71. 1989.
- ISO **20179:2005**, Water quality - Determination of microcystins - Method using solid phase extraction (SPE) and high performance liquid chromatography (HPLC) with ultraviolet (UV) detection.
- KLAVENESS, D. Ecology of the Cryptomonadida: a first review. In: C.D. Sandgren (ed.). Growth and **reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge University Press, Cambridge, pp.105-133. 1988.
- LEE, S., LEE, S., KIM, S.H., PARK, H., PARK, S. & YUM, K. Examination of Critical Factors Related to Summer Chlorophyll a Concentration in the Suseo Dam Reservoir, Republic of Korea. **Environmental Engineering Science** 29 (6):502-510. 2012.
- MOLICA, R. & AZEVEDO, S. Ecofisiologia de cianobactérias produtoras de cianotoxinas. **Oecol. Bras.**, 13 (2): 229-246. 2009.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M. J. 1997. **PC-ORD. Multivariate analysis of Ecological Data, Version 3.0 for Windows.** MjM Software Design, Gleneden Beach.
- NICHOLLS, K.H. & DILLON, P.J. An Evaluation of Phosphorus-Chlorophyll-Phytoplankton Relationships for Lakes. **Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie**, 63: 141–154. 1978. doi: 10.1002/iroh.19780630203.
- NOGUEIRA, I.S., GAMA JÚNIOR, W.A., D'ALESSANDRO, E.B. Cianobactérias planctônicas de um lago artificial urbano na cidade de Goiânia, GO. **Rev Brasil Bot.**, 34 (4):575-592. 2011.
- PADISÁK, J. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptative cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. **Arch. Hydrobiol. Suppl.** 107 (4):563-593. 1997.
- PELÁEZ-RODRIGUEZ, M.; PERET, A. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. Análise da Qualidade da Água e Aplicação do Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA) em duas Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; PASCHOAL, C. R. B.; ROCHA, O.; BOHER, M. B. C.; NETO, A. L. O. (Eds.). Ecotoxicologia - Perspectivas para o Século XXI. São Paulo: Rima, p. 521-536, 2000.
- REYNOLDS, C.S. Succession and vertical distribution of phytoplankton in response to thermal stratification in a lowland lake, with special reference to nutrient availability. **Journal of Ecology** 64: 529-551. 1976.
- REYNOLDS, C.S., REYNOLDS, J.B. The atypical seasonality of phytoplankton in Close Mere, 1972: an independent test of hypothesis that variability in the physical environment regulates community dynamics and structure. **British Phycological Journal** 20: 227-242. 1985.

- ROSEN, G. Phytoplankton indicators and their relations to certain chemical and physical factors. **Limnologica** **13**: 263-296. 1981.
- SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., WERNER, V.R., DOGO, C.R., RIOS, F.R. & CARVALHO, L.R. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. **Algological Studies** **126**: 249-263, 2008.
- SHEPHERD, G.J. 1996. **FITOPAC 1: Manual de usuário**. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SILVA, K.P.B., COSTA, M.M.S., GUEDES, E.A.C. Variação temporal do fitoplâncton de um lago pertencente à Área de Proteção Permanente no estado de Alagoas, nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasileira** **25** (4): 890-898. 2011
- SILVA, P. D. A Biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial nas represas de abastecimento do Sistema Alto Cotia (SP). 2012. 98p. **Dissertação** (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2012. Disponível em: [www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/](http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/). Acesso em: 27/01/2014.
- SINHA, R., PEARSON, L.A., DAVIS, T.W., BURFORD, M.A., ORR, P.T., NEILAN, B.A. Increased incidence of *Cylindrospermopsis raciborskii* in temperate zones – is climate change responsible? **Water Research** **46**: 1408-1419. 2012.
- SOMMER, U. The role of r- and K- selection in the succession of phytoplankton in Lake Constance. *Acta Oecologica*: **Oecologia Generalis** **2**: 327-342. 1981.
- THOMAZ, S. M. Considerações sobre monitoramento da qualidade da água em reservatórios. In: **Workshop Sobre Gestão De Reservatórios Hidrelétricos: Monitoramento e Avaliação da Qualidade Ambiental das Águas em Reservatórios, 1998, Salto Grande. Anais**. São Paulo: CESP, 2000. p.13-24.
- USEPA. (Estados Unidos). **Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations: Phase I Toxicity Characterization Procedures**, Second Edition. EPA/600/6-91/003. Environmental Research Laboratory, Duluth, MN. 1991ba
- USEPA Toxicity **Identification Evaluation: Chronically Toxic Effluents, Phase I**. EPA-600/6-91/005F. Environmental Research Laboratory, Duluth, MN. 1991b
- USEPA (Estados Unidos). **Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations: Phase II Toxicity Identification Procedures for Samples Exhibiting Acute and Chronic Toxicity**. EPA/600/R-92/080. Duluth, MN, 1993a.
- USEPA (Estados Unidos). **Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations. Phase III Toxicity Confirmation procedures for Samples Exhibiting Acute and Chronic Toxicity**. EPA/600/R-92/081 Duluth, MN, 1993b.
- VALENTIN, J. L. 2000. **Ecologia Numérica: Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Ed. Interciência, Rio de Janeiro. 117p.
- ZAGATTO, P.A., BURATINI, S.V., ARAGÃO, A.A., FERRÃO-FILHO, S. Neurotoxicity of two *Cylindrospermopsis raciborskii* (cyanobacteria) strains to mice, *Daphnia*, and fish. **Environmental Toxicology and Chemistry** **31**:857-862. 2012.



ANEXOS:

ANEXO I – Relatório de “Levantamento Histórico”.

ANEXO II – Relatório “Estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade”.

ANEXO III – Atlas de Cianobactérias da Bacia do Alto Tietê.

ANEXO IV – Listagem dos táxons encontrados.

CETESB  
COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

PROJETO DE CARACTERIZAÇÃO DAS  
ÁGUAS DO ALTO TIETÊ COM RELAÇÃO À  
PRESENÇA DE CIANOBACTÉRIAS/ALGAS  
E TOXICIDADE AOS ORGANISMOS  
AQUÁTICOS.

---

ANEXO I

LEVANTAMENTO HISTÓRICO

1º RELATÓRIO PARCIAL

13/12/2012

## Sumário

1. Introdução.....	3
2. Detalhamento Circunstanciado do Projeto .....	5
2.1. Qualidade da água.....	6
3. Qualidade das Águas com relação a Eutrofização.....	9
3.1. Eutrofização .....	10
3.2. Comunidade Fitoplanctônica .....	12
4. Cianotoxinas .....	20
4.1. Reservatório Billings .....	20
4.2. Reservatório Guarapiranga .....	22
5. Ocorrência de Toxicidade Identificação de Toxicidade .....	24
5.1. Bacia do Alto Tietê – Cabeceiras .....	27
5.2. Sub-bacia Billings.....	29
5.3. Sub-bacia do Cotia-Guarapiranga.....	32
5.4. Sub-bacia do Juqueri-Cantareira.....	35
6. Conclusões.....	35
7. Referências Bibliograficas.....	37

ANEXO – Listagem de ocorrência de Grupos de Algas e Cianobactérias nos Reservatórios Estudados

## **1. Introdução**

As águas da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, localizada no Estado de São Paulo, em região que inclui a Região Metropolitana de São Paulo, estão submetidas a grandes impactos em virtude de se tratar de uma área densamente povoada, na qual são desenvolvidas inúmeras atividades, resultando em baixa disponibilidade hídrica e deterioração de sua qualidade. A Região em estudo inclui as Áreas de Proteção aos Mananciais das Sub-bacias Guarapiranga, Billings, Paiva Castro/Juqueri e Jundiaí, responsáveis pelo abastecimento de água para uma parcela significativa da população da região.

Dentre os impactos existentes na Bacia pode-se destacar a contribuição de esgotos domésticos que resulta em um processo acelerado de eutrofização e, conseqüentemente em freqüentes florações de algas e cianobactérias nos rios e reservatórios da região (Sant'Anna et al., 2008).

As Cianobactérias constituem o grupo fitoplanctônico que nas duas últimas décadas mais tem chamado atenção por possuir várias espécies formadoras de florações e produtoras de toxinas. A presença de cianobactérias, inclusive as potencialmente tóxicas, é um problema que deve ser melhor caracterizado por interferir na qualidade do ambiente nos aspectos relativos a preservação da vida aquática, bem como na qualidade da água utilizada para abastecimento público e balneabilidade. Algumas das dificuldades para um melhor conhecimento desse problema, como detecção da presença de cianotoxinas e a identificação taxonômica correta dos organismos serão foco deste projeto.

Outro efeito decorrente dos impactos existentes na Bacia, inclusive da atividade industrial, é a verificação de toxicidade em diversos ambientes aquáticos. Apesar do monitoramento contínuo da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009), não existe uma consolidação sistemática dos dados existentes do ponto de vista sazonal e de tendência histórica em cada ponto amostral, bem como da distribuição da ocorrência de toxicidade ao longo da Bacia. Tal levantamento permitirá identificar locais mais críticos nos quais serão realizados estudos específicos

procurando determinar as substâncias responsáveis pela toxicidade verificada.

Além do aspecto ambiental, vale ressaltar o aspecto legal, uma vez que a legislação mais recente relativa à qualidade das águas, a Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005), regulamenta tanto o número de células de cianobactérias como o uso de ensaios ecotoxicológicos. Da mesma forma a regulamentação relativa à potabilidade do Ministério da Saúde, por meio da Portaria 2914/11(Brasil, 2011) estabelece limites para o número de células de cianobactérias e concentrações de cianotoxinas.

Por meio dos resultados deste Projeto será possível ampliar as informações que podem resultar em ações preventivas ou corretivas, além de metas de fiscalização, controle e de qualidade ambiental, a serem estabelecidas pela CETESB ou pelo Comitê de Bacias do Alto Tietê, visando sempre à saúde e bem estar da população.

## **2. *Detalhamento Circunstanciado do Projeto***

A Região Metropolitana de São Paulo – RMSP abrange a maior parte do território da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Alto Tietê e está localizada a 23°S e 46°W, na porção sudeste do Brasil. O sítio urbano situa-se na Bacia Sedimentar de São Paulo, cujo principal vale é o do Rio Tietê, orientado no sentido leste-oeste, com uma altitude média de 720 metros e uma extensa planície de inundação. Essa bacia é cercada ao norte pela Serra da Cantareira, orientada no sentido leste-oeste e com altitudes que atingem até 1.200 metros e a leste-sul pelo reverso da Serra do Mar com altitudes que, em geral, ultrapassam os 800 metros. Está distante cerca de 45 km do Oceano Atlântico (CETESB, 2008a).

Essa UGRHI é composta por 34 municípios e abrange a parte superior do Rio Tietê, desde a sua cabeceira até a barragem do Reservatório de Pirapora, numa extensão de 133 km. Abriga quase metade da população do Estado, aproximadamente 19,5 milhões de habitantes, e conta com coleta de 84% do esgoto produzido e com um índice de tratamento da ordem de 43% do esgoto gerado. O abastecimento público de água nessa região envolve uma série de reservatórios entre os quais podemos citar: a Represa Billings e os Reservatórios Rio Grande e Guarapiranga (CETESB, 2008b)

Esta região constitui-se no maior pólo de riqueza nacional e responde pela geração de cerca de 15% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. A metrópole de São Paulo, concentrando o comando do grande capital privado nacional, centraliza a sede dos mais importantes complexos industriais, comerciais e financeiros que controlam as atividades econômicas do País. Abriga uma série de serviços sofisticados, definidos pela interdependência dos setores, que se integram e se complementam. O setor de serviços é o mais expressivo e mostra uma grande complementaridade com a indústria. Ressalta-se, ainda, o setor de transportes, de serviços técnicos às empresas, de saúde e de telecomunicações. (EMPLASA, 2008).

Essa complexa estrutura física, social, econômica e financeira requer uma atuação eficiente da CETESB na correção, minimização de impactos e preservação do meio ambiente.

## **2.1. Qualidade da água**

Com o intenso processo de urbanização da região, os cursos d'água da RMSP perderam suas características naturais, implicando em profundas alterações nos regimes de vazão e de qualidade. A implantação do sistema Tietê - Billings no início do século XX, a progressiva impermeabilização da superfície, as reversões de água de bacias circunvizinhas e o lançamento de enormes quantidades de esgotos não tratados nos cursos d'água, trouxeram como consequência a descaracterização dos processos naturais de escoamento superficial e drenagem nessa porção da bacia do Alto Tietê.

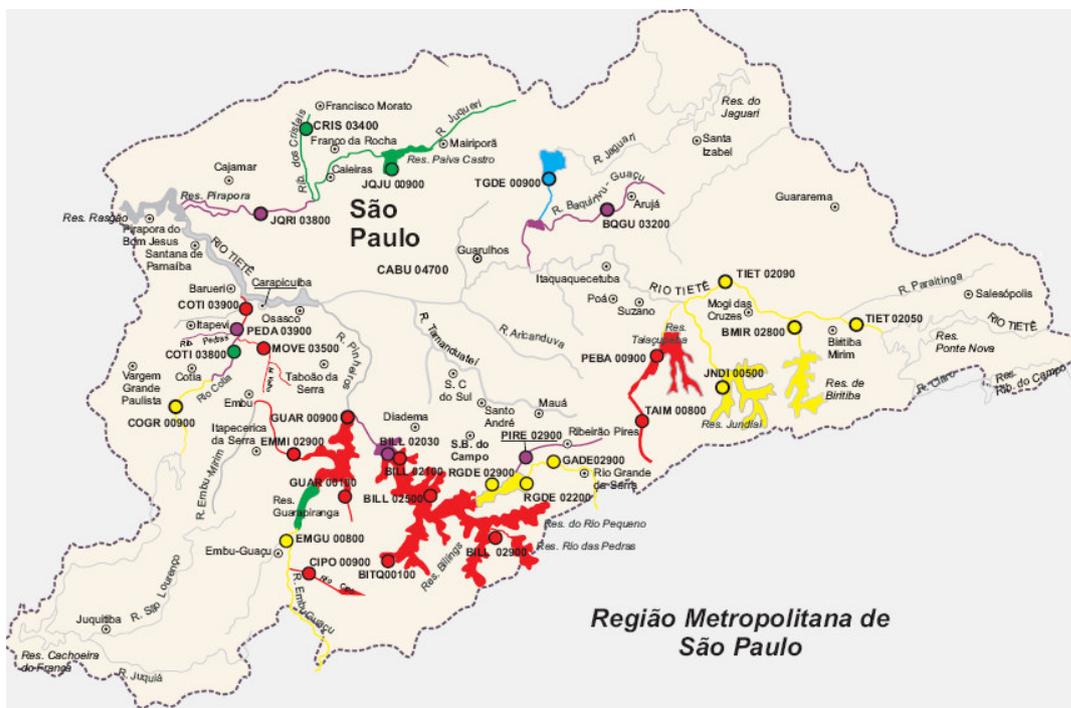
A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê conta com uma série de rios e reservatórios de usos múltiplos, sendo os principais: Rios Tietê, Claro, Paraitinga, Biritiba-Mirim, Jundiaí, Taiaçupeba-Mirim, Embu-Guaçu, Embu-Mirim, Cotia, Baquirivu-Guaçu, Tamanduateí, Pinheiros, Juqueri e córregos Aricanduva e Cabuçu de Baixo. Podem ser citados, ainda os Reservatórios: Billings, Rio Grande, Rio das Pedras, Ribeirão do Campo, Ponte Nova, Paraitinga, Biritiba, Jundiaí, Taiaçupeba, Pedro Beicht, Cachoeira da Graça, Juqueri ou Paiva Castro, Edgard de Souza, Pirapora, Águas Claras e Guarapiranga.

A importância desses cursos d'água, dada sua localização em sub-bacias extremamente povoadas e a utilização intensa de suas águas para diversos fins, tornam imprescindível o seu monitoramento. Os lançamentos de esgotos sanitários tratados e não tratados acima da capacidade de suporte desses corpos d'água continuam sendo responsáveis pelos elevados valores de coliformes termotolerantes, DBO, nutrientes como fósforo e nitrogênio nessa região. A floração de algas e cianobactérias nos reservatórios ainda é um problema constante, bem como das comunidades aquáticas devido a transposição de águas e a operação do sistema de flotação. A presença de metais pesados no sedimento, principalmente cobre, está associada à utilização de sulfato de cobre para controlar as florações de algas e cianobactérias.

A Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo foi criada em 1974, em atendimento à lei Estadual Nº 118, promulgada em 29/06/1973. Hoje atende também as legislações federais, Resoluções CONAMA 357 e 274 do Ministério do Meio Ambiente, bem como a Portaria 2914/2011, do Ministério da Saúde, que também exige em seu artigo 40, um plano de monitoramento para os mananciais compatível com a legislação vigente (CETESB, 2009).

A rede conta atualmente com 395 pontos de monitoramento manual e 12 estações de monitoramento automático de águas onde são avaliadas uma ampla gama de parâmetros físico-químicos, microbiológicos, hidrobiológicos, e ecotoxicológicos. Na UGRHI do Alto Tietê são monitorados 22 pontos para avaliação da qualidade das águas no que tange sua Balneabilidade, 45 pontos da Rede Básica, 7 pontos de monitoramento dos sedimentos, 4 associados ao acompanhamento do Sistema de Flotação no Rio Pinheiros, além de 10 pontos da Rede de Monitoramento Automático, sendo dois no Rio Tietê, dois no Rio Pinheiros e seis nos mananciais Guarapiranga, Billings, Águas Claras, Cotia e Rio Grande. Nessas estações são medidos os seguintes parâmetros: pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade, Temperatura e Turbidez. Os pontos localizados na Região Metropolitana estão apresentados no Mapa 1.

Mapa 1 – Localização dos pontos amostragem e a classificação dos corpos d'água em 2010 pelo Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA) em 2010



FAIXAS DO IVA		CLASSIFICAÇÃO	
	≤ 2,5	2,5	ÓTIMA
	2,6 - 3,3	3,3	BOA
	3,4 - 4,5	4,5	REGULAR
	4,6 - 6,7	6,7	RUIM
	≥ 6,8	6,8	PÉSSIMA

LEGENDA	
○	Ponto de amostragem não classificado
—	Corpo d'água não avaliado
—	Limite das UGRHs

Despoluir cursos d'água é um grande desafio para qualquer governo, despoluir rios e córregos de uma metrópole que abriga quase 20 milhões de pessoas é um desafio maior ainda. No período de Novembro/07 a Julho/08, o Sistema de Interceptação Pinheiros, inserido na Segunda Etapa do Projeto Tietê, foi responsável pela retirada de cerca de 2 m<sup>3</sup>/s de esgotos *in natura* das bacias do rio Pinheiros e do reservatório Billings, que foram destinados a ETE Barueri.

Em vista da complexidade desta UGRHI, envolvendo aspectos como: características territoriais, reversões de bacias, adensamento populacional em áreas de mananciais e concentração industrial, reforçam-se a necessidade de

continuar a implantação dos programas governamentais de racionalização dos usos da água e redução de cargas poluidoras associadas a metas de qualidade das águas.

A capacidade de produção dos sistemas do Alto Tietê está assim distribuída:

**Quadro 1- Disponibilidade de Produção de Água**

<b>SISTEMA</b>	<b>DISPONIBILIDADE DE ÁGUA (m<sup>3</sup>/s)</b>
Cantareira	31,3
Guarapiranga/Billings	14,3
Alto Tietê	10,6
Rio Grande	4,8
Rio Claro	3,4
Alto Cotia	0,9
Baixo Cotia	0,6
Ribeirão da Estiva	0,1
<b>TOTAL</b>	<b>66,2</b>

Fonte : FUSP, 2002.

Três municípios autônomos complementam o abastecimento de seus sistemas de distribuição com sistemas próprios (Mogi das Cruzes – 340,0 l/s; Guarulhos – 130,0 l/s e Santo André – 60,0 l/s).

Os municípios abastecidos totalmente por sistemas isolados, atualmente produzem cerca de 190 l/s (Biritiba Mirim – 30 l/s; Mairiporã – 100 l/s; Pirapora do Bom Jesus – 40 l/s; e Salesópolis – 20 l/s). Além desses, existem sistemas complementares em Barueri (30 l/s), Cajamar (115 l/s), Embu-Guaçu (30 l/s),

Acrescentando-se as capacidades dos sistemas isolados e complementares: Franco da Rocha (55 l/s), Santana do Parnaíba (130 l/s) e Vargem Grande Paulista (10 l/s), totalizando 870,0 l/s; teremos em 2004 uma disponibilidade de cerca de 67 m<sup>3</sup>/s e uma capacidade de produção de 72,0 m<sup>3</sup>/s.

### ***3. Qualidade das Águas com relação a Eutrofização***

Para a avaliação de ocorrência de cianobactérias foram selecionados alguns pontos da Rede de Monitoramento da CETESB (Quadro 2).

**Quadro 2 - Disponibilidade de Produção de Água**

UGRHI	SUB-BACIA	CÓDIGO	CORPO'DÁGUA
6	Alto Tietê-Cabeceiras	PEBA00100	Res. Taiaçupeba
6	Alto Tietê-Cabeceiras	PEBA00900	Res. Taiaçupeba
6	Alto Tietê-Cabeceiras	JNDI00500	Res. Jundiaí
6	Alto Tietê-Zona Metropolitana	JQJU00900	Res. do Juquerí
6	Alto Tietê-Zona Metropolitana	RCAB00900	Res. Cabuçu
6	Alto Tietê-Zona Metropolitana	TGDE00900	Res. de Tanque Grande
6	Billings-Tamanduateí	BILL02030	Res. Billings
6	Billings-Tamanduateí	BILL02100	Res. Billings
6	Billings-Tamanduateí	BILL02500	Res. Billings
6	Billings-Tamanduateí	BILL02900	Res. Billings
6	Billings-Tamanduateí	BITQ00100	Res. Billings
6	Billings-Tamanduateí	RGDE02200	Res. Rio Grande
6	Billings-Tamanduateí	RGDE02900	Res. Rio Grande
6	Cotia	COGR00900	Res. das Graças
6	Guarapiranga	GUAR00100	Res. Guarapiranga
6	Guarapiranga	GUAR00900	Res. Guarapiranga

### **3.1. Eutrofização**

Em relação à eutrofização, a análise dos dados históricos, em 10 reservatórios (Tab. 1), baseados na média dos Índices de Estado Trófico (IET) de fósforo total e Clorofila, denominados, respectivamente IET(PT) e IET(CL), compreendidos entre os anos de 2000 a 2010, indicou o reservatório Tanque Grande (TGDE00900), localizado na sub-bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, como de melhor qualidade dentre todos os reservatórios avaliados, seguido pelo reservatório do Juqueri ou Paiva Castro (JQJU00900) localizado na sub-bacia do Juqueri-Cantareira, classificados entre oligotrófico e mesotrófico, além do reservatório das Graças (COGR00900) classificado como mesotrófico. Os dois primeiros exibem um alto grau de limitação para o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica, ocasionado, provavelmente, por fatores físicos ambientais, visto que o índice relativo à clorofila *a* indica um nível trófico inferior ao potencial de eutrofização indicado pelo índice relativo ao fósforo total. Este último, apesar de estável ao longo dos 11 anos, evidencia um ambiente em processo de eutrofização ainda que não plenamente estabelecido. Já no reservatório das Graças os dados avaliados ao longo dos 11 anos indicam um corpo hídrico medianamente eutrofizado, porém com o processo plenamente

estabelecido.

Tabela 1 – Histórico do Índice de Estado Trófico (IET) médio anual dos pontos selecionados.

Sub-bacia	Cód. do Ponto		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Alto Tietê-Cabeceiras	RCAB00900 *	Reservatório Cabuçu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	JNDI00500 *	Res. Jundiáí	61	63	61	63	64	59	60	58	57	58	
	PEBA00900 *	Res. Taiapuêba		57	59	58	59	56	54	53	49	58	
	TAIA02100 *	Rio Taiapuêba-Açu	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGDE00900 *	Res. de Tanque Grande	56	53	52	56	51	52	54	56	52	49	
	TIET02090 *	Rio Tietê	48	56	54	54	55	55	53	54	51	49	
Billings-Tamanduateí	BILL02030 *	Res. Billings	-	-	-	-	-	-	-	-	64	65	
	BILL02100 *	Res. Billings	64	67	62	66	63	63	65	64	61	62	
	BILL02500 *	Res. Billings	61	60	61	63	62	61	62	62	60	62	
	BILL02900	Res. Billings	59	59	56	63	57	57	56	58	62	60	
	BITQ00100 *	Res. Billings	63	62	63	65	62	62	65	62	56	57	
	RGDE02900 *	Res. Rio Grande	56	58	60	59	57	55	58	58	57	57	
Cotia-Guarapiranga	COGR00900 *	Res. das Graças	55	57	56	57	58	55	56	56	55	55	
	COTI03900 *	Rio Cotia	55	58	58	57	57	61	63	60	61	56	
	GUAR00100 *	Res. Guarapiranga	60	60	63	63	63	60	65	63	58	60	
	GUAR00900 *	Res. Guarapiranga	59	61	60	62	60	59	60	59	60	59	
Juqueri-Cantareira	CRIS03400 *	Rib. dos Cristais	53	54	53	56	55	53	54	55	51	47	
	JQUU00900 *	Res. do Juquerí	53	55	53	54	55	52	53	55	51	56	

■ ULTRAOLIGOTRÓFICO ■ OLIGOTRÓFICO ■ MESOTRÓFICO ■ EUTRÓFICO ■ SUPEREUTRÓFICO ■ HIPEREUTRÓFICO

O reservatório Taiapuêba, localizado na sub-bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, manteve condição mesotrófica de 2001 a 2010, com exceção de 2008 quando foi classificado como oligotrófico, no entanto esse reservatório encontra-se em processo de eutrofização e apresenta variação no grau de limitação ao estabelecimento da comunidade fitoplanctônica entre baixo e alto.

O reservatório Jundiáí localizado na sub-bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, nos últimos 11 anos exibiu a pior condição trófica entre os três reservatórios localizados nessa sub-bacia, tendo sido classificado entre mesotrófico e supereutrófico, esse resultado foi influenciado pelo IET(CL) que indicou qualidade inferior ao do IET(PT) evidenciando, apesar do controle de algas por meio da aplicação de algicida, o baixo grau de limitação ao estabelecimento da comunidade fitoplanctônica nesse reservatório.

Os reservatórios Billings, localizado na sub-bacia Billings-Tamanduateí e o Guarapiranga, localizado na sub-bacia Cotia-Guarapiranga foram os que exibiram as piores condições tróficas dentre todos os reservatórios avaliados.

No reservatório Billings foram avaliados os dados históricos em dois pontos: BILL02900 - Summit Control e BITQ00100 – Braço do Taquacetuba, no primeiro de 2000 a 2007 foram considerados apenas o IET(PT) e de 2008 a 2010 a média do IET(PT) e IET(CL). O ponto BILL02900 quando considerados apenas o IET(PT) foi, na maioria dos anos, classificado como mesotrófico, no entanto, neste ponto há um baixo grau de limitação ao estabelecimento da

comunidade fitoplanctônica e quando realizada a análise de clorofila *a* e considerada a média do IET(PT) e IET(CL) este ponto foi classificado como eutrófico. O ponto BITQ00100, avaliado pela média do IET(PT) e IET(CL) foi classificado entre mesotrófico a supereutrófico, sendo na maioria dos anos eutrófico. Neste ponto, assim como no Summit Control, há um baixo grau de limitação ao estabelecimento da comunidade fitoplanctônica, no entanto o IET(PT) indica uma pior condição trófica quando comparada ao BILL02900. O reservatório do Rio Grande, também localizado nesta sub-bacia, foi classificado, ao longo dos 11 anos avaliados, como mesotrófico exibindo em alguns anos baixo grau de limitação ao estabelecimento da comunidade fitoplanctônica. No entanto a classificação mesotrófica obtida pelo IET(CL), exibida na maioria dos anos, pode estar relacionada ao controle do crescimento algal por meio de aplicação de algicida.

No reservatório Guarapiranga foram considerados 2 pontos: GUAR00100 – Braço do Parelheiros e GUAR00900 – Captação da Sabesp, ambos os pontos exibiram, pela média do IET(PT) e IET(CL), classificação trófica entre mesotrófica a supereutrófica. No Braço do Parelheiros, apesar da elevada concentração de fósforo total, em parte devida a contribuição do reservatório Billings, observa-se um alto grau de limitação ao estabelecimento da comunidade fitoplanctônica devido, provavelmente, ao sombreamento ocasionado pela presença de macrófitas aquáticas que resultou em uma classificação pelo IET(CL) inferior ao potencial de eutrofização evidenciado pelo IET(PT). Já no ponto da captação da Sabesp, apesar do controle do crescimento algal por meio de aplicação de algicida, observa-se um baixo grau de limitação ao estabelecimento da comunidade fitoplanctônica, tendo o índice relativo à clorofila *a* classificado o ponto em um nível superior à classificação pelo índice relativo ao fósforo total.

### **3.2. Comunidade Fitoplanctônica**

Dentre os corpos d'água que fazem parte deste estudo, três reservatórios são monitorados pela CETESB desde 2002 utilizando-se a comunidade fitoplanctônica (Billings, Guarapiranga, Rio Grande). Nos outros cinco, o

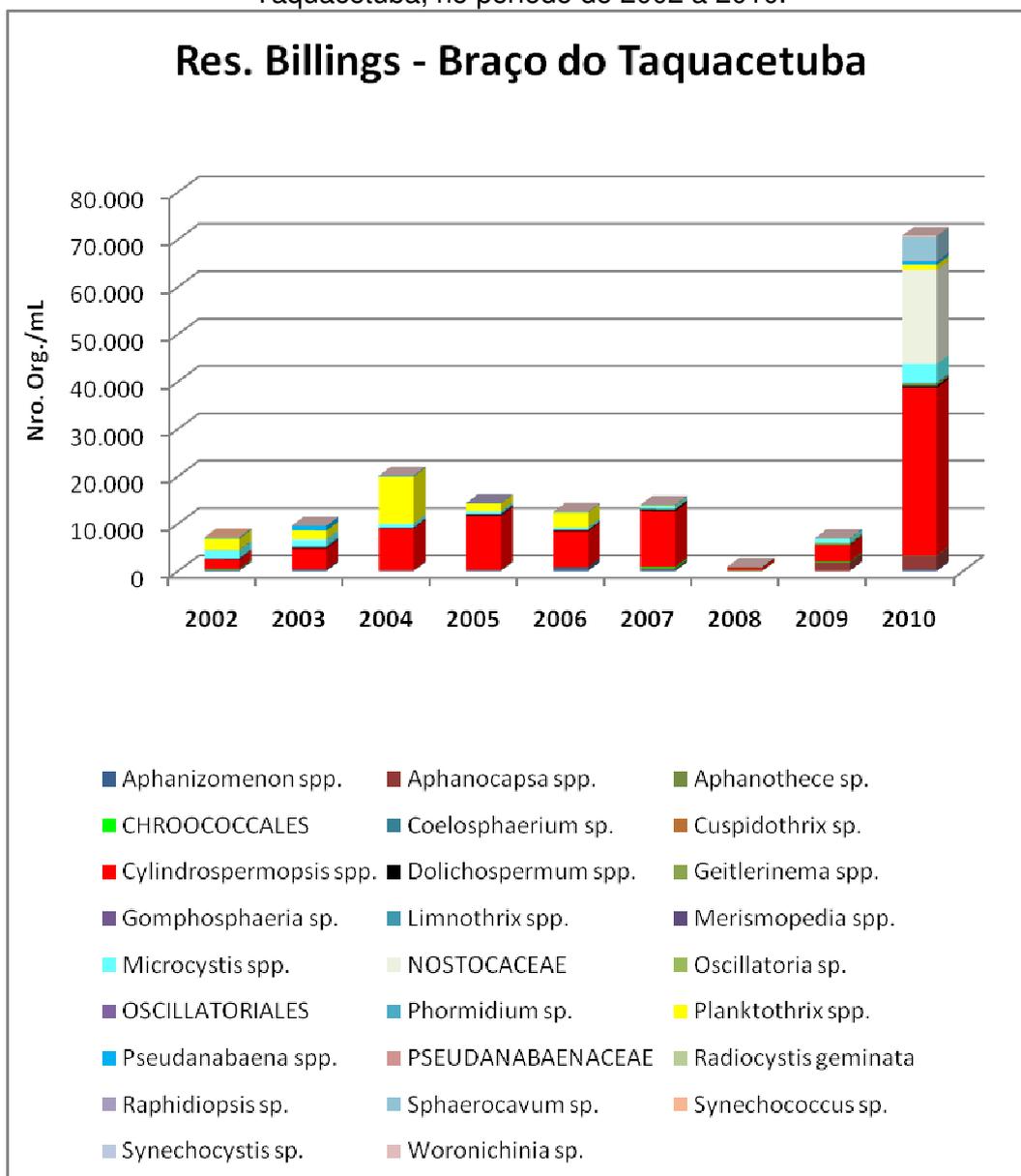
monitoramento iniciou-se em anos posteriores (Jundiaí e Taiaçupeba em 2004, Reservatório das Graças, Tanque Grande e Juqueri em 2006).

Os reservatórios Guarapiranga e Billings, por estarem localizados na Região Metropolitana da cidade de São Paulo (RMSP), são muito estudados, e por isso apresentam grande quantidade de dados relacionados à comunidade fitoplanctônica, tanto pela Cetesb quanto em estudos acadêmicos. As cianobactérias passaram a ter atenção especial a partir da publicação da Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde e da Resolução CONAMA 357/2005.

O reservatório Billings é o maior reservatório da RMSP, e vem sofrendo as conseqüências de interferências tanto de ocupação desordenada como de gestão e operacionalização. A presença de espécies potencialmente tóxicas no reservatório já era destaque desde a década de 60, quando os estudos limnológicos neste local se iniciaram e foi constatada a presença da cianobactéria *Microcystis aeruginosa*, espécie considerada prejudicial à qualidade da água pela literatura (Branco, 1959).

As Figuras 1 e 2 apresentam os dados da rede de monitoramento da CETESB desde 2002 para as cianobactérias nos dois pontos localizados no reservatório Billings: o ponto no braço do Taquacetuba (BITQ 00100) e outro no Summit Control (BILL 02900), este último com início do monitoramento em 2007.

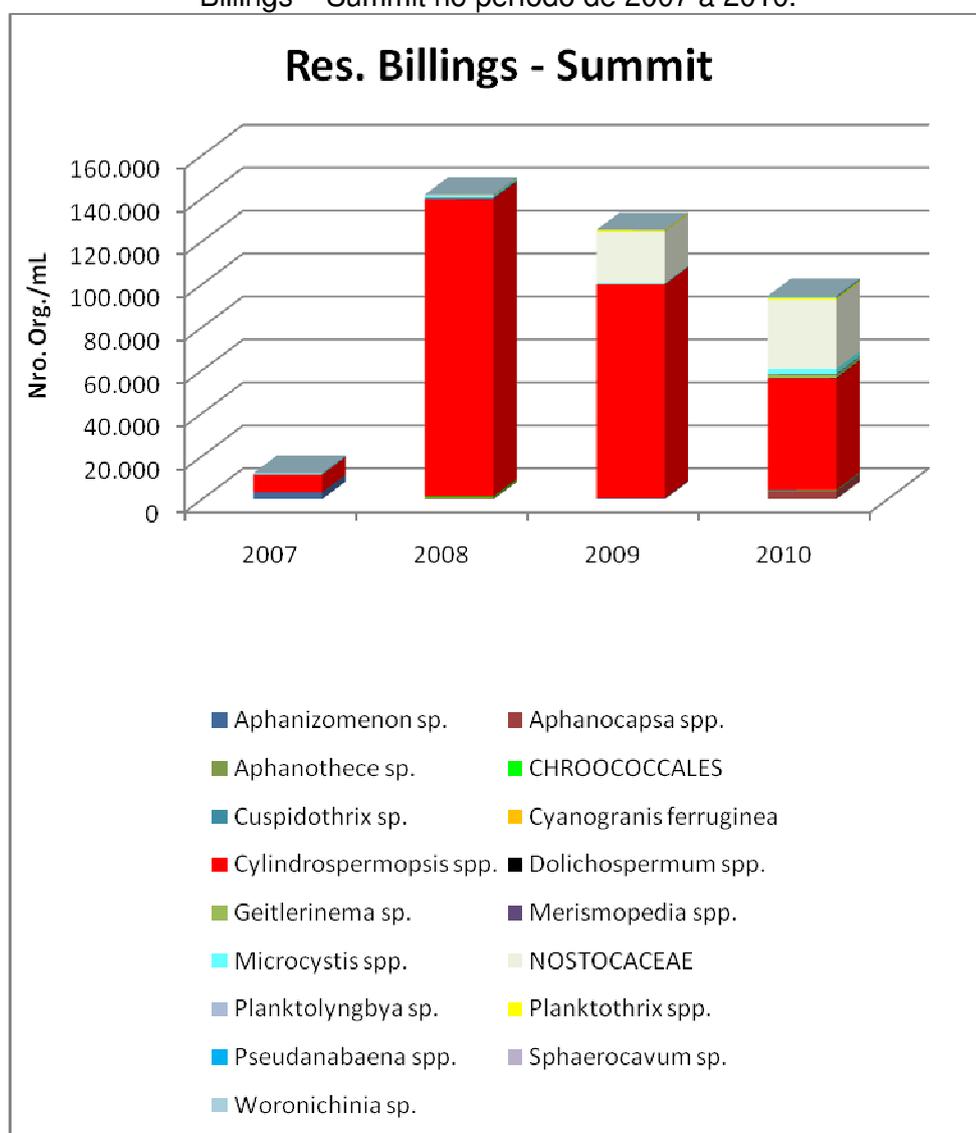
Figura 1- Identificação e Densidades de Cianobactérias (org/mL) do Braço do Taquacetuba, no período de 2002 a 2010.



A partir de 2003 as cianobactérias começaram a ser dominantes no reservatório, situação que se manteve até 2007. Em 2008 a densidade de cianobactérias reduziu drasticamente, mas em 2009 esses organismos voltaram a ser dominantes, porém em baixas concentrações, e em 2010 com altas densidades. Este fato pode estar relacionado ao processo de Flotação das águas do rio Pinheiros. É importante destacar o aparecimento, em 2008,

do gênero *Ceratium furcoides* no reservatório Billings. Este dinoflagelado ainda não havia sido registrado em anos anteriores na rede de monitoramento da CETESB. Esta espécie tem sido considerada invasora em reservatórios brasileiros (Santos-Wisniewski, 2007). Popovsky (1983) descreve algumas espécies de *Ceratium* como predadoras de algumas algas e cianobactérias como, por exemplo, *Microcystis aeruginosa*. Esta hipótese nos permite inferir que a diminuição das cianobactérias, principalmente do gênero *Microcystis*, pode estar relacionada ao aparecimento desta espécie de dinoflagelados.

Figura 2- Identificação e Densidades de Cianobactérias (org/mL) do Reservatório Billings – Summit no período de 2007 a 2010.

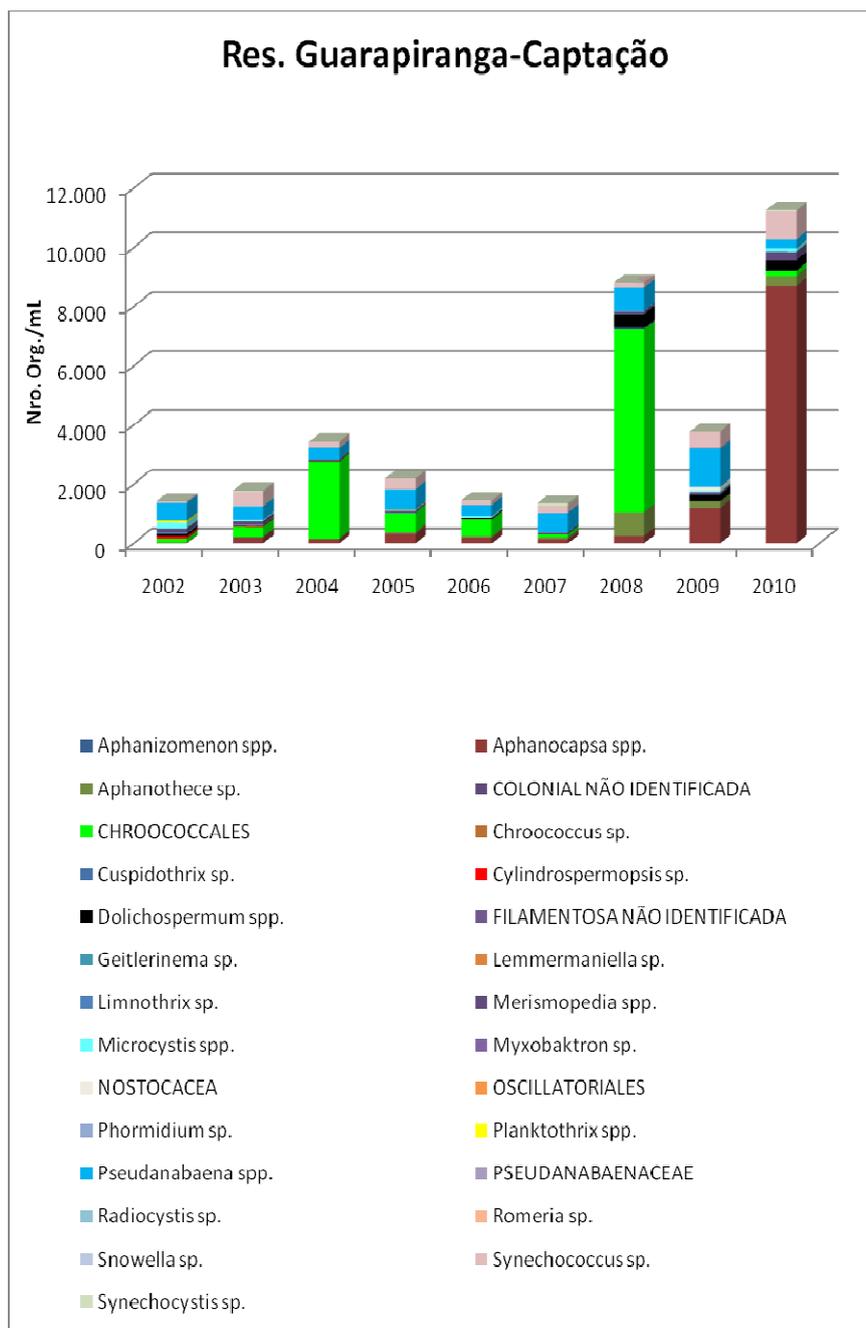


No ponto denominado “Summit Control” a água do reservatório passa para o reservatório rio das Pedras, e deste, segue pela tubulação da UHE Henry

Borden para o rio Cubatão.

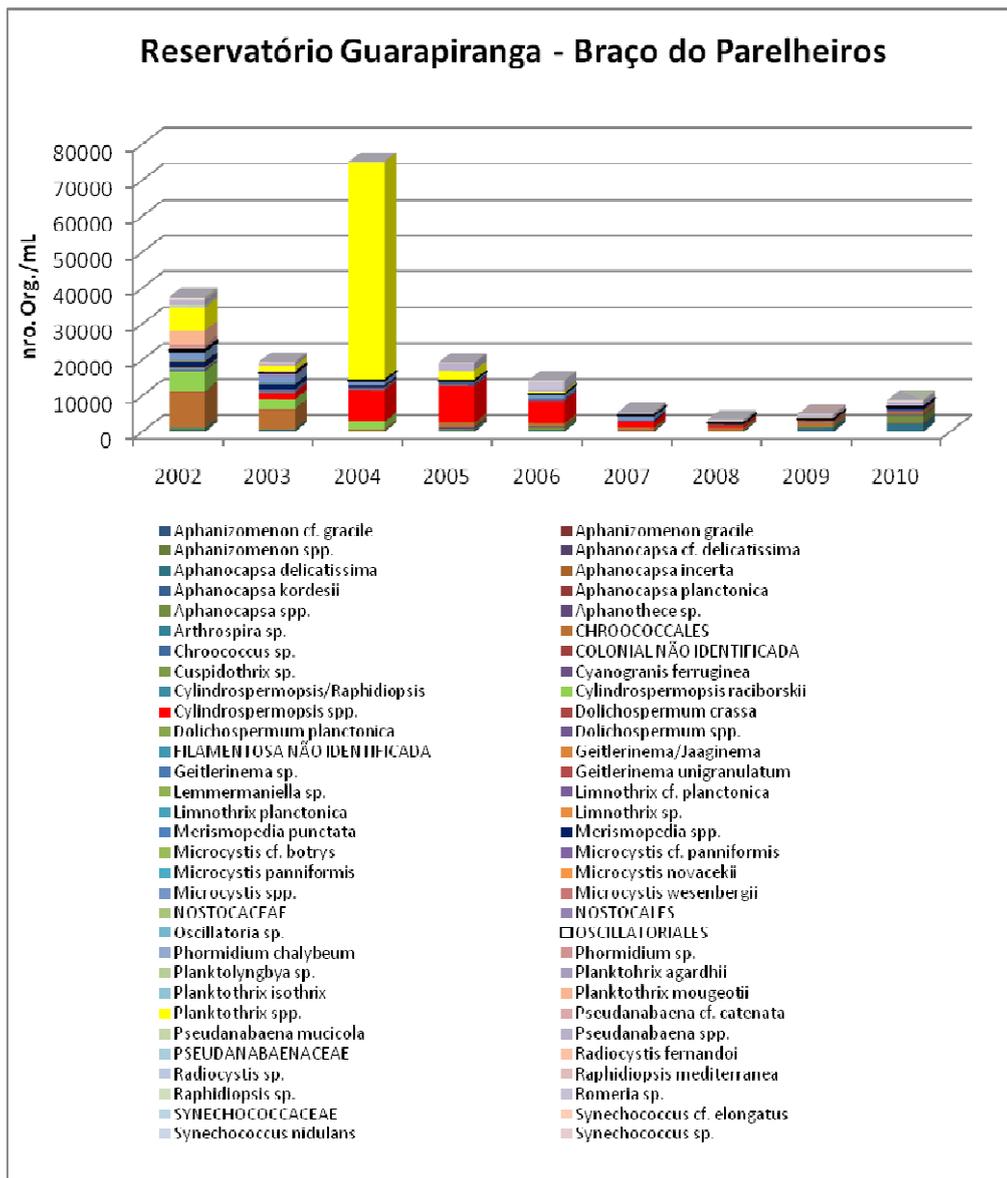
O reservatório Guarapiranga abastece grande parte da população da cidade de São Paulo e vem sofrendo grandes impactos. Segundo dados do “Diagnóstico Guarapiranga 2005” do Instituto Socioambiental, a população que vive ao redor do reservatório aumentou em 40% entre 1991 a 2000 e a qualidade da água piora a cada ano (ISA, 2005). Além disso, em 2000 foi construída, em função de demandas e da estiagem, a interligação do braço Taquacetuba da represa Billings com o rio Parelheiros, afluente da margem direita da Guarapiranga. As figuras 3 e 4 apresentam as cianobactérias encontradas no reservatório Guarapiranga nos dois pontos de monitoramento da CETESB.

Figura 3- Identificação e Densidades de Cianobactérias (org/mL) no reservatório Guarapiranga –Captação no período de 2002 a 2010



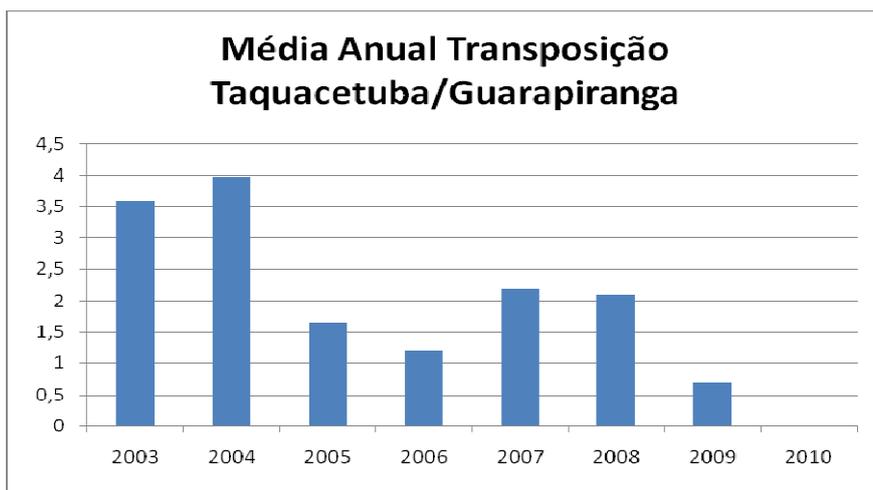
Observa-se a partir de 2008 um aumento na quantidade de cianobactérias registrada no reservatório. É importante ressaltar que a riqueza de cianobactérias encontradas no ponto de captação vem aumentando, provavelmente decorrente da influência do reservatório Billings. O diagnóstico do reservatório segundo CETESB, 2011 vem se mantendo regular desde 2002.

Figura 4- Identificação e Densidades de Cianobactérias (org/mL) no reservatório Guarapiranga – Braço do Parelheiros no período de 2002 a 2010



As cianobactérias no ponto do rio Parelheiros estão provavelmente relacionadas ao bombeamento das águas do reservatório Billings – Transposição do Taquacetuba para o reservatório Guarapiranga. Em 2004, quando houve um menor bombeamento dessas águas, observa-se uma diminuição da densidade de cianobactérias, devido à menor influência das águas do reservatório Billings, o qual apresenta uma quantidade de cianobactérias muito superior ao do reservatório Guarapiranga (Figura 5).

Figura 5 - Média Anual da Transposição ( $m^3/s$ ) das água do braço do Taquacetuba para o reservatório Guarapiranga.



Já o reservatório Rio Grande, originalmente, era um braço do reservatório Billings. Devido à utilização de suas águas para o abastecimento público da região do ABCD, em 1982 houve a necessidade de separar esse compartimento do reservatório Billings e assim o braço do Rio Grande passou a ser categorizado como um reservatório isolado do Sistema Billings, sofrendo somente influência dos lançamentos domésticos e industriais de Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e São Bernardo do Campo. Foi observada uma sensível melhora na qualidade de suas águas, uma vez que essa porção do reservatório deixou de receber a influência das águas advindas do compartimento Pedreira, usualmente de baixa qualidade. No entanto o Res. do Rio Grande ainda recebe as águas de seu formador (Rio Grande), que drena as cargas poluidoras do município de Rio Grande da Serra, além do Ribeirão Pires, que também é considerado bem comprometido.

O monitoramento da comunidade fitoplanctônica neste reservatório teve início em 2002, quando o Índice de Comunidade Fitoplanctônica – ICF utilizado pela CETESB foi considerado bom. A partir de 2004 observou-se um aumento das densidades médias, dominância de alguns grupos fitoplanctônicos em determinados períodos e a presença de cianobactérias, o que deixou o diagnóstico da comunidade com índice regular até 2009, quando voltou a ser considerado bom.

Como parte do levantamento bibliográfico da comunidade fitoplanctônica

encontrada nos oito reservatórios que fazem parte deste projeto, foi feita uma compilação de espécies encontradas em todos os pontos (ANEXO), com base em publicações científicas como artigos, dissertações e teses. Devido à sua grande importância, o grupo das cianobactérias é o mais estudado, e a maior parte dos trabalhos encontrados trata dos reservatórios Billings e Guarapiranga.

Observa-se que entre as cianobactérias os gêneros *Aphanocapsa*, *Pseudanabaena*, *Merismopedia* e *Synechococcus* foram os que estiveram presentes em todos os reservatórios monitorados pela CETESB no período entre 2002 e 2010. Para as Clorófitas os gêneros mais freqüentes em todos os reservatórios foram: *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Closterium*, *Coelastrum*, *Crucigenia*, *Desmodesmus*, *Dictyosphaerium*, *Didymocystis*, *Monoraphidium*, *Scenedesmus*, *Staurastrum* e *Tetraedron*.

As diatomáceas que foram freqüentes em todos os reservatórios foram: *Aulacoseira granulata*, *Cyclotella*, *Cymbella*, *Fragilaria*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia* e *Urosolenia*. Os Fitoflagelados e Dinoflagelados freqüentes foram: *Gymnodinium* e *Peridinium* para os Dinoflagelados e *Chlamydomonas*, *Cryptomonas*, *Euglena*, *Mallomonas*, *Phacus*, *Trachelomonas volvocina* e *Trachelomonas* para os Fitoflagelados.

## **4. Cianotoxinas**

### **4.1. Reservatório Billings**

Dentre os pontos de coleta selecionados para este trabalho, o ponto do Reservatório Billings BITQ00100 – braço do Taquacetuba é o único em que a análise de microcistinas por meio do teste de ELISA tem sido realizada rotineiramente desde agosto de 2000 (Tabela 2 e Figura 6). Embora, o número de amostras tenha variado bastante nos dez anos de estudo, pode-se observar que com exceção do ano de 2009, as microcistinas tem sido detectadas nesse ponto de coleta. Os maiores valores obtidos ocorreram de agosto a dezembro de 2001, e as maiores concentrações dessa hepatotoxina foram obtidas no

mês de agosto desse ano e variaram de 3,5 a 13,8 µg/L.

Tabela 2 – Porcentagem dos resultados obtidos em diferentes faixas de concentração de microcistinas nos anos de 2000 a 2010 para o ponto BITQ00100 – Reservatório Billings

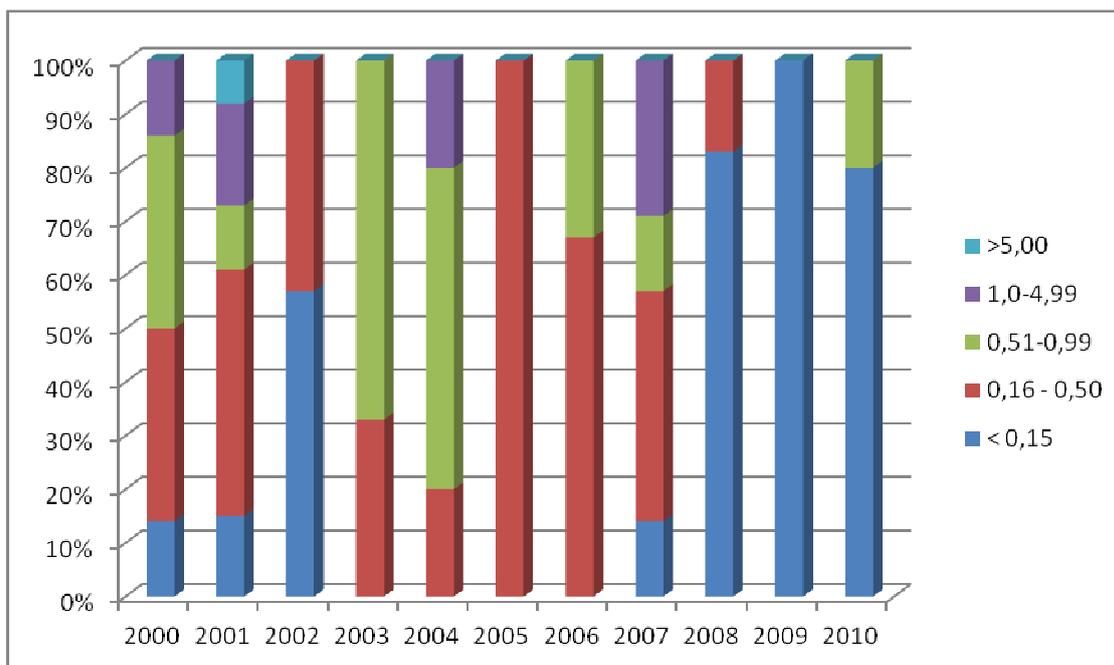
Ano  (n = número de amostras analisadas)	Porcentagem de resultados/faixas de concentração de microcistinas (µg/L)				
	< 0,15	0,16 – 0,50	0,51 – 0,99	1,00 – 4,99	> 5,00
<b>2000</b> (n= 14)	14	36	36	14	0
<b>2001</b> (n= 26)	15	46	12	19	8
<b>2002</b> (n= 7)	57	43	0	0	0
<b>2003</b> (n= 3)	0	*(33)	*(67)	0	0
<b>2004</b> (n= 5)	0	20	60	20	0
<b>2005</b> (n= 2)	0	*(100)	0	0	0
<b>2006</b> (n= 6)	0	67	33	0	0
<b>2007</b> (n= 7)	14	43	14	29	0
<b>2008</b> (n= 6)	83	17	0	0	0
<b>2009</b> (n= 6)	100	0	0	0	0
<b>2010</b> (n= 5)	80	0	20	0	0

n= número de amostras analisadas

\*( ) pequeno nº de amostras analisadas

Limite de detecção do ensaio = 0,15µg/L

Figura 6 – Distribuição anual das porcentagens das faixas de concentração de microcistinas de 2000 a 2010 no Reservatório Billings (ponto BITQ00100).



#### 4.2. Reservatório Guarapiranga

No Reservatório Guarapiranga foram monitorados de agosto de 2000 a março de 2002, os pontos GUAR00900 e GUAR00100 referentes à captação da SABESP e foz do rio Parelheiros, respectivamente. As microcistinas foram detectadas nos dois pontos de coleta desse reservatório, no entanto, verificou-se que no ponto GUAR00900, foram obtidas maiores concentrações da toxina a partir de 2001 (Tabela 3 e Figura 7). As maiores concentrações de microcistinas nesse reservatório foram verificadas nesse ponto de coleta nos meses de agosto (7,1 µg/L) e outubro (3,4 µg/L) de 2001. No ponto GUAR00100, também foi observado o aumento da concentração da toxina em 2001 (Tabela 4 e Figura 8), porém os valores foram inferiores aos do ponto GUAR00900, e a maior concentração de microcistinas detectada nesse ponto foi de 0,98 µg/L em amostra de setembro de 2001.

Tabela 3 – Porcentagem dos resultados obtidos em diferentes faixas de concentração de microcistinas nos anos de 2000 a 2002 para o ponto do Reservatório Guarapiranga GUAR00900 – captação SABESP

Ano	Porcentagem de resultados/faixa de concentração de microcistinas (µg/L)
-----	---

(n = número de amostras analisadas)	< 0,15	0,16 – 0,50	0,51 – 0,99	1,00 – 4,99	>5,00
2000 (n= 14)	71	29	0	0	0
2001 (n= 45)	33	38	7	20	2
2002 (n= 11)	46	36	9	9	0

n= número de amostras analisadas Limite de detecção do ensaio = 0,15µg/L

Figura 7 – Distribuição anual das porcentagens das faixas de concentração de microcistinas de 2000 a 2002 no Reservatório Guarapiranga, ponto GUAR00900

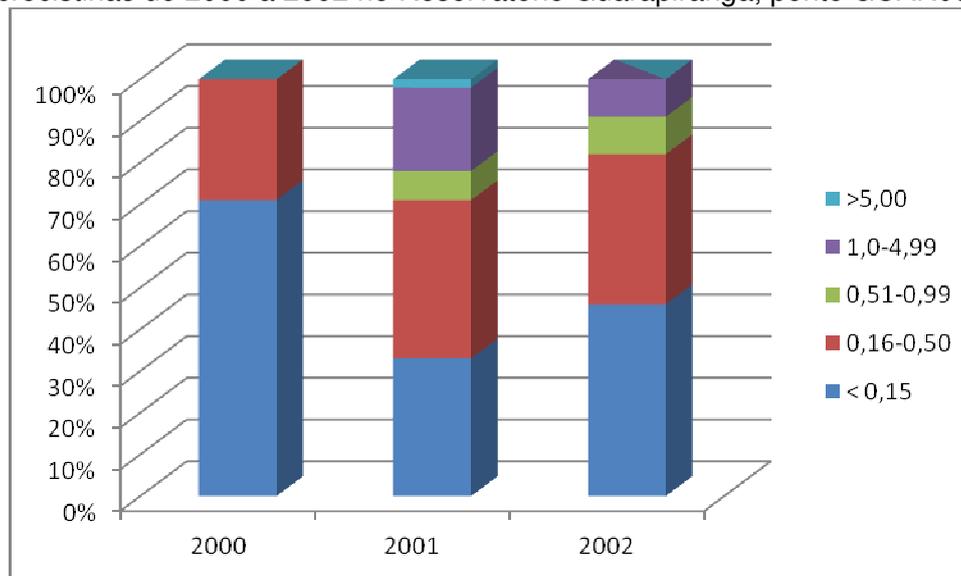
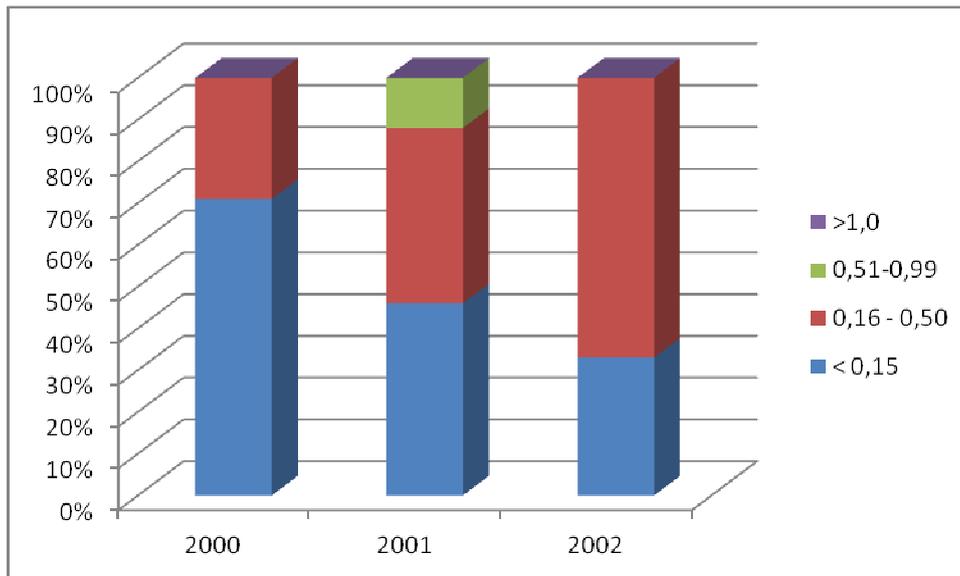


Tabela 4 – Porcentagem dos resultados obtidos em diferentes faixas de concentração de microcistinas nos anos de 2000 a 2002 para o ponto do reservatório Guarapiranga GUAR00100 – próximo foz do rio Parelheiros

Ano (n = número de amostras analisadas)	Porcentagem de resultados/faixa de concentração de microcistinas (µg/L)			
	< 0,15	0,16 – 0,50	0,51 – 0,99	> 1,00
2000 (n= 14)	71	29	0	0
2001 (n= 26)	46	42	12	0
2002 *(n= 3)	*(33)	*(67)	0	0

n= número de amostras analisadas \*( ) pequeno nº de amostras analisadas Limite de detecção do ensaio = 0,15µg/L

Figura 8– Distribuição anual das porcentagens das faixas de concentração de microcistinas de 2000 a 2002 no Reservatório Guarapiranga (ponto GUAR00100).



### ***5. Ocorrência de Toxicidade Identificação de Toxicidade***

O levantamento dos resultados das análises ecotoxicológicas foram selecionados 34 pontos de amostragem (Tabela 5) enquadrados nas classes especial, 1, 2 e 3 que incluem a proteção das comunidades aquáticas segundo a resolução CONAMA 344/2005.

Tabela 5 - Pontos de monitoramento da CETESB localizados na UGRHI 6

UGRHI	SUB-BACIA	CÓDIGO	CORPO'DÁGUA
6	Alto Tietê-Cabeceiras	BMIR02800	Rio Biritiba Mirim
6	Alto Tietê-Cabeceiras	CIPO00900	Rib. do Cipó
6	Alto Tietê-Cabeceiras	JNDI00500	Res. Jundiáí
6	Alto Tietê-Cabeceiras	PEBA00100	Res. Taiapuêba
6	Alto Tietê-Cabeceiras	PEBA00900	Res. Taiapuêba
6	Alto Tietê-Cabeceiras	TAIA02800	Rio Taiapuêba-Açu
6	Alto Tietê-Cabeceiras	TAIM00800	Rio Taiapuêba-Mirim
6	Alto Tietê-Cabeceiras	TIET02050	Rio Tietê
6	Alto Tietê-Cabeceiras	TIET02090	Rio Tietê
6	Alto Tietê-Cabeceiras	TIET03120	Rio Tietê
6	Alto Tietê-Zona Metropolitana	BQGU03200	Rio Baquirivu-Guaçu
6	Alto Tietê-Zona Metropolitana	CRIS03400	Rib.dos Cristais
6	Alto Tietê-Zona Metropolitana	JQRI03800	Rio Juqueri
6	Alto Tietê-Zona Metropolitana	JQJU00900	Res. do Juquerí
6	Alto Tietê-Zona Metropolitana	RCAB00900	Res. Cabuçu
6	Alto Tietê-Zona Metropolitana	TGDE00900	Res. de Tanque Grande
6	Billings-Tamanduateí	BILL02030	Res. Billings
6	Billings-Tamanduateí	BILL02100	Res. Billings
6	Billings-Tamanduateí	BILL02500	Res. Billings
6	Billings-Tamanduateí	BILL02900	Res. Billings
6	Billings-Tamanduateí	BITQ00100	Res. Billings
6	Billings-Tamanduateí	GADE02900	Rio Grande ou Jurubatuba
6	Billings-Tamanduateí	PIRE02900	Ribeirão Pires
6	Billings-Tamanduateí	RGDE02200	Res. Rio Grande
6	Billings-Tamanduateí	RGDE02900	Res. Rio Grande
6	Cotia	COGR00900	Res. das Graças
6	Cotia	COTI03800	Rio Cotia
6	Cotia	COTI03900	Rio Cotia
6	Cotia	MOVE03500	Cór. Moinho Velho
6	Cotia	PEDA03900	Rio das Pedras
6	Guarapiranga	EMGU00800	Rio Embu-Guaçu
6	Guarapiranga	EMMI02900	Embu-Mirim
6	Guarapiranga	GUAR00100	Res. Guarapiranga
6	Guarapiranga	GUAR00900	Res. Guarapiranga

Desses pontos foram selecionados 32 para os quais existia um histórico mais longo de dados de toxicidade e realizada a classificação ecotoxicológica dos mesmos (Tabela 6) visando priorizar os pontos mais problemáticos com relação a esta variável.

Tabela 6 - Classificação ecotoxicológica dos pontos de monitoramento da CETESB localizados na UGRHI 6, entre 2005 e 2010

UGRHI	Código do ponto	Descrição do ponto	2005	2006	2007	2008	2009	2010
			6	00SP06336RCAB00900	Res. Cabuçu, capt Guarulhos			
6	00SP06215TIET02050	Rio Tietê, ponte na Rod.SP-88						
6	00SP06454TIET02090	Rio Tietê, captação SAE, em Mogi das Cruzes						
6	00SP06215BMIR02800	Rio Biritiba-Mirim						
6	00SP06454JNDI00500	Res. Jundiá, canal interlig.c/ Res. Taiaçupeba						
6	01SP06672PEBA00900	Res. Taiaçupeba, capt SABESP						
6	01SP06672TAIM00800	R. Taiaçupeba, pte.Estr.Pau a Pique						
6	00SP06188BQGU03200	Rio Baquirivu-Guaçu						
6	01SP06278COGR00900	R.Cotia,captação Barr.das Graças(Alto Co)						
6	00SP06255COTI03900	R.Cotia,captação ETA(Baixo Cotia)						
6	00SP06278COTI03800	R.Cotia,ponte Rod.Raposo Tavares Km28,5						
6	00SP06278PEDA03900	Ribeirão das Pedras, a mont. Ponte ...						
6	00SP06278MOVE03500	Ribeirão Moinho Velho, no Seminário						
6	01SP06433JQU00900	Res. do Juqueri						
6	00SP06241JQRI03800	R. Juqueri						
6	01SP06336TGDE00900	Res. Tanque-Grande						
6	00SP06241CRIS03400	Ribeirão dos Cristais, próx. capt. ETA Cajamar						
6	00SP06299EMGU00800	Rio Embu-Guaçu						
6	00SP06100EMMI02900	Rio Embu-Mirim						
6	00SP06299CIPO00900	Rib Cipó, pte madeira prox foz R. Cipó						
6	01SP06635RGDE02900	Res.Billings,R.Grande,Captação SABESP						
6	00SP06589GADE02900	Rio Grande ou Jurubatuba						
6	01SP06581RGDE02200	Res. do Rio Grande,Cl.Prainha Tahiti Camping.						
6	00SP06581PIRE02900	Ribeirão Pires, sobre ponte Eletropaulo						
6	01SP06100GUAR00100	Res. Guarapiranga,prox.foz R. Parelheiros,...						
6	01SP06100GUAR00900	Res. Guarapiranga, captação SABESP						
6	01SP06100BILL02030	Res Billings, meio corpo central...						
6	01SP06100BILL02100	Res.Billings, corpo central, braço Bororé						
6	01SP06100BITQ00100	Res. Billings, braço Taquacetuba, Tomekichi...						
6	01SP06635BILL02500	Res.Billings,Rod. Imigrantes						
6	01SP06635BILL02900	Res.Billings, Barr. Summit Control						
6	01SP07299CAMO00900	Res. Capivari-Monos						

**Critério de toxicidade:**

**Bom** – até 20% de efeito crônico no ano

**Regular** – de 21 a 40% de efeito crônico no ano

**Ruim** – de 1 a 39% de efeito agudo **ou** de 41 a 80% de efeito crônico no ano, sendo o efeito tóxico

**Péssimo** – mais de 80% de efeito crônico **ou** 40% ou mais de efeito agudo no ano **ou** efeito tóxico

Total igual ou inferior a 80%.

Total maior que 80%.

■ Não realizado

### **5.1.      *Bacia do Alto Tietê – Cabeceiras***

Nesta sub-bacia observa-se o pior diagnóstico no ponto JNDI 00500, com elevada incidência de efeito tóxico agudo a *C. dubia* (sobretudo em 2000 e 2001), totalizando 21% das amostras coletadas no período avaliado neste estudo (Figura 9). Já a toxicidade crônica foi detectada em 39% do total de 57 amostras analisadas, com maior frequência entre 2002 e 2003 e, posteriormente de 2005 a 2007. Verifica-se, também, que em 24 % das amostras tóxicas os prováveis agentes causadores seriam os metais, destacando-se o cobre (utilizado como algicida), seguido por mercúrio e níquel.

A avaliação ecotoxicológica das águas do reservatório Taiapuêba (PEBA 00900, Figura 10), evidenciou toxicidade aguda e crônica, respectivamente, em 6% e 30% das 51 amostras analisadas. Como este reservatório está interligado e situado à jusante do reservatório Jundiáí, a distribuição dos resultados indica uma atenuação dos efeitos tóxicos ao microcrustáceo, possivelmente decorrente da redução da carga de poluentes ao longo do sistema. As únicas exceções ocorreram em 2004 e 2006, observando-se uma intensificação dos efeitos em relação ao ponto anterior, provavelmente devido ao aporte de agentes tóxicos pontuais.

No último ponto avaliado nesta sub-bacia, situado no reservatório Tanque Grande (TGDE 00900, Figura 11), registrou-se efeito tóxico crônico a *C. dubia* em 16% das 57 amostras analisadas. Em apenas uma a toxicidade seria decorrente da concentração de cobre dissolvido; nas demais o efeito poderia estar associado à introdução de outros agentes tóxicos de origem difusa, carregados pelas chuvas que precederam as coletas.

Figura 9 - Porcentagem de ocorrência de efeito tóxico a *C. dubia*, com amostras coletadas no ponto JNDI 00500 no período de 2000 a 2009.

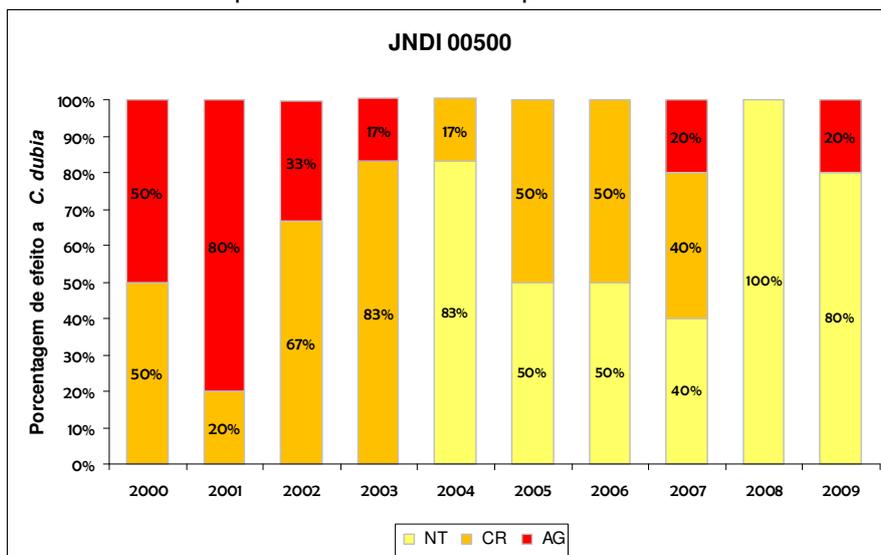


Figura 10 - Porcentagem de ocorrência de efeito tóxico a *C. dubia*, com amostras coletadas no ponto PEBA 00900 no período de 2000 a 2009.

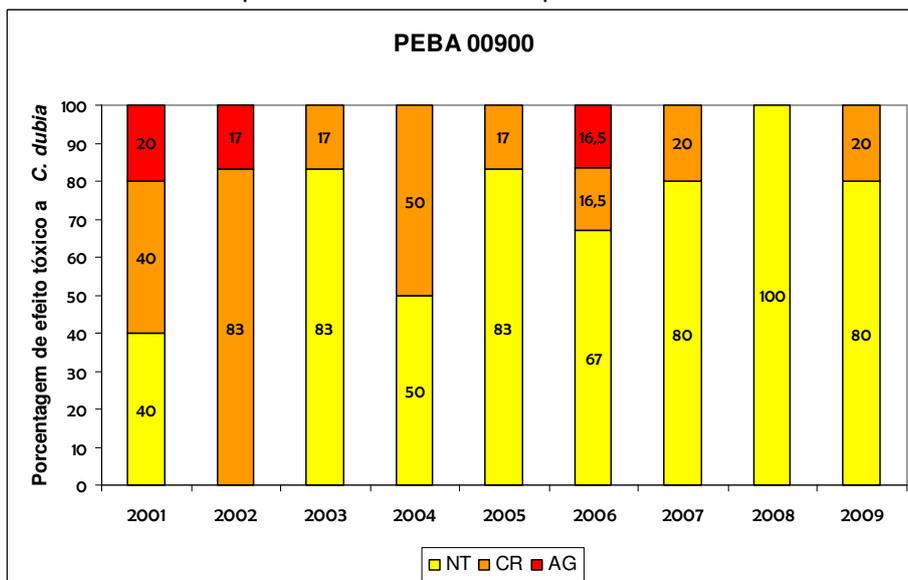
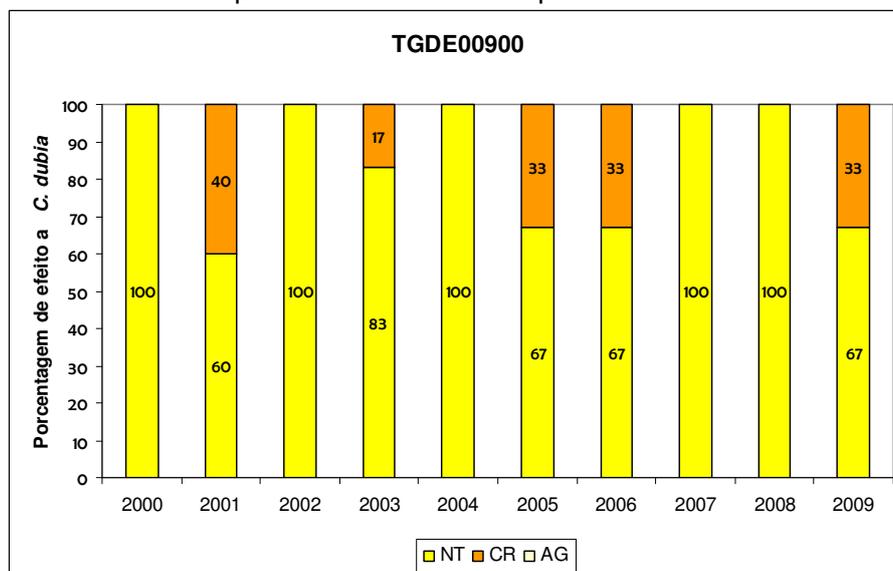


Figura 11 - Percentagem de ocorrência de efeito tóxico a *C. dubia*, com amostras coletadas no ponto TGDE 00900 no período de 2000 a 2009.



## 5.2. Sub-bacia Billings

No ponto BITQ 00100 (Braço do Taquacetuba) observa-se a predominância de efeito tóxico crônico a *C. dubia*, registrado em 60% das 53 amostras; em outros 7,5% observou-se efeito tóxico agudo. Em apenas 17% das amostras tóxicas, os efeitos poderiam ser atribuídos a metais, destacando-se cádmio, chumbo e, principalmente, cobre. Nas demais, a toxicidade ao microcrustáceo seria devida às florações de cianobactérias, como *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Aphanizomenon gracile*, *Planktothrix agardhii*, *Microcystis* sp, dentre outras. Dados de literatura mencionam que estes organismos podem exercer efeitos negativos sobre as comunidades zooplancônicas, incluindo a produção de toxinas, o baixo valor nutricional e a interferência física dos filamentos ou das grandes colônias no aparelho filtrador (CARMICHAEL, 1994; ROHRLACK ET AL, 2001; KURMAYER, 2002). Em estudo anterior realizado neste reservatório, foi isolada uma cepa de *Cylindrospermopsis raciborskii* que se mostrou altamente tóxica a outro dafinídeo, *Daphnia similis* (CETESB, 1998). Outro fato que corroboraria tal hipótese seria a redução dos eventos tóxicos a *Ceriodaphnia* entre 2007 e 2008, acompanhando o declínio da densidade de cianobactérias obtida com a operação do sistema de tratamento por flotação (Figura 12).

Da mesma forma, no ponto situado próximo à barragem Billings-Pedras (BILL 02900), 71,6 % das 53 amostras indicaram toxicidade crônica a *C. dubia*, enquanto 11,3% produziram efeito tóxico agudo. Além de metais como mercúrio e cobre, detectados em concentrações de efeito em 7% das amostras tóxicas, a elevada densidade de cianobactérias seria a principal causa da toxicidade observada. Contudo, distintamente do ocorrido no ponto anterior, não houve redução das florações, bem como dos efeitos tóxicos com a implantação do sistema de flotação (Figura 13).

No Reservatório do Rio Grande (RGDE 02900, Figura 14), registrou-se ocorrência de toxicidade em 25% das amostras coletadas no período de 2000 a 2009. Destas, oito (57%) causaram efeito tóxico agudo, o qual, em 4 ocorrências seria devido às elevadas concentrações de cobre (0,04 a 0,11 mg/L) e em uma aos teores de mercúrio (0,0005 mg/L). Já o cobre seria o agente responsável pela toxicidade crônica em três das seis amostras em que esta foi detectada; nas demais o efeito tóxico seria resultante das florações de cianobactérias.

Figura 12 - Percentagem de ocorrência de efeito tóxico a *C. dubia*, com amostras coletadas no ponto BITQ 00100 no período de 2000 a 2009.

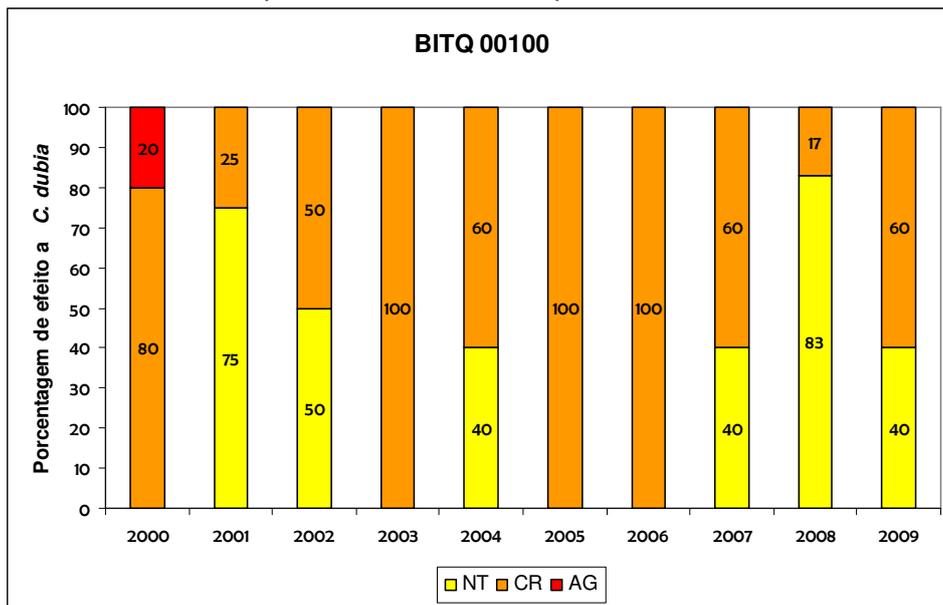


Figura 13 - Percentagem de ocorrência de efeito tóxico a *C. dubia*, com amostras coletadas no ponto BILL 02900 no período de 2000 a 2009.

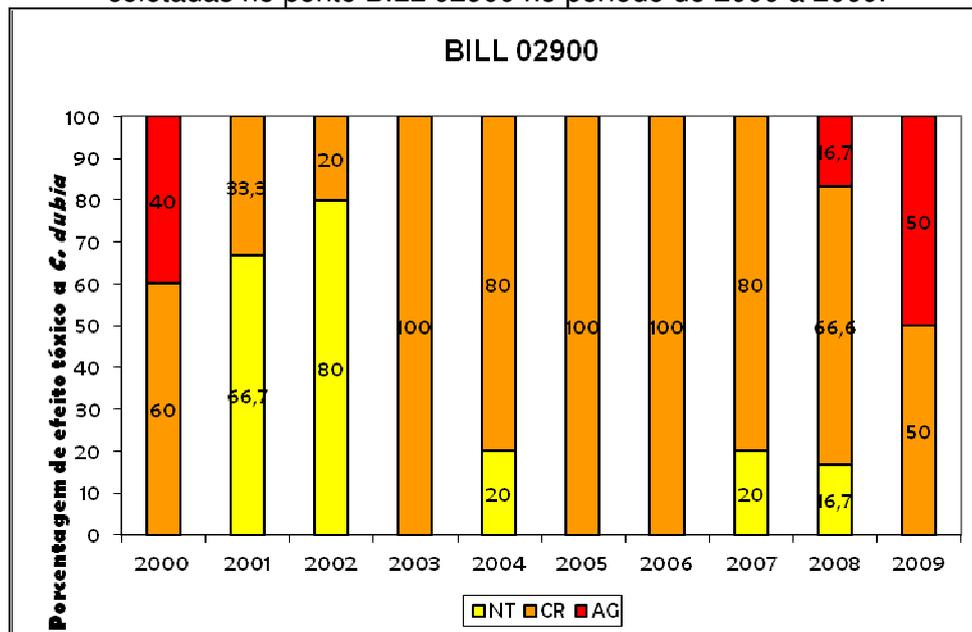
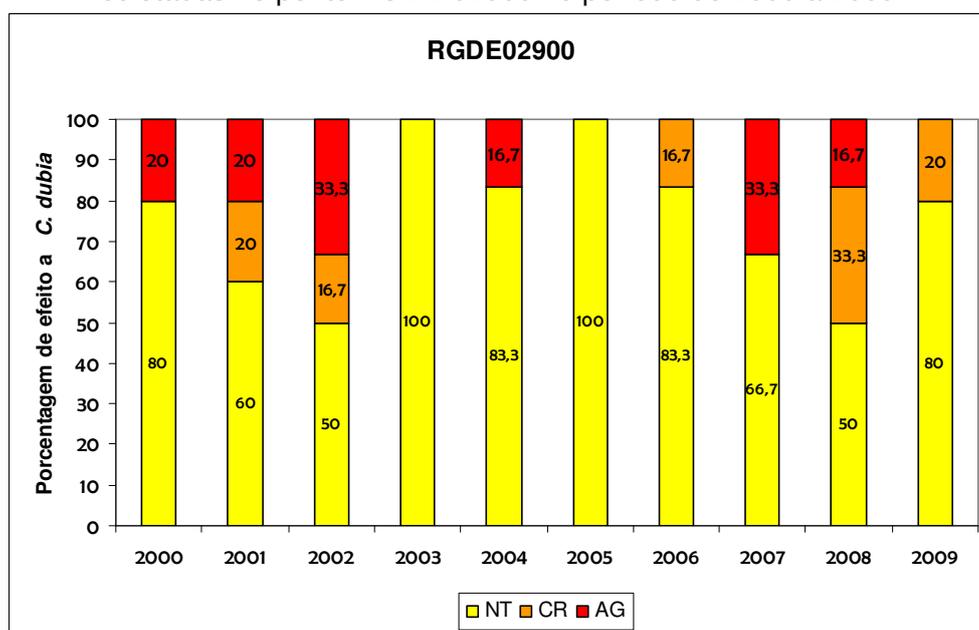


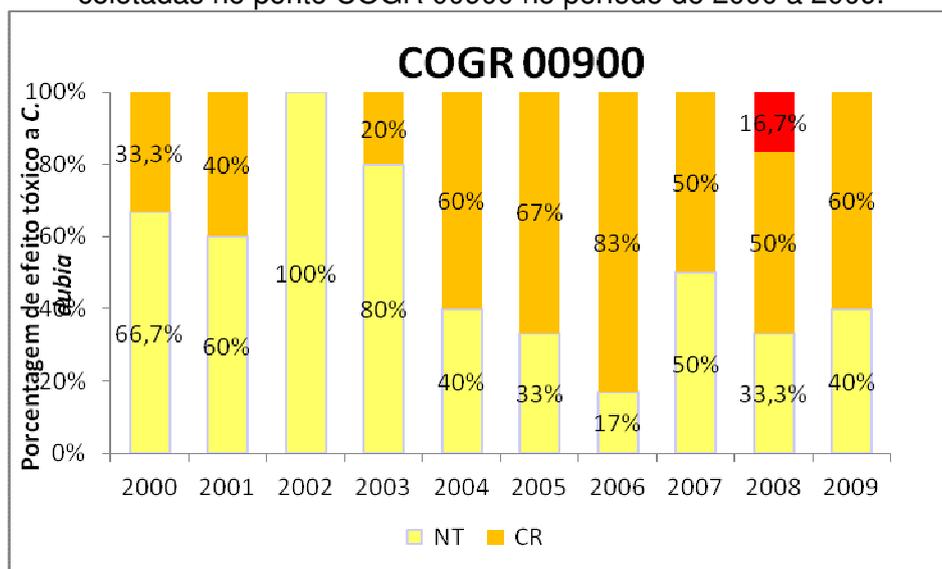
Figura 14 - Porcentagem de ocorrência de efeito tóxico a *C. dubia*, com amostras coletadas no ponto RGDE 02900 no período de 2000 a 2009.



### 5.3. Sub-bacia do Cotia-Guarapiranga

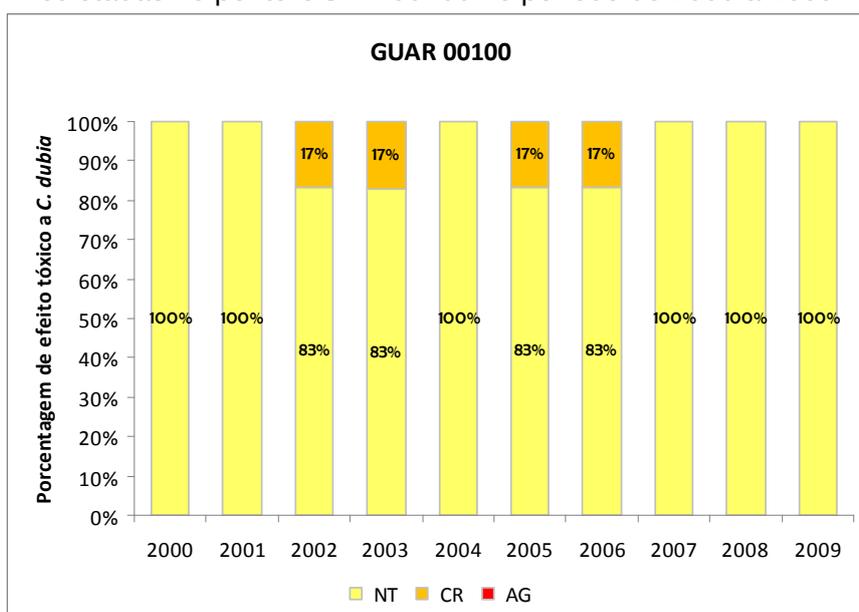
Nessa sub-bacia, exceção feita ao ano de 2002 quando não foram detectados efeitos tóxicos a *C. dubia*, o maior comprometimento da qualidade das águas quanto à preservação da vida aquática foi evidenciado no ponto de monitoramento situado no Reservatório das Graças (COGR 00900). Assim, de 55 amostras analisadas no período de 2000 a 2009, 45% causaram toxicidade crônica ao microcrustáceo e 2% toxicidade aguda. Em 7 % das amostras declaradas tóxicas, as concentrações de metais como zinco, níquel ou mercúrio poderiam ser responsáveis pelo efeito observado, sugerindo a influência antrópica sobre o manancial, situado em área de preservação. Destaca-se a piora do diagnóstico a partir de 2004, já que desse ano em diante as porcentagens anuais de amostras com efeito tóxico mantiveram-se iguais ou superiores a 50% (Figura 15).

Figura 15 - Porcentagem de ocorrência de efeito tóxico a *C. dubia*, com amostras coletadas no ponto COGR 00900 no período de 2000 a 2009.



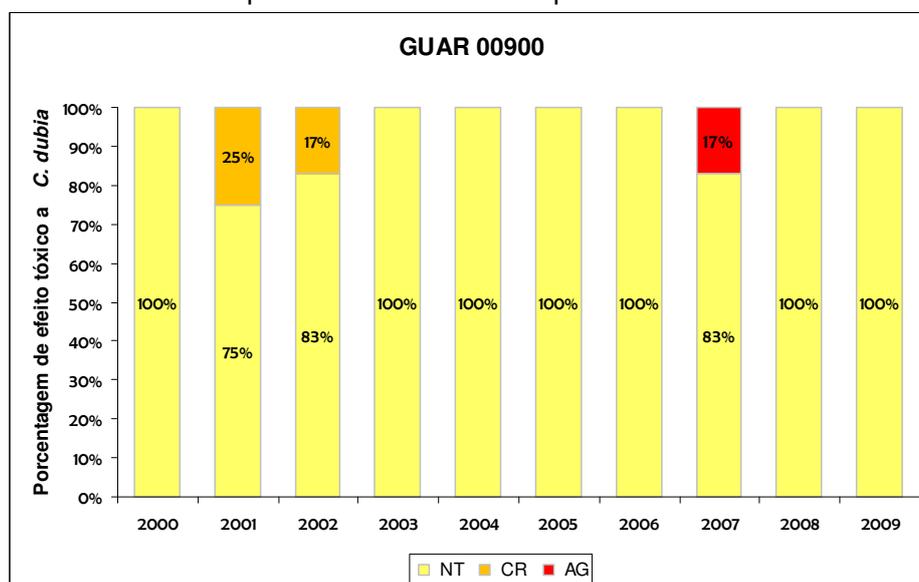
Considerando-se todos os reservatórios incluídos neste estudo, o Reservatório Guarapiranga apresenta o menor percentual de amostras com ocorrência de efeito tóxico, apesar de crescimento populacional no entorno e da recepção das águas do braço do Taquacetuba (Sistema Billings) desde o ano de 2000. No ponto GUAR 00100 (Figura 16), situado no braço do Rio Parelheiros e que recebe as águas transpostas do Taquacetuba, foram coletadas 54 amostras no período de 10 anos, tendo sido registrados quatro eventos de toxicidade crônica. Destes, o observado em 2002 seria decorrente das concentrações de mercúrio e outros dois (2005 e 2006) das elevadas densidades de cianobactérias.

Figura 16 - Porcentagem de ocorrência de efeito tóxico a *C. dubia*, com amostras coletadas no ponto GUAR 00100 no período de 2000 a 2009.



No ponto situado junto à captação (GUAR 00900), foram coletadas 55 amostras entre 2000 e 2009, tendo sido registrados dois episódios de toxicidade crônica. Um destes (janeiro de 2002), assim como no ponto GUAR 00100, estaria associado à concentração de mercúrio. Já a única ocorrência de toxicidade aguda a *Ceriodaphnia dubia* (setembro de 2007) seria conseqüência dos elevados teores de cobre dissolvido (0,08 mg/L) proveniente da aplicação de algicidas (Figura 17).

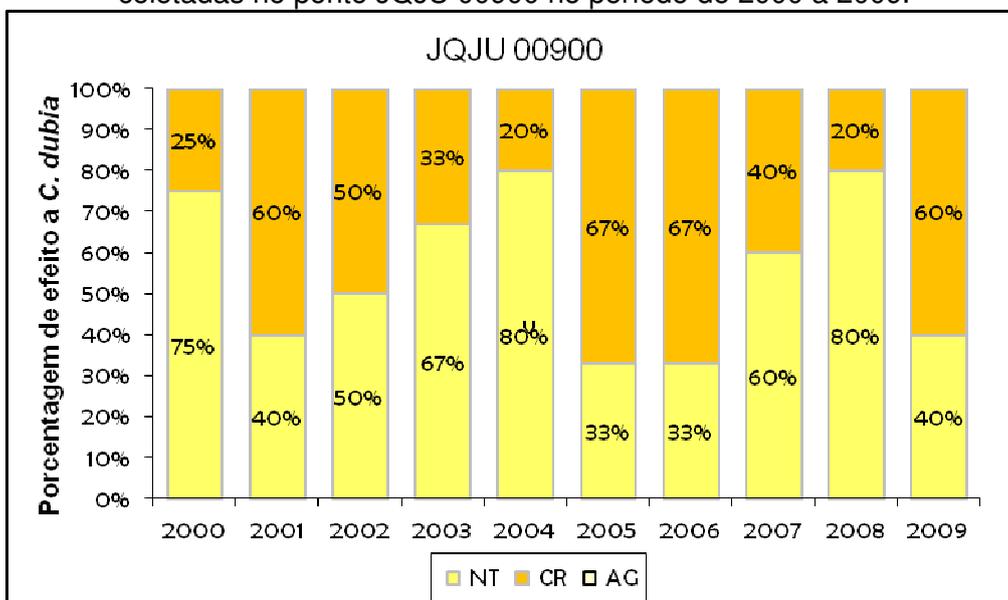
Figura 17 - Porcentagem de ocorrência de efeito tóxico a *C. dubia*, com amostras coletadas no ponto GUAR 00900 no período de 2000 a 2009.



#### 5.4. Sub-bacia do Juqueri-Cantareira

Nesta sub-bacia o ponto localizado no Reservatório Juqueri ou Paiva Castro (JQJU 00900, Figura 18) caracteriza-se pela alta incidência de toxicidade crônica. No período considerado neste estudo, foram analisadas 53 amostras, com detecção de efeito tóxico crônico a *C. dubia* em 23, ou seja, 43%. Em apenas 2 destes eventos (8,7%), os agentes prováveis seriam os metais (cobre dissolvido e mercúrio); as demais ocorrências não puderam ser correlacionadas com os resultados das análises químicas efetuadas.

Figura 18 - Porcentagem de ocorrência de efeito tóxico a *C. dubia*, com amostras coletadas no ponto JQJU 00900 no período de 2000 a 2009.



#### 6. Conclusões

Em relação à eutrofização, a análise dos dados históricos entre os anos de 2000 a 2010, em 10 reservatórios, indicou o reservatório Tanque Grande, como de melhor qualidade, seguido pelo reservatório do Juqueri (ou Paiva Castro), classificados entre oligotrófico e mesotrófico. Este último apresentou alta incidência de toxicidade crônica, provavelmente relacionada ao uso de algicidas.

Os reservatórios das Graças, Taiapuêba e Rio Grande, foram classificados como mesotrófico e o Reservatório Jundiá a partir de 2007 passou de eutrófico para mesotrófico, provavelmente devido ao uso de algicidas, que interferem nos valores de clorofila.

Os reservatórios Billings e Guarapiranga apresentaram pior qualidade com classificação predominantemente eutrófica. No Reservatório Billings no braço do Taquacetuba, foram registradas microcistinas de forma constante, sendo que os maiores valores obtidos ocorreram no segundo semestre de 2001, sendo a concentração máxima de 13,8 µg/L encontrada no mês de agosto.

O reservatório do Rio Grande classificado como mesotrófico devido ao uso de algicidas, que interferem nos valores de clorofila.

Altas incidências de toxicidade crônica e aguda detectadas em alguns desses pontos foram associadas, principalmente, com elevadas densidades de cianobactérias e aos algicidas aplicados para o seu controle, sobretudo sulfato de cobre. Em algumas ocasiões, como no reservatório de Tanque Grande, a toxicidade pode estar associada à carga difusa presente nas bacias de drenagem dos reservatórios.

Com base no levantamento de dados referente à comunidade fitoplanctônica pode-se observar que:

- Os reservatórios Billings e Guarapiranga são os reservatórios mais estudados tanto pela CETESB quanto pelas Universidades e Institutos de Pesquisa.
- O grupo das cianobactérias e das clorofíceas foram os que apresentaram maior riqueza, ou seja, o maior número de táxons. Já o grupo dos Fitoflagelados, Dinoflagelados e Xantofíceas apresentaram um número mais reduzido.

## 7. Referências Bibliográficas

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR15470**: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade em sedimento - Método de ensaio com *Hyalella* spp (Amphipoda). Rio de Janeiro: ABNT. 2007. 20p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9896**: Glossário de poluição das águas. Rio de Janeiro, 1993.

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21<sup>th</sup> ed. Washington, DC: APHA, 2005.

ASTM. Test method for measuring the toxicity of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates. **E 1706-00**. West Conshohocken, 2000. 117 p.

AZEVEDO MTP, SANT'ANNA CL, SENNA PAC, KOMÁREK J, KOMÁRKOVÁ J. Contribution to the microflora of chroococcalean cyanoprokaryotes from São Paulo State, Southeast Brazil. **Hoehnea**, **30 (3)**: 285-295 (2003).

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html) Acesso em: abr 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 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. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 53, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: abr. 2008.

BRANCO, S.M. Alguns Aspectos da hidrobiologia importantes para a Engenharia Sanitaria. Revista DAE, São Paulo, 20 (33):21-30; (34):49-51,1959.

BURATINI, S.V. Avaliação e identificação da toxicidade no rio Baquirivu-Guaçu. **Relatório técnico**. São Paulo, BR, CETESB, 2005. 20p.

BURATINI, SV & BERTOLETTI, E. **Análise Estatística**. In: Zagatto, PA & Bertolletti, E (Eds) Ecotoxicologia Aquática – Princípios e Aplicações, Rima, São

Carlos, p. 221-249, 2006

CARVALHO, L. R., SANT'ANNA, C. L., GEMELGO, M. C. P. & AZEVEDO, M. T. P. Cyanobacterial occurrence and detection of microcystins by Planar Chromatography in water samples of Billings and Guarapiranga Reservoirs, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, **30**: 141 – 148, 2007.

CETESB, Relatório de Qualidade das Águas Interiores. 2006. **Relatório Técnico** CETESB. São Paulo S.P. 327p. 2007.

CETESB. Determinação de pigmentos fotossintetizantes, Clorofila - A, B e C e Feofitina-A. **Norma Técnica L5.306**São Paulo, 1990. 22 p.

CETESB. **Diagnóstico e novas formas de gerenciamento ambiental para a Região de Paulínia** – Relatório Parcial – dez/2001. São Paulo, 2002.

CETESB. Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo - método de ensaio. **Norma Técnica L5.303**São Paulo, 2006.

CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. Fonte: São Paulo; CETESB. 1988. 150 p.

CETESB. Mutação gênica reversa em *Salmonella typhimurium* - teste de Ames - método de ensaio. **Norma Técnica L5.620**São Paulo, 1993. 40 p.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2008**. São Paulo, S.P. 528p. 2009. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>>.

CETESB. Sedimentos: determinação da distribuição granulométrica - método de ensaio. **Norma Técnica L6.160** São Paulo, 1995. 15 p.

EMPLASA (São Paulo). **Metrópoles em dados**. Disponível em: <[http://www.emplasa.sp.gov.br/portalemplasa/infometropolitana/rmsp/rmsp\\_dados.asp](http://www.emplasa.sp.gov.br/portalemplasa/infometropolitana/rmsp/rmsp_dados.asp)>. Acesso em março/2008.

EUROPE. European Parliament; Council of the European. Union. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and the Council of 21 maio 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. **Official Journal of the European Union**, v.51, L 152, 11 June 2008, p. 1-44. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:EN:PDF> Acesso em: fevereiro 2009.

European Environmental Agency (EEA). Air pollution by ozone (EEA). 2005. Air pollution by ozone in Europe in summer 2004 – Overview of exceedances of EC

ozone threshold values during April-September 2004. **EEA Technical Report EPA-452/D-05-002**, November 2005. 406p.

FUSP (Fundação Universidade de São Paulo). **Plano da Bacia do Alto Tietê. Relatório Final. Versão 2.0.** Comitê da Bacia do Alto Tietê. São Paulo, 2002. 279p + Anexo.

GEMELGO, M.C.P., SANT'ANNA, C.L., TUCCI, A. & BARBOSA, H.R. Population dynamics of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju, a Cyanobacteria toxic species in a water supply reservoirs in São Paulo, Brazil. **Hoehnea**, **35**: 297-307, 2008.

GEMELGO MCP, MUCCI JLN, NAVAS-PEREIRA D. Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). **Braz. J. Biol.**, **69(4)**: 1001-1013. 2009.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). 2006. **Guarapiranga 2005: Como e por que São Paulo está perdendo este manancial.** Resultados do Diagnóstico Socioambiental participativo da bacia Hidrográfica da Guarapiranga. (M. Whately & P. M. Cunha, orgs.). São Paulo.

ISO 20179: Water quality – Determination of microcystins – Method using solid phase extraction (SPE) and high performance liquid chromatography (HPLC) with ultraviolet detection. Geneva: ISO, 2005.

KOMÁREK J, KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ J. Several rare freshwater planktic Cyanobacteria (Cyanoprokaryotes) from reservoirs in South America. **Hoehnea** **34(1)**: 49-58. 2007.

MOSCHINI-CARLOS V, BORTOLI S, PINTO E, NISHIMURA PY, FREITAS LG, POMPÊO MLM, DÖRR F. Cyanobacteria and Cyanotoxin in the Billings Reservoir (São Paulo, SP, Brazil). **Limnetica**, **28 (2)**: 273-282. 2009.

MOSCHINI-CARLOS VM; FREITAS LG; POMPÊO, M. Limnological evaluation of water in the Rio Grande and Taquacetuba branches of the Billings Complex (São Paulo, Brazil) and management implications. **Ambi-Agua, Taubaté**, **5 (3)**: 47-59. 2010.

POPOVISKY, J. Problems in the determination of freshwater dinoflagelates (Dinophyceae) Schweizerische Zeitschrift Fur Hydrologie 45 (2): 365–372.1983.

RODRIGUES LL. Biodiversidade de Cianobactérias e Algas das Represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga, SP, Brasil. **Dissertação** (mestrado). IB/USP, São Paulo. 2008.

RODRIGUES LL, SANT'ANNA CL, TUCCI A. Chlorophyceae das Represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga, SP, Brasil. **Rev Bras Bot.**, **33** (2): 247-264. 2010.

SANT'ANNA CL, AZEVEDO MTP, SENNA PAC, KOMÁREK J, KOMÁRKOVÁ J. Planktic Chroococcales from São Paulo State, Brazil. **Rev Bras Bot.**, **27** (2): 213-227. 2004.

SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., WERNER, V.R., DOGO, C.R., RIOS, F.R. & CARVALHO, L.R. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. **Algological Studies** **126**: 249-263, 2008.

SANT'ANNA C.L.; MELCHER, S.S.; CARVALHO, M.C.; GEMELGO, M.P.; AZEVEDO, M.T.P. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. **30**(1): 1-17, 2007.

SANTOS-WISNIEWSKI, MJ., SILVA, LC., LEONE, IC., LAUDARES-SILVA, R. AND ROCHA, O. First record of the occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925, an invasive species in the hydroelectricity power plant Furnas Reservoir, MG, Brazil. *Braz. J. Biol.*, **67**(4): 791-793, 2007.

SOUZA, R.C.R.; CARVALHO, M.C.; TRUZZI, A.C. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanophyceae) dominance and a contribution to the knowledge of Rio Pequeno Billings reservoir, Brazil, **Environmental Toxicology and Water Quality International Journal**. **13** (1): 73-81, 1998.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). Biological criteria for the protection of aquatic life: users manual for biological field assessment of Ohio surface waters. Columbus, OH: Division of Water Quality Monitoring and Assessment, v. 2, 1987.

USEPA Update of ambient water quality criteria for ammonia. **EPA 882-R-99-014**. Cincinnati, OH, 1999. (

USEPA Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations: Phase I Toxicity Characterization Procedures. **EPA/600/6-91/003**. 2nd. Ed. Environmental Research Laboratory, Duluth, MN. 1991a.

USEPA Toxicity Identification Evaluation: Chronically Toxic Effluents, Phase I. **EPA-600/6-91/005F**. Environmental Research Laboratory, Duluth, MN. 1991b

USEPA Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations: Phase II Toxicity Identification Procedures for Samples Exhibiting Acute and Chronic Toxicity. **EPA/600/R-92/080**. Environmental Research Laboratory, Duluth, MN. 1993a.

USEPA Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations. Phase III Toxicity Confirmation procedures for Samples Exhibiting Acute and Chronic Toxicity. **EPA/600/R-92/081**. Environmental Research Laboratory, Duluth, MN. 1993b.

USEPA Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates. **EPA-600-99/064**. 2<sup>nd</sup> ed. Washington, D.C., 2000. 192 p.

WENGRAT, S. Biodiversidade e distribuição das diatomáceas no Complexo Billings, São Paulo: influência da compartimentalização espacial e do estado trófico. Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e Fungos em Análises Ambientais, 2011.

## **ANEXO**

### **Listagem de ocorrência de Grupos de Algas e Cianobactérias nos Reservatórios Estudados**

RESERVATÓRIOS	Billings	Guarapiranga	Rio Grande	Juqueri	Tanque Grande	Graças	Jundiai	Taiacupeba
<i>CIANOBACTÉRIAS</i>								
<i>Aphanizomenon cf. gracile</i>	c	c					c	c
<i>Aphanizomenon cf. tropicale</i>	c							
<i>Aphanizomenon gracile</i>	x c	c		c	c		c	c
<i>Aphanizomenon spp.</i>	c	c		c				
<i>Aphanizomenon tropicale</i>	x c							x
<i>Aphanocapsa cf. delicatissima</i>	c						c	
<i>Aphanocapsa cf. elachista</i>				c				
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	x c	x c	c	c	c	c	x c	x c
<i>Aphanocapsa elachista</i>	x c	x c	c	x			c	
<i>Aphanocapsa holsatica</i>	x c	c						
<i>Aphanocapsa incerta</i>	x c	x c	c		c		c	c
<i>Aphanocapsa koordersii</i>	x	c		x				
<i>Aphanocapsa nubilum</i>		x						
<i>Aphanocapsa planctonica</i>		c						
<i>Aphanocapsa spp.</i>	x c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Aphanothece smithii</i>		c						
<i>Aphanothece spp.</i>	c	c	c	c	c		c	c
<i>Arthrospira spp.</i>		c						
<i>CHROOCOCCALES</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Chroococcus dispersus</i>	x							
<i>Chroococcus limneticus</i>	x							
<i>Chroococcus minutus</i>	x							
<i>Chroococcus spp.</i>	x	x c	c				c	c
<i>Coelomoron tropicale</i>	x	x					x	x
<i>Coelosphaerium evidenter-marginatum</i>	x							
<i>Coelosphaerium spp.</i>	c	c						
<i>Coelosphaeriopsis sp.</i>				x				
<i>COLONIAL NÃO IDENTIFICADA</i>	c	c						
<i>Cuspidothrix spp.</i>	c	c			c			
<i>Cuspidothrix tropicale</i>	c							
<i>Cyanodictyon spp.</i>			c	c			c	
<i>Cyanogranis ferruginea</i>	c	c	c	c	c		c	c
<i>Cylindrospermopsis cf. cuspis</i>	c							
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	x c	x c	c	c			x c	x
<i>Cylindrospermopsis spp.</i>	c	c	c	c		c	c	c
<i>Cylindrospermopsis/Raphidiopsis</i>	c	c						
<i>Cylindrospermopsis philippinensis</i>	x							
<i>Dolichospermum cf. crassum</i>	c	c						
<i>Dolichospermum cf. solitaria</i>	c	c						
<i>Dolichospermum cf. solitaria</i>	c	c						
<i>Dolichospermum circinalis</i>	x c	x c		c			x	x
<i>Dolichospermum crassum</i>	x c	c					x	x
<i>Dolichospermum planctonica</i>	x c	x c					x c	x
<i>Dolichospermum solitarium</i>	x		c				c	x
<i>Dolichospermum spiroides</i>	x c	x						
<i>Dolichospermum spp.</i>	x c	c	c				c	c
<i>FILAMENTOSA NÃO IDENTIFICADA</i>	c	c						c

<i>Geitlerinema amphibium</i>	c	x c	c				c	
<i>Geitlerinema/Jaaginema</i>		c						c
<i>Geitlerinema spp.</i>	c	c	c	c			c	
<i>Geitlerinema splendidum</i>		x						
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>	x c	x					x	
<i>Gloeocapsa spp.</i>	c							
<i>Gomphosphaeria spp.</i>	c							
<i>Jaaginema sp.</i>							c	
<i>Lemmermaniella spp.</i>	c	c						
<i>Limnothrix cf. planctonica</i>	c	c					c	
<i>Limnothrix planctonica</i>	x c	x c					x	
<i>Limnothrix spp.</i>	c	c		c	c		c	
<i>Lyngbya robusta</i>				x				
<i>Merismopedia cf. punctata</i>			c					
<i>Merismopedia punctata</i>	x	c						
<i>Merismopedia spp.</i>	c	c	c	c	c		c	c
<i>Merismopedia tenuissima</i>	x	c					x	x
<i>Microcystis aeruginosa</i>	x c	x					x	x
<i>Microcystis botrys</i>	x c							x
<i>Microcystis cf. botrys</i>	c							
<i>Microcystis cf. panniformis</i>	c	c						
<i>Microcystis cf. protocystis</i>	c	c						
<i>Microcystis panniformis</i>	x c	x c					x	x
<i>Microcystis novacekii</i>	x c	c						
<i>Microcystis protocystis</i>	x c	x c					x c	x
<i>Microcystis spp.</i>	x c	c	c	c			c	c
<i>Microcystis viridis</i>								c
<i>Microcystis wesenbergii</i>	x	c					x	x
<b>NOSTOCALES</b>	c	c	c				c	
<b>NOSTOCACEAE</b>	c	c	c	c	c		c	c
<b>OSCILLATORIALES</b>	c	c	c		c		c	c
<i>Oscillatoria spp.</i>	c	c						
<b>PHORMIDIACEAE</b>							c	c
<i>Phormidium chalybeum</i>		c						
<i>Phormidium spp.</i>	c	x c					c	
<i>Planktolyngbya limnetica</i>		x					x	x
<i>Planktolyngbya spp.</i>	c	c					c	
<i>Planktothrix agardhii</i>	x c	x c						x
<i>Planktothrix mougeotii</i> (= <i>P. isothrix</i> )	x c	c						
<i>Planktothrix isothrix</i>	c	c						
<i>Planktothrix spp.</i>	c	c						
<i>Pseudanabaena catenata</i>	x	x						
<i>Pseudanabaena cf. catenata</i>		c	c					
<i>Pseudanabaena galeata</i>	x	x					x c	x
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	x c	x c	c	c	c		x c	x
<i>Pseudanabaena spp.</i>	x c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Radiocystis fernandoi</i>	x	x c						x
<i>Radiocystis geminata</i>	c	c						
<i>Radiocystis spp.</i>	c	c						
<i>Raphidiopsis brookii</i>	x	x						
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	x	c						
<i>Raphidiopsis spp.</i>	c	c	c					

<i>Rhabdoderma</i> spp.		c	c					
<i>Rhabdogloea</i> spp.		c						
<i>Romeria</i> cf. <i>okensis</i>					c			
<i>Romeria gracilis</i>	x							
<i>Romeria</i> spp.	x c	c			c		c	
<i>Snowella lacustris</i>							x	
<i>Snowella</i> spp.		c						
<i>Sphaerocavum brasiliense</i>	x c	c	c				x	x
<i>Sphaerocavum</i> spp.	c							
<i>Synechococcus</i> cf. <i>elongatus</i>		c						
<i>Synechococcus nidulans</i>	x c	x c						
<i>Synechococcus</i> spp.	c	c	c		c	c	c	c
<i>Synechocystis aquatilis</i>	x							
<b>SYNECHOCOCCACEAE</b>		c			c	c	c	c
<i>Synechocystis</i> spp.	c	c	c	c			c	c
<i>Woronichinia</i> cf. <i>naegeliana</i>	c							
<i>Woronichinia naegeliana</i>	x c							
<i>Woronichinia</i> spp.	c	c						
<b>DIATOMÁCEAS</b>								
<i>Achnanthes minutissima</i>	c	c	c					
<i>Achnanthes</i> spp.	c	c	c	c			c	c
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	c		c	c	c			
<i>Achnantheidium</i> spp.	c		c					
<i>Acanthoceras</i> spp.	c					c		
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	c	c	c				c	
<i>Amphora ovalis</i>		x						
<i>Aulacoseira ambigua</i>	x	x					x c	x
<i>Aulacoseira</i> cf. <i>granulata</i>							c	
<i>Aulacoseira granulata</i>								
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	x	x						
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	x	x						
<i>Aulacoseira italica</i>	c	c				c	c	c
<i>Aulacoseira</i> spp.	c	c	c	c		c	c	c
<i>Asterionella formosa</i>	c	c	c					
<i>Asterionella</i> spp.			c					
<i>Attheya</i> spp.		c	c					
<b>CENTRALES</b>		c	c	c	c	c	c	c
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	x c	x c						
<i>Cyclotella</i> spp.	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Cyclotella stelligera</i>		c				c		
<b>CÊNTRICA NÃO IDENTIFICADA</b>	c	c	c				c	c
<i>Cocconeis</i> spp.		c						
<i>Cymbella</i> sp.		c						
<i>Cymbella</i> spp.	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Diploneis</i> spp.		c						
<i>Eunotia bilunaris</i>							x	x
<i>Eunotia loboii</i>								x
<i>Eunotia</i> spp.		c						
<i>Fragilaria capucina</i>		c	c					c
<i>Fragilaria crotonensis</i>	c	c					c	

<i>Fragilaria gracilis</i>							X	X
<i>Fragilaria nanana</i>		C		C			C	
<i>Fragilaria spp.</i>	C	C	C	C	C	C	C	C
<b>FRAGILARIOPHYCEAE</b>	C							
<i>Gomphonema spp.</i>	C						C	
<i>Hantzschia spp.</i>		C						
<i>Nitzschia acicularis</i>	C	C	C	C	C		C	C
<i>Nitzschia fruticosa</i>	X C	X C	C					
<i>Nitzschia gracilis</i>		X						
<i>Nitzschia holsatica</i>		C						
<i>Nitzschia palea</i>	C	C	C	C	C	C	C	C
<i>Nitzschia spp.</i>	C	C	C	C	C	C	C	C
<i>Synedra sp.</i>	X	X						
<i>Melosira spp.</i>	C	C		C		C		
<i>Navicula spp.</i>	C	C						C
<b>NAVICULALES</b>		C	C	C	C		C	C
<b>PENADA NÃO IDENTIFICADA</b>	C	C	C	C	C	C	C	C
<b>PENALES</b>	C	C	C	C	C	C	C	C
<i>Pinnularia spp.</i>		C	C			C		
<i>Rhizosolenia setigera</i>		C						
<i>Rhizosolenia spp.</i>	C	C					C	
<i>Stauroneis spp.</i>					C			
<i>Sellaphora sp.</i>					C			
<i>Surirella spp.</i>		C						
<i>Synedra spp.</i>	C	C						
<i>Tabellaria fenestrata</i>		C					C	C
<i>Tabellaria sp.</i>				C			C	
<i>Tabellaria spp.</i>		C	C		C		C	C
<i>Urosolenia eriensis</i>	C	C		C	C	C	C	C
<i>Urosolenia longiseta</i>	C	C	C	C		C	C	C
<i>Urosolenia spp.</i>	C	C	C	C	C	C	C	C
<b>CLOROFÍCEAS</b>								
<i>Ankistrodesmus bernardii</i>		C		C	C			C
<i>Ankistrodesmus bibraianus</i>	X	X						
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	X C	X C	C			C	C	C
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	X C	X C	C				C	C
<i>Ankistrodesmus spiralis</i>								
<i>Ankistrodesmus spp.</i>	C	C	C	C	C	C	C	C
<i>Actinastrum hantzschii</i>	X C	X C						
<i>Actinastrum aciculare</i>	C	C	C					
<i>Actinastrum spp.</i>	C	C					C	
<i>Acanthosphaera zachariasii</i>		X	C					
<i>Ankyra spp.</i>				C				C
<b>BOTRYOCOCCACEAE</b>		C						
<i>Botryococcus braunii</i>	C	C					C	
<i>Botryococcus neglectus</i>	X	X						
<i>Botryococcus spp.</i>	C	C	C	C	C		C	C
<i>Botryococcus terribilis</i>	X							
<i>Coelastrum astroideum</i>	C	C				C		
<i>Coelastrum cf. sphaericum</i>			C					
<i>Coelastrum indicum</i>	X	X						

<i>Coelastrum microporum</i>	c	c						
<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	c							
<i>Coelastrum pulchrum</i>							c	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	x c	x c	c			c	c	c
<i>Coelastrum sphaericum</i>	c	c						
<i>Coelastrum spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Crucigeniella crucifera</i>		x			c			
<i>Crucigeniella spp.</i>		c						
<b>CHARACIACEAE</b>		c				c		
<i>Chlorella spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<b>CHLORELLACEAE</b>		c	c	c	c		c	c
<b>CHLOROCOCCALES</b>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Chlorococccem cf. infusionum</i>						c		
<i>Chlorococccem infusionum</i>		c			c	c		
<i>Chlorococcum spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Chodatella spp.</i>		c	c				c	
<i>Closteriospira laemanensis</i>		c						
<i>Closteriopsis acicularis</i>		c					c	
<i>Closteriopsis longissima</i>						c		
<i>Closteriopsis spp.</i>	c	c		c	c	c	c	c
<i>Closterium spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Coenochloris spp.</i>	c	c	c	c			c	c
<i>Coenocystis spp.</i>		c	c		c			
<i>Cosmarium cf. regnesii</i>						c		
<i>Cosmarium regnesii</i>		c				c		c
<i>Cosmarium sphagnicolum</i>						c		
<i>Cosmarium spp.</i>	c	c	c	c		c	c	c
<i>Cosmarium tinctum</i>						c		
<i>Crucigenia fenestrata</i>			c				c	
<i>Crucigenia quadrata</i>		c				c	c	c
<i>Crucigenia spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Crucigenia tetrapedia</i>		c	c	c	c	c	c	
<i>Desmatractum indicum</i>	c	c						
<i>Desmatractum spp.</i>		c						c
<b>DESMIDIACEAE</b>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Desmodesmus armatus</i>	c	c		c			c	
<i>Desmodesmus armatus var. bicaudatus</i>	x c	x c	c	c		c	c	
<i>Desmodesmus communis</i>	x c	x c	c	c		c	c	c
<i>Desmodesmus denticulatus</i>	x c	x c	c	c			c	c
<i>Desmodesmus intermedius</i>	c	c				c		
<i>Desmodesmus opoliensis</i>	x c	x c	c				c	
<i>Desmodesmus quadricauda</i>			c					
<i>Desmodesmus spinosus</i>	c	c				c		
<i>Desmodesmus spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Diacanthos belenophorus</i>	c	c						
<i>Diacanthos spp.</i>		c	c				c	c
<i>Didymocystis planctonica</i>	c	c						
<i>Didymocystis spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Didymogenes cf. anomala</i>								c
<i>Dimorphococcus spp.</i>		c	c			c		
<i>Dimosphococcopsis fritschii</i>		c						
<i>Dipochloris spp.</i>		c	c					

<i>Dichotomococcus curvatus</i>	x	x c						
<i>Dichotomococcus spp.</i>		c						
<i>Dictyosphaerium cf. elegans</i>							c	
<i>Dictyosphaerium cf. pulchellum</i>			c					
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	c	c	c				c	c
<i>Dictyosphaerium elegans</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	c	c	c		c	c	c	c
<i>Dictyosphaerium spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Dictyosphaerium sphagnale</i>	x	x						
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i>		c					c	c
<i>Eremosphaera sp.</i>	x	x						
<i>Eudorina illinoisensis</i>		x						
<i>Euastrum binale</i>	c		c					
<i>Euastrum cf. binale</i>	c	c					c	
<i>Euastrum rectangulare</i>	x							
<i>Euastrum spp.</i>	c	c					c	c
<i>Elakatothrix cf. viridis</i>		c					c	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>							c	c
<i>Elakatothrix spp.</i>	c	c	c	c	c		c	c
<i>Eutetramorus fottii</i>	c	c		c			c	
<i>Eutetramorus spp.</i>	c	c	c	c	c		c	c
FORMA NÃO IDENTIFICADA	c							
FORMA PALMELÓIDE	c	c	c		c	c	c	c
<i>Franceia droescheri</i>	x	x						
<i>Franceia spp.</i>	c	c	c	c			c	c
<i>Geminella spp.</i>		c			c			c
GOLENKINIACEAE		c						
<i>Golenkinia brevispina</i>		c						c
<i>Golenkinia paucispina</i>	c	c	c	c			c	c
<i>Golenkinia radiata</i>	x c	x c	c	c			c	c
<i>Golenkinia spp.</i>	c	c	c	c			c	c
<i>Golenkiniopsis longispina</i>	x c	x c	c	c	c			c
<i>Golenkiniopsis parvula</i>		c						
<i>Golenkiniopsis solitaria</i>							c	
<i>Golenkiniopsis spp.</i>	c	c	c	c			c	c
<i>Keratococcus bicaudatus</i>		c						c
<i>Keratococcus raphidioides</i>	c	c	c					
<i>Keratococcus spp.</i>	c	c	c				c	c
<i>Kirchneriella cf. pseudoaperta</i>								c
<i>Kirchneriella cf. subcapitata</i>								c
<i>Kirchneriella acuata</i>		c						
<i>Kirchneriella aperta</i>					c			
<i>Kirchneriella contorta</i>		c	c	c	c	c	c	c
<i>Kirchneriella diana</i>		c						
<i>Kirchneriella irregularis</i>		c			c			
<i>Kirchneriella lunaris</i>		c						
<i>Kirchneriella microscopica</i>	c	c	c		c		c	
<i>Kirchneriella obesa</i>	c	c	c	c	c		c	c
<i>Kirchneriella pseudoaperta</i>	c	c	c	c				
<i>Kirchneriella spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Korshikoviella spp.</i>		c						
<i>Lobocystis spp.</i>							c	

<i>Lagerhemia balatonica</i>						c		
<i>Lagerhemia ciliata</i>		c						
<i>Lagerhemia citrifomis</i>							c	
<i>Lagerheimia longiseta</i>		x						
<i>Lagerhemia spp.</i>	c	c	c				c	c
<i>Micractinium bornhemiense</i>	c	x c						
<i>Micractinium pusillum</i>	x c	x c						
<i>Micractinium spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Monoraphidium arcuatum</i>		x c	c				c	
<i>Monoraphidium caribeum</i>		c					c	
<i>Monoraphidium circinale</i>	c	c	c	c			c	c
<i>Monoraphidium contortum</i>	x c	x c	c	c	c	c	c	c
<i>Monoraphidium griffithii</i>	c	c	c		c	c	c	c
<i>Monoraphidium irregulare</i>		c					c	
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Monoraphidium minutum</i>	c	c	c		c	c	c	c
<i>Monoraphidium mirabile</i>					c	c		c
<i>Monoraphidium nanum</i>				c				
<i>Monoraphidium spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Monoraphidium tortile</i>		c						c
<i>Monactinus simplex (=Pediastrum simplex)</i>	x	x						
<i>Mougeotia spp.</i>	x c	x c	c		c	c	c	c
MICRACTINIACEAE		c	c					
<i>Nephrochlamys spp.</i>		c						c
<i>Nephrochlamys willeana</i>							c	
<i>Nephroclytium spp.</i>		c						
OOCYSTACEAE	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Oocystis lacustris</i>				c			c	c
<i>Oocystis spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
PALMELLACEAE		c		c				c
<i>Pardoxia spp.</i>		c						
<i>Phytelios spp.</i>								
<i>Polyedriopsis spinulosa</i>	c	c				c	c	c
<i>Parapediastrum biradiatum (=Pediastrum birradiatum)</i>	x	x						
<i>Pediastrum biradiatum</i>	c	c	c				c	c
<i>Pediastrum duplex</i>	c	c	c				c	c
<i>Pediastrum duplex var. duplex</i>	x	x						
<i>Pediastrum duplex var. gracilimum</i>	x	x						
<i>Pediastrum simplex</i>	c							
<i>Pediastrum spp.</i>		c					c	
<i>Pediastrum tetras</i>	c	c					c	c
RADIOCOCCACEAE	c	c				c	c	
<i>Radiococcus spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Raphidocelis spp.</i>	c	c	c	c				c
<i>Schroederia cf. antillarum</i>			c					
<i>Schroederia cf. spiralis</i>		c						
<i>Schroederia setigera</i>		c						
<i>Schroederia spp.</i>	c	c	c		c		c	c
<i>Selenodictyon brasiliensis</i>		c	c	c	c	c		
<i>Spirogyra spp.</i>								c
<i>Stichococcus sp.</i>		c						

<i>Stauridium tetras</i>	x	x						
SCENEDESMACEAE		c	c	c	c	c	c	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	x c	x c	c	c	c		c	c
<i>Scenedesmus acutus</i>		c	c					
<i>Scenedesmus alternans</i>		c						
<i>Scenedesmus arcuatus</i>		c						
<i>Scenedesmus armatus</i>	c							
<i>Scenedesmus bernardii</i>	x	x						
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	c	c	c				c	c
<i>Scenedesmus denticulatus</i>	c	c	c				c	c
<i>Scenedesmus disciformis</i>	x							
<i>Scenedesmus dispar</i>								c
<i>Scenedesmus ecornis</i>	c	c	c	c			c	c
<i>Scenedesmus ellipticus</i>		c					c	c
<i>Scenedesmus granulatus</i>			c					
<i>Scenedesmus intermedius</i>		c	c					
<i>Scenedesmus javanensis</i>	c	c						
<i>Scenedesmus obtusus</i>	c	c						
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	c	c					c	c
<i>Scenedesmus ovalternus</i>	c	c						
<i>Scenedesmus producto-capitatus</i>	c	c						
<i>Scenedesmus protuberans</i>		c						c
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	c	x c	c			c	c	c
<i>Scenedesmus regularis</i>						c		
<i>Scenedesmus spinosus</i>	c	c	c				c	c
<i>Scenedesmus spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Staurastrum anatinum</i> var. <i>anatinum</i> f. <i>anatinum</i>	x	x						
<i>Staurastrum tetracerum</i> var. <i>tetracerum</i> f. <i>tetragona</i>	x	x						
<i>Staurastrum</i> cf. <i>bulnheimii</i>			c					
<i>Staurastrum</i> cf. <i>ellipticum</i>		c						
<i>Staurastrum gracile</i>	c	c	c				c	c
<i>Staurastrum paradoxum</i>	c						c	c
<i>Staurastrum rotula</i>			c					c
<i>Staurastrum spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Staurastrum subgracillimum</i>							c	
<i>Staurastrum tetracerum</i>						c	c	
<i>Staurastrum tetracerum</i> var. <i>tortum</i>							c	
<i>Stauroidesmus brevispina</i>								c
<i>Stauroidesmus dejectus</i>	x	x						
<i>Stauroidesmus indentatus</i>							c	
<i>Stauroidesmus spp.</i>	c	c	c	c			c	c
<i>Stauroidesmus triangularis</i>								c
<i>Tetrastrum heteracanthum</i>	c	c		c	c			c
<i>Tetrastrum homoiacanthum</i>	x							
<i>Tetrastrum punctatum</i>		c						c
<i>Tetrastrum spp.</i>	c	c		c	c			c
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>		c						
<i>Tetrastrum triangulare</i>						c		c
<i>Treubaria crassispina</i>		x						
<i>Treubaria setigera</i>	c	c	c					c
<i>Treubaria spp.</i>	c	c	c	c				c

<i>Treubaria triappendiculata</i>	c	c	c				c	
<i>Teilingia granulata</i>						c		
<i>Tetradesmus sp.</i>		c						
<i>Tetraedron caudatum</i>		c	c	c	c	c	c	c
<i>Tetraedron cf. longispinum</i>					c			
<i>Tetraedron gracile</i>		c						
<i>Tetraedron limneticum</i>		c						
<i>Tetraedron lobulatum</i>			c	c				
<i>Tetraedron mediocris</i>		c						
<i>Tetraedron minimum</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Tetraedron pusillum</i>	c		c					
<i>Tetraedron regulare</i>		c						
<i>Tetraedron spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Tetraedron triangulare</i>							c	
<i>Tetraedron trigonum</i>		c						
<i>Tetradesmus sp.</i>		c						
<i>Tetrallantos lagerheimii</i>		c	c				c	c
<i>Tetrallantos spp.</i>	c		c				c	c
<i>Tetranephris brasiliensis</i>		c						
<i>Tetranephris spp.</i>		c						
<i>Trochiscia aciculifera</i>						c		
<i>Trochiscia spp.</i>								c
<i>Westella botryoides</i>	x	x c				c		
<i>Westella spp.</i>		c	c				c	c
<i>Willea spp.</i>		c						
<i>Xanthidium spp.</i>						c		
ZYGNEMATALES	c	c	c	c	c	c	c	c
FLAGELADOS								
<i>Carteria spp.</i>	c	c					c	
<i>Chlamydotrys sp.</i>		c						
<i>Chlamydomonas cf. minutissima</i>		c					c	c
<i>Chlamydomonas spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
CHLAMYDOPHYCEAE	c	c		c			c	c
<i>Chrobrachis spp.</i>		c						
<i>Chlorogonium spp.</i>	c	c		c			c	c
CHRYSOPHYCEAE		c	c	c	c	c		c
CHRYPTOPHYCEAE	c	c	c	c	c	c	c	c
CRYPTOMONADALES								c
<i>Ciclonexis sp.</i>		c						
<i>Cryptomonas oblonga</i>	c							
<i>Cryptomonas spp.</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Chrysococcus rufescens</i>								
<i>Cyclonesis erinus</i>	c	c						
<i>Dinobryon bavaricum</i>						c		
<i>Dinobryon cf. divergens</i>							c	
<i>Dinobryon divergens</i>						c		
<i>Dinobryon sertularia</i>	c	x					c	c
<i>Dinobryon spp.</i>	c							
<i>Eudorina spp.</i>		c	c					
EUGLENACEAE	c	c	c	c	c	c	c	c
EUGLENALES	c	c	c	c	c	c	c	c

EUGLENOPHYCEAE	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Euglena texta</i> var. <i>Salina</i> (= <i>Lepocinclis salina</i> )	x	x						
<i>Euglena acus</i>		c					c	
<i>Euglena cf. caudata</i>		c						
<i>Euglena gracilis</i>		c						
<i>Euglena polymorpha</i>		c						
<i>Euglena</i> spp.	x c	x c	c	c	c	c	c	c
FORMA NÃO IDENTIFICADA	c	c	c	c	c	c	c	c
FORMA PALMELÓIDE		c						
<i>Lepocinclis acus</i>	x	x						
<i>Lepocinclis ovum</i>				c				
<i>Lepocinclis</i> spp.	c	c	c				c	
<i>Mallomonas akrokomos</i>				c	c		c	c
<i>Mallomonas</i> spp.	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Monomorphina pyrum</i>	x	x						
<i>Monomorphina</i> spp.		c	c					
OCHROMONADALES		c						
<i>Ochromonas</i> spp.	c	c						
<i>Pandorina morum</i>		c						
<i>Pandorina</i> spp.		c	c					c
<i>Pleodorina</i> spp.		c	c					
PRASINOPHYCEAE		c					c	
<i>Prymnesium czosnowiskii</i>							c	
<i>Phacus acuminatus</i>		c						
<i>Phacus caudatus</i>							c	
<i>Phacus curvicauda</i>		c						
<i>Phacus indicus</i>		c					c	c
<i>Phacus longicauda</i>	c	c	c				c	
<i>Phacus longicauda</i> var. <i>torta</i>	x	x						
<i>Phacus longicauda</i> var. <i>longicauda</i>	x	x						
<i>Phacus monilata</i> var. <i>suecica</i>	x							
<i>Phacus pleuronectes</i>	x	x						
<i>Phacus</i> spp.	c	c	c	c	c		c	c
<i>Phacus suecicus</i>								c
<i>Phacus tortus</i>		c						
<i>Rhodomonas</i> spp.	c	c						c
<i>Spermatozopsis exultans</i>							c	
<i>Spermatozopsis</i> spp.		c						
<i>Strombomonas fluviatilis</i>						c		
<i>Strombomonas</i> spp.	c	c	c	c		c	c	
<i>Synura</i> spp.		c		c	c	c		c
<i>Trachelomonas alisoviana</i>					c			
<i>Trachelomonas armata</i>		c	c	c	c			c
<i>Trachelomonas bacillifera</i>	c	c					c	c
<i>Trachelomonas cf. sydneyensis</i>							c	
<i>Trachelomonas hispida</i>	c	c						
<i>Trachelomonas oblonga</i>				c				
<i>Trachelomonas planctonica</i>								c
<i>Trachelomonas volvocina</i>	x c	x c	c	c	c	c	c	c
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	x	x c		c			c	c
<i>Trachelomonas similis</i> var. <i>spinosa</i>		x						
<i>Trachelomonas hirta</i>	x	x						

<i>Trachelomonas hirta</i> var. <i>duplex</i>	x	x						
<i>Trachelomonas</i> spp.	x c	c	c	c	c	c	c	c
<b>VOLVOCALES</b>		c	c					
<i>Ceratium furcoides</i>	x c	c	c					
<i>Ceratium</i> spp.	c	c						
<b>DINOFLAGELADO NÃO IDENTIFICADO</b>			c	c	c	c	c	c
<b>DYNOPHYCEAE</b>		c					c	
<i>Glenodinium</i> spp.	c	c	c					
<i>Glochidinium platygaster</i>		x						
<i>Gymnodinium</i> spp.	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Gyrodinium</i> spp.								c
<b>PERIDINIALES</b>	x							
<i>Peridiniopsis cunningtonii</i>	x	x						
<i>Peridinium</i> cf. <i>umbonatum</i>	c	c	c				c	
<i>Peridinium</i> spp.	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Peridinium umbonatum</i>	c	c	c	c			c	c
<i>Peridinium willey</i>	c	c						
<b>XANTOFÍCEAS</b>								
<i>Centritactus belenophorus</i>								c
<i>Centritractus</i> spp.								c
<i>Goniochloris mutica</i>		c						c
<i>Goniochloris</i> spp.	c	c						c
<i>Isthmochloron lobulatum</i>	x	x c						
<i>Isthmochloron</i> spp.	c	c		c			c	
<i>Pseudopolyedriopsis skujae</i>	x							
<i>Pseudopolyedriopsis</i> spp.			c					
<i>Pseudostaurastrum hastatum</i>	c	c						
<i>Tetraedriella jovetii</i>								c
<i>Tetraedriella spinigera</i>	x	x						
<i>Tetraedriella</i> spp.		c						
<i>Tetraplektron</i> spp.	c	c	c	c			c	c
<i>Tetraplektron tribulus</i>		c						c

**ANEXO II – Relatório "Estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade".**

**DOCUMENTO**

<i>Tipo</i>	<i>Data</i>	<i>Origem</i>	<i>Nº Página / V</i>	<i>Nº Mapas</i>
Relatório Técnico	03/02/15	ELHE	52p	

**TÍTULO DO DOCUMENTO**

Caracterização das águas do Alto Tietê em relação à presença de cianobactérias e toxicidade nos organismos aquáticos \_ Estudo de avaliação e identificação da toxicidade

**AUTOR RESPONSÁVEL**

*Assinatura / Carimbo / Data*

**AUTORES / ENTIDADES OU UNIDADES A QUE PERTENCEM**

Sandra Valéria Buratini

**DOCUMENTO AUTORIZADO POR**

*Assinatura / Carimbo / Data*

**DOCUMENTO REVISADO**

*Assinatura / Carimbo / Data*

**CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA**

- Externa       Interna  
 Reservada

**PALAVRAS CHAVES**

Avaliação e Identificação da Toxicidade, águas superficiais, cianobactérias, *Ceriodaphnia dubia*, toxicidade crônica.

**CÓDIGO E TÍTULO DO PROJETO**

PROJETO FEHIDRO - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DO ALTO TIETÊ EM RELAÇÃO À PRESENÇA DE CIANOBACTÉRIAS E TOXICIDADE A ORGANISMOS AQUÁTICOS - Código de empreendimento 2009-AT-475  
Número do contrato 193/2010 Tomador CETESB

**DISTRIBUIÇÃO INTERNA**

*Áreas / Nº de Cópias*  
ELHE e ELH

**USO DA BIBLIOTECA**

<i>Classificação de Assunto</i>	<i>Nº Documento</i>	<i>Visto / Carimbo / Data</i>

**TÍTULO DO DOCUMENTO**

Caracterização das águas do Alto Tietê em relação à presença de cianobactérias e toxicidade nos organismos aquáticos - Estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade

**RESUMO**

Os dados históricos de qualidade da água de alguns pontos situados em reservatórios do Alto Tietê indicam eventos sucessivos ou intermitentes de toxicidade, sobretudo crônica, ao microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*, caracterizando um desacordo com as condições estabelecidas para esses corpos hídricos segundo a Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005). Assim, dentro do projeto "Caracterização das águas do Alto Tietê com relação à presença de cianobactérias/algas e toxicidade aos organismos aquáticos", foram conduzidos estudos de avaliação e identificação da toxicidade com a finalidade de apontar as prováveis causas dos efeitos tóxicos assinalados e, possivelmente, sugerir medidas mitigadoras para que tais reservatórios possam manter a qualidade requerida pelo seu enquadramento.

As amostras de água superficial foram coletadas com frequência bimestral no período de outubro de 2011 a setembro de 2012, em dez pontos distribuídos entre os seguintes reservatórios: Guarapiranga (dois pontos), das Graças, Jundiá, Taiacupeba, Tanque Grande, Rio Grande, Billings (incluindo um ponto no braço do Taquacetuba) e Juqueri ou Paiva Castro. Os procedimentos para Avaliação e Identificação da Toxicidade, que compreendem três fases (Fase I ou de caracterização, Fase II ou de identificação e Fase III ou de confirmação) foram efetuados com frações congeladas das amostras qualificadas como tóxicas no ensaio ecotoxicológico inicial com *Ceriodaphnia dubia*.

Os experimentos permitiram apurar como causas da toxicidade ao microcrustáceo baixa dureza e/ou substâncias húmicas (reservatório das Graças) e florações de cianobactérias, sobretudo da espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* (reservatórios Billings e Jundiá), além de indicar que o cobre dissolvido pode responder pela inibição da reprodução de *C. dubia* nas amostras do reservatório do Rio Grande. Tais resultados evidenciam que os procedimentos de avaliação e identificação da toxicidade constituem um recurso eficiente para elucidar as causas dos efeitos tóxicos observados, sobretudo nos locais em que a toxicidade é frequente.

**OBSERVAÇÕES**

Este documento faz parte do Relatório Final do Projeto Fehidro - Caracterização das águas do Alto Tietê em relação à presença de cianobactérias e toxicidade nos organismos aquáticos (Código de empreendimento 2009-AT-475/ Número do contrato 193/2010)

**CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DO ALTO TIETÊ EM RELAÇÃO À PRESENÇA DE  
CIANOBACTÉRIAS E TOXICIDADE NOS ORGANISMOS AQUATICOS**

**CÓDIGO DE EMPREENDIMENTO: 2009-AT-475**

**NÚMERO DO CONTRATO: 193/2010**

**TOMADOR: CETESB**

**Estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade**



---

**COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ**

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	3
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	4
2.1 Coleta e preservação de amostras .....	4
2.2 Água de diluição .....	5
2.3 Organismos-teste .....	5
2.4 Testes de toxicidade crônica e análise estatística .....	6
2.5 Procedimentos para avaliação e Identificação da Toxicidade (AIT) .....	6
2.5.1 Fase I ou fase de caracterização .....	7
2.5.1.1 Teste de toxicidade base .....	7
2.5.1.2 Teste de toxicidade com filtração da amostra .....	7
2.5.1.3 Teste de toxicidade com aeração da amostra .....	7
2.5.1.4 Teste com extração em fase sólida .....	8
2.5.1.5 Teste com adições de EDTA (ácido etilendiaminotetracético) .....	8
2.5.1.6 Teste com adições de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (tiosulfato de sódio) .....	8
2.5.2 Fase II ou fase de identificação .....	8
2.5.2.1 Filtração da amostra e extração das membranas .....	9
2.5.2.2 Centrifugação .....	9
2.5.2.3 Extração em fase sólida .....	9
2.5.3 Fase III ou fase de confirmação .....	10
<b>3 RESULTADOS</b> .....	10
3.1 Sub-bacia do Cotia-Guarapiranga .....	10
3.1.1 Reservatório das Graças .....	10
3.1.2 Reservatório Guarapiranga .....	16
3.2 Sub-bacia do Alto Tietê-cabeceiras .....	19
3.2.1 Reservatório Jundiá .....	19
3.2.2 Reservatório Taiacupeba .....	28
3.2.3 Reservatório Tanque Grande .....	30
3.3 Sub-bacia Billings .....	32
3.3.1 Reservatório do Rio Grande .....	32
3.3.2 Reservatório Billings .....	34
3.4 Sub-bacia do Juqueri-Cantareira .....	43
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	46
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	47
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	48

## 1. INTRODUÇÃO

O monitoramento de ambientes aquáticos por meio da análise de substâncias químicas prioritárias mostrou-se insatisfatório, uma vez que não inclui a análise de todos os compostos possivelmente presentes, nem avalia os efeitos decorrentes da interação de tais agentes químicos. Para preencher essa lacuna e caracterizar o efeito global da amostra, foram implantados os ensaios ecotoxicológicos com organismos aquáticos. Estes, por sua vez, permitem quantificar a toxicidade das amostras, mas não apontam suas causas ou fontes, de modo a orientar ações de prevenção e controle (BURGESS et al, 2013; WALLER et al, 2005).

Existem duas abordagens destinadas à caracterização e identificação dos agentes tóxicos responsáveis pelos efeitos adversos observados nos ensaios ecotoxicológicos. A metodologia mais recente, desenvolvida na Europa e denominada Análise Direcionada pelo Efeito Biológico (do inglês EDA, Effects-Directed Analysis), utiliza ensaios “in vitro” para avaliar a mutagenicidade ou genotoxicidade de extratos em solventes orgânicos das amostras, com destaque especial para investigação de contaminantes orgânicos em amostras de sedimentos (BURGESS et al, 2013). A outra, mais conhecida e amplamente aplicada, corresponde aos estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade ou simplesmente AIT (do inglês TIE, Toxicity Identification Evaluation). Desenvolvida na década de 1980, propõe a realização de uma série de manipulações da amostra, seguidas da avaliação dos efeitos de cada tratamento sobre a sobrevivência, reprodução ou crescimento dos organismos aquáticos, de modo a pesquisar todos os grupos de compostos potencialmente tóxicos (NORBERG-KING et al, 2005; USEPA, 1991).

Com o objetivo de investigar as causas dos efeitos agudos e crônicos registrados nos ensaios com *Ceriodaphnia dubia*, efetuados rotineiramente no monitoramento das águas interiores do Estado de São Paulo, a CETESB implantou a abordagem do AIT (CETESB, 2005; 2007). Trata-se de um procedimento que se desenvolve, geralmente, em três fases:

Fase I ou fase de caracterização: a amostra identificada como tóxica, é fracionada em alíquotas e cada alíquota é submetida a uma manipulação física ou química de modo a modificar ou tornar biologicamente não disponível um grupo específico de agentes tóxicos. Cada alíquota é testada quanto à toxicidade e o resultado obtido é comparado ao do teste base (efetuado com a amostra sem manipulações), verificando quais tratamentos alteram, reduzem ou eliminam os efeitos, indicando a natureza do composto responsável pelo efeito tóxico.

Fase II ou fase de identificação: a partir dos resultados da Fase I, efetuam-se as técnicas de fracionamento que reduzem ou removem a toxicidade, seguidas da realização de testes de toxicidade e das análises químicas do composto suspeito.

Fase III ou fase de confirmação: inclui procedimentos que evidenciam a identificação correta do agente responsável pela toxicidade, destacando-se a correlação da intensidade dos efeitos tóxicos com as concentrações do composto suspeito.

Os dados históricos de qualidade da água de alguns pontos situados em reservatórios do Alto Tietê indicam eventos sucessivos ou intermitentes de toxicidade, sobretudo crônica, ao microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*, caracterizando um desacordo com as condições estabelecidas para esses corpos hídricos segundo a Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005). Assim, dentro do projeto “Caracterização das águas do Alto Tietê com relação à presença de cianobactérias/algas e toxicidade aos organismos aquáticos”, foram conduzidos estudos de avaliação e identificação da toxicidade com a finalidade de indicar as prováveis causas dos efeitos tóxicos assinalados e, possivelmente, sugerir medidas mitigadoras para que tais reservatórios possam manter a qualidade requerida pelo seu enquadramento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta e preservação de amostras

As amostras foram coletadas bimestralmente, entre Outubro de 2011 e Setembro de 2012, nos dez pontos incluídos neste projeto (Tabela 1). Em cada campanha foram coletados 1,5 L de amostra para realização do ensaio ecotoxicológico inicial com *Ceriodaphnia dubia*, além de 10 L que foram preservados por congelamento, conforme previsto pela Norma ABNT-NBR 13373 (2010). Posteriormente, utilizando estas frações congeladas das amostras que foram qualificadas como tóxicas no teste inicial, foram efetuados experimentos para Avaliação e Identificação da Toxicidade.

Tabela 1: Localização e descrição dos pontos de coleta.

Sub-bacia	Sistema Hídrico	Código do Ponto	Descrição do ponto
Cotia-Guarapiranga	Reservatório Guarapiranga	01 SP 06 100 GUAR 00100	No meio do braço do Rio Parelheiros, no bairro do Balneário São José – São Paulo.
		01 SP 06 100 GUAR 00900	Na captação da SABESP, junto à casa de bombas- São Paulo
	Reservatório das Graças	01 SP 06 278 COGR 00900	Na barragem, junto à captação do Alto Cotia. Cotia – SP.
Alto Tietê-Cabeceiras	Reservatório do Rio Jundiá	01 SP 06 454 JNDI 00500	No canal de interligação do reservatório Jundiá com o Reservatório Taiaçupeba – Mogi das Cruzes – SP.
	Reservatório Taiaçupeba	01 SP 06 672 PEBA 00900	Na captação da SABESP – Suzano – SP.
	Reservatório Tanque Grande	01 SP 06 336 TGDE 00900	Junto à barragem, no município de Guarulhos. Guraulhos – SP.
Billings	Reservatório Rio Grande	01 SP 06 635 RGDE 02900	Próximo à Rodovia Anchieta, junto à captação da SABESP. São Bernardo do Campo - SP
	Reservatório Billings	01 SP 06 635 BILL 02900	Próximo à barragem reguladora Billings-Pedras (Summit Control). São Bernardo do Campo. SP.
	Braço do Taquacetuba	01 SP 06 100 BITQ 00100	Na baía situada no final da Rua Tomekichi Inouye (captação da SABESP)- SP.
Juqueri-Cantareira	Reservatório do Juqueri ou Paiva Castro.	01 SP 06 433 JQJU 00900	Ponte Santa Inês, na rodovia que liga Mairiporã a Franco da Rocha. Mairiporã – SP.

## 2.2 Água de diluição

Para controle analítico, preparo dos brancos e diluição das amostras, utilizou-se a água do Reservatório do Ribeirão do Piraí, localizado no município de Salto. Esta corresponde à água de cultivo dos organismos no Setor de Ecotoxicologia Aquática (ELHE) da CETESB e tem valores de dureza e pH ajustados para as respectivas faixas, normalmente encontradas em águas superficiais do Estado de São Paulo.

Os brancos da toxicidade correspondem a alíquotas de água de diluição sujeitas às mesmas manipulações das amostras para verificar se há introdução de efeitos decorrentes dos procedimentos.

## 2.3 Organismos-teste

Foram utilizados organismos jovens de *Ceriodaphnia dubia*, com 6 a 30 horas de idade, cultivados conforme procedimento interno.

#### **2.4 Testes de toxicidade crônica e análise estatística**

Nestes ensaios, organismos jovens foram expostos às amostras sem diluição (100%), durante sete dias, com alimentação diária e renovação das soluções a cada 48 horas. Ao final deste período, a sobrevivência e a reprodução dos organismos expostos foram comparadas às obtidas no tratamento controle.

Os resultados foram analisados por meio do programa Estatístico TOXSTAT 3.5 (WEST INC & GULLEY, 1995), aplicando-se o teste de Fisher para avaliar efeitos sobre a sobrevivência; para estimar os efeitos sobre a reprodução, utilizou-se o teste “t” por bioequivalência, que inclui a proporção de efeito aceitável para que a amostra seja considerada biológica e estatisticamente igual ao controle (BERTOLETTI et al, 2007). Assim, por meio dessa abordagem, efetuou-se o quociente entre o número médio de jovens produzidos no controle e na amostra; o valor obtido foi comparado ao valor crítico de Bonferroni.

Nos experimentos relativos aos estudos de avaliação e identificação da toxicidade os ensaios com *C. dubia* distinguiram-se dos realizados rotineiramente na Rede de Monitoramento por incluir 3 ou 4 diluições das alíquotas de amostras manipuladas, utilizando-se cinco réplicas por concentração, conforme procedimento interno. Os resultados foram analisados pelo método de interpolação linear, disponível no Programa ICPIN (NORBERG-KING, 1993), calculando-se a concentração que causou 25% de inibição da reprodução, no período de sete dias (CI25;7 dias). Esta corresponde à porcentagem em que não se observa efeito significativo em relação ao controle (USEPA, 1992).

Como não foi possível calcular o intervalo de confiança para a maior parte dos ensaios (devido ao não atendimento da condição do programa estatístico, na qual ao número de reamostragens geradas deve ser múltiplo de 40), a fórmula proposta em USEPA (1985), que permitiria a comparação entre os valores de CI25 obtidos, não pode ser aplicada. Assim, nos casos em que não se observou remoção total da toxicidade, calculou-se a razão entre a CI25 relativa ao ensaio com a alíquota de amostra manipulada e a CI25 obtida no respectivo teste base. Considerou-se um tratamento efetivo na remoção dos efeitos tóxicos quando o quociente foi superior a dois, fator considerado normal e aceitável para variabilidade em testes de toxicidade, segundo CHAPMAN (2000).

#### **2.5 Procedimentos para Avaliação e Identificação da Toxicidade (AIT)**

Inicialmente, os estudos de Avaliação e Identificação de Toxicidade seriam efetuados com amostras provenientes de dois pontos com histórico de efeitos tóxicos consistentes, sob os aspectos frequência e intensidade. Contudo, como as normas relativas a ensaios ecotoxicológicos possibilitam o congelamento de amostras pelo período de até sessenta dias, optou-se pela

realização de tais estudos com todas as amostras que apresentassem toxicidade no ensaio inicial, desde que houvesse disponibilidade de organismos. Assim, das 60 amostras analisadas, 22 (36,6%) apresentaram efeitos tóxicos, sendo que tais estudos não puderam ser aplicados a apenas quatro, correspondendo às amostras coletadas nos pontos BITQ 00100 e COGR 00900 (Janeiro de 2012) e nos pontos GUAR 00100 e JNDI 0500 (fevereiro de 2012).

### **2.5.1 Fase I ou fase de caracterização**

Nesta etapa, a amostra a ser analisada foi dividida em alíquotas; cada alíquota foi submetida a uma manipulação específica, transferida para um frasco de polietileno identificado e preservada por refrigeração, para posterior utilização no preparo das soluções-teste a cada dia de renovação

#### **2.5.1.1 Teste de toxicidade base**

Corresponde ao ensaio efetuado com a amostra sem manipulações para determinar a sua toxicidade intrínseca. O resultado obtido neste teste deve ser comparado com os resultados dos ensaios efetuados com as alíquotas manipuladas para identificar os tratamentos que atenuam ou eliminam os efeitos tóxicos da amostra. Além disso, o teste base permite verificar se há degradação da toxicidade da amostra no decorrer do período de armazenamento (USEPA, 1991; NORBERG-KING, 2005).

#### **2.5.1.2 Teste de toxicidade com filtração da amostra**

A filtração de uma alíquota das amostras em membrana de fibra de vidro de 1 µm de porosidade tem por objetivo verificar se a toxicidade registrada pode ser atribuída a agentes tóxicos associados ao material particulado, os quais se tornariam biodisponíveis ao microcrustáceo por meio da ingestão de tais partículas. Ressalta-se que antes da passagem da amostra, uma alíquota de água de diluição deve ser filtrada para ser utilizada como branco do teste da filtração.

#### **2.5.1.3 Teste de toxicidade com aeração da amostra**

Nesta manipulação, alíquotas das amostras e de água de diluição (correspondente ao branco) são transferidas para provetas e submetidas à aeração pelo período de 60 minutos, para avaliar se a toxicidade é devida à presença de compostos oxidáveis, voláteis ou flotáveis.

#### **2.5.1.4 Teste com extração em fase sólida**

Esta manipulação destina-se a determinar se a toxicidade da amostra pode ser atribuída a presença compostos orgânicos não polares, como solventes, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e alguns pesticidas (NORBERG-KING et al, 2005). O procedimento inclui o

bombeamento de uma alíquota de água de diluição e de dois litros de amostra, previamente filtrados em membrana de fibra de vidro de 1  $\mu\text{m}$ , por um cartucho de octadecil ( $\text{C}_{18}$ ), previamente condicionado pela passagem de metanol e água desionizada. Em seguida, avalia-se a toxicidade da amostra pós-coluna; caso haja remoção dos efeitos, efetua-se a eluição do cartucho com metanol, com o objetivo de recuperar os agentes tóxicos retidos. Para confirmar esta recuperação, o eluato é concentrado sob uma corrente de nitrogênio e testado quanto à toxicidade (USEPA, 1991).

#### **2.5.1.5 Teste com adições de EDTA (ácido etilenodiaminotetracético)**

O EDTA é utilizado para verificar se a toxicidade da amostra é decorrente da presença de metais catiônicos, uma vez que é um forte agente quelante, capaz de retirar certos metais dissolvidos da amostra mediante a formação de complexos metálicos não tóxicos. Assim, esta manipulação consiste na preparação de duas séries de diluições da amostra, adicionando-se volumes de uma solução-estoque de EDTA de modo a obter uma concentração final deste produto de 3,0 mg/L na primeira série e de 8,0 mg/L na segunda.

#### **2.5.1.6 Teste com adições de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (tiosulfato de sódio)**

O tiosulfato de sódio é um composto redutor que, adicionado a amostras, pode reduzir ou eliminar a toxicidade causada por agentes oxidantes, como o cloro. Além disso, possui a propriedade de complexar alguns metais catiônicos (cobre, por exemplo), reduzindo seus efeitos tóxicos. Nesse sentido este procedimento inclui a preparação de duas séries de diluições da amostra, seguida da adição de volumes de uma solução estoque de tiosulfato de sódio de modo a atingir uma concentração final deste composto de 10 mg/L na primeira série e de 25 mg/L na segunda.

### **2.5.2 FASE II ou fase de identificação**

Neste estudo, esta etapa envolveu as técnicas de fracionamento e análises químicas destinadas à identificação dos agentes tóxicos removidos por filtração e extração em fase sólida, uma vez que estas foram as manipulações da fase de caracterização que promoveram a redução ou supressão dos efeitos tóxicos a *Ceriodaphnia dubia*. Assim, além do teste base, foram aplicadas as seguintes técnicas:

#### **2.5.2.1 Filtração da amostra e extração das membranas**

Nesta fase, após a filtração da amostra e verificação da influência desta manipulação sobre a toxicidade, deve-se efetuar a extração das membranas por meio de um solvente a fim de recuperar os compostos retidos (USEPA, 1992). Como os resultados obtidos após as adições de EDTA às

amostras não evidenciaram toxicidade por metais, utilizou-se apenas um solvente orgânico (metanol) para extração. Assim, as membranas referentes a cada amostra foram combinadas e imersas em um béquer contendo 20 mL de metanol durante uma hora. Ao final deste período, os filtros foram removidos e o metanol foi evaporado para 2 mL sob uma corrente de nitrogênio. Os ensaios ecotoxicológicos com os extratos finais seguiram o procedimento aplicado aos eluatos da extração em fase sólida; o volume restante dos extratos foi encaminhado para análises químicas (cianotoxinas e compostos orgânicos). É importante lembrar que a concentração dos extratos finais variou de acordo com o volume de amostra filtrado.

### **2.5.2.2 Centrifugação**

Outra técnica para investigar efeitos tóxicos associados às partículas é a centrifugação em alta velocidade. Neste estudo, as amostras foram centrifugadas a 10.000g durante vinte minutos; o sobrenadante foi coletado e testado quanto à toxicidade.

### **2.5.2.3 Extração em fase sólida**

A fase II para identificação de compostos extraídos em fase sólida incluiu a passagem das amostras por cartucho de octadecil, seguida da eluição por uma série de soluções água/metanol progressivamente menos polares, ou seja, 25%, 50%, 75%, 90% e 100%. Cada fração foi testada quanto à toxicidade e o volume remanescente foi preservado por refrigeração para análises químicas posteriores (USEPA, 1993a).

Para algumas amostras que apresentaram redução de toxicidade após esta manipulação, verificou-se que cianotoxinas estariam entre os agentes tóxicos prováveis. Neste caso, para concentração dos principais tipos de toxinas (microcistinas, cilindropermopsinas, e saxitoxinas) também foram utilizados outros dois tipos de cartucho, conforme indicado por NICHOLSON et al (2007). Assim, foram empregadas colunas pré-empacotadas de carbono grafitizado não-poroso (ENVI-CARB, com alta capacidade de retenção e eluição de saxitoxinas) e colunas HLB (com recheio hidrofílico-lipofílico balanceado, apresentando alta capacidade de retenção e eluição de cilindropermopsinas).

### **2.5.3 Fase III ou fase de confirmação**

Neste estágio, os procedimentos visam confirmar se a identificação do agente tóxico está correta. Dentre as abordagens recomendadas, optou-se pela correlação devido à disponibilidade de uma série temporal de resultados. Neste caso, aplica-se uma análise de regressão, com o objetivo de

verificar se existe correlação entre as unidades tóxicas das amostras e as unidades tóxicas relativas ao agente suspeito nas mesmas (USEPA, 1993b).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Sub-bacia do Cotia-Guarapiranga

##### 3.1.1 Reservatório das Graças

Nesta sub-bacia, as águas coletadas no ponto de captação do Reservatório das Graças (COGR 00900), apresentaram o pior perfil ecotoxicológico, com registro de toxicidade crônica a *C. dubia* em 5 campanhas (Tabela 2), representando 87% das amostras analisadas e mantendo a tendência evidenciada no relatório preliminar e também nos relatórios da Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais (CETESB, 2012a; 2013).

Em 50% das amostras, alumínio dissolvido e fenóis totais ultrapassaram os respectivos limites definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água desta classe (Tabela 2). Ferro dissolvido e pH também discordaram dos padrões correspondentes em 17% das amostras, assim como células de cianobactérias (33% das amostras). Entretanto, a redução da produção de jovens observada nos ensaios com esse microcrustáceo não pode ser atribuída a nenhuma dessas ocorrências, verificando-se que, exceção feita à amostra de setembro, a intensidade desses efeitos permaneceu praticamente constante ao longo do período de estudo (Figura 1), mesmo para amostras que não apresentaram desconformidades para as análises químicas.

Tabela 2: Resultados dos principais parâmetros relacionados aos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* para amostras coletadas no ponto COGR 00900.

Descrição do parâmetro/ Unidade	Padrão CONAMA 357/2005	Campanha/Nº da amostra					
		(Nov/2011) 1130597	(Jan/2012) 1208441	(Mar/2012) 1212922	(Mai/2012) 1220462	(Jul/2012) 1223415	(Set/2012) 1229590
Condutividade	-	16	18	18	18	17	160
Oxigênio dissolvido (mg/L)	<b>&gt; 6,0</b>	8,4	7,3	8,5	8,6	7,9	8,3
pH	<b>6 até 9</b>	7,2	<b>5,9</b>	6,7	6,4	6,4	7
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	4,32	23,1	4,4	6,62	3,15	3,18
Alumínio dissolvido (mg/L)	<b>&lt; 0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,18</b>	<0,10	<0,10	<0,10	<b>0,13</b>
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	< 50	3,69	3,25	2,94	2,85	3,25
Fenóis totais (mg/L)	<b>&lt; 0,003</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	Cancelada	< 0,003	< 0,003	<b>0,01</b>
Ferro dissolvido (mg/L)	<b>&lt; 0,3</b>	0,16	0,22	<b>0,38</b>	0,12	0,15	0,18
Fósforo total (mg/L)	<b>&lt; 0,02</b>	<b>0,04</b>	<b>0,12</b>	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,05
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)		0,11	<0,10	0,58	< 0,10	< 0,10	0,12
Toxicidade crônica a <i>C. dubia</i>	<b>Não tóxico</b>	<b>Crônico</b>	<b>Crônico</b>	Não tóxico	<b>Crônico</b>	<b>Crônico</b>	<b>Crônico</b>
Nº de células de cianobactérias/mL	<b>&lt; 20000</b>	<b>59565</b>	18202	<b>93577</b>	16395	6885	11260
Cianobactérias predominante (nº de organismos/mL)		1;2 <sup>(1)</sup>	1;2	1;2	1;2	2	1;2
Microcistinas (µg/L)		< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,16	< 0,16	< 0,16
Saxitoxinas (µg/L)		< 002	< 002	< 002	< 002	< 002	< 002
Cilindrospermopsinas (µg/L)		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

NOTA: Desconformidades em negrito.

(1): *Aphanocapsa sp*; (2): *Cyanogranis sp*

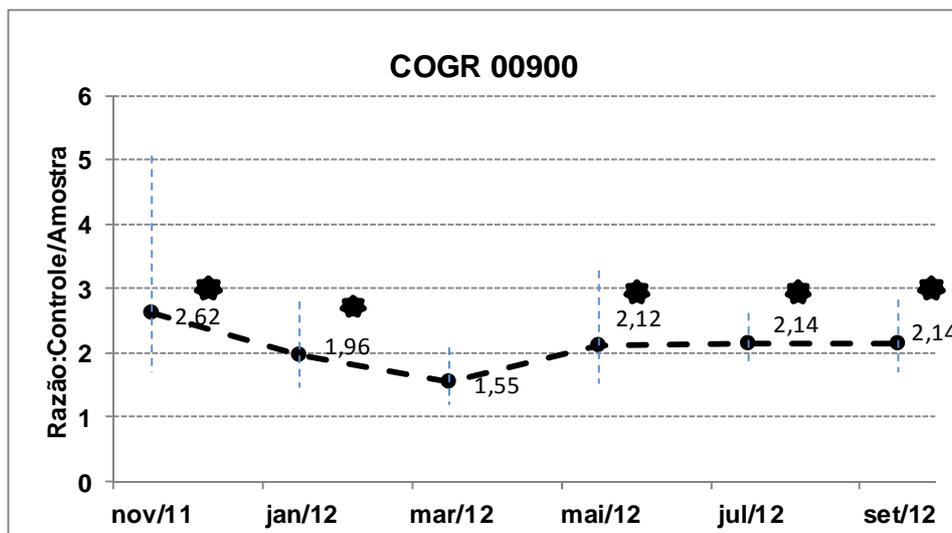


Figura 1: Quociente (e respectivo intervalo de confiança) entre a média de jovens produzidas no controle (C) e na amostra (T). O asterisco indica a ocorrência de diferença significativa, caracterizando efeito tóxico crônico.

Os resultados dos ensaios relativos aos estudos de avaliação e identificação da toxicidade são apresentados na Figura 2 e na Tabela 3. Esses estudos, efetuados com quatro amostras (a amostra de janeiro não pode ser avaliada por problemas operacionais), evidenciaram que os efeitos tóxicos são persistentes, mantendo-se mesmo após sua preservação por congelamento (Tabela 3).

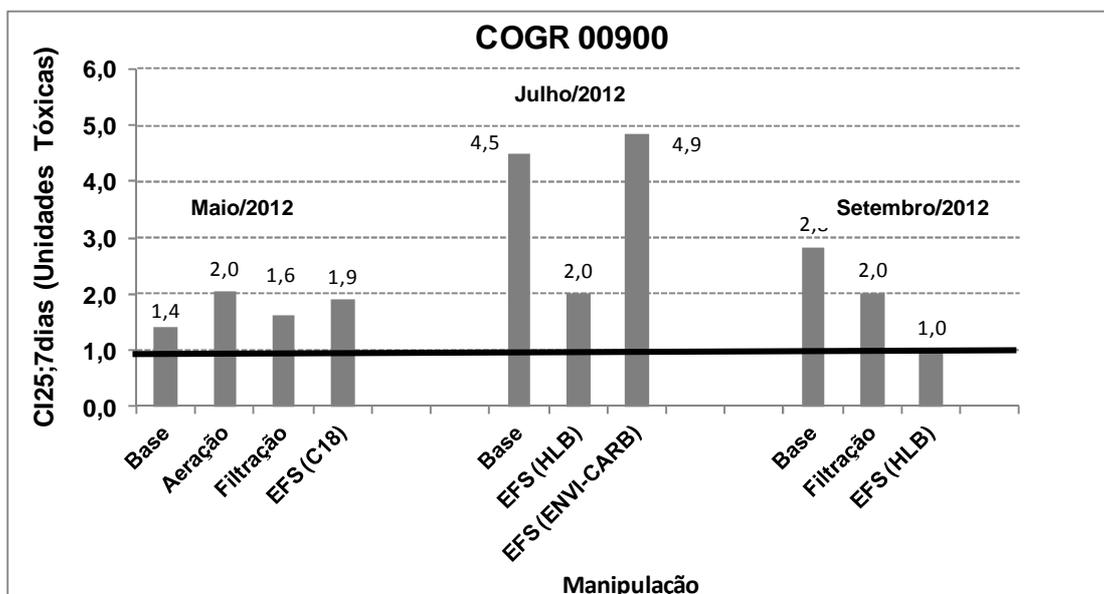


Figura 2: Resultados convertidos em Unidades Tóxicas (UT= 100/C125;7dias), relativos aos ensaios ecotoxicológicos efetuados com as amostras sem manipulação (base) e após as diferentes manipulações. A linha indica o valor abaixo do qual se caracteriza ausência de toxicidade.

Tabela 3: Resultados dos ensaios e significância dos efeitos produzidos pelas diferentes manipulações nos estudos de avaliação e identificação da toxicidade, efetuados com as amostras do ponto COGR 00900.

Amostra	Campanha	Manipulação	CI25;7dias (%)	Efeito resultante
1130597	Novembro/2011	Teste base	Crônico <sup>(1)</sup>	
		Aeração	Crônico	NS <sup>(2)</sup>
		Filtração	Crônico	NS
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	Crônico	NS
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	NR <sup>(3)</sup>	
		Adição de EDTA (3 mg/L)	Crônico	NS
		Adição de Tiosulfato de sódio (5 mg/L)	Crônico	NS
1220462	Maio/2012	Teste base	70,1	
		Aeração	49,07	NS
		Filtração	60,8	NS
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	52,46	NS
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	C <sup>(4)</sup>	
1223415	Julho/2012	Teste base	22,17	
		Extração em Fase Sólida (HLB)	50,0	S <sup>(5)</sup>
		Extração em Fase Sólida (Envi-Carb)	20,61	NS
		Eluição HLB com metanol	Não tóxico	R <sup>-(6)</sup>
		Eluição Envi-Carb com metanol	Não tóxico	R <sup>-</sup>
1229590	Setembro/2012	Base	35,09	
		Filtração	49,43	NS
		Extração em Fase Sólida (HLB)	> 100,0	S
		Eluição HLB com metanol	Não tóxico	R <sup>-</sup>

(1) Resultado qualitativo, pois não foram efetuadas diluições da amostra.

(2) NS: Não significativo.

(3) NR: Não realizado.

(4) C: Ensaio cancelado

(5) S: Significativo

(6) R<sup>-</sup>: Sem recuperação de agentes tóxicos

Tanto para a primeira amostra (analisada sem diluições), quanto para a coletada em maio, verificou-se que nenhuma manipulação da fase de caracterização exerceu efeito significativo sobre a toxicidade. Conseqüentemente, no experimento com a amostra coletada em julho, utilizaram-se dois tipos distintos de cartuchos para a extração em fase sólida - Envi-Carb e HLB - observando-se redução de toxicidade após a passagem da amostra por este último, sem recuperação dos efeitos no eluato com metanol. Tal resultado repetiu-se com a amostra referente à campanha de setembro, onde o efeito tóxico crônico a *C. dubia* foi eliminado após essa manipulação (Figura 2).

Este manancial recebe as águas do Reservatório Pedro Beicht (situado à montante) por um canal superficial que percorre cerca de dez quilômetros ao longo da Reserva Florestal de Morro Grande (DA SILVA, 2012). Portanto, está sujeito a contribuições provenientes do reservatório situado à montante e do escoamento superficial, o que pode ser denotado pelos dados da Rede de

Monitoramento referentes aos parâmetros microbiológicos, fósforo total, ferro e alumínio dissolvidos, fenóis totais (CETESB, 2012a; 2013). Com relação aos fenóis, deve-se considerar, ainda, que são compostos que podem ter origem alóctone a partir da decomposição da matéria orgânica vegetal (CCME, 1999). Segundo SILVA (2012) o sedimento desse manancial apresenta uma relação Carbono:Nitrogênio entre 10 e 20, evidenciando um processo de enriquecimento natural, com predomínio de substâncias húmicas. Como o reservatório é raso (1 a 4 metros de profundidade), a coluna d'água pode sofrer uma maior influência do sedimento e, conseqüentemente, desses compostos.

As substâncias húmicas são subprodutos da decomposição da matéria orgânica natural e possuem grupos carboxílicos e fenólicos, contendo núcleos aromáticos. Dependendo da sua origem e dos grupos funcionais presentes, podem causar efeitos indiretos como complexação de metais e compostos orgânicos, com alteração de sua biodisponibilidade a organismos aquáticos. Por outro lado, EUENT et al (2008) verificaram em experimentos realizados com outro dafinídeo (*Daphnia magna*), que substâncias húmicas dissolvidas podem ser assimiladas diretamente, causando alterações do ciclo vital e stress oxidativo, com elevação dos níveis de enzimas que agem nos processos de detoxificação. Além disso, GLOVER et al (2005) constataram que os ácidos húmicos, dependendo das suas características estruturais, podem interferir no metabolismo do sódio desses organismos.

Como as substâncias húmicas são precursoras dos trihalometanos (compostos halogenados gerados no processo de tratamento da água bruta destinada ao abastecimento, em virtude da cloração), os resultados do carbono orgânico e do potencial de formação de trihalometanos avaliados nas amostras deste manancial (CETESB, 2012a; 2013) podem ser um indicativo de sua ocorrência (Tabela 4).

Portanto, no presente estudo, a redução ou eliminação da toxicidade das amostras relativas às campanhas de julho e setembro, após a passagem pelo cartucho HLB, reforçam tais suposições, uma vez que esse tipo de coluna é apropriado não só para extração de fenóis, mas também de substâncias húmicas.

Tabela 4: Concentrações de carbono orgânico total e potencial de formação de trihalometanos em amostras coletadas no ponto COGR 00900 em 2011 e 2012 (CETESB, 2013).

Parâmetro	Ano	Campanha/Nº da Amostra					
		Janeiro	Março	Mai	Julho	Setembro	Novembro
Carbono Orgânico Total (mg/L)	2011	8,43	6,68	3,68	5,71	3,14	6,33
	2012	6,56	6	4,01	3,47	3,64	5,71
Potencial de Formação de Trihalometanos (µg/L)	2011	490	-	564	408	-	440
	2012	353	-	291	341	-	450

- Resultado não disponível.

Devido à baixa dureza das águas do Reservatório das Graças (inferior a 4 mg/L em CaCO<sub>3</sub>), foram efetuados ensaios com alíquotas de amostra bruta com dureza ajustada para as faixas de 10 a 13, 40 a 48 e 80 a 100 mg/L CaCO<sub>3</sub>. Os resultados indicaram a remoção dos efeitos em todas as faixas (Figura 3) o que corroboraria a suspeita inicial de que o fraco desempenho desses organismos refletiria os baixos valores de dureza e alcalinidade característicos das águas do manancial. Segundo COWGILL & MILLAZZO (1991), essa espécie de microcrustáceo apresenta sinais de estresse em águas com dureza abaixo de 9 mg/L em CaCO<sub>3</sub> e redução do número de crias em alcalinidade inferior a 45 mg/L em CaCO<sub>3</sub>. Entretanto, essa supressão dos efeitos também poderia indicar a associação dos íons cálcio e magnésio aos grupos funcionais carboxílicos ou fenólicos, cuja formação também é dependente do pH (RODRIGUES et al, 2006).

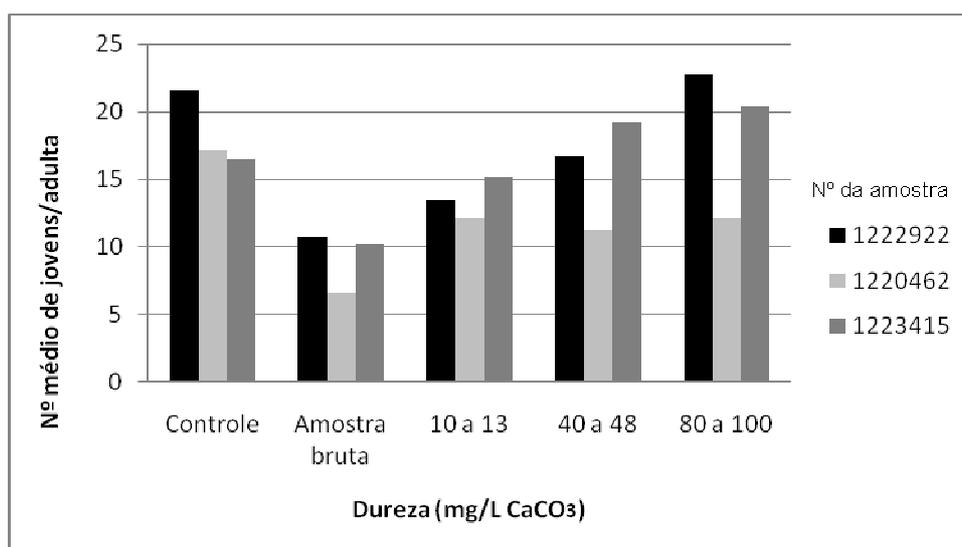


Figura 3: Efeitos do ajuste da dureza das amostras coletadas no ponto COGR 00900 sobre o número médio de jovens produzidos por adulta.

Embora a análise do zooplâncton não tenha sido incluída neste projeto, ROCHA et al (2011) também não registraram a ocorrência de cladóceros da família Daphniidae nas águas deste reservatório. Nesse levantamento, foram assinalados apenas representantes das famílias Bosminidae e Chydoridae, cuja distribuição estaria ligada, respectivamente, ao pH ácido e à existência de detritos oriundos da decomposição de matéria vegetal (ROSSA et al, 2001).

### 3.1.2 Reservatório Guarapiranga

As amostras pertinentes ao ponto GUAR 00100, situado no Reservatório Guarapiranga próximo ao braço do Rio Parelheiros, mantiveram como ocorrências frequentes baixos níveis de oxigênio dissolvido e elevadas densidades de células de cianobactérias (67% das campanhas), além de elevadas concentrações de fósforo total (83% das campanhas) (Tabela 5). Apesar disso, somente na amostra coletada em Fevereiro registrou-se toxicidade crônica de intensidade mínima, pois a razão entre a reprodução no controle e na amostra (1,76) foi pouco superior a 1,73, valor crítico estabelecido pela análise estatística (Figura 4).

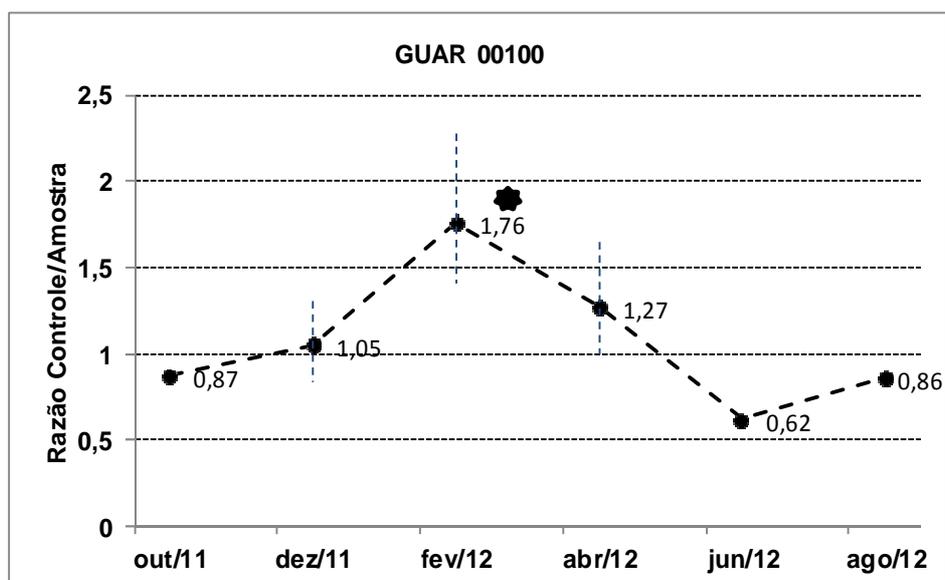


Figura 4: Quociente entre a média de jovens produzidas no controle e na amostra. O asterisco indica a ocorrência de diferença significativa, caracterizando efeito tóxico crônico.

Não foi possível efetuar o estudo de Avaliação e Identificação da Toxicidade com essa amostra, contudo, o efeito tóxico limiar poderia estar associado à concentração de cobre dissolvido nesta amostra (0,01 mg/L). Embora Zagatto et al (CETESB,1995), utilizando água desse manancial para diluição em ensaios com sulfato de cobre, não tenham verificado redução significativa na reprodução desse organismo em 0,012 mg/L do metal, ressalta-se que os efeitos fisiológicos do

cobre em sistemas aquáticos são variáveis e resultam da combinação de uma série de processos e fatores físicos e químicos (WHO, 1998).

Tabela 5: Resultados dos principais parâmetros relacionados aos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* para amostras coletadas no ponto GUAR 00100.

Descrição do parâmetro/ Unidade	Padrão CONAMA 357/2005	Campanha/Nº da amostra					
		(Out/2011) 1128588	(Dez/2011) 1131672	(Fev/2012) 1212020	(Abr/2012) 1219842	(Jun/2012) 1220488	(Ago/2012) 1220683
Condutividade (µS/cm)	-	159	201	115	220	184	126
Oxigênio dissolvido (mg/L)	> 6,0	6,5	<b>4,37<sup>(*)</sup></b>	7,1	<b>4,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,4</b>
pH	6 até 9	7,4	7,27	7,3	6,9	7,1	6,7
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	38,6	55	30,8	73,5	45,52	32,1
Cobre dissolvido (mg/L)	< 0,009	<0,009	<0,009	<b>0,01</b>	<0,009	<0,009	<0,009
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	35,3	48,3	31	51,7	44	30,4
Fenóis totais (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	<b>0,01</b>	< 0,003	<b>0,004</b>
Ferro dissolvido (mg/L)	< 0,3	0,15	<b>0,38</b>	< 0,10	0,29	0,19	< 0,10
Fósforo total (mg/L)	< 0,02	<b>0,14</b>	<b>0,21</b>	<b>0,07</b>	<b>0,32</b>	< 0,02	<b>0,05</b>
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)		1,07	1,52	0,24	2,53	0,59	0,63
Toxicidade crônica a <i>C. dubia</i>	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	<b>Crônico</b>	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico
Nº de células de cianobactérias/ mL	< 20000	<b>62250</b>	7910	<b>69075</b>	<b>31385</b>	<b>41950</b>	12180
Cianobactérias predominantes (nº de organismos/mL)		1,2,3 <sup>(**)</sup>	3,4,5	1,4,5	1,3,4	6,5,7	1
Microcistinas (µg/L)		< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,16	< 0,16	< 0,16
Saxitoxinas(µg/L)		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cilindrospermopsinas (µg/L)		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

(\*) Desconformidades em negrito.

(\*\*) 1: *Aphanocapsa delicatissima*; 2: *Aphanocapsa incerta*; 3: *Cyanogranis ferruginea*; 4: *Pseudanabaena catenata*; 5: *Cylindrospermopsis raciborskii*; 6: *Planktothrix agardii*; 7: *Sphaerocavum brasiliensis*;

Por outro lado, destaca-se a presença de um pequeno número de organismos (47/mL) da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii*, espécie com potencial para causar efeitos adversos a estes microcrustáceos mediante uma série de mecanismos, incluindo a síntese de substâncias complexas, como as saxitoxinas detectadas pelo ensaio ELISA nesta amostra quando concentrada. Pode-se supor que essa cianobactéria seja proveniente do Braço Taquacetuba (Complexo Billings), derivado para este ponto do reservatório Guarapiranga, uma vez que as maiores densidades desses organismos foram registradas nas amostras coletadas em Dezembro

de 2011 (175 filamentos/mL) e Junho de 2012 (846 filamentos/mL), em dias de transposição, com vazões de 2,7 e 3,6 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Apesar disso, essa espécie, considerada invasiva, (PICCINI et al, 2011), não encontrou condições favoráveis ao seu crescimento neste manancial, durante o período de amostragem.

Na figura 4 observa-se ainda que para quatro amostras, o quociente calculado foi igual ou menor que 1, evidenciando que a reprodução nas mesmas foi igual ou superior àquela observada nos respectivos controles.

Nas águas do ponto situado na captação (**GUAR 00900**) não houve detecção de efeitos tóxicos a *Ceriodaphnia dubia* durante o período de amostragem (Tabela 6), mantendo o perfil descrito no relatório preliminar e também nos relatórios de qualidade da água (CETESB, 2012a; 2013). Da mesma forma que no ponto situado na foz do Rio Parelheiros (GUAR 00100), somente nas campanhas de Fevereiro e Abril a proporção entre o número de neonatos no controle e nas amostras foi superior a 1, indicando que as amostras determinaram redução, porém não significativa, na produção de jovens (Figura 5).

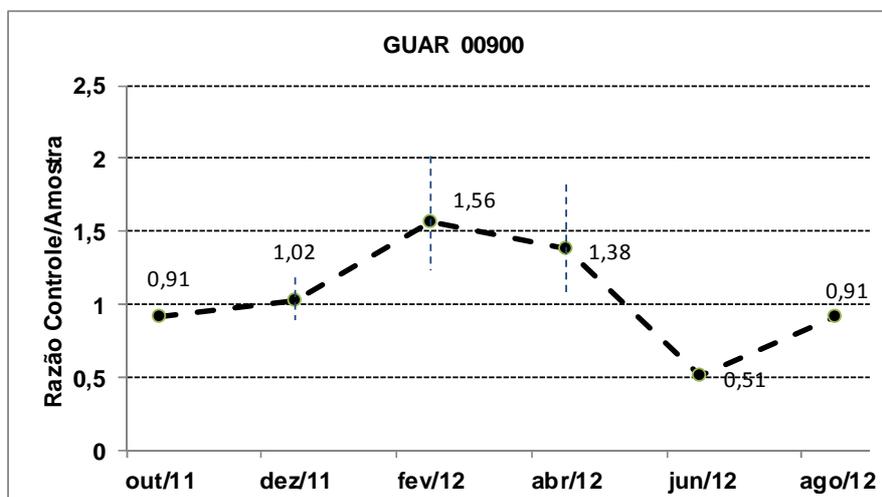


Figura 5: Quociente (e respectivo intervalo de confiança) entre a média de jovens produzidas no controle e na amostra.

Apesar do número de células de cianobactérias ter superado o padrão da Resolução CONAMA 357/2005 para águas de Classe Especial em cinco campanhas (Tabela 6) e da ocorrência de um pequeno número de organismos de *Cylindrospermopsis raciborskii* na amostra de junho, apenas a amostra de abril, quando concentrada, apresentou resultado positivo para saxitoxinas. Além disso, os níveis de cobre dissolvido (decorrentes da aplicação de sulfato de cobre como algicida)

excederam os limites aceitáveis para preservação da vida aquática em 66% das amostragens. A ausência de efeitos adversos a *C. dubia* se justificaria pelo fato da especiação e, conseqüentemente da biodisponibilidade desse metal a organismos aquáticos, ser dependente das características físicas e químicas do meio, principalmente pH, compostos orgânicos dissolvidos, alcalinidade, concentrações de cálcio, magnésio e sódio (USEPA, 2007).

Tabela 6: Resultados dos principais parâmetros relacionados aos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* para amostras coletadas no ponto GUAR 00900

Descrição do parâmetro/ Unidade	Campanha/Nº da amostra						
	Padrão CONAMA 357/2005	(Out/2011) 1128557	(Dez/2011) 1131673	(Fev/2012) 1212021	(Abr/2012) 1219841	(Jun/2012) 1220489	(Ago/2012) 1220684
Condutividade (µS/cm)	-	124	129	120	122	126	123
Oxigênio dissolvido (mg/L)	> 6,0	8,4	6,9	6,2	<b>4,7<sup>(*)</sup></b>	8	9,2
pH (unidades de pH)	<b>6 até 9</b>	8,5	7,7	7,4	7,1	7,4	7,5
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	25,1	27,5	31,9	30,7	34,9	29,7
Cobre dissolvido (mg/L)	< 0,009	<b>0,05</b>	<0,009	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<0,009
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	27,3	30,6	30,7	32,6	29,6	30,6
Fenóis totais (mg/L)	< 0,003	<b>0,052</b>	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	<b>0,005</b>
Ferro dissolvido (mg/L)	< 0,3	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Fósforo total (mg/L)	< 0,02	<b>0,05</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)		< 0,10	0,15	0,21	< 0,10	0,18	0,17
Toxicidade crônica a <i>C. dubia</i>	<b>Não tóxico</b>	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico
Nº de células de cianobactérias/mL	< 20000	<b>31795</b>	<b>49590</b>	<b>74090</b>	<b>28180</b>	<b>20070</b>	18900
Cianobactérias predominantes (nº de organismos/mL)		1;2 <sup>(**)</sup>	1;3	4,3	1,5	6,3,4,7	1.4,6
Microcistinas (µg/L)		< 0,15	< 0,15	<< 0,15	< 0,16	< 0,16	< 0,16
Saxitoxinas (µg/L)		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cilindrospermopsinas (µg/L)		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

(\*) Desconformidades em negrito. (\*\*) *Aphanocapsa delicatissima*; 2: *Synechococcus* sp; 3: *Aphanocapsa holsatica*; 4: *Pseudanabaena galeata*; 5: *Merismopedia tenuissima*; 6: *Cyanogranis ferruginea*; 7: *Cylindrospermopsis raciborskii*

## 3.2 Sub-bacia do Alto Tietê-Cabeceiras

### 3.2.1 Reservatório Jundiáí

No Reservatório Jundiáí, compartimento integrante do Sistema Produtor Alto-Tietê, observou-se efeito crônico em 83,3% das amostras avaliadas (Tabela 7), evidenciando uma inversão da

tendência registrada no último ano incluído no levantamento preliminar (2009), no qual 80% das amostras apresentaram ausência de efeito. Destaca-se a campanha de Fevereiro de 2012 em que a reprodução dos organismos expostos no controle foi 20 vezes superior àquela observada na amostra (Figura 6). Além disso, esta foi a única amostra do projeto que promoveu efeitos sobre a sobrevivência, com 60% de mortalidade dos organismos adultos ao final do período de ensaio.

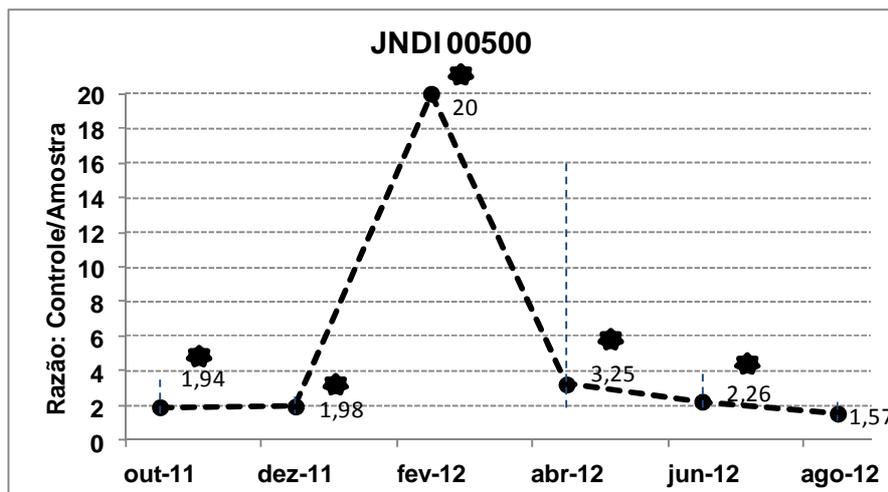


Figura 6: Quociente (e respectivo intervalo de confiança) entre a média de jovens produzidas no controle (C) e na amostra (T). O asterisco indica a ocorrência de diferença significativa, caracterizando efeito tóxico crônico.

Contrariando dados apresentados no relatório preliminar (CETESB, 2012b) e nos relatórios de qualidade de águas superficiais (CETESB, 2012a; 2013), nos quais a presença de alumínio, manganês e cobre foi evidenciada, não foram registrados metais em concentrações de efeito a *C. dubia*. Desse modo, a toxicidade provavelmente decorreu da presença de cianobactérias, em particular da alga filamentosa *Cylindrospermopsis raciborskii*, uma vez que o efeito mais pronunciado ocorreu na amostra de fevereiro, com maior número de células dessa espécie (61432 filamentos por mililitro, correspondendo a 82,9% das células de cianobactérias), e também a única em que foi possível quantificar saxitoxinas (0,26 µg/L), neste reservatório. Apesar do registro de outros gêneros, da possibilidade da coexistência de cepas tóxicas e não tóxicas da mesma espécie, bem como da ocorrência de cepas muito mais tóxicas que, mesmo presentes em menor número podem desencadear efeitos mais intensos, foi possível verificar uma forte correlação positiva ( $R= 0,97$ ) entre o número de células de *Cylindrospermopsis raciborskii* e a inibição da reprodução do microcrustáceo (Figura 7).

Tabela 7: Resultados dos principais parâmetros relacionados aos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* para amostras coletadas no ponto JNDI 00500.

Descrição do parâmetro/ Unidade	Padrão CONAMA	Campanha/Nº da amostra					
		(Out/2011) 1128593	(Dez/2011) 1131721	(Fev/2012) 1212026	(Abr/2012) 1216016	(Jun/2012) 1220672	(Ago/2012) 1227437
Condutividade (µS/cm)	-	37	52	40	42	40	42
Oxigênio dissolvido (mg/L)	> 6,0	9	7,4	7,2	8,5	7,5	8,4
pH (Unidades de pH)	6 até 9	7,9	7,35	7,4	7,5	6,5	6,6
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	8,2	8,8	11	14,6	9,5	8,5
Alumínio dissolvido (mg/L)	< 0,1	<b>0,23<sup>(*)</sup></b>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	8,8	9,1	9,5	11,6	10,8	10,6
Fenóis totais (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Surfactantes (mg LAS/L)	< 0,5	0,2	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Fósforo total (mg/L)	< 0,02	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>	<b>0,03</b>	< 0,02	< 0,02
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Toxicidade crônica a <i>C. dubia</i>	<b>Não tóxico</b>	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	Não tóxico
Nº de células de cianobactérias/mL	< 20000	<b>39090</b>	<b>49590</b>	<b>74090</b>	<b>28180</b>	<b>20070</b>	18900
Cianobactérias predominantes (nº de organismos/mL)	-	<b>1;2<sup>(**)</sup></b>	<b>1;2;3;4</b>	<b>1;5</b>	<b>1;2</b>	<b>6;1;7</b>	<b>6</b>
Microcistinas (µg/L)		<0,15	<0,15	<0,15	<0,16	<0,16	<0,16
Saxitoxinas (µg/L)	-	<0,02	<0,02	0,26	<0,02	<0,02	<0,02
Cilindrospermopsinas (µg/L)	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

(\*) Desconformidades em negrito.

(\*\*)1: *Cylindrospermopsis racoborskii*; 2: *Aphanocapsa*; 3: *Planktolingbia*; 4: *Microcystis aeruginosa*; 5: *Dolichospermum*; 6: *Pseudanabaena catenata*; 7: *Merismopedia*

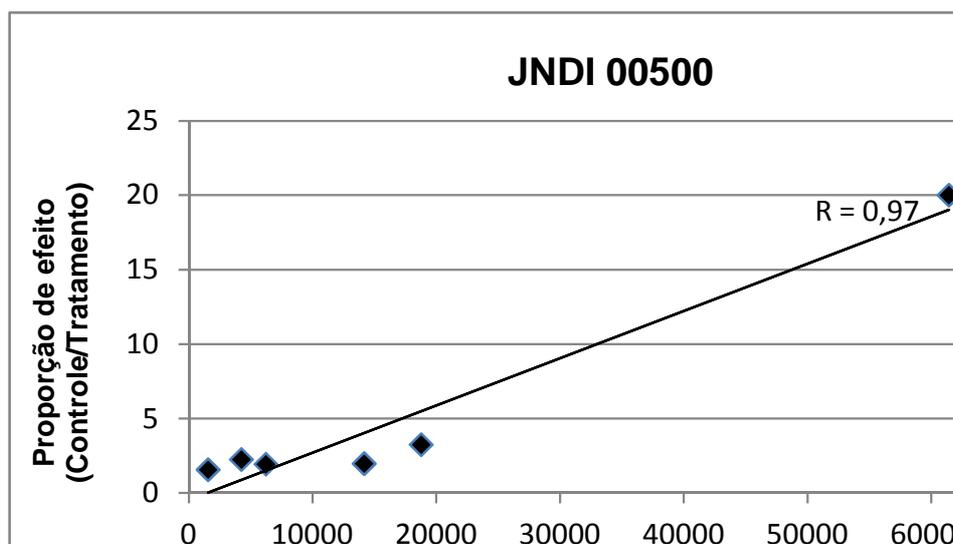


Figura 7: Correlação entre o nº de células de *Cylindrospermopsis raciborskii* e os efeitos sobre a reprodução observados nos ensaios com *Ceriodaphnia dubia*.

Os resultados obtidos nos estudos de avaliação e identificação da toxicidade são apresentados na Tabela 8 e nas Figuras 8 e 9. Com a amostra referente à campanha de outubro de 2011, como a toxicidade detectada no teste inicial foi limiar, os procedimentos foram efetuados sem diluições constatando-se, após o período de armazenamento, a ausência de efeitos, inclusive no teste base (Tabela 8). Apesar do registro de sinais de microcistinas RR, RL e LA pela análise cromatográfica e de saxitoxinas pelo método ELISA na amostra concentrada (Tabela 7), esse resultado poderia indicar que os efeitos obtidos no ensaio inicial teriam refletido também concentração de surfactantes registrada na amostra (0,2 mg/L), uma vez que essa classe de compostos degrada-se ao longo do tempo, principalmente quando armazenada em frascos plásticos (ANKLEY & BURKHARD, 1992; USEPA, 1991). Além disso, verifica-se que a filtração foi o procedimento que determinou a maior média de jovens por adulta (Figura 8), visto que permitiria não só a remoção de material particulado (predominantemente cianobactérias), mas também de surfactantes. Finalmente, a aeração, manipulação que permitiu a obtenção da segundo melhor desempenho dos organismos, também reduziria os efeitos devidos a surfactantes, que ficariam aderidos às paredes do recipiente.

Tabela 8: Resultados dos ensaios efetuados com as alíquotas de amostras manipuladas, como parte dos estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade no ponto JNDI 00500.

Amostra	Campanha	Manipulação	CI25;7dias (%)	Efeito resultante
1128593	Outubro/2011	Teste base	> 100,0 <sup>(1)</sup>	Não tóxico
		Aeração	> 100,0	Não tóxico
		Filtração	> 100,0	Não tóxico
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	> 100,0	Não tóxico
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	C <sup>(2)</sup>	
		Adição de EDTA (3 mg/L)	> 100,0	Não tóxico
		Adição de Tiosulfato de sódio (5 mg/L)	> 100,0	Não tóxico
1131721	Dezembro/2011	Teste base	90,38	
		Aeração	83,71	NS <sup>(3)</sup>
		Filtração	88,32	NS
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	85,35	NS
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	C	
		Adição de EDTA (3 mg/L)	51,16	NS
		Adição de Tiosulfato de sódio (5 mg/L)	37,93	NS
1216016	Abril/2012	Teste base	56,88	
		Aeração	50,38	NS
		Filtração	> 100,0	S <sup>(4)</sup>
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	> 100,0	S
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	Não tóxico	R <sup>-</sup> (5)
		Adição de EDTA (3 mg/L)	9,34	NS
		Adição de Tiosulfato de sódio (5 mg/L)	10,49	NS
		Extração do material retido nas membranas com metanol	61,90	R <sup>+</sup> (6)
1220672	Junho//2012	Base	79,17	
		Filtração	> 100,0	S
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	> 100,0	S
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	Não tóxico	R <sup>-</sup>
		Extração do material retido nas membranas com metanol	65,19	R <sup>+</sup>

(1) Resultado qualitativo (ensaio efetuado sem diluições da amostra) (2) C: Ensaio cancelado (3) NS: Efeito não significativo (4) S: Efeito significativo

(5) R<sup>-</sup>: Sem recuperação de agentes tóxicos (6) R<sup>+</sup>: Com recuperação de agentes tóxicos

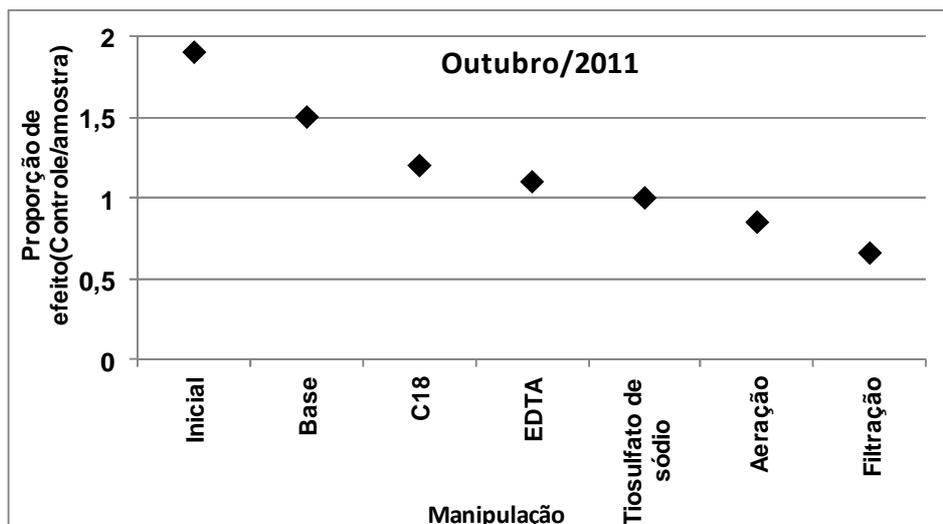


Figura 8: Quociente entre a média de jovens produzidas no controle e nas alíquotas de amostra manipuladas.

Com a amostra relativa a dezembro de 2011 obteve-se, após descongelamento, uma CI25 de 1,1 Unidades Tóxicas no teste base, sem redução após as manipulações (figura 9), correspondendo a uma toxicidade mínima e difícil de ser caracterizada (GOODFELOW et al, 2005).

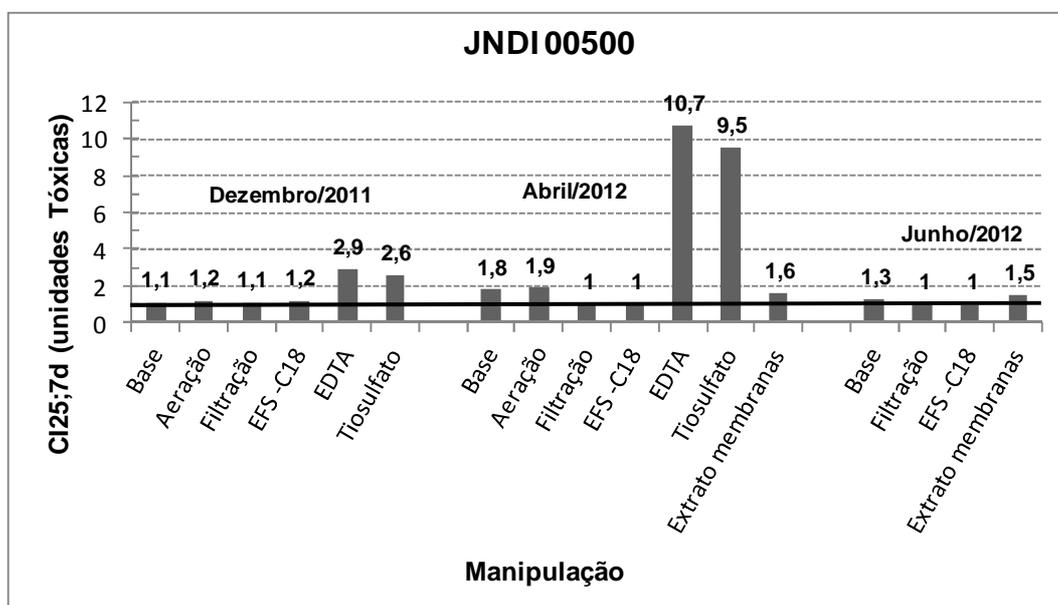


Figura 9: Resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos efetuados com as amostras sem manipulação (base) e após as diferentes manipulações, convertidos em Unidades Tóxicas (UT= 100/CI25;7dias). A linha indica o valor abaixo do qual se caracteriza ausência de toxicidade.

A terceira amostra submetida à avaliação e identificação da toxicidade (abril/2012), apresentou efeitos mais pronunciados, registrando-se no teste base uma CI25 de 1,8 Unidades Tóxicas (Figura 9). Verifica-se, ainda, que o procedimento de filtração eliminou totalmente os efeitos tóxicos (CI25

maior do que 100% ou igual a 1 UT) e que a toxicidade do extrato em metanol, obtido a partir do material retido nos filtros (1,6 UTs), foi próxima à toxicidade da amostra, sugerindo que compostos orgânicos associados ao material particulado sejam responsáveis pela toxicidade. Por outro lado, a intensificação dos efeitos nas adições de EDTA e tiosulfato de sódio reflete que a ocorrência de metais e agentes oxidantes é pouco provável e que os próprios reagentes podem ser responsáveis pela toxicidade.

De modo análogo à amostra de abril, porém avaliada sem congelamento, a amostra relativa à campanha de junho apresentou 1,3 UTs no teste base, que foram eliminadas no procedimento de filtração e recuperadas mediante a extração dos filtros com metanol (Figura 9).

Portanto, pode-se afirmar que os efeitos observados nos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* estão associados ao material particulado, constituído essencialmente por cianobactérias. Sabe-se que esses elementos do fitoplâncton, uma vez consumidos por cladóceros filtradores, podem afetar sua sobrevivência, reprodução e desenvolvimento, não só pela ação de compostos bioativos, mas também devido ao seu baixo valor nutricional (ausência de nutrientes essenciais) e à sua morfologia colonial ou filamentosa que dificulta a ingestão e/ou causa obstrução dos apêndices filtradores (SARNELLE et al, 2010)

Entre as diferentes espécies de cianobactérias presentes nas florações deste reservatório destacam-se duas possivelmente tóxicas: *Microcystis aeruginosa*, com potencial para síntese de microcistinas e *Cylindrospermopsis raciborskii*, com capacidade para produção de cilindrospermopsinas e saxitoxinas. No caso desta última espécie, algumas cepas tóxicas isoladas em reservatórios brasileiros sintetizam neurotoxinas do grupo PSP (*Paralytic Shellfish Poisoning*), ou seja, saxitoxinas, neosaxitoxinas e congêneres (CARNEIRO et al, 2013; BURFORD and DAVIS, 2011).

Um estudo em andamento, conduzido por FETSCHER (2013) em rios e lagos da Califórnia, já aponta uma correlação entre a presença dessas toxinas e a ocorrência de toxicidade a *Ceriodaphnia dubia*, com verificação de efeitos crônicos em 36% dos pontos em que foram registradas saxitoxinas e em 71% dos pontos em que foram avaliadas e assinaladas microcistinas totais.

Numerosos trabalhos, efetuados com outro gênero de dafinídeo (*Daphnia*), apontam que estes organismos estão entre os mais suscetíveis e podem ser utilizados para detecção de efeitos desencadeados por cianobactérias (AGRAWAL *et al*, 2012; AGRAWAL & AGRAWAL, 2011).

FERRÃO-FILHO *et al* (2007) também verificaram que as saxitoxinas (neurotoxinas que atuam nos canais de sódio das células nervosas, impedindo seu funcionamento normal e levando à paralisia) podem inibir drasticamente a atividade natatória de algumas espécies de cladóceros, dentre as quais *Daphnia pulex*. Como essa paralisia pode ser revertida mediante a interrupção da exposição, obtida pela transferência dos organismos para água isenta desse agente tóxico, FERRÃO-FILHO *et al* (2010) propuseram um ensaio rápido (2 a 3 horas de duração) com esse microcrustáceo, utilizando para expressão dos resultados a TE50, ou seja, o tempo efetivo para a imobilização de 50% dos organismos expostos.

Essa inibição dos movimentos corresponde a um efeito neurotóxico, distinto do mecanismo de ação de microcistinas. Nesse sentido, o comportamento exibido pelos organismos expostos às amostras do Reservatório Jundiá também refletiria, em grande parte, a ação de saxitoxinas, uma vez que permaneceram no fundo dos recipientes-teste, imóveis ou com movimentos espasmódicos. Mesmo com os movimentos restritos do segundo par de antenas, estes indivíduos de *C. dubia* foram capazes de se desenvolver e se reproduzir, ainda que em níveis significativamente inferiores em relação ao tratamento controle, fato também observado por da COSTA *et al* (2013) ao avaliarem os efeitos de uma cepa de *C. raciborskii* produtora de saxitoxinas a outro cladóceros (*Daphnia pulex*).

Embora a amostra de fevereiro não tenha sido submetida aos procedimentos para caracterização da toxicidade, os efeitos tóxicos mais intensos obtidos no ensaio inicial (Figura 6), podem estar relacionados à maior densidade de *Cylindrospermopsis raciborskii* e, conseqüentemente, aos níveis mais elevados de saxitoxinas (0,26 µg/L) detectados pelo ensaio ELISA.

Deve-se ressaltar que a produção dessas toxinas depende do estágio do crescimento das cianobactérias, sendo máxima na fase exponencial, e sua liberação na água só ocorre com a lise celular, típica de culturas velhas ou submetidas à aplicação de algicidas (WHO, 1999). Assim, a eliminação dos efeitos tóxicos no filtrado das amostras de abril e junho indicaria ausência de toxinas ou outro agente tóxico dissolvido e a toxicidade obtida nos testes-base seria decorrente da ingestão de cianobactérias pelo microcrustáceo. ROHRLACK *et al* (2005) demonstraram que indivíduos de *Daphnia galeata* ingeriam microcistinas juntamente com as células de *Microcystis*

*aeruginosa* produtoras dessas toxinas. Após ingestão e absorção pelo epitélio intestinal tais toxinas eram transferidas para o sangue, desencadeando distúrbios das funções vitais. Segundo esses autores, para cada miligrama de peso do cladóceros, a ingestão de 10,2 ng dessas microcistinas (valor quinze vezes inferior ao limite de detecção do ensaio ELISA para microcistinas totais) seria suficiente para causar efeito agudo.

Por outro lado, a recuperação da toxicidade no extrato obtido por imersão das membranas em metanol confirmaria a associação dos efeitos adversos às cianobactérias retidas. Neste caso, embora alguns trabalhos sugiram que a absorção de cianotoxinas dissolvidas por dafinídeos seja reduzida (FERRÃO-FILHO et al, 2007), pode ter ocorrido a liberação das toxinas intracelulares, sobretudo de microcistinas hidrofóbicas, recuperadas com eficiência por esse solvente (NICHOLSON & BURCH, 2001; WHO, 1999). Essas conclusões obtidas a partir dos ensaios ecotoxicológicos foram, em parte, comprovadas pelos resultados dos imunoenaios e/ou das análises por LC-MS/MS, pois na amostra de abril, quando concentrada, o imunoensaio apontou a ocorrência não só de microcistinas, como também de saxitoxinas. Já na amostra de junho foram detectados sinais de microcistina LF por LC-MS/MS e, após sua concentração, o teste ELISA evidenciou a presença de saxitoxinas, cuja extração a partir das membranas seria eficiente se utilizados ácido trifluoroacético ou metanol acidificado como solventes.

Em relação às amostras que produziram efeitos crônicos e não apresentaram indícios de cianotoxinas, ressalta-se que estes compostos podem causar toxicidade ao microcrustáceo mesmo quando presentes em concentrações inferiores aos limites de detecção. Além disso, as cianobactérias produzem outros tipos de metabólitos (oligopeptídeos não-ribossômicos, por exemplo) nocivos ao zooplâncton, seja por interferência na taxa de ingestão, perturbações no processo de muda ou redução da sobrevivência (SEMYALO, 2009). Já em 1996, NAMIKOSHI & RINEHART isolaram dois nucleosídeos a partir da cepa VS-1 de *Anabaena affinis* que se mostraram tóxicos a *Ceriodaphnia dubia*, causando a letalidade de 50% dos organismos em concentrações iguais a 0,1 µg/L. A cepa de *Microcystis aeruginosa* PCC7806, por exemplo, sintetiza peptídeos inibidores das principais enzimas digestivas de *Daphnia magna*: a aeruginosina 298A e cianopeptolinas cíclicas, que impedem a atividade das tripsinas, e as micropeptinas, inibidoras de quimotripsinas (AGRAWAL et al, 2005).

Devem ser considerados, também, possíveis efeitos sinérgicos, aditivos ou antagônicos, decorrentes das interações entre as diferentes classes de toxinas e/ou compostos bioativos, para os quais não existem dados de literatura (IBELINGS et al, 2008). Nesse caso, pode-se inferir que a

amostra de abril foi mais tóxica (1,8 Unidades Tóxicas) que a de junho (1,3 Unidades Tóxicas) por ter apresentado sinais de microcistinas e saxitoxinas, enquanto a segunda apresentou somente indícios de saxitoxinas.

Assim, pode-se afirmar que as cianobactérias são os agentes determinantes dos efeitos tóxicos obtidos nos ensaios com *Ceriodaphnia dubia* realizados com as amostras coletadas no ponto JNDI 00500. Contudo, devido à ocorrência de florações heterogêneas, com grande diversidade de compostos associados (cuja identificação e quantificação seria impraticável) não foi possível concluir os procedimentos das Fases II e III do AIT.

### 3.2.2 Reservatório Taiapuêba

No ponto PEBA 00900 (Reservatório Taiapuêba), verificou-se que o provável aporte de carga orgânica a partir dos rios Taiapuêba e Taiapuêba-Mirim e da ocupação agrícola do entorno, pode acarretar concentrações de fósforo equivalentes às registradas no Reservatório Jundiá, situado à montante. Conseqüentemente, em cinco campanhas o número de células de cianobactérias foi elevado e até superior no compartimento à jusante (Tabela 9)

Apesar disso, registrou-se um único efeito tóxico crônico na campanha de Dezembro de 2011 (Tabela 8), correspondendo a 17,7% das amostras analisadas (percentual de ocorrência muito próximo aos 20% registrados em 2009, último ano incluído no levantamento histórico). Na Figura 10 observa-se ainda que a produção de jovens nas demais amostras foi similar à observada nos controles analíticos.

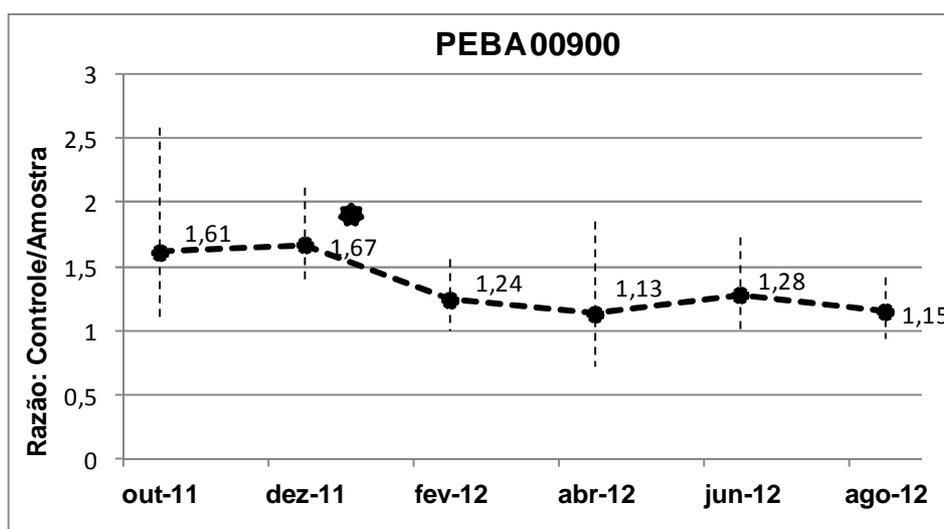


Figura 10: Quociente (e respectivo intervalo de confiança) entre a média de jovens produzidas no controle (C) e na amostra (T). O asterisco indica a ocorrência de diferença significativa, caracterizando efeito tóxico crônico.

Tabela 9: Resultados dos principais parâmetros relacionados aos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* para amostras coletadas no ponto PEBA 00900

Descrição do parâmetro/ Unidade	Padrão CONAMA	Campanha/Nº da Amostra					
		(Out/2011) 1128592	(Dez/2011) 1131722	(Fev/2012) 1212027	(Abr/2012) 1216017	(Jun/2012) 1220673	(Ago/2012) 1227436
Condutividade (µS/cm)	-	45	38	56	51	57	53
Oxigênio dissolvido (mg/L)	> 6,0	8,1	8	7	7,9	7,9	8,4
pH	6 até 9	7,5	7,6	7,4	7,3	6,8	6,9
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	8,2	11	15,4	14	10,6	10,6
Alumínio dissolvido (mg/L)	< 0,1	<b>0,25<sup>(*)</sup></b>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	11,2	12,7	15	13,2	13,1	13,3
Fenóis totais (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	<b>0,02</b>	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Surfactantes (mg LAS/L)	< 0,5	0,18	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Fósforo total (mg/L)	< 0,02	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,06</b>	<b>0,02</b>	< 0,02	< 0,02
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,13	< 0,10
Toxicidade crônica a <i>C. dubia</i>	<b>Não tóxico</b>	Não tóxico	Crônico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico
Nº de células de cianobactérias/mL	< 20000	<b>39090</b>	<b>49590</b>	<b>74090</b>	<b>28180</b>	<b>20070</b>	18900
Cianobactérias predominantes (nº de organismos/mL)	-	1;2 <sup>(**)</sup>	2;1;3	4;1;5;2;3	2;1;4;3	2;1	1;2
Microcistinas (µg/L)		<0,15	<0,15	<0,15	<0,16	<0,16	<0,16
Saxitoxinas (µg/L)	-	<0,02	<0,02	0,26	<0,02	<0,02	<0,02
Cilindrospermopsinas (µg/L)	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

(\*) Desconformidades em negrito.

(\*\*) 1: *Cyanogranis ferruginea*; 2: *Aphanocapsa delicatissima*; 3: *Cylindrospermopsis raciborskii*; 4: *Planktolingbia*; 5: *Anatheece*

Mesmo com a presença da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* (identificada também nas amostras de Fevereiro, Abril e Junho de 2012 sempre em densidade inferior a 500 organismos/mL), esse efeito obtido no ensaio realizado com a amostra fresca foi limiar (Figura 10) e não se repetiu na análise efetuada após o descongelamento da amostra, como parte do estudo de avaliação e identificação da toxicidade (Tabela 10).

Tabela 10: Resultados dos ensaios efetuados com as alíquotas de amostras manipuladas, como parte dos estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade PEBA 00900.

Amostra	Campanha	Manipulação	CI25;7dias (%)	Efeito resultante
1131722	Dezembro/2011	Teste base	>100,0 <sup>(1)</sup>	Não tóxico <sup>(2)</sup>
		Aeração	>100,0	Não tóxico
		Filtração	>100,0	Não tóxico
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	>100,0	Não tóxico
		Adição de EDTA -3 mg/L	>100,0	Não tóxico
		Adição de Tiosulfato de sódio 5 mg/L	>100,0	Não tóxico

(1) A amostra não causou efeito na maior concentração testada (2) Resultado qualitativo pois não foram efetuadas diluições da amostra

### 3.2.3 Reservatório Tanque Grande

Não foram registrados efeitos tóxicos a *C. dubia* com as amostras coletadas no ponto **TGDE 00900** durante o período de estudo (Tabela 11), mantendo-se como o manancial menos impactado sob o aspecto ecotoxicológico deste estudo. Verifica-se na Figura 11 que a produção de neonatos nas amostras atingiu valores similares aos registrados nos respectivos controles, uma vez que o quociente calculado pela análise estatística manteve-se entre 0,8 e 1,2.

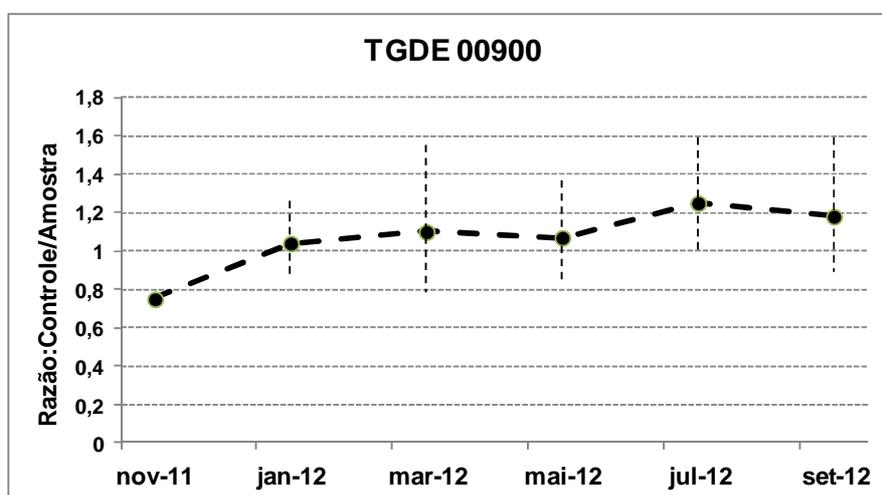


Figura 11: Quociente (e respectivo intervalo de confiança) entre a média de jovens produzidas no controle (C) e na amostra (T).

Tabela 11: Resultados dos principais parâmetros relacionados aos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* para amostras coletadas no ponto TGDE 00900

Descrição do parâmetro/ Unidade	Padrão CONAMA	Campanha/Nº da Amostra					
		(Nov/2011) 1131064	(Jan/2011) 1209588	(Mar/2012) 1215330	(Mai/2012) 1220463	(Jul/2012) 1225623	(Set/2012) 1230338
Condutividade (µS/cm)	-	52	48	120	51	50	53
Oxigênio dissolvido (mg/L)	> 6,0	6,5	6,4	6,2	7,8	8,3	7,9
pH (Unidades de pH)	6 até 9	7	7,2	7,4	6,9	7,4	6,9
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	29,1	19,8	28,6	22,1	20	24,4
Alumínio dissolvido (mg/L)	< 0,1	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	<b>0,23<sup>(*)</sup></b>
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	18,3	17,7	19,1	18	18,2	20,4
Fenóis totais (mg/L)	< 0,003	<b>0,05</b>	<b>0,005</b>	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro dissolvido (mg/L)	< 0,3	0,29	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>	0,21	0,2	0,28
Fósforo total (mg/L)	< 0,02	< 0,02	<b>0,03</b>	< 0,02	< 0,02	< 0,02	<b>&lt; 0,05</b>
Manganês total (mg/L)	< 0,1	<b>0,16</b>	<b>0,2</b>	<b>0,29</b>	<b>0,1</b>	<b>0,11</b>	<b>0,17</b>
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)		0,21	0,41	0,11	<0,10	<0,10	<0,10
Toxicidade crônica a <i>C. dubia</i>	<b>Não tóxico</b>	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico
Nº de células de cianobactérias/mL	< 20000	14560	2920	3685	12130	2570	7440
Cianobactérias Predominantes (nº de organismos/mL)		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Microcistinas (µg/L)		<0,15	<0,15	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Saxitoxinas (µg/L)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cilindrospermopsinas (µg/L)		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

(\*) Desconformidades em negrito.

(\*\*) 1: *Cyanogranis ferruginea*; 2: *Aphanocapsa delicatissima*

Como em algumas amostras de 2012 relativas à Rede de Monitoramento (CETESB, 2013), os parâmetros fósforo total, ferro dissolvido, manganês total e fenóis totais ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 para corpos d'água de classe especial (Tabela 11). Dessas ocorrências, 67% foram registradas em amostras coletadas no período de chuvas (campanhas de novembro, janeiro e março), quando também foram assinalados os maiores valores de turbidez. Assim, reiterando o exposto no relatório preliminar, a introdução de certos agentes tóxicos neste reservatório relaciona-se com cargas difusas, ou seja, com o escoamento superficial, evidentemente mais intenso na estação chuvosa.

### 3.3 Sub-bacia Billings

#### 3.3.1 Reservatório do Rio Grande

Durante o período de estudo, as águas coletadas no ponto junto à captação do Reservatório do Rio Grande (RGDE 02900), apresentaram não conformidades quanto ao oxigênio dissolvido e manganês (4ª campanha), pH (2ª e 3ª campanhas), fenóis (3ª e 4ª campanhas), cobre dissolvido (6ª campanha), fósforo total (1ª, 2ª, 3ª e 6ª campanhas) e número de células de cianobactérias (exceto na 4ª campanha). Entretanto, registrou-se um único evento de toxicidade crônica com a amostra referente à campanha de junho (Tabela 12), ocasião em que a cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* também estava presente.

Com relação às demais campanhas constatou-se que o desempenho dos organismos-teste foi superior ao observado no controle (quociente C/T inferior a 1) em 3 das 5 amostras restantes (Figura 12).

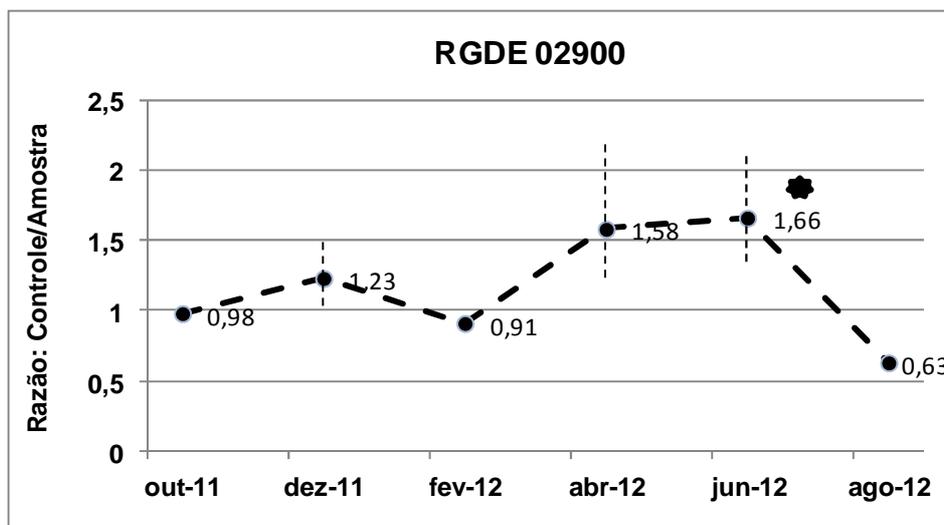


Figura 12: Quociente (e respectivo intervalo de confiança) entre a média de jovens produzidas no controle (C) e na amostra (T). O asterisco indica a ocorrência de diferença significativa, caracterizando efeito tóxico crônico.

No estudo de avaliação e identificação da toxicidade, conduzido com a amostra relativa à campanha de junho de 2012 após descongelamento, não foi possível o cálculo da CI25 devido à ausência de efeitos obtida já no teste base, o que corrobora a toxicidade limiar registrada no ensaio inicial. Em contrapartida, calculou-se a CI20 para demonstrar a melhora do desempenho dos organismos observada após os procedimentos de filtração, adição de 3 mg/L de EDTA e de 5 mg/L

de tiosulfato de sódio (Tabela 13). Apesar da presença da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii*, cuja influência poderia ser atenuada com a filtração da amostra, a redução concomitante da toxicidade nos tratamentos com EDTA e tiosulfato de sódio, sugere efeitos associados a cobre, mercúrio ou cádmio, cátions com forte remoção por ambos os agentes complexantes (HOCKETT & MOUNT, 1996). Ressalta-se que a intensificação dos efeitos nas adições de maiores volumes desses reagentes deve-se à sua própria toxicidade, indicando que se encontram em excesso.

Tabela 12: Resultados dos principais parâmetros relacionados aos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* para amostras coletadas no ponto RGDE 02900.

Descrição do parâmetro/ Unidade	Campanha/Nº da Amostra						
	Padrão CONAMA	(Out/2011) 1128591	(Dez/2011) 1131674	(Fev/2012) 1211626	(Abr/2012) 1219843	(Jun/2012) 1220540	(Ago/2012) 1227435
Condutividade (µS/cm)	-	101	102	96	94	94	93
Oxigênio dissolvido (mg/L)	> 6,0	9,4	9,4	8,3	<b>5</b>	6,9	10
pH	6 até 9	8,9	<b>9,4<sup>(*)</sup></b>	<b>9,1</b>	7	6,9	8,6
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	6,2	18,7	18,7	1,9	19,6	17
Cobre dissolvido (mg/L)	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	<b>0,02</b>
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	20,2	20,7	22,4	22,9	34,2	21,7
Fenóis totais (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	<b>0,007</b>	<b>0,006</b>	< 0,003	< 0,003
Fósforo total (mg/L)	< 0,02	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<0,02	<0,02	<b>0,03</b>
Manganês total (mg/L)	<0,1	0,02	0,02	0,03	<b>0,23</b>	0,07	0,03
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)		<0,10	0,16	<0,10	0,24	<0,10	<0,10
Toxicidade crônica a <i>C. dubia</i>	<b>Não tóxico</b>	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	<b>Crônico</b>	Não tóxico
Nº de células de cianobactérias/mL	< 20000	<b>86110</b>	<b>35235</b>	<b>43875</b>	13595	<b>26490</b>	<b>53500</b>
Cianobactérias Predominantes (nº de organismos/mL)		<b>1;2;3;4<sup>(**)</sup></b>	<b>1;5;2</b>	<b>1</b>	<b>1;6</b>	<b>5;7</b>	<b>1;5</b>
Microcistinas (µg/L)		<0,15	<0,15	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Saxitoxinas (µg/L)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cilindrospermopsinas (µg/L)		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

(\*) Desconformidades em negrito.

(\*\*)1: *Aphanocapsa delicatissima*; 2: *Aphanizomenon gracile*; 3: *Dolichospermum*; 4: *Microcystis sp.*; 5: *Pseudanabaena catenata*; 6: *Cyanogranis ferruginea*; 7: *Cylindrospermopsis raciborskii*

Tabela 13: Resultados dos ensaios efetuados com as alíquotas de amostras manipuladas, como parte dos estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade no ponto RGDE 02900.

Amostra/data de coleta	Data de realização dos ensaios	Manipulação	CI20;7dias (%)	Efeito resultante
1220540/ 14/06/2012	08/08/2012	Teste base	94,12	
		Aeração	37,95	NS <sup>(1)</sup>
		Filtração	>100,0	S <sup>(2)</sup>
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	95,76	NS
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	Não tóxico	R- <sup>(3)</sup>
		Adição de EDTA -3 mg/L	>100,0	S
		Adição de EDTA -8 mg/L	65,0	NS
		Adição de Tiosulfato de sódio 5 mg/L	>100,0	S
		Adição de Tiosulfato de sódio 10 mg/L	45,61	NS

(1) NS: Não significativo (2) S: Significativo (3) R-: Sem recuperação de agentes tóxicos

Embora existam fontes de mercúrio junto ao Rio Grande, formador deste reservatório, os dados obtidos neste projeto indicam o cobre, oriundo dos algicidas aplicados para o controle das florações, como único metal detectado em concentrações superiores ao limite aceitável para preservação da vida aquática. Além disso, como o cobre é o metal-traço mais abundante no sedimento deste reservatório, pode ser remobilizado para a coluna d'água durante períodos de desestratificação (MARIANI, 2006). Assim, nas campanhas de Dezembro de 2011, Fevereiro e Agosto de 2013 foram registradas concentrações de cobre total de 0,01, 0,02 e 0,03 mg/L, respectivamente, sendo que na campanha de Agosto, 0,02 mg/L do metal estavam na forma dissolvida. A ausência de efeitos tóxicos nesta última amostra poderia ser justificada pelo elevado pH (8,6). VAN SPRANG & JANSEN (2010), em experimentos para identificação da toxicidade por metais, verificaram uma drástica redução da toxicidade do cobre a outro cladóceros (*Daphnia magna*) nesse valor de pH; em contrapartida, em pH 6,5 (mais próximo de 6,9, valor registrado na amostra de Junho), constataram um aumento da fração biodisponível e tóxica.

### 3.3.2 Reservatório Billings

Confirmando os dados do levantamento histórico, o ponto BILL 02900, na região do Summit Control, apresentou o pior perfil ecotoxicológico deste compartimento, com registro de toxicidade crônica em 5 campanhas (Tabela 14), totalizando 83,3% das amostras (porcentagem de ocorrência de efeito mais elevada que a calculada para o período 2000 a 2009). Na figura 13, observa-se que as médias de neonatos produzidos nos controles analíticos foram de 3,8 a 17,8 vezes superiores quando comparadas às obtidas nessas amostras.

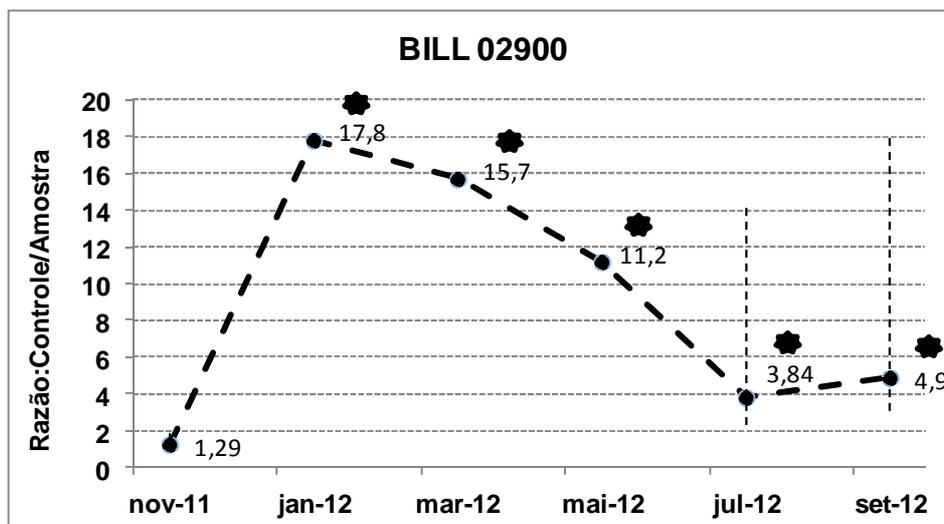


Figura 13: Quociente (e respectivo intervalo de confiança) entre a média de jovens produzidas no controle (C) e na amostra (T). O asterisco indica a ocorrência de diferença significativa, caracterizando efeito tóxico crônico.

Tabela 14: Resultados dos principais parâmetros relacionados aos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* para amostras coletadas no ponto BILL 02900.

Descrição do parâmetro/ Unidade	Campanha/Nº da Amostra						
	Padrão CONAMA	(Nov/2011) 1130593	(Jan/2012) 1208432	(Mar/2012) 1214205	(Mai/2012) 1220197	(Jul/2012) 1223417	(Set/2012) 1229591
Condutividade (µS/cm)	-	145	160	154	149	160	143
Oxigênio dissolvido (mg/L)	> 6,0	7,3	8,8	8,1	7	11,3	8,7
pH (Unidades de pH)	6 até 9	7,6	9	8,5	7,6	9,2	8,2
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	30,8	42,9	38,5	41,3	43,1	36
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	35,8	39,5	38,9	44,8	56,8	36,1
Fenóis totais (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004
Fósforo total (mg/L)	< 0,02	0,04	0,07	0,04	0,04	1,65	< 0,05
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)		0,18	<0,10	0,31	0,11	<0,10	0,32
Toxicidade crônica a <i>C. dubia</i>	Não tóxico	Não tóxico	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico
Nº de células de cianobactérias/mL	< 20000	125020	287500	253195	168660	258100	274780
Cianobactérias							
Predominantes (nº de organismos/mL)		1;2 <sup>(*)</sup>	1;3;4	1;2;5	1;5	1;5	1;5
Microcistinas (µg/L)		<0,15	0,48	<0,16	<0,16	<0,16	1,4
Saxitoxinas (µg/L)		<0,02	0,19	0,28	<0,02	<0,02	0,22
Cilindrospermopsinas (µg/L)		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

(\*)1: *Cylindrospermopsis raciborskii*; 2: *Aphanocapsa delicatissima*; 3: *Microcystis* sp; 4: *Sphaerocavum*; 5: *Planktothrix*.

Não foram detectados metais em concentrações capazes de causar toxicidade ao microcrustáceo e, assim como apontado em relação ao Reservatório Jundiáí, os efeitos deletérios das amostras seriam decorrentes da elevada densidade de células de cianobactérias, com predomínio de espécies potencialmente produtoras de compostos nocivos à biota. Nesse sentido, destaca-se a espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* como a mais abundante (exceto na amostra de julho). A plotagem dos quocientes referentes aos efeitos das amostras sobre a reprodução de *Ceriodaphnia dubia* em função do número de células dessa cianobactéria permite a obtenção de uma correlação positiva significativa, desde que a amostra de setembro seja excluída (Figura 14).

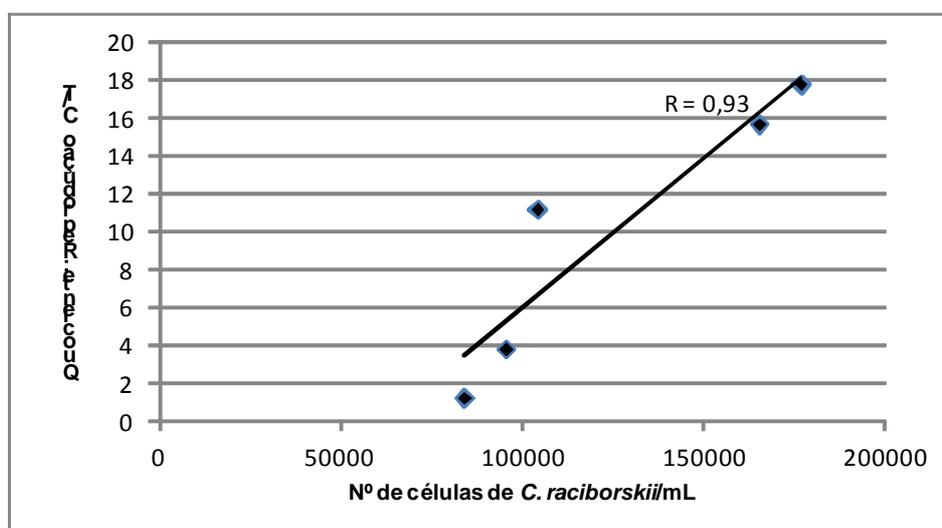


Figura 14: Correlação entre o nº de células de *Cylindrospermopsis raciborskii* e os efeitos sobre a reprodução observado nos ensaios com *Ceriodaphnia dubia* com amostras coletadas no ponto BILL 02900.

Todas as amostras com toxicidade no ensaio inicial foram submetidas aos estudos de avaliação e identificação da toxicidade, cujos resultados encontram-se na Tabela 15 e na Figura 15.

Como já demonstrado em estudo anterior neste reservatório, a filtração removeria os possíveis efeitos crônicos das amostras (CETESB, 1999). Consequentemente, a amostra relativa à campanha de janeiro, com 1,5 unidades tóxicas no teste-base (Figura 15), foi submetida aos processos de filtração em membrana de fibra de vidro e de extração em fase sólida (cartucho C<sub>18</sub>). Devido à remoção da toxicidade já na fração filtrada (Tabela 15), efetuou-se a lavagem das membranas com um volume de água de diluição correspondente ao volume de amostra utilizado e a suspensão resultante foi avaliada quanto à toxicidade, obtendo-se uma CI<sub>25</sub> de 1,3 unidades tóxicas (valor muito próximo ao da amostra bruta). Uma segunda alíquota desta amostra foi descongelada e, além da filtração e extração em fase sólida, efetuou-se a centrifugação em alta

rotação e a extração das membranas em água desionizada com pH 3 e em metanol, verificando-se que; as duas primeiras manipulações repetiram os resultados da primeira análise, enquanto a ausência de toxicidade no sobrenadante da centrifugação (Tabela 15) confirmou a hipótese de que os efeitos seriam desencadeados pelo material suspenso, composto predominantemente por cianobactérias. Por outro lado, não houve recuperação dos efeitos no extrato obtido após a imersão das membranas em água desionizada com pH ácido, o que permite concluir que não havia metais adsorvidos ao particulado. Já a recuperação de uma pequena porcentagem dos efeitos no extrato em metanol, sugere que a toxicidade esteja associada a compostos orgânicos do material retido, o que seria compatível com o sinal detectado por LC-MS/MS da microcistina LR (variante hidrofílica com fraca recuperação por esse solvente 100%), ou com a fraca assimilação das toxinas na forma dissolvida.

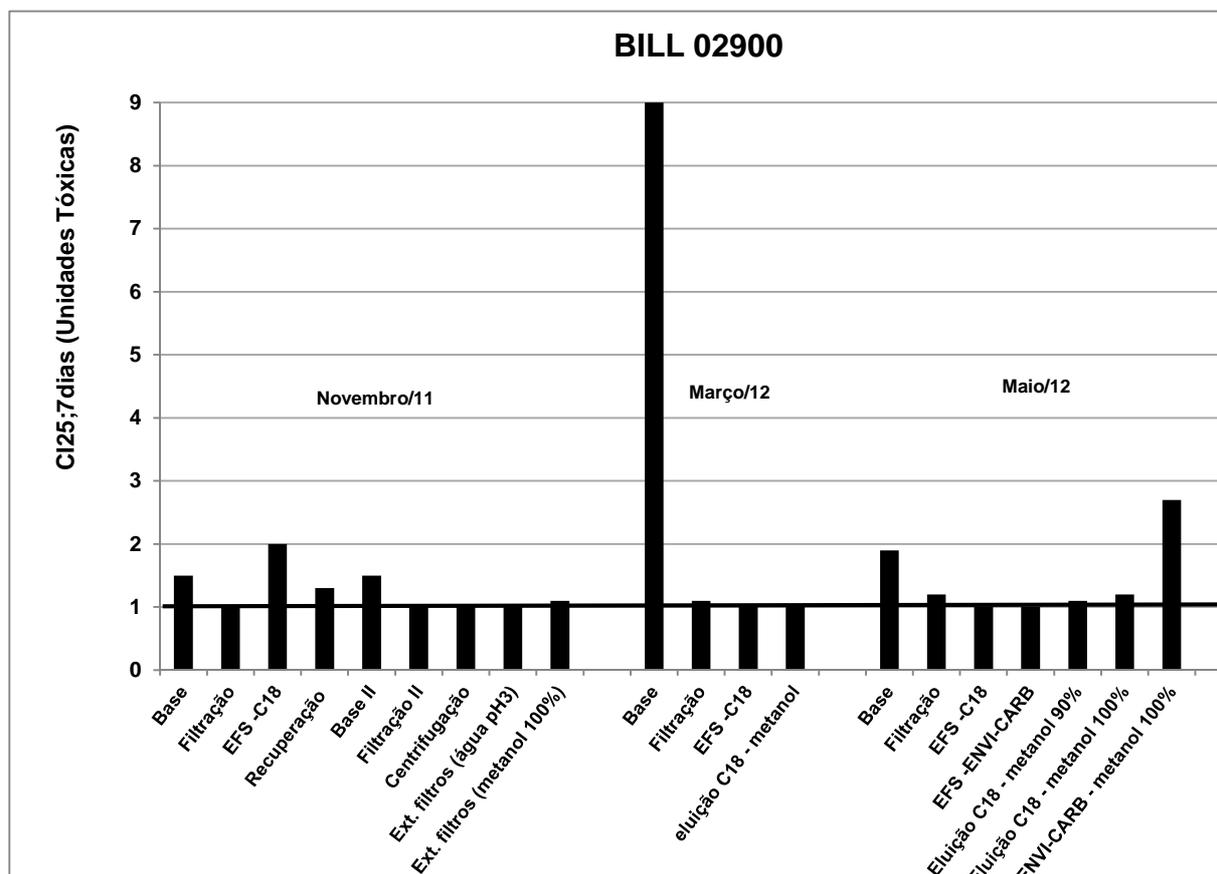


Figura 15: Resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos efetuados com as amostras sem manipulação (base) e após as diferentes manipulações, convertidos em Unidades Tóxicas (UT= 100/CI25;7dias). A linha indica o valor abaixo do qual se caracteriza ausência de toxicidade

Tabela 15: Resultados dos ensaios efetuados com as alíquotas de amostras manipuladas, como parte dos estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade BILL 02900.

Amostra	Data de realização dos ensaios	Manipulação	CI25;7dias (%)	Efeito resultante
1208432	24/02/2012	Teste base	65,91	
		Filtração	>100,0	S <sup>(1)</sup>
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	>100,0	S
		Recuperação do material retido pelos filtros	77,68	R+ <sup>(2)</sup>
	12/03/2012	Teste base	68,75	
		Filtração	>100,0	S
		Centrifugação	>100,0	S
		Extração dos filtros (água desionizada pH 3)	Não tóxico	R- <sup>(3)</sup>
		Extração dos filtros (metanol)	95,6	R+
1214205	23/03/2012	Teste base	11,10	
		Filtração	87,35	S
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	>100,0	S
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	Não tóxico	R-
1220197	04/07/2012	Teste base	51,88	
		Filtração	86,08	S
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	>100,0	S
		Extração em Fase Sólida (Envi-Carb)	>100,0	S
		Eluição C <sub>18</sub> metanol 25%	>100,0	R-
		Eluição C <sub>18</sub> metanol 50%	>100,0	R-
		Eluição C <sub>18</sub> metanol 75%	>100,0	R-
		Eluição C <sub>18</sub> metanol 90%	94,12	R+
		Eluição C <sub>18</sub> metanol 100%	81,89	R+
		Eluição Envi-Carb metanol 25%	>100,0	R-
		Eluição Envi-Carb metanol 50%	>100,0	R-
		Eluição Envi-Carb metanol 75%	>100,0	R-
Eluição Envi-Carb metanol 90%	>100,0	R-		
Eluição Envi-Carb metanol 100%	37,5%	R+		
1223417	29/08/2012	Base	>100,0	Não tóxico
		Filtração	>100,0	Não tóxico
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	> 100,0	Não tóxico
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	Não tóxico	R-
1229591	26/09/2012	Base	12,09	
		Filtração	82,5	S
		Extração em Fase Sólida (Envi-Carb)	>100,0	S
		Eluição Envi-Carb metanol 25%	Não tóxico	R-
		Eluição Envi-Carb metanol 50%	Não tóxico	R-
		Eluição Envi-Carb metanol 75%	Tóxico	R+
		Eluição Envi-Carb metanol 100%	Tóxico	R+
		Extração em Fase Sólida (HLB)	77,6	S
		Eluição HLB metanol 25%	C <sup>(4)</sup>	
Eluição HLB metanol 50%	C			
Eluição HLB metanol 75%	C			
Eluição HLB metanol 100%	C			

(1)S: Significativo (2)R+: Com recuperação de agentes tóxicos (3)R-: Sem recuperação de agentes tóxicos (4) C: Análise cancelada

Ressalta-se que a eliminação dos efeitos após filtração ou centrifugação ratificou que a ingestão das células seria a principal via de intoxicação destes microcrustáceos, já que essas análises foram

realizadas depois do descongelamento da amostra, processo que desencadearia a lise celular e a liberação das cianotoxinas, (fato comprovado pela detecção de microcistinas e saxitoxinas pelo ensaio ELISA, conforme exposto na Tabela 14).

A amostra coletada em março apresentou toxicidade mais elevada (9 unidades tóxicas), sendo reduzida para 1,14 unidades tóxicas após a filtração e totalmente eliminada após a extração em cartucho de octadecil (Figura 15). Neste caso, a filtração não anulou o efeito crônico provavelmente devido à presença de agentes tóxicos na forma dissolvida; já a ausência de toxicidade no eluato refletiria a forte retenção das saxitoxinas presentes (0,28 µg/L, Tabela 14) e sua fraca capacidade de eluição a partir da coluna C<sub>18</sub> (NICHOLSON et al, 2007). Da mesma forma, conforme mencionado em relação à amostra anterior, a microcistina LR, cujos sinais foram detectados por LC-MS/MS, apresenta baixa recuperação pelo metanol 100%.

Com a amostra referente à campanha de maio foram registradas 1,9 unidades tóxicas no teste-base (magnitude similar à da amostra coletada em janeiro), as quais foram reduzidas para 1,16 unidades tóxicas após a filtração e totalmente eliminadas após extração em fase sólida (Figura 15). Além da utilização do cartucho C<sub>18</sub>, indicado para a extração de microcistinas, efetuou-se a extração em cartucho carbográfico (ENVI-CARB) considerado mais eficiente para a concentração de saxitoxinas a partir de amostras de água (WRF, 2012). Nos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* efetuados com os eluatos obtidos a partir da coluna de octadecilsilano, verificou-se uma recuperação de 2,26 unidades tóxicas combinando-se as frações 90% e 100% de metanol (valor próximo ao registrado no teste-base); já após a eluição do cartucho carbográfico, foram recuperadas 2,7 unidades tóxicas na fração 100% de metanol. Observa-se, portanto, que ambas as eluições podem ter promovido a recuperação de microcistinas hidrofóbicas, já que saxitoxinas são fracamente recuperadas mediante a utilização de metanol como solvente (WHO, 1999) O ensaio ELISA detectou os dois tipos de toxinas somente na amostra coletada com a armadilha Schindler-Patalas (trampa), que permite a filtração de maior volume e, conseqüentemente, sua concentração.

Com efeitos menos intensos já no ensaio inicial, a amostra relativa à campanha de Julho perdeu completamente a toxicidade após o congelamento (Tabela 15). Destaca-se que apesar da persistência das principais espécies de cianobactérias e da presença de saxitoxinas na amostra coletada com a trampa, uma mesma cepa pode produzir mais de um tipo de microcistina (ou saxitoxina), sendo possível também a adsorção de microcistinas dissolvidas ao material em contato

com a amostra aquosa, bem como a interconversão de saxitoxinas entre suas variantes, o que pode interferir em termos de equivalente em toxicidade (NICHOLSON & BURCH, 2001).

A última amostra analisada apresentou um perfil de toxicidade similar ao registrado na campanha de março, onde as 8,27 unidades tóxicas obtidas no teste-base foram reduzidas para 1,2 unidades tóxicas após a filtração e eliminadas após a passagem por cartucho carbográfico, sugerindo a presença de agentes tóxicos dissolvidos. A avaliação dos eluatos foi qualitativa e permitiu o resgate de efeitos nas frações 75% e 100% de metanol (Tabela 15), o que poderia indicar a ocorrência de microcistinas hidrofóbicas, já que foram quantificadas 1,4 µg/L de microcistinas totais no ensaio ELISA. Na extração com cartucho hidrofílico-lipofílico balanceado (HLB), provavelmente ocorreu uma saturação dos sítios de adsorção ou houve lixiviação de algum agente tóxico, daí a similaridade da CI25 com a obtida na filtração.

As amostras referentes ao ponto situado no braço do Taquacetuba (BITQ 00100) apresentaram menor incidência de toxicidade, quando comparadas àquelas coletadas no ponto localizado no Summit Control. Assim, observou-se efeito crônico ao microcrustáceo em 50% das campanhas (Tabela 16), indicando também uma pequena redução em relação à intensidade e frequência dos efeitos registrados no período de 2000 a 2009 (CETESB, 2012b).

Na Figura 11 observa-se um aumento da intensidade do efeito, significativo apenas nas campanhas de janeiro, março e maio, quando o número médio de neonatos produzidos por adulta no controle foi de 2,09 a 6,38 vezes mais elevado.

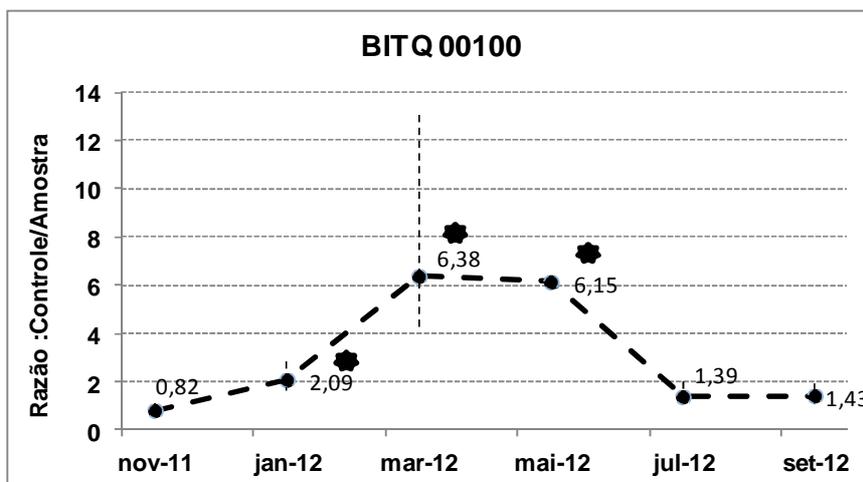


Figura 16: Quociente (e respectivo intervalo de confiança) entre a média de jovens produzidas no controle (C) e na amostra (T). O asterisco indica a ocorrência de diferença significativa, caracterizando efeito tóxico crônico.

Tabela 16: Resultados dos principais parâmetros relacionados aos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* para amostras coletadas no ponto BITQ 00100.

Descrição do parâmetro/ Unidade	Padrão CONAMA	Campanha/Nº da Amostra					
		(Nov/2011) 1130592	(Jan/2012) 1208431	(Mar/2012) 1214206	(Mai/2012) 1220196	(Jul/2012) 1223416	(Set/2012) 1229592
Condutividade (µS/cm)	-	172	183	172	160	170	174
Oxigênio dissolvido (mg/L)	> 6,0	7,5	9,2	10,9	7,8	12,6	8,6
pH (Unidades de pH)	6 até 9	7,6	8,8	<b>9,2<sup>(*)</sup></b>	7,9	<b>9,4</b>	7,9
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	39,1	48,4	50,6	44	41	58,3
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	40,9	45,5	44,5	48,4	42	44,9
Fenóis totais (mg/L)	< 0,003	<b>0,003</b>	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	<b>0,003</b>
Fósforo total (mg/L)	< 0,02	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<0,02	<b>0,05</b>	<b>C</b>	<b>0,09</b>
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)		0,13	0,11	0,16	0,15	<0,10	0,32
Toxicidade crônica a <i>C. dubia</i>	<b>Não tóxico</b>	Não tóxico	<b>Crônico</b>	<b>Crônico</b>	<b>Crônico</b>	Não tóxico	Não tóxico
Nº de células de cianobactérias/mL	< 20000	<b>21995</b>	<b>134125</b>	<b>266030</b>	<b>182720</b>	<b>398345</b>	<b>168075</b>
Cianobactérias Predominantes (nº de organismos/mL)		1;2 <sup>(**)</sup>	1;3;4	1;2;5	1;5	1;5	1;5
Microcistinas (µg/L)		<0,15	< 0,15	<b>0,48</b>	<b>0,22</b>	<b>1,95</b>	<b>0,20</b>
Saxitoxinas (µg/L)		<0,02	<b>0,05</b>	<b>0,24</b>	<0,02	<0,02	<b>0,10</b>
Cilindrospermopsinas (µg/L)		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

(\*)Desconformidades em negrito.

(\*\*)1: *Cylindrospermopsis raciborskii*; 2: *Aphanocapsa delicatissima*; 3: *Microcystis sp*; 4: *Sphaerocavum*; 5: *Planktothrix*.

C = Determinação cancelada

Novamente verificou-se uma maior inibição da reprodução em função do aumento do número de células de *Cylindrospermopsis raciborskii*, com um coeficiente de correlação bastante próximo de 1 (Figura 17).

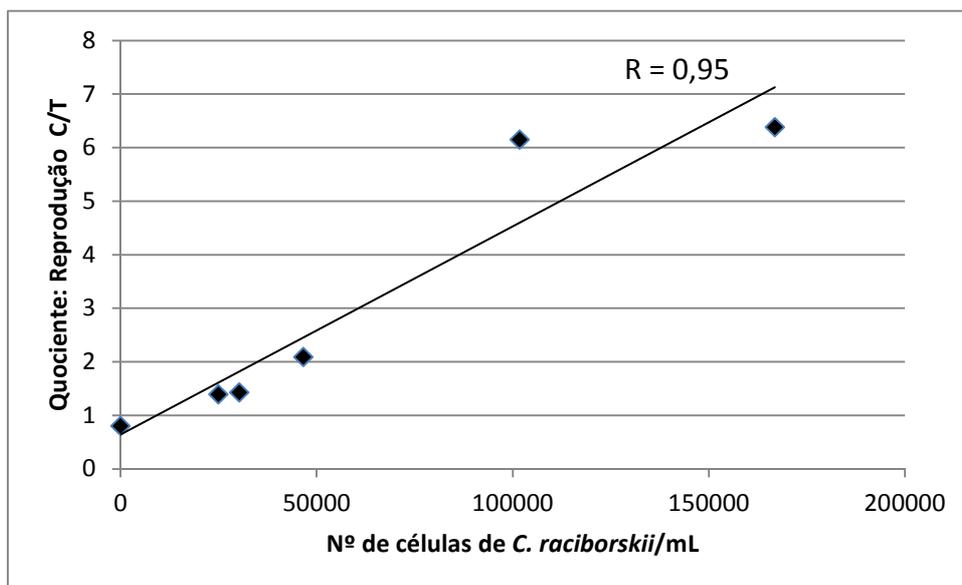


Figura 17: Correlação entre o nº de células de *Cylindrospermopsis raciborskii* e os efeitos sobre a reprodução observados nos ensaios com *Ceriodaphnia dubia* com amostras coletadas no ponto BITQ 00100.

Assim como para as amostras coletadas no reservatório Jundiá e no ponto BILL 02900, essa toxicidade relaciona-se ao predomínio de algas do grupo das cianobactérias, hipótese confirmada nos estudos de avaliação e identificação da toxicidade, conduzidos com amostras frescas (sem congelamento), referentes às campanhas de março e maio (Tabela 17).

Tabela 17: Resultados dos ensaios efetuados com as alíquotas de amostras manipuladas, como parte dos estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade BITQ 00100.

Amostra	Data de realização dos ensaios	Manipulação	CI25;7dias (%)	Efeito resultante
1214206	22/03/2012	Teste base	22,19	S <sup>(1)</sup> NS <sup>(2)</sup> R- <sup>(3)</sup>
		Filtração	74,37	
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	21,13	
		Eluato C <sub>18</sub> com metanol	Não tóxico	
1220196	15/05/2012	Teste base	19,23	S S R-
		Filtração	>100,0	
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	>100,0	
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	Não tóxico	

(1) S: Significativo (2)NS: Não significativo (3)R-: Sem recuperação de agentes tóxicos

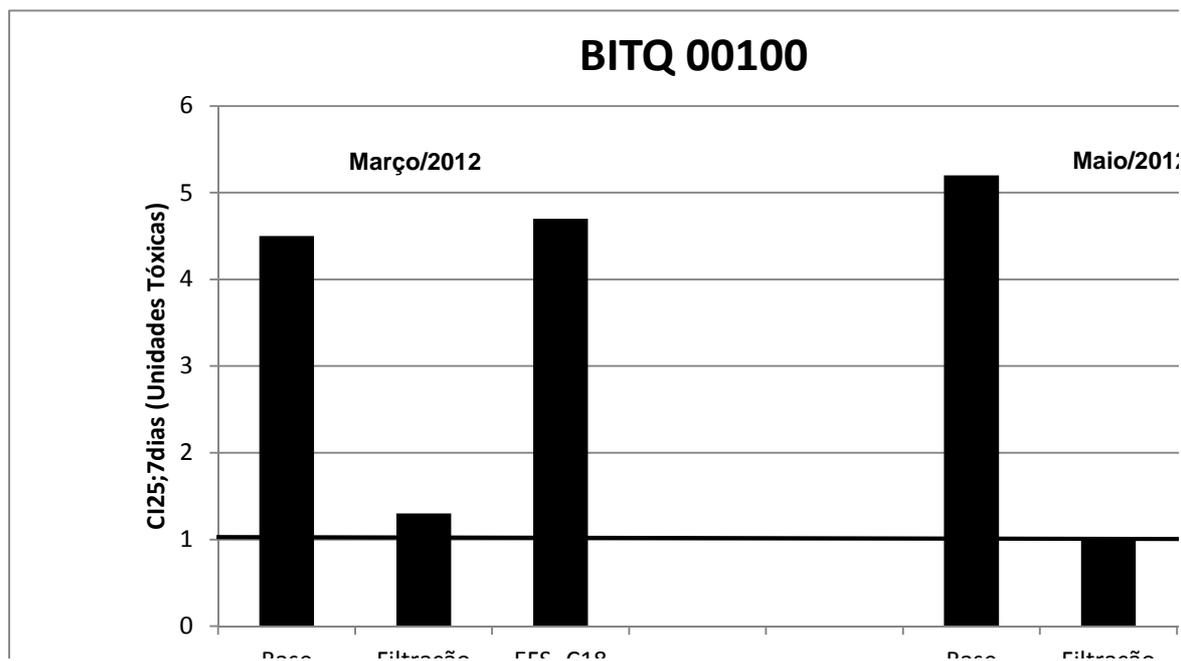


Figura 18: Resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos efetuados com as amostras sem manipulação (base) e após as diferentes manipulações, convertidos em Unidades Tóxicas (UT= 100/CI25;7dias). A linha indica o valor abaixo do qual se caracteriza ausência de toxicidade

No primeiro estudo, com amostra de março de 2012, foram detectadas 4,5 unidades tóxicas no teste-base, as quais, após a filtração em membrana de fibra de vidro de 1  $\mu\text{m}$ , foram reduzidas para 1,3 unidades tóxicas (Figura 18). Por outro lado, as 4,7 unidades tóxicas obtidas após a extração em coluna de octadecil, refletiram, provavelmente, a lixiviação de algum composto nocivo a partir do cartucho, uma vez que no tratamento correspondente ao branco dessa manipulação também foi registrada toxicidade.

Tal resultado repetiu-se, em parte, com a amostra coletada em maio (Figura 18), pois o efeito registrado no teste-base, similar em magnitude (5,2 Unidades Tóxicas), foi totalmente eliminado após o procedimento de filtração (Tabela 17). Além disso, a contagem do fitoplâncton efetuada na alíquota de amostra filtrada reforçaria o vínculo da toxicidade com as cianobactérias, visto que sua densidade após essa manipulação foi reduzida de 182.720 para apenas 104 organismos por mililitro. Em ambos os casos pode-se concluir que os efeitos resultaram da ingestão de células de cianobactérias contendo microcistinas ou saxitoxinas (Tabela 16). Contudo, na amostra coletada em março, provavelmente uma fração das toxinas encontrava-se na forma dissolvida, justificando a toxicidade residual registrada após a filtração.

### 3.4 Bacia do Juqueri-Cantareira

No ponto JQJU 00900 situado no Reservatório do Juqueri, foram registradas concentrações de fenóis superiores aos padrões para corpos d'água de classe 2 nas campanhas de Novembro de 2011 e Janeiro de 2012; já o único evento de toxicidade crônica (Tabela 18) ocorreu na campanha de Setembro de 2012.

Tabela 18: Resultados dos principais parâmetros relacionados aos ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* para amostras coletadas no ponto JQJU 00900.

Descrição do parâmetro/ Unidade	Campanha/Nº da Amostra						
	Padrão CONAMA	(Nov/2011) 1130598	(Jan/2012) 1209582	(Mar/2012) 1213102	(Mai/2012) 1220099	(Jul/2012) 1225624	(Set/2012) 1229682
Condutividade (µS/cm)	-	35	38	36	36	38	34
Oxigênio dissolvido (mg/L)	> 6,0	8,4	7,6	7,9	7,6	8,9	8,5
pH (Unidades de pH)	6 até 9	8,2	7,6	7,5	7,1	6,9	6,9
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	12,9	14,3	-	8,8	12,6	12,7
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	9,6	10,2	-	14,5	10,1	9,31
Fenóis totais (mg/L)	< 0,003	<b>0,053</b>	<b>0,04</b>		<0,003	<0,003	<b>&lt;0,03</b>
Fósforo total (mg/L)	< 0,02	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)		<0,1	0,11	<0,10	0,11	0,21	<0,10
Toxicidade crônica a <i>C. dubia</i>	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	<b>Crônico</b>
Nº de células de cianobactérias/mL	< 20000	5415	13930	19670	13155	8420	17710
Cianobactérias Predominantes (nº de organismos/mL)		1;2(**)	1;2	-	1;2;3	1	-
Microcistinas (µg/L)		<0,15	<0,15	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Saxitoxinas (µg/L)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cilindrospermopsinas (µg/L)		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

(\*)Desconformidades em negrito.(\*\*)1: *Aphanocapsa* sp; 2:*Cyanogranis* sp; 3:*Pseudanabaena* spp.

Na figura 19, é possível visualizar que o quociente entre o número de neonatos produzidos no controle e na amostra foi ligeiramente superior ao valor crítico para a amostra de setembro de 2012.

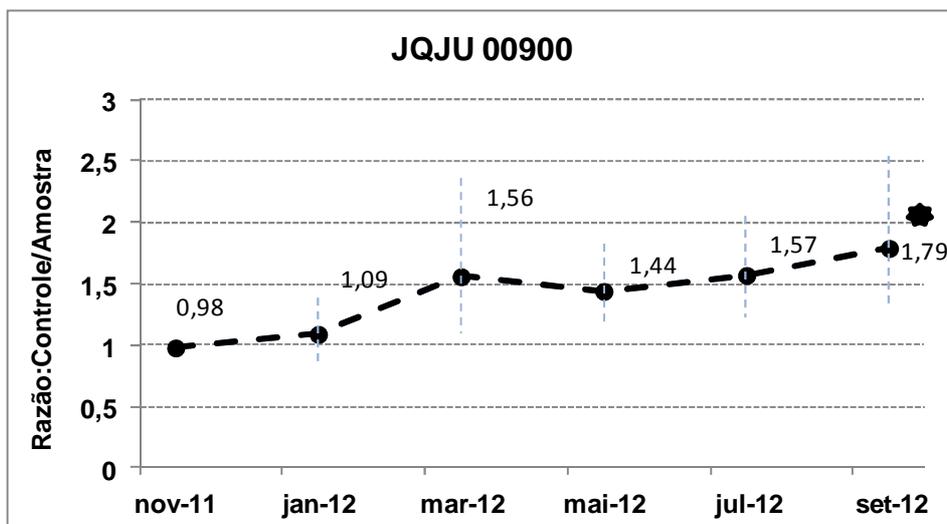


Figura 19: Quociente (e respectivo intervalo de confiança) entre a média de jovens produzidas no controle (C) e na amostra (T). O asterisco indica a ocorrência de diferença significativa, caracterizando efeito tóxico crônico.

No estudo de avaliação e identificação da toxicidade, conduzido com essa amostra preservada por congelamento, observou-se uma redução, embora não significativa, dos efeitos na alíquota submetida à filtração em membrana de fibra de vidro (Tabela 19), indicando, possivelmente, que uma pequena parte dos efeitos tóxicos estaria associada ao material particulado.

Tabela 19: Resultados dos ensaios efetuados com as alíquotas de amostras manipuladas, como parte dos estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade JQJU 00900.

Amostra/data de coleta	Data de realização dos ensaios	Manipulação	CI25;7dias (%)	Efeito resultante
1229682/ 12/09/2012	07/11/2012	Teste base	74,64	NS <sup>(1)</sup>
		Aeração	54,03	
		Filtração	86,45	NS
		Extração em Fase Sólida (C <sub>18</sub> )	61,84	NS
		Eluição C <sub>18</sub> com metanol	Não tóxico	NS
		Adição de EDTA -3 mg/L	61,18	NS
		Adição de EDTA -8 mg/L	32,24	NS
		Adição de Tiosulfato de sódio 5 mg/L	45,37	NS
		Adição de Tiosulfato de sódio 10 mg/L	37,12	NS

(1) NS: Não significativo

#### 4 CONCLUSÕES

Considerando os resultados das análises ecotoxicológicas é possível afirmar que os mananciais da sub-bacia do Cotia-Guarapiranga mantiveram a tendência evidenciada no levantamento preliminar. Assim, 85% das amostras coletadas no reservatório das Graças ocasionaram efeito crônico, cuja causa, apurada nos estudos de avaliação e identificação da toxicidade, relaciona-se à baixa dureza e às substâncias húmicas presentes na água, desfavoráveis à subsistência dessa espécie.

No Reservatório Guarapiranga verificou-se que, apesar do registro frequente de cobre dissolvido nas amostras do ponto junto à captação, persistiu a ausência de efeitos tóxicos assinalada no relatório preliminar, indicando que o metal não se encontra biodisponível devido a fatores físicos e/ou químicos. No ponto situado no braço do rio Parelheiros, constatou-se a influência da transposição das águas do braço Taquacetuba por meio da presença da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii*; contudo, há indicação de que o episódio isolado de toxicidade em fevereiro de 2012 está relacionado ao cobre dissolvido, embora não tenham sido realizados os procedimentos para investigação das causas.

Sob o aspecto ecotoxicológico destaca-se na sub-bacia do Alto Tietê-Cabeceiras a piora da qualidade do reservatório Jundiáí, onde, conforme apontado pelos estudos de caracterização da toxicidade, o efeito crônico sistemático resultou das florações de cianobactérias, em particular da presença da espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*. Nos demais pontos desta sub-bacia incluídos neste estudo não se observou alteração da tendência apontada no relatório preliminar. Assim, o efeito crônico limiar resultante de uma amostra coletada no reservatório Taiaçupeba, indicou uma atenuação da toxicidade obtida na amostra do reservatório Jundiáí, (situado à montante) e não se confirmou após o descongelamento para aplicação das manipulações relativas ao AIT. Já o reservatório Tanque Grande permaneceu inalterado, sem detecção de efeitos ao microcrustáceo.

Na sub-bacia Billings, o reservatório Rio Grande persistiu como o compartimento menos impactado com apenas um evento de toxicidade crônica limiar. Apesar da perda dos efeitos após o congelamento, o estudo de avaliação e identificação da toxicidade, aliado ao histórico das análises químicas, apontou o cobre como responsável pela inibição da reprodução dos organismos-teste. As águas dos pontos situado no reservatório Billings (BILL 02900 e BITQ 00100) mantiveram o perfil ecotoxicológico evidenciado no levantamento histórico e as florações de cianobactérias, com destaque para a espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*, foram identificadas como agentes causadores dos efeitos crônicos ao microcrustáceo.

O reservatório Juqueri (sub-bacia do Juqueri-Cantareira) apresentou melhora da qualidade da água com relação à preservação da vida aquática, durante o período de estudo, quando comparado ao seu histórico. O experimento de avaliação da toxicidade, conduzido com a única amostra com registro de efeito crônico limiar, foi inconclusivo.

Diante dos resultados expostos, verifica-se que os procedimentos de avaliação e identificação da toxicidade constituem um recurso eficiente para elucidar as causas dos efeitos observados com amostras da rede de monitoramento, sobretudo nos locais em que a toxicidade é frequente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Com a finalidade de evitar a detecção de “falsos positivos”, sugere-se a utilização de outro método de ensaio para o monitoramento de reservatórios com características da qualidade da água similares às do Reservatório das Graças, ou a realização do teste de toxicidade com *Ceriodaphnia dubia* após ajuste da dureza da amostra para a faixa de 10 a 13 mg/L em CaCO<sub>3</sub> (valor mais apropriado a este organismo, com baixa probabilidade de alterar a disponibilidade de agentes tóxicos possivelmente presentes).
- Em reservatórios com a ocorrência de cianobactérias, deveriam ser efetuados ensaios complementares com o microcrustáceo após a filtração das amostras em membrana de fibra de vidro de 1 µm para eliminação destes interferentes, com o objetivo de verificar efeitos decorrentes de outros agentes tóxicos. Além disso, poderia ser implantado o ensaio com *Daphnia*, sugerido por FERRÃO-FILHO et al (2010), para caracterização do efeito tóxico por saxitoxinas, mediante a determinação do tempo efetivo para imobilização.
- Na interpretação dos resultados é importante considerar que as águas superficiais estão sujeitas a grandes variações temporais e a amostragem é pontual; portanto, muitas vezes obtém-se uma toxicidade ocasional e de intensidade limiar, que pode refletir lançamentos intermitentes ou a recirculação de contaminantes do sedimento.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (Brasil). **NBR 13373**: Ecotoxicologia aquática: toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro. 8 p., 2010.
- AGRAWAL, M. K.; ZITT, A.; BAGCHI, D.; WECKESSER, J. BAGCHI, S. and von ELERT, E. Characterization of proteases in guts of *D. magna* and their inhibition by *M. aeruginosa* PCC7806. *Environmental Toxicology*, v. 20(3). P. 314-322. 2005.
- AGRAWAL, M. and AGRAWAL, M. K. **Cyanobacteria**-herbivore interaction in freshwater ecosystem. **Journal of Microbiology and Biotechnology Research**. 1(4): 52-66, 2011.
- AGRAWAL, M.; YADAV, S.; PATEL, C.; PAIPURIA, N. and AGRAWAL, M. K. Bioassay methods to identify the presence of cyanotoxins in drinking water supplies and their removal strategies. **European Journal of Experimental Biology**. 2(2): 321-336, 2012.
- ANKLEY, G. T. and BURKHARD, L. P. Identification of surfactants as toxicants in a primary effluent. **Environmental Toxicology**.11: 1235-1248, 1992.
- BERTOLETTI, E.; BURATINI, S. V.; PROSPERI, V. A.; ARAÚJO, R. P. A.; WERNER, L.I. Selection of relevant effect levels for using bioequivalence hypothesis testing. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol.** 2(2): 139-145, 2007.
- BRASIL. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 março 2005. Seção 1, n. 53, p. 58-63.
- BURFORD, M. A. & DAVIS, T. W. Physical and chemical processes promoting dominance of the toxic cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**. 29(4): 883-891, 2011.
- BURGESS, R. M.; HO, K. T.; BRACK, W. and LAMOREE, M. Effects-Directed Analysis (EDA) and Toxicity Identification Evaluation (TIE): complementary but different approaches for diagnosing causes of environmental toxicity. **Environmental Toxicology and Chemistry**. 32 (9): 1935-1945, 2013.
- CCME (CANADIAN COUNCIL of MINISTERS of ENVIRONMENT). Water quality guidelines for the protection of aquatic life – Phenols: mono and dihydric phenols. Winnipeg, 1999.
- CARNEIRO, R. L.; PACHECO, A. B. F. & AZEVEDO, S. M. F. O. Growth and saxitoxin production by *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) correlate with water hardness. **Marine Drugs**.11(8): 2949-2963, 2013.
- CETESB, São Paulo. Avaliação ecotoxicológica do reservatório do Guarapiranga, SP, com ênfase ao problema de algas tóxicas e algicidas. Relatório Técnico. São Paulo. 78p. 1995.
- CETESB, São Paulo. Monitoramento integrado das bacias do Alto e Médio Tietê: avaliação da qualidade da água, sedimento e peixes. Relatório Final. 135p. 1999.



CETESB. **Avaliação e Identificação da Toxicidade no Rio Baquirivu-Guaçu**. Relatório Técnico. 20p. São Paulo, 2005.

CETESB. **Avaliação e Identificação da Toxicidade Crônica no Canal de Fuga II (CFUG 02900)**. Relatório Técnico. 15 p. São Paulo, 2007.

CETESB. Relatório de qualidade das águas Interiores do estado de São Paulo, SP. 2011. 356p. 2012a (Série Relatórios). Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/relatorios.asp>.

CETESB. Projeto de caracterização das águas do Alto Tietê com relação à presença de cianobactérias/algas e toxicidade aos organismos aquáticos. ANEXO I: Levantamento Histórico – 1º relatório parcial. 2012b

CETESB. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo, SP. 2012. 370p. 2013 (Série Relatórios). Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/relatorios.asp>

CHAPMAN, P. M. Whole effluent toxicity testing – usefulness, level of protection and risk assessment. **Environmental Toxicology and Chemistry**. 19(1): 3-13, 2000.

COWGILL, U. M. and MILAZZO, D. P. Demographic effects of salinity, water hardness and carbonate alkalinity on *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia*. **Archives of Hydrobiology**. 122 (1): 33-56, 1991

Da COSTA, S. M.; FERRÃO-FILHO, A. S. and AZEVEDO, S. M. F. O. Effects of saxitoxin and non-saxitoxin producing strains of the Cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* on the fitness of temperate and tropical cladocerans. **Harmful Algae**. 28: 55-63, 2013.  
Disponível em [WWW.sbg.org.br/ranteriores/23/resumos/1260/index.html](http://WWW.sbg.org.br/ranteriores/23/resumos/1260/index.html) Acesso em

DA SILVA, P. D. A. Biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial nas represas de abastecimento do Sistema Alto Cotia (SP). Dissertação (Mestrado): Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2012.

EUENT, S.; MENZEL, R. and STEINBERG, C. E. W. Gender-specific lifespan modulation in *Daphnia magna* by a dissolved humic substances preparation. **Annals of Environmental Science**. 2: 7-10, 2008.

FERRÃO-FILHO, A. S.; CUNHA, R.; MAGALHÃES, V. F.; SOARES, M. C. S. and BAPTISTA, D. F. Evaluation of sub-lethal toxicity of Cyanobacteria on the swimming activity of aquatic organisms by image analysis. *Journal of Brazilian Society of Ecotoxicology*, 2(2): 93-100, 2007.

FERRÃO-FILHO, A. S.; SOARES, M. C. S.; MAGALHÃES, V. F. and AZEVEDO, S. M. F. O. A rapid bioassay for detecting saxitoxins using a Daphnid acute toxicity test. **Environmental Pollution**. 158(6): 2084-2093, 2010.

FETSCHER, B. Prevalence of cyanobacteria and cyanotoxins in California water bodies. Apresentação proferida aos membros da Southern Califórnia Coastal Water Research Project. Jan. 2013.  
Disponível em [www.sccwrp.org/researchareas/Nutrients/HarmfulAlgalBloomHABs/Cyanotoxins.aspx](http://www.sccwrp.org/researchareas/Nutrients/HarmfulAlgalBloomHABs/Cyanotoxins.aspx).

GLOVER, C. N.; PANE, E. F. and WOOD, C. M. Humic substances influence sodium metabolism in the freshwater crustacean *Daphnia magna*. **Physiological and Biochemical Zoology**. 78(3): 405-416, 2005.

GOODFELLOW, W.L and McCULLOCH, W. Minimal toxicity necessary for an effective toxicity identification evaluation. In: **Toxicity Reduction and Toxicity Identification Evaluations for Effluents, Ambient waters, and Other Aqueous Media**. T. J. Norberg-King, Larry W. Ausley, Dennis T. Burton, William L. Goodfellow, Jeffrey, L. Miller and William T. Waller Eds. Pensacola, FL, USA. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). 338-344, 2005 .

HOCKETT, J. R. and MOUNT, D. R. Use of metal chelating agents to differentiate among sources of acute aquatic toxicity. **Environmental Toxicology and Chemistry**. 15(10): 1687-1693, 1996.

IBELINGS, B. W.; HAVENS, K.; CODD, G.A.; DYBLE, J.; LANDSBERG, J.; COVENEY, M.; FOURNIE, J. W. and HILBORN, E.D. Ecosystem effects workgroup report. In: **Cyanobacterial harmful algal blooms: state of the science and research needs**. H. Kenneth Hudnell Ed. 655-674, 2008.

MARIANI, C. F. **Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. 123p, 2006.

NAMIKOSHI, N. and RINEHART, K. L. Bioactive compounds produced by cyanobacteria. **Journal of Industrial Microbiology**. 17:373-384, 1996.

NICHOLSON, B. C. & BURCH, M. D. Evaluation of analytical methods for detection and quantification of cyanotoxins in relation to Australian drinking water guidelines. Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment. 57 p. 2001.

NICHOLSON, B.; HUMPAGE, A.; PAPAGEORGIOU, J.; STEFFENSEN, D.; MONIS, P.; LINKE, T.; FANOK, S.; SHAW, G.; DAVIS, E. B.; WICKRAAMASINGHE, W.; STEWART, I.; CARMUCHAEL, W and SERVAITES, J. Determination and significance of emerging algal toxins (cyanotoxins). AWWARF Report 91170. 172p. 2007.

NORBERG-KING, T. J. **A linear interpolation method for sublethal toxicity: the inhibition concentration (ICp) approach. Version 2.0** (software. USEPA – Duluth (MN). 1993.

NORBERG-KING, T. J.; AUSLEY, L. W.; BURTON, D. T.; GOODFELLOW, W.L.; MILLER, J.L. and WALLER, W.T. Introduction. In: **Toxicity Reduction and Toxicity Identification Evaluations for Effluents, Ambient waters, and Other Aqueous Media**. T. J. Norberg-King, Larry W. Ausley, Dennis T. Burton, William L. Goodfellow, Jeffrey, L. Miller and William T. Waller Eds. Pensacola, FL, USA. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). 1-30, 2005.

PICCINI, C.; AUBRIOT, L.; FABRE, A.; AMARAL, V.; GONZALES-PIANA, M.; GIANI, A.; FIGUEREDO, C. C.; VIDAL, L.; KRUK, C and BONILLA, S. Genetic and eco-physiological differences of South American *Cylindrospermopsis raciborskii* isolates support the hypothesis of multiple ecotypes. **Harmful Algae** 10: 644-653, 2011.

ROCHA, O.; WISNIEWSKI, M. J. S. and MATSUMURA-TUNDISI, T. Checklist of Cladocera de água doce do Estado de São Paulo. **Biota Neotropica**.11(1): 571-592, 2011.



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

- RODRIGUES, A. L.; NOGUEIRA, R.; JANKNECHT, P and BRITO, A. G. Monitoring natural organic matter in surface water by UV spectroscopy: effects of calcium, magnesium and pH value. In: Proceedings of the Second IASTED International Conference: 54-56. Lanzarote, Canary Islands, Spain. 2006.
- ROHRLACK, T.; CHRISTOFFERSEN, K.; DITTMANN, E.; NOGUEIRA, I.; VASCONCELOS, V. and BORNER, T. Ingestion of microcystins by *Daphnia*: intestinal uptake and toxic effects. **Limnologia Oceanographica**. 50 (2): 440-448, 2005.
- ROSSA, D. C.; LANSAC-TOHA, F. A.; BONECKER, C.C. and VELHO, L. F. M. Abundance of cladocerans in the littoral regions of two environments of the upper Paraná River Floodplain, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Ver. Brasil. Biol.** 61(1): 45-53, 2001.
- SARNELLE, O.; GUSTAFSSON, S. and HANSSON, L. A. Effects of cyanobacteria on fitness components of the herbivore *Daphnia*. **Journal of Plankton Research**. V. 32(4). P.471-477. 2010.
- SEMYALO, R. P. **The effects of cyanobacteria on the growth, survival and behaviour of a tropical fish (Nile tilapia) and zooplankton (*Daphnia lumholzi*)**. Thesis for the degree philosophiae doctor at the University of Bergen. 38p. 2009
- USEPA. Methods for measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms. **EPA/600/4-85-013**. 3<sup>rd</sup> Ed. 1985.
- USEPA. (Estados Unidos). Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations: Phase I *Toxicity Characterization Procedures, Second Edition*. **EPA/600/6-91/003**. Environmental Research Laboratory, Duluth, MN. 1991
- USEPA (Estados Unidos). Toxicity Identification Evaluation: Chronically Toxic Effluents, Phase I. **EPA-600/6-91/005F**, 1992.
- USEPA (Estados Unidos). Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations: Phase II Toxicity Identification Procedures for Samples Exhibiting Acute and Chronic Toxicity. **EPA/600/R-92/080**. Duluth, MN, 1993a.
- USEPA (Estados Unidos). Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations. Phase III Toxicity Confirmation procedures for Samples Exhibiting Acute and Chronic Toxicity. **EPA/600/R-92/081** Duluth, MN, 1993b.
- USEPA. Aquatic Life Ambient Freshwater Quality Criteria – Copper. **EPA-822-R-07-001**. 2007.
- Van SPRANG, P. A. and JANSSEN, C. R. Toxicity identification of metals: development of toxicity identification fingerprints. **Environmental Toxicology and Chemistry**. 20(11): 2604-2610, 2010.
- WALLER, W. T.; BAILEY, H. A.; de VLAMING, V.; HO, K. T.; HUNT, J. W.; MILLER, J. L.; PILLARD, D. A.; ROWLAND, C. D. and VENABLES, B. J. **Ambient water, porewater and sediment**. In: Toxicity Reduction and Toxicity Identification Evaluation of Effluents, Ambient Waters and other Aqueous Media. T. J. Norberg-King, Larry W. Ausley, Dennis T. Burton, William L. Goodfellow, Jeffrey, L. Miller and William T. Waller Eds. Pensacola, FL, USA. **Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), 93-114, 2005**.
- WEST, Inc. & GULLEY, D. **Toxstat 3.5**. University of Wyoming. Wyoming, USA. 38 p., 1996.



## COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

WHO (World Health Organization) **Environmental Health Criteria 200 – Copper**. 1998. 360p. Geneva.

WHO. **Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management**. Ingrid Chorus and Jamie Bartran Eds. 1999.

WRF (Water Research Foundation). Criteria for quality control protocols for various algal toxin methods. . Disponível em <http://www.waterrf.org>.

**ANEXO III – Atlas de Cianobactérias da Bacia do Alto Tietê.**



# ATLAS DE CIANOBACTÉRIAS DA BACIA DO ALTO TIETÊ



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
*Geraldo Alckmin* Governador  
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE  
*Bruno Covas* Secretário

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO  
Diretor – Presidente  
*Otávio Okano*

Diretor- Vice-presidente  
*Nelson Roberto Bugalho*

Diretor de Gestão Corporativa  
*Sergio Meirelles Carvalho*

Diretor de Licenciamento e Gestão Ambiental  
*Aruntho Savastano Neto*

Diretora de Avaliação de Impacto Ambiental  
*Ana Cristina Pasini da Costa*

Diretor de Engenharia e Qualidade Ambiental  
*Carlos Roberto dos Santos*

# ATLAS DE CIANOBACTÉRIAS DA BACIA DO ALTO TIETÊ

Marta Condé Lamparelli

Andréa Tucci

Célia Leite Sant'Anna

Denise Amazonas Pires

Luciana Haipek Mosolino Lerche

Maria do Carmo Carvalho

Camila Rosal

São Paulo

2014



# Ficha Catalográfica

C418a CETESB (São Paulo)

Atlas de cianobactérias da bacia do Alto Tietê [recurso eletrônico] / CETESB ; Marta Condé Lamparelli [et al.]. -- São Paulo : CETESB, 2014.

1 arquivo de texto : il. color., PDF ; 4 MB

Publicado também de forma impressa.

Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>

ISBN 978-85-61405-65-6

1. Alto Tietê - São Paulo (Est.) 2. Bactérias fotossintéticas 3. Cianobactérias – identificação 4. Fitoplâncton I. Lamparelli, Marta Condé. II. Tucci, Andréa. III. Sant'Anna, Célia Leite. IV. Título.

CDD (21.ed. esp.) 579.391 693 0816 1

CDU (2.ed. port.) 582.232(282.2:815.6)

Catálogo na fonte: Margot Terada CRB 8.4422

# Equipe Técnica

- Marta Condé Lamparelli, Divisão de Análises Hidrobiológicas, CETESB  
[mlamparelli@sp.gov.br](mailto:mlamparelli@sp.gov.br)
- Andréa Tucci, Núcleo de Pesquisa em Ficologia, Instituto de Botânica SP  
[atuccic@ig.com.br](mailto:atuccic@ig.com.br)
- Célia Leite Sant'Anna, Núcleo de Pesquisa em Ficologia, Instituto de Botânica, SP  
[celialsant@yahoo.com.br](mailto:celialsant@yahoo.com.br)
- Denise Amazonas Pires, Setor de Comunidades Aquáticas, CETESB e aluna de pós-graduação do Núcleo de Pesquisa em Ficologia, Instituto de Botânica, SP  
[dapires@sp.gov.br](mailto:dapires@sp.gov.br)
- Luciana Haipek Mosolino Lerche, Setor de Comunidades Aquáticas, CETESB  
[llerche@sp.gov.br](mailto:llerche@sp.gov.br)
- Maria do Carmo Carvalho, Setor de Comunidades Aquáticas, CETESB  
[marcarvalho@sp.gov.br](mailto:marcarvalho@sp.gov.br)
- Camila Rosal, aluna de pós-graduação do Núcleo de Pesquisa em Ficologia, Instituto de Botânica, SP  
[camila.rosal@gmail.com](mailto:camila.rosal@gmail.com)
- Gisele Adame, aluna de Iniciação Científica do Núcleo de Pesquisa em Ficologia, Instituto de Botânica, SP  
[giseleadame@gmail.com](mailto:giseleadame@gmail.com)
- Camila de Mendonça Rebouças, Setor de Comunidades Aquáticas, CETESB (estagiária)  
[cah.mila.bio@gmail.com](mailto:cah.mila.bio@gmail.com)



# Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO

Esta publicação faz parte das atividades do Projeto FEHIDRO :

“CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DO ALTO TIETÊ EM RELAÇÃO À PRESENÇA DE CIANOBACTÉRIAS E TOXICIDADE NOS ORGANISMOS AQUÁTICOS”

Código de empreendimento: 2009-AT-475

Número do contrato: 193/2010

Tomador: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB

Agente Técnico: IPT

Financiamento: Comitê de Bacia do Alto Tietê



# Agradecimentos

Às diversas Áreas e colegas da CETESB que colaboraram com o desenvolvimento dos trabalhos, com destaque para:

- A Divisão de Amostragem, por todas as coletas e análises de campo, tornando possível este trabalho;
- Ao Setor de Mídias Eletrônicas, especialmente ao gerente Marcelo Terenzi Conceição, pelo projeto gráfico deste Atlas;
- Ao Luiz Calou (“Jacaré”), do Setor de Gráfica, por todo auxílio na escolha de materiais e especificação deste documento;
- À geógrafa Carmen Lucia V. Midaglia, do Setor de Águas Superficiais, pela confecção do mapa com os pontos de amostragem;
- À Beatriz Durazzo Ruiz, do Setor de Águas Superficiais, por todo o auxílio com o cálculo dos índices;
- Ao Setor de Hidrologia, especialmente ao gerente Luis Altivo C. Alvim, pela ajuda com as vazões e cálculos de tempo de residência das águas dos reservatórios.
- À Bibliotecária Margot Terada, por suas sugestões e elaboração da ficha catalográfica.
- Ao biólogo Renato Rocha Jorge, pelo auxílio no tratamento das imagens deste Atlas.

# Índice Geral

- Introdução
- Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
- Reservatórios Estudados
- Mapa
- Metodologia de Coleta e Análise
- Lista de espécies por reservatório
- Cianobactérias planctônicas: registro fotográfico, descrição e ocorrências
- Referências
- Bibliografia consultada para identificação

# Introdução

As águas da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, Estado de São Paulo, estão submetidas a grandes pressões, resultando em baixa disponibilidade hídrica *per capita* e deterioração de sua qualidade. Dentre os impactos existentes na Bacia pode-se destacar o adensamento populacional e decorrente contribuição de esgotos domésticos, resultando em um processo acelerado de eutrofização e, conseqüentemente, em frequentes florações de algas e cianobactérias nos rios e reservatórios da região.

Nas últimas décadas, as cianobactérias têm sido muito estudadas, por serem organismos adaptados a ambientes eutrofizados capazes de formar florações e de produzir cianotoxinas. A presença de cianobactérias em grandes densidades nos corpos d'água interfere na qualidade do ambiente, por alterar a cadeia trófica, e também na qualidade da água para seus usos múltiplos, como o abastecimento público e o contato primário (balneabilidade).



Floração de cianobactérias no reservatório Billings (janeiro/2012)

Foto: Denise A. Pires

## Introdução (cont)

Com relação aos padrões de qualidade das águas para os diferentes usos, do ponto de vista legal, a Resolução CONAMA 357/05 <sup>1</sup>, regulamenta tanto o número de células de cianobactérias como a aplicação de ensaios ecotoxicológicos. Da mesma forma, com relação à potabilidade, a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/11 <sup>2</sup>, estabelece limites para o número de células de cianobactérias e concentrações de cianotoxinas.

Em 2011 a CETESB iniciou o Projeto com financiamento FEHIDRO, intitulado “**CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DO ALTO TIETÊ COM RELAÇÃO À PRESENÇA DE CIANOBACTÉRIAS/ALGAS E TOXICIDADE AOS ORGANISMOS AQUÁTICOS**”. Este projeto apresentado no Comitê de Bacia do Alto Tietê, aprovado como empreendimento 2009-AT-475, foi desenvolvido em parceria entre a CETESB e o Instituto de Botânica. Ele teve como objetivo avaliar a qualidade de oito reservatórios da Bacia do Alto Tietê, com relação à ocorrência de cianobactérias e outras espécies de algas prejudiciais, à detecção de cianotoxinas e à presença de toxicidade a organismos aquáticos.

## Introdução (cont)

Entre as dificuldades para um melhor conhecimento desse problema está a identificação taxonômica correta das cianobactérias. Por esse motivo, um dos focos do Projeto foi a elaboração de um atlas de identificação de cianobactérias, com fotos e descrição dos organismos amostrados nos oito mananciais em estudo, de outubro de 2011 a setembro de 2012, totalizando seis coletas em cada local.

Espera-se que este documento, que deverá ser atualizado periodicamente na página da CETESB ([www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)), possa contribuir para o conhecimento desses ambientes, além de auxiliar empresas responsáveis pelo abastecimento público em seu monitoramento da água bruta, com vistas à produção e fornecimento seguro das águas para consumo humano e industrial.

# Bacia do Alto Tietê

A bacia hidrográfica do Alto Tietê corresponde a área drenada pelo rio Tietê, desde sua nascente em Salesópolis, até a barragem do reservatório de Pirapora, com extensão de 133 km<sup>(3)</sup>. Sua área de drenagem é de 5.720 km<sup>2</sup><sup>(4)</sup>, com grande superfície urbanizada, composta por 34 municípios. O índice pluviométrico da região encontra-se na faixa de 1.400 mm por ano<sup>(3)</sup>.

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Alto Tietê engloba uma série de rios e reservatórios de usos múltiplos, sendo os principais: rios Tietê, Claro, Paraitinga, Biritiba-Mirim, Jundiaí, Taiapuêba-Mirim, Embu-Guaçu, Embu-Mirim, Cotia, Baquirivu-Guaçu, Tamanduateí, Pinheiros, Juqueri e córregos Aricanduva e Cabuçu de Baixo. Entre os reservatórios podem ser citados: Billings, Rio Grande, Rio das Pedras, Ribeirão do Campo, Ponte Nova, Paraitinga, Biritiba, Jundiaí, Taiapuêba, Pedro Beicht, Cachoeira da Graça, Juqueri ou Paiva Castro, Edgard de Souza, Pirapora, Águas Claras e Guarapiranga.

A bacia é caracterizada pela presença de atividades de uso do solo diversificadas. Possui a mais alta densidade populacional do Estado, englobando a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a maior região metropolitana do país.

## Bacia do Alto Tietê (cont)

As porções norte, sul e sudeste dessa UGRHI estão protegidas pela Lei de Proteção aos Mananciais – 898/75 e 1172/76, onde estão localizados os reservatórios destinados ao abastecimento público. Na área das cabeceiras do rio Tietê predominam a produção hortifrutigranjeira, a silvicultura e a mineração de não metálicos para a construção civil. A produção industrial tem maior expressão nos municípios de Santo André, São Bernardo, São Caetano, Diadema, Mauá e Guarulhos <sup>(3)</sup>.

A população desta bacia foi estimada em mais de 19,5 milhões de habitantes, em 2010 <sup>(5)</sup>, correspondente a 57 % do Estado de São Paulo e 10 % da população brasileira <sup>(4)</sup>, resultando em uma baixa disponibilidade de água por pessoa.

Em vista da complexidade desta UGRHI, envolvendo aspectos como: características territoriais, reversões de bacias, adensamento populacional em áreas de mananciais e concentração industrial, reforça-se a necessidade de redução de cargas poluidoras associadas a metas de qualidade das águas e ampliação do conhecimento dos ambientes aquáticos nela inseridos.

# Reservatórios Estudados

Os reservatórios contemplados nesse trabalho são:

1. [Reservatório Billings](#) (2 pontos de amostragem);
2. [Reservatório das Graças](#);
3. [Reservatório Guarapiranga](#) (2 pontos de amostragem);
4. [Reservatório Jundiaí](#);
5. [Reservatório Paiva Castro \(ou Juqueri\)](#);
6. [Reservatório Rio Grande](#);
7. [Reservatório Taiaçupeba](#);
8. [Reservatório Tanque Grande](#).

Esses corpos d'água podem ser visualizados no mapa a seguir, com a localização aproximada dos pontos amostrados. Nas páginas seguintes, há também uma descrição sucinta de cada reservatório com histórico e localização geográfica dos referidos pontos.

Neste trabalho foram selecionados os mesmos pontos de amostragens da rede de monitoramento da CETESB.



# Reservatório Billings

O reservatório Billings situa-se ao sul da Região Metropolitana de São Paulo ( $23^{\circ}47'S$  e  $46^{\circ}40'W$ ), em uma altitude de 746 m, ocupando uma área de  $120 \text{ km}^2$ , com volume de  $1,20 \times 10^9 \text{ m}^3$  e profundidade média de 10 m.

Foi idealizado em 1927 pelo engenheiro americano Asa Billings, com a finalidade de aproveitar as águas do rio Tietê para geração de energia elétrica na Usina Hidrelétrica de Henry Borden. Entretanto, atualmente também é utilizado para o abastecimento público, irrigação e diversas atividades de lazer como esportes náuticos, natação e pesca <sup>(3)</sup>.

Com a escassez de água para abastecimento da RMSP no período de estiagem, desde 2000 está autorizada por meio de Licenciamento Ambiental a transposição de água do braço do Taquacetuba, para o reservatório Guarapiranga .

Neste trabalho foram selecionados dois pontos da rede de monitoramento da CETESB:



**BILLO2900** - No corpo central, próximo à barragem reguladora Billings-Pedras - Summit Control, São Bernardo do Campo. (Latitude  $23^{\circ} 49' 06''$  e longitude  $46^{\circ} 31' 25''$ ).

**BITQ00100** - No braço do Taquacetuba, na baía situada no final da rua Tomekichi Inouye - captação da SABESP, São Paulo. (Latitude  $23^{\circ} 50' 41''$  e longitude  $46^{\circ} 39' 20''$ ).

# Reservatório Cachoeira da Graça

O reservatório Cachoeira da Graça situa-se no município de Cotia (23° 39'S e 46° 58'W) em uma altitude de 865 m e faz parte do sistema Alto Cotia, responsável por 3,5% da água tratada na Grande São Paulo. É formado pelo rio Cotia, pelo canal que recebe as águas da represa Pedro Beicht e pelo rio Nossa Senhora das Graças. Possui uma área de 0,2 km<sup>2</sup>, capacidade de armazenar 2 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> e vazão média de 0,52 m<sup>3</sup> x s<sup>-1</sup>.

Este reservatório foi construído em 1916 e atualmente, junto com a represa Pedro Beicht, abastece meio milhão de habitantes das cidades de Cotia, Embu, Itapeverica da Serra e Embu-Guaçu. Quanto ao uso e ocupação do solo, este reservatório está inserido em área da Reserva Florestal Morro Grande (inserida como área núcleo da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo). Entretanto, a integridade da floresta está ameaçada pelas atividades de caça, pesca e especulação imobiliária inadequada, além da ligação ferroviária Mairinque-Santos, que corta a região sul da reserva<sup>(6)</sup>.



Neste trabalho foi utilizado o ponto da rede de monitoramento da CETESB:

**COGR00900** - Na barragem, junto à captação do Alto Cotia.  
(Latitude 23° 39' 12" e Longitude 46° 58' 03").

# Reservatório Guarapiranga

O reservatório Guarapiranga situa-se a sudoeste da Região Metropolitana de São Paulo ( $23^{\circ} 43' S$  e  $46^{\circ} 32' W$ ) em uma altitude de 740m. A área deste reservatório é de  $33,91 \text{ Km}^2$ , seu volume de  $194 \times 10^6 \text{ m}^3$  e a profundidade média de 5,7 m.

Este reservatório foi construído entre 1906 a 1908, com a finalidade de regularizar a vazão do rio Tietê e para a geração de energia elétrica, sendo formado pelo represamento do rio Guarapiranga e outros afluentes menores. Apesar de idealizado para a geração de energia elétrica, atualmente é o segundo maior sistema de água da RMSP, abastecendo as zonas sul e sudoeste da Capital. A evolução do uso do solo da região caracterizou-se pela substituição da vegetação natural pela intensa urbanização <sup>(3)</sup>.

Neste trabalho foram escolhidos dois pontos da rede de monitoramento da CETESB:



**GUAR00100** - No meio do Braço do Rio Parelheiros, no bairro do Balneário São José. (Latitude  $23^{\circ} 45' 15''$  e Longitude  $46^{\circ} 43' 37''$ ).

**GUAR00900** – Na Captação da SABESP (Latitude  $23^{\circ} 40' 27''$  e longitude  $46^{\circ} 43' 40''$ ).

# Reservatório Jundiaí

O reservatório Jundiaí situa-se a sudoeste da Região Metropolitana de São Paulo ( $23^{\circ} 38' S$  e  $46^{\circ} 11' W$ ), em uma altitude de 730 m. A área inundada deste reservatório é de  $17,42 \text{ Km}^2$ , seu volume útil é de  $74,09 \times 10^6 \text{ m}^3$  <sup>(4)</sup> e a profundidade máxima é de 3,40 m <sup>(7)</sup>.

Este reservatório foi construído no final da década de 80 com início de operação em 13/07/90. Atualmente ele é utilizado para o abastecimento público, sendo também interligado ao reservatório de Taiapuêba por um canal construído em 1992. O entorno do reservatório é ocupado por culturas de hortaliças e plantas frutíferas <sup>(8)</sup>.

Para a realização deste trabalho, foi utilizado o ponto da rede de monitoramento da CETESB:

[JNDI00500](#) – No corpo central, em frente ao canal de interligação com o reservatório Taiapuêba (Latitude  $23^{\circ} 38' 56''$  e longitude  $46^{\circ} 11' 48''$ ).



# Reservatório Paiva Castro (Juqueri)

O reservatório Paulo de Paiva Castro, também conhecido como Juqueri, situa-se próximo ao município de Mairiporã (23° 20'S e 46° 39'W) em uma altitude de 750m. A área deste reservatório é de 5,6 Km<sup>2</sup>, seu volume de 1x10<sup>5</sup> m<sup>3</sup> e a profundidade máxima (próximo à barragem) é de 38 m.

Este reservatório iniciou sua operação em 1974, durante a primeira etapa de implantação do Sistema Cantareira, e recebe as contribuições naturais advindas do Rio Juqueri, além das águas de reversão dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha. Quanto ao uso e ocupação do solo, a sub-bacia do Rio Juqueri apresenta áreas de vegetação natural e de reflorestamentos, pastagens naturais e cultivadas, e atividades hortifrutigranjeiras <sup>(3)</sup>.

Para a realização deste trabalho, foi utilizado o ponto da rede de monitoramento da CETESB:

[JQJU00900](#) - Ponte Santa Inês, na rodovia que liga Mairiporã à Franco da Rocha

(Latitude 23° 20' 25" e longitude 46° 39' 45").



# Reservatório Rio Grande

O reservatório Rio Grande é um braço do reservatório Billings e situa-se ao sul da Região Metropolitana de São Paulo (23° 46' S e 46° 32'W), em uma altitude de 746 m. A área deste reservatório é de 7,4 Km<sup>2</sup> , volume de 116 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> e a profundidade média é de 5,5 m.

Este reservatório, formado a partir das contribuições do Rio Grande e do Ribeirão Pires, foi isolado do sistema Billings em 1982 com a finalidade de manter uma adequada qualidade da água, sofrendo influências dos lançamentos domésticos e industriais de Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e São Bernardo do Campo. Atualmente é utilizado para abastecimento público da região do ABC e para diversas atividades de lazer como esportes náuticos, natação e pesca. A região caracteriza-se por grandes contrastes associando chácaras de recreio com loteamentos irregulares e clandestinos <sup>(3)</sup> .

Neste trabalho foi utilizado o ponto da rede de monitoramento da CETESB:

**RGDE02900** - Próximo à rodovia Anchieta, junto à captação da SABESP, São Bernardo do Campo. (Latitude 23° 46' 07" e longitude 46° 32' 00").



# Reservatório Taiapuêba

O reservatório Taiapuêba situa-se a sudoeste da Região Metropolitana de São Paulo (23° 34'S e 46° 17'W), em uma altitude de 750 m, apresentando área de inundação 19,36 km<sup>2</sup>, volume útil de 85,2x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> <sup>(9)</sup> e profundidade média de 5,5 m.

Foi construído em 1976 com a finalidade específica de amortecer as vazões e enchentes do Alto Tietê, mantendo-se vazões mínimas ao longo do ano neste trecho, e a partir de 1992 passou a servir de manancial de abastecimento da região <sup>(10)</sup>. O local escolhido para implantação da barragem está situado à jusante da confluência do rio Taiapuêba com seus tributários e cerca de três quilômetros da sua confluência com o rio Tietê. Formado pelos rios Taiapuêba-Açú, Taiapuêba-Mirim e Balainho, o rio Taiapuêba apresenta suas nascentes na face interior da Serra do Mar <sup>(11)</sup> .

Neste trabalho foi utilizado o ponto da rede de monitoramento da CETESB:

[PEBA00900](#) - Na captação da SABESP, município de Suzano .

(Latitude 23° 34' 45" e longitude 46° 17' 18").



# Reservatório Tanque Grande

O reservatório Tanque Grande situa-se na Serra da Cantareira, município de Guarulhos, norte da região metropolitana de São Paulo (23º 22'S e 46º 27'W). Este reservatório foi construído em 1958 com o objetivo de fornecer água ao município de Guarulhos, sendo concedida sua administração ao Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAEE) em 1989. Atualmente é utilizado para abastecimento público e diversas atividades de lazer como natação e pesca. Quanto ao uso e ocupação da microbacia relacionam-se a existência de remanescentes secundários da Mata Atlântica, reflorestamento com eucaliptos e produção agropecuária em pequena escala <sup>(12)</sup>.

Para a realização deste trabalho, foi utilizado o ponto da rede de monitoramento da CETESB:

[TGDE00900](#) - Junto à barragem, no município de Guarulhos.  
(Latitude 23° 22' 28" e Longitude 46° 27' 35")

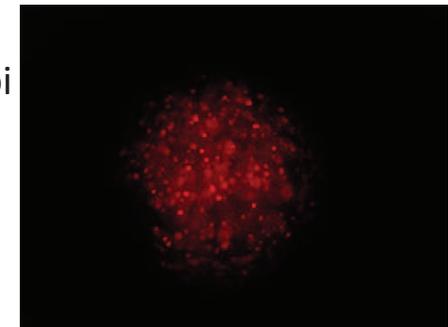


# Metodologia de Coleta e Análise

As amostragens foram realizadas entre outubro de 2011 e setembro de 2012, bimestralmente. A amostragem da água foi realizada seguindo o Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Águas publicado pela ANA e CETESB em 2011 <sup>(13)</sup>.

Para a análise quantitativa, as amostras foram coletadas subsuperficialmente com garrafa de van Dorn, acondicionadas em frascos de vidro âmbar e preservadas com solução de lugol. Para as análises qualitativas, foram feitos arrastos verticais com rede de plâncton de 20  $\mu\text{m}$  de abertura de malha, a partir de pelo menos 50 cm do fundo, armazenadas em frascos de vidro âmbar e preservadas com formol na concentração final de 4%.

As amostras foram preservadas em laboratório e antes da preservação foi retirada uma alíquota de água com os organismos vivos para observação em epifluorescência, que permite diferenciar as bactérias das cianobactérias.



O fitoplâncton foi quantificado seguindo o método de sedimentação de Utermöhl (1958), em microscópio invertido Zeiss no aumento 400x. A análise qualitativa foi feita em microscópio comum Zeiss. Todas as imagens foram capturadas por meio de capturador de imagens Zeiss AxioCam e processadas no programa Axiovision.

# Listagem de Espécies

As cianobactérias encontradas no período de estudo foram identificadas em nível infragenérico e encontram-se listadas a seguir, por ponto de amostragem.

Ao todo, foram identificadas 55 espécies, sendo que para 37 destas foi preparada uma ficha incluindo seu registro fotográfico, classificação taxonômica, características morfométricas e local de ocorrência. As outras espécies, destacadas em negrito nas listas por local, embora tenham sido identificadas, não possuem essas informações detalhadas.

# Divisão Cyanobacteria

- **Ordem Chroococcales**
  - Família **Chroococcaceae**
  - Família **Merismopediaceae**
  - Família **Microcystaceae**
  - Família **Synechococcaceae**
  
- **Ordem Oscillatoriales**
  - Família **Phormidiaceae**
  - Família **Pseudanabenaceae**
  - Família **Oscillatoriaceae**
  
- **Ordem Nostocales**
  - Família **Nostocaceae**

## Reservatório Billings (BILL 02900)

### Ordem **Chroococcales**

- [\*Aphanocapsa delicatissima\*](#)
- [\*Aphanocapsa incerta\*](#)
- *Aphanocapsa koordersii*
- [\*Chroococcus cf. prescottii\*](#)
- [\*Chroococcus cf. turgidus\*](#)
- [\*Cyanodictyon cf. iac\*](#)
- [\*Cyanogranis ferruginea\*](#)
- [\*Microcystis aeruginosa\*](#)
- [\*Microcystis wesenbergii\*](#)
- [\*Radiocystis fernandoi\*](#)
- [\*Sphaerocavum brasiliense\*](#)
- *Synechococcus nidulans*
- [\*Synechocystis aquatilis\*](#)
- [\*Woronichinia naegeliana\*](#)
  
- [\*Filamentosa não identificada\*](#)

### Ordem **Oscillatoriales**

- [\*Geitlerinema amphibium\*](#)
- [\*Geitlerinema sp.\*](#)
- *Limnothrix sp.*
- [\*Planktothrix agardhii\*](#)
- [\*Planktothrix isothrix\*](#)
- *Planktolyngbya sp.*
- [\*Pseudanabaena catenata\*](#)
- [\*Pseudanabaena mucicola\*](#)

### Ordem **Nostocales**

- [\*Aphanizomenon gracile\*](#)
- *Cuspidothrix tropicale*
- [\*Cylindrospermopsis raciborskii\*](#)
- [\*Dolichospermum crassum\*](#)
- [\*Dolichospermum planctonicum\*](#)
- [\*Dolichospermum spiroides\*](#)
- *Raphidiopsis sp.*

## Reservatório Billings (BITQ 00100)

### Ordem **Chroococcales**

- *Aphanocapsa conferta*
- [\*Aphanocapsa delicatissima\*](#)
- [\*Aphanocapsa elachista\*](#)
- *Aphanocapsa koordersii*
- *Chroococcus minor*
- [\*Cyanogranis ferruginea\*](#)
- [\*Merismopedia glauca\*](#)
- [\*Microcystis aeruginosa\*](#)
- *Microcystis novacekii*
- [\*Microcystis protocystis\*](#)
- [\*Radiocystis fernandoi\*](#)
- [\*Snowella lacustris\*](#)
- [\*Synechocystis aquatilis\*](#)
- [\*Sphaerocavum brasiliense\*](#)
- [\*Woronichinia naegeliana\*](#)
  
- [Filamentosa não identificada](#)

### Ordem **Oscillatoriales**

- [\*Geitlerinema amphibium\*](#)
- *Oscillatoria major*
- [\*Planktothrix agardhii\*](#)
- [\*Planktothrix isothrix\*](#)
- *Planktolyngbya limnetica*
- [\*Pseudanabaena catenata\*](#)
- [\*Pseudanabaena galeata\*](#)
- [\*Pseudanabaena mucicola\*](#)

### Ordem **Nostocales**

- [\*Aphanizomenon gracile\*](#)
- [\*Cuspidothrix issatschenkoi\*](#)
- *Cuspidothrix tropicale*
- [\*Cylindrospermopsis raciborskii\*](#)
- [\*Dolichospermum crassum\*](#)
- [\*Dolichospermum planctonicum\*](#)

## Reservatório Graças (COGR 00900)

### Ordem **Chroococcales**

- [Anathece sp.](#)
- *Aphanocapsa* sp.
- [Cyanogranis ferruginea](#)
- *Synechococcus* sp.
- [Synechocystis aquatilis](#)

### Ordem **Nostocales**

- [Aphanizomenon gracile](#)
- *Cylindrospermopsis* sp.

## Reservatório Guarapiranga (GUAR 00100)

### Ordem **Chroococcales**

- [Anathece sp.](#)
- [Aphanizomenon gracile](#)
- [Aphanocapsa delicatissima](#)
- [Aphanocapsa elachista](#)
- [Aphanocapsa incerta](#)
- *Chroococcus minimum*
- [Cyanogranis ferruginea](#)
- [Merismopedia tenuissima](#)
- [Merismopedia trolleri](#)
- *Microcystis sp.*
- [Sphaerocavum brasiliense](#)

### Ordem **Oscillatoriales**

- [Geitlerinema amphibium](#)
- [Geitlerinema sp.](#)
- [Planktothrix agardhii](#)
- [Pseudanabaena catenata](#)
- [Pseudanabaena mucicola](#)
- *Romeria sp.*

### Ordem **Nostocales**

- [Cuspidothrix issatschenkoi](#)
- [Cylindrospermopsis raciborskii](#)
- [Dolichospermum crassum](#)
- [Dolichospermum planctonicum](#)

## Reservatório Guarapiranga (GUAR 00900)

### Ordem **Chroococcales**

- [\*Aphanocapsa delicatissima\*](#)
- [\*Aphanocapsa holsatica\*](#)
- [\*Cyanogranis ferruginea\*](#)
- [\*Merismopedia tenuissima\*](#)
- [\*Merismopedia trolleri\*](#)
- [\*Microcystis protocystis\*](#)
- [\*Synechocystis aquatilis\*](#)

### Ordem **Oscillatoriales**

- [\*Geitlerinema sp.\*](#)
- [\*Lyngbya martensiana\*](#)
- [\*Planktothrix isothrix\*](#)
- [\*Pseudanabaena catenata\*](#)
- [\*Pseudanabaena galeata\*](#)
- [\*Pseudanabaena mucicola\*](#)

### Ordem **Nostocales**

- [\*Cylindrospermopsis raciborskii\*](#)
- [\*Dolichospermum crassum\*](#)
- [\*Dolichospermum planctonicum\*](#)

## Reservatório Jundiá (JNDI 00500)

### • Ordem **Chroococcales**

- [\*Aphanizomenon gracile\*](#)
- [\*Aphanocapsa delicatissima\*](#)
- [\*Aphanocapsa holsatica\*](#)
- [\*Cyano-granis ferruginea\*](#)
- [\*Merismopedia tenuissima\*](#)
- *Microcystis* sp.
- [\*Microcystis aeruginosa\*](#)
- [\*Microcystis protocystis\*](#)
- [\*Synechocystis aquatilis\*](#)

### Ordem **Oscillatoriales**

- [\*Geitlerinema amphibium\*](#)
- [\*Geitlerinema\* sp.](#)
- *Planktolyngbya limnetica*
- [\*Pseudanabaena catenata\*](#)
- [\*Pseudanabaena galeata\*](#)
- [\*Pseudanabaena mucicola\*](#)

### Ordem **Nostocales**

- [\*Cylindrospermopsis raciborskii\*](#)
- [\*Dolichospermum\* sp.](#)
- [\*Dolichospermum planctonicum\*](#)

## Reservatório Juqueri (JQJU 00900)

### Ordem **Chroococcales**

- *Aphanocapsa sp.*
- [\*Aphanocapsa delicatissima\*](#)
- [\*Aphanocapsa elachista\*](#)
- [\*Cyanogranis ferruginea\*](#)
- [\*Synechocystis aquatilis\*](#)
  
- [Filamentosa não identificada](#)

### Ordem **Oscillatoriales**

- *Pseudanabaena sp.*
- *Romeria sp.*

### Ordem **Nostocales**

- *Cuspidothrix sp.*
- *Cylindrospermopsis sp.*

## Reservatório Rio Grande (RGDE 02900)

### Ordem **Chroococcales**

- [Anathece sp.](#)
- [Aphanizomenon gracile](#)
- [Aphanocapsa delicatissima](#)
- *Aphanocapsa koordersii*
- *Chroococcus minor*
- [Cyanogranis ferruginea](#)
- [Merismopedia tenuissima](#)
- *Microcystis sp.*
- [Microcystis aeruginosa](#)
- [Sphaerocavum brasiliense](#)
- [Synechocystis aquatilis](#)

### Ordem **Oscillatoriales**

- [Geitlerinema amphibium](#)
- *Pseudanabaena sp.*
- [Pseudanabaena catenata](#)
- [Pseudanabaena galeata](#)

### Ordem **Nostocales**

- [Cuspidothrix issatschenkoi](#)
- [Cylindrospermopsis raciborskii](#)
- [Dolichospermum planctonicum](#)

## Reservatório Taiaçupeba (PEBA 00900)

### Ordem **Chroococcales**

- [Anathece sp.](#)
- [Aphanocapsa delicatissima](#)
- [Aphanocapsa holsatica](#)
- *Chroococcus aphanocapsoides*
- [Cyanogranis ferruginea](#)
- *Merismopedia sp.*
- [Microcystis aeruginosa](#)
- [Microcystis protocystis](#)
- [Synechocystis aquatilis](#)

### Ordem **Oscillatoriales**

- [Aphanizomenon gracile](#)
- [Geitlerinema amphibium](#)
- [Geitlerinema sp.](#)
- *Planktolyngbya limnetica*
- [Pseudanabaena catenata](#)
- [Pseudanabaena galeata](#)

### Ordem **Nostocales**

- [Cylindrospermopsis raciborskii](#)
- [Dolichospermum crassum](#)

## Reservatório Tanque Grande (TGDE 00900)

### Ordem **Chroococcales**

- *Aphanocapsa delicatissima*
- *Chroococcus* sp.
- *Cyanogranis ferruginea*

### Ordem **Oscillatoriales**

- *Pseudanabaena catenata*

Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Chroococcaceae**

***Chroococcus cf. prescottii* Drouet & Daily**



Colônias com 4-8 células esféricas ou hemisféricas após divisão, 5-8  $\mu\text{m}$  diâmetro. Bainha homogênea.

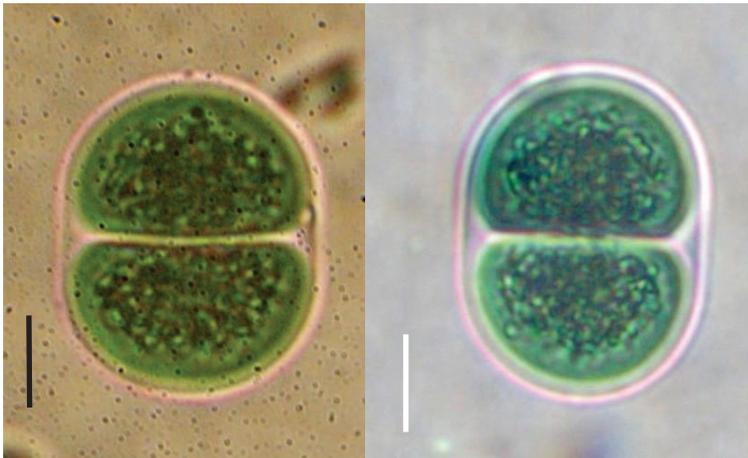
**Ocorrência:**  
[Billings \(BILL 02900\)](#)

Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Chroococcaceae**

***Chroococcus cf. turgidus***

Colônias com 2-4 células esféricas ou hemisféricas após divisão, 12-14,6  $\mu\text{m}$  diâmetro. Bainha homogênea.

Comentário: Difere de *C. turgidus* por ser planctônico e bainha não lamelada.

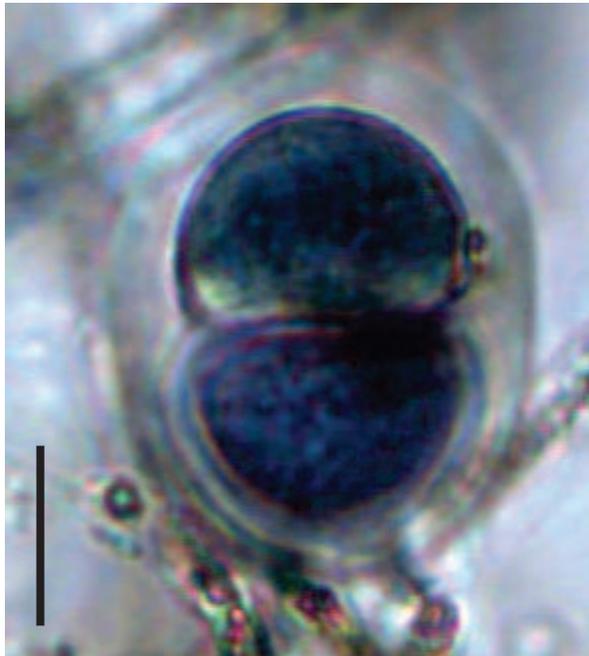


**Ocorrência:**  
[Billings \(BILL 02900\)](#)

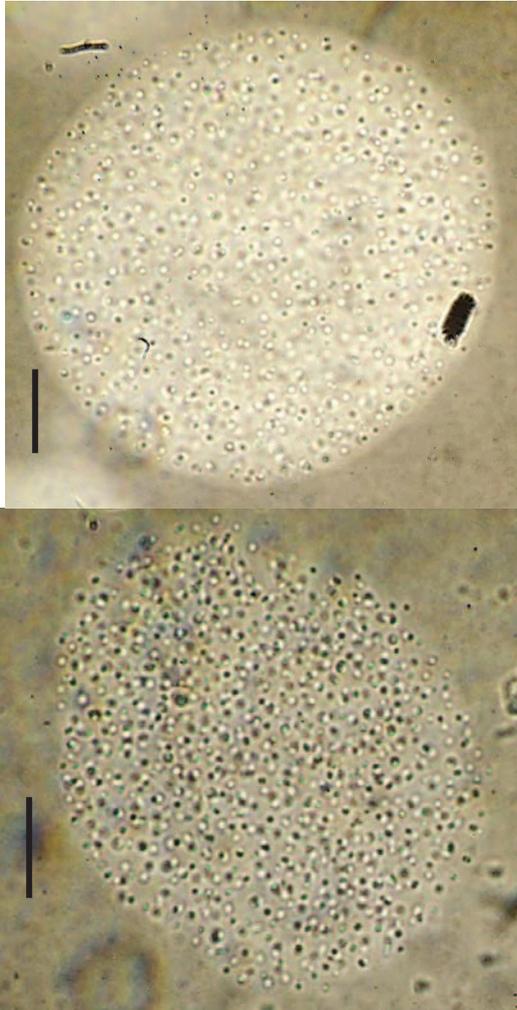
Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Chroococcaceae**

*Chroococcus* sp.

Colônias com 2-4 células esféricas ou hemisféricas após divisão, 12,1-14,9  $\mu\text{m}$  diâmetro. Bainha lamelada.



**Ocorrência:**  
[Tanque Grande \(TGDE 00900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Merismopediaceae**

***Aphanocapsa delicatissima*** W.West & G.S. West

Colônias irregulares; mucilagem hialina; células esféricas, 0,8-1,0 µm diâmetro; irregularmente distribuídas na colônia.

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00900\)](#)

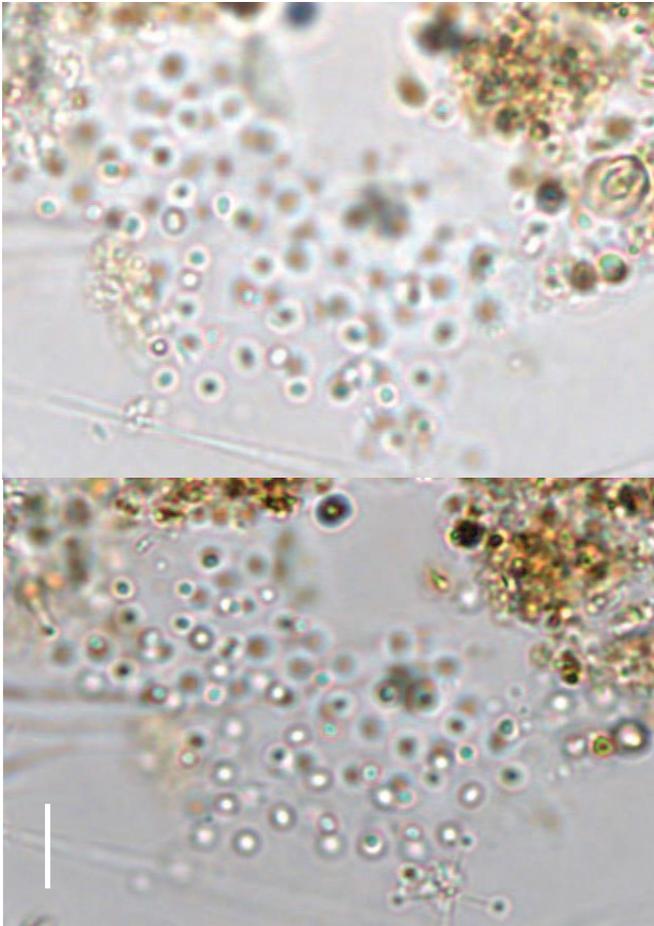
[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Juqueri \(JQJU 00900\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

[Taiapuêba PEBA \(00900\)](#)

[Tanque Grande \(TGDE 00900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Merismopediaceae**

***Aphanocapsa elachista*** W. West & G.S. West

Colônias irregulares; mucilagem hialina, indistinta;  
células esféricas esparsas, irregularmente  
distribuídas, 1,8 -2,0  $\mu\text{m}$  diâmetro.

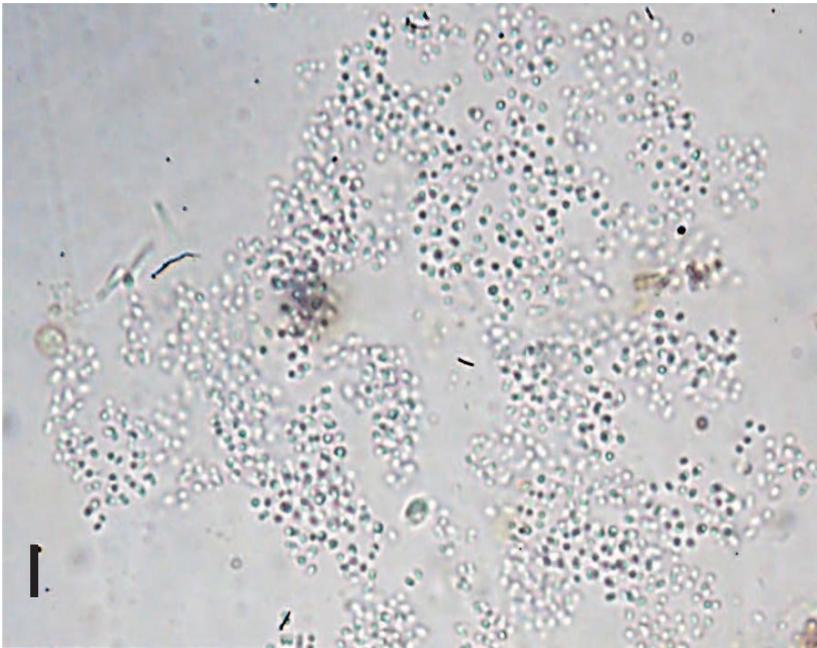
**Ocorrência:**

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Juqueri \(JQJU 00900\)](#)

Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Merismopediaceae**



***Aphanocapsa holsatica*** (Lemmermann)

Cronberg & Komárek

Colônias arredondadas quando jovens, alongadas, irregulares ou clatradas quando adultas; células densamente agregadas; mucilagem hialina, difluente; células esféricas, 1-1,9  $\mu\text{m}$  diâmetro.

**Ocorrência:**

[Guarapiranga\(GUAR 00900\)](#)

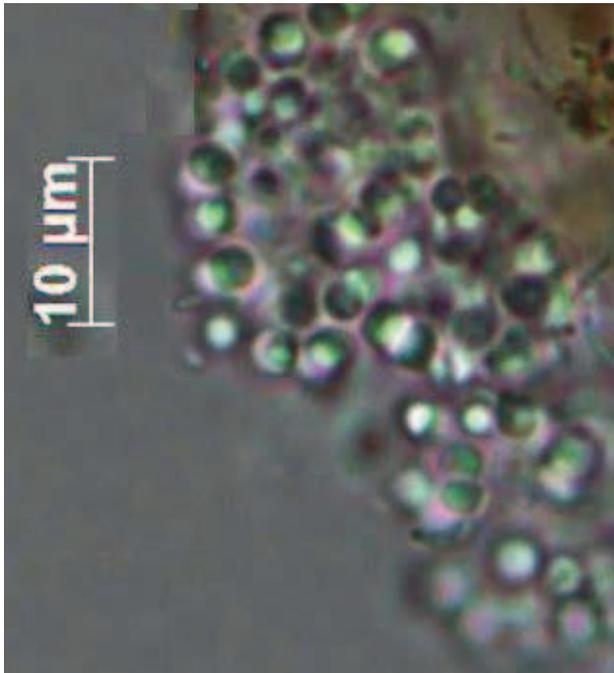
[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Taiapuêba \(PEBA 00900\)](#)

Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Merismopediaceae**

***Aphanocapsa incerta*** (Lemmermann) Cronberg & Komárek

Colônias arredondadas ou alongadas com células densamente agregadas no centro; mucilagem hialina, difluente; células granuladas, 1,5-3  $\mu\text{m}$  diâmetro.



**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

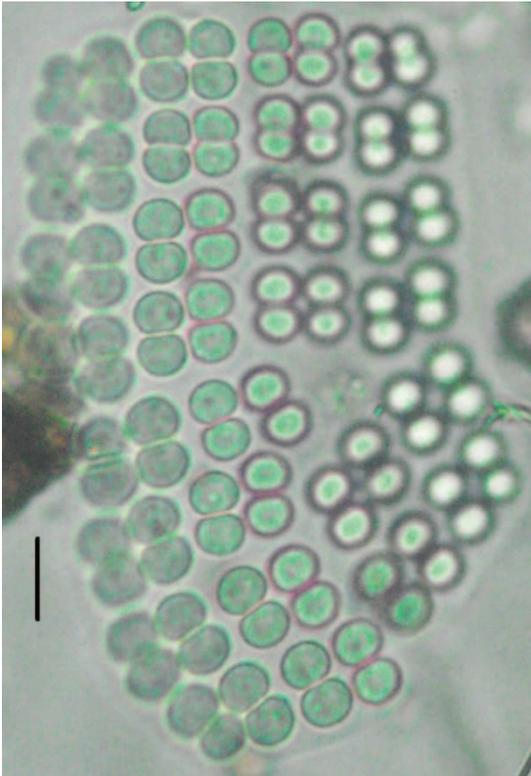
Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Merismopediaceae**

***Merismopedia glauca*** (Ehrenberg) Kützing

Colônias tabulares, planas, retangulares, com numerosas células arranjadas em grupos de 4-8, dispostas em fileiras regulares, próximas umas das outras; mucilagem hialina; células esféricas, hemisféricas após divisão, 3,5-5,0  $\mu\text{m}$  diâmetro, sem aerótopos.

**Ocorrência:**

[Billings \(BITQ 00100\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Merismopediaceae**

***Merismopedia tenuissima*** Lemmermann

Colônias tabulares, planas, retangulares, com numerosas células arranjadas em grupos de 4-8, dispostas em fileiras regulares, próximas umas das outras; mucilagem hialina; células esféricas, elípticas, 1,0-1,5  $\mu\text{m}$  diâmetro, sem aerótopos.

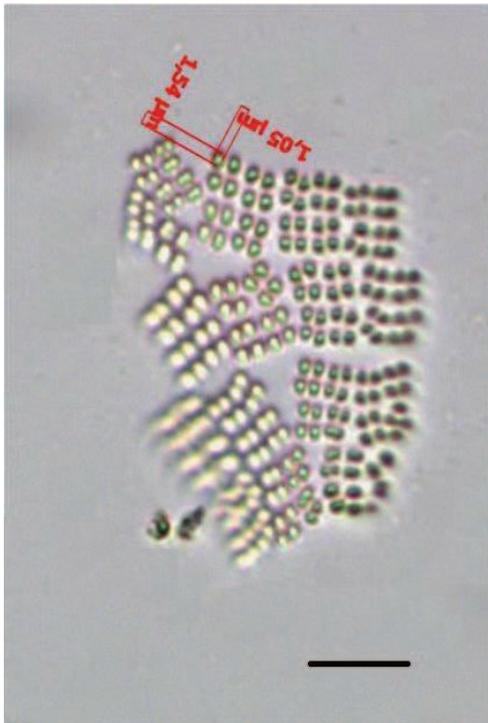
**Ocorrência:**

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Guarapiranga\(GUAR 00900\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Merismopediaceae**

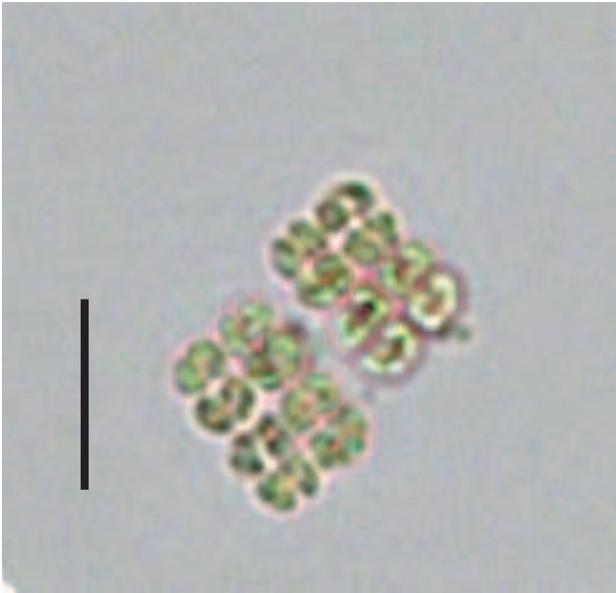
***Merismopedia trolleri*** Bachmann

Colônias tabulares, planas, retangulares, com numerosas células arranjadas em grupos de 4-8, dispostas em fileiras regulares, próximas umas das outras; mucilagem hialina; células esféricas, hemisféricas após divisão, 3,0-3,5  $\mu\text{m}$  diâmetro, com aerótopo.

**Ocorrência:**

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Guarapiranga\(GUAR 00900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Merismopediaceae**

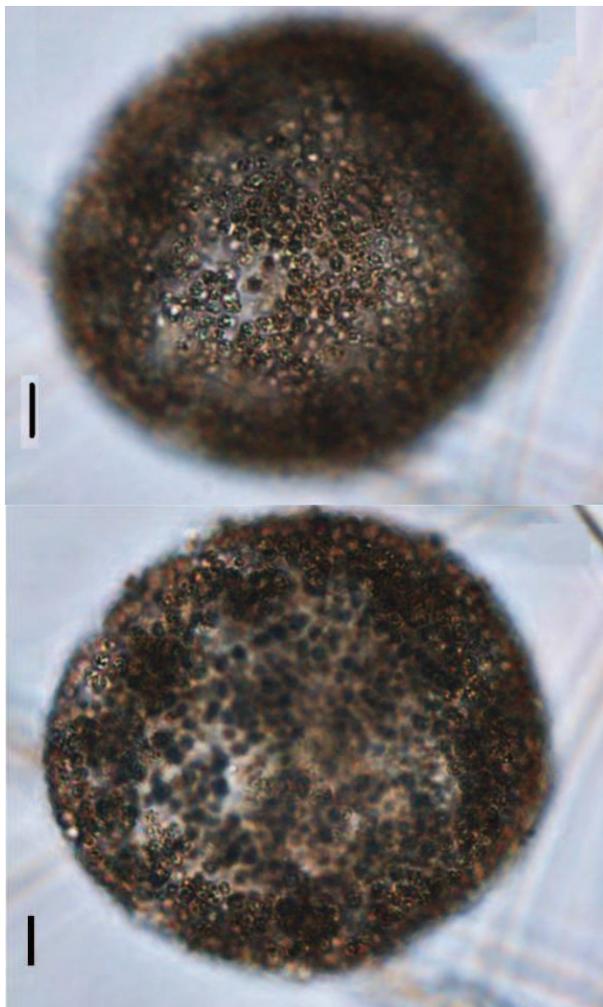


***Snowella lacustris*** (Chodat) Komárek & Hindák

Colônias esféricas ou alongadas;  
mucilagem hialina; células unidas por  
filamentos de mucilagem, ovóides, sem  
aerótopos, 2-3,3  $\mu\text{m}$  diâmetro, 2,5-3,5  $\mu\text{m}$   
comprimento.

**Ocorrência:**

[Billings \(BITQ 00100\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Merismopediaceae**

***Sphaerocavum brasiliense*** Azevedo & Sant'Anna

Colônias ocas, alongadas, esféricas quando jovens; mucilagem estreita, hialina, indistinta; células esféricas, com aerótopos, 2,4-3,6  $\mu\text{m}$  diâmetro.

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Merismopediaceae**

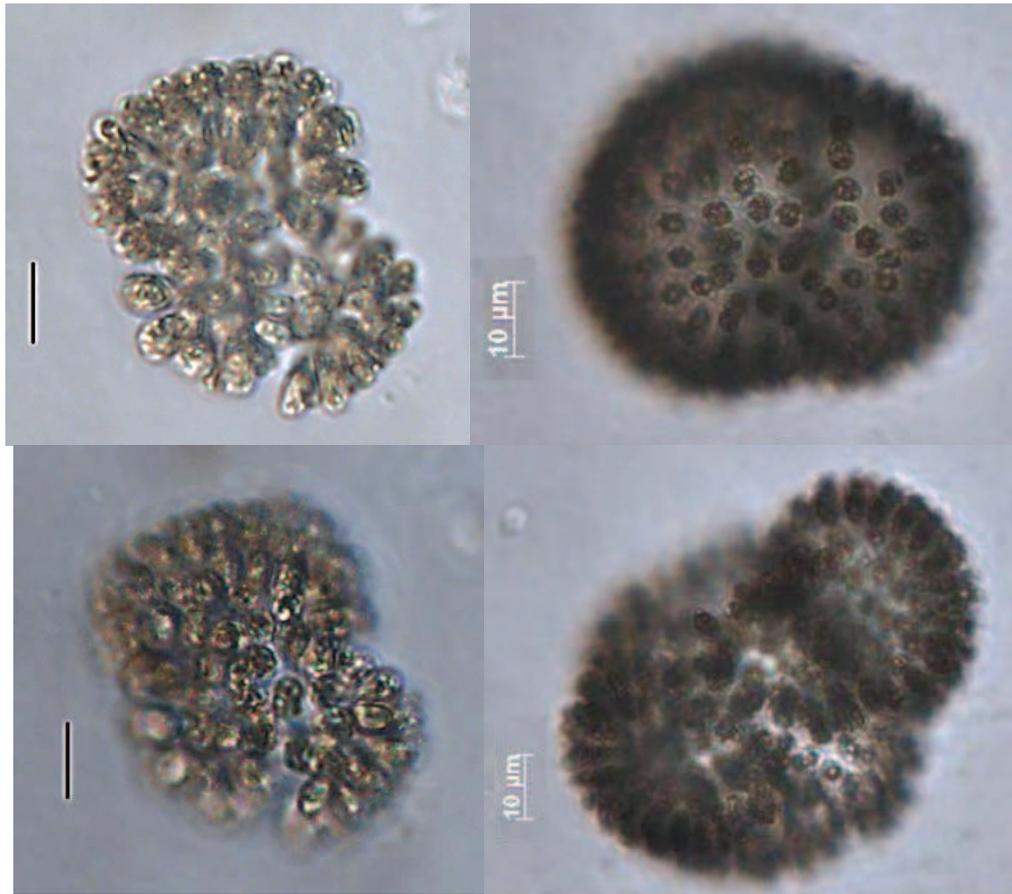
***Woronichinia naegeliana*** (Unger)  
Elenkin

Colônias arredondadas ou alongadas, com células radialmente dispostas em sua periferia; mucilagem hialina, ampla; células ovóides, com aerótopos, 3,5-4  $\mu\text{m}$  diâmetro, 5-7  $\mu\text{m}$  comprimento.

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Microcystaceae**

***Microcystis aeruginosa*** (Kützing)  
Kützing

Colônias alongadas, irregulares ou lobadas, clatradas, esféricas quando jovens; mucilagem hialina, indistinta, ampla; células esféricas, com aerótopos, 4-6,5  $\mu\text{m}$  diâmetro.

**Ocorrência:**

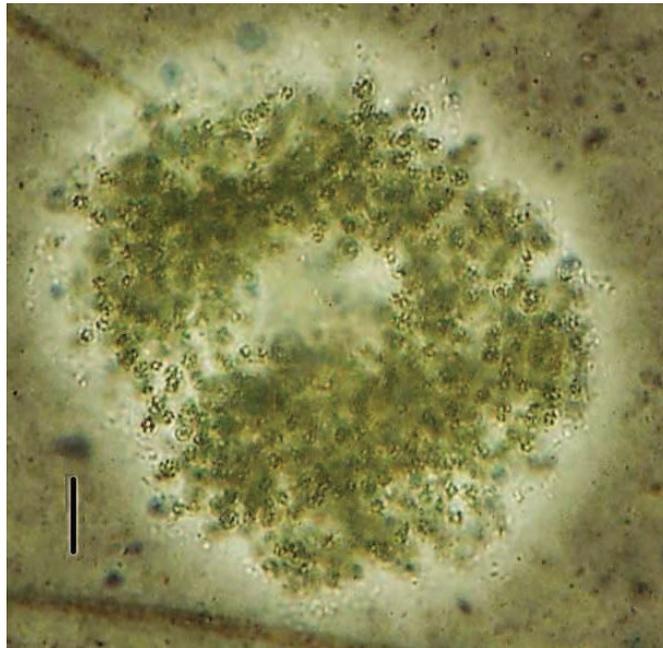
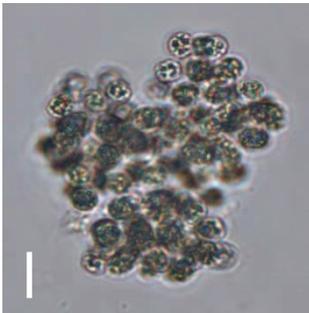
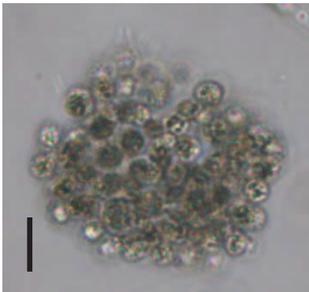
[Billings\(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

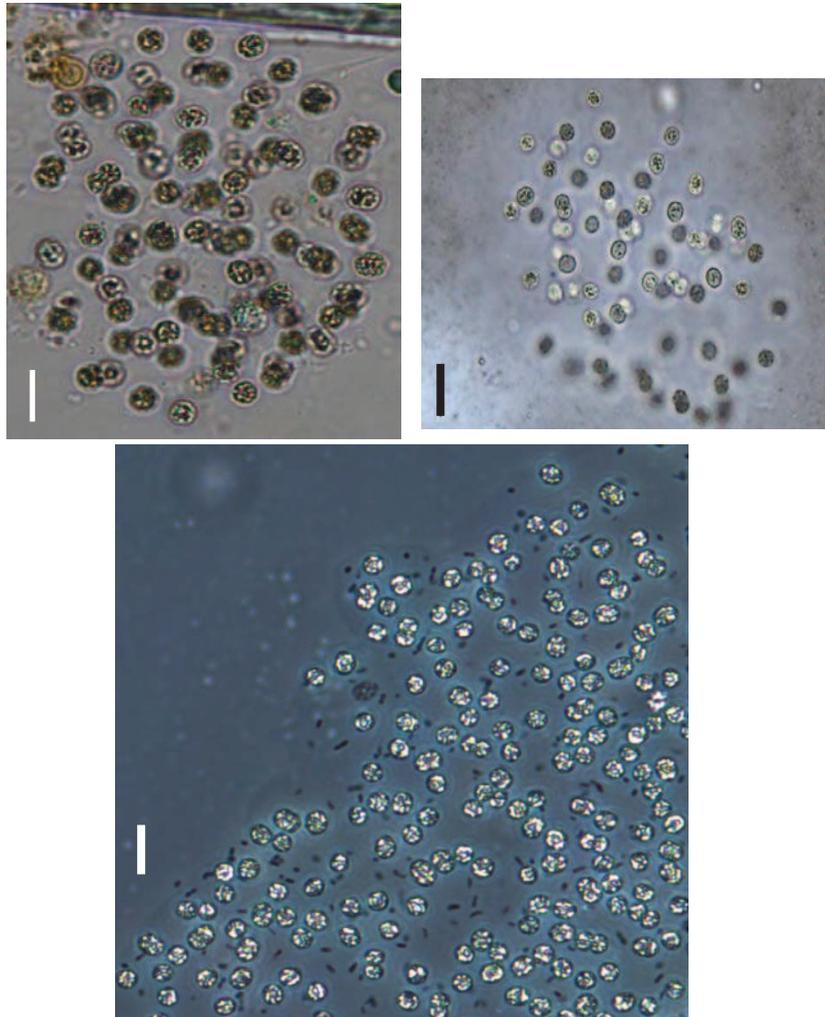
[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

[Taiacupeba \(PEBA 00900\)](#)



Obs: Colônias jovens de *Microcystis aeruginosa*.



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Microcystaceae**

***Microcystis protocystis*** Crow

Colônias com distribuição irregular das células na mucilagem; mucilagem hialina, difluente, ampla e com borda irregular. Células esféricas, com aerótopos, envoltas por envelope mucilaginoso individual, 4-6  $\mu\text{m}$  diâmetro.

**Ocorrência:**

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga\(GUAR 00900\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Taiapuêba \(PEBA 00900\)](#)

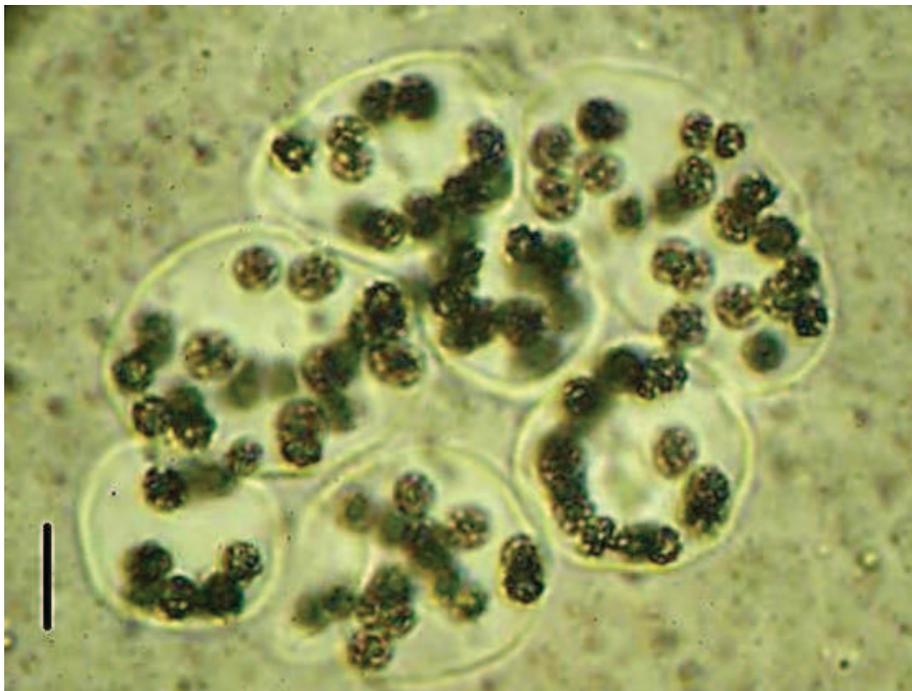
Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Microcystaceae**

*Microcystis wesenbergii* Komárek

Colônias esféricas, alongadas, irregulares, lobadas, frequentemente clatradas; mucilagem hialina, firme, conspícua. Células esféricas com aerótopos, 4-6  $\mu\text{m}$  diâmetro.

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Microcystaceae**

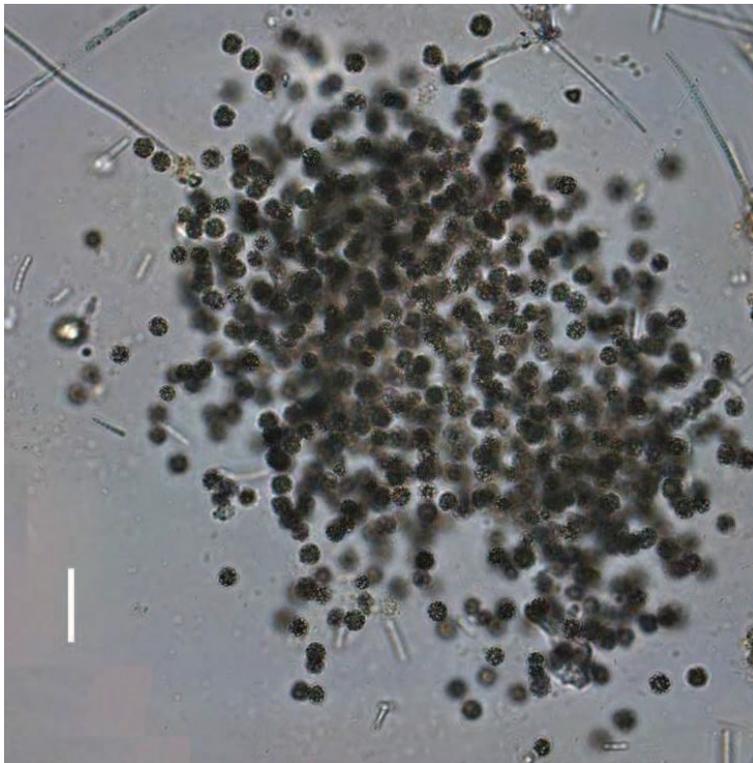
***Radiocystis fernandoi*** Komárek & Komárková-  
Legnerová

Colônias esféricas ou irregulares com as células dispostas em fileiras radiais; mucilagem hialina; células arredondadas, com aerótopos, 6-8  $\mu\text{m}$  diâmetro.

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

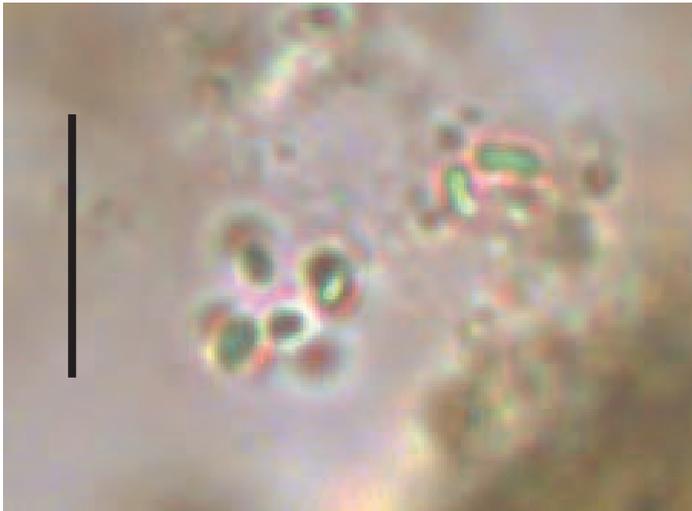
[Billings \(BITQ 00100\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Synechococcaceae**

***Anathece* sp.**

Colônias formadas por agregados de células densamente arranjadas; mucilagem hialina; células oblongas, 0,8 µm diâmetro, 1,2- 1,4 µm comprimento.



**Ocorrência:**

[Graças \(COGR 00900\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

[Taiáçupeba PEBA \(00900\)](#)

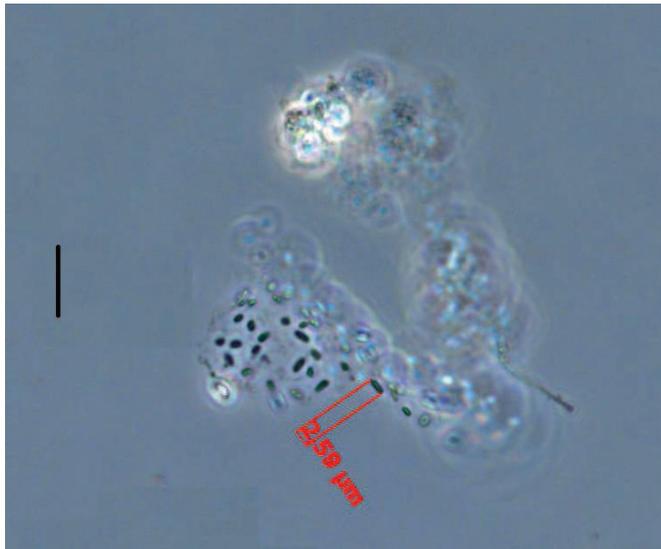
Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Synechococcaceae**

***Cyanodictyon cf. iac*** Cronberg & Komárek

Colônias irregulares; mucilagem hialina, difluente, homogênea; células cilíndricas, dispostas em fileiras, 1,9-2,6  $\mu\text{m}$  comprimento, 1,1-1,5  $\mu\text{m}$  diâmetro.

**Ocorrência:**

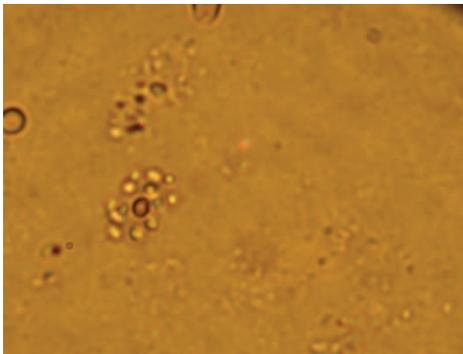
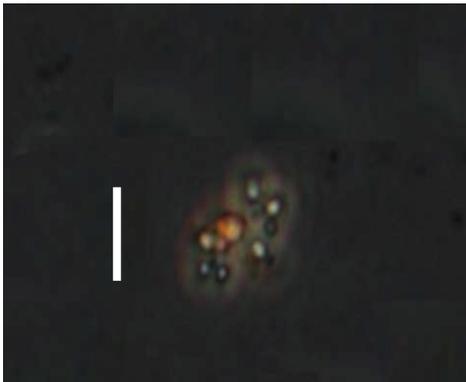
[Billings \(BILL 02900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Synechococcaceae**

***Cyanogranis ferruginea* (F.Wawrik) Hindák**

Colônias mais ou menos esféricas com um pequeno número de células (3-35 raramente mais), em grupos esparsos ou densos, células, por vezes, envolvidas por ferro, precipitado enegrecido, que estão ocasionalmente agregados na periferia dos grupos de células. Células esféricas a ligeiramente ovais, sem aerótopos, 0,6-1,5 µm de diâmetro.



**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Graças \(COGR 00900\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00900\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

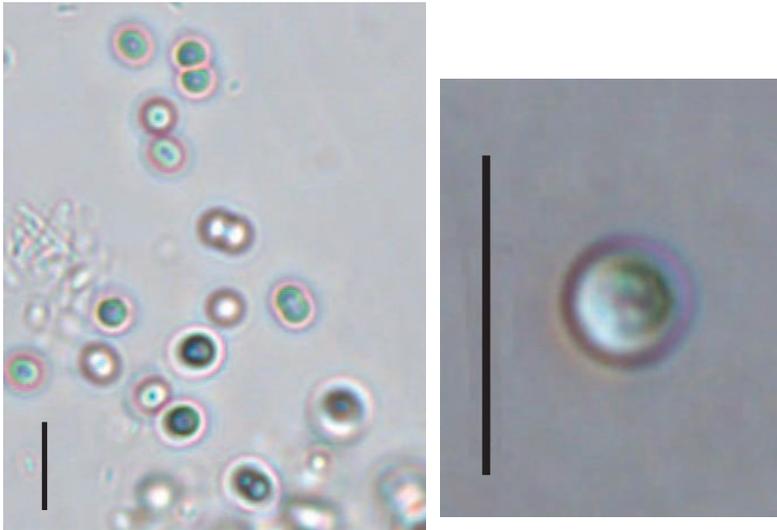
[Juqueri \(JQJU 00900\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

[Taiacupeba \(PEBA 00900\)](#)

[Tanque Grande \(TGDE 00900\)](#)

Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Chroococcales**  
Família **Synechococcaceae**



***Synechocystis aquatilis*** Sauvageau

Células solitárias ou em pares, esféricas,  
mucilagem hialina, 4-6  $\mu\text{m}$  diâmetro.

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Graças \(COGR 00900\)](#)

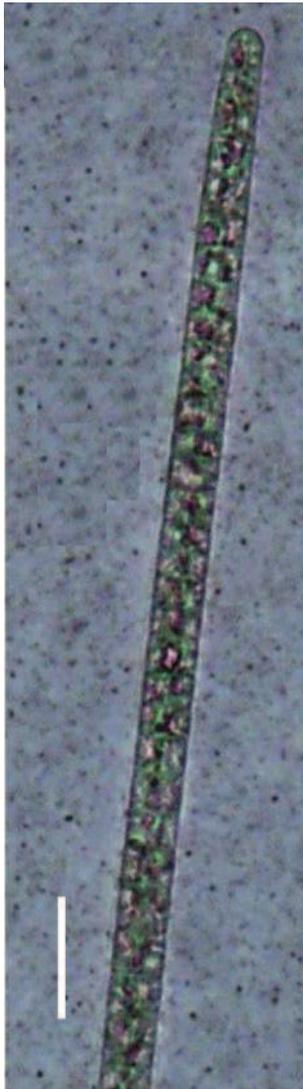
[Guarapiranga \(GUAR 00900\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Juqueri \(JQJU 00900\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

[Taiapuêba \(PEBA 00900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Oscillatoriales**  
Família **Phormidiaceae**

*Planktothrix agardhii* (Gomont) Komárek & Anagnostidis

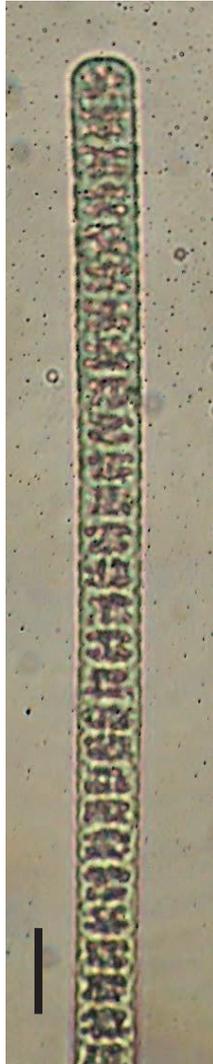
Tricomas solitários, retos, não constrictos, gradualmente atenuados; células isodiamétricas ou mais curtas que largas, 4-5  $\mu\text{m}$  diâmetro, 2,5-4  $\mu\text{m}$  comprimento, com aerótopos; célula apical cônica, geralmente com espessamento ou caliptra.

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Oscillatoriales**  
Família **Phormidiaceae**

*Planktothrix isothrix* (Skuja) Komárek & Komárková

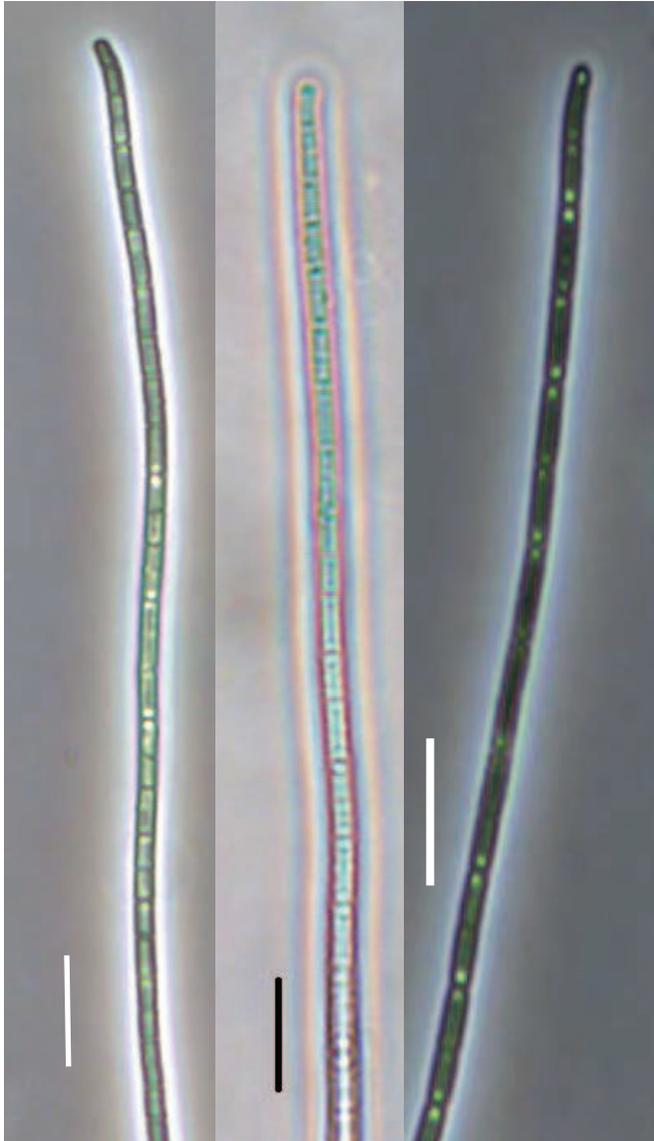
Tricomas solitários, retos, não constrictos, não atenuados; células mais curtas que largas, 6-8  $\mu\text{m}$  diâmetro, 2,5-3,5  $\mu\text{m}$  comprimento, com aerótopos; célula apical arredondada, sem espessamento ou caliptra.

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Oscillatoriales**  
Família **Pseudanabenaceae**

***Geitlerinema amphibium*** (Gomont) Anagnostidis

Tricomas retos, não constrictos, não atenuados; septos translúcidos ou não, com 1-2 grânulos, móveis; células mais longas que largas ou isodiamétricas; 1-3  $\mu\text{m}$  diâmetro, 2-7  $\mu\text{m}$  comprimento; célula apical cilíndrica com ápice arredondado.

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

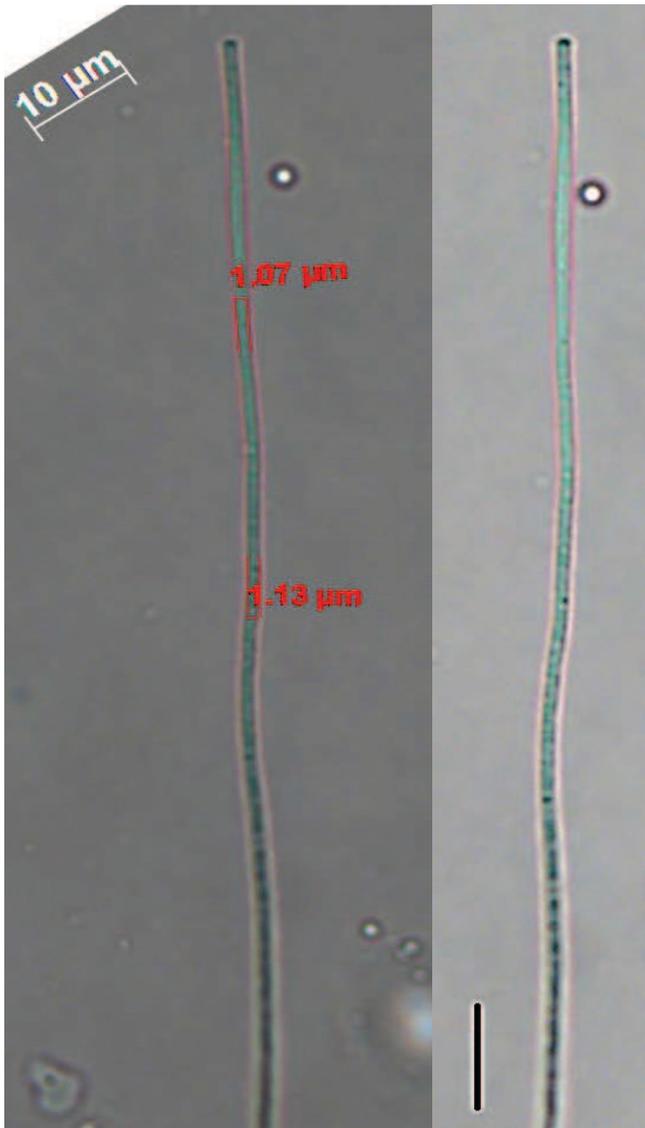
[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

[Taiáçupeba \(PEBA 00900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Oscillatoriales**  
Família **Pseudanabenaceae**

***Geitlerinema*** sp.

Tricomas retos, não constrictos, septos as vezes granulados; células 2 a 4 vezes mais longas que largas, 1,1-1,2 µm diâmetro, 3,2-4,3 µm comprimento; célula apical cilíndrica com um grânulo no ápice

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Guarapiranga\(GUAR 00900\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Taiapuêba \(PEBA 00900\)](#)

Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Oscillatoriales**  
Família **Pseudanabenaceae**

***Pseudanabaena catenata*** Lauterborn

Tricomas solitários, geralmente retos, constrictos, não atenuados, septos translúcidos, não granulados; células cilíndricas 1,8 - 2,2 µm diâmetro, 3,6 - 4,0 µm comprimento; célula apical cilíndrica com ápice arredondado ou truncado; conteúdo celular homogêneo.



**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00900\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

[Taiapuêba \(PEBA 00900\)](#)

[Tanque Grande \(TGDE 00900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Oscillatoriales**  
Família **Pseudanabaceae**

*Pseudanabaena galeata* Böcher

Tricomas solitários ou formando pequenos aglomerados, retos ou curvos, constrictos, não atenuados; células cilíndricas, 1,1-2,1  $\mu\text{m}$  diâmetro, 3,4-4,9  $\mu\text{m}$  comprimento, com um pequeno aerótopo em cada pólo; célula apical cilíndrica com ápice arredondado e com um grande aerótopo polar.

**Ocorrência:**

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga\(GUAR 00900\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

[Taiapuêba \(PEBA 00900\)](#)

Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Oscillatoriales**  
Família **Pseudanabenaceae**

***Pseudanabaena mucicola*** (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe

Tricomas isolados ou em pequenos agregados, retos, curtos (máximo 5 células), constrictos, não atenuados, septos não granulados; células isodiamétricas ou cilíndricas, 1 - 1,6 µm diâmetro, 2-4 µm comprimento; célula apical cilíndrica com ápice arredondado; conteúdo celular homogêneo.

**Ocorrência:**

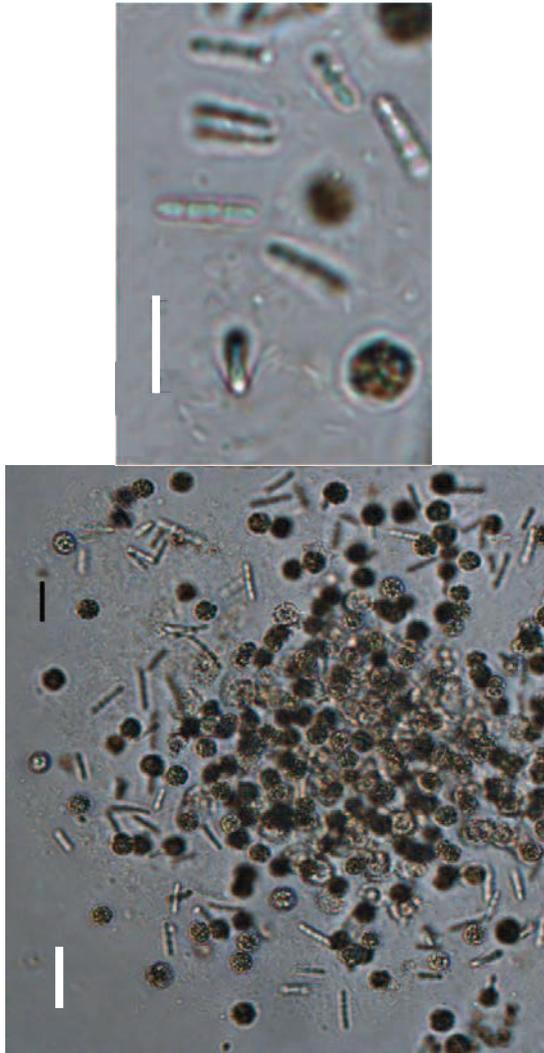
[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

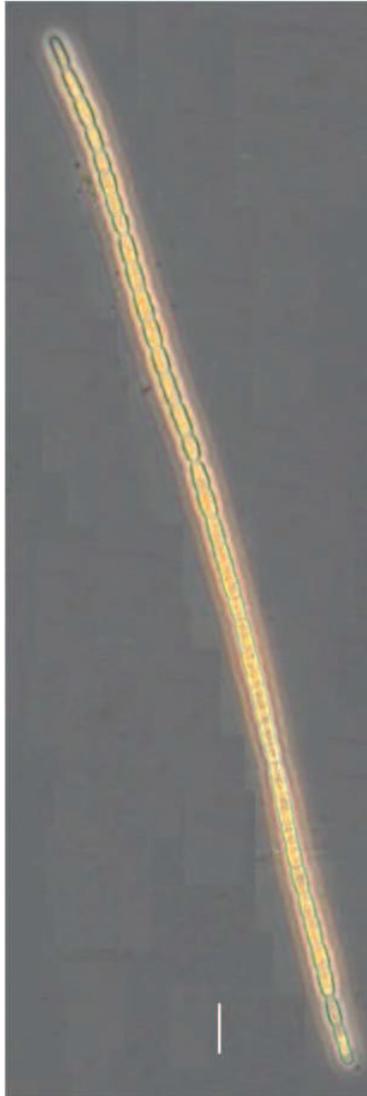
[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00900\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Nostocales**  
Família **Nostocaceae**



***Aphanizomenon gracile*** (Lemmermann) Lemmermann

Tricomas solitários, retos, constrictos, gradualmente atenuados; células cilíndricas, 2,5-3,5  $\mu\text{m}$  diâmetro, 5-7  $\mu\text{m}$  comprimento, com aerótopos; célula apical capitada ou cilíndrica com ápice arredondado; heterocitos elípticos com ápice truncado, 2,5-5  $\mu\text{m}$  diâmetro, 5-7  $\mu\text{m}$  comprimento; conteúdo celular verde-azulado

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

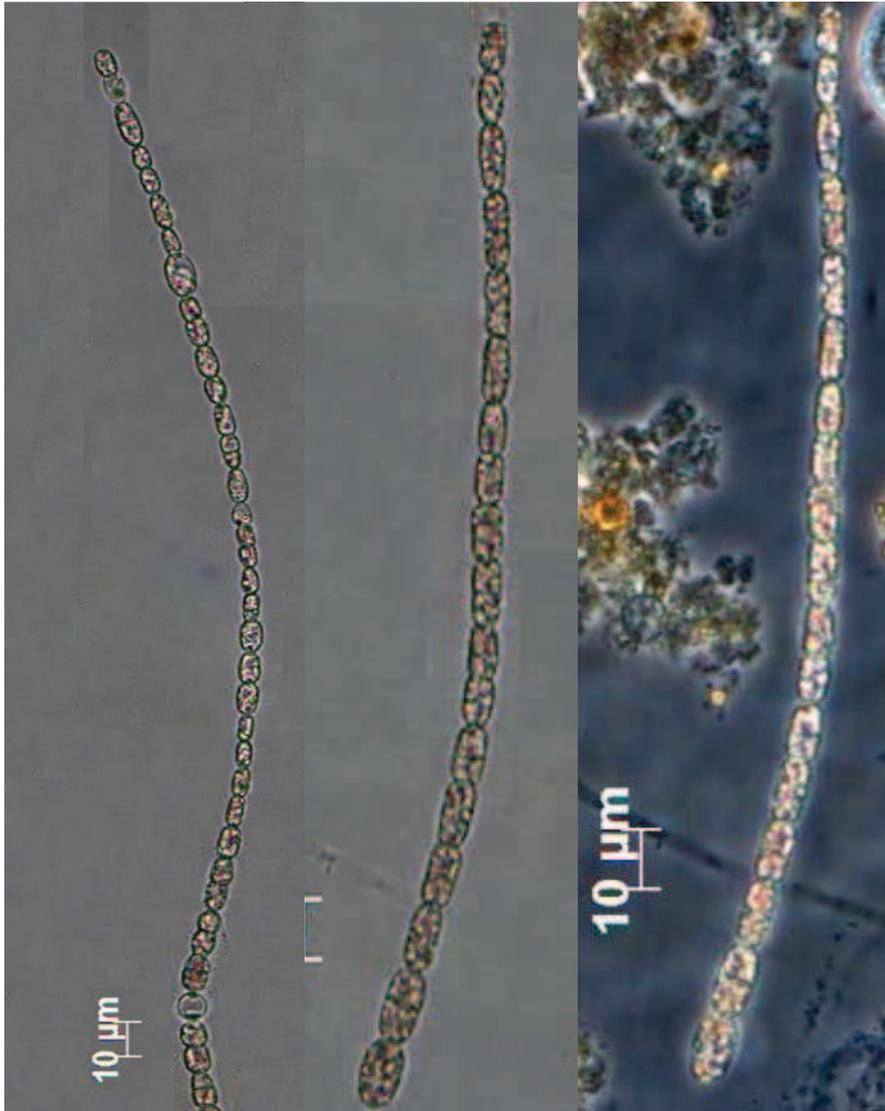
[Graças \(COGR 00900\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

[Taiacupeba \(PEBA 00900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Nostocales**  
Família **Nostocaceae**

***Aphanizomenon* sp.**

Tricomas solitários, retos, constrictos, gradualmente atenuados; células cilíndricas, 6,5 -8,0 µm diâmetro, 7,5-9,8 µm comprimento, com aerótopos; célula apical cilíndrica com ápice arredondado; heterocitos arredondados, 8,5 µm diâmetro.

**Ocorrência:**

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Nostocales**  
Família **Nostocaceae**

***Cuspidothrix issatschenkoi*** (Usačev) Rajaniemi

Tricomas solitários, retos, não constrictos, bruscamente atenuados nas extremidades; células cilíndricas, 2-3 (4,4) µm diâmetro, 4-8 µm comprimento, com aerótopos; célula apical pontiaguda, levemente curva, hialinas; 1,2-2,9 µm diâmetro, 5-20 µm comprimento; heterocitos cilíndricos com extremidades arredondadas, intercalares, geralmente solitários, 2-3 (6,5) µm diâmetro, (4,5) 6-10,9 µm comprimento; acinetos cilíndricos com extremidades arredondadas, geralmente isolados, distantes dos heterocitos, 2-4,5 (7) µm diâmetro, 6-20 µm comprimento.

**Ocorrência:**

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Nostocales**  
Família **Nostocaceae**

***Cylindrospermopsis raciborskii*** (Woloszynska) Seenayya  
& Subba Raju

Tricomas solitários, retos ou levemente curvos, não constrictos ou; células cilíndricas, 2-3  $\mu\text{m}$  diâmetro, 7-11  $\mu\text{m}$  comprimento, com aerótopos; célula apical acuminada; heterocitos cônicos, terminais, 3-5  $\mu\text{m}$  diâmetro, 10-13  $\mu\text{m}$  comprimento; acinetos cilíndricos, distantes dos heterocitos, 4-5  $\mu\text{m}$  diâmetro, 13-16  $\mu\text{m}$  comprimento.

**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00900\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

[Taiapuêba \(PEBA 00900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Nostocales**  
Família **Nostocaceae**

*Dolichospermum crassum* (Lemmermann) Walcklin,  
Hoffmann & Komárek

Tricomas solitários, regularmente espiralados;  
bainha mucilaginosa ampla, difluente; células  
arredondadas ou em forma de barril, 8,1 – 11,3  $\mu\text{m}$   
diâmetro, 9,5-12  $\mu\text{m}$  comprimento, com aerótopos;  
heterocitos esféricos, 12-13  $\mu\text{m}$  diâmetro; acinetos  
elípticos, distantes dos heterocitos, 14-17  $\mu\text{m}$   
diâmetro, 20-25  $\mu\text{m}$  comprimento.

**Ocorrência:**

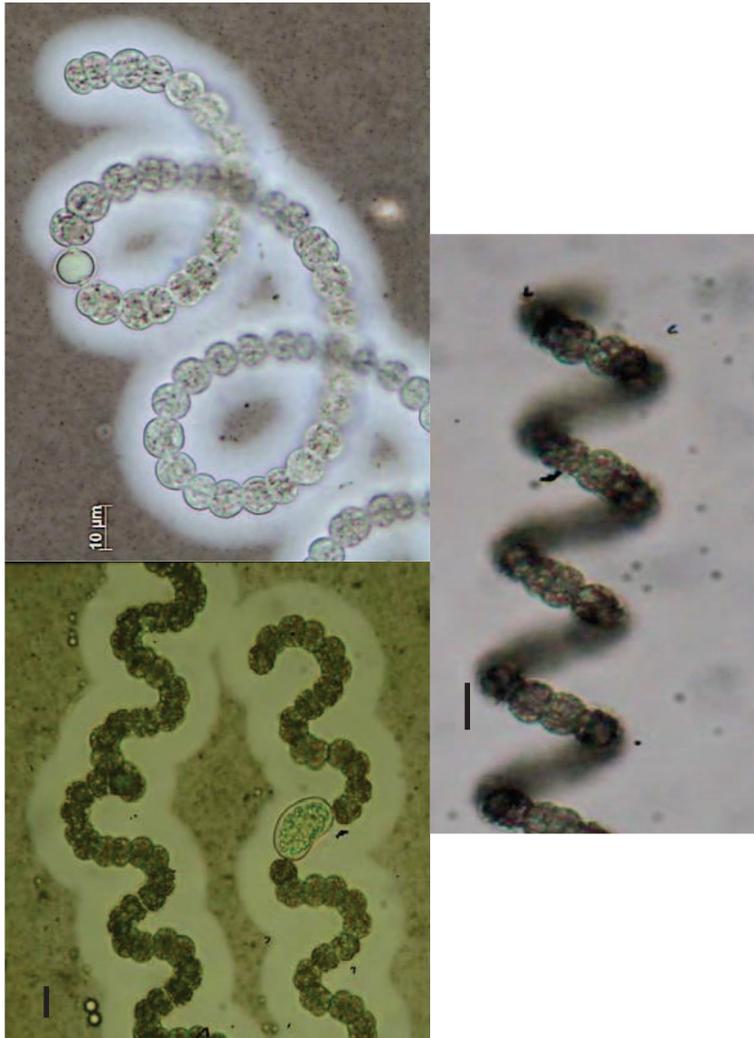
[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00900\)](#)

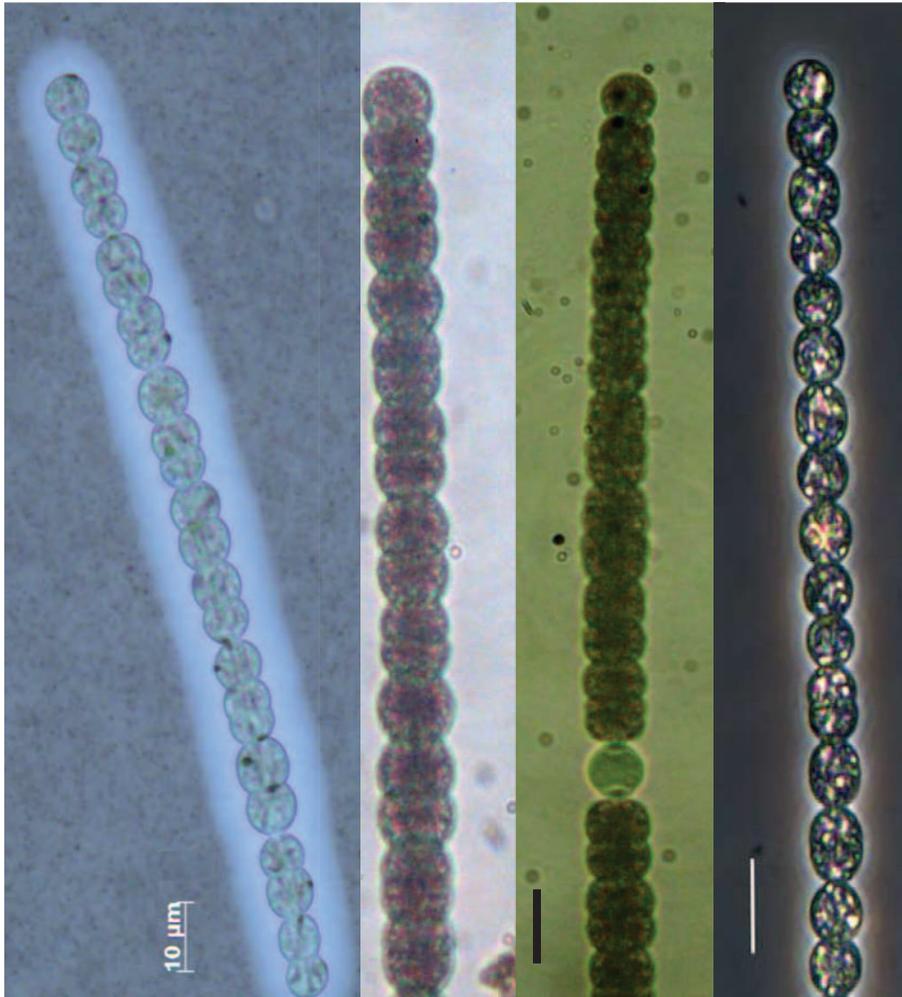
[Taiacupeba PEBA \(00900\)](#)



Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Nostocales**  
Família **Nostocaceae**

***Dolichospermum planctonicum*** (Klebahn)  
Walcklin, Hoffmann & Komárek

Tricomas solitários, retos ou levemente curvos; bainha mucilaginosa ampla com até 30 µm diâmetro; células em forma de barril, geralmente mais curtas que largas, 10-14 µm diâmetro, 4,5-7 µm comprimento, com aerótopos; heterocitos mais ou menos esféricos, 10-12 µm diâmetro; acinetos elípticos, isolados ou em pares, distantes dos heterocitos, 12-18 µm diâmetro, 18-26 µm comprimento.



**Ocorrência:**

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00100\)](#)

[Guarapiranga \(GUAR 00900\)](#)

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

[Rio Grande \(RGDE 02900\)](#)

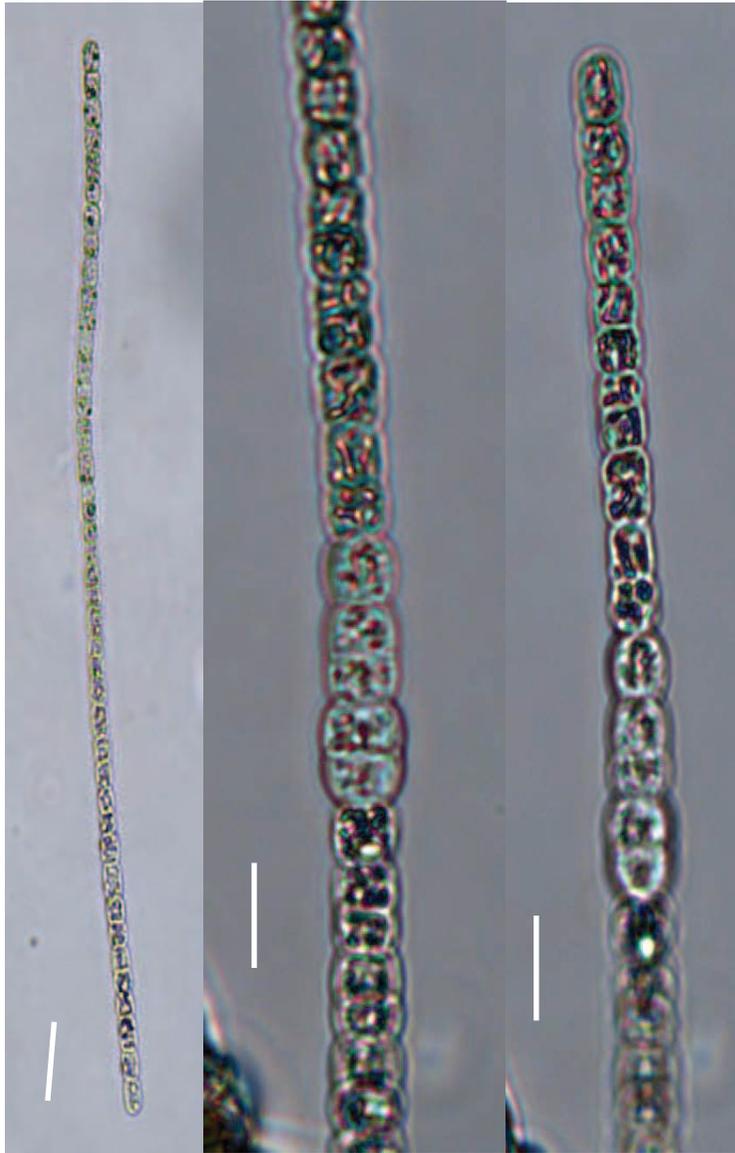
Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Nostocales**  
Família **Nostocaceae**

***Dolichospermum spiroides*** (Klebahn) Wacklin, Hoffmann & Komárek

Tricomas solitários, espiralados; bainha mucilaginosa hialina, ampla; células mais ou menos esféricas, 6,5-8  $\mu\text{m}$  diâmetro, com aerótopos; heterocitos mais ou menos esféricos, 6-7  $\mu\text{m}$  diâmetro; acinetos ovais, isolados, raramente em pares, distante dos heterocitos, 6,5-9  $\mu\text{m}$  diâmetro, 13-18  $\mu\text{m}$  comprimento.

**Ocorrência:**  
[Billings \(BILL 02900\)](#)





Divisão **Cyanobacteria**  
Ordem **Nostocales**  
Família **Nostocaceae**

***Dolichospermum* sp.**

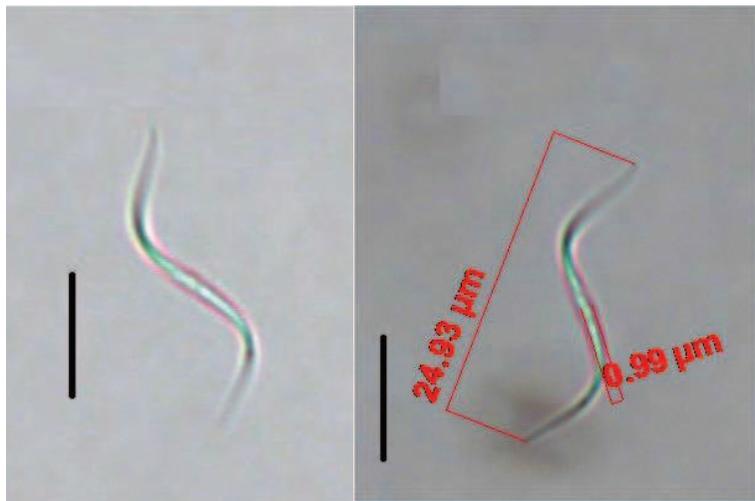
Trichomas solitários, retos; células esféricas ou em forma de barril, geralmente mais curtas que largas, 8,5-10  $\mu\text{m}$  diâmetro, 5,5-7,5  $\mu\text{m}$  comprimento, com aerótopos.

**Ocorrência:**

[Jundiaí \(JNDI 00500\)](#)

## Divisão Cyanobacteria

### Filamentosa não identificada



Célula sigmoide, 22 - 24  $\mu\text{m}$  de comprimento e 0,94 - 0,99  $\mu\text{m}$  de diâmetro.

#### Ocorrência:

[Billings \(BILL 02900\)](#)

[Billings \(BITQ 00100\)](#)

[Juqueri \(JQJU 00900\)](#)

# Referências

- <sup>1</sup> BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conama. Resolução 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, n.53, 18 mar.2005.Seção 1, p.58-63.
- <sup>2</sup> BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário . **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 239. 14 dez.2011. Seção 1 p.39-46.
- <sup>3</sup> CETESB. Avaliação da qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2002. São Paulo, 2003. (Série Relatórios) Disponível em:< <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 15/07/2013.
- <sup>4</sup> FABHAT. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Alto Tietê ano 2010. Relatório de andamento nº1 – Volume 2. São Paulo, 2011.
- <sup>5</sup> FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Informações dos Municípios Paulistas – IMP. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>> Acesso em 14/08/ 2013.
- <sup>6</sup> SILVA, P. D. A. Biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial nas represas de abastecimento do Sistema Alto Cotia (SP). Instituto de Botânica. São Paulo. 2012. 111 p.
- <sup>7</sup> SANT'ANNA, C.L, et al . Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. Revista Brasil. Bot., V.30, n.1, p1-17, jan.-mar.2007.

## Referências (cont.)

- <sup>8</sup> CETESB. Considerações sobre aspectos limnológicos do reservatório Jundiá: relatório técnico. São Paulo, 1996. 13 p.
- <sup>9</sup> Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) Disponível em:<  
[http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=856%3Abarra gens&catid=37%3Aservicos&Itemid=29](http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=856%3Abarra gens&catid=37%3Aservicos&Itemid=29)>. Acesso em 15/07/2013.
- <sup>10</sup> Dossiê Sistema Alto Tietê - Fundação Patrimônio Histórico da Energia e Saneamento, Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp. 2009. Disponível em <[http://memoriasabesp.sabesp.com.br/acervos/dossies/pdf/3\\_dossie\\_sistema\\_alto\\_tiete.pdf](http://memoriasabesp.sabesp.com.br/acervos/dossies/pdf/3_dossie_sistema_alto_tiete.pdf)> , acesso em 14/08/2013.
- <sup>11</sup> SILVA, I.V. Estudo da comunidade zooplanctonica e qualidade da água do reservatório de Taiaçupeba – São Paulo, submetido a aplicação de algicida. Instituto de Pesca. São Paulo, 2010. 132 p.
- <sup>12</sup> AYES, F. M. Diagnóstico da Qualidade da água do reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos, estado de São Paulo, no período compreendido entre 1990 e 2005. Universidade de Guarulhos. Guarulhos, 2007. 143 p.
- <sup>13</sup> BRANDÃO, C. J. et al. (Org.) Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. Disponível em:  
<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>

# Bibliografia consultada para identificação

- Komárek, J. & Komárková-Legnerová, J. 1993. *Radiocystis fernandoi*, a new planktic cyanoprokariotic species from tropical freshwater reservoirs. *Preslia* 65: 355-357.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1999. Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales. *In*: Ettl, H., Gärtner, G., Heying, H. & Möllenhauer, D. (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, pp. 1-548.
- Komárek, J. & Azevedo M.T.P. 2000. *Geitlerinema unigranulatum*, a common tropical cyanoprokaryote from freshwater reservoirs in Brazil. *Algological Studies* 99: 39-52.
- Komárek, J., Komárková-Legnerová, J., Sant'Anna, C.L., Azevedo, M.T.P. & Senna, P.A.C. 2002. Two common *Microcystis* species (Chroococcales, Cyanobacteria) from tropical America, including *M. panniformis* sp. nov. *Cryptogamie Algologie* 23: 159-177.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 2005. Cyanoprokaryota 2: Oscillatoriales. *In* Büdel, B., Krienitz, L., Gardner, G. & Schagerl, M. (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag.
- Komárek, J. & Zapomelová, E. 2008. Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum*-2. part: straight types. *Fottea, Olomouc* 8: 1-14.
- Sant'Anna, C.L., Azevedo, M.T.P. & Sormus, L. 1989. Fitoplâncton do Lago das Garças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil: Estudo Taxonômico e Aspectos Ecológicos. *Hoehnea* 16: 89-131.
- Sant'Anna, C.L., Azevedo, M.T.P., Senna, P.A.C., Komárek, J. & Komárková, J. 2004. Planktic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 213-227.

ANEXO V - Lista de taxons resultante de todas as amostras relativas às análises quantitativas, para cada um dos reservatórios

	Billings	Guarapiranga	Rio Grande	Juqueri	Tanque Grande	Graças	Jundiá	Taiáçupeba
<b>CIANOACTÉRIAS</b>								
<i>Anathece sp</i>	X	X	X					X
<i>Aphanizomenon gracile</i>	X	X	X			X	X	X
<i>Aphanocapsa conferta</i>	X							
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa elachista</i>	X	X		X				
<i>Aphanocapsa holsatica</i>		X	X				X	X
<i>Aphanocapsa incerta</i>		X						
<i>Aphanocapsa koordersii</i>	X		X					
<i>Aphanocapsa sp</i>	X			X				
<i>Chroococcus minor</i>	X	X	X					
<i>Chroococcus minimus</i>		X						
<i>Chroococcus sp.</i>					X			
<i>Cuspidothrix sp.</i>				X				
<i>Cuspidothrix tropicale</i>	X							
<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i>	X	X						
<i>Cyanodictyon iac</i>	X							
<i>Cyanogranis ferruginea</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cylindrospermopsis cuspis</i>	X							
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	X	X	X				X	X
<i>Cylindrospermopsis sp.</i>				X				
<i>Dolichospermum crassum</i>	X	X						X
<i>Dolichospermum planctonica</i>	X	X	X				X	X
<i>Dolichospermum sp.</i>							X	
<b>FILAMENTOSA NÃO IDENTIFICADA</b>	X			X				
<i>Geitlerinema amphibium</i>	X	X	X				X	X
<i>Geitlerinema splendidum</i>					X			
<i>Limnothrix sp.</i>	X							
<i>Merismopedia tenuissima</i>	X	X	X				X	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	X		X				X	X
<i>Microcystis novacekii</i>	X							
<i>Microcystis protocystis</i>	X	X						X
<i>Microcystis sp</i>	X	X	X				X	X
<i>Microcystis wesenbergii</i>	X							
<i>Planktolyngbya limnetica</i>					X		X	X
<i>Planktolyngbya sp</i>	X							

<i>Planktothrix agardhii</i>	X	X						
<i>Planktothrix mougeotii</i> (= <i>P. isothrix</i> )	X							
<i>Planktothrix isothrix</i>	X							
<i>Pseudanabaena catenata</i>	X	X	X		X		X	X
<i>Pseudanabaena galeata</i>	X	X	X	X			X	X
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	X	X	X				X	
<i>Pseudanabaena sp</i>			X	X				
<i>Radiocystis fernandoi</i>	X							
<i>Radiocystis sp.</i>	X							
<i>Raphidiopsis sp.</i>	X							
<i>Romeria sp.</i>		X		X				
<i>Snowella lacustris</i>	X							
<i>Sphaerocavum brasiliense</i>	X	X	X					
<i>Synechococcus nidulans</i>	X							
<i>Synechococcus sp</i>		X						
<i>Synechocystis aquatilis</i>	X		X	X		X	X	X
<b>DIATOMÁCEAS</b>								
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	X		X		X			
<i>Acanthoceras zachariasii</i>		X	X					
<i>Aulacoseira ambigua</i>	X							
<i>Aulacoseira granulata</i>	X	X	X			X	X	X
<i>Aulacoseira granulata var. angustissima</i>	X	X				X	X	
<i>Aulacoseira tenella</i>	X		X	X		X	X	X
<i>Aulacoseira sp</i>				X				
<i>Asterionella sp.</i>			X					X
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cyclotella sp.</i>				X				
<i>Discostella stelligera</i>	X	X						
<i>Encyonema sp</i>		X			X	X		X
<i>Encyonema silesiacum</i>					X			
<i>Eunotia asterionelloides</i>			X				X	X
<i>Eunotia tabellarioides</i>							X	
<i>Fragilaria capucina</i>	X	X	X		X	X	X	X
<i>Fragilaria crotonensis</i>	X							
<i>Fragilaria longifusiformis</i>	X		X	X	X		X	X
<i>Fragilaria sp.</i>				X	X			X
<i>Fragilaria ulna</i>	X	X	X				X	X
<i>Frustulia sp</i>		X	X		X			

<i>Gomphonema gracile</i>							X	
<i>Gomphonema sp.</i>	X	X			X			X
<i>Nitzschia acicularis</i>	X	X						
<i>Nitzschia fruticosa</i>	X	X	X					
<i>Nitzschia palea</i>	X	X			X		X	
<i>Melosira sp.</i>							X	
<i>Navicula sp.</i>					X			X
<i>Pinnularia sp.</i>					X			
<i>Spicaticribra rudis</i>	X							
<i>Urosolenia eriensis</i>	X	X	X	X		X	X	X
<i>Urosolenia longiseta</i>	X	X	X	X		X	X	
<i>Urosolenia spp.</i>	X		X	X			X	X
<b>CLOROFÍCEAS</b>								
<i>Ankistrodesmus bernardii</i>							X	
<i>Ankistrodesmus bibraianus</i>	X	X				X	X	
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	X	X		X			X	
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>		X	X					X
<i>Ankistrodesmus sp</i>				X				
<i>Actinastrum hantzschii</i>	X	X	X	X			X	X
<i>Acanthosphaera zachariasi</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ankyra sp.</i>				X				
<i>Botryococcus braunii</i>		X						
<i>Crucigeniella crucifera</i>		X	X					
<i>Chlorella sp.</i>		X		X				
<i>Chlorella vulgaris</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chlorella minutissima</i>				X	X	X		X
<i>Closteriopsis sp.</i>				X				
<i>Closterium sp.</i>				X	X			X
<i>Closterium acutum</i>							X	
<i>Closterium gracile</i>			X	X	X		X	X
<i>Closterium juncidum</i>						X		
<i>Closterium keutzingii</i>	X							
<i>Closterium setaceum</i>	X	X				X		
<i>Closterium subilatum</i>	X					X	X	
<i>Coelastrum astroideum</i>	X						X	
<i>Coelastrum gracile</i>			X					
<i>Coelastrum microporum</i>	X							
<i>Coelastrum morus</i>			X					

<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	X	X	X					
<i>Coelastrum proboscideum</i>						X		
<i>Coelastrum reticulatum</i>		X	X					
<i>Coelastrum reticulatum var. cubanus</i>		X						
<i>Cosmarium regnesii</i>							X	X
<i>Cosmarium contractum</i>	X	X	X	X		X		
<i>Cosmarium regnesii</i>				X				
<i>Cosmarium sphagnicolum</i>						X		X
<i>Cosmarium sp.</i>	X			X				
<i>Crucigenia fenestrata</i>	X							
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	X	X		X	X	X		X
<i>Desmodesmus acutiormis</i>				X				
<i>Desmodesmus abundans</i>	X							
<i>Desmodesmus armatus var. bicaudatus</i>		X				X		X
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>		X	X					
<i>desmodesmus bicaudatus</i>	X	X						
<i>Desmodesmus communis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Desmodesmus denticulatus</i>	X	X	X	X		X	X	X
<i>Desmodesmus intermedius var. intermedius</i>		X						
<i>Desmodesmus intermedius var, acu</i>		X				X		
<i>Desmodesmus magnus</i>							X	
<i>Desmodesmus maximus</i>		X						
<i>Desmodesmus opoliensis</i>	X	X	X				X	X
<i>Desmodesmus opoliensis var. opoliensis</i>	X	X	X			X	X	
<i>Desmodesmus spinosus</i>								X
<i>Desmodesmus spp.</i>	X	X						
<i>Didymocystis sp.</i>	X	X		X				
<i>Dimorphococcus lunatus</i>		X					X	
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	X	X	X				X	X
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	X	X			X	X	X	X
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i>	X							
<i>Dictyosphaerium cf tetrachotomum</i>		X						
<i>Eremosphaera sp.</i>			X					
<i>Euastrum binale</i>	X							
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>		X		X	X			
<i>Eremosphaera sp.</i>		X						
<i>Eutetramorus fottii</i>	X	X	X		X	X		
<i>Franceia droescheri</i>		X	X					
<i>Franceia javanica</i>	X	X	X				X	X

<i>Golenkinia radiata</i>	X	X	X	X				X
<i>Golenkinia sp.</i>				X				
<i>Golenkiniopsis longispina</i>		X	X				X	
<i>Golenkiniopsis cf. solitaria</i>		X						
<i>Golenkiniopsis sp.</i>				X				
<i>Kirchneriella aperta</i>	X	X	X			X	X	X
<i>Kirchneriella contorta</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Kirchneriella diana</i>		X	X		X	X	X	X
<i>Kirchneriella lunaris</i>				X				
<i>Kirchneriella microscopica</i>		X				X		
<i>Kirchneriella obesa</i>	X	X	X		X		X	X
<i>Kirchneriella pseudoaperta</i>	X				X	X		
<i>Kirchneriella sp.</i>				X	X			
<i>Micractinium pusillum</i>	X	X	X				X	X
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	X	X	X		X		X	X
<i>Monoraphidium contortum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium griffithii</i>	X	X	X	X	X		X	X
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium minutum</i>						X		
<i>Monoraphidium nanum</i>					X			
<i>Monoraphidium sp.</i>				X				
<i>Mougeotia sp.</i>	X	X	X		X	X	X	X
<i>Octacanthium sp.</i>						X		
<i>Octacanthium mucronulatum</i>				X			X	
<i>Oocystis Borgei</i>		X	X		X			X
<i>Oocystis lacustris</i>		X	X			X	X	
<i>Oocystis sp.</i>	X			X		X		
<i>Polyedriopsis spinulosa</i>			X	X				X
<i>Pediastrum duplex</i>	X							
<i>Pediastrum duplex var. duplex</i>	X	X						
<i>Pediastrum duplex var. gracilimum</i>		X						
<i>Pseudodidymocystis fina</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudodidymocystis planctonica</i>	X	X	X	X		X	X	X
<i>Quadrigula sp.</i>		X						
<i>Radiococcus sp.</i>	X	X		X				
<i>Radiococcus planctonicus</i>							X	
<i>Schroederia cf. antillarum</i>	X							
<i>Schroederia setigera</i>							X	
<i>Schroederia sp.</i>		X						

<i>Stauridium tetras</i>	X							
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	X	X					X	
<i>Scenedesmus acuminatus var acuminatus</i>		X						
<i>Scenedesmus acutus</i>	X		X					
<i>Scenedesmus bernardii</i>		X						
<i>Scenedesmus denticulatus</i>		X						
<i>Scenedesmus cf dimorphus</i>		X						
<i>Scenedesmus disciformis</i>		X						
<i>Scenedesmus ecornis</i>	X		X	X				
<i>Scenedesmus obtusus</i>	X	X						
<i>Scenedesmus sp.</i>				X	X			
<i>Staurastrum aciculiferum</i>						X		
<i>Staurastrum anaticum</i>	X							
<i>Staurastrum furcatum var furcatum</i>			X					
<i>Staurastrum muticum</i>						X		
<i>Staurastrum rotula</i>						X		
<i>Staurastrum sp.</i>			X	X		X		
<i>Staurastrum setigerum var setigerum</i>						X	X	
<i>Staurastrum tetracerum</i>	X	X						X
<i>Staurastrum volans</i>				X		X		
<i>Stauroidesmus dejectus</i>	X	X	X			X		X
<i>Stauroidesmus mamillatus var mamillatus</i>			X					
<i>Staurastrum iversenii</i>	X		X			X		
<i>Stauroidesmus sp</i>	X							
<i>Stauroidesmus tortus</i>			X				X	X
<i>Stauridium tetras</i>	X	X	X					
<i>Treubaria planctonica</i>	X							
<i>Treubaria triappendiculata</i>	X	X	X					
<i>Teilingia granulata</i>						X		X
<i>Teilingia granulata var granulata</i>							X	
<i>Teilingia sp</i>			X	X		X		
<i>Tetraedron caudatum</i>					X	X		
<i>Tetraedron minimum</i>	X	X	X	X	X	X		
<i>Tetraedron sp.</i>								X
<i>Tetraedron trigonum</i>		X					X	
<i>Tetrallantos lagerheimii</i>								X
<i>Tetrastrum heteracanthum</i>	X	X					X	
<i>Tetrastrum triangulare</i>		X						X
<i>Westella botryoides</i>		X						

**FITOFLAGELADOS**

<i>Actinomonas pusilla</i>									X
<i>Carteria sanpaulensis</i>								X	
<i>Carteria sp.</i>	X		X						
<i>Chlamydomonas sp.</i>	X			X	X			X	
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cryptomonas erosa</i>	X	X	X		X		X		X
<i>Cryptomonas obovata</i>	X	X	X					X	X
<i>Cryptomonas spp.</i>		X	X	X			X	X	
<i>Chromulina sp</i>			X	X			X		X
<i>Dinobryon bavaricum</i>	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Dinobryon bavaricum var. bavaricum</i>	X		X		X	X	X	X	X
<i>Dinobryon cylindricum</i>			X				X	X	X
<i>Dinobryon cylindricum var cylindricum</i>								X	
<i>Dinobryon divergens</i>					X			X	
<i>Dinobryon sp.</i>				X					X
<i>Eudorina sp.</i>		X							
<i>Euglena agilis</i>		X			X	X			X
<i>Euglena communis</i>		X							
<i>Euglena sp.</i>	X	X	X		X	X			X
<i>Lepocinclis acus</i>		X							
<i>Mallomonas akrokomos</i>	X								
<i>Mallomonas sp.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Mallomonas mangofera</i>								X	X
<i>Mallomonas matvienkovae</i>							X		X
<i>Mallomonas rhombica</i>	X			X					
<i>Mallomonas striata</i>									X
<i>Phacus acuminatus</i>								X	
<i>Phacus caudatus</i>								X	
<i>Phacus curvicauda</i>			X						X
<i>Phacus longicauda</i>		X	X						
<i>Phacus tortus</i>		X						X	X
<i>Rhodomonas lacustris</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Spermatozopsis exultans</i>							X		
<i>Spermatozopsis sp.</i>							X		
<i>Strombomonas sp</i>					X				
<i>Synura sp.</i>	X	X						X	
<i>Trachelomonas armata</i>	X	X	X		X				X

<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>coron</i>							X	
<i>Trachelomonas pulcherrima</i>								X
<i>Trachelomonas volvocina</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	X	X						
<i>Trachelomonas hirta</i>		X						
<i>Trachelomonas</i> sp				X	X		X	
<b>DINOFLAGELADOS</b>								
<i>Ceratium furcoides</i>	X	X	X					
<i>Peridiniopsis cunningtonii</i>	X	X	X	X				
<i>Peridinium</i> sp.	X	X	X	X	X	X		X
<i>Peridinium gatunense</i>		X						X
<i>Peridinium umbonatum</i>	X	X		X	X	X	X	
<b>XANTOFÍCEAS</b>								
<i>Centritactus belenophorus</i>	X	X						X
<i>Isthmochloron lobulatum</i>			X					
<i>Isthmochloron</i> sp.		X						
<i>Polyedrella crassipinata</i>								X
<i>Tetraplektron bourrellyi</i>		1						X
<i>Tetraplektron leavis</i>	X		X					X
<b>TOTAL</b>	<b>142</b>	<b>141</b>	<b>104</b>	<b>76</b>	<b>60</b>	<b>73</b>	<b>95</b>	<b>97</b>