

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**REPRESA BILLINGS: ASPECTOS DE POLUIÇÃO
EM LOCAIS DE PESCA CONSIDERANDO SEUS
MÚLTIPLOS USOS**

Ricardo Avari

Orientadora: Prof^a. Dra. Cacilda Thaís Janson Mercante

São Paulo
Dezembro - 2013

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

REPRESA BILLINGS: ASPECTOS DE POLUIÇÃO EM LOCAIS DE PESCA CONSIDERANDO SEUS MÚLTIPLOS USOS

Ricardo Avari

Orientadora: Prof^a. Dra. Cacilda Thaís Janson Mercante

Dissertação apresentada ao programa de Pós graduação em Aqüicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA – SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aqüicultura e Pesca.

São Paulo
Dezembro – 2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

A946r

Avari, Ricardo

Represa Billings : aspectos de poluição em locais de pesca considerando seus múltiplos usos / Ricardo Avari – São Paulo, 2013.
ix, 100f. ; il. ; gráf. ; tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

Orientadora: Cacilda Thais Janson Mercante

1. Represa Billings. 2. Reservatórios. 3. Pesca artesanal. 4. Ecotoxicidade. 5. Abastecimento. 6. Cianobactérias. 7. Eutrofização. I. Mercante, Cacilda Thais Janson. II. Título.

CDD 639.2.081

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

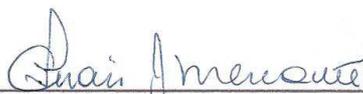
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**“Represa Billings: aspectos de poluição em locais de
pesca considerando seus usos múltiplos”**

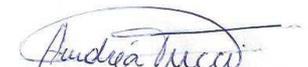
AUTOR: Ricardo Avari

ORIENTADOR: Cacilda Thais Janson Mercante

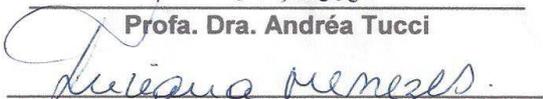
Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em
Pesca, pela Comissão Examinadora:



Prof. Cacilda Thais Janson Mercante

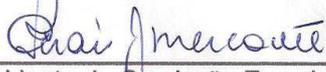


Prof. Dra. Andréa Tucci



Prof. Dra. Luciana Carvalho Bezerra de Menezes

Data da realização: 31 de outubro de 2013



Presidente da Comissão Examinadora
Cacilda Thais Janson Mercante

DEDICADO

A Kátia Moura, que viu a face da Mãe Terra.

Ao Sr. Orlando, agora pescando em rios celestes.

In memoriam.

À minha família, que me segurou no colo
E colocou as mãos na cintura quando fui fundo demais nos mares,
Guiou-me nas cavernas mais fundas com uma luz acesa,
Mostrou os clubes onde os animais mais incríveis viviam,
E fez-me ver que a felicidade só vem se você é autêntico,
Fazendo-me amar essa Vida toda por aí.
Meu amor incondicional.

Agradecimentos

Há tantos a quem agradecer pela valiosa contribuição a estes anos de trabalho que é possível que, por escrito, se pense haver alguma injustiça. Mas no que sinto, todos possuem o mesmo valor, citados ou não.

Ao Instituto de Pesca APTA/SAA-SP e ao Programa de Pós-graduação em Pesca e Aquicultura;

À SABESP-TOQ, Departamento de Controle dos Produtos Água e Esgotos;

À capatazia Z1 de pescadores de São Bernardo do Campo, com sua coordenadora Vanderléa e todos os seus membros e familiares, pelas preciosas conversas, informações, piadas, acolhimento e histórias de pescador. Essa represa é de todos, mas ainda mais, de vocês.

À Dra. Cacilda Thaís Janson Mercante, por aceitar o desafio de orientar alguém, cujo tempo seria escasso e mais acostumado a relatórios e literatura, em um caminho tão rico e amplo. Pela paciência, confiante guia e calma oferecida, não tenho como ser mais grato.

À Dra. Luciana Carvalho Bezerra de Menezes, cujo conhecimento da represa, dos pescadores, da vida que pulsa ao redor da Billings me motivou e me fez ver além da água tão necessitada de cuidados. E muito mais pelas valiosas dicas e novos ângulos com que abordou o trabalho.

Às Dras. Cláudia, Paula e Katharina, Drs. Júlio e Acácio, Ocimar, Luiz, Lilian, Ricardo, Munique, Leina, Ludmila, João, Carlos, Roberta e tantos outros colegas, pesquisadores, motoristas e demais funcionários que partilharam seu conhecimento e experiências sobre este mundo fascinante do Instituto.

À equipe mais heterogênea e competente que um laboratório poderia ter, não tenho palavras. Beatriz, Bianca, Bruna, Eduardo, Ligia (“Por que você não vai lá falar com o Júlio?”), Mariana... mais do que suporte e ajuda, seguraram comigo uma barra que foi mais pesada do que apenas o mestrado. Ao André e ao Marcelo, pelo cuidadoso olhar de longe apoiando, Wanderley e Odair, que zelaram pela qualidade analítica dos dados, e ao pessoal “metaleiro” Elvira,

Izabel, Jordi, Sérgio, Severino e muitos mais, que enriqueceram sobremaneira este trabalho com suas habilidades.

Aos Drs. Andréa e Clóvis, únicos em sua boa vontade, carinho, ajuda e esforços sem medida para ver dar certo. São insuperáveis. Este trabalho teria muito menos riqueza sem suas mãos.

À Ma. Flávia Tavares Colpas, pela infinita paciência, socorros matemáticos, emocionais e espirituais. Eu não teria nada a dizer de novo sem você, e nem a represa seria melhor entendida sem sua ajuda. Obrigado por estar na minha vida e me fazer sorrir!

Aos centenas de amigos que estiveram ao meu lado com ouvidos abertos, xícaras de chocolate na mão e conselhos valiosos, teria páginas e páginas a dizer. Citar todos seria difícil. Mas posso destacar Alice e Francisco, que agüentaram o pior tranco e me mantiveram, não sem sentirem o chicote das ondas, avançando. A ninguém estes agradecimentos são tão valiosos. E mais, por me colocarem “sem dar opção” como espectador no milagre que fez deles as pessoas mais ricas da Terra, meus maiores desejos de felicidade e êxtase.

Ao Bueno (flecha!), por me manter de olhos em foco; Marcos, Fernanda, Paula, Ricardo (Ahow), Leandro, Leonardo, Michele, Érica, Karina, Priscila, Talita, Thalita, por manterem meu espírito no lugar; a todas da Cia. Julli, San & Son, Fabiana, Marina, Thiene, Agatha, e demais arteiros que me mantiveram em cores quando tudo era preto no branco. E por fim Lúcia, Adriano, Carol, Rildo, Nancy, Paola, Enos, Bárbara e Isabela por terem chão onde me firmar.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS _____	vi
LISTA DE TABELAS _____	vii
LISTA DE FIGURAS _____	vii
RESUMO _____	viii
ABSTRACT _____	ix
INTRODUÇÃO GERAL _____	1
OBJETIVOS _____	6
MATERIAIS E MÉTODOS _____	7
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	16
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO _____	18
CAPÍTULO 1 – Avaliação de poluentes e aspectos limnológicos e ecotoxicológicos em locais de pesca da represa Billings _____	19
Resumo _____	19
Abstract _____	20
Introdução _____	21
Objetivos _____	24
Material e Métodos _____	25
Resultados e Discussão _____	27
Conclusão _____	37
Referências Bibliográficas _____	38

CAPÍTULO 2 – Avaliação de agentes eutrofizantes, poluentes e da comunidade de cianobactérias em locais de pesca da represa Billings _____	43
Resumo _____	43
Abstract _____	44
Introdução _____	45
Objetivos _____	48
Material e Métodos _____	49
Resultados e Discussão _____	52
Conclusão _____	59
Referências Bibliográficas _____	60
CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES _____	66
ANEXO 1 – Resumo dos dados estatísticos dos parâmetros limnológicos aferidos com diferenças espaciais significativas _____	69
ANEXO 2 – Resumo dos dados estatísticos dos parâmetros limnológicos aferidos sem diferenças espaciais significativas _____	70
ANEXO 3 – Valores de metais, em mg/L, aferidos durante o período amostral ____	71
ANEXO 4 – Espécies de cianobactérias encontradas no período amostral e sua concentração em cel/ml. _____	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

µg/L	Microgramas por litro
ABNT	Associação brasileira de Normas Técnicas
ALV	Braço Alvarenga
APHA	American Public Health Association
BIG	Região da ilha dos Biguás
BMAA	β-N- metilamino-L-alanina (cianotoxina)
CENO	Concentração de Efeito Não Observado
CEO	Concentração de Efeito Observado
Cetesb	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CL(i)50	Concentração Letal Inicial para 50% dos organismos-teste
COBRAPE	Companhia Brasileira de Empreendimentos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
IEC	International Electrotechnical Commission
IET	Índice de Estado Trófico
ISA	Instituto Sócio Ambiental
ISO	International Organization for Standardization
mg/L	Miligramas por litro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NMP/100mL	Número mais Provável para cem mililitros
NBR	Norma Brasileira
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
°C	Grau(s) centígrado(s)
OD	Oxigênio Dissolvido
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SBC	São Bernardo do Campo
SMA-SP	Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo
SMEWW	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
SSRH-SP	Secretaria de saneamento e Recursos Hídricos de São Paulo
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
TAQ	Braço Taquacetuba
TOQ	Departamento de Controle da Qualidade dos Produtos Água e Esgoto
UGHRI	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNEP	United Nations Environment Programme

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela	Descrição	Página
Tabela 1	Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica da represa Billings em 2004, segundo dados da SMA-SP	3
Tabela 2	Evolução na captação e tratamento de esgotos em municípios do grande ABC inclusos na bacia hidrográfica da represa Billings	4
Tabela 3	Comparação dos parâmetros nas coletas-piloto	8
Tabela 4	Comparação dos parâmetros na coleta-piloto de março de 2012.	9
Tabela 5	Métodos analíticos empregados no estudo	15
Tabela 6	Parâmetros com diferenças estatísticas espaciais, em azul	28
Tabela 7	Média da concentração de metais, em mg/L, +- desvio-padrão, para amostras coletadas no fundo dos pontos amostrais	33
Tabela 8	IET nos pontos de coleta no decorrer do estudo	36
Tabela 9	Valores obtidos para as diferentes variáveis no período amostral, destacados aqueles em não-conformidade com a legislação vigente	52
Tabela 10	Espécies de cianobactérias identificadas, destacadas as espécies descritoras e as potencialmente tóxicas de acordo com CHORUS e BARTRAM, 1999	55
Tabela 11	Alteração no número de espécies durante o período amostral	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descrição	Página
Figura 1	Foto da vista aérea da região do braço Alvarenga, situado na Represa Billings, São Paulo	9
Figura 2	Foto da vista aérea da região da ilha dos Biguás, situado na Represa Billings, São Paulo	10
Figura 3	Foto da vista aérea da região do braço Taquacetuba, situado na Represa Billings, São Paulo	10
Figura 4	Região do braço Alvarenga	11
Figura 5	Região da ilha dos Biguás	11
Figura 6	Região do braço Taquacetuba	12
Figura 7	Represa Billings e a localização dos pontos de coleta, sinalizados em amarelo	25
Figura 8	Pluviosidade de São Bernardo do Campo, 2012	27
Figura 9	Variáveis com diferenças espaciais estatisticamente relevantes	29
Figura 10	Variáveis sem diferenças espaciais estatisticamente relevantes	30
Figura 11	Variação temporal de Coliformes totais e <i>E. coli</i> nos pontos amostrais e relação deste último com pluviosidade no período do estudo	31
Figura 12	Perfis térmicos mensais obtidos na represa Billings	53

RESUMO

REPRESA BILLINGS: ASPECTOS DE POLUIÇÃO EM LOCAIS DE PESCA CONSIDERANDO SEUS MÚLTIPLOS USOS

Avari, R.^{a,b*}; Colpas, F. T.; Gargiulo, J.R.B.C.^b; Menezes, L.C.B.^b; Tucci, A.^c; Viana, B.B.^a; Mercante, C.T.J.^{b*}

^aCompanhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Departamento de Controle da Qualidade dos Produtos Água e Esgotos (Sabesp-TOQ). Rua Conselheiro Saraiva, 519, prédio 11, São Paulo, SP, Brasil. ^bInstituto de Pesca. Avenida Francisco Matarazzo, 455, Barra Funda, São Paulo, SP, Brasil. ^c Instituto de Botânica, laboratório de Ficologia. Avenida Miguel Estéfano, 3687, São Paulo, SP, Brasil.

***e-mail: avarih@yahoo.com.br**

Dada sua posição estratégica na Região Metropolitana de São Paulo, é importante que a represa Billings recupere seus múltiplos usos. Com este fim foram estabelecidas metas legais que, no entanto, desconsideram a pesca artesanal. Com o objetivo de repassar a atual condição destas águas para seus usos e levantar dados que possam nortear ações futuras, este trabalho buscou analisar, variáveis ambientais, hidrobiológicas e ecotoxicologia em três pontos representativos para o abastecimento e a pesca entre março e setembro de 2012: braço Alvarenga, ilha dos Biguás e braço Taquacetuba. Com chuvas, houve diminuição na densidade de cianobactérias e aumento na de *E. coli*. Observou-se estratificação térmica na coluna d'água. Os valores de cianobactérias, coliformes totais, pH, turbidez, temperatura e metais não variaram espacialmente entre os pontos, enquanto fósforo, nitrogênio, clorofila-a, *E. coli*, condutividade, Oxigênio e Sólidos diferiram. Dois momentos de flexão nos parâmetros físicos, químicos e hidrobiológicos foram identificados, no início e no fim do período amostral, com desestratificação na primavera. De modo geral, foi observado um gradiente dos parâmetros, com pior resultado em Alvarenga. Porém, maiores concentrações de metais foram detectadas no ponto mais preservado. Não foi verificado efeito tóxico agudo em *Daphnia similis* ou crônico em *Ceriodaphnia dubia* em nenhuma das amostras estudadas, o que é compatível com a ideia de que hoje o principal problema a ser enfrentado ali é a poluição por esgotos domésticos, cujo maior efeito é o de eutrofização. De acordo com o Índice de Estado Trófico os locais amostrados foram classificados como hipereutróficos. Houve predominância das cianobactérias *Cylindrospermopsis* sp. e *Planktothrix* sp., potenciais produtoras de cianotoxinas. Nos dois pontos onde este último foi predominante, foram detectadas microcistinas durante o inverno. Há potencial risco para a qualidade do pescado e da água transposta a partir do braço Taquacetuba.

Palavras-chave: Represa Billings, reservatórios, pesca artesanal, ecotoxicidade, abastecimento, cianobactérias, eutrofização.

ABSTRACT

BILLINGS RESERVOIR: POLLUTION ASPECTS IN FISHERY POINTS CONSIDERING THEIR MULTIPLE USES

Avari, R.^{a,b}; Colpas, F. T.; Gargiulo, J.R.B.C.^b; Menezes, L.C.B.^b; Tucci, A.^c; Viana, B.B.^a; Mercante, C.T.J.^{b*}*

^aCompanhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Departamento de Controle da Qualidade dos Produtos Água e Esgotos (Sabesp-TOQ). Rua Conselheiro Saraiva, 519, prédio 11, São Paulo, SP, Brasil. ^bInstituto de Pesca. Avenida Francisco Matarazzo, 455, Barra Funda, São Paulo, SP, Brasil. ^cInstituto de Botânica, laboratório de Ficologia. Avenida Miguel Estéfano, 3687, São Paulo, SP, Brasil.

***e-mail: avarih@yahoo.com.br**

Given the strategic position of the Billings Reservoir at the Metropolitan Area of São Paulo, it is important that its multiple uses are recovered. Legal goals have been established for that purpose, but they have not considered artisanal fishery. In order to review current water quality and uses, and to collect data to guide future actions, this study aimed on analysing, through accredited methods, environmental variables and the hydrobiology and ecotoxicology of three significant points for water supply and fishery, between March and September, 2012: the Alvarenga branch, Biguás Island, and the Taquacetuba branch. Rainfall led to a decrease in the cyanobacteria density, and an increase in *E. coli*. Thermal stratification was observed in the water column. The values of cyanobacteria, total coliforms, pH, turbidity, temperature, and metals did not vary spatially between points, while phosphorus, nitrogen, chlorophyll-a, *E. coli*, conductivity, oxygen, and solids were different. Two turning points related to physical, chemical and hydrobiological parameters were identified, at the beginning and at the end of the sampling period. In general, a gradient of parameters was observed, with the worst results seen in Alvarenga. However, higher concentrations of metals were detected in the most well-preserved area. No acute or chronic toxicities were observed for *Daphnia similis* or *Ceriodaphnia dubia*, respectively, in any of the studied samples. These observations corroborate the idea that the most important problem faced at these points today is the contamination by domestic sewage, which main effect is eutrophication. According to the Trophic State Index, the sampled places were classified as hypertrophic. There was a predominance of the cyanobacteria *Cylindrospermopsis* sp. and *Planktothrix* sp., both potential cyanotoxin-producers. During the winter, microcystins were detected in the two points where the latter was predominant. There are potential risks to the quality of fish and of the water transposed from the Taquacetuba branch.

Key words: Billings Reservoir, reservoirs, artisanal fishery, ecotoxicity, water supply, cyanobacteria, eutrophication.

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente é cada vez maior a consciência de que as ações do homem provocam graves danos ao ambiente que o abriga, prejudicando o bem estar de populações inteiras e levando a gastos cada vez maiores para se obter serviços ambientais antes abundantes.

Um dos maiores exemplos disto é a situação das águas dulcícolas. Hoje são consideradas, de acordo com a própria constituição brasileira, um bem natural limitado que requer amplos cuidados para sua preservação, contrastando com a antiga noção de que a água era um bem renovável e praticamente infinito.

Corpos d'água de enorme importância econômica, ambiental e cultural têm seus usos ameaçados pelo descaso, políticas de manejo ineficientes, e desconhecimento de suas características limnológicas essenciais. Nas regiões metropolitanas, os serviços ambientais dos corpos d'água são ainda mais valiosos, pois os múltiplos usos a que se prestam são essenciais para a manutenção dos padrões de qualidade de vida de seus habitantes. A criação de reservatórios artificiais cresceu no último século, com o incremento da agricultura moderna, da urbanização e da industrialização. No estado de São Paulo, em especial, dezenas de reservatórios de todos os tamanhos foram criados para estes fins. Apenas o rio Tietê possui doze grandes reservatórios em sua extensão, afora outras grandes modificações como a retificação no trecho urbano da RMSP e a instalação de eclusas (CETESB, 2012).

A região metropolitana de São Paulo, capital (RMSP) concentra a maior parte da população do estado, com aproximadamente 20 milhões de habitantes. Seu abastecimento de água para diversos fins é garantido por inúmeros reservatórios artificiais, dentre os quais se destacam o sistema Cantareira, Represa Guarapiranga, Represa Taiaçupeba, Sistema Cotia, dentre outros.

A represa Billings é o maior reservatório da RMSP, com cerca de 127 km² de área e capacidade para 1200 hm³ de volume útil, com tempo de retenção de aproximadamente 600 dias (CETESB, 2006). Construída em 1927 com o objetivo de gerar energia elétrica – cada vez mais necessária ante o processo de industrialização do estado – e controle de cheias dos rios Tietê e Pinheiros, a represa não foi concebida prevendo áreas de conservação que funcionassem como zonas de amortecimento de impacto, nem foram planejados programas

de infraestrutura urbana para pontos já ocupados ou que poderiam ser desmatados irregularmente em suas margens.

Usos secundários, como recepção de efluentes, pesca profissional e amadora, lazer, abastecimento e irrigação foram resultados naturais de sua instalação, e muito cedo se estabeleceram como essenciais para a população do entorno.

Com o aumento da ocupação irregular das margens, da industrialização, da irrigação de áreas rurais adubadas contíguas e do volume de água não tratada bombeado do rio Pinheiros, a represa chegou a um elevado grau de degradação, apresentando inúmeros episódios de floração de cianobactérias, mortandade de peixes, mau cheiro e prejuízo à saúde pública em geral.

Após anos de contínua recepção de poluentes, em 1989 o bombeamento de águas do rio Pinheiros para a represa foi proibido por dispositivo constitucional. Desde 1992, a única exceção para o qual é permitido é o controle de cheias excepcionais (CARMO e TAGNIN, 2001).

Em 1997, a lei federal nº 9433 institui o uso para consumo humano e dessedentação de animais como prioritário sobre todos os demais. No mesmo ano, o estado cria o “Projeto Billings” com vistas a esta determinação, e projetos de aumento da rede coletora de esgotos e tratamento do material captado começam a tomar forma. Dado que boa parte do abastecimento público da RMSP é feito hoje por águas oriundas de outras bacias hidrográficas, afetando a distribuição hídrica em locais tão distantes quanto a região Metropolitana de Campinas ou o sul de Minas Gerais, a recuperação da Billings se torna crucial para seu entorno.

Em 2009 foi promulgada a lei 13.579, que em seu artigo primeiro “declara a Área de Proteção e Recuperação de Mananciais da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings - APRM-B, situada na Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Alto Tietê, como manancial de interesse regional para o abastecimento das populações atuais e futuras, em consonância com a Lei nº 9.866, de 28 de novembro de 1997, que dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo”.

Estabelecendo normativas de ocupação, metas de controle de poluentes e formas de gestão da represa Billings e sua bacia hidrográfica, é um importante passo ao definir o uso da represa de fonte de abastecimento hidroelétrico para

de “abastecimento das populações atuais e futuras”. A esta época, um projeto experimental de flotação de águas do rio Pinheiros foi criado, sem obter o sucesso esperado (BRUSCATO, 2010).

Em 2011 a Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo solicitou um amplo levantamento com vistas à “Elaboração do Plano de desenvolvimento e Proteção Ambiental da bacia Hidrográfica do reservatório Billings”, realizado pela Cobrape – Companhia Brasileira de Empreendimentos. Dentre os resultados obtidos, o de uso e ocupação do solo merece destaque, e dele destacam-se alguns dados do entorno, na tabela 1.

Tabela 1: Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica da represa Billings em 2004 segundo dados da SMA-SP (COBRAPE, 2011).

Tipos de Uso	Categorias de Uso do Solo	Área Ocupada		
		em km ²	% em relação à área total ocupada	% em relação à área total da bacia
Áreas urbanizadas	Área urbana alta densidade	42,89	9,02	7,36
	Área urbana baixa densidade	24,63	5,18	4,23
	Área de expansão urbana	16,56	3,48	2,84
	Áreas industriais e corredores comerciais	3,08	0,65	0,53
Áreas antropizadas não urbanas ou com cobertura vegetal rasteira/esparsa	Área de ocupação dispersa	32,63	6,86	5,60
	Agricultura	9,05	1,90	1,55
	Reflorestamento	13,88	2,92	2,38
	Mineração	1,55	0,33	0,27
	Campo	73,24	15,40	12,57
Áreas com cobertura vegetal mais conservada	Vegetação de várzea	12,67	2,66	2,17
	Capoeira	27,69	5,82	4,75
	Mata	217,60	45,77	37,34
Total		475,47	-	-

Da mesma fonte, cite-se ainda o seguinte trecho: “Na bacia Billings, a evolução da população residente seguiu padrões ainda mais intensos (*que os do restante da RMSP*). Entre os anos de 1991 e 2000, segundo os estudos da Secretaria do Meio Ambiente do estado, a bacia recebeu um aporte de cerca de 330 mil habitantes... Este crescimento registrado na bacia hidrográfica corresponde a uma taxa média de 5,5% ao ano, o que representa um aumento médio de 37 mil habitantes ao ano”.

O “Programa de recuperação de mananciais” (SSRH-SP, 2013) deve, nos próximos anos, fazer o maior investimento já realizado para recuperação de corpos d’água no país. Alguns resultados, divulgados no *site* da Sabesp (Tabela 2), mostram mudanças em alguns dos principais municípios da bacia hidrográfica da Billings.

Tabela 2: Evolução na captação e tratamento de esgotos em municípios do grande ABC inclusos na bacia hidrográfica da represa Billings (SABESP, 2012).

Índices de Atendimento de Esgoto				
Municípios do ABC	2009		2012	
	Coleta	Tratamento	Coleta	Tratamento
Ribeirão Pires	62%	70%	71%	90%
Rio Grande da Serra	32%	85%	48%	90%
São Bernardo do Campo	78%	27%	88%	90%

Estes dados mostram não só três fatores de extrema relevância na compreensão dos impactos a serem mitigados como apontam o tamanho do esforço a ser realizado conjuntamente entre diferentes instâncias públicas para tanto. O Relatório 2012 de Qualidade de Águas Superficiais da Cetesb apresentou um quadro de melhora perceptível entre os anos de 2006 e 2011 (CETESB, 2012) e, embora alvo de críticas da população (GALEZ, 2012) é um indício relevante da alteração de estado da represa.

A Pesca na Represa Billings

A represa Billings é fonte de alimento e renda para pescadores artesanais profissionais da região e de lazer e esporte para pescadores amadores de toda a RMSP. O incremento na atividade pesqueira nesta região poderá beneficiar um grande número de pessoas, caso as condições da represa o permitam. O correto manejo da atividade pode, inclusive, contribuir para a melhoria da qualidade de suas águas, por ações como pesca seletiva de espécies chave para alterações na cadeia trófica, ou a simples retirada de biomassa.

A pesca em reservatórios pode ser prejudicada por diversos fatores (AGOSTINHO, 2007), dos quais se destacam a contaminação por resíduos industriais e rurais, notadamente metais pesados, pesticidas, surfactantes e resíduos sólidos – hoje em dia acrescidos de produtos nanotecnológicos, fármacos e disruptores endócrinos; por eutrofização e consequente depleção de oxigênio, toxicidade por cianotoxinas, acúmulo de matéria orgânica e esgotos domésticos com cargas de patógenos humanos.

ROCHA *et al.* (1985) relatavam as condições do pescado da represa, sendo que neste período o fator de maior relevância apontado foram os metais pesados. Entretanto, a qualidade do pescado não foi sistematicamente acompanhada no decorrer dos anos para verificar as mudanças que podem ter ocorrido. A fiscalização, conscientização ambiental e sistemas de tratamento

de efluentes foram ampliados em todo o estado, o bombeamento de águas do rio Pinheiros para a represa cessou, mas a ocupação irregular das margens e a população urbana como um todo aumentou.

Uma iniciativa importante foi, durante os anos 1990, o programa de despoluição industrial promovido pela Cetesb (SMA-SP, 2011), com diminuição na carga inorgânica: os níveis de metais pesados, em análise do histórico recente, têm se mostrado relativamente estáveis (CETESB, 2001 a 2012).

Em estudo realizado entre 2005 e 2007, SILVA (2008) estimou em 113 os pescadores profissionais atuando na área da represa, com uma produção média de 409,4 kg de pescado ao mês, e apontou que a produtividade estaria em declínio. É importante notar que a lei estadual nº13.579 de 2009, conhecida como Lei Específica da Billings, não cita a pesca profissional, e a pesca como um todo apenas para estabelecimento de diretrizes na implantação de atividades de pesca amadora.

Pescadores locais da capatazia Z-1 de São Bernardo do Campo, em relato pessoal, colocaram a preocupação quanto à possibilidade de contaminação dos peixes e também quanto à proibição da atividade caso se confirme algum risco relacionado ao pescado.

Observações de campo

Durante o período de coletas, foi possível acompanhar parte da rotina dos pescadores da capatazia Z-1 de São Bernardo do Campo. Os pescadores ali se autodefinem como profissionais desta atividade. Suas informações corroboram o observado por SILVA (2008) sobre a predominância do acará, da tilápia e da carpa dentre as espécies capturadas. A situação de vulnerabilidade econômica dos pescadores, evidenciada por PETRERE (2006), pôde ser constatada. Em reunião realizada em 24 de setembro de 2011, pescadores relataram preocupação com a proibição da pesca e impossibilidade de sustentar suas famílias. Nesta capatazia, há dúvidas quanto à segurança do consumo frequente do pescado local e esperança na recuperação da qualidade das águas.

OBJETIVO GERAL

O presente estudo visa identificar variáveis que diagnostiquem a qualidade das águas em locais representativos para a pesca, o abastecimento e a ocupação urbana, verificando o comportamento de parâmetros de qualidade, população fitoplanctônica e de toxicidade das águas no período amostral e correlacionando-os quando possível.

Objetivos específicos

- Verificar os parâmetros mais relevantes para a caracterização espacial das áreas de pesca da represa.
- Avaliar se há tendências perceptíveis quanto a algumas variáveis de qualidade das águas, buscando flutuações de natureza temporal que possam indicar previsibilidade nas condições limnológicas.
- Verificar se há mudanças na comunidade de cianobactérias, determinando alterações na predominância de espécies relacionadas às variáveis estudadas e quais destas são potencialmente tóxicas ou sanitariamente relevantes.
- Propor medidas de gestão auxiliares, baseado nos dados obtidos.
- Gerar informações que permitam o embasamento de políticas voltadas para a atividade pesqueira local, contribuindo assim para a multiplicação cultural da atividade.
- Gerar informações que permitam uma melhor compreensão da dinâmica limnológica do reservatório, dadas as mudanças de prioridade estabelecidas pela lei n° 13.579/2009, visando abastecimento público.

MATERIAIS E MÉTODOS

Definição dos pontos de coleta.

Como parte da linha de pesquisa em Manejo e Conservação do Solo e Água da Agência Paulista de tecnologia dos Agronegócios, dentro do tema “Qualidade ambiental na represa Billings e seus reflexos na atividade pesqueira e na saúde do pescador” (código SIGA N° 3372), o estudo partiu dos dados obtidos acerca dos pontos de coleta inicialmente estudados pela pesquisadora do Instituto de Pesca Dra. Luciana C. B. Menezes para definir em quais um aprofundamento nas informações seria relevante para identificar variáveis de maior impacto para o pescado.

O estudo original abrangeu dez pontos de coleta, distribuídos em toda a extensão do corpo d’água, e evidenciou diferenças mensuráveis entre as condições das águas nos diversos compartimentos avaliados. Dada a complexidade das análises a serem realizadas nas amostras, definiu-se que o presente estudo seria realizado em três pontos, cujas características fossem díspares o suficiente para que pudessem ser representativos de ambientes diferenciados com relevância para a pesca e abastecimento.

Deste estudo inicial foram escolhidos os pontos onde ocorreu diferença estatisticamente discernível nos parâmetros laboratoriais analisados: o primeiro na foz do braço Taquacetuba. O segundo nas proximidades do Summit Control, cujos parâmetros do primeiro estudo mostravam condições intermediárias e relevante por ser a área a partir da qual é enviada água para a hidrelétrica Henry Borden, em Cubatão; e por fim ao lado da Ilha dos Biguás, próxima à colônia de pescadores que servia como base de coletas e onde é cogitado um projeto piloto de tanques-rede para aquicultura. Estes locais são, no projeto maior, identificados como P-6, P-2 e P-3, respectivamente.

Assim, foram realizadas duas coletas iniciais, em outubro e novembro de 2011, a partir das quais se definiriam as variáveis mais relevantes para avaliação espacial das águas da represa, e se desenhariam as diferenças qualitativas entre os pontos de coleta. No entanto, estas coletas-piloto demonstraram que não havia diferenças marcantes entre os pontos escolhidos quanto às análises realizadas, conforme se observa tabela 3. Isto exigiu a realização de uma nova coleta-piloto, com maior número de locais para comparação.

Tabela 3: Resultados obtidos nas coletas-piloto.

Parâmetro	(P-6) Foz do braço Taquacetuba		(P-3) Ilha dos Biguás		(P-2) SummitControl	
	Outubro	Novembro	Outubro	Novembro	Outubro	Novembro
Toxicidade crônica	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Toxicidade aguda	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes totais: NMP/100 ml	S/ dado	165,8	S/ dado	1299,7	S/ dado	45,5
E. coli: NMP/100 ml	S/ dado	<01	S/ dado	5,1	S/ dado	<01
Clorofila: µg/L	19,8	39,9	24,9	86,4	19,4	40
Feofitina: µg/L	S/ dado	27,8	S/ dado	52,12	S/ dado	24,35
Cianobactérias: cel/ml	S/ dado	2077,8	S/ dado	16667,4	S/ dado	17647,4
Alumínio: mg/L	0	0	0	0	0	0
Cobre : mg/L	0	0	0,00634	0	0,00896	0
Chumbo : mg/L	0,00013	0,00022	0,00513	0,00089	0,00329	0,00317
Cromo : mg/L	0,00052	0,0025	0,00558	0	0,00049	0,00264
Mercúrio : mg/L	0	0,00007	0	0,00011	0	0,00007

A nova coleta, em 01 de março de 2012, incluiu pontos onde anteriormente se aferiu pior qualidade: um à entrada do braço Bororé; outro na entrada do braço Alvarenga (no qual os pescadores relataram a presença de peixes de “gosto ruim”) e o terceiro junto à usina elevatória de Pedreira. Neste último se esperavam indícios de impactos severos, devido às descargas bombeadas rotineiramente do rio Pinheiros naquele ponto. Um quarto local, ao fundo do braço Taquacetuba, possui cobertura florestal mais conspícua e baixa ocupação além de ser o ponto a partir do qual é transposta água para a represa Guarapiranga, portanto diferencial para o abastecimento da região Sul da RMSP. Estes locais correspondem aos pontos amostrais P-8, P-9, P-10 e P-5 do estudo original. O “Summit Control” foi excluído desta terceira campanha de amostragem, e o ponto “Ilha dos Biguás”, mantido.

Os dados na tabela 4 mostram que os pontos Taquacetuba-transposição e Alvarenga mostraram diferença significativa entre si. Junto ao ponto da Ilha dos Biguás, estes se tornaram o alvo das seis campanhas de coleta seguintes, até setembro de 2012.

A região de Ilha dos Biguás é mais ordenada, próxima à movimentada balsa João Basso, e possui melhor infraestrutura (Figura 2).

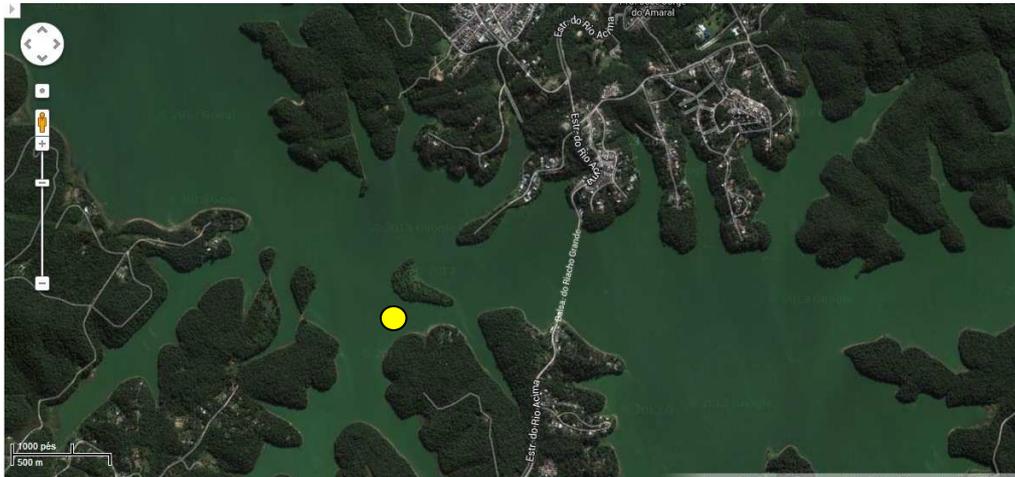


Figura 2: Foto da vista aérea da região da ilha dos Biguás situada na Represa Billings, São Paulo (GOOGLE MAPS, 2013).

O braço Taquacetuba (Figura 3) é mais florestado, e observam-se áreas agrícolas nas proximidades. É o braço da represa do qual é feita a transposição de águas para a represa Guarapiranga (SMA-SP, 2004).



Figura 3: Foto da vista aérea da região do braço Taquacetuba, situado na Represa Billings, São Paulo (GOOGLE MAPS, 2013).

A região do Alvarenga apresenta urbanização mais acentuada na região da nascente. Os pescadores relataram casos de tentativas de roubo dos barcos na área e que os peixes ali pescados possuem mau gosto e cheiro. O lixo flutuante é evidente e as margens, via de regra, menos florestadas e ocupadas por macrófitas semiaquáticas (Figura 4).



Figura 4: Região do braço Alvarenga.

O ponto amostral da ilha dos Biguás se localiza ao lado da sede da capatazia de pescadores Z-1 de São Bernardo do Campo. A ilha propriamente dita é um afloramento coberto de árvores de médio porte, com nidificação conspícua, a cerca de cinquenta metros da margem. O comércio de bairro instalado e as moradias – algumas com pequenos atracadouros – indicam melhor desenvolvimento urbano do entorno (Figura 5).



Figura 5: Região da ilha dos Biguás.

A região do braço Taquacetuba tem grande valor paisagístico e é, dentre os locais amostrados, o que mais se presta à pesca segundo os profissionais. A cobertura de macrófitas semiaquáticas marginais é menor, e árvores de maior porte (alguns eucaliptos, indicando não ser esta uma cobertura primária) nas margens com grande número de galhos, rochas e outros substratos que incrementam o número de microhabitats disponíveis para a fauna (Figura 6).



Figura 6: Região do braço Taquacetuba.

A coleta das amostras em cada ponto de coleta foi realizada com garrafa de Van Dorn, um metro de profundidade (zona eufótica) para Clorofila/Feofitina, cianobactérias, cianotoxinas, coliformes totais/*E. coli* e ecotoxicidade; e a meio metro acima do fundo para Chumbo, Cromo, Mercúrio, Alumínio e Cobre. Seguiram-se as normas preconizadas no SMEWW, 22^o Ed. (APHA, 2012), com acondicionamento em caixas térmicas da coleta até a chegada às geladeiras do laboratório. Fósforo, Nitrogênio, condutividade elétrica, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e sólidos totais dissolvidos foram mensurados em ambas as profundidades.

Para cada variável, um tipo de frasco específico é exigido a fim de evitar interferentes indesejáveis: Para Clorofila/feofitina armazenamento em frascos de vidro âmbar de 1 litro recobertos com papel alumínio. A filtração foi realizada no mesmo dia, na chegada ao laboratório. Para nitrogênio e fósforo foram armazenadas em frascos plásticos transparentes de 250 ml do tipo garrafa.

Frascos plásticos opacos de 1,5 litro com 1 ml de Ácido nítrico P.A. para preservação foram utilizados para amostras de chumbo, mercúrio, cromo e cobre. Para alumínio, frascos plásticos opacos de 250 ml sem preservantes.

Para coliformes totais/*E. coli*, foram utilizados frascos transparentes de 150 ml onde foram adicionados EDTA e Tiosulfato de sódio, a fim de evitar efeito de toxicidade da água às bactérias durante o transporte. O ensaio sempre foi realizado no momento da chegada ao laboratório a fim de minimizar a alteração das populações bacterianas durante o armazenamento.

Para ecotoxicidade, frascos plásticos de 5 litros do tipo bombona, posteriormente alíquotados em frascos de 250 ml e submetidos a congelamento, conforme Norma ABNT de referência.

Métodos analíticos

“In situ” foram analisadas através de sonda multiparâmetros as variáveis condutividade elétrica, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e sólidos totais dissolvidos. As análises de Nitrogênio e Fósforo foram realizadas na Unidade Laboratorial de Referência em Limnologia do Instituto de Pesca, e a contagem de fitoplâncton foi realizada no Núcleo de pesquisa em Ficologia do Instituto de Botânica de São Paulo.

As demais foram realizadas nos laboratórios da Sabesp – Departamento de Controle da Qualidade dos Produtos Água e Esgoto (TOQ) e são as mesmas utilizadas na determinação da qualidade de água para consumo humano, e obedecem às normativas internacionais de qualidade, sendo que quase todas receberam, certificação pela ABNT – NBR ISSO/IEC 17025, escopo registrado sob o número CRL 0217, referente às instalações permanentes dos laboratórios do TOQ – Sabesp. A maioria das análises são realizadas de acordo com as normas constantes em SMEWW 22^o Ed.: 2012 (APHA,2012), e um resumo dos métodos de referência pode ser visto na tabela 5.

A análise hidrobiológica qualitativa de cianobactérias predominantes foi realizada na Sabesp-TOQ através de análise de amostra viva em câmara de Sedgwick-Rafter, com concentração, preparo e leitura conforme BRANCO (1986) e SMEWW 22^o Ed. (APHA, 2012) em microscópio Zeiss Axiostar plus.

A análise hidrobiológica quantitativa, e também qualitativa para cianobactérias menos conspícuas, no IB – Núcleo de pesquisa em Ficologia, de acordo a metodologia descrita por UTERMÖHL (1958), em microscópio invertido Zeiss Axiovert 25 em aumento de 630 vezes. O tempo de sedimentação das amostras foi de três horas para cada centímetro de altura da câmara, segundo o critério de LUND *et al* (1958). A câmara de sedimentação utilizada foi de 2mL. A contagem foi realizada em transectos horizontais e/ou verticais e o limite da contagem foi determinado através do critério de gráfico de estabilização do número de espécies, obtido a partir de espécies novas adicionadas com o número de campos contados. Os resultados foram expressos em densidade (cel.mL^{-1}) e calculados de acordo com a fórmula descrita em WEBER (1973): $\text{células.mL}^{-1} = (n/sc).(1/h).(F)$, onde:

n = número efetivamente contado;

s = área do campo em mm^2 no aumento de 63X.

c = número de campos contados;

h = altura da câmara de sedimentação em mm

F = fator de correção para mililitro ($10^3 \text{ mm}^3/1 \text{ mL}$)

O índice de estado trófico (IET) de Carlson, modificado por Lamparelli, foi calculado a partir da concentração de clorofila-a e fósforo das amostras conforme SMA-SP (2013): $IET = [IET (PT) + IET (CL)] / 2$, onde:

$IET (PT) = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln PT) / \ln 2))$;

$IET (CL) = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln CL)) / \ln 2))$.

Sendo PT sigla para concentração de Fósforo Total e CL de Clorofila-a.

Para as análises ecotoxicológicas, foi preconizado que, após a identificação dos valores de CENO e CEO para *Ceriodaphnia* e de CE(i)50 para *Daphnia* das primeiras coletas, seria determinada a faixa mais estreita de concentrações na qual seriam realizados os demais ensaios. Os valores iniciais testados foram de 100%, 50%, 25%, 12,5% e 6,3% (fator de diluição 02).

No entanto, não tendo a terceira coleta-piloto mostrado qualquer efeito tóxico estatisticamente relevante em relação ao controle, em nenhuma amostra, pareceu seguro optar pela opção de fazer apenas análises qualitativas a partir de então, verificando a presença ou ausência de toxicidade.

Apesar de a referência prever o uso do método para verificação qualitativa apenas em amostras a 100%, as amostras eram analisadas também na concentração de 50% para estabelecer uma margem de segurança inferior. E também, a fim de resguardo dos resultados, as alíquotas das amostras foram mantidas congeladas até a conclusão do ensaio ser conhecida. Caso fosse observado efeito deletério, a amostra seria novamente ensaiada, observando então uma faixa condizente de no mínimo cinco concentrações conforme preconizado pela norma de referência ABNT.

Todos os ensaios foram realizados junto às amostras de rotina dos laboratórios, partilhando seus padrões de verificação, controles, equipamentos calibrados, manutenção de qualidade, ensaios interlaboratoriais e insumos certificados. As exigências para manutenção das creditações são inúmeras, e auditorias internas e externas foram realizadas durante o período dos estudos, mantendo assim a conformidade esperada para garantir os resultados.

Tabela 5: Métodos analíticos empregados no estudo.

Ensaio	Norma de referência	Fonte
Determinação de alumínio por método espectrofotométrico	3500-AI-B	SMEWW, 22º edição
Determinação da concentração de cobre total – método da espectrofotometria por ICP-OES	3120-B	SMEWW, 22º edição
Determinação da concentração de cromo – método da espectrofotometria por ICP-OES	3120-B	SMEWW, 22º edição
Determinação da concentração de chumbo – método da espectrofotometria por ICP-OES	3120-B	SMEWW, 22º edição
Determinação da concentração de Mercúrio – método da espectrofotometria por ICP-OES	3120-B	SMEWW, 22º edição
Determinação de Coliformes Totais – método de substrato enzimático	9223-B	SMEWW, 22º edição
Determinação de <i>Escherichia coli</i> – método de substrato enzimático	9223-B	SMEWW, 22º edição
Determinação de clorofila <i>a</i> / feofitina – método de determinação espectrofotométrico	10200-H.2	SMEWW, 22º edição
Identificação e contagem de plâncton – método de Sedgwick-Rafter para cianobactérias	10200	UTERMÖHL (1958) BRANCO (1986), SMEWW, 22º edição
Determinação da concentração de Microcistina em água – método Imunológico (ELISA)		CHORUS e BARTRAM (1999)
Ensaio ecotoxicológico agudo com <i>Daphnia similis</i>	NBR 12713/2009	ABNT
Ensaio ecotoxicológico crônico com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	NBR 3373/2011	ABNT
Determinação de Fósforo– método de determinação espectrofotométrico	4500-P	SMEWW, 22º edição
Determinação de Nitrogênio– método de determinação espectrofotométrico	4500-N	SMEWW, 22º edição

Análises estatísticas

As amostras foram testadas quanto aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância. Amostras que atenderam a tais pressupostos foram analisadas segundo Análise de Variância de um fator, seguida de Teste Tukey ao nível de 95% de probabilidade ($\alpha=0,05$). Para amostras que não os atenderam, foi utilizada estatística não-paramétrica (teste de Kruskal-Wallis). As análises foram realizadas utilizando o Programa BioEstat.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12713:2009 Ecotoxicologia aquática – Toxicidade Aguda – Método de Ensaio com Daphniaspp (Crustacea, Cladocera), 2009.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13373:2010 Ecotoxicologia aquática – Toxicidade Crônica – Método de Ensaio com Ceriodaphniaspp (Crustacea, Cladocera), 2010.

APHA – American Public Health Association Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22^o edition. Disponível em <<http://www.standardmethods.org/>>, 2012.

BRANCO, S. M. Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária, ed. 2, São Paulo - SP, Editora CETESB, 1983.

BRUSCATO, M. Entrevista para o jornal O Estado de São Paulo com o Primeiro Promotor do Meio Ambiente do Ministério Público Estadual, Sr. José Eduardo Ismael Lutti. Disponível em <www.estadao.com.br/noticias/vidae,entenda-por-que-a-flotacao-do-rio-pinheiros-deu-errado,532045,0.htm>, 2010

CARMO, R. L. DO; TAGNIN, R. Uso Múltiplo da água e Múltiplos Conflitos em Contextos Urbanos: o caso do Reservatório Billings. In: Migração e Ambiente nas Aglomerações Urbanas. Daniel Joseph Hogan, et al. (orgs). – Campinas: Núcleo de Estudos de População/UNICAMP, pags 421-439, 2008.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2000. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2001.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2001. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2002.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2002. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2003.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2003. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2004.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2004. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2005.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2005. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2006.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2006. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2007.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2007. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2008.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2008. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2009.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2009. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2010.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2010. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2011.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2011. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2012.

COBRAPE Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings - Relatório Final. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/88463933/PDPABillings-RelatorioFinal-1>>, 2011

GALEZ, C. Água da Represa Billings melhora 15%. Disponível em: <<http://www.dgabc.com.br/News/5948847/agua-da-represabillings-melhora-15.aspx>> 2012.

GOOGLE MAPS Vista aérea da represa Billings. Disponível em <<https://maps.google.com.br/maps?ie=UTF-8&hl=en&tab=wl>> , 2013.

PETRERE Jr., M.; WALTER, T.; MINTE-VERA, C.V. Income evaluation of small-scale fishers in two Brazilian reservoirs: represa Billings and lagoParanoá. Brazilian Journal of Biology, n.6(3): 817-828, 2006.

ROCHA, A.A., PEREIRA, D.N.& PÁDUA, H.B. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings. São Paulo (Brasil). Revista da Saúde Pública. v. 19, p. 401-410, 1985.

SMA-SP (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Índice do estado trófico. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/04.pdf>> 2004.

SSRH – SP, Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos de São Paulo. Programa mananciais. Disponível em <http://www.saneamento.sp.gov.br/crbst_27.html>, 2013.

SILVA, M.E.P.A. Pescarias de pequena escala no Reservatório Billings (Alto Tietê, SP) nos anos de 2005 a 2007. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca, São Paulo-SP, 2010. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/dissertacaoMariaEugenia.pdf>> 2008.

TEMPO AGORA Dados observados para São Bernardo do Campo. Disponível em <<http://www.tempoagora.com.br/previsaodotempo.html/brasil/observados/SaoBernardodoCampo-SP/>>, acesso em 24 de julho de 2013.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 9:1-38, 1958.

APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Para facilitar a publicação dos resultados após a incorporação das sugestões feitas pela banca, a dissertação será apresentada em 2 capítulos na forma de manuscrito: O capítulo 1 seguiu as normas da revista *Acta Limnologica Brasiliensia*, e o capítulo 2 as normas do *Brazilian Journal of Biology*.

Capítulo 1 – AVALIAÇÃO DE POLUENTES E ASPECTOS LIMNOLÓGICOS E ECOTOXICOLÓGICOS EM LOCAIS DE PESCA DA REPRESA BILLINGS

Visa identificar, verificar as mudanças e correlacionar quais fatores físico-químicos limnológicos e bacteriológicos vinculavam-se às aferições de toxicidade para microcrustáceos e a qualidade das águas em locais representativos para a pesca e o abastecimento.

Capítulo 2 – AVALIAÇÃO DE AGENTES EUTROFIZANTES, POLUENTES E DA POPULAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS EM LOCAIS DE PESCA DA REPRESA BILLINGS

Visa identificar os fatores relacionados às alterações da população de cianobactérias e produção de cianotoxinas, assim como mudanças nas características limnológicas que possam explicar a variação de dominância na comunidade fitoplanctônica.

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DE POLUENTES E ASPECTOS LIMNOLÓGICOS E ECOTOXICOLÓGICOS EM LOCAIS DE PESCA DA REPRESA BILLINGS

Avari, R.^{a,b}; Menezes, L.C.B.^b; Gargiulo, J.R.B.C.^b; Colpas, F. T.; Mercante, C.T.J.^{b}*

^aCompanhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Departamento de Controle da Qualidade dos Produtos Água e Esgotos (Sabesp-TOQ). Rua Conselheiro Saraiva, 519, prédio 11, São Paulo, SP, Brasil. ^bInstituto de Pesca. Avenida Francisco Matarazzo, 455, Barra Funda, São Paulo, SP, Brasil.

*e-mail: avarih@yahoo.com.br

RESUMO

Dada sua posição estratégica na Região Metropolitana de São Paulo, é importante que a represa Billings recupere seus múltiplos usos. Com este fim foram estabelecidas metas legais que, no entanto, desconsideram a pesca artesanal. Com o objetivo de repassar a atual condição destas águas para seus usos e levantar dados que possam nortear ações futuras, este trabalho buscou analisar, variáveis ambientais e ecotoxicológicas em três pontos representativos para o abastecimento e a pesca entre março e setembro de 2012: braço Alvarenga, mais urbanizado; ilha dos Biguás; e braço Taquacetuba, com menor ocupação urbana. Os valores de coliformes totais, pH, turbidez, temperatura e metais não variaram espacialmente entre os pontos, enquanto fósforo, nitrogênio, clorofila-a, *E. coli*, condutividade, oxigênio e sólidos diferiram. Dois momentos apresentaram maior diferença nos parâmetros físicos e químicos principais, no início e no fim do período amostral. De modo geral, resultados menos conformes com a legislação foram observados em Alvarenga. Porém, maiores concentrações de metais foram detectadas em Taquacetuba. Não foi verificado efeito tóxico agudo em *Daphnia similis* ou crônico em *Ceriodaphnia dubia* em nenhuma das amostras estudadas, o que é compatível com a ideia de que hoje o principal problema a ser enfrentado ali é a poluição por esgotos domésticos, cujo maior efeito é o de eutrofização. Há potencial risco para a qualidade do pescado devido aos índices de metais e contaminação por esgotos. Os resultados são discutidos em termos das metas desejadas para o entorno, como o programa de universalização da coleta e tratamento de esgotos da RMSP, ordenamento da ocupação, políticas de controle de poluentes, valorização do entorno e dos atores sociais que vivem destas águas, bem como ações de recuperação ambiental.

Palavras-chave: Represa Billings, reservatórios, pesca artesanal, ecotoxicidade, abastecimento.

ABSTRACT

Evaluation of pollutants, limnological and ecotoxicological aspects on fishery sites at the Billings Reservoir

Avari, R.^{a,b}; Menezes, L.C.B.^b; Gargiulo, J.R.B.C.^b; Colpas, F. T.; Mercante, C.T.J.^{b*}

^aCompanhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Departamento de Controle da Qualidade dos Produtos Água e Esgotos (Sabesp-TOQ). Rua Conselheiro Saraiva, 519, prédio 11, São Paulo, SP, Brasil. ^bInstituto de Pesca. Avenida Francisco Matarazzo, 455, Barra Funda, São Paulo, SP, Brasil.

***e-mail: avarih@yahoo.com.br**

Given the strategic position of the Billings Reservoir at the São Paulo Metropolitan Area, it is important that its multiple uses are recovered. Legal goals have been established for that purpose, but they have not considered artisanal fishery. In order to review the current water quality and uses, and to collect data to guide future actions, this study aimed on analyzing environmental and ecotoxicological variables at points that are significant for water supply and fishery. Three points were analyzed from March to September, 2012: the Alvarenga branch, the most urbanized; Biguás Island; and the Taquacetuba branch, the least urbanized. There were no spatial differences for total coliforms, pH, turbidity, temperature and metals between points, while such a difference was seen for phosphorous, nitrogen, chlorophyll-a, *E. coli*, conductivity, oxygen and solids. Two turning points concerning the main physical and chemical parameters were identified: the beginning and the end of the sampling period. In general, results at the Alvarenga branch did not comply with legal regulations. However, the highest concentrations of metals were seen at the Taquacetuba branch. No acute or chronic toxicities were observed for *Daphnia similis* and *Ceriodaphnia dubia*, respectively, in any of the studied samples. These observations corroborate the idea that the most important problem faced at these points today is the contamination by domestic sewage, which main effect is eutrophication. Fish quality is under potential risk due to the concentration of metals and sewage contamination. Results are discussed in terms of ideal goals for the surroundings, such as the program for the universalization of sewage collection and treatment at the São Paulo Metropolitan Area, the control of urban sprawling, policies for the control of pollutants, valuation of the surrounding space and of stakeholders depending on these waters, as well as environmental recovery actions.

Key words: Billings Reservoir, reservoirs, artisanal fishery, ecotoxicity, water supply.

INTRODUÇÃO

À medida que a população urbana cresce mais recursos hídricos são demandados para atender ao consumo, produção agrícola, industrial e saneamento. Os corpos d'água que alimentam as regiões metropolitanas possuem enorme importância, mas igualmente são alvo de severos impactos, dada a sua proximidade com grandes contingentes populacionais, nem sempre servidos de adequadas condições de esgotamento sanitário. No estado de São Paulo, a represa Billings é um exemplo desta situação. Maior corpo d'água da Região Metropolitana da capital, suas atuais condições não permitem muitos dos múltiplos usos que pode oferecer. É classificada como corpo d'água de classe 2, de acordo com a resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL – MMA, 2005), que define o estado qualitativo a ser atingido, e não sua atual condição.

A bibliografia aponta que muitas variáveis de qualidade da água ali aferidos (ALMEIDA e WEBER, 2005; MATSUZAKI, 2007; SILVA *et al*, 2007; TUCCI *et al*, 2007; MOSCHINI-CARLOS *et al*, 2009; HORTELLANI *et al*, 2012; CETESB, 2012) frequentemente ultrapassam os valores legais estabelecidos.

Estudos e levantamentos, como o realizado pelo Instituto Socioambiental, ISA, em 2000 (CAPOBIANCO e WHATELY, 2002), expuseram alguns dos problemas a serem resolvidos para atingir os valores exigidos pelo CONAMA.

A transposição de águas da Billings para a represa Guarapiranga, iniciada em 2000, abre um grande debate sobre a poluição que a segunda sofreria e o risco de colapso da primeira (LOPES, 2000). FRACALANZA (2002) discute então a falta de resultados dos programas até então estabelecidos, e é também um dos poucos autores que destacaram o impacto sofrido nas atividades dos pescadores. Enfim, foi promulgada a lei estadual específica da Billings, nº13.579, em 2009, que visa apontar os caminhos para a recuperação através de metas gradativas e harmonização das ações dos municípios componentes da bacia hidrográfica da Billings, notadamente quanto à melhoria dos sistemas de esgotamento sanitário e de ocupação do solo (NASCIMENTO, 2011).

Um aspecto que recebeu pouca atenção por parte da legislação foi a atividade pesqueira na represa Billings, fonte de renda e alimento para mais de uma centena de pescadores artesanais segundo SILVA (2008), cuja situação de

vulnerabilidade econômica, colocada por PETRERE (2006) e MARUYAMA (2007) pôde ser constatada durante o presente trabalho.

A pesca em reservatórios tem algumas particularidades. AGOSTINHO *et al* (2007) colocam que em um primeiro momento, logo após o total preenchimento de um reservatório, a produtividade aumenta drasticamente, dada a quantidade de matéria em decomposição após a inundação de áreas com cobertura vegetal. Isso propicia aumento na pesca e atrai um contingente que se estabelece para viver da atividade no local. Com a queda da produtividade desta fase, parte dos pescadores pode se deslocar ou mudar de atividade, e se estabiliza o esforço pesqueiro. A represa Billings, porém, pode ter recebido um segundo reforço de produtividade neste sentido quando, a partir da década de 1950, passou a receber as águas do rio Pinheiros, o que pode ter induzido um segundo impacto trófico, levando nutrientes e aumentando assim a produtividade uma vez mais. Porém, apenas espécies resistentes suportam tais condições, e ROCHA *et al* (1985) apontaram que todas as principais espécies de pesca da Billings – então e ainda hoje: Tilápia, Acará, Jundiá, Lambari, Saguiru, Carpa e Traíra – são pertencentes à última classe do sistema por eles citado de Machado *et al*, de 1968, que estabelece o pescadeiro como “Fino”, “Primeira” e por fim “Popular”. São espécies capazes de sobreviver e prosperar nas condições de um reservatório, cujas características diferem imensamente daquelas dos grandes rios onde as espécies mais “nobres” de pescadeiro são encontradas no Brasil (CASTRO *et al*, 2011).

As condições atuais suscitam dúvidas quanto à qualidade sanitária do pescadeiro ali obtido, e a complexidade nas relações entre poluição e qualidade do pescadeiro é ainda objeto de estudo dada a enormidade de espécies e ambientes em que isto se dá. A poluição é de natureza tão variada quantas são as atividades produtivas: Indústria, comércio, deslocamento, agropecuária, moradia... fontes tão numerosas produzem uma infinidade de resíduos, e muitos deles alteram significativamente as condições limnológicas de corpos d'água e sua biota, comprometendo seu equilíbrio, composição e os serviços ambientais por ela providos. Ambientes impactados profundamente podem simplesmente perder todas as espécies de peixes relevantes para a pesca, afetando a subsistência econômica, a nutrição e hábitos de comunidades inteiras. Casos extremos de poluição, com depleção de oxigênio ou

contaminação que excede a capacidade de sobrevivência dos organismos, são raros no quadro dos impactos sobre a pesca. Alterações no sabor e cheiro do pescado diminuem sua procura ou até mesmo torna-os impróprios para consumo; matéria em suspensão prejudica a visibilidade e conseqüentemente a predação feita pelos peixes de topo de cadeia, considerados pesca nobre, causa entupimento de brânquias, sombreamento das macrófitas, acúmulo de calor por incremento na absorção de luz solar, sufocamento e sombreamento da fauna bentônica e conseqüente mudança em sua composição e disponibilidade à predação (TUNDISI e TUNDISI, 2008). Espécies resistentes a poluentes geralmente possuem menor valor comercial, afetando os ganhos dos pescadores (PAMOLARE, 2002), e muitas vezes são espécies invasoras que se beneficiaram das condições impactadas, prejudicando a recomposição original dos ecossistemas. E ainda podem acumular os agentes tóxicos, causando danos crônicos de difícil detecção até os sintomas se apresentarem.

OBJETIVOS

O presente estudo visou identificar quais variáveis estão vinculadas à qualidade das águas em locais representativos para a pesca, considerando também os múltiplos usos possíveis, verificando mudanças nas variáveis de qualidade e de toxicidade das águas no período amostral, correlacionando-os quando possível.

Objetivos específicos

- Verificar as variáveis mais relevantes para a caracterização espacial das áreas de pesca da represa, permitindo um diagnóstico da qualidade das águas e apontando locais com melhores condições para o desenvolvimento desta atividade.
- Avaliar se há tendências perceptíveis quanto a algumas variáveis de qualidade das águas, buscando flutuações de natureza temporal que possam indicar momentos de mudança nas condições limnológicas.
- Gerar informações que permitam o embasamento de políticas voltadas para a atividade pesqueira local, contribuindo assim para a multiplicação cultural da atividade e manutenção desta atividade econômica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de estabelecer um quadro limnológico abrangente, foram escolhidas variáveis representativas para fontes poluidoras ou relação com a pesca e o abastecimento: Análises ecotoxicológicas, por sua importância em preditividade e biomonitoramento (MAGALHÃES e FERRÃO FI., 2008). Identificação de aporte de esgotos foi feita por análise de coliformes totais e *E. coli*. Concentrações de clorofila-a e feofitina forneceram dados do fitoplâncton. Nitrogênio, Fósforo e dados de campo obtidos com sensor multiparâmetro (Condutividade, Oxigênio Dissolvido, pH, Temperatura, Turbidez e Sólidos totais dissolvidos), foram realizados na zona eufótica e a 50 centímetros sobre o fundo; e os metais mercúrio, alumínio, cobre, chumbo e cromo (ROCHA *et al*, 1985; e HORTELLANI *et al*, 2012) apenas no fundo.

A Figura 7 mostra a área de estudo e os três pontos de amostragem.

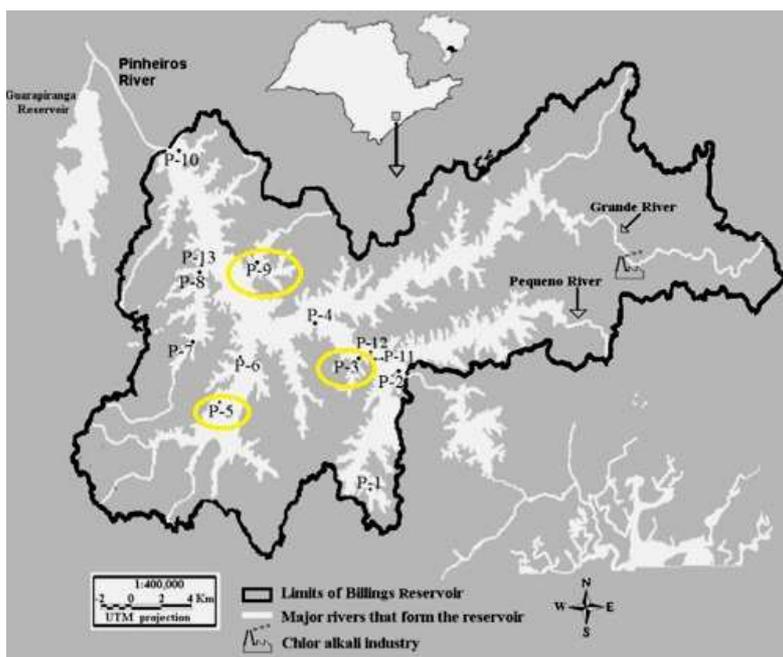


Figura 7: Represa Billings e localização dos pontos de coleta, sinalizados em amarelo. P.3 – Ilha dos Biguás. P.5 – braço Taquacetuba. P.9 – braço Alvarenga. Adaptado de HORTELLANI *et al* (2012).

As coletas foram realizadas nos dias 01/março, 17/abril, 22/maio, 16/junho, 24/julho e 13 e 26/setembro de 2012, seguindo as normas preconizadas no SMEWW 22º Ed. (APHA, 2012). Para a amostragem se utilizou garrafa de Van Dorn em barco distando ao menos dez metros da margem e em duas profundidades; acondicionadas em caixas térmicas no próprio barco e mantidas refrigeradas até o processamento ou, se permitido pelo método, armazenamento.

As análises de Nitrogênio e Fósforo foram realizadas na Unidade Laboratorial de Referência em Limnologia do Instituto de Pesca. As demais, nos laboratórios da Sabesp – TOQ. As análises são as mesmas para determinação da qualidade de água para consumo humano, acreditadas para a ABNT – NBR ISO/IEC 17025, referente às instalações permanentes dos laboratórios da Sabesp – TOQ. A maioria das análises foi realizada de acordo com as normas constantes no SMEWW 22º ed., exceto análises ecotoxicológicas, realizadas conforme protocolo da ABNT 12713:2009 (agudas) e 13373:2010 (crônicas).

Todos os ensaios foram realizados junto às amostras de rotina dos laboratórios, partilhando dos mesmos padrões de verificação, controles positivos e negativos, equipamentos calibrados, ações de manutenção de qualidade, ensaios interlaboratoriais e insumos certificados.

O Índice de Estado Trófico (IET) foi calculado para classificar os locais amostrados com relação ao grau de trofia (CETESB, 2013), de acordo com o IET de Carlson= $[IET (PT) + IET (CL)] / 2$, citado em SMA-SP (2013).

Após obtidos os resultados, se procedeu a análise estatística dos dados: foram testadas quanto aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância. Atendendo-os, foram analisadas segundo Análise de Variância de um fator, seguida de Teste Tukey ao nível de 95% de probabilidade ($\alpha=0,05$). Para amostras que não os atenderam, utilizou-se estatística não-paramétrica (teste de Kruskal-Wallis). Utilizou-se os programas BioEstat, FitoPac e Primer-5, comparando os pontos amostrais e, em cada ponto, os valores obtidos nas análises na zona eufótica e no fundo. Foi, enfim, avaliada a oscilação temporal das variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são aqui apresentados em três grupos: ecotoxicidade, parâmetros bacteriológicos e limnológicos, e metais.

Os índices pluviométricos do período (Figura 8) usados se referem à cidade de São Bernardo do Campo, quase toda inclusa na bacia hidrográfica da Billings, e cuja pluviometria melhor representa a incidente sobre a represa.

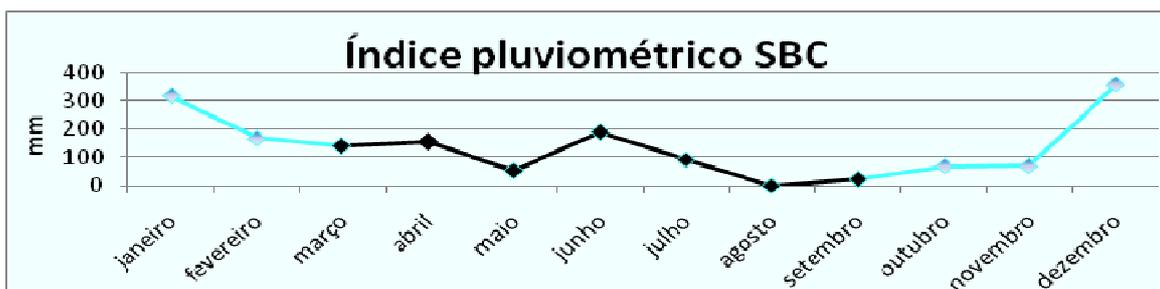


Figura 8: Pluviosidade de São Bernardo do Campo, 2012, destacado em preto o período amostral (TEMPO AGORA, 2013).

Ecotoxicidade

As análises de ecotoxicidade aguda em *Daphnia similis* e toxicidade crônica em *Ceriodaphnia dubia* não demonstraram efeitos deletérios significativos em relação aos controles, para quaisquer dos pontos amostrais, durante o estudo. Tal resultado não se assemelha aos resultados positivos obtidos pela Cetesb em seus cinco pontos de coleta na represa neste ano (CETESB, 2013).

Avaliando o histórico deste órgão para a Billings entre 2000 e 2012 (CETESB, 2001 – 2013), observa-se que episódios de toxicidade aguda ocorreram apenas no verão e primavera, e mesmo os de ecotoxicidade crônica ocorreram com menor frequência nos meses mais frios, como os aqui estudados.

Crane e Newman, *apud* MAGALHÃES e FERRÃO FI. (2008) lembram que a variação de valores de CENO pode ser de 10 a 34%, podendo mesmo alcançar 100%. Esta amplitude torna difícil delimitar algum desvio metodológico que justifique tal diferença. As águas da represa podem, ainda, ativar mecanismos de defesa a xenobióticos, mascarando assim seus efeitos prejudiciais de longo prazo (BERTOLETTI e ZAGATTO, 2006). Convém colocar que em ensaio de proficiência promovido pela Sabesp-TOQ em 2012, do qual a Cetesb também participou, todos os participantes demonstraram equivalência em seus resultados, e portanto as análises são consideradas compatíveis entre si.

Parâmetros bacteriológicos e limnológicos.

Comparados os dados deste estudo com aqueles observados no período entre 2000 e 2012 compilados nos “Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo” em CETESB (2001 a 2013), notou-se equivalência nos valores encontrados. O histórico indica grande variabilidade da maioria das variáveis nestes treze anos, sem tendências discerníveis.

A análise estatística mostrou que clorofila-a, *Escherichia coli*, fósforo, nitrogênio, condutividade, sólidos totais dissolvidos (STD) e oxigênio dissolvido (OD), listadas na tabela 6, foram estatisticamente diferentes entre os diferentes pontos amostrais (anexo 1, valores de $P < 0,05$).

Tabela 6: Variáveis com diferenças estatísticas espaciais, em azul.

PARÂMETRO	TAQ X BIG		TAQ X ALV		BIG X ALV	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
Clorofila-a		Não se aplica		Não se aplica		Não se aplica
<i>E.coli</i>		Não se aplica		Não se aplica		Não se aplica
Fósforo						
Nitrogênio						
Condutividade						
TDS						
OD						

A Figura 9 mostra a flutuação destas variáveis e sua relação com os limites da resolução CONAMA 357 (BRASIL – MMA, 2005): A clorofila-a ficou acima de 30 µg/L em Taquacetuba e ilha dos Biguás em quase todas as coletas.

O fósforo esteve acima de 30 µg/L em todas as coletas e, apesar da diferença média evidente entre Taquacetuba e Alvarenga, sua variabilidade torna estes dois pontos indiscerníveis estatisticamente (anexo 1). A região de Biguás, com menores valores deste elemento, apesar da maior densidade populacional em relação à região do Taquacetuba, se situa próxima às áreas melhor conservadas dos rios Pequeno, dos Porcos e Capivari (ALVES *et al*, 2010) e está sob menor influência do degradado corpo central da represa (WENGRAT e BICUDO, 2011). Os valores de condutividade e STD têm comportamento semelhante. Acerca do Oxigênio dissolvido, apenas em três das coletas de fundo no braço Alvarenga foram encontrados valores abaixo de 5 mg/L, podendo indicar estratificação local. O ponto Taquacetuba apresentou os maiores valores de clorofila-a e OD, e os valores de STD e condutividade superam os encontrados em Biguás.

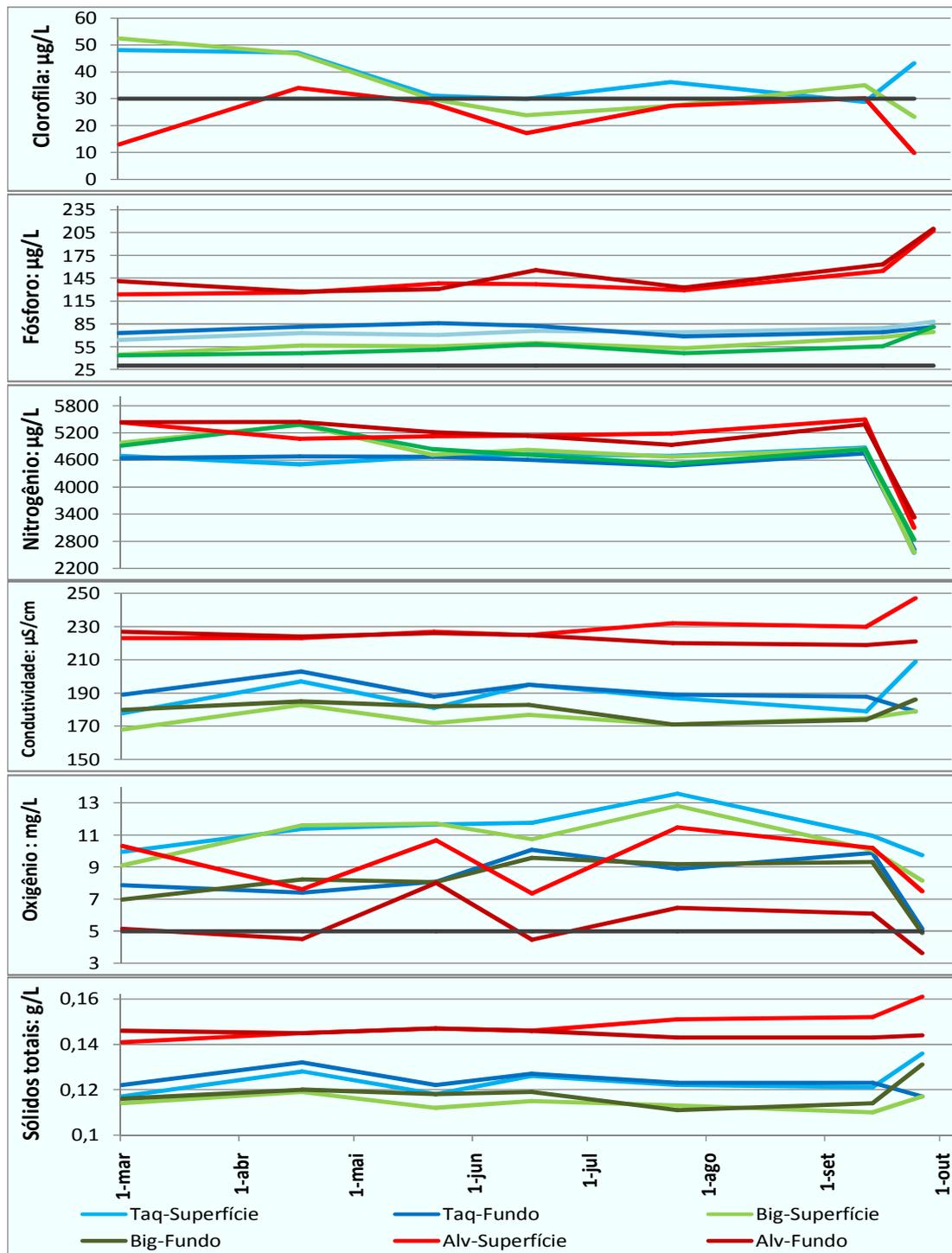


Figura 9: Variáveis com diferenças espaciais estatisticamente aparentes.

Os altos valores de N, P, condutividade e STD em Alvarenga podem ter relação com seu entorno degradado e sua proximidade com o corpo central da represa, porém isto não se traduziu em maior produtividade primária, dado o baixo valor de clorofila-a ali encontrado. A turbidez um pouco maior e a temperatura um pouco menor, embora estatisticamente indiscerníveis dos outros pontos (Figura 10) podem, junto aos demais fatores acima, explicar tal ocorrência.

Tais características foram também encontradas por WENGRAT e BICUDO (2011) para o corpo central da represa, que citam a diminuição de luminosidade em áreas com alto STD e a contaminação por alumínio como possíveis inibidores do fitoplâncton. Em seu estudo, concluem que nos meses quentes há menor diferenciação espacial da represa Billings, e as diferenças no inverno foram delimitadas por valores de nitrogênio, OD, condutividade (mais altos em relação aos valores aferidos no verão) e pH (mais baixo). Além destes, pudemos acrescentar o fósforo e o STD como indicadores da diferença espacial da represa, mas excluimos o pH deste papel.

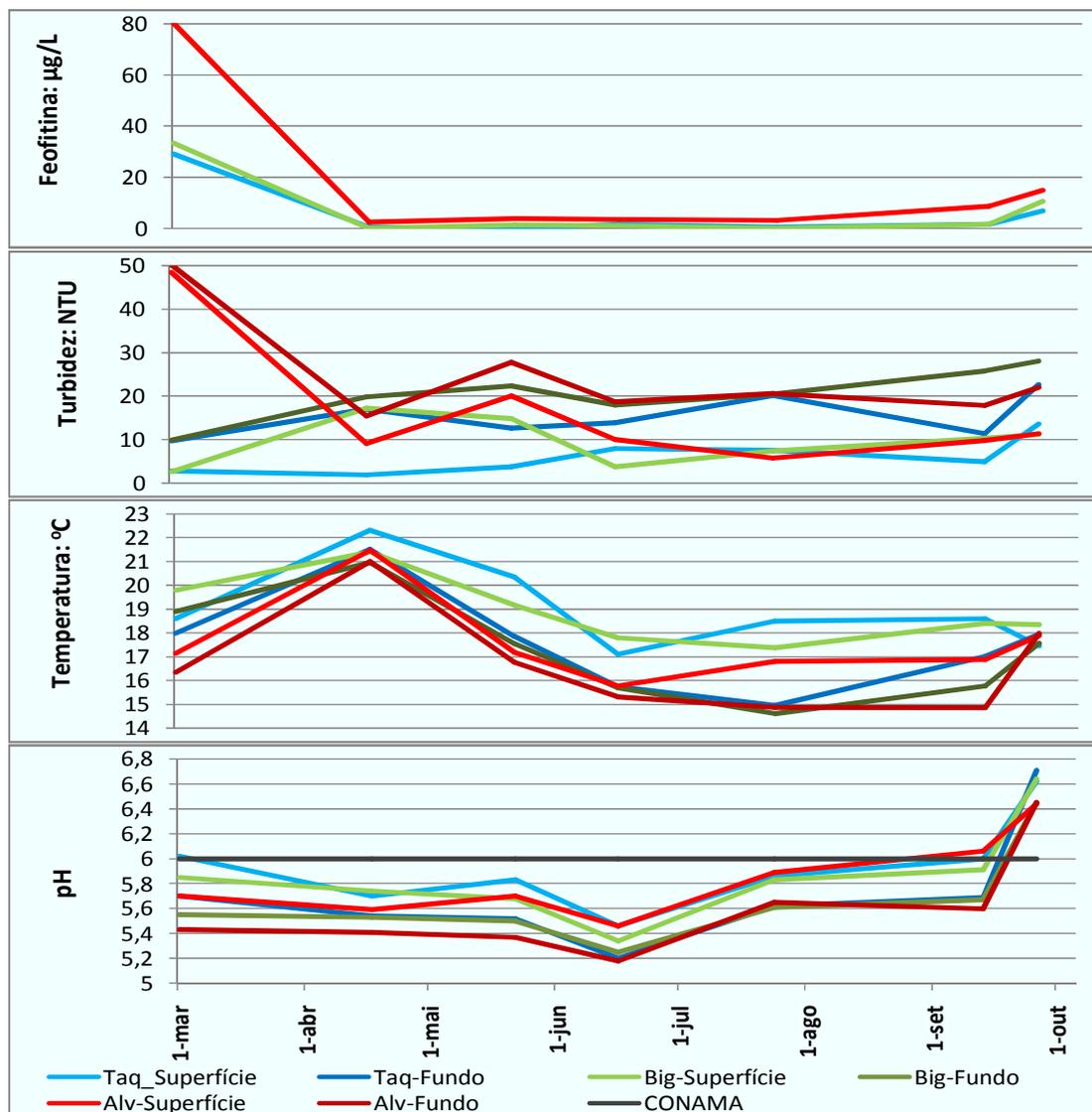


Figura 10: Variáveis sem diferenças espaciais estatisticamente aparentes.

A figura 10 traz as variáveis nas quais não houve diferença espacial estatisticamente aparente: Feofitina, Coliformes Totais, pH, Turbidez e Temperatura, quando se comparam os três pontos, conforme anexo 2 (valores

de $P > 0,05$). Mesmo assim, há variações locais. Como conjunto, este grupo de variáveis revela alterações de âmbito geral para a represa que, correlacionadas entre si e com os demais dados, auxiliam na compreensão da dinâmica local.

Em relação aos limites legais da resolução CONAMA 357/2005, o pH se manteve, em todos os pontos abaixo do limite de 6, exceto no final de setembro, quando há súbita elevação.

As maiores temperaturas foram registradas em abril. A média do período foi ligeiramente mais fria na área de Alvarenga. A elevação ocorrida no fim do período amostral, com uniformização térmica, acompanhou a mudança de outras variáveis físico/químicas. Conforme esperado, as temperaturas foram mais baixas nos estratos inferiores.

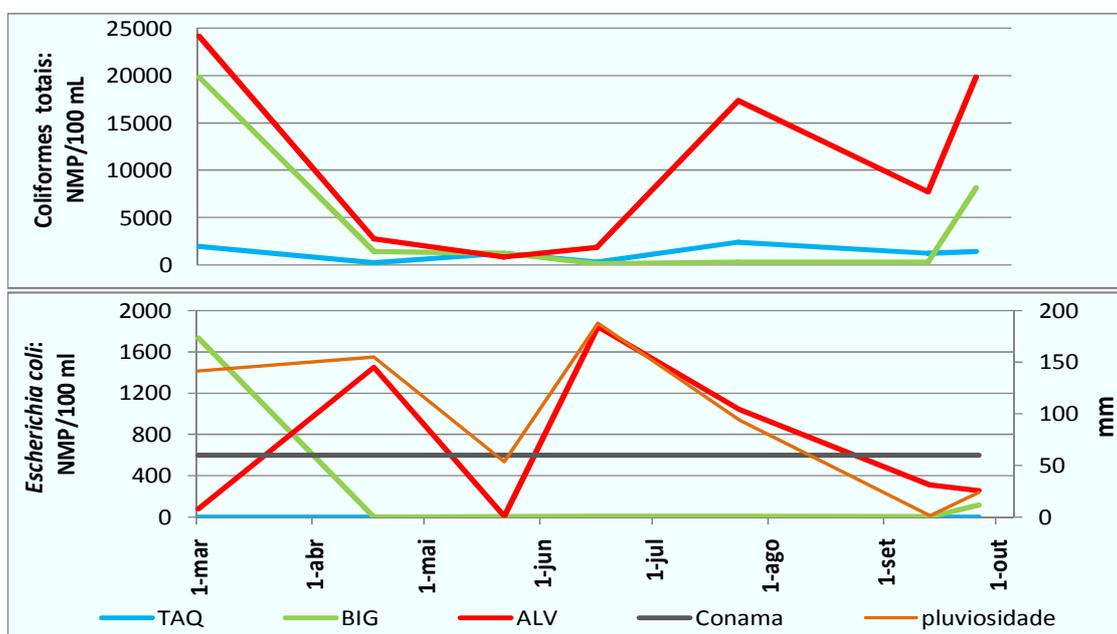


Figura 11: Variação temporal de Coliformes totais e *E. Coli* nos pontos amostrais e relação deste último com pluviosidade no período de estudo.

A figura 11 tem como destaque a correspondência, no braço Alvarenga, entre chuvas e *Escherichia coli*, principal indicador de contaminação por esgotos domésticos e, portanto, de potencial risco patogênico das águas, além de associada ao aporte de substâncias eutrofizantes oriundas de ambientes urbanos (BRANCO, 1983). O “Número Mais Provável para 100 ml” de *E.coli* não apresentou diferença estatística entre os pontos Biguás e Alvarenga, mas isso graças a uma única amostra de Biguás em março de 2012, cujo valor pode ser efeito da alta pluviometria que precedeu este período, associado à

urbanização local. Foi o único momento onde um valor não pertencente ao braço Alvarenga ultrapassou o limite legal de 600 NMP/100 ml.

Esta correspondência entre pluviosidade e valores de contaminantes fecais no braço Alvarenga indica que a região ainda conta com inúmeros locais onde a coleta de esgotos é deficiente, pois as chuvas, conforme conhecimento adquirido em rotina laboratorial e citado por, dentre outros, TUNDISI e TUNDISI (2008), LIMA *et al* (2012), CAMARGO e PAULOSSO (2009) e BARBIERI *et al* (2012), carreiam esgotos a céu aberto, galerias pluviais irregularmente ligadas a saídas de esgoto doméstico, fossas sanitárias precárias e outras fontes de contaminantes fecais. Menos urbanizado, o braço Taquacetuba apresenta números muito mais baixos destes indicadores de esgotos.

Todos estes dados permitem vislumbrar uma diferença clara para os extremos do período amostral em praticamente todas as variáveis em cada ponto, quando comparados com o período entre abril e o começo de setembro, com relativa estabilidade para a maioria destas.

Março de 2012 apresentou alto valor de feofitina, indício de senescência da população de fitoplâncton. Estes valores decrescem na amostragem de abril e se mantêm baixos até setembro, indicando estabilização da comunidade no inverno. Os valores de clorofila-a não acompanharam esta variação.

A alteração das variáveis ocorrida entre as coletas de 13 e 26 de setembro é ainda mais perceptível, mesmo sem a realização de qualquer análise estatística. Neste curto intervalo, houve queda acentuada da clorofila-a junto a aumento da feofitina, exceto no ponto Taquacetuba, que apresenta relativa estabilidade para clorofila-a. Todos, no entanto, apresentam queda brusca de nitrogênio e OD, e aumento na temperatura, STD, feofitina, fósforo, condutividade, coliformes totais e, discretamente, metais. O pH então não sofreu queda com o aumento da pluviosidade, e tem elevação importante.

O aumento da temperatura, com as primeiras chuvas, pode ter desencadeado uma alteração na produtividade primária, com mudança nas populações predominantes de fitoplâncton. GIANI e FIGUEIREDO (2007), em estudo de longo prazo na lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, MG) relataram elevada sazonalidade do fitoplâncton, e MOSCHINI-CARLOS *et al* (2009) relatam alteração evidente na composição da comunidade fitoplanctônica da Billings quando compararam meses de verão e inverno de 2007. Os valores de

nitrogênio caem quando diminui a população de algas que o absorvem e com a volatilização ocasionada pela diminuição do oxigênio, auxiliada pelo aumento da temperatura (TUNDISI e TUNDISI, 2008). O fósforo, menos exigido pelas algas e sofrendo menor transformação, concentra-se. Verificou-se uniformidade térmica nesta última coleta em todos os pontos amostrais, com a temperatura de zona eufótica e fundo praticamente se igualando, o que pode criar maior circulação da coluna d'água e ressuspendendo material.

Analisando estas alterações no início e fim do período amostral, cabe um apontamento aos resultados estatísticos. Eles apontam que o Ponto Biguás, cujas variáveis mostraram valores intermediários entre Taquacetuba e Alvarenga na maioria das coletas, difere menos de Alvarenga do que de Taquacetuba. Porém, esta maior semelhança de Biguás com Alvarenga, temporalmente, ocorre devido a picos que ampliaram as variâncias de algumas variáveis medidas na Ilha dos Biguás justamente no início e no fim do período de coleta. Em geral, o ponto amostral da ilha dos Biguás apresentou semelhança com o ponto do braço Taquacetuba.

Metais

Para os metais analisados, não houve diferença estatística entre os diferentes pontos ($P > 0,05$) dado o elevado desvio padrão obtido, conforme tabela 7.

Tabela 7: Média da concentração de metais, em mg/L, +- desvio padrão, para amostras coletadas no fundo dos pontos amostrais. Em negrito, médias acima dos valores permitidos pela resolução CONAMA 357/2005.

METAL	TAQUACETUBA	BIGUÁS	ALVARENGA
Chumbo	0.018±0.014	0.014±0.020	0.016±0.020
Mercúrio	0.000248±0.000336	0.000107±9.91E-05	0.000118±0.000105
Cromo	0.0081±0.0106	0.0039±0.0056	0.0041±0.0062
Cobre	0.000667±0.001211	0.000833±0.000983	0.0025±0.002345
Alumínio	0.0023±0.00314	0.0449±0.0982	0.0495±0.0721

A semelhança estatística entre os pontos deve-se, como pode ser visto no anexo 3, às pequenas concentrações encontradas, em muitos casos abaixo dos limites de detecção. Assim, cabem algumas considerações quanto à espacialidade: os elementos alumínio e cobre tiveram valores médios abaixo dos determinados pela resolução CONAMA 357/2005 (<0,1 mg/L para Al, <0,009 mg/L para Cu) em todos os pontos. Inesperadamente, valores médios acima do limite da resolução para cromo (<0,005 mg/L) e para mercúrio

(<0,0002 mg/L) foram encontrados no ponto Taquacetuba. Chumbo apresentou média maior que o limite da resolução (<0,01 mg/L) nos três locais.

Estes valores médios altos de metais em Taquacetuba, com chumbo, mercúrio e cromo acima do permitido legalmente, ocorrem notadamente devido à concentração destes encontrada no final do período amostral. O aumento e conseqüente equalização das temperaturas da coluna d'água no fim de setembro pode implicar na suspensão de elementos nesta época. Outro dado, que só foi evidenciado após observação de imagens aéreas dos locais de estudo, é a presença de áreas agrícolas na região. A aplicação de pesticidas e fertilizantes é fonte notória de metais pesados (RAMALHO e SOBRINHO, 2001; OLIVEIRA-SILVA *et al*, 2003; CORBI *et al*, 2013).

O chumbo foi o metal cuja média esteve acima do permitido nos demais pontos amostrais com maior frequência, e VILELA (2009) já o colocava como item de especial atenção hoje devido a sua alta concentração na represa. É citado por sua presença no pescado por OLIVEIRA-SILVA (2003), que acrescenta o cobre e por REPULA (2012), que também cita o cromo. A presença conspícua do chumbo pode resultar das características físico/químicas da água, dado que com pH <6 complexos de chumbo tendem a solubilizar (QUINAGLIA, 2012).

O mesmo autor expôs que outro elemento de alta toxicidade, o cromo hexavalente, cancerígeno, rapidamente se reduz a cromo trivalente em ambientes aquosos com alta carga de matéria orgânica como os da represa Billings. Os ensaios realizados para cromo neste estudo detectaram cromo total, sem diferir suas formas, e identificaram valores acima do permitido em ao menos um momento em todos os pontos amostrais, além da média acima do permitido já citada para Taquacetuba.

Em Taquacetuba, ainda, o mercúrio alcançou em maio de 2012 o valor de 0,0009 mg/L, mais de quatro vezes o permitido, de 0,0002 mg/L. Outras duas coletas neste ponto, duas em Biguás e uma em Alvarenga apresentaram valores acima do permitido (Anexo 3), embora não tão altas. A capacidade de biomagnificação do mercúrio, com a comprovação de níveis deste metal no sangue de acarás da Billings feita por FURLAN (2011) torna este um dado preocupante devido à constatação de tais níveis na coluna d'água, ainda que as atuais condições da represa mantenham em seu sedimento sua maior parte, cuja transformação em formas mais assimiláveis pela biota aquática – como o

metilmercúrio – é condicionada à diminuição nos valores de condutividade (TUNDISI e TUNDISI, 2008). Como a maior parte dos metais de um reservatório está em seus sedimentos (MARIANI, 2006), a alteração das condições físicas e químicas da represa Billings representa também uma alteração nos riscos que ela pode oferecer à qualidade de suas águas para outros fins, como a pesca, o abastecimento e o lazer. Conforme os objetivos de diminuição na carga orgânica e de nutrientes forem atingidos, parte dos metais hoje sedimentados, assim como elementos eutrofizantes como o fósforo (PAMOLARE, 2002), poderão ser ressuspensos e representarão novo desafio para a recuperação da Billings.

Os valores de mercúrio acima citados, no entanto, não diferem muito daqueles compilados por ROCHA *et al* (1985). Uma breve busca pelo histórico da Cetesb (CETESB, 2001 – 2013) mostra certa estabilidade nos valores de metais nos últimos treze anos. É possível que o aporte de metais esteja relativamente estável, com menor contribuição externa, como indústrias, em condição de desacordo com as normas ambientais vigentes, e a taxa de sedimentação seja próxima da taxa de aporte destes elementos. CARMO e TAGNIN (2008) lembram que durante muitos anos a recepção de águas do rio Pinheiros foi a principal fonte de efluentes industriais, determinantes na entrada de metais, e hoje tais eventos são raros.

Sobre os valores de cobre, cita-se que a aplicação de Sulfato de cobre existente ainda nos tempos do estudo de ROCHA *et al* (1985), já não é rotina da Billings. Mais recentemente BOSTELMANN (2006) viu nele o principal metal contaminante no braço Rio Grande, isolado do corpo principal da represa e utilizado para abastecimento, motivo pelo qual recebeu aplicações de algicidas. O alumínio, também usado em tratamento de águas, apresentou valores acima dos permitidos em apenas duas ocasiões: junho na ilha dos Biguás, julho no braço Alvarenga. Neste último, no entanto, sua presença foi mais constante e sua concentração média, mais alta. Seu uso na forma de Sulfato de alumínio durante o recente projeto de flotação das águas do rio Pinheiros (FCTH, 2010) aparentemente não representou aporte significativo nos pontos de coleta do presente estudo. Conforme citado anteriormente, WENGRAT e BICUDO (2001) citaram este metal como possível inibidor do fitoplâncton. Nas coletas

realizadas, Alvarenga apresentou o maior valor médio de alumínio total, e a menor a concentração de clorofila-a.

É essencial lembrar que a presença constante de metais impõe medidas de controle e limitação de usos industriais, rodoviários e agrícolas da bacia hidrográfica, mas conforme relatam CARMO e TAGNIN (2008), algumas municipalidades colocam resistência às metas do programa Mananciais devido ao seu desejo de justamente ampliar a disponibilidade de áreas da bacia hidrográfica para tais usos devido a seu baixo valor.

Índice de estado trófico

O índice de estado trófico de Carlson modificado por Lamparelli, calculado a partir da concentração de clorofila-a e do fósforo das amostras conforme SMA-SP (2013) classifica os três pontos como hipereutróficos. Os valores médios para o período amostral foram de 68,18 para Taquacetuba; 67,30 para ilha dos Biguás e 69,13 para Alvarenga. Na tabela 08 abaixo vemos que os índices de ilha dos Biguás alcançaram valores abaixo de 67 em três dos meses amostrados, o que o classificaria como supereutrófico. Há ligeira queda para este ponto e Alvarenga ao final do período amostral, devido à menor concentração de clorofila-a aferida na coleta de 26 de setembro. Índices altos eram esperados, em correspondência com o histórico supracitado (CETESB, 2000 A 2012) e são indício não só da alta concentração de fósforo como também da elevada produtividade do ecossistema. Segundo ROCHA e BRANCO (1985) e SILVA *et al* (2007), o fósforo era o agente principal ligado à produtividade na represa Billings, e dadas as características hipereutróficas constatadas, não há motivo para crer que isto tenha mudado desde então.

Tabela 08: IET nos pontos de coleta no decorrer do estudo.

Ponto	1/3/2012	17/4/2012	22/5/2012	16/6/2012	24/7/2012	13/9/2012	26/9/2012
Taquacetuba	68,6	69,0	67,9	68,0	68,4	68,0	69,4
Biguás	67,8	68,2	67,0	66,7	66,7	68,0	67,3
Alvarenga	67,5	69,9	69,7	68,4	69,4	70,2	68,3

CONCLUSÕES

Ilhas dos Biguás, Taquecetuba e Alvarenga apresentaram características que os classificaram como hipereutróficos, evidenciando a eutrofização como principal problema hoje a ser enfrentado na represa Billings. Tendo sido detectado aporte de esgotos domésticos, fonte primária de agentes eutrofizantes na região metropolitana de São Paulo, o principal foco para minimizar o impacto destes agentes é sua captação e tratamento, com expansão da rede coletora e o aumento na capacidade de tratamento instalada. Os teores de metais e aporte de resíduos domésticos, com conseqüente eutrofização, podem representar risco para a qualidade do pescado dos pontos amostrados no reservatório, com possível prejuízo à saúde dos que consomem esse produto, notadamente espécies bentófagas, como o acará, ou relacionadas ao fundo, como a traíra. Destaca-se que a ecotoxicologia, neste estudo em particular, não foi uma ferramenta adequada para indicar as reais condições de contaminação e poluição dos locais amostrados no reservatório. A ecotoxicidade não apresentou efeitos tóxicos agudos ou crônicos neste período para os locais estudados. Porém, elementos tóxicos foram identificados, como metais, sem que estes tivessem influência sobre os organismos-teste. As variáveis limnológicas permitiram identificar, entre os pontos amostrais, diferenças quantitativas para as variáveis Fósforo, Nitrogênio, *E. coli*, condutividade, Oxigênio Dissolvido e Sólidos Totais Dissolvidos, revelando a heterogeneidade da represa, com a ilha dos Biguás apresentando, quando considerado o conjunto dos dados, uma condição de menor impacto durante o estudo, enquanto Alvarenga apresenta menor conformidade com os valores legalmente determinados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12713:2009 Ecotoxicologia aquática – Toxicidade Aguda – Método de Ensaio com Daphniaspp (Crustacea, Cladocera), 2009.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13373:2010 Ecotoxicologia aquática – Toxicidade Crônica – Método de Ensaio com Ceriodaphniaspp (Crustacea, Cladocera), 2010.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil. Maringá: Ed. UEM, 501p, 2007.

ALMEIDA, G.A.; WEBER, R.R; Fármacos na represa Billings, Revista saúde e Ambiente, v.6, n.2, p. 7 - 13, dezembro de 2005.

ALVES, B.T. et al. BILLINGS. Edição Especial Mananciais Cadernos de Educação Ambiental Do Governo do Estado de São Paulo, 2010.

APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22^o edition. Disponível em <<http://www.standardmethods.org/>>, 2012.

BARBIERI, E., BONDIOLI, A. C., WOJCIECHOVSKI, E., ZAPOTOSKI, S. M. Microbiological quality of cultivation water used for oysters marketed in Cananeia-SP, Brazil. O mundo da Saúde, São Paulo, Brazil;vol 36 –n 04 p. 541-547, 2012

BERTOLETTI, E.; ZAGATTO, P.A. Ecotoxicologia aquática, Princípios e aplicações. Rima, São Paulo, São Carlos, 2006

BOSTELMANN, E. Avaliação da concentração de metais em amostras de sedimento do reservatório Billings, braço Rio Grande, São Paulo, Brasil. Master of Science, IPEN, São Paulo, 478 p, 2006.

BRANCO, S. M. Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária, ed. 2, São Paulo - SP, Editora CETESB, 1983.

BRASIL- MMA; Ministério do Meio Ambiente. Resolução No 357, de 17 de março de 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>, 2005.

CAMARGO, M. F., e PAULOSSO L. V. Avaliação qualitativa da contaminação microbiológica das águas de poços no município de Carlinda–MT. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, 30(1), 77-82, 2009.

CAPOBIANCO, J.P.R. e WHATELY, M. Billings 2000 - Ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da Região Metropolitana de São Paulo. ISA – Instituto Sócio Ambiental, 2002.

CARMO, R. L. DO; TAGNIN, R. Uso Múltiplo da água e Múltiplos Conflitos em Contextos Urbanos: o caso do Reservatório Billings. In: Migração e Ambiente nas Aglomerações Urbanas. Daniel Joseph Hogan, et al. (orgs). – Campinas: Núcleo de Estudos de População/UNICAMP, p. 421-439, 2008.

CASTRO, P.M.G.; GOMEZ, A.B.; MARUYAMA, L.S.; BEZERRA DE MENEZES, L.C. Registros históricos da ictiofauna presente na represa Billings Textos Técnicos do Instituto de Pesca, São Paulo, 2011.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2000. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2001.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2001. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2002.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2002. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2003.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2003. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2004.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2004. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2005.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2005. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2006.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2006. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2007.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2007. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2008.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2008. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2009.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2009. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2010.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2010. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2011.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2011. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2012.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2012. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2013.

CORBI, J.J.; CORRÊA, R.C.; Da SILVA, D.R.O.; MAIA, A.; CAMPANA-FILHO, S.P. Complexação de metais por quitosana e os efeitos para larvas de insetos aquáticos de córregos contaminados pela atividade canvieira. Resumo, disponível em Anais do XIV Congresso Brasileiro de Limnologia (CD), 2013.

FRACALANZA, A. P.; BILLINGS, Reservatório, apropriação da água, conflitos e gestão. Encontro Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, I, Indaiatuba. Anais. Belém: Anppas. p.1-24. 2002.

FURLAN, N. Distribuição da Ictiofauna do Rio Grande (Alto Tietê, SP) e Níveis da Exposição ao Mercúrio (Hg) ao longo de seu eixo e na zona de influência da Represa Billings. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca, São Paulo-SP, 2010.

GIANI, A. e FIGUEIREDO, C.C. Cianobactérias na lagoa da Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil In: HENRY, R. (org). Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. FAPESP/FUNDIBIO, Botucatu, 800p, 2007.

HORTELLANI, M.A.; SARKIS, J.E.S.; BEZERRA DE MENEZES, L.C.; BAZANTE-YAMAGUSHI, R.; PEREIRA, A.S.A.; GARCIA, P.F.G.; MARUYAMA, L.S.; CASTRO, P.M.G. Assesment of metal concentration in the Billings reservoir sediments, São Paulo state, southeastern Brazil. Journal of Brazilian Chemical Society, vol.00, n.00,1-10, 2012.

LIMA, D. S.C.; PEIXOTO, J. R. O.; COSTA, R. A.; VIEIRA, G. H. F.; KOCH, J. Influência das galerias pluviais para poluição de origem fecal do Rio Acaraú, no trecho urbano de Sobral-Ceará. Boletim Técnico Científico do Cepnor, 9(1), 151-157. 2012.

LOPES, A. A Represa Billings corre o risco de colapso hídrico. Disponível em: < <http://www.dgabc.com.br/News/90000127596/represa-billings-corre-o-risco-de-colapso-hidrico.aspx?ref=history> > 2000.

MAGALHÃES, D.P.; FERRÃO FI., A.S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. Oecologia Brasiliensis, n.12 (3):UFRJ. P 355-381, 2008.

MARIANI, C.F. Reservatório Rio Grande: Caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento. Dissertação, São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, USP. 102 p, 2006.

MATSUZAKI, M. Transposição das águas do braço Taquacetuba da represa Billings para a represa Guarapiranga: aspectos relacionados à qualidade de água para abastecimento. Tese, São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, USP. 181 p, 2007

MARUYAMA, L. S. A pesca artesanal no médio e baixo rio Tietê (São Paulo, Brasil): aspectos estruturais, sócio-econômicos e de produção pesqueira. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca, 2007

MIASHIRO, L. Avaliação ambiental de um sistema de piscicultura, através da caracterização do fitoplâncton e de ensaios ecotoxicológicos realizados com a microalga Pseudokirchneriella subcapitata. Dissertação(Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca, São Paulo, 2008.

MOSCHINI-CARLOS, V.; PADIAL, P. R., POMPÊO; M. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água no reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). Ambiente e Água: Interdisciplinary Journal of Applied Science, 4, 2009.

NASCIMENTO, M.; Relatório Final – Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da bacia Hidrográfica da Represa Billings. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp/pactodasaguas/files/2011/10/Apresentacao-PDPA-B-Marcia Nascimento-081211.pdf>>, 2011.

OLIVEIRA-SILVA, J.J.; ALVES, S.R.; ROSA, H.V.D. É Veneno ou é Remédio? Cap. 6: Avaliação da exposição humana a agrotóxicos. p. 121-136, ed. Fiocruz, 2003.

PAMOLARE Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização. Unesco, ANA, IIE, Unep-PNUMA, 385p, 2001.

PETRERE Jr., M.; WALTER, T.; MINTE-VERA, C.V. Income evaluation of small-scale fishers in two Brazilian reservoirs: represa Billings and lago Paranoá. Brazilian Journal of Biology, n.6(3): 817-828, 2006.

PINHEIRO, M,G, Padrões químicos para a emissão de efluentes são concentrações seguras para a biota aquática? Monografia (Bacharelado). Programa de graduação em Ciências Biológicas em Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências. 2010.

QUINAGLIA, G.A. Caracterização dos Níveis Basais de Metais nos Sedimentos do Sistema Estuarino da Baixada Santista. 1º edição, Ed. Biblioteca 24 horas, São Paulo, 2012.

RAMALHO, J.F.G.P.; SOBRINHO, N.M.B.A. Metais pesados em solos cultivados com cana de açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais, revista Floresta e Ambiente, V.8, n.1, p.120-129, jan./dez. 2001.

REPULA, C. M. M. et al. Biomonitoramento de Cr e Pb em peixes de água doce. Quim. Nova, v. 35, n. 5, p. 905-909, 2012.

RIBEIRO, M.A.R. Efeitos deletérios de microcistina em matrinxã (Bryconcephalus sp.) e tilápia nilótica (Oreochromis niloticus). Tese, Programa de Pós-Graduação em Qualidade e Produtividade Animal, Pirassununga, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2010.

ROCHA, A.A. & BRANCO, S.M., O Nitrogênio e o Fósforo como fatores limitantes ao desenvolvimento de algas cianofíceas na Represa Billings. São Paulo, (Brasil). Revista D.A.E..vol.45 – n°141, p.156-158, 1985.

ROCHA, A.A., PEREIRA, D.N.& PÁDUA, H.B. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings. São Paulo (Brasil). Revista da Saúde Pública. v. 19, p. 401-410, 1985.

SMA-SP (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. *Índice do estado trófico*. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/04.pdf>>

SSRH – SP, Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos de São Paulo. *Programa mananciais*. Disponível em <http://www.saneamento.sp.gov.br/crbst_27.html>, 2013.

SILVA, M.E.P.A. *Pescarias de pequena escala no Reservatório Billings (Alto Tietê, SP) nos anos de 2005 a 2007*. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca, São Paulo-SP. Disponível em: <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/dissertacaoMariaEugenia .pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/dissertacaoMariaEugenia.pdf)> 2010.

SILVA, S.C.; NISHIMURA, P.Y.; POMPÊO, M.L.M.; MOSCHINI-CARLOS, V. *Caracterização limnológica das águas superficiais do reservatório Billings (São Paulo-SP)*. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8, Anais, Caxambu, SOCIEDADE DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2p, 2007.

STARLING, J. E. M. D. O. *Avaliação de bioacumulação de microcistina-LR em tilápias do Nilo (Oreochromis niloticus) exploradas comercialmente no Lago Paranoá (Brasília-DF)*. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade de Brasília, Brasília-DF. Disponível em: <[http://btdtd.bce.unb.br/tesdesimplificado/tde_arquivos/36/TDE-2011-0210T084332Z5644 /Publico/2010_JanainaEmanuelleMendesdeOliveiraStarling.pdf](http://btdtd.bce.unb.br/tesdesimplificado/tde_arquivos/36/TDE-2011-0210T084332Z5644/Publico/2010_JanainaEmanuelleMendesdeOliveiraStarling.pdf)> 2010.

TEMPO AGORA *Dados observados para São Bernardo do Campo*. Disponível em<<http://www.tempoagora.com.br/previsaodotempo.html/brasil/observados/SaoBernardodoCampo-SP/>>, base de dados em <<https://docs.google.com/spreadsheet/ccc?key=0Ag8ytYrPMo3adDF6MDFGdWtVZVI1bHVybjZZWk1mRFE#gid=0>>, acesso em 24 de julho de 2013.

TUCCI, A.; SAWATANI, M.; LOPES, R.I. *Espécies descritoras da comunidade fitoplanctônica das Represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga*. In: 18ª Reunião Anual de Botânica, 2007.

TUNDISI, JG; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos.631p,2008.

VILELA, P. A. D. *Reúso de água do Rio Pinheiros como elemento de recuperação da Represa Billings*. Tese, Programa de Pós-Graduação em Saúde Animal, São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2009.

WENGRAT, S. e BICUDO, D.C. *Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, southeastern Brazil)*, Acta Limnologica Brasiliensis, vol.23 no.2, p. 200-216, Rio Claro. Apr./June 2011.

ZAGATTO, P.A., GHERARDI-GOLDSTEIN, E. *Toxicidade em águas do Estado de São Paulo*. Ambiente, 5 (1):13 – 20, 1991.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DE AGENTES EUTROFIZANTES, POLUENTES E DA COMUNIDADE DE CIANOBACTÉRIAS EM LOCAIS DE PESCA DA REPRESA BILLINGS

Avari, R.^{a,b}; Colpas, F. T.; Gargiulo, J.R.B.C.^b; Menezes, L.C.B.^b; Tucci, A.^c; Viana, B.B.^a; Mercante, C.T.J.^{b}*

^aCompanhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Departamento de Controle da Qualidade dos Produtos Água e Esgotos (Sabesp-TOQ). Rua Conselheiro Saraiva, 519, prédio 11, São Paulo, SP, Brasil. ^bInstituto de Pesca. Avenida Francisco Matarazzo, 455, Barra Funda, São Paulo, SP, Brasil. ^c Instituto de Botânica, laboratório de Ficologia. Avenida Miguel Estéfano, 3687, São Paulo, SP, Brasil.

*e-mail: avarih@yahoo.com.br

RESUMO

A eutrofização é um dos maiores problemas a enfrentar para garantir a disponibilidade de água para a população. Uma de suas principais conseqüências é a excessiva proliferação de cianobactérias produtoras de cianotoxinas. A represa Billings tem recebido ações que visam controlar este impacto, ainda insuficientes. Identificando alterações limnológicas e na comunidade de cianobactérias, o presente estudo visou identificar a presença de fatores de risco à população relacionados às cianobactérias em três pontos representativos para o abastecimento e a pesca entre março e setembro de 2012. Enquanto as variáveis limnológicas demonstraram uma heterogeneidade espacial, a análise quali/quantitativa das cianobactérias mostrou uma ocupação homogênea e intensa deste grupo, com predominância de espécies dos gêneros *Cylindrospermopsis* e *Planktothrix*, potenciais produtores de cianotoxinas. Nos pontos onde este último era predominante, foram detectadas microcistinas durante os meses de inverno, quando a densidade de cianobactérias atingiu seus valores mais elevados. Uma correlação inversa entre densidade de cianobactérias e pluviosidade foi evidenciada. Houve estratificação térmica na coluna d'água, mas as concentrações de fósforo, nitrogênio e oxigênio dissolvido mensuradas para fundo e superfície não apresentaram diferença estatisticamente relevante entre as profundidades. Muitas variáveis ultrapassaram os limites legais estabelecidos. Ao fim do período de coleta evidenciou-se desestratificação térmica, o que, junto a outras alterações paramétricas, parece ser seguido por alterações na comunidade fitoplanctônica. A alta densidade de cianobactérias e a presença de cianotoxinas indica potencial risco de exposição humana, através do consumo do pescado, caso aja acúmulo desta nos tecidos dos peixes da região – especialmente de quem os consome com frequência, como pescadores artesanais locais – e diretamente, caso a água seja consumida sem tratamento sofisticado.

Palavras-chave: Represa Billings, reservatórios, pesca artesanal, cianobactérias, eutrofização, abastecimento.

ABSTRACT

Evaluation of pollutants, agents of eutrophication and cyanobacteria community on fishery sites at the Billings Reservoir

Avari, R.^{a,b}; Menezes, L.C.B.^b; Gargiulo, J.R.B.C.^b; Colpas, F. T.; Tucci, A.^c; Viana, B.B.^a; Mercante, C.T.J.^{b}*

^aCompanhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Departamento de Controle da Qualidade dos Produtos Água e Esgotos (Sabesp-TOQ). Rua Conselheiro Saraiva, 519, prédio 11, São Paulo, SP, Brasil. ^bInstituto de Pesca. Avenida Francisco Matarazzo, 455, Barra Funda, São Paulo, SP, Brasil. ^cInstituto de Botânica, laboratório de Ficologia. Avenida Miguel Estéfano, 3687, São Paulo, SP, Brasil.

***e-mail: avarih@yahoo.com.br**

Eutrophication is one of the most important problems to be faced in the coming years in order to guarantee water availability to population. One of its main consequences is the excessive proliferation of cyanotoxin-producing cyanobacteria. Many actions focusing on the control of such an impact have been undertaken at the Billings Reservoir, but they are still insufficient. Through the identification of changes on limnological parameters and the cyanobacteria community, the present study aimed on diagnosing cyanobacteria-associated risk factors to population. Samples from threepoints that were significant for water supply and fishery were analyzed from March to September, 2012. While limnological variables showed to be spatially heterogeneous, the qualitative and quantitative analyses of cyanobacteria showed an intense, homogeneous growth, with an absolute predominance of *Cylindrospermopsis* and *Planktothrix* species, potential cyanotoxin-producers. During the winter months (when cyanobacteria density reached the highest levels), microcystins were detected at the two points at which *Planktothrix* predominated. An inverse correlation between cyanobacteria density and rainfall was evident. Thermal stratification was observed in the water column, yet the concentrations of phosphorous, nitrogen and dissolved oxygen at the surface and the bottom of the reservoir were not statistically different when the two depths were compared. Many of the studied variables frequently exceeded legal limits. At the end of the sampling period, a thermal destratification became evident, which, along with the changes seen in other parameters, seems to be followed by alterations in the phytoplankton community. The high cyanobacteria density and the presence of cyanotoxins indicate potential risks for humans, since they are exposed by the consumption of cyanotoxin-accumulating fish – especially by local fishermen – and the direct consumption of water without previous, more-sophisticated treatments.

Key words: Billings Reservoir, reservoirs, artisanal fishery, cyanobacteria, eutrophication, water supply.

INTRODUÇÃO

De acordo com TUNDISI (2012) a diversidade ecológica é fundamental para a estabilidade dos ecossistemas e seu funcionamento depende das interações dos componentes biogeoquímicos e biológicos. Maior estabilidade é atingida com maior biodiversidade, cuja redução prejudica o funcionamento dos ecossistemas ao mudar os ciclos hidrológicos e biogeoquímicos, reduzindo sua produtividade. Sem biodiversidade os biomas, as inter-relações e a reposição de água doce estão em risco. A produção de alimentos depende da água (superficial e subterrânea), que depende da floresta para reabastecer seus componentes atmosféricos e subterrâneos. Conclui que biodiversidade e florestas são, portanto, componentes dinâmicos do ciclo da água.

Neste contexto o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, por sua relevância, desperta significativo interesse em diferentes países. O objetivo de viabilizar a utilização da água para as atividades humanas, associada à manutenção dos serviços ambientais e da biodiversidade dos ecossistemas aquáticos representa, sem dúvida, um passo fundamental em direção à sustentabilidade (GASPARINI *et al*, 2013).

Reservatórios construídos para abastecimento de água e geração de energia acabam servindo a outros fins como irrigação, lazer, recreação, turismo, pesca e aquicultura. Entretanto, com o avanço da eutrofização causada pelas atividades antrópicas este cenário tem sido alterado em diversas partes do mundo (PAMOLARE, 2001), limitando os usos possíveis. A entrada de metais pesados, defensivos e nutrientes agrícolas, o excesso de compostos fosfatados e nitrogenados advindos de efluentes industriais e domésticos prejudicam o uso da água mesmo havendo boa disponibilidade hídrica.

O Reservatório Billings situado no Alto Tietê é um reservatório urbano localizado na UGHRI 6, de vocação industrial (CETESB, 2012). Inicialmente construído para armazenar água para gerar energia, atualmente a represa não somente fornece energia, mas também é utilizada para abastecimento, turismo e recreação bem como para a atividade de pesca artesanal. A poluição acarretou incremento de metais pesados em seus sedimentos, o desencadeamento de florações de algas em diferentes épocas do ano com produção de toxinas produzidas por cianobactérias, e elevadas concentrações de coliformes fecais advindos do esgoto doméstico (COPRABE, 2011). A

agência ambiental estadual, através de seus relatórios anuais, classifica a represa de eutrófica a hipereutrófica, dependendo de seu compartimento (CETESB, 2013). Nos últimos vinte anos, as concentrações de fósforo e de células de cianobactérias potencialmente cianotóxicas comumente ultrapassaram os níveis permissíveis pela legislação.

A elevada produtividade dos reservatórios eutrofizados permite a manutenção de populações de peixes, o que beneficia a pesca em certo aspecto. A situação se reverte caso a população fitoplanctônica prejudique o equilíbrio do ecossistema, como ocorre quando se estabelece uma situação em que espécies produtoras de toxinas predominam (PAMOLARE, 2001). Algas em excesso prejudicam a sobrevivência de outros organismos por fatores como entupimento de brânquias ou diminuição da visibilidade, o que permite a predação (TUNDISI e TUNDISI, 2008) e podem desencadear eventos de depleção de oxigênio capazes de provocar elevada mortalidade. Aproveitar águas assim para abastecimento é custoso e oferece riscos à população de monta ainda desconhecida, pelo risco de exposição de grandes parcelas da população a patógenos, cianotoxinas e outras substâncias.

A Billings participa ainda, indiretamente, do abastecimento de milhões de pessoas através da transposição de suas águas para a represa Guarapiranga, e fornece alimento para um contingente de pescadores profissionais artesanais cujo papel social é frequentemente ignorado quando políticas públicas para a recuperação da represa são definidas (SILVA, 2008).

Dr. Eduardo Bertolotti (comunicação pessoal) expôs que a atual toxicidade da represa Billings advém hoje das cianotoxinas devido às constantes florações de cianobactérias. Os demais fatores de toxicidade teriam, com os anos, se tornado muito menos relevantes dadas as ações, por exemplo, como o programa de despoluição industrial promovido pela Cetesb durante a década de 1990 (SMA-SP, 2011). Além de outras alterações, como a proibição do uso de compostos de chumbo na gasolina comum nesta mesma década e do advento de sistemas de qualidade industrial como o ISO 14000.

Cianobactérias e pesca

Dentre os usos múltiplos deste reservatório, a pesca artesanal não tem sido considerada na legislação vigente, tendo papel secundário nas tomadas de decisão por órgãos gestores.

Os efeitos que as cianobactérias têm sobre as populações de peixes ainda são pouco conhecidos, embora não existam dúvidas sobre a ocorrência de danos sob certas condições, como relatado por HONDA *et al* (2006) e MITSOURA *et al* (2013). Estes autores ressaltaram os riscos de acúmulo de cianotoxinas no tecido de peixes, e conseqüentemente o risco de consumo humano destas substâncias. O sabor e o cheiro do pescado são fortemente influenciados quando há algas produtoras de metabólitos como a geosmina ou 2-methylisoborneol (JØRGENSEN, 2013). CHISLOCK *et al* (2013) destacaram que municípios podem sofrer severos impactos econômicos com a proliferação excessiva do fitoplâncton, devido aos prejuízos ao sistema de abastecimento público, colapso da pesca e da aquicultura e danos à saúde da população.

STARLING (2010), em estudo com tilápias do lago Paranoá, no Distrito Federal, encontrou acúmulo de microcistinas que sugerem a necessidade de monitoramento constante da qualidade deste peixe no tocante a esta toxina, embora em quase todas as amostragens estivesse dentro do limite de 0,04 µg de microcistinas por quilo de peso corpóreo ao dia recomendado pela OMS.

Tal medida é uma garantia de segurança essencial ante o desconhecimento dos efeitos crônicos que as cianotoxinas podem ter sobre o homem. Estudos relacionam a BMAA (β -N- metilamino-L-alanina) com a doença de Alzheimer e o mal de Parkinson (CETESB, 2013). Saxitoxinas e Anatoxinas demandam igual atenção, pois a maioria das formas de tratamento das águas para abastecimento, por exemplo, é incapaz de eliminar cianotoxinas livres na água, e casos hoje clássicos, como a intoxicação e morte de mais de cinquenta pacientes em uma clínica de hemodiálise em Caruaru, PE (CHORUS e BARTRAM, 1999) são exemplos das conseqüências da proliferação excessiva de cianobactérias. Este caso motivou parte da legislação que hoje estabelece limites para a concentração de cianobactérias em corpos d'água usados para abastecimento, pesca, lazer e outros usos (BRASIL – MMA, 2005).

Dado que boa parte da população brasileira é abastecida com águas onde há intensa proliferação de cianobactérias, o tamanho do impacto destas sobre a saúde da população no futuro permanece uma incógnita.

OBJETIVOS

O presente estudo visa identificar fatores diretamente vinculados à qualidade das águas em locais representativos para a pesca e o abastecimento, verificando o comportamento de parâmetros de qualidade e da população de cianobactérias e correlacionando-os quando possível.

Objetivos específicos

- Verificar as variáveis mais relevantes para a caracterização espacial das áreas de pesca da represa, permitindo um diagnóstico da qualidade das águas, comparando-os com a legislação pertinente e apontando locais com melhores condições para o desenvolvimento desta atividade.
- Comparar diferentes variáveis limnológicas, verificando se há influência positiva ou negativa verificável entre estas, e sua influência na população de cianobactérias.
- Verificar se há mudanças na comunidade de cianobactérias, determinando alterações na predominância de espécies relacionadas às variáveis estudadas e quais destas são potencialmente tóxicas.
- Verificar se há mudança no perfil estratigráfico dos pontos de coleta, e verificar sua relação com as variáveis limnológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

A represa Billings, localizada na bacia hidrográfica do Alto Tietê, em São Paulo, é o maior reservatório da RMSP. Possui cerca de 127 km² de área e capacidade para 1200 hm³ de volume útil, com tempo de retenção de aproximadamente 600 dias (CETESB, 2006). Concebida para fornecer água para geração de energia elétrica na usina Henry Borden, em Cubatão, muito cedo foi tornada receptáculo de esgotos domésticos e resíduos industriais, notadamente através da afluência do rio Pinheiros, cujo fluxo foi por anos invertido para aumentar o volume de água da represa.

O crescimento da população na sua bacia hidrográfica excedeu em muito o de outras regiões da RMSP, chegando a 5,5% ao ano (COBRAPE, 2011), estabelecendo um desafio ainda maior para atuação.

A lei 13.579/2009 ou “lei da Billings” é hoje o principal instrumento legal a ser seguido pelos municípios que compõem a bacia hidrográfica da represa, e estabelece normativas que em muitos pontos contrariam as iniciativas das prefeituras, concessionárias de saneamento e de empreendimentos privados para a região (CARMO e TAGNIN, 2008).

Análises

Três foram os pontos amostrados: braço Taquacetuba, braço Alvarenga e Ilha dos Biguás. As seguintes variáveis foram analisadas: *Escherichia coli*; fósforo total; nitrogênio total quantificados na sub-superfície e condutividade elétrica, temperatura da água, oxigênio dissolvido, turbidez e pH medidos a cada 50cm. Amostras para alumínio (indicado como inibidor do fitoplâncton) foram coletadas próximo ao fundo. Foram realizadas sete campanhas amostrais nos dias 01/março, 17/abril, 22/maio, 16/junho, 24/ julho e 13 e 26/setembro de 2012, seguindo o preconizado em SMEWW 22^o Ed. (APHA, 2012). Para cinco destas coletas foi possível realizar análise quali/quantitativa de cianobactérias.

As análises de Nitrogênio e Fósforo foram realizadas na Unidade Laboratorial de Referência em Limnologia do Instituto de Pesca. Clorofila-a, *Escherichia coli*, alumínio e análise qualitativa de cianobactérias predominantes foram realizadas nos laboratórios da Sabesp – Departamento de Controle da Qualidade dos Produtos Água e Esgoto (TOQ). Análises quantitativas e

qualitativas para cianobactérias , no laboratório de Ficologia do Instituto Botânico de São Paulo.

Todos os ensaios foram realizados junto às amostras de rotina dos laboratórios, partilhando dos mesmos padrões de verificação, controles positivos e negativos, equipamentos calibrados, ações de manutenção de qualidade, ensaios interlaboratoriais e insumos certificados.

Determinação da concentração de fósforo, nitrogênio, alumínio e clorofila-a foram realizados através de método espectrofotométrico, segundo métodos de SMEWW 22^oed. (APHA, 2012).

A análise hidrobiológica qualitativa de cianobactérias predominantes foi realizada através de análise de amostra viva em câmara de Sedgwick-Rafter, com concentração, preparo e leitura conforme BRANCO (1986) e SMEWW 22^o Ed. (APHA, 2012) em microscópio Zeiss Axiostar plus. A contagem e a identificação das espécies menos conspícuas, de acordo a metodologia descrita por UTERMÖHL (1958), em microscópio invertido Zeiss Axiovert 25 em aumento de 630 vezes. O tempo de sedimentação das amostras foi de três horas para cada centímetro de altura da câmara, segundo o critério de LUND *et al* (1958). A câmara de sedimentação utilizada foi de 2 mL. A contagem foi realizada em transectos horizontais e/ou verticais e o limite da contagem foi determinado através do critério de gráfico de estabilização do numero de espécies, obtido a partir de espécies novas adicionadas com o número de campos contados. Os resultados foram expressos em densidade (cel.mL^{-1}) e calculados de acordo com WEBER (1973).

O índice de estado trófico (IET) de Carlson, modificado por Lamparelli, foi calculado a partir da concentração de clorofila-a e fósforo das amostras conforme SMA-SP (2013).

Análises estatísticas

As amostras foram testadas quanto aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância. Amostras que atenderam a tais pressupostos foram analisadas segundo Análise de Variância de um fator, seguida de Teste Tukey ao nível de 95% de probabilidade ($\alpha=0,05$). Para amostras que não os atenderam, foi utilizada estatística não-paramétrica (teste de Kruskal-Wallis). As análises foram realizadas utilizando os Programas BioEstat, FitoPac e Primer-5.

Foram analisadas separadamente as variáveis medidas na zona eufótica e no fundo do reservatório. Os dados foram previamente transformados por ordenamento (*ranging*) utilizando-se o Programa Fitopac 2.1.

Para amostras coletadas na superfície e no fundo de um mesmo ponto, foram realizadas comparações a fim de averiguar diferenças entre as duas profundidades. Para as demais amostras (coletadas apenas na superfície ou apenas no fundo), foram realizadas comparações entre os três pontos na mesma profundidade, evidenciando assim as disparidades ou semelhanças entre estes. A variação temporal permitiu verificar se os locais apresentavam características intrinsecamente díspares entre si ou se estas eram apenas resultado de oscilações estacionais.

Por fim, verificou-se o comportamento de cada parâmetro no decorrer do período de coleta, buscando assim uma melhor compreensão das características da represa ao longo do tempo.

Dados pluviométricos

Para este estudo, os índices pluviométricos do período de coletas foram inclusos na análise dos resultados, a fim de observar se há efeito sobre a concentração de substâncias por diluição ou aporte destas, ou alteração limnológica nas águas da represa causada pelas precipitações. É importante observar que as coletas foram realizadas na época de menor pluviosidade e que nenhuma foi realizada durante ou mesmo em dia posterior a precipitações. Os dados se referem ao município de São Bernardo do Campo, cuja área é quase toda inclusa na bacia hidrográfica da represa Billings, sendo assim representativos em relação às chuvas totais nesta incidentes (TEMPOAGORA, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis analisadas indicaram que as condições dos pontos amostrais estiveram em não conformidade com os padrões recomendados pela legislação vigente. De acordo com a Tabela 9, diversas variáveis ultrapassaram os limites definidos para corpo d'água de classe 2 (BRASIL – MMA, 2005) e, no caso de microcistinas, pela portaria MS 2914/2011 (BRASIL – MS, 2011).

Tabela 9: Valores obtidos para as diferentes variáveis no período amostral, destacados aqueles em não conformidade com a legislação vigente.

	13/4/2013			22/5/2013			26/6/2013			24/7/2013			13/9/2013			26/9/2013		
	TAQ	BIG	ALV	TAQ	BIG	ALV												
cel/ml	414.112	309.810	288.072				398.253	622.593	243.442	708.114	488.241	606.672	834.680	800.693	1.048.924	820.396	571.429	652.108
fósforo	72,94	56,61	126,29	70,76	55,52	138,26	76,21	59,88	137,17	74,03	53,34	129,55	79,47	67,5	154,59	88,18	74,56	207,4
nitrogênio	4499,15	5375,25	5062,91	4669,37	4716,22	5122,26	4731,84	4825,54	5137,87	4684,99	4669,37	5184,72	4872,39	4841,16	5497,05	2545,51	2551,76	3096,78
Alumínio	0,0016	0,0043	0,0688	<	<	0,0384	0,0075	0,2452	<	<	0,0058	0,1857	0,0047	0,0018	<	<	0,0121	0,0043
E. coli	<	3	1450	<	6	<10	1	<	1842	2	12	1039	<	6	310	<	122	259
Clorofila	47,2	46,7	34	31,2	29,8	28,3	30	23,7	17,2	36,2	27,3	27,3	28,8	35	30,2	43,3	23,2	9,8
feofitina	0,6	<	2,5	0	1,5	4	1,6	1	3,5	0,6	<	3,2	1,7	1,6	8,8	7	10,7	14,9
pH	5,7	5,74	5,59	5,83	5,68	5,7	5,46	5,34	5,46	5,86	5,83	5,89	6	5,91	6,06	6,62	6,64	6,44
temperatura	22,32	21,39	21,48	20,36	19,17	17,19	17,11	17,79	15,77	18,51	17,37	16,8	18,6	18,41	16,88	17,45	18,34	17,9
Turbidez	1,9	17,2	9,1	3,8	14,8	20	7,9	3,8	10	7,5	7,4	5,7	4,9	10,3	9,8	13,6	11,2	11,4
OD	11,37	11,62	7,61	11,67	11,7	10,66	11,75	10,73	7,37	13,58	12,83	11,48	10,95	10,06	10,2	9,74	8,17	7,49
Pluviosidade	155,4	155,4	155,4	53,6	53,6	53,6	188,1	188,1	188,1	93,7	93,7	93,7	1,4	1,4	1,4	24	24	24
Microcistinas	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,4	<	0,6	0,25	<	0,1	1	<	<

O cálculo do índice de estado trófico classificou os três pontos como hipereutróficos. Durante o trimestre maio, junho e julho, a região de Ilha dos Biguás teve valores de fósforo e clorofila que o classificaram, temporariamente, como supereutrófico. Ainda assim, sua concentração de cianobactérias não diferiu dos demais pontos nesta época. Os valores altos de fósforo e nitrogênio, essenciais ao desenvolvimento de cianobactérias (ROCHA e BRANCO, 1985), indicam não haver limitação destes elementos para esta comunidade.

Observou-se que, para os três pontos, os valores de turbidez, feofitina e *E. coli* sofreram queda logo na segunda coleta, tornando a subir, junto aos valores de pH e temperatura, apenas na última coleta. A este tempo o número de células de cianobactérias e nitrogênio caem, este último bruscamente. Exceção seja feita ao ponto Taquacetuba, único onde os valores de clorofila e cianobactérias se mantiveram estáveis, apesar de todas as demais variáveis seguirem o comportamento dos outros pontos.

A análise do perfil térmico (figura 12) evidenciou que, durante o período amostral, o braço Alvarenga obteve temperaturas médias um pouco inferiores às dos demais pontos amostrais (à exceção da última coleta), embora a análise estatística os considere iguais.

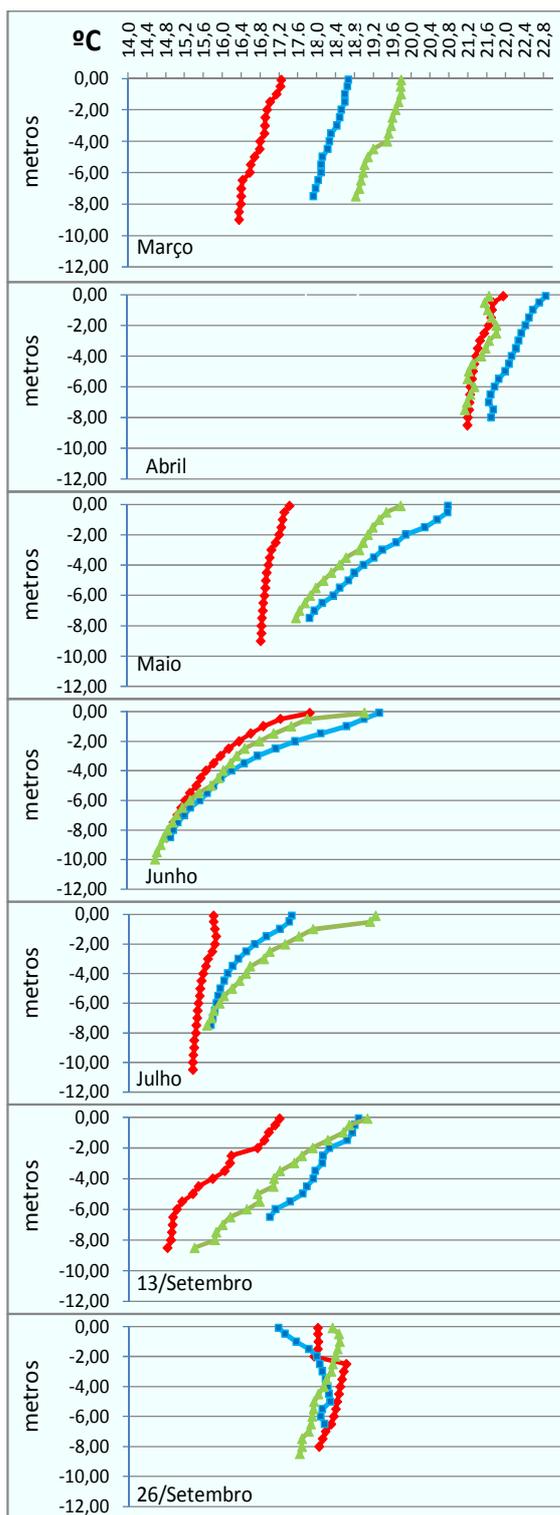


Figura 12: Perfis térmicos mensais obtidos na represa Billings.

Taquacetuba: —
 Biguás: —
 Alvarenga: —

Há um pico de calor em abril, e de maio até o início de setembro, nota-se tendência à estratificação nos três pontos, sendo em junho a maior amplitude térmica registrada (figura 12). PADIAL et al. (2009) identificaram estratificação térmica, mesmo com poucos graus centígrados de amplitude, no complexo Billings, o que é característico em ambientes tropicais de acordo com ESTEVES (1998), cujos critérios permitiram classificar a Billings como Polimitica, isto é, com circulação frequente da coluna d'água. Fatores físico-químicos costumam seguir a estratigrafia térmica, em especial o oxigênio dissolvido. Porém, apenas no braço Alvarenga se observou diminuição importante no OD abaixo de certa profundidade, durante os meses de abril, junho e em 26 de setembro, quando o valor de OD no fundo ficou abaixo do limite legal de 5mg/L (Figura 9). Comparados os valores de fósforo e nitrogênio da zona eufótica e de fundo, não se revelam diferenças estatísticas entre as profundidades para nenhuma das coletas, em nenhum dos pontos, indicando uniformidade na distribuição destes elementos na coluna d'água.

Ao fim do período amostral, ocorreu desestratificação da coluna d'água. A primavera pode, assim, explicar a elevação nos valores de fósforo e turbidez, caso tal mudança estratigráfica

permitisse a suspensão de material sedimentado. A mudança nos valores de cianobactérias, mais relevante nos pontos ilha dos Biguás e Alvarenga, poderia estar relacionada a esta alteração.

É possível notar uma relação inversa, nos três pontos, entre os valores de pluviosidade e de cianobactérias nos últimos meses amostrados. Pode haver uma simples diluição da comunidade fitoplanctônica, mas isto não explicaria o simultâneo aumento nos valores de feofitina, e outras mudanças podem ocorrer com as chuvas. A nebulosidade diminui a incidência de raios solares, a precipitação permite a entrada de componentes potencialmente tóxicos para as comunidades aquáticas através do lixiviamento superficial. Há diluição dos nutrientes que, apesar de receberem um acréscimo conseqüente do carreamento de esgotos e da superfície (MATSUZAKI, 2007; TUNDISI e TUNDISI, 2008; LIMA *et al*, 2012; CAMARGO e PAULOSSO, 2009 e BARBIERI *et al*, 2012) não seria suficiente para compensar o efeito negativo imediato. As chuvas coincidem com a mudança de estação e a mudanças de temperatura poderia, junto aos demais fatores, provocar alteração na comunidade de cianobactérias como um todo, alterando a proporção entre as espécies e marcando a mudança sazonal que é relatada por MOSCHINI-CARLOS *et al* (2009). MATSUZAKI (2007) analisando a mesma dinâmica coloca em seu estudo que após as chuvas ocorreu crescimento do fitoplâncton. Neste estudo, durante o inverno de 2012, o que se observou foi o contrário.

As cianobactérias apresentaram, durante o estudo, 32 diferentes táxons (Tabela 10), próximo aos 34 obtidos no estudo de TUCCI *et al* (2011). Uma espécie não pode ser identificada e, embora não descritora, foi encontrada em 12 das 15 amostras analisadas, e demanda mais estudos. Os outros grupos do fitoplâncton, somados, não chegaram a representatividade média maior que 0,6% em nenhum dos pontos.

As espécies descritoras foram escolhidas de acordo com o critério em TUCCI (2002), de táxons com mais de 1% de contribuição para a densidade total relativa. Foram 8 táxons em Alvarenga, 6 em ilha dos Biguás e 8 em Taquacetuba.

As espécies mais comuns como descritoras foram as que apresentaram dominância absoluta nos três pontos: *Planktothrix agardhi*, *Planktothrix isoethrix* e *Cylindrospermopsis raciborskii*, esta última dominante apenas em ilha dos

Biguás. É da maior importância notar que são espécies potencialmente produtoras de cianotoxinas, e que sequer foram citadas em antigos trabalhos sobre a represa, como ROCHA e BRANCO (1985).

Tabela 10: Espécies de cianobactérias identificadas, destacadas as espécies descritoras e as potencialmente tóxicas de acordo com CHORUS e BARTRAM, 1999.

Espécie	Toxicidade potencial	Contribuição para a densidade total relativa na média do período (em porcentagem)		
		Taquacetuba	Biguás	Alvarenga
<i>Anathece</i> sp.		0,1	0,5	0,9
<i>Aphanizomenon</i> sp.	SIM	1,1	0,8	0,4
<i>Aphanizomenon gracile</i>	SIM	0,1		
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>		0,5	1,4	2,7
<i>Aphanocapsa holsatica</i>			0,3	
<i>Aphanocapsa incerta</i>		0,4	0,4	1,2
<i>Aphanocapsa koordersii</i>			0,3	
<i>Aphanocapsa planctonica</i>			0,003	0,4
<i>Aphanothece</i> sp.				0,03
<i>Chroococcus minutus</i>		0,8	0,2	0,8
Cianobactéria não identificada		0,4	0,5	0,1
<i>Coelosphaerium evidenter-marginatum</i>		0,3	0,01	0,02
<i>Cyanodictyon</i> sp.			2,8	3,0
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	SIM	8,1	46,8	4,9
<i>Dolichospermum planctonicum</i>		1,5	0,9	0,2
<i>Geitlerinema amphibium</i>		3,0	3,6	2,6
<i>Merismopedia glauca</i>		0,1	0,7	0,8
<i>Merismopedia tenuissima</i>			0,0	0,5
<i>Merismopedia trollerii</i>		0,2	0,8	1,7
<i>Microcystis aeruginosa</i>	SIM	2,9	0,8	0,2
<i>Microcystis panniformis</i>	SIM	0,4		0,3
<i>Microcystis protocystis</i>	SIM		0,003	
<i>Myrocystis</i> sp.	SIM		0,5	
<i>Planktothrix agardhi</i>	SIM	27,0	21,7	50,1
<i>Planktothrix isoethrix</i>	SIM	58,3	18,9	29,6
<i>Pseudanabaena catena</i>				0,2
<i>Pseudanabaena mucicola</i>		0,5	0,0	0,1
<i>Radiocystis fernandoi</i>			0,1	0,2
<i>Rhabdoderma lincare</i>		1,7		
<i>Synechococcus nidulans</i>		0,003	0,01	0,1
<i>Synechocystis aquatilis</i>		0,5	0,2	0,3
<i>Woronichinia naegeliana</i>			0,004	

Comparando-se com os dados obtidos por MOSCHINI-CARLOS *et al* (2009), quando os táxons dominantes foram *Microcystis* sp., *Woronichia naegeliana* e *Dolichospermum* sp., ali ainda nomeada como *Anabaena* sp. (SANT'ANNA *et al*, 2012); evidenciou-se dinâmica importante entre as espécies quanto à posição mais destacada na densidade total das águas da represa, e talvez tal troca seja retrato de mudanças limnológicas no decorrer das estações e dos

anos. CETESB (2006) destacava o papel crescente de *Planktothrix* sp. na comunidade fitoplanctônica da Billings.

A espécie *Geitlerinema amphibium* foi descritora também durante a maior parte das coletas, em todos os pontos. Foi a única alga sem registros de toxicidade a apresentar boa abundância relativa no estudo.

Analisando o histórico para cianobactérias em CETESB (2000 a 2012), percebeu-se que a concentração de células por ml de 2012 é excepcionalmente grande, e notadamente no ponto Taquacetuba, são os maiores valores desde que esta variável passou a ser avaliada para o local, no relatório de 2008 da agência ambiental. MATSUZAKI (2007), no entanto, já havia encontrado números semelhantes entre março de 2001 e fevereiro de 2003 para este braço da represa, e já colocava o risco, dado ser dali realizada a transposição de águas, de alteração da qualidade da represa Guarapiranga. Para a mesma época, CARVALHO *et al* (2007) fizeram extenso estudo onde detectaram microcistinas em diversas amostragens durante o ano de 2001, quando as principais espécies potencialmente produtoras de cianotoxinas encontradas foram *Microcystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis raciborskii*.

Quanto à microcistina ora detectada, só foram obtidas amostras positivas a partir de julho, quando o número de cianobactérias do gênero *Planktothrix* ultrapassou 500 mil células/ml em Taquacetuba e Alvarenga. O único valor a alcançar o valor limite de 1 µg/L da portaria MS 2914/2011 ocorreu em Taquacetuba, na amostragem de 26 de setembro, após três meses consecutivos com presença da cianotoxina. Em Biguás, onde a espécie predominante *C. raciborskii* é produtora de cilindrospermopsinas, (CHORUS e BARTRAM, 1999) não foram detectadas microcistinas durante todo o período amostral apesar da presença abundante de espécies que a produzem.

Pode-se inferir que a partir de certo número ou porcentagem de dominância, *Planktothrix* passa a produzir microcistinas como forma de defesa, comunicação ou metabólito secundário, mas há poucas informações decisivas acerca dos fatores que possam induzir a produção destas substâncias. Em uma mesma floração, em um mesmo dia, pode-se obter amostras de mesma composição básica de espécies com concentrações absolutamente diversas de cianotoxinas em diferentes pontos (CHORUS e BARTRAM, 1999).

Como mencionado anteriormente mudanças legislativas e ações pontuais tornaram menor a incidência de dejetos industriais nas águas da represa (SMA-SP, 2011) e mudando o ponto principal da situação da represa, dos metais pesados em produtos de pesca da época dos estudos de ROCHA *et al* (1985) e de ZAGATTO e GHERARDI-GOLDSTEIN (1991), para o controle da eutrofização, que norteia boa parte da lei específica da Billings. As cianotoxinas encontradas corroboraram tal necessidade, e apesar de não ser possível identificar a partir de que ponto elas afetam de modo relevante o pescado, os exemplos de HONDA *et al* (2006), e MITSOURA *et al* (2013) bastam saber que há importância em se verificar rotineiramente os níveis de cianotoxinas presentes no pescado dali retirado, assim como investigar efeitos crônicos passíveis de ocorrência nos consumidores do mesmo.

A classificação criada por Reynolds (1984, 1997) *apud* TUNDISI e TUNDISI (2008) cita *Planktothrix* como táxon tipo para associações dominadas por cianobactérias em águas lênticas ricas em nutrientes, polimíticas e com baixa penetração de luz, características encontradas na represa Billings. *Cylindrospermopsis raciborskii* aparece para associações de cianobactérias em lagos com menores valores de nutrientes. Sua dominância em ilha dos Biguás, com valores ligeiramente mais baixos de turbidez e fósforo, além de menor aporte de esgotos, talvez possa ser explicada desta forma.

Na tabela 11 pode-se ver a mudança no número de táxons no decorrer do período amostral. É perceptível para os pontos Taquacetuba e Alvarenga uma leve diminuição na riqueza seguindo o aumento nas populações de *Planktothrix* sp., enquanto que, contrariamente, há aumento no número de táxons em ilha dos Biguás junto ao crescimento da população de *Cylindrospermopsis raciborskii*, muito embora deva-se considerar que seu maior valor ocorra no momento em que as condições limnológicas sofreram alteração mais relevante.

Tabela 11: Alterações no número de espécies durante o período amostral.

Ponto amostral	13/4/2013	26/6/2013	24/7/2013	13/9/2013	26/9/2013
Taquacetuba	15	12	11	9	11
Ilha dos Biguás	12	15	14	14	19
Alvarenga	20	13	15	15	14

Um quadro completo das espécies e suas respectivas concentrações em células por mililitro pode ser vista no anexo 4.

NORDI *et al* (2013) identificaram *Microcystis aeruginosa* como a espécie predominante no verão de 2013, espécie de pouca relevância durante o presente estudo, tendo sido uma descritora menor apenas em Taquacetuba. Isso indica que ocorreu mudança relevante no quadro de predominância na comunidade de cianobactérias durante o verão, embora se mantenha uma espécie potencialmente produtora de microcistinas como maior descritora. Apesar das diferenças apontadas entre as comunidades de cianobactérias nos três pontos de coleta, é possível concluir que estas são mais uniformes entre os pontos amostrados do que as variáveis limnológicas. Estudos centrados nestas variáveis, como SILVA *et al* (2007), WENGRAT e BICUDO (2011) e HORTELLANI *et al* (2012) comumente destacaram sua heterogeneidade espacial. Para cianobactérias, isto não parece ocorrer: a densidade de células não apresenta diferenças tão relevantes, possivelmente devido à adaptabilidade destas a ambientes muito diversos entre si, permitindo sucesso praticamente igual na ocupação de todo o corpo da represa. Análise estatística dos valores de cel/ml indicou homogeneidade na distribuição desta variável no decorrer do tempo e dos pontos amostrais, ainda que outras variáveis físico/químicas diferissem consideravelmente, como aporte de esgotos por *E. coli*, clorofila, fósforo, nitrogênio e OD, usualmente vinculadas a alterações do fitoplâncton.

CONCLUSÕES

Enquanto as variáveis limnológicas demonstraram heterogeneidade espacial na represa, a análise quali/quantitativa das cianobactérias mostrou ocupação homogênea deste grupo, com predominância absoluta dos gêneros *Cylindrospermopsis* e *Planktothrix*, potenciais produtores de cianotoxinas. Onde este último gênero foi predominante, nos pontos Alvarenga e Taquacetuba, foram detectadas microcistinas durante os meses de inverno, quando a densidade de cianobactérias atingiu seus valores mais altos. Correlação inversa entre a densidade de cianobactérias e a pluviosidade foi notória durante o estudo. Estratificação térmica das águas foi evidenciada para as coletas, com pequena amplitude, mas as concentrações de fósforo, nitrogênio e oxigênio dissolvido mensuradas para fundo e superfície não apresentaram diferença estatisticamente relevante entre as profundidades. Muitas das variáveis mensuradas ultrapassaram frequentemente os limites legais para corpos d'água de classe 2. Ao fim do período de coleta evidenciou-se desestratificação da coluna d'água, o que, junto a outras alterações paramétricas, parece ser seguido por alterações na comunidade de cianobactérias. A alta densidade de células de cianobactérias e a presença de cianotoxinas indica possível risco de exposição humana, através do consumo do pescado, caso aja acúmulo desta nos tecidos dos peixes da região – especialmente de quem os consome com frequência, como pescadores artesanais locais – e diretamente, caso a água seja consumida sem tratamento adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, B.T. *et al.* BILLINGS. Edição Especial Mananciais Cadernos de Educação Ambiental Do Governo do Estado de São Paulo, 2010.

APHA – American Public Health Association Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22^o edition. Disponível em <<http://www.standardmethods.org/>>, 2012.

BARBIERI, E., BONDIOLI, A. C., WOJCIECHOVSKI, E., ZAPOTOSKI, S. M. Microbiological quality of cultivation water used for oysters marketed in Cananeia-SP, Brazil. O mundo da Saúde, São Paulo, Brazil; vol 36 –n 04 p. 541-547, 2012

BERTOLETTI, E. Controle Ecotoxicológico de Efluentes Líquidos no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, Série Manuais, 36 pp, 2008.

BERTOLETTI, E.; ZAGATTO, P.A. Ecotoxicologia aquática, Princípios e aplicações. Rima, São Paulo, São Carlos, 2006

BOSTELMANN, E. Avaliação da concentração de metais em amostras de sedimento do reservatório Billings, braço Rio Grande, São Paulo, Brasil. Master of Science, IPEN, Sao Paulo, 478 p, 2006.

BRANCO, S. M. Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária, ed. 2, São Paulo - SP, Editora CETESB, 1983.

BRASIL- MMA; Ministério do Meio Ambiente. Resolução No 357, de 17 de março de 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>, 2005.

BRASIL-MS; Ministério da Saúde. Portaria 2914, de 12 de Dezembro de 2011. Disponível em < http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>, 2011.

BRUSCATO, M. Entrevista para o jornal O Estado de São Paulo com o Primeiro Promotor do Meio Ambiente do Ministério Público Estadual, Sr. José Eduardo Ismael Lutti. Disponível em <www.estadao.com.br/noticias/vidae/,entenda-por-que-a-flotacao-do-rio-pinheiros-deu-errado,532045,0.htm>

CAMARGO, M. F., & PAULOSSO L. V. Avaliação qualitativa da contaminação microbiológica das águas de poços no município de Carlinda–MT. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, 30(1), 77-82, 2009.

CARMO, R. L. DO; TAGNIN, R. Uso Múltiplo da água e Múltiplos Conflitos em Contextos Urbanos: o caso do Reservatório Billings. In: Migração e Ambiente nas Aglomerações Urbanas. Daniel Joseph Hogan, et al. (orgs). – Campinas: Núcleo de Estudos de População/UNICAMP, pags 421-439, 2008.

CARVALHO, L.R., SANT'ANNA, C.L., GEMELGO, M.C.P., AZVEDO, M.T.P. Cyanobacterial occurrence and detection of microcystin by planar chromatography in surface water of Billings and Guarapiranga Reservoirs, SP, Brazil Rev. bras. Bot. vol.30 no.1, São Paulo, Jan./Mar. 2007.

CASTRO, P.M.G.; GOMEZ, A.B.; MARUYAMA, L.S.; BEZERRA DE MENEZES, L.C. Registros históricos da ictiofauna presente na represa Billings (Bacia do Alto Tietê, SP) Textos Técnicos do Instituto de Pesca, São Paulo, 2011.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2000. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2001.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2001. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2002.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2002. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2003.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2003. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2004.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2004. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2005.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2005. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2006.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2006. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2007.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2007. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2008.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2008. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2009.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2009. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2010.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2010. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2011.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2011. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2012.

CETESB Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo - 2012. São Paulo: Cetesb (Série Relatórios), 2013.

CHISLOCK, M. F., DOSTER, E., ZITOMER, R. A., WILSON, A. E. Eutrophication: Causes, Consequences, and Controls in Aquatic Ecosystems. Nature

Education

Knowledge 4(4):10, Disponível em <<http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/eutrophication-causes-consequences-and-controls-in-aquatic-102364466>>, 2013.

CHORUS, I. e BARTRAM, J. Toxic Cyanobacteria in Water- a guide to their public health consequences, monitoring and management. E & FN Spon, London, 1999.

COBRAPE Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings - Relatório Final. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/88463933/PDPABillings-RelatorioFinal-1>>, 2011

FRACALANZA, A. P.; BILLINGS, Reservatório. apropriação da água, conflitos e gestão. Encontro Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, I, Indaiatuba. Anais...Belem: Anppas. p.1-24. 2002.

FURLAN, N. Distribuição da Ictiofauna do Rio Grande (Alto Tietê, SP) e Níveis da Exposição ao Mercúrio (Hg) ao longo de seu eixo e na zona de influência da Represa Billings. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca, São Paulo-SP, 2010.

GALEZ, C. Água da Represa Billings melhora 15%. Disponível em:<<http://www.dgabc.com.br/News/5948847/agua-da-represabillings-melhora-15.aspx>>, 2012.

GASPARINI, D., CUNHA, F., CALIJURI, M.C., LAMPARELLI, M.C., MENEGON Jr., N. Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005–2009). Engenharia Sanitária Ambiental v.18 n.2, p. 159-168, abr/jun 2013.

GIANI, A. e Figueiredo, C.C. Cianobactérias na lagoa da Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil In: HENRY, R. (org). Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. FAPESP/FUNDIBIO, Botucatu, 800p, 2007.

HORTELLANI, M.A.; SARKIS, J.E.S.; BEZERRA DE MENEZES, L.C.; BAZANTE-YAMAGUSHI, R.; PEREIRA, A.S.A.; GARCIA, P.F.G.; MARUYAMA, L.S.; CASTRO, P.M.G. Assesmentof metal concentration in the Billings reservoirsediments, São Paulo state, southeasternBrazil. JournalofBrazilianChemicalSociety, vol.00, n.00,1-10, 2012.

LIMA, D. S.C.; PEIXOTO, J. R. O.; COSTA, R. A.; VIEIRA, G. H. F.; KOCH, J. Influência das galerias pluviais para poluição de origem fecal do Rio Acaraú, no trecho urbano de Sobral-Ceará. Boletim Técnico Científico do Cepnor, 9(1), 151-157. 2012.

HONDA, R.Y., MERCANTE, C.T.J., VIEIRA, J.M.S., ESTEVES, K.E., CAPIANCA, M.A., AZEVEDO, M.T. Cianotoxinas em Pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo. Em: ESTEVES, K.E. e SANT'ANNA, C.L. (org.) Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e

manejo – um estudo da região metropolitana. Editora RiMa, p.121-146 de 228, 2006

MATSUZAKI, M. Transposição das águas do braço Taquacetuba da represa Billings para a represa Guarapiranga: aspectos relacionados à qualidade de água para abastecimento. Tese, São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, USP. 181 p, 2007.

MITSOURA, A., KAGALOU, I., PAPAIOANNOU, N., BERILLIS, P. The presence of microcystins in fish *Cyprinus carpio* tissues: a histopathological study. *International Aquatic Research*, 5:8, 2013.

MOSCHINI-CARLO, V.; PADIAL, P. R., POMPÊO; M. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água no reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). *Ambiente e Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 4, 2009.

NASCIMENTO, M.; Relatório Final – Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da bacia Hidrográfica da Represa Billings. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp/pactodasaguas/files/2011/10/Apresentacao-PDPA-B-Marcia-Nascimento-081211.pdf>>, 2011.

NORDI, C.S.F., CORTEZ, M.P.T., POMPÊO, M.L.M. Estudo da variação sazonal e da influência dos fatores Físico-Químicos na Dinâmica do Fitoplâncton da represa Billings, São Paulo, Brasil. Resumo, disponível em Anais do XIV Congresso Brasileiro de Limnologia (CD), 2013.

OLIVEIRA-SILVA, J.J.; ALVES, S.R.; ROSA, H.V.D. É Veneno ou é Remédio? Cap. 6: Avaliação da exposição humana a agrotóxicos. 121-136, ed. Fiocruz, 2003.

PADIAL, P.R.; POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água no reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). *Ambi-Água*, Taubaté, vol.4, n.3, p.35-53, 2009.

PAMOLARE Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização. Unesco, ANA, IIE, Unep-PNUMA, 385p, 2001.

PETRERE Jr., M.; WALTER, T.; MINTE-VERA, C.V. Income evaluation of small-scale fishers in two Brazilian reservoirs: represa Billings and lago Paranoá. *Brazilian Journal of Biology*, n.6(3): 817-828, 2006.

PINHEIRO, M,G, Padrões químicos para a emissão de efluentes são concentrações seguras para a biota aquática? Monografia (Bacharelado). Programa de graduação em Ciências Biológicas em Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências. 2010.

RAMALHO, J.F.G.P.; SOBRINHO, N.M.B.A. Metais pesados em solos cultivados com cana de açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais, revista *Floresta e Ambiente*, V.8, n.1, p.120-129, jan./dez. 2001.

REPULA, C. M. M. et al. Biomonitoramento de Cr e Pb em peixes de água doce. Quim. Nova, v. 35, n. 5, p. 905-909, 2012.

RIBEIRO, M.A.R. Efeitos deletérios de microcistina em matrinxã (*Bryconcephalus*) e tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Tese, Programa de Pós-Graduação em Qualidade e Produtividade Animal, Pirassununga, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2010.

ROCHA, A.A. & BRANCO, S.M., O Nitrogênio e o Fósforo como fatores limitantes ao desenvolvimento de algas cianofíceas na Represa Billings. São Paulo, (Brasil). Revista D.A.E..vol.45 – n°141, p.156-158, 1985.

ROCHA, A.A., PEREIRA, D.N.& PÁDUA, H.B. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings. São Paulo (Brasil). Revista da Saúde Pública. v. 19, p. 401-410, 1985.

SANT'ANNA, C.L.; TUCCI, A.; AZEVEDO, M.T.P.; MELCHER, S.S.; WERNER, V.R.; MALONE, C.F.S.; ROSSINI, E.F.; JACINAVICIUS, F.R.; HENTSCHKE, G.S.; OSTI, J.A.S.; SANTOS, K.R.S.; GAMA-JÚNIOR, W.A.; ROSAL, C., ADAME, G. Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras. Publicação eletrônica, Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia. Disponível em <www.ibot.sp.gov.br>, 2012.

SÃO PAULO-SMA (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Flotação: Nova Vida para o Rio Pinheiros. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/2011/12/pomar.pdf>> 2011

SILVA, M.E.P.A. Pescarias de pequena escala no Reservatório Billings (Alto Tietê, SP) nos anos de 2005 a 2007. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca, São Paulo-SP, 2010. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftppeca/dissertacaoMariaEugenia.pdf>>

SILVA, S.C.; NISHIMURA, P.Y.; POMPÊO, M.L.M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Caracterização limnológica das águas superficiais do reservatório Billings (São Paulo-SP). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8, Anais, Caxambu, SOCIEDADE DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2p, 2007.

SSRH – SP, Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos de São Paulo. Programa mananciais. Disponível em <http://www.saneamento.sp.gov.br/crbst_27.html>, 2013.

STARLING, J. E. M. D. O. Avaliação de bioacumulação de microcistina-LR em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) exploradas comercialmente no Lago Paranoá (Brasília-DF). Dissertação, Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2010. Disponível em: http://bdtd.bce.unb.br/tesesimplificado/tde_arquivos/36/TDE-2011-0210T084332Z5644/Publico/2010_JanainaEmanuelleMendesdeOliveiraStarling.pdf

TEMPO AGORA Dados observados para São Bernardo do Campo. Disponível em<<http://www.tempoagora.com.br/previsaodotempo.html/brasil/observados/SaoBernard>

odoCampo-SP/>, base de dados em <<https://docs.google.com/spreadsheets/ccc?key=0Ag8ytYrPMo3adDF6MDFGdWtVZV11bHVybjZZWk1mRFE#gid=0>>, acesso em 24 de julho de 2013.

TUCCI, A. 2002. Sucessão da comunidade fitoplanctônica de um reservatório urbano e eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. Tese, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

TUCCI, A.; SAWATANI, M.; LOPES, R.I. Espécies descritoras da comunidade fitoplanctônica das Represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga. In: 18ª Reunião Anual de Botânica, 2011.

TUNDISI, J. G. The conservation of Neotropical Biodiversity: the road to sustainability. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 72, n. 3, Aug. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842012000300001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10/10/2013

TUNDISI, JG; MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos. 631p, 2008.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 9:1-38, 1958.

VILELA, P. A. D. Reúso de água do Rio Pinheiros como elemento de recuperação da Represa Billings. Tese, Programa de Pós-Graduação em Saúde Animal, São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2009.

WEBER, C.I. Plankton. Em: National Environmental Research Center Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati (Ed.). Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface water and effluents. p.1-17, 1973.

WENGRAT, S. e BICUDO, D.C. Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, southeastern Brazil), Acta Limnologica Brasiliensis, vol.23 no.2, p. 200-216, Rio Claro. Apr./June 2011.

ZAGATTO, P.A., GHERARDI-GOLDSTEIN, E. Toxicidade em águas do Estado de São Paulo. Ambiente, 5 (1):13 – 20, 1991

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

1. Demonstrada a relação entre chuvas e o aumento na concentração de bactérias *Escherichia coli* no braço Alvarenga, altamente urbanizado, é razoável supor que ainda há grande número de imóveis carentes de coleta e tratamento de seus efluentes, e é preciso dar maior atenção em locais de características semelhantes na ampliação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos. Outros poluentes carregados pelas chuvas, como metais, patógenos e compostos orgânicos complexos, também devem ser considerados para o planejamento de ações de recuperação.
2. Programas de monitoramento já existentes, automáticos ou não, devem ser analisados em sua escala temporal e acrescidos de estudos mais complexos, a fim de criar maior conhecimento sobre o comportamento ecológico do sistema e permitir maior previsibilidade de suas condições.
3. Estudos posteriores, com monitoramento de longo prazo e maior frequência amostral, podem focar a previsibilidade de ocorrências das alterações sazonais das condições limnológicas, que podem ser de grande valia para ações de planejamento de aplicações de algicidas, alteração de margens, movimentação de sedimento ou outras que poderiam ter seus efeitos maximizados e impactos diminuídos quando realizados em momentos em que as condições paramétricas as otimizem.
4. Dado que a atual legislação objetiva o uso do corpo da represa Billings para abastecimento, e já há uso indireto de suas águas para este fim com a transposição de grandes volumes de água para a represa Guarapiranga, é preciso maior assertividade nas ações de recuperação que viabilizem seu uso como reservatório de abastecimento, ainda mais importante com a crescente escassez hídrica pela qual passa a RMSP.
5. Embora na amostragem do presente não tenham sido identificadas amostras com toxicidade aguda ou crônica, é fato que estes efeitos foram constatados em outras ocasiões. Nestes casos, é possível realizar estudos com os organismos testes que apresentaram sensibilidade um estudo de identificação de toxicidade, processo complexo que visa "Promover reações físicas e químicas em uma amostra, que alterem a biodisponibilidade das

substâncias, ou acarretem sua remoção. Se ocorrer perda de toxicidade, fica aparente qual seria o grupo de substâncias responsáveis pelo efeito tóxico da amostra" (BERTOLETTI, 2008). Isolar o elemento tóxico através de suas características por este processo pode minimizar a necessidade de acompanhar rotineiramente gamas amplas de elementos suspeitos, direcionar a busca de fontes poluidoras específicas, melhorando assim a eficácia de iniciativas fiscalizatórias ou ao menos apontando a direção dos esforços de proteção. Os tratamentos possíveis incluem adição de EDTA, de Tiosulfato, filtração, ajuste de pH, aeração, passagem por coluna C18, autoclavação, dentre outros.

6. As condições de pH, temperatura, condutividade e matéria orgânica da represa, dentre outras, propiciam a manutenção de alguns elementos na coluna d'água, como o chumbo, enquanto retardam a biodisponibilidade de outros, como o mercúrio. Pode haver alteração sazonal na disponibilidade de metais na coluna d'água, acompanhando as alterações físico-químicas temporais. A melhoria da qualidade das águas da represa significará futuramente alterações na biodisponibilidade e toxicidade das águas da represa, e os futuros administradores devem levar em conta esta possível fase de dessedimentação de elementos tóxicos no planejamento do processo de melhoria da represa.
7. A dinâmica entre as espécies de cianobactérias, caso estudada a longo prazo, pode permitir a identificação de padrões que norteiem ações como o impedimento temporário da transposição de águas para a represa Guarapiranga, manejo da pesca, proibição de atividades de lazer ou outras que exponham a população a elementos tóxicos, dentre outras. Por outro lado, ações de controle não podem subestimar a resposta destes organismos. CHORUS e BARTRAM (1999) colocam que certas espécies de cianobactérias, quando alvo de ações de biomanipulação que estimulem sua predação, reagem com produção de mais cianotoxinas, aumentando o problema para uso das águas para abastecimento, pesca e indústria alimentícia, por exemplo.
8. Na ausência de conhecimento sobre a exata dinâmica de biomagnificação e contaminação patogênica ou química para os peixes da represa nestas condições, é necessário constante acompanhamento da saúde dos

consumidores do pescado e da qualidade deste, a fim de prever alterações e se antecipar a problemas que eventualmente possam surgir.

9. É essencial a participação dos pescadores nas tomadas de decisões, pois ignorar estes atores sociais é contraproducente. É da maior importância que eles possam ser partícipes nas decisões futuras que poderão ser tomadas, a fim de obter apoio e evitar conflitos. Os pescadores são fiscais e observadores diários dos acontecimentos na represa, além de possuírem uma percepção própria e sensível das alterações da qualidade de suas águas e pescados. Apoiá-los traz um contingente insubstituível de parceiros pela recuperação daquelas águas.

ANEXOS

Anexo 1 – Resumo dos dados estatísticos dos parâmetros limnológicos aferidos com diferenças espaciais significativas.

Parâmetros	Ponto	Profundidade	Homogeneidade	Média ± desvio padrão	Normalidade ¹		Relação Zona eufótica x fundo		Relação entre pontos			
					W	P			Elemento estatístico	Taq x Big	Taq x Alv	Big x Alv
Fósforo	Taquacetuba	Zona Eufótica	Variâncias desiguais	75.1±7,5	0.9723	0.9018	Z	0.3812	Zona eufótica			
		Fundo		78.2±6.3	0.9268	0.4946	Q	NS	Z	1,4052	2,3528	3,7580
	Biguás	Zona Eufótica		58.9±9.8	0.9713	0.8940	Z	0.3159	Q	NS	NS	<0,05
		Fundo		54.8±12.8	0.8185	0.0722	Q	NS	Fundo			
	Alvarenga	Zona Eufótica		145.3±29.2	0.7443	0.0148	Z	0.3268	Z	2,1023	2,2984	4,4007
		Fundo		151.6±29.0	0.8269	0.0842	Q	NS	Q	NS	NS	<0,05
Nitrogênio	Taquacetuba	Zona Eufótica	SIM	4384.9±818.5	0.5778	0.0079	Z	0.4575	Zona eufótica			
		Fundo		4344.6±771.1	0.5551	0.0076	P	NS	Z	0,9477	2,4509	1,5032
	Biguás	Zona Eufótica		4566.5±918,8	0.6930	0.0095	Z	13.834	P	NS	NS	NS
		Fundo		4579.1±810,6	0.7546	0.0182	P	NS	Fundo			
	Alvarenga	Zona Eufótica		4933.3±826.3	0.6379	0.0087	Z	0.1525	Z	1,3834	0,0609	1,6775
		Fundo		4983.6±753.4	0.6676	0.0091	P	NS	P	NS	<0,05	NS
Condutividade	Taquacetuba	Zona Eufótica	SIM	189.43±11.5	0.9077	0.4097	Q	0.2572	Zona eufótica			
		Fundo		190.14±7.4	0.9129	0.4329	P	>0,05	Q	5,1949	14,4531	19,6480
	Biguás	Zona Eufótica		175.00±5.1	0.9849	0.9797	Q	18.516	P	<0.01	<0.01	<0.01
		Fundo		180.14±5.6	0.8997	0.3742	P	>0,05	Fundo			
	Alvarenga	Zona Eufótica		229.57±8.4	0.7980	0.0465	Q	23.146	Q	3,6004	11,8814	15,4818
		Fundo		223.14±3.1	0.9217	0.4720	P	>0,05	P	>0,05	<0.01	<0.01
Oxigênio Dissolvido	Taquacetuba	Zona Eufótica	SIM	11,6±1,2	0.9215	0.4781	Q	4,8537	Zona eufótica			
		Fundo		8,7±1,1	0.9077	0.4235	P	<0,05	Q	0,6067	3,0336	2,4269
	Biguás	Zona Eufótica		11,0±1,3	0.9596	0.7778	Q	4,2479	P	>0,05	>0,05	>0,05
		Fundo		8,6±1,0	0.7724	0.0396	P	>0,05	Fundo			
	Alvarenga	Zona Eufótica		9,6±1,7	0.7858	0.0486	Q	6,6738	Q	0,0000	4,8537	4,8537
		Fundo		5,8±1,4	0.9022	0.4018	P	<0,01	P	>0,05	<0,05	<0,05
Sólidos Totais dissolvidos	Taquacetuba	Zona Eufótica	NÃO	0,122±0,004	0.9413	0.6215	Z	0,6439	Zona eufótica			
		Fundo		0,125±0,004	0.7785	0.0437	P	NS	Z	1,7125	2,5619	4,2744
	Biguás	Zona Eufótica		0,114±0,003	0.9634	0.8101	Z	0,5343	P	NS	NS	<0,05
		Fundo		0,116±0,003	0.9463	0.6645	P	NS	Fundo			
	Alvarenga	Zona Eufótica		0,147±0,004	0.9541	0.7308	Z	0,3288	Z	1,8221	1,5892	3,4113
		Fundo		0,145±0,002	0.8759	0,2974	P	NS	P	NS	NS	<0,05
Clorofila	Taquacetuba	Zona Eufótica	SIM	37,8±8,3	0.8833	0.3012			Zona eufótica			
	Biguás	Zona Eufótica		34,0±11,5	0.8737	0,2588			Q	1,0681	4,0435	2,9754
	Alvarenga	Zona Eufótica		22,8±9,4	0.9076	0.4095			P	>0,05	<0,05	>0,05
E. coli	Taquacetuba	Zona Eufótica	NÃO	1,1 ± 0,4	0.4533	0.0062			Zona eufótica			
	Biguás	Zona Eufótica		270,3 ± 646,4	0.4953	0.0068			W	2,5198	3,8120	1,2922
	Alvarenga	Zona Eufótica		712,9 ± 728,9	0.8712	0.2475			P	<0,05	<0,05	NS

¹ - Negrito, amostragens sem normalidade

Anexo 2 – Resumo dos dados estatísticos dos parâmetros limnológicos aferidos sem diferenças espaciais significativas.

Parâmetros	Ponto	Profundidade	Homogeneidade	Média ± desvio padrão	Normalidade ¹		Elemento estatístico	Relação Zona Eufótica x Fundo	Relação entre pontos		
					W	P			Taq x Big	Taq x Alv	Big x Alv
									Zona Eufótica		
Turbidez	Taquacetuba	Zona Eufótica	NÃO	4,8±2,5	0.8942	0.3699	Z	2,3838	1,165	2,1920	1,028
		Fundo		14,1±3,8	0.9389	0.6009	P	NS	NS	NS	NS
	Biguás	Zona Eufótica		9,4±5,9	0.9444	0.6479	Z	2,329	Fundo		
		Fundo		19,4±5,4	0.9006	0.3955	P	NS			
	Alvarenga	Zona Eufótica		17,2±16,0	0.7362	0.0177	Z	1,5618	1,11	1,3700	0,26
		Fundo		25,1±13,0	0.7507	0.0251	P	NS	NS	NS	NS
pH	Taquacetuba	Zona Eufótica	NÃO	5,8±0,2	Dados não permitem cálculo		Relação entre pontos Zona eufótica e Fundo				
		Fundo		5,6±0,2			H	7,4242			
	Biguás	Zona Eufótica		5,7±0,2			P	0,191			
		Fundo		5,5±0,1							
	Alvarenga	Zona Eufótica		5,7±0,2							
		Fundo		5,4±0,2							
Temperatura	Taquacetuba	Zona Eufótica	SIM	19,3±1,8	0.8473	0.1845	Relação entre pontos Zona eufótica e Fundo				
		Fundo		17,5±2,3	0.8890	0.3495	F	1,9112			
	Biguás	Zona Eufótica		19,0±1,5	0.9022	0.4018					
		Fundo		17,3±2,4	0.9321	0.5437	P	0,1214			
	Alvarenga	Zona Eufótica		17,6±2,0	0.8120	0.0816					
		Fundo		16,5±2,3	0.8181	0.0896					
Coliformes totais	Taquacetuba	Zona Eufótica	NÃO	1250,4 ± 808,4	0.9295	0.5135	Relação entre pontos - Zona eufótica				
	Biguás	Zona Eufótica		4485,4 ± 7348,5	0.6782	0.0093	H	5,2440			
	Alvarenga	Zona Eufótica		10647,6 ± 9641,1	0.8726	0.2537	P	0,0727			
Feofitina	Taquacetuba	Zona Eufótica	NÃO	5,8±10,6	0.6032	0.0083	Relação entre pontos - Zona eufótica				
	Biguás	Zona Eufótica		6,9±12,3	0.6260	0.0086	H	4,5443			
	Alvarenga	Zona Eufótica		16,7±28,3	0.5726	0.0078	P	0,1031			

¹ - Negrito, amostragens sem normalidade

Legenda:

Elemento estatístico	Significado
P	Nível de probabilidade
Q	Resultado do teste estatístico de Tukey
W	Resultado do teste estatístico de Shapiro-Wilk
Z	Resultado do teste estatístico de Dunn
F	Resultado da análise de variância (ANOVA)
H	Resultado do teste estatístico de Kruskal-Wallis
NS	Não se aplica

Anexo 3 – Valores de metais, em mg/L, aferidos durante o período amostral.

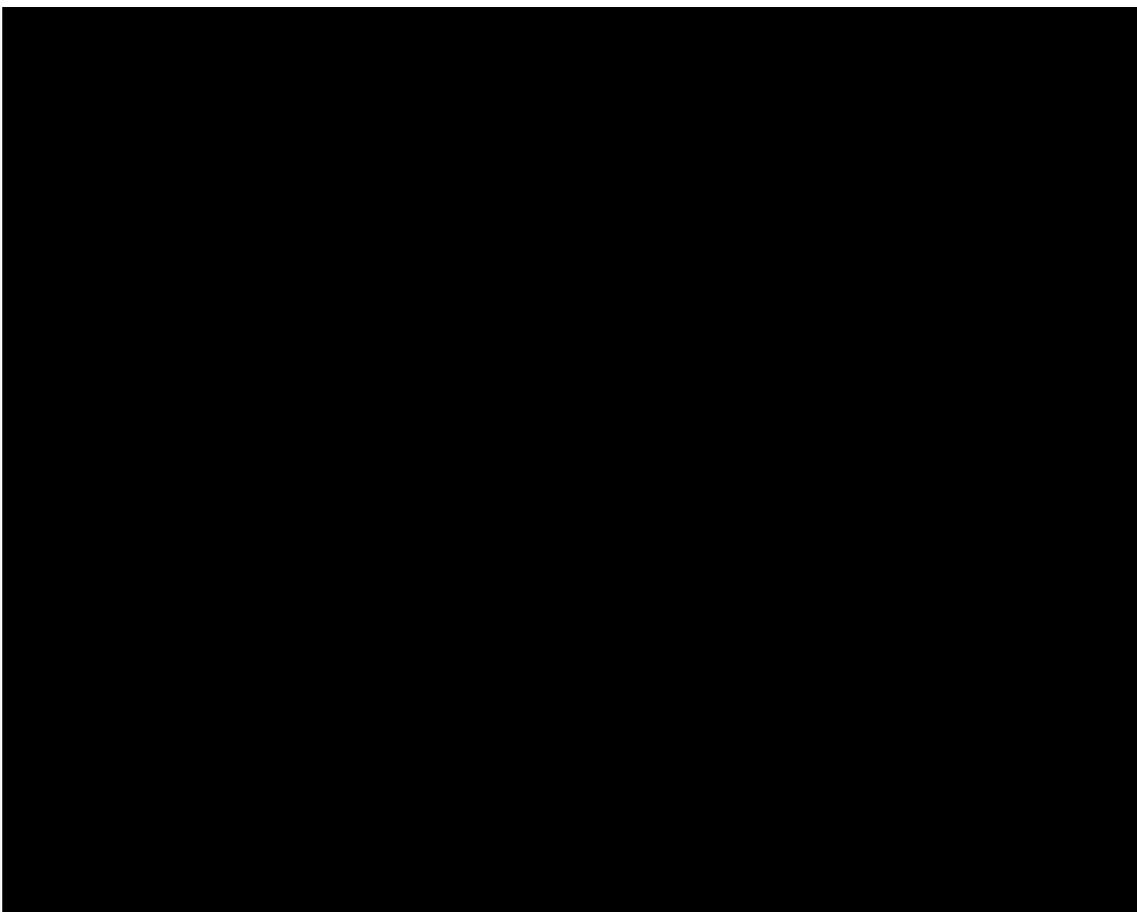
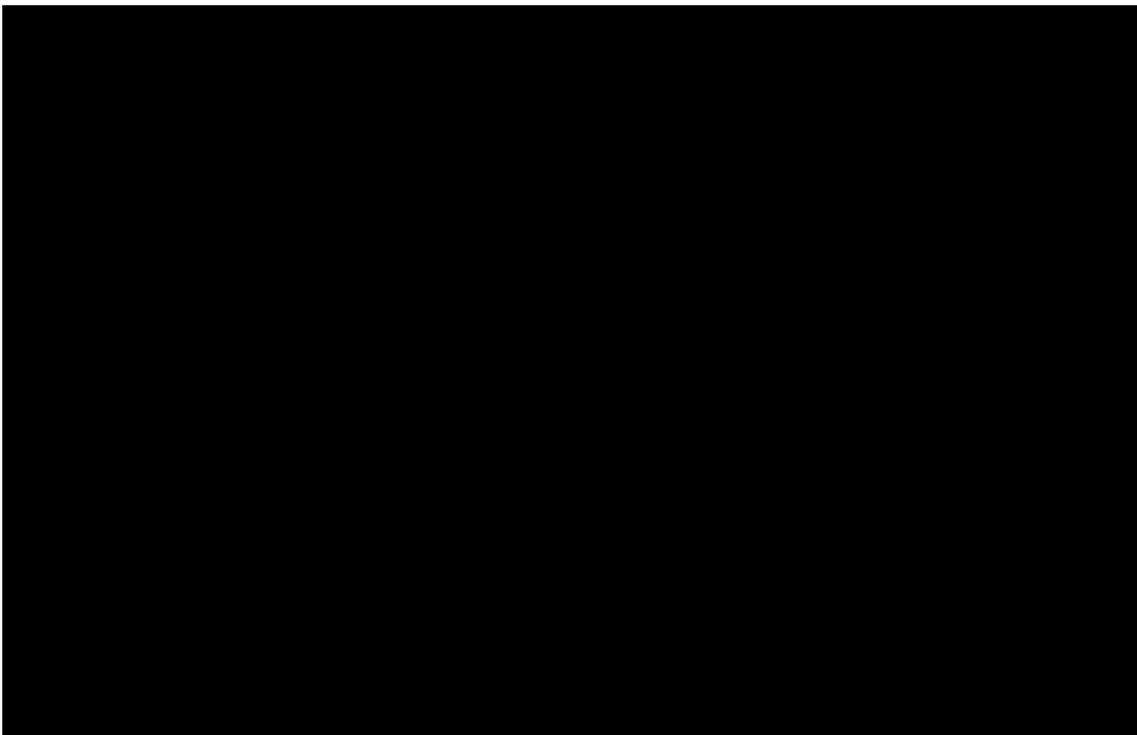
Em negrito, valores acima dos estipulados pela resolução CONAMA 357, de 2005: Chumbo - <0,1 mg/L; Mercúrio - <0,0002 mg/L; Cromo - <0,005 mg/L; Cobre - <0,009 mg/L; e Alumínio - <0,1 mg/L. Valores referidos como “0” significam concentrações abaixo do limite de detecção dos respectivos métodos.

Data de coleta	TAQUACETUBA				
	Pb	Hg	Cr	Cu	Al
17/04/2012	0,0064	0	0,0001	0	0,0016
22/05/2012	0,0125	0,0009	0	0	0
16/06/2012	0,0084	0,00012	0,0047	0,003	0,0075
24/07/2012	0,0118	0	0,0008	0	0
13/09/2012	0,044	0,00023	0,024	0	0,0047
26/09/2012	0,025	0,00024	0,019	0,001	0
MÉDIA	0,018017	0,000248	0,0081	0,000667	0,0023
DP	0,014286	0,000336	0,01064	0,001211	0,003136
VARIÂNCIA	0,000204	1,13E-07	0,000113	1,47E-06	9,83E-06

Data de coleta	BIGUÁS				
	Pb	Hg	Cr	Cu	Al
17/04/2012	0,0095	0	0,0005	0	0,0043
22/05/2012	0,0094	0,00006	0	0	0
16/06/2012	0,005	0,00016	0	0,002	0,2452
24/07/2012	0,0075	0	0,0019	0,002	0,0058
13/09/2012	0	0,00021	0,007	0	0,0018
26/09/2012	0,054	0,00021	0,014	0,001	0,0121
MÉDIA	0,014233	0,000107	0,0039	0,000833	0,044867
DP	0,019801	9,91E-05	0,005614	0,000983	0,098231
VARIÂNCIA	0,000392	9,83E-09	3,15E-05	9,67E-07	0,009649

Data de coleta	ALVARENGA				
	Pb	Hg	Cr	Cu	Al
17/04/2012	0,0069	0	0,0004	0,006	0,0688
22/05/2012	0,0183	0,00009	0	0,004	0,0384
16/06/2012	0,0055	0,00019	0,0001	0	0
24/07/2012	0,0077	0	0,001	0	0,1857
13/09/2012	0,055	0,00025	0,008	0,003	0
26/09/2012	0	0,00018	0,015	0,002	0,0043
MÉDIA	0,015567	0,000118	0,004083	0,0025	0,049533
DP	0,020214	0,000105	0,006166	0,002345	0,072097
VARIÂNCIA	0,000409	1,1E-08	3,8E-05	5,5E-06	0,005198

Anexo 4 – Espécies de cianobactérias encontradas no período amostral e sua concentração em cel/ml.



Anexo 4 – continuação

