

**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**

**QUALIDADE DA ÁGUA EM LOCAIS DE PESCA DO RESERVATÓRIO  
BILLINGS (SÃO PAULO): CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS E  
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

**José Ricardo Baroldi Ciqueto Gargiulo**

**Orientadora: Profa. Dra. Cacilda Thais Janson Mercante**

**Coorientadora: Profa. Dra. Luciana Carvalho Bezerra de Menezes**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo**

**Outubro – 2014**

**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**

**QUALIDADE DA ÁGUA EM LOCAIS DE PESCA DO RESERVATÓRIO  
BILLINGS (SÃO PAULO): CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS E  
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

**José Ricardo Baroldi Ciqueto Gargiulo**

**Orientadora: Profa. Dra. Cacilda Thais Janson Mercante**

**Coorientadora: Profa. Dra. Luciana Carvalho Bezerra de Menezes**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo**

**Outubro – 2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

G231q Gargiulo, José Ricardo Baroldi Ciqueto  
Qualidade da água em locais de pesca do reservatório Billings (São Paulo):  
características físicas e químicas e macroinvertebrados bentônicos / José Ricardo  
Baroldi Ciqueto Gargiulo -- São Paulo, 2014  
viii, 76f. ; il. ; 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. Impacto ambiental. 2. Eutrofização. 3. Zoobentos. I Mercante, Cacilda Thais  
Janson. II. Título.

CDD 574.5

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

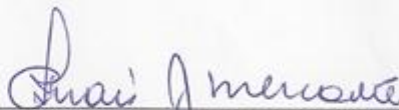
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
**INSTITUTO DE PESCA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**QUALIDADE DA ÁGUA EM LOCAIS DE PESCA DO  
RESERVATÓRIO BILLINGS (SÃO PAULO): CARACTERIZAÇÃO  
FÍSICO-QUÍMICA E MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

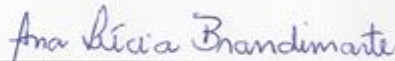
**JOSÉ RICARDO BAROLDI CIQUETO GARGIULO**

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

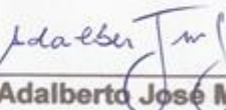
APROVADA EM 30/10/2014 POR:



**Profa. Dra. Cacilda Thais Janson Mercante**  
Orientadora e Presidente da Comissão Examinadora



**Profa. Dra. Ana Lúcia Brandimarte**  
1º Titular da Comissão Examinadora



**Prof. Dr. Adalberto José Monteiro Júnior**  
2º Titular da Comissão Examinadora

# **DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS**

## **Dedico**

**À Energia da Vida em todas as suas expressões.**

**À minha mãe Helaine por seu amor infinito.**

**Ao meu avô Hélio e minha avó Helena.**

**Ao meu pai Ricardo e irmãos Priscila e Cesar.**

**Aos meus primos, primas, tias e tios.**

**Aos meus amigos e amigas.**

**Aos meus professores e professoras.**

**A todos os professores e biólogos.**

**Especialmente dedico aos meus alunos e alunas.**

## **Agradeço**

Ao Instituto de Pesca do Estado de São Paulo/APTA/SAA e ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Superior Nível pela bolsa de Mestrado.

À Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. (EMAE) pela disponibilização de informações.

À minha orientadora Profa. Dra. Cacilda Thais Janson Mercante e Coorientadora Profa. Dra. Luciana Carvalho Bezerra de Menezes pela oportunidade, acompanhamento e auxílio constantes.

À Profa Dra. Maria Letizia Petesse pela orientação e apoio no desenvolvimento da análise estatística, paciência e acompanhamento no desenrolar das atividades.

Aos Professores e Professoras do Programa de Pós graduação do Instituto de Pesca pelos preciosos ensinamentos e acessibilidade em especial Profa Paula Maria Gênova de Castro Campanha pela amizade e colaboração no desenvolvimento.

Aos membros do comitê de Pós graduação em especial à Profa. Dra. Cláudia Maris Ferreira Mostério, Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques, Profa Dra Katharina Eichbaum Esteves e Prof. Dr. Antônio Olinto Ávila da Silva pelo apoio.

Aos pesquisadores bibliotecárias e funcionários do Instituto de Pesca pelo convívio construtivo e contribuição direta e indireta neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Adalberto José Monteiro Júnior pelo auxílio nas atividades de campo, preciosas conversas sobre as aplicabilidades educacionais do estudo e participação na banca examinadora.

À Profa. Dra. Ana Lúcia Brandimarte pela sua constante presença, inspiração e auxílio em minha formação profissional desde a graduação.

Ao Dr. Clovis Ferreira do Carmo pelo auxílio nas atividades de campo e colaboração no desenvolvimento das análises junto à equipe laboratorial.

À equipe de análise laboratorial, em especial à técnica Lilian Paula Faria Pereira e ao técnico Luiz Claudio dos Santos Evangelista do Laboratório de Recursos Hídricos do Instituto de Pesca de São Paulo pela amizade, auxílio em campo e análise laboratorial.

À equipe de apoio à pesquisa científica do Instituto de Pesca em especial Sr. Ocimar, Sr. João, Sr. Marcos, Sr. Sergio pelo apoio na organização burocrática e coletas.

À comunidade de pescadores do reservatório Billings - Capatazia Z1 de São Bernardo do Campo e, em especial Sra. Vanderlea e família e em memória do Sr. Orlando, pela amizade, disponibilização de informações e apoio nas coletas.

Aos meus amigos de mestrado, Ricardo Avari, Munique de Almeida Moraes, Juliana Macedo, Natalia Della Fina, Nayra Nicolau, Tiago Rodrigues e Sarah Carrião pelo companheirismo e trocas construtivas.

Ao meus amigos Luciana Menezes, Michael Laurence Agnelo, Catarina Virga, David Machado, Mari Inêz Tavares, Patricia Yumi, Francisco Kiko Maciel, Conceição Oliveira, Jairo Antônio da Silva e Magda Marilda Maluf pela amizade e por aprendermos juntos o verdadeiro valor de cada segundo neste vida.

Aos meus amigos e professores do Instituto de Biociências IB USP e da Faculdade de Filosofia letras e Ciências Humanas FFLCH USP pelo carinho e amizade.

Aos meus professores Roberto Ferraboli, Constatino Carnelos, José Roberto Mathias e Luiz Belinello por me ensinarem o valor do estudo.

# **SUMÁRIO E LISTA DE ABREVIATURAS**



## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS .....	i
SUMÁRIO E LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS .....	iv
resumo .....	vii
abstract .....	viii
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
histórico do reservatório Billings (SP) e seu uso .....	2
resolução CONAMA .....	3
reservatório Billings e a pesca artesanal .....	4
objetivos do presente estudo .....	6
referências Bibliográficas .....	6
CAPÍTULO 1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO RESERVATÓRIO BILLINGS (SP) EM LOCAIS DE PESCA .....	9
resumo .....	11
abstract .....	12
introdução.....	13
material e métodos.....	14
resultados e discussão.....	16
conclusão.....	21
referências bibliográficas.....	21
anexo I – figuras.....	24
anexo II – tabelas.....	36
CAPÍTULO 2. MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA EM LOCAIS DE PESCA DO RESERVATÓRIO BILLINGS (SP) .....	38
resumo.....	40
abstract.....	41
introdução.....	42
material e métodos.....	44
resultados e discussão.....	47
conclusão.....	51
referências bibliográficas.....	52
anexo I – figuras.....	56
anexo II – tabelas.....	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABC (Grande\_; complexo\_): região metropolitana no Estado de São Paulo que compreende os municípios de Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano.

APA: Área de Proteção Ambiental

APHA: *American Public Health Association*

APTA: Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

DCSBCSP: Blog da Defesa Civil de São Bernardo do Campo - SP

CEAGESP: Companhia Entrepósito de Armazéns Gerais do Estado de São Paulo

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, anteriormente Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

CNRH: Conselho Nacional de Recursos Hídricos

COBRAPE - Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

EMAE: Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A.

FCTH: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

GPS: *Global Positioning System*

ICB: Índice da Comunidade Bentônica

IET: Índice de Estado Trófico

IP: Instituto de Pesca do Estado de São Paulo

IPEN: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SAA: Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

SABESP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SEE: Secretaria de Estado de Energia do Estado de São Paulo

SES: Secretaria de Estado da Saúde do Estado de São Paulo

SISNAMA: Sistema Nacional do Meio Ambiente;

SMA: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

SRHSO: Secretaria de Estado de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras:

UGRH - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

**Resumo:** O estudo objetivou utilizar a caracterização dos fatores físicos e químicos da água e da comunidade de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadora para avaliar a qualidade da água em locais de pesca do reservatório Billings (SP). Os pontos amostrados foram: entrada do braço Taquacetuba (P1), região de Alvarenga (P2) e Ilha dos Biguás (P3). Mensalmente de Abril de 2012 a Março de 2013 foi coletada água na subsuperfície e à 0,5m do fundo com garrafa de *Van-Dorn* para análise dos nutrientes nitrogênio (NT) e fósforo (PT) totais. As variáveis pH, temperatura (Temp), condutividade elétrica (Cond), turbidez (Turb), sólidos totais de dissolvidos (TDS) e oxigênio dissolvido (OD) foram medidas com sonda multiparâmetros a cada 0,5m de profundidade desde a superfície até à 0,5m do fundo. O sedimento foi coletado com o pegador Ekman-Birge, sendo realizados três lançamentos por amostra por ponto. Foram traçados os perfis de temperatura da água e de oxigênio dissolvido ao longo da coluna de água. Para avaliação da comunidade bentônica calculou-se densidades totais (D) ( $\text{ind.m}^{-2}$ ), abundância relativa (%), diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ), riqueza de táxons (S), uniformidade ( $U'$ ), dominância de Simpson ( $C'$ ) e índice da comunidade bentônica (ICB). Para avaliação das diferenças espaço-horizontais foram aplicados os testes Kruskal Wallis (H) seguido de Student-Newman-Keuls (SNK) com as variáveis abióticas e bióticas. Realizou-se a análise de componente principal (PCA) com os dados abióticos, a análise de correspondência canônica (CCA) com os dados abióticos e bióticos e o cálculo do índice de estado trófico (IET). Para todos os pontos as concentrações de NT e PT resultaram em não conformidade com o enquadramento de águas de classe 2 da resolução CONAMA 357/2005. O P2 apresentou teores de OD inferiores a 5 mg/L. Os perfis verticais indicaram condições de circulação total na época das chuvas e uma suave estratificação de superfície na época de estiagem. Em relação à comunidade bentônica, os três pontos apresentaram grande abundância relativa de Chaoboridae e Chironomini, táxons semitolerantes, indicadores de ambientes eutrofizados. No P1 ocorreu maior abundância de Polymitarcyidae em relação aos demais pontos, sendo este táxon indicador de oligotrofia e sensível a depleção de OD. No P2 observaram-se maiores abundâncias de Oligochaeta em relação aos demais pontos, sendo este táxon tolerante a baixos teores de OD. Os índices bióticos mostraram maiores valores em P1, com exceção da dominância que apresentou comportamento oposto. O ICB mostrou qualidade ambiental regular no P1 e ruim nos demais pontos. A PCA demonstrou maior correlação do P2 com Cond, NT, PT e TDS indicando piores condições em relação à qualidade da água neste ponto. Este resultado foi corroborado pelo resultado do cálculo do IET classificando este local como hipereutrófico. A CCA demonstrou maior correlação do P1 com OD e Polymitarcyidae indicando melhor qualidade da água neste ponto. Conclui-se que a comunidade bentônica foi ferramenta útil como bioindicadora das condições ambientais do reservatório, notadamente em relação aos teores de OD. Os locais estudados apresentaram alto grau de eutrofização, o P1 apresentou as melhores condições ambientais para desenvolvimento da atividade da pesca e P2 pior qualidade da água, o que pode ser atribuído à intensa urbanização do entorno e sua proximidade do local de transposição do rio Pinheiros, assim desaconselha-se a atividade da pesca neste local.

Palavras-chave: impacto ambiental, eutrofização, zoobentos.

**Abstract:** This study aimed to use the characterization of physical and chemical factors of water and benthic macroinvertebrate community as bioindicator to evaluate water quality in Billings Reservoir fishing sites (SP, Brazil). The sample points were: Taquacetuba (P1), Alvarenga (P2) e Ilha dos Biguás (P3). Monthly April 2012 to March 2013 was collected water in the subsurface and 0.5m from de bottom with bottle Van Dorn to analyze the nutrients nitrogen (NT) and phosphorus (PT) total. pH, water temperature (Temp), electrical conductivity (Cond), turbidity (Turb), dissolved total solids (TDS) and dissolved oxygen (OD) were measured using multiparameter probes for each depth of 0.5m from surface to 0.5m from de bottom. The sediment was collected with the Ekman-Birge grab, being carried out three launches per sample point. Vertical temperature and oxygen saturation profile of the water column were plotted. To assess the benthic community were calculated: total density (D) (ind.m<sup>-2</sup>), relative abundance (%), diversity of Shannon-Weaver (H'), richness of taxa (S), uniformity (U'), dominance of Simpson (C') and index of the benthic community (ICB). To evaluate the horizontal space differences were applied the Kruskal Wallis test (H) followed by Student-Newman-Keuls (SNK) with the abiotic and biotic variables. Were also held the principal component analysis (PCA) with the abiotic data and the canonical correspondence analysis (CCA) with abiotic and biotic data and calculate the trophic state index (IET). For every point the NT and PT concentrations resulted in non-compliance with CONAMA Resolution #357/2005. The P2 was the only one with OD levels below 5 mgL<sup>-1</sup>. The vertical profiles showed well-mixed conditions during the rainy season and a surface stratification in the dry season. Regarding the benthic community, the three points presented great relative abundance of Chaoboridae and Chironomini, almost tolerants taxa, eutrophic environments indicators. In P1 was more abundant Polymitarcyidae in relation to other points, which is oligotrophy indicator and susceptible to oxygen depletion. In P2 there was a greater abundance of Oligochaeta in relation to other points, which is tolerant taxon to low oxygen levels. Biotic indices showed higher values in P1, with the exception of Simpson's dominance that presented the opposite. The ICB showed better environmental quality in P1 compared to the other points. The PCA showed higher correlation of the P2 with Cond, NT, PT and TDS indicating worse quality of water at this point. This result was corroborated by the results of IET calculation classifying this site as hypereutrophic. The CCA showed higher correlation of the P1 with OD and Polymitarcyidae indicating better quality of water at this point. We conclude that the benthic community was a useful tool as a bioindicator of environmental conditions of the reservoir, especially with respect to oxygen levels. The sites studied showed a high degree of eutrophication. Taquacetuba showed the best environmental conditions for development to fishing activity. Alvarenga showed the worst water quality which can be related to area of intense urban occupation and its proximity with local of water transposition Pinheiros River, advising against to fishing at this location.

**Keywords:** environmental impact, eutrophication, zoobenthos.

# **INTRODUÇÃO GERAL**

## INTRODUÇÃO GERAL

### Histórico do reservatório Billings (SP) e seu uso

O reservatório Billings é o maior reservatório de água do Estado de São Paulo, faz parte da bacia do Alto Tietê e do sistema de monitoramento da qualidade das águas do Estado de São Paulo como a 6ª. UGRH (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos) segundo CETESB (2012 e 2013). O reservatório foi inaugurado em 1926, com a construção da barragem de Pedreira no curso do rio Grande, também denominado rio Jurubatuba. O projeto desenvolvido pela Light – *The São Paulo Tramway, Light and Power Company Limited*, atualmente Eletropaulo, teve o intuito de aproveitar as águas da bacia do Alto Tietê para a geração de energia elétrica na usina hidroelétrica de Henry Borden, em Cubatão (MANANCIAS, 2014). A construção das usinas elevatórias de Pedreira e Traição, a partir do final da década de 1930 e início da década de 1940, permitiu a reversão para o reservatório de águas do rio Tietê, através do rio Pinheiros. Este desvio de água objetivou aumentar a vazão do reservatório ampliando a capacidade de geração de energia da usina Henry Borden. Este processo foi mantido por mais de 50 anos (CETESB, 2001). Entre 1950 e 1970, o reservatório foi povoado por diversas espécies de peixes e contribuía com mais de 200 toneladas de pescado por ano, abastecendo muitos mercados inclusive a CEAGESP (Companhia Entrepósito de Armazéns Gerais do Estado de São Paulo). Neste período, diversos impactos ambientais começaram a ser observados devido ao crescente e desordenado processo de urbanização e ocupação do entorno do reservatório (ROCHA et al., 1986). Em 1982 foi realizado o isolamento do braço do rio Grande pela construção da barragem Anchieta, para garantir o abastecimento de água no complexo ABC (CAPOBIANCO e WHATELY, 2002). O ponto de captação de água da SABESP localizado no rio Grande fornecia 4,2 mil litros de água por segundo, abastecendo 1,2 milhões de pessoas. Outras localidades da RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) eram abastecidas pelo ponto de captação da SABESP localizado na represa Guarapiranga, segundo OLIVEIRA (2012) e SABESP (2008). No ano 2000, foi estabelecido o sistema produtor Taquacetuba-Guarapiranga que consiste na transposição de águas da Billings para a Guarapiranga (RODRIGUES et al., 2010). Desta forma,

atendendo medidas de adequação do sistema de abastecimento público previstas na resolução conjunta 03/92 da SMA/SES, atualizada pela resolução da SEE/SMA/SRHSO-I de 13.03.1996, ocorreu a partir de 2000 a suspensão do bombeamento contínuo do rio Pinheiros para a Billings, realizado pela estação elevatória de Pedreira. Esta medida reduziu a capacidade produtiva da usina Henry Borden em 75%. (FCTH, 2010). Visando aumentar novamente o volume de água na represa para ampliar a capacidade produtiva de Henry Borden, foi desenvolvido o Protótipo de Flotação que previa sistema de tratamento de água do rio Pinheiros por flotação para torná-la compatível com os padrões de qualidade para águas de classe 2, definidas pela resolução CONAMA 357/05 e, permitindo a reativação do bombeamento de suas águas para a Billings (EMAE, 2008). No entanto, em 2010, o protótipo de tratamento por flotação desativado pelo não cumprimento das disposições acima descritas. Desta forma, a partir de então, o bombeamento só pode ser realizado para controle de cheias (FCTH, 2010).

### **Resolução CONAMA**

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) instituído pela Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90, segundo MMA (2013).

A resolução CONAMA números 357 publicada no Diário Oficial da União (DOU) número 53, de 18.03.2005, Seção 1, páginas 58-63, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A resolução CONAMA 430 de 13.05.2011 dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, complementando e alterando a resolução 357/2005.

Os locais do reservatório Billings amostrado neste estudo são enquadrados como água doce de Classe 2 onde ocorre pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo, aplicando-se os seguintes padrões legais:

- Art. 14, I, m) pH: 6,0 a 9,0.
- Art. 15, IV - turbidez até 100 UNT.

- Art. 14, II – sólidos dissolvidos totais: 500 mg/L.
- Art. 10, § 3º (...) o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L (...).
- Art. 15, IX, a) fósforo total até 0,03 mg/L, em ambiente lênticos.
- Art. 15, VI - OD, em qualquer amostra: não inferior a 5,0 mg/L

### **Reservatório Billings e a pesca artesanal**

A pesca na represa Billings tem diminuído ao longo dos anos bem como os usuários da atividade na região. De acordo com ROCHA (1984), havia aproximadamente 200 pescadores entre as décadas de 1930 e 1940. De acordo com relatos atuais de pescadores mais antigos, a região da Billings em décadas passadas, chegou a abrigar cerca de 600 famílias de pescadores (ALVES DA SILVA *et al.*, 2009). Na década de 1990, MINTE-VERA (1997), estimou uma população de 101 pescadores e ALVES DA SILVA *et al.* (2009) cerca de 113 pessoas regularmente atuantes na atividade, mostrando decréscimo em relação aos períodos anteriores. Este fato possivelmente está associado à diminuição da produtividade pesqueira, a poluição na represa gerada ao longo dos anos, e consequente migração dos pescadores para outras regiões, em busca de melhores áreas de pesca. Considerando o número de núcleos pesqueiros existentes na região, RANZANI DE PAIVA *et al.* (2006); CASTRO *et al.* (2008), e ALVES DA SILVA *et al.* (2009), identificaram cerca de nove comunidades de pescadores espalhadas em diversos locais do reservatório, sendo as maiores os núcleos Terceira Balsa, Bororé e Barragem.

Segundo Alves da Silva (2008), na Billings em 2005, o pescado foi consumido por 84,3% das famílias de pescadores, com um consumo médio de 124,0 g/per capita/dia. De acordo com PETRERE *et al.* (2006), os pescadores investigados sobre renda da pesca, possuíam um ganho médio diário de R\$ 15,75 (US\$ 8,4), empregando principalmente a rede-de-emalhar (método de espera).

O consumo de pescado na Billings entre 2005-2007 (ALVES DA SILVA, 2008), foi relativamente alto, no entanto não se dispõe de informações mais recentes sobre este item na dieta dos pescadores, o que seria recomendável, uma vez que na última década (CETESB, 2007) demonstraram que a qualidade da água na maioria dos pontos monitorados estava em não



conformidade com as recomendações do CONAMA para corpos de água da classe 2 (CONAMA Nº 357).

No entanto é necessário considerar que este reservatório apresenta heterogeneidade espaço-horizontal quanto às características limnológicas e quanto à estrutura das comunidades aquáticas (CETESB, 1996; COSTA, 1998), havendo maior diversidade em regiões mais afastadas de Estação elevatória de Pedreira, devido à influência da descarga do rio Pinheiros (bombeamento de transposição de águas por ocasião de cheias) e ao uso do solo na bacia, sendo que as regiões de Alvarenga e Pedreira apresentam solo urbano em seu entorno, enquanto que em Taquacetuba, mais preservada, há presença de mata e de áreas cultivadas. Fato já relatado pelos pescadores, quando da preferência em áreas com qualidade da água mais adequada, pois isso não comprometeria a venda do pescado ao consumidor (ALVES DA SILVA, 2008).

Segundo Castro *et al.* (2011), por levantamentos de ictiofauna de 2005 a 2007 no reservatório Billings obteve-se um total de 16 famílias taxonômicas principalmente Characidae, Pimelodidae e Cichlidae, sendo que a maioria das espécies (89,3%) apresentam hábitos onívoro, herbívoro, bentófago e detritívoro o que caracteriza fauna de ambientes lênticos e sujeito a diferentes impactos antrópicos. A pesca artesanal praticada na região está centrada basicamente em poucas espécies, em especial Acará (*Geophagus brasiliensis*), Tilápias (*Oreochromis niloticus* e *Tilapia rendalli*), Lambari (*Astyanax* sp) e secundariamente Traíra (*Hoplias malabaricus*) e Bagre (*Rhamdia* sp). Segundo levantamento de TUTUI *et al.* (2013) com o setor produtivo pesqueiro, em 2012 no reservatório Billings ocorreu aumento de capturas de Traíra (*H. malabaricus*), Lambari (*Astyanax* spp), Acará (*G. brasiliensis*), Caborja (*Callichthys callichthys*) e Carpa (*Cyprinus carpio*) e, redução nas capturas de Tilápias (*O. niloticus* e *T. rendalli*) comparativamente com anos anteriores.

Dentre os locais atuais de monitoramento da CETESB, os pontos: BITQ00100 (S23°50'26" W46°39'31"), BILL02030 (S23°43'04" W46°39'51") e BILL02500 (S23°47'27" W46°35'54") apresentam proximidade com os pontos amostrais do presente trabalho, respectivamente: ponto 1 – entrada do braço de Taquacetuba (S23°49'54" W46°38'269"), ponto 2 – Alvarenga (S23°46'010"

W46°37'377") e ponto 3 – Ilha dos Biguás (S23°48'532" W46°32'947"). As condições da água nestes pontos de monitoramento da CETESB, para as análises dos Índices de Estado Trófico (IET): IET-fósforo total e IET-clorofila, são BITQ00100: 64 (supereutrófico), BILL02030: 69 (hipereutrófico) e BILL02500: 65 (supereutrófico). Para fins de cálculo de Índice da Comunidade Bentônica (ICB), a CETESB monitora o ponto BILL02100 no corpo central do reservatório com resultados REGULAR para a região sublitoral e PÉSSIMA para a região profunda, CETESB (2013). Segundo OLIVEIRA (2012), foi identificada pela CETESB a presença de metais potencialmente tóxicos acima dos limites estipulados para o consumo de água no reservatório e HORTELLANI *et al.* (2012) cita a região de Alvarenga como área crítica para acumulação de metal.

Dentro do cenário apresentado, o presente estudo teve por objetivo geral caracterizar pontos de pesca do reservatório Billings a partir de variáveis limnológicas e do uso de bioindicadores especificamente da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

### **Referências bibliográficas.**

- ALVES DA SILVA, M E P (2008) Pescadores e Pescarias de Pequena Escala em Comunidades Locais: O Caso do Reservatório Billings (Alto Tietê, SP). São Paulo. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesca/APTA/SAA-SP).
- ALVES DA SILVA, M E P; CASTRO, P M G; MARUYAMA, L S e PAIVA P (2009) Levantamento da pesca e perfil socioeconômico dos pescadores artesanais profissionais no reservatório Billings. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 35(4): 531 – 543.
- CAPOBIANCO J. P e WHATELY M. (2002) Billings 2000: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo. Relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período 1989-99. São Paulo: Instituto Socioambiental.
- CASTRO, P.M.G.; ALVES DA SILVA, M.E.P.; MARUYAMA, L.S.; PAIVA, P. (2008) Mapeamento da pesca artesanal no reservatório Billings (Alto Tietê, SP). Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, Coletânea de Trabalhos da I Semana Nordestina de Engenharia de Pesca, 3 (esp): 23-29.
- CASTRO, P M G; GOMEZ, A B; MARUYAMA, L S; MENEZES, L C B (2011) Registros históricos da ictiofauna na represa Billings (Bacia do Alto Tietê, SP). In: XVII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2011, Belém. Anais do XVII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2012). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2012. São Paulo, 370p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>

- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2013) Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo 2013. São Paulo, 434p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2001). Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2000. São Paulo, 214p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2007). Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2006. São Paulo, 387p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União. Brasília. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2011) Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Diário Oficial da União. Brasília [http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol\\_lanceflue\\_30e31\\_mar11.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31_mar11.pdf)
- COSTA, M P (1998) A ictiofauna como indicadora da qualidade ambiental do Complexo Billings. São Paulo. 134p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- EMAE (2008) Empresa Metropolitana de águas e Energia S.A. Relatório Técnico RT1 E RT2 – Avaliação da qualidade das águas do sistema Pinheiros- Billings com o protótipo do sistema de flotação. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. São Paulo. 108p.
- FCTH - Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (2010). Projeto de Avaliação da Qualidade das Águas do Sistema Pinheiros-Billings em função da operação do protótipo de flotação. Relatório final de março 2009. São Paulo.
- 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. (2012) *Assesmentof metal concentration in the Billings reservoirsediments, São Paulo State, southeastern Brazil*. Journal of Brazilian Chemical Society, vol.00, n.00,1-10.
- MANACIAIS (2014) Billings: histórico. Página WEB de mananciais.org.br [http://www.espaco.org.br/site\\_mananciais/?p=235](http://www.espaco.org.br/site_mananciais/?p=235)
- MINTE-VERA, C.V. (1997) A pesca artesanal no reservatório Billings (São Paulo). Campinas. 86p. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia, UNICAMP).
- MMA - Ministério do Meio Ambiente (2013).O que é o CONAMA. Página WEB do Ministério do Meio Ambiente <http://www.mma.gov.br/port/conama/estr.cfm>
- OLIVEIRA T A (2012) Metais presentes nas águas e em tecidos de peixes da represa Billings: uma avaliação temporal. Dissertação de mestrado. São Paulo. Ipen-USP
- PETRERE Jr., M, WALTER, T e MINTE-VERA, C V (2006) *Income evaluation of small - scale fishers in two Brazilian urban reservoirs: represa Billings*

- (SP) and lago Paranoá (DF) *Brazilian Journal of Biology* v. 66, n. 3, p. 817-828.
- RANZANI de PAIVA, F., CASTRO, PMG. and MARUYAMA, LS. (2006). Pesca artesanal na Represa Billings, Estado de São Paulo: uma arqueologia da existência. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO SOCIOAMBIENTAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AQUICULTURA E DA PESCA NO BRASIL, 2., Rio de Janeiro, 29 nov.- 03 dez./2006. Anais. Rio de Janeiro: p.1-6.
- ROCHA, A A. (1984) A ecologia e os aspectos sanitários e a saúde pública da represa Billings. Uma contribuição a sua recuperação. São Paulo. 166p. Tese de Livre Docência. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
- ROCHA A A., PEREIRA D N. e PÁDUA H B. (1986) *Fishing yield and chemical contamination of the water the Billings Reservoir, S. Paulo (Brazil)* Revista de Saúde Pública, v.19, (5) São Paulo (SP)
- RODRIGUES L R, RODRIGUES SANT'ANNA, C L. e TUCCI C L. (2010) Chlorophyceae das Represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga, SP, Brasil Revista Brasileira de Botânica São Paulo V.33, n.2, p.247-264.
- SABESP (2008). SABESP- CEPAS. (2008) Diagnóstico Hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo. Relatório final. Convênio SABESP – CEPAS – IGC-USP. São Paulo.
- TUTUI, S L S; TOMÁS, A R G e CASTRO, P M G (2013) Avaliação da situação das populações de peixes consideradas ameaçadas de extinção por meio de consulta ao setor produtivo pesqueiro do Estado de São Paulo. Série de Relatórios Técnicos, no. 51. Instituto de Pesca Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

# **CAPÍTULO 1**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA  
DO RESERVATÓRIO BILLINGS (SP)  
EM LOCAIS DE PESCA**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA  
DO RESERVATÓRIO BILLINGS (SP) EM LOCAIS DE PESCA**

**José Ricardo Baroldi Ciqueto GARGIULO <sup>1\*</sup>**

**Luciana Carvalho Bezerra de MENEZES <sup>2</sup>**

**Cacilda Thais Janson MERCANTE <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Aluno matriculado no Programa de Pós-graduação do Instituto de Pesca e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo, ricardogargiulo@gmail.com

<sup>2</sup> Pesquisador Científico do Instituto de Pesca do Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Avenida Francisco Matarazzo, 455, Barra Funda, São Paulo, SP, Brasil..

\* Bolsista CAPES

**Resumo1:** O estudo objetivou caracterizar a qualidade da água em locais de pesca do reservatório Billings (SP) através de fatores físicos e químicos. Os pontos amostrados foram entrada do braço Taquacetuba (P1), a região de Alvarenga (P2) e Ilha dos Biguás (P3). Mensalmente no período de Abril de 2012 a Março de 2013 foi coletada água para análise. As variáveis pH, temperatura da água (Temp), condutividade elétrica (Cond), turbidez (Turb), sólidos totais de dissolvidos (TDS) e oxigênio dissolvido (OD) foram medidas com sonda multiparâmetros a cada 0,5m de profundidade desde a superfície até à 0,5m do fundo. Para a análise dos nutrientes nitrogênio (NT) e fósforo (PT) totais, foi coletada água com garrafa de *Van-Dorn* na subsuperfície e a 0,5m do fundo. Para avaliação das diferenças espaço-horizontais entre as variáveis abióticas foram aplicados os testes Kruskal Wallis seguido de Student-Newman-Keuls. Foram traçados os perfis de temperatura da água e de teores de oxigênio dissolvido ao longo da coluna de água. Foram também realizadas análises de componente principal (PCA) com os dados abióticos e o cálculo do índice de estado trófico (IET). Para todos os pontos as concentrações de NT e PT resultaram em não conformidade com o enquadramento de águas de classe II da resolução CONAMA 357/2005. O P2 apresentou teores de OD inferiores a 5 mg/L. Os mesmos padrões de oscilação das variáveis físicas e químicas foram observadas ao comparar-se subsuperfície e fundo em todos os pontos amostrados. Os perfis verticais indicaram condições de circulação total na época das chuvas e uma suave estratificação de superfície na época de estiagem. A PCA demonstrou maior correlação do P2 com Cond, NT, PT e TDS indicando piores condições em relação à qualidade da água neste ponto. Este resultado foi corroborado pelo resultado do cálculo do IET classificando este local como hipereutrófico. Conclui-se que o P2 foi o local com maior grau de poluição o que pode ser atribuído à intensa urbanização do entorno e sua proximidade do local de transposição do rio Pinheiros, assim desaconselha-se a atividade da pesca neste local.

Palavras-chave: impacto ambiental, eutrofização.

**Abstract:** The study aimed to characterize water quality in Billings Reservoir fishing sites (SP, Brazil) through physical and chemical factors. The sampling points were Taquacetuba (P1), Alvarenga (P2) e Ilha dos Biguás (P3). Monthly April 2012 to March 2013 was collected water for analysis. pH, water temperature (Temp), electrical conductivity (Cond), turbidity (Turb), total dissolved solids (TDS) and dissolved oxygen (OD) were measured using multiparameter probes for each depth of 0.5m from surface to 0.5m from de bottom. To analyze the nutrients nitrogen (NT) and phosphorus (PT) total was collected water bottle Van-Dorn in the subsurface and at 0.5m from the bottom. To evaluate the horizontal space differences were applied the Kruskal Wallis test (H) followed by Student-Newman-Keuls (SNK) with the abiotic variables. Were also held the principal component analysis (PCA) with the abiotic data and calculate the trophic state index (IET). For every point the NT and PT concentrations resulted in non-compliance with CONAMA Resolution #357/2005. The P2 was the only one with OD levels below 5 mgL<sup>-1</sup>. The same patterns oscillations of the physical and chemical variables were observed when comparing subsurface and bottom at all sampling points. The vertical profiles showed well-mixed conditions during the rainy season and a surface stratification in the dry season. The PCA showed higher correlation of the P2 with Cond, NT, PT and TDS indicating worse quality of water at this point. This result was corroborated by the results of IET calculation classifying this site as hypereutrophic. We conclude that the Alvarenga point was the site with the highest degree of pollution which can be related to area of intense urban occupation and its proximity with local of water transposition Pinheiros River, advising against to fishing at this location.

**Keywords:** environmental impact, eutrophication.



## INTRODUÇÃO

### ***O reservatório Billings e a pesca artesanal***

O reservatório Billings e sua bacia localizam-se no Estado de São Paulo (Brasil) abrangendo diretamente seis municípios da Região Metropolitana de São Paulo (Diadema, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André, São Bernardo e São Paulo), com longo histórico de conflitos entre seus usos múltiplos tais como lazer, atividade profissional de pesca artesanal, geração de energia, diluição de seus efluentes, controle de inundações e abastecimento (CARMO e TAGNIN, 2001). 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. (COBRAPE, 2011). Atualmente, os órgãos ambientais têm manifestado interesse na atividade de pesca artesanal neste ambiente, embora visem diagnosticar a qualidade da água sem apresentar um interesse maior em relação à qualidade do pescado e à saúde do pescador. Segundo Alves da Silva (2008) na Billings, no ano de 2005, o pescado foi consumido por 84,3% das famílias de pescadores, com um consumo médio de 124,0 g/per capita/dia. O consumo pelos pescadores e seus familiares na Billings é relativamente alto, sendo este aspecto, de certa forma preocupante, pois pesquisas relativas à última década (CETESB, 2006) demonstraram que a qualidade da água na maioria dos pontos monitorados está em não conformidade com as recomendações do CONAMA para corpos de água da classe 2 onde ocorre pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo (CONAMA Nº 357), enquadramento este referente aos locais abordados no presente estudo. MINTE-VERA (1997), RANZANI DE PAIVA *et al.* (2006); CASTRO *et al.* (2008) e ALVES DA SILVA (2008), identificaram os principais núcleos pesqueiros e o número de pescadores regularmente operantes na região com um contingente de mais de 100 famílias que vivem exclusivamente da atividade pesqueira artesanal. CASTRO *et al.* (2008) observaram problemas como a redução da quantidade e qualidade do pescado, atribuída, entre outros fatores, à poluição no reservatório.

## **Qualidade da água no reservatório**

A poluição é de natureza tão variada quantas são as atividades produtivas, tais como indústria, comércio e ocupação urbana no entorno. Tais fontes produzem uma infinidade de resíduos, e muitos deles alteram significativamente as condições limnológicas e sua biota, comprometendo seu equilíbrio, composição e os serviços ambientais por ela providos (TUNDISI e TUNDISI, 2008). O aporte de poluentes 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 (COBRAPE, 2011). A agência ambiental estadual, através de seus relatórios anuais, classifica a represa de eutrófica a hipereutrófica, dependendo de seu compartimento. (CETESB, 2013).

O presente estudo teve por objetivo caracterizar a qualidade da água de pontos de pesca da Represa Billings através de variáveis limnológicas, descrevendo suas variações espaciais e temporais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O reservatório Billings apresenta área aproximada de 120 km<sup>2</sup>, formato dendrítico complexo com corpo central alongado e estreito com oito braços laterais com profundidade máxima aproximada de 18 metros, volume médio 646,841.10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>, vazão média 8,75m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> e tempo de retenção hídrica (residência) aproximado de 720 dias (CETESB, 2001, 2002, 2007, 20012 e 2013). As áreas com maior intensidade de atividade pesqueira foram selecionadas a partir de informações obtidas da comunidade de pescadores profissionais artesanais da região, Capatazia Z1 de São Bernardo do Campo, e nos dados levantados por MINTE-VERA (1997), RANZANI DE PAIVA *et al.* (2006); CASTRO *et al.* (2008), ALVES DA SILVA (2008) e ALVES DA SILVA *et al.* (2009). Os locais de amostragem, todos com intensa pesca, foram selecionados com base no uso e ocupação do entorno (Figura 1). O P1 foi selecionado por encontrar-se em local mais preservado. O P2 foi escolhido, pois segundo os pescadores, o pescado obtido neste local apresentava odor e

sabor desagradável, desta forma analisou-se este ponto para verificar a qualidade da água e por consequência sua interferência na qualidade do pescado. O P3 foi selecionado a fim de verificar-se a qualidade ambiental deste local, por localizar-se em frente à comunidade dos pescadores, com ocupação moderada do entorno.

O ponto amostral 1 - P1 (S23°49'540" W46°38'269") localiza-se no braço de Taquacetuba próximo ao corpo central do reservatório, sendo esta uma área com boa preservação de seu entorno, pois a região formadora do rio Taquacetuba está inserida em um local com diversas unidades de conservação. No braço de Taquacetuba ocorre a captação de água para a transposição para o reservatório Guarapiranga com finalidade de abastecimento público. O ponto amostral 2 - P2 (S23°46'010" W46°37'377") localiza-se na região de Alvarenga, área com grande urbanização e ocupação de seu entorno. O ponto amostral 3 - P3 (S23°48'532" W46°32'947") localiza-se próximo à Ilha dos Biguás, inserida no corpo central do reservatório, próximo à colônia de pescadores.

### ***Amostragem e análise dos dados***

Mensalmente, de Abril de 2012 a Março de 2013, coletou-se água nos pontos amostrais, situados ao menos a 10 metros da margem. A água foi coletada na subsuperfície e a 0,5 metro do fundo utilizando-se garrafa de *Van-Dorn*. As amostras foram congeladas logo após a coleta para posterior análise de nitrogênio (NT) e fósforo (PT) totais, em período inferior a 90 dias. Esta análise seguiu o método de VALDERRAMA (1981), MACKERETH *et al* (1978) e STRICKLAND e. PARSONS (1960). Em campo, as variáveis pH, temperatura da água (Temp), condutividade elétrica (Cond), turbidez (Turb), sólidos totais de dissolvidos (TDS) e oxigênio dissolvido (OD) foram medidas com sonda multiparâmetros (Horiba U-22), medidos a cada 0,5m desde a superfície até a 0,5m do fundo.

Os resultados abióticos foram apresentados através de gráficos *Box-Whiskers Plot* nos quais os limites inferior e superior do box correspondem respectivamente ao 25 e 75 percentis, os *whiskers* ao mínimo e ao máximo e a linha central da distribuição à mediana. As análises estatísticas desenvolvidas

seguem HAIR *et al* (2009), SOKAL e ROHLF (2009) e ZAR (2010). A abordagem paramétrica não pode ser aplicada, pois os requisitos de normalidade e homogeneidade das variâncias dos resíduos não foram atingidos, nem com a transformação logarítmica dos dados originais. Os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis (H) seguido de Student-Newman-Keuls (SNK) foram utilizados para pesquisar a existência de diferenças significativas das variáveis abióticas entre os pontos amostrais. A análise multivariada foi aplicada para ordenar as unidades amostrais em novo espaço multivariado com base na existência e na intensidade da associação entre as variáveis. Assim, a Análise de Componente Principal (PCA - Principal Component Analysis) foi aplicada para verificar quais os dados abióticos indicaram as diferenças entre os pontos amostrados. O índice multimétrico de análise do estado trófico (IET) foi calculado de acordo com o modelo proposto por LAMPARELLI (2004) utilizado pela CETESB (2013). Todas as análises foram realizadas a partir das rotinas dos programas PAST 2, PAST 3 e BIOESTAT 5.1 e EXCELL 2010 rodados em Windows 7.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Dados climatológicos***

O Climograma (Figura 2), tomando-se como referência dados do município de São Bernardo do Campo incluso na bacia hidrográfica do reservatório Billings, mostra um período seco de abril a novembro 2012 (da coleta 1 a 8) e chuvoso de dezembro de 2012 a março de 2013 (da coleta 9 a 12). Porém, em junho 2012 (coleta 6) observou-se uma pluviosidade atípica de 188,1mm, ou seja, 2,13 vezes maior comparada à média de 88,3mm entre de 1961 a 1990 (TEMPOAGORA, 2013).

### ***Descrição dos dados abióticos - variação espaço-horizontal***

Os gráficos *Box-plot* das variáveis físicas e químicas obtidas na subsuperfície (Figura 3) e a 0,5m do fundo (Figura 4) apresentam o mesmo padrão de distribuição das variáveis. As duas análises permitem observar uma distribuição de valores do pH e temperatura com pequena variação entre os pontos. Observaram-se valores mais elevados no P2 de condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio total e fósforo total, sendo que

para nitrogênio total e fósforo total todos os pontos estiveram acima do CONAMA para classe 2. Os valores de condutividade elétrica no P2 estiveram acima de  $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  tanto na subsuperfície quanto no fundo. Este resultado pode ser relacionado às elevadas concentrações de sólidos totais dissolvidos constantemente acima de  $150 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  tanto em relação aos pontos quanto em relação à subsuperfície e fundo, indicando elevada concentração de íons na água, fato que pode ser relacionado a processo de decomposição da matéria orgânica. O P2, na amostragem de fundo, apresentou teores de oxigênio dissolvido inferiores a  $5 \text{mg/L}$  indicando baixa concentração desse gás, provavelmente relacionado à maior decomposição da matéria orgânica. Os testes de Kruskal-Wallis (H) e comparação múltipla *a posteriori* de Student-Newman-Keuls (SNK) (Tabela 1) revelaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) de condutividade elétrica, fósforo total e oxigênio dissolvido entre P1 e P2 e entre P2 e P3, demonstrando a significativa diferença do P2 em relação aos demais. WENGRAT e BICUDO (2011), assim como no presente estudo, observaram na região de ilha dos Biguás os menores valores de fósforo total, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, apesar da maior densidade populacional em relação à região do Taquacetuba, provavelmente por Ilha dos Biguás estar sob maior influência do degradado corpo central do reservatório devido à maior proximidade com este.

#### ***Descrição dos dados abióticos - variação temporal***

Com relação à avaliação temporal dos resultados na subsuperfície (Figura 5) e a 0,5m do fundo (Figura 6), considerando os três pontos amostrados, pode-se verificar um comportamento semelhante das variáveis entre subsuperfície e fundo. Neste enfoque temporal, nitidamente ocorreram maiores oscilações entre o final do período seco (Novembro de 2012) e o início do período chuvoso (Dezembro de 2012). A Figura 2, que apresenta o climograma do município de São Bernardo do Campo, inserido na bacia hidrográfica do reservatório Billings, evidencia nitidamente um incremento na pluviosidade total a partir do mês de novembro para dezembro de 2012, com um aumento no volume de chuvas de 100 mm para 350 mm por mês. Neste período pode-se constatar baixo pH indicando leve acidez da água em todos os pontos amostrados, conforme evidenciam as Figuras 5 e 6. Mesmo resultado pode ser

evidenciado para as concentrações de NT e PT, pois ambos os elementos sofreram incremento no final do período seco e início do período chuvoso tanto com relação aos pontos quanto em relação à subsuperfície e fundo. É importante destacar que o ponto Alvarenga P2 foi o que sofreu maior incremento de fósforo total tanto na subsuperfície quanto no fundo. Este fato pode estar relacionado com a maior proximidade deste ponto amostral com o local de bombeamento de águas do rio Pinheiros, transpostas para o reservatório Billings para controle de cheias, o que ocorreu de forma intensificada nesse período (Figura 7). WENGRAT e BICUDO (2011) expuseram que nos meses quentes há menor diferenciação entre diversos locais da represa Billings. No presente estudo observamos uma maior diferenciação no início do período de verão (chuvoso).

#### ***Perfis de temperatura e oxigênio dissolvido ao longo da coluna***

Os gráficos dos perfis de temperatura estão representados nas figuras 8 e 9 e os perfis de oxigênio dissolvido podem ser observados nas figuras 10 e 11. Os perfis de temperatura da água nos três pontos amostrados indicaram uma suave estratificação de superfície na época de estiagem, mostrando condições de circulação total na época das chuvas.

Tais resultados podem ser corroborados pelas variáveis abióticas analisadas entre os pontos na superfície e no fundo conforme as figuras 3 e 4. Nota-se que tanto na superfície quanto no fundo não ocorreram diferenças significativas entre as variáveis e os pontos. Com relação os teores OD pode-se inferir que na superfície ocorrem processos de intensa produtividade primária, fato evidenciado pelas concentrações constantemente acima de 8 mg.L<sup>-1</sup> em todos os pontos em todos os meses amostrados. Observou-se predomínio do processo de decomposição da matéria orgânica no fundo, pois a concentração de OD mostra tendência de redução conforme maior profundidade. Em síntese, fica evidente um predomínio do processo de produção (pela atividade fotossintética do fitoplâncton) na superfície e de decomposição no fundo dos pontos amostrados (pelos processos de oxi-redução através das bactérias). A leitura do disco de *Secchi* com valores médios de 0,7m (Tabela 2) reforça a interpretação de predomínio de decomposição no fundo, pois quando se multiplica este valor por 2,7

(ESTEVEES, 1998), obtêm-se o limite aproximado da zona eufótica, no caso em torno de 2 metros, indicando reduzida penetração de luz abaixo desta profundidade. A interpretação de predomínio do processo de decomposição no fundo é reforçada, pois os resultados de leitura do disco de *Secchi* mostram valores médios 0,7m (Tabela 2). Segundo MORAIS *et al* (2010), os reservatórios da RMSP estão submetidos às influências das frentes frias, que atingem o sudeste com ventos e precipitação, os quais interagem nos mecanismos limnológicos. As frentes frias apresentam, segundo esses autores, maior frequência de março a maio e agosto a dezembro e, menor frequência em janeiro, fevereiro, junho e julho. TUNDISI *et al.* (2010) evidencia frentes frias como causa do aumento da turbulência e a mistura vertical em represas, homogeneizando a distribuição de nutrientes, de oxigênio dissolvido e a temperatura da água. Assim, a menor incidência de ventos em junho e julho pode explicar a suave estratificação de superfície observada no presente estudo.

### ***Análise de Componente Principal (PCA)***

A análise de componente principal (PCA), para verificar a ordenação dos pontos de coleta em relação às variáveis abióticas ao longo do período observado, é apresentada na Figura 12. As primeiras duas componentes explicam 61,47% da variabilidade total dos dados analisados. A primeira componente (37,97%) é representativa da variação temporal mostrando a ordenação das coletas em relação as época seca e chuvosa. A segunda componente (23,50%) é representativa da ordenação espacial dos pontos em relação às variáveis físicas e químicas, mostrando o ponto P2 separado dos demais. A tabela 4 mostra a correlação das variáveis com os eixos.

Em particular a análise mostra a relação inversa do OD com todas as outras variáveis e que os maiores valores desta variável podem ser observados especialmente nos pontos P1 e P3 em correspondência à época seca (inverno) e durante a época chuvosa (verão) ocorre o incremento de TDS em todos os pontos. O ponto P2 caracteriza-se por mostrar os maiores valores de Cond, NT e PT.

### ***Estado Trófico.***

A análise do grau de trofia de corpos d'água permite avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes. O presente estudo avaliou o grau de trofia pela concentração de fósforo total e pelo cálculo do IET para fósforo total, segundo LAMPARELLI (2004) (Tabela 4). De acordo com a referida tabela, os valores de fósforo total mostram EUTROFIA para P1 (82) e P3 (71) e SUPEREUTROFIA para P2 (167). Já, a análise do IET mostra HIPEREUTROFIA para todos os pontos P1 (69), P2 (73) e P3 (68). A avaliação pela média das pontuações de ponderação entre os resultados obtidos para fósforo total e IET mostra uma tendência de HIPEREUTROFIA para P2 e tendência de SUPEREUTROFIA para os demais pontos.

Dentre os locais de monitoramento da CETESB, os pontos: BITQ00100 (S 23°50'26" W 46°39'31"), BILL02030 (S 23°43'04" W 46°39'51") e BILL02500 (S 23°47'27" W 46°35'54") apresentam proximidade com os pontos amostrais do presente trabalho, respectivamente pontos 1, 2 e 3. As condições da água nestes pontos de monitoramento CETESB, para a ponderação de IET são BITQ00100: SUPEREUTRÓFICO, BILL02030: HIPEREUTRÓFICO e BILL02500: SUPEREUTRÓFICO. Tais resultados condizem com os observados no presente estudo. Todas as análises mostram piores condições ambientais no P2 quando comparado aos demais pontos amostrais. O elevado grau de trofia do reservatório pode ser associado com o bombeamento, histórico do reservatório, ocupação do seu entorno. MATSUZAKI (2007), SILVA et al (2007), MOSCHINI-CARLOS *et al* (2009) e HORTELLANI *et al*, (2012), ressaltam a região de Alvarenga com condição ambiental ruim devido à coleta deficitária de esgoto. Sendo que Alvarenga, segundo HORTELLANI *et al*. (2012) representa área crítica para acumulação de metal e Ilha dos Biguás apresentou níveis de mercúrio no sedimento dentro dos limites legais.

O elevado grau de trofia de forma geral em todo o reservatório, possivelmente está associado com o alto tempo de residência hídrica do reservatório (720 dias), o que permite um acúmulo maior de matéria orgânica e de nutrientes na coluna da água.



## CONCLUSÃO

Os pontos de pesca estudados foram caracterizados por elevado grau de eutrofização. Este processo esteve associado a elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo e de condutividade elétrica. Circulação total da água foi evidenciada durante o período de estudo. As elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo obtidas tanto espaço-horizontalmente quanto temporalmente resultaram em valores em não conformidade com a legislação vigente indicando comprometimento da qualidade ambiental. Pode-se dizer que a região de Alvarenga apresentou maior grau de deterioração da qualidade da água, desaconselhando-se a pesca neste local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES DA SILVA, M.E.P. (2008) Pescadores e Pescarias de Pequena Escala em Comunidades Locais: O Caso do Reservatório Billings (Alto Tietê, SP). São Paulo. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesca/APTA/SAA-SP).
- ALVES DA SILVA, M E P; CASTRO, P M G; MARUYAMA, L S e PAIVA P (2009) Levantamento da pesca e perfil socioeconômico dos pescadores artesanais profissionais no reservatório Billings. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 35(4): 531 – 543.
- CARMO, R.L. e TAGNIN, R. (2001) Uso múltiplo da água e múltiplos conflitos em contextos urbanos: o caso do Reservatório Billings. In: Anais do IX Encontro Nacional da ANPUR). Rio de Janeiro. [http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/livros/migracao\\_urbanas/02\\_pronex\\_14\\_Uso\\_Multiplo.pdf](http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/livros/migracao_urbanas/02_pronex_14_Uso_Multiplo.pdf)
- CASTRO, P.M.G.; ALVES DA SILVA, M.E.P.; MARUYAMA, L.S.; PAIVA, P. (2008) Mapeamento da pesca artesanal no reservatório Billings (Alto Tietê, SP). Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, Coletânea de Trabalhos da I Semana Nordestina de Engenharia de Pesca, 3(esp): 23-29.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2012) Protocolo para o Biomonitoramento com as Comunidades Bentônicas de Rios e Reservatórios do Estado de São Paulo. São Paulo, 113p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/protocolo-biomonitoramento-2012.pdf>.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2012) Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2012. São Paulo, 370p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2013) Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2012. São Paulo, 370p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2001) Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2000.

- São Paulo, 214p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2002) Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2001. São Paulo, 387p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2006) Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2005. São Paulo, 488p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2007) Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2006. São Paulo, 387p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>.
- COBRAPE - Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (2011) Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings - Relatório Final. <http://pt.scribd.com/doc/88463933/PDPABillings-RelatorioFinal-1>
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União. Brasília. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2011) Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Diário Oficial da União. Brasília [http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol\\_lanceflue\\_30e31\\_mar11.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31_mar11.pdf)
- DCSBCSP - Blog da Defesa Civil de São Bernardo do Campo – SP. (2013) Pluviometria de São Bernardo do Campo - dados históricos <http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2012/03/pluviometria-de-sao-bernardo-do-campo.html>
- EMAE – Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. (2014) Dados diários de bombeamento de transposição da água do rio Pinheiros para o reservatório Billings (SP) no controle de cheias compartimento Pedreira. Departamento de Supervisão de Operações – OS. Enviado por e-mail.
- ESTEVES, F. A. (1998) Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência, 2 ed., 602 p.
- HAIR, J.F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R.E. (2009) *Multivariate Data Analysis* 7<sup>th</sup> Edition Pearson Prentice Hall.
- 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. (2012) *Assesmentof metal concentration in the Billings reservoirs sediments*, São Paulo State, southeastern Brazil. Journal of Brazilian Chemical Society, vol.00, n.00,1-10.
- LAMPARELLI, M. C. (2004) Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento. 238 p. Tese (Doutorado)- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. e TALLING, J.F. (1978) *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Kendall: Titus Wilson & Son Ltd. 117p. (Freshwater Biological Association Scientific Publication nº 36).

- MATSUZAKI, M. (2007) 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.
- MINTE-VERA, C.V. (1997) A pesca artesanal no reservatório Billings (São Paulo). Campinas. 86p. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia, UNICAMP).
- MORAIS M. A., CASTRO W. A. C. e TUNDISI J. G. (2010) Climatologia de frentes frias sobre a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e sua influência na limnologia dos reservatórios de abastecimento de água. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.2, 205 – 217 <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n2/a05v25n2.pdf>
- MOSCHINI-CARLOS, V.; PADIAL, P.R., POMPÊO; M.L.M. (2009) 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
- RANZANI de PAIVA, F., CASTRO, PMG. and MARUYAMA, LS. (2006). Pesca artesanal na Represa Billings, Estado de São Paulo: uma arqueologia da existência. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO SOCIOAMBIENTAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AQUICULTURA E DA PESCA NO BRASIL, 2., Rio de Janeiro, 29 nov.- 03 dez./2006. Anais. Rio de Janeiro: p.1-6.
- SILVA, S.C.; NISHIMURA, P.Y.; POMPÊO, M.L.M.; MOSCHINI-CARLOS, V. (2007) 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.
- SOKAL, R.R. e ROHLF, F.J. (2009) *Introduction to Biostatistics*. 2ed. Dover Publications. New York. 363p.
- STRICKLAND, J.D. E PARSONS, T.R. (1960) *A manual of sea water analysis*. 2ed. Bull. Fish. Res. Bel. Can., 125: 1-185
- TEMPOAGORA (2013) Meteorologia. Página WEB <http://www.tempoagora.com.br/previsaodotempo.html/brasil/climatologia/SaBernardodoCampo-SP>
- TUNDISI, J G. e MATSUMURA-TUNDISI, T. (2008) *Limnologia.: Oficina de Textos*. São Paulo 631p.
- Tundisi, J G, Matsumura-Tundisi, T, Pereira, K C, Luzia, A P, Passerini, M D, Chiba, W A C, Moraes, M A e Sebastien, N Y (2010) Cold fronts and reservoir limnology: an integrated approach towards the ecological dynamics of freshwater ecosystems *Brazilian Journal Biology*, vol. 70, no. 3 (suppl.), p. 815-824
- VALDERRAMA, J.C. (1981). *The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters*. *Mar. Chem.*, 10: 109-122.
- WENGRAT, S. & BICUDO, D.C (2011) Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, southeastern Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, Vol. 23, no. 2, p 200-2016.
- ZAR, J.H. (2010) *Biostatistical Analysis*. 5ed. Pearson Prentice Hall. New Jersey.

Anexo I – Figuras

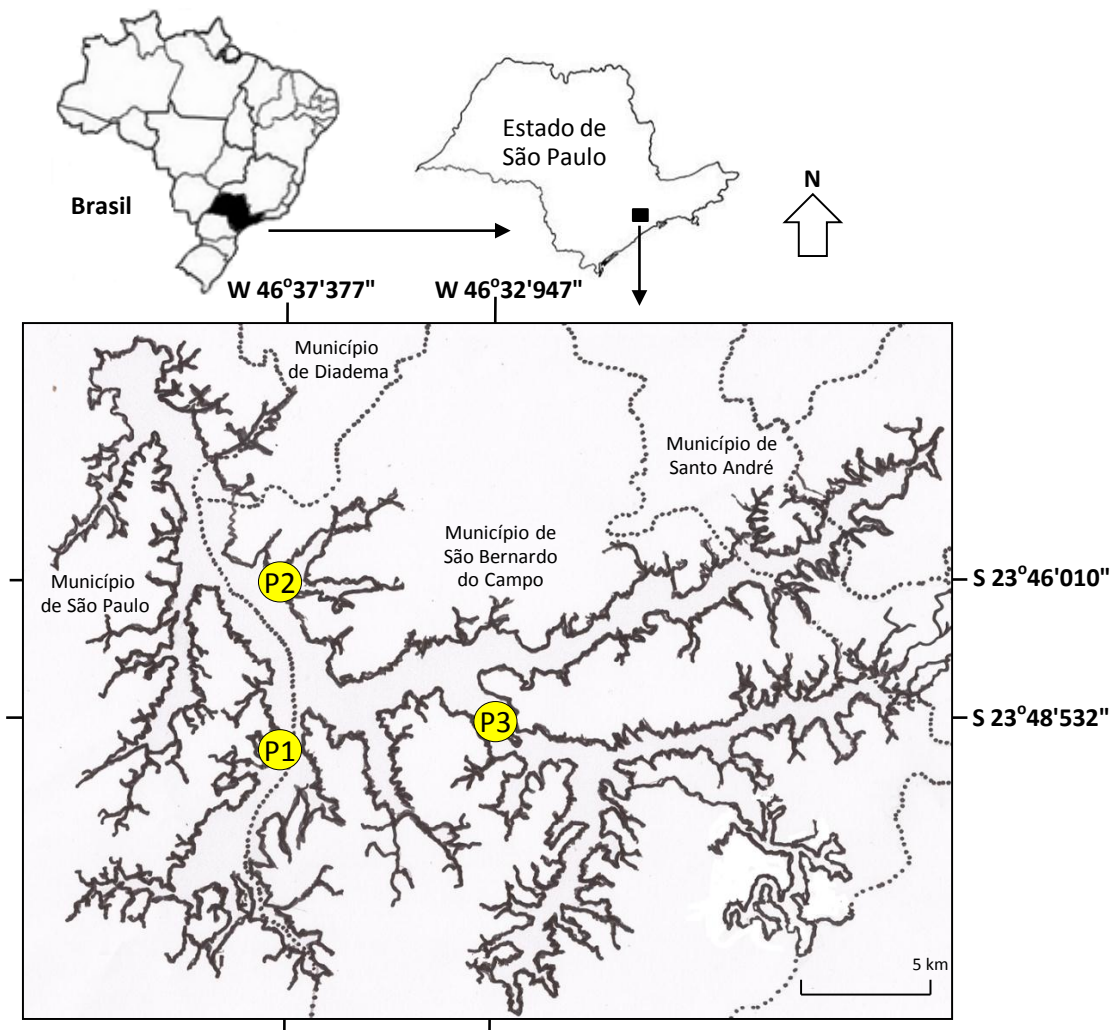


Figura 1. Área de estudo e localização aproximada dos locais de amostragem no reservatório Billings (SP). Onde P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás e linhas pontilhadas- limites municipais.

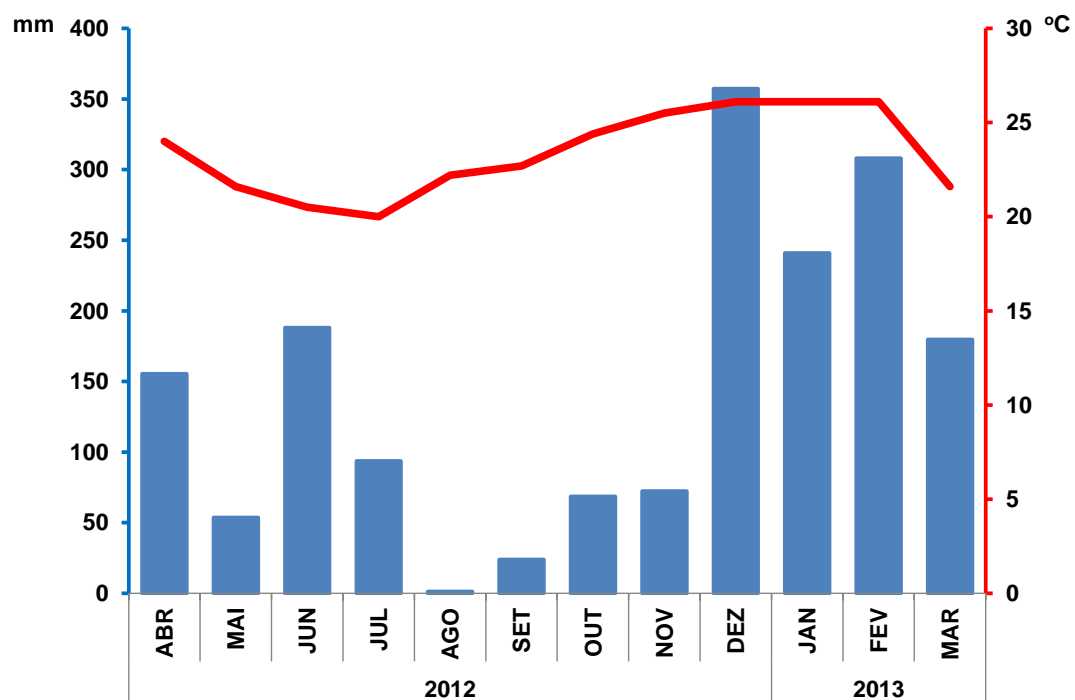


Figura 2. Climograma do município de São Bernardo do Campo (SP), incluso na Bacia Hidrográfica do reservatório Billings (SP). A linha vermelha representa a temperatura do ar em centígrados (°C) e as colunas azuis representam a pluviosidade mensal total em milímetros (mm). Os dados de pluviosidade foram obtidos do Blog da defesa civil de São Bernardo do Campo (DCSBCSP, 2013)

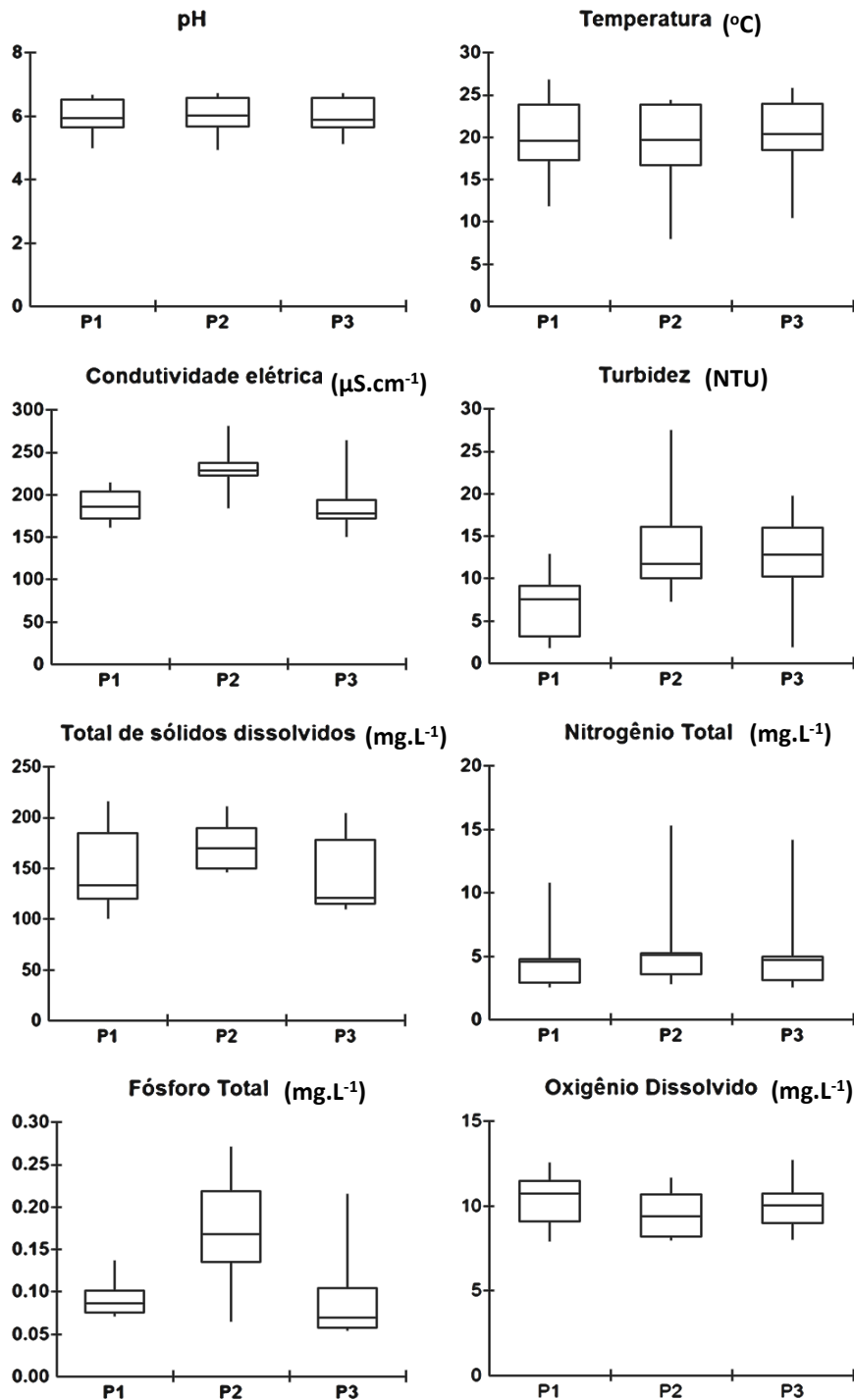


Figura 3. Variáveis abióticas medidas na subsuperfície da água nos pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás do reservatório Billings (SP), representadas por gráficos *Box-Whiskers Plot* onde os limites inferior e superior do *Box* correspondem respectivamente aos percentis de 25 e 75, os *whiskers* ao mínimo e ao máximo e, a linha central da distribuição à mediana.

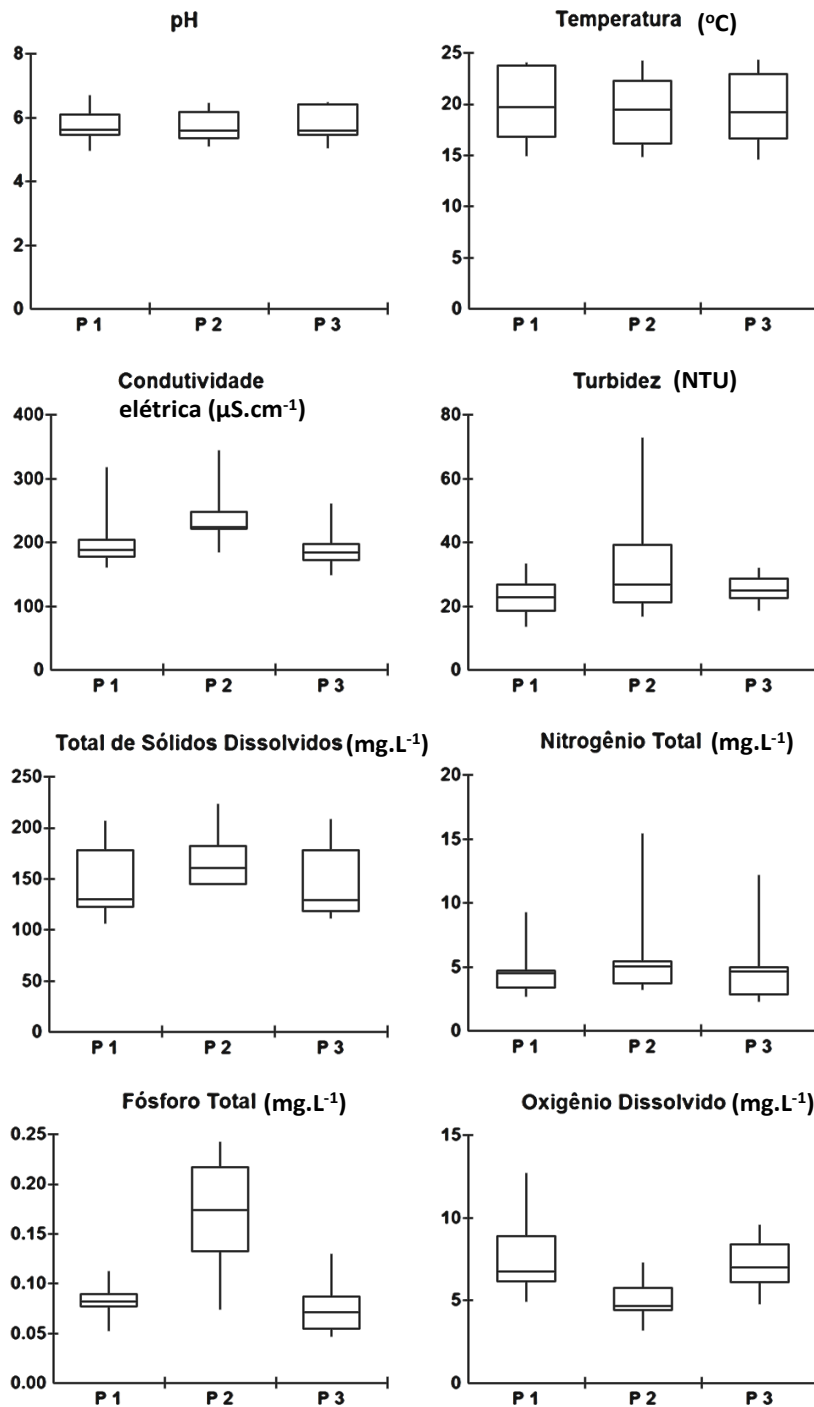


Figura 4. Variáveis abióticas medidas a 0,5m do fundo nos pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás do reservatório Billings (SP), representadas por gráficos *Box-Whiskers Plot* onde os limites inferior e superior do *Box* correspondem respectivamente aos percentis de 25 e 75, os *whiskers* ao mínimo e ao máximo e, a linha central da distribuição à mediana.

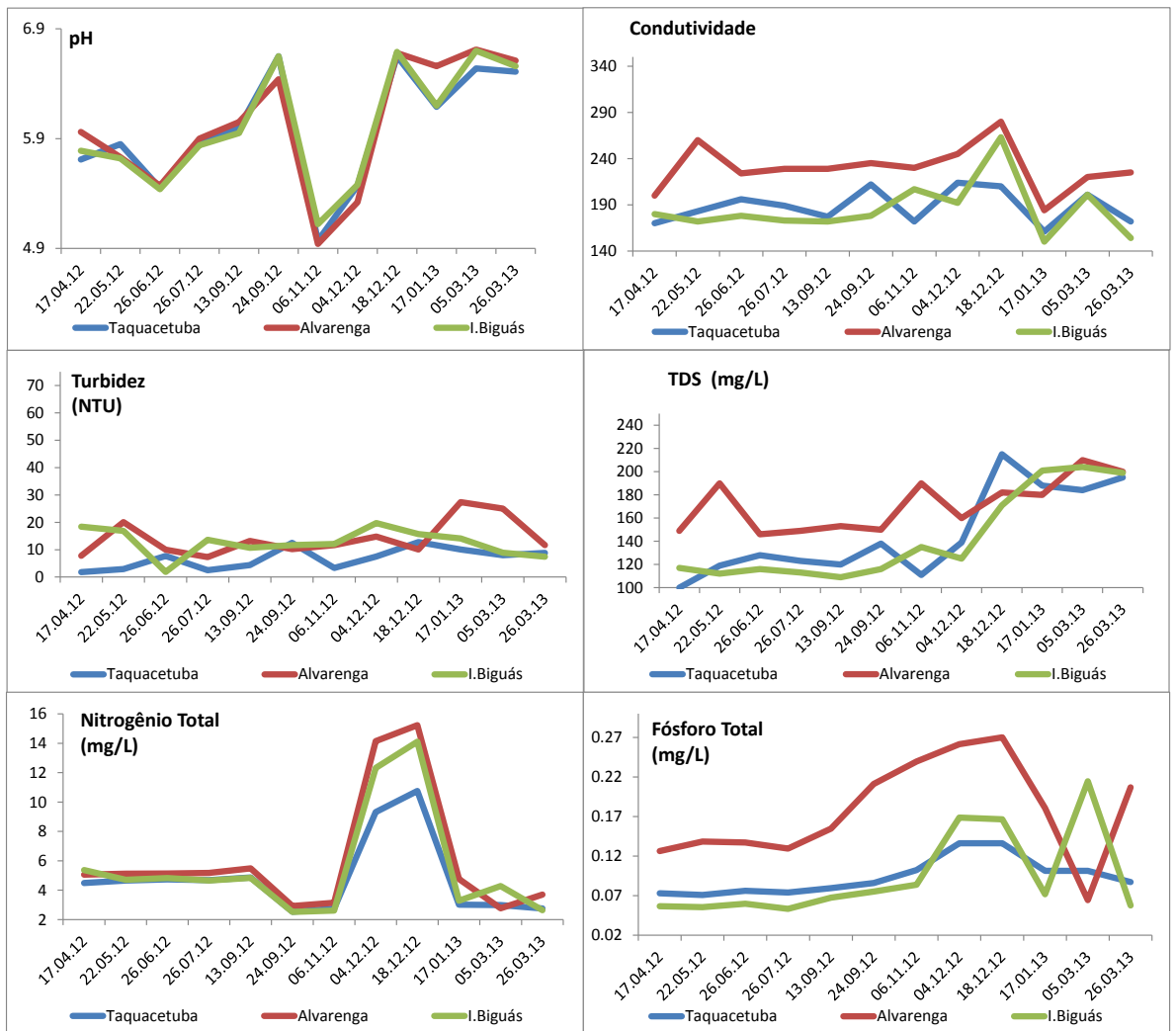


Figura 5. Variação temporal das variáveis abióticas da subsuperfície nos pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás no reservatório Billings (SP).



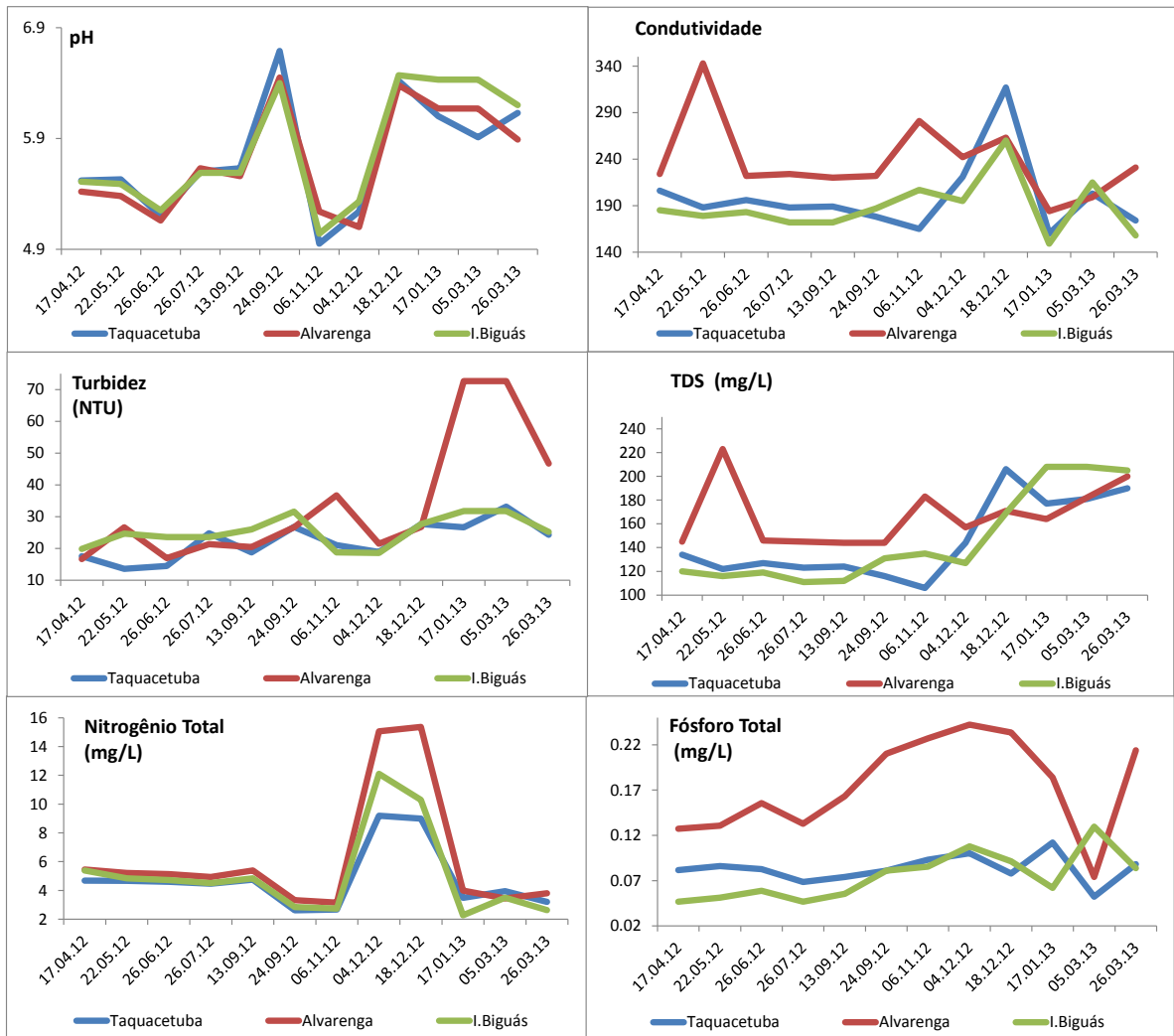


Figura 6. Variação temporal das variáveis abióticas a 0,5m do fundo nos pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás no reservatório Billings (SP).

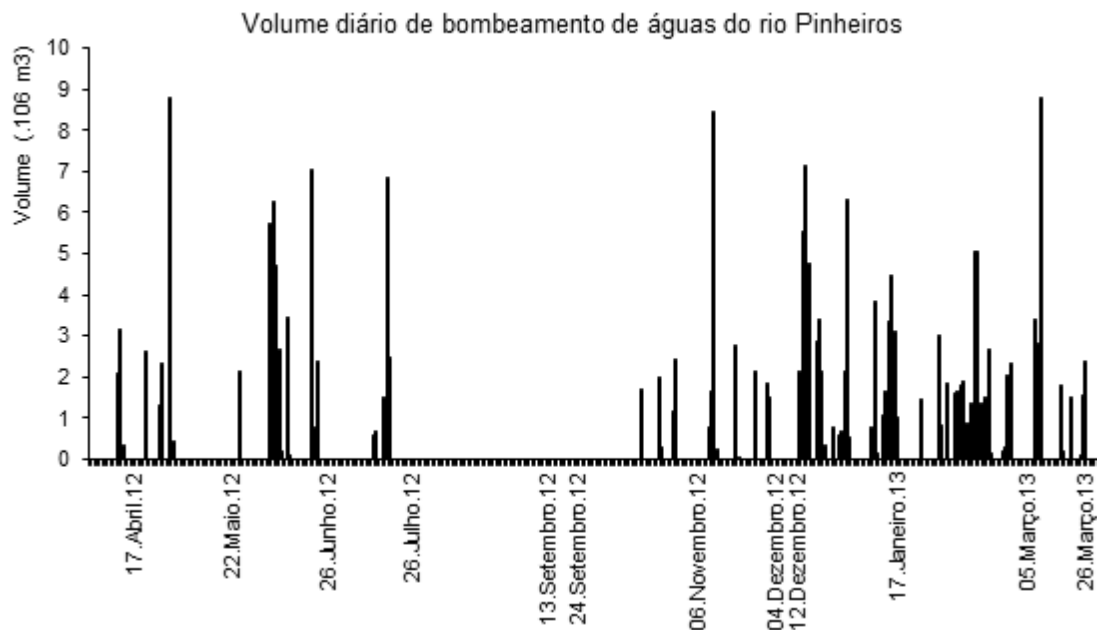


Figura 7. Dados diários de bombeamento de transposição da água do rio Pinheiros para o reservatório Billings (SP) no controle de cheias (EMAE, 2014), destacando-se os dias de amostragem. Volume bombeado em milhões de m<sup>3</sup>.

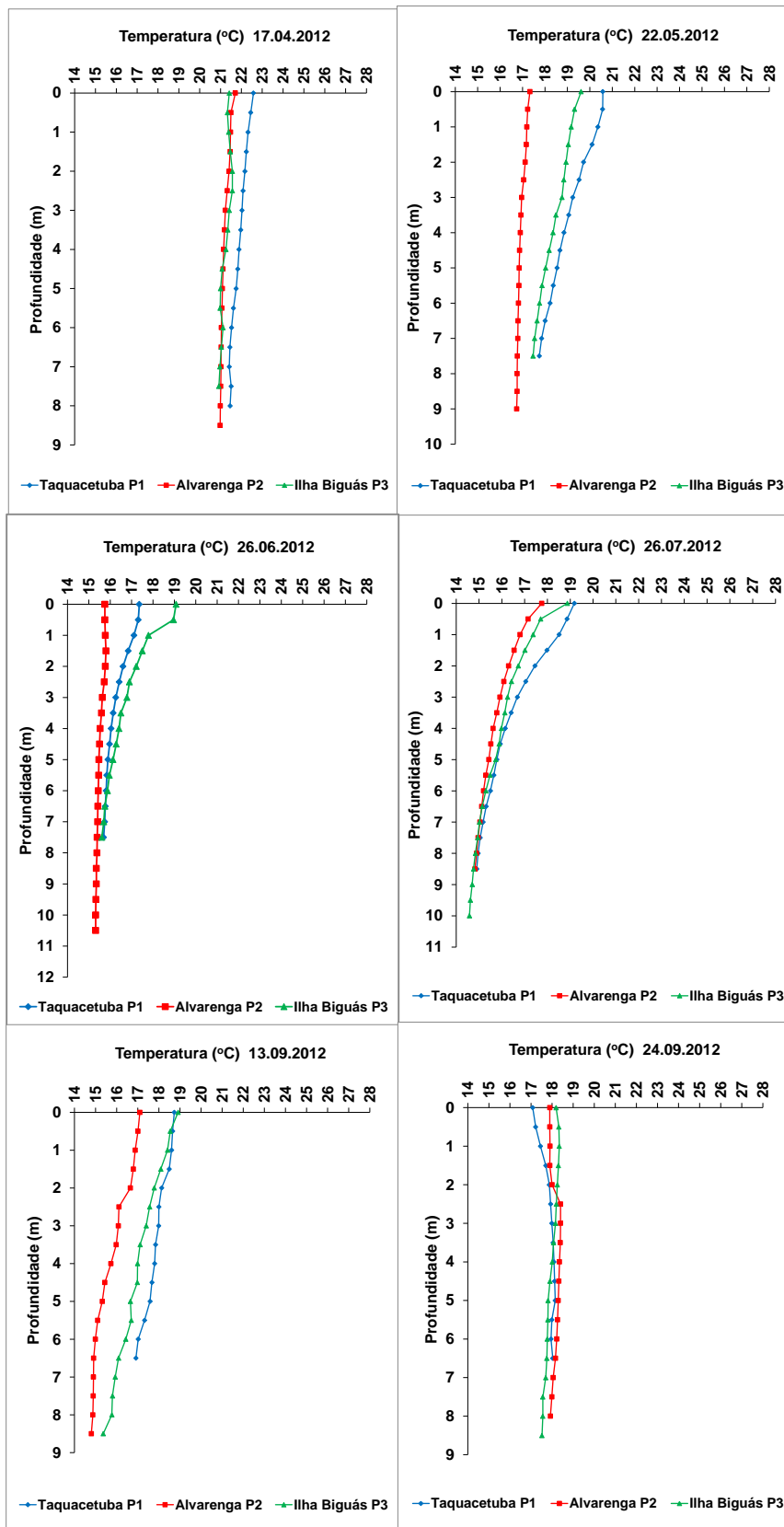


Figura 8. Perfis de temperatura em °C dos pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás no reservatório Billings (SP) ao longo das amostragens de 17.04.2012 à 24.09.2102.

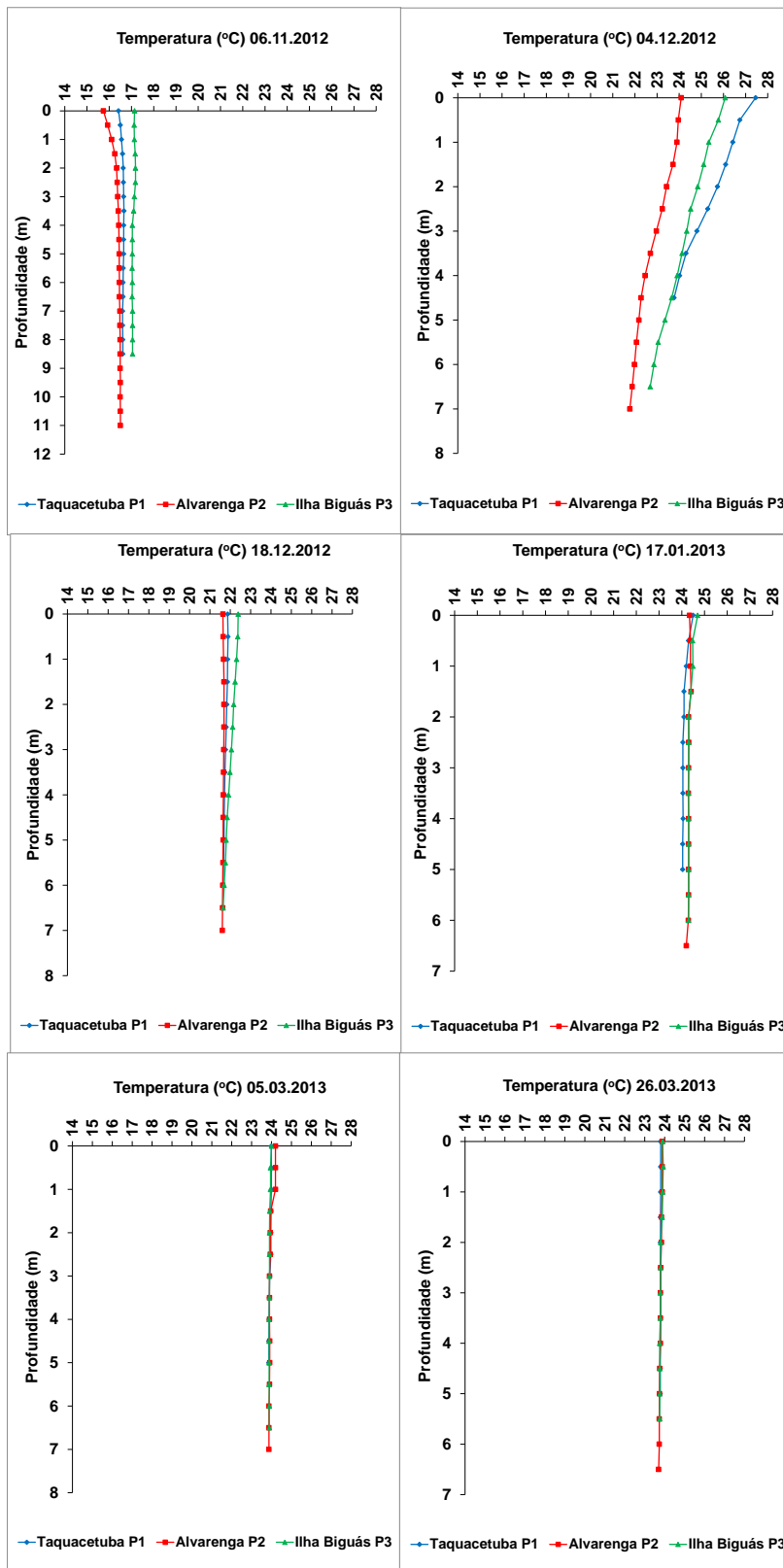


Figura 9. Perfis de temperatura em °C dos pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás no reservatório Billings (SP) ao longo das amostragens de 06.11.2012 à 26.03.2103.

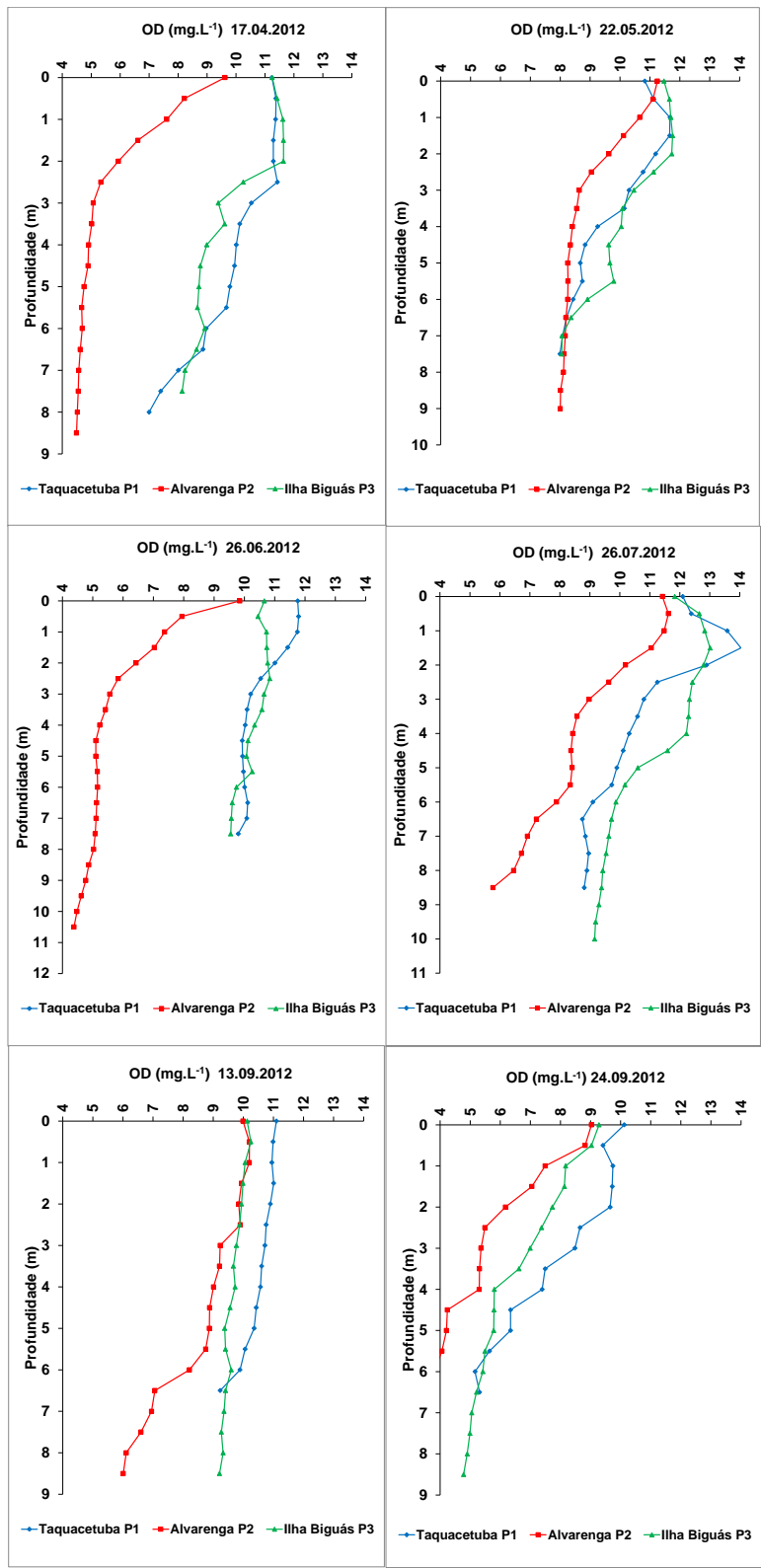


Figura 10. Perfis de oxigênio dissolvido OD em mg.L<sup>-1</sup> dos pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás no reservatório Billings (SP) ao longo das amostragens de 17.04.2012 à 24.09.2102.

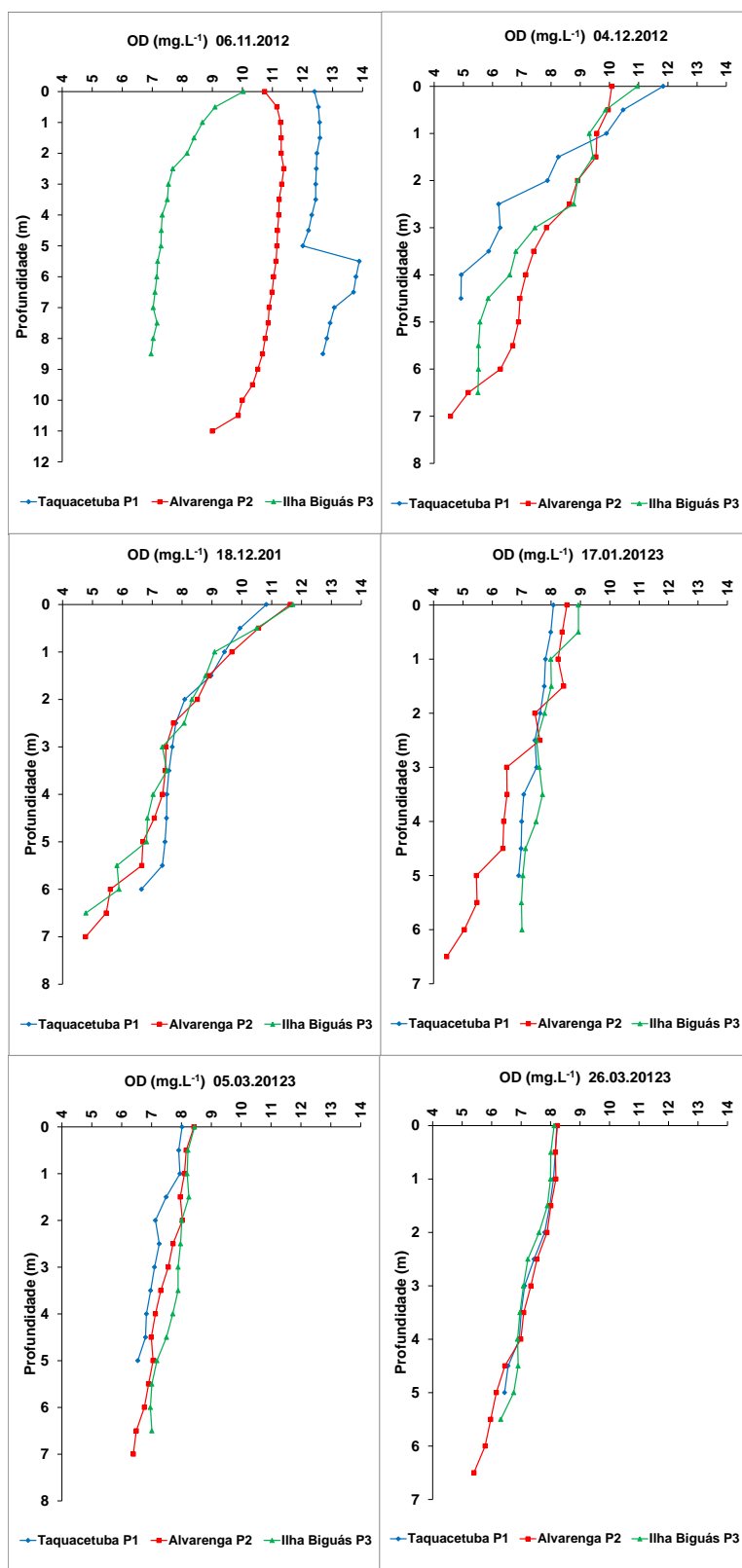


Figura 11. Perfis de oxigênio dissolvido OD em mg.L<sup>-1</sup> dos pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás no reservatório Billings (SP) ao longo das amostragens de 06.11.2012 à 26.03.2013.

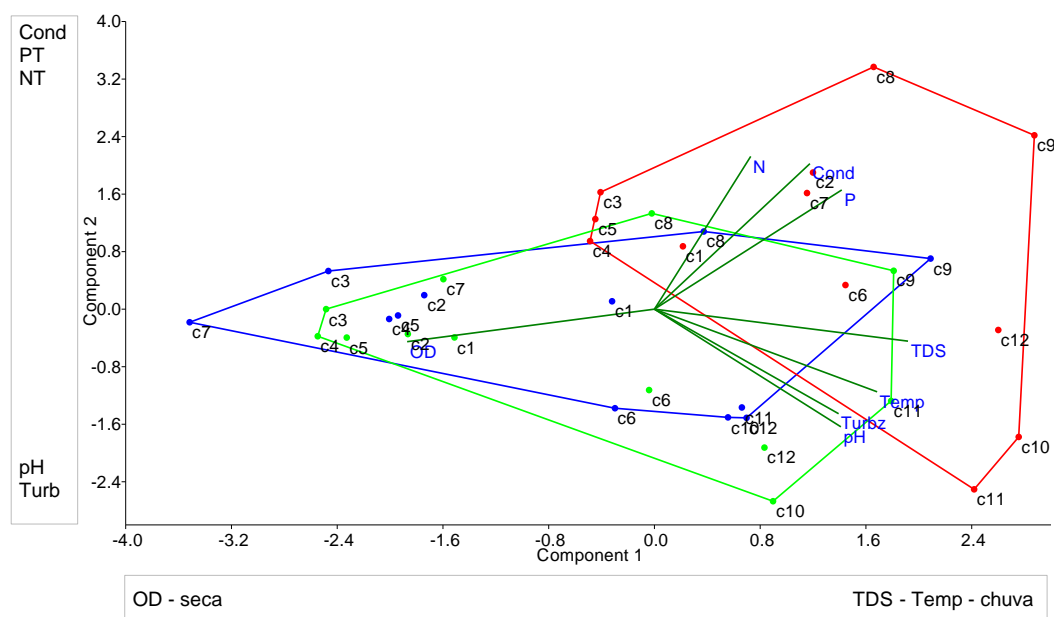


Figura 12. Análise de Componente Principal (PCA) para verificar a ordenação dos pontos de amostragem em relação às variáveis abióticas obtidas a 0,5m do fundo. Os números representam as coletas C1 (17.04.12), C2 (22.05.12), C3 (26.06.12), C4 (26.06.12), C5 (13.09.12), C6 (24.09.12), C7 (06.11.12), C8 (04.12.12), C9 (18.12.12), C10 (17.01.13), C11 (05.03.13) e C12 (26.03.13). As linhas (*convex hull*) unem a nuvem representada pelas coletas realizadas em cada ponto: P1 Taquacetuba (azul), P2 Alvarenga (vermelho) e P3 Ilha dos Biguás (verde) do reservatório Billings (SP). Os vetores (verde-escuros) mostram a contribuição das variáveis pH, temperatura (Temp), condutividade elétrica (Cond), turbidez (Turbz), sólidos totais dissolvidos (TDS), nitrogênio total (N), fósforo total (P) e oxigênio dissolvido (OD) na formação das primeiras duas componentes.

Anexo II – Tabelas

Tabela 1. Resultados dos testes Kruskal-Wallis (H) e posterior Student-Newman-Keuls (SNK) para variáveis abióticas entre os pontos amostrais P1-Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás do reservatório Billings (SP) (P), onde \* indica diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

	Kruskal-Wallis		Student-Newman-Keuls		
	(H)	p	(SNK)	p	
pH	0.299	0.8611			
Temperatura	0.2662	0.8754			
<b>Condutividade</b>	<b>13.0938</b>	<b>0.0014*</b>	entre P1 e P2	<b>11.8333</b>	<b>0.0059*</b>
			entre P2 e P3	<b>14.6667</b>	<b>0.0006*</b>
Turbidez	2.1495	0.3414			
Total de Sólidos Dissolvidos	4.9165	0.0856			
Nitrogênio Total	1.8396	0.3986			
<b>Fósforo Total</b>	<b>18.8996</b>	<b>0.0001*</b>	entre P1 e P2	<b>14.2917</b>	<b>0.0009*</b>
			entre P2 e P3	<b>17.5833</b>	<b>&lt; 0.0001*</b>
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	<b>12.8984</b>	<b>0.0016*</b>	entre P1 e P2	<b>13.4167</b>	<b>0.0018*</b>
			entre P2 e P3	<b>13.3333</b>	<b>0.0019*</b>

Tabela 2. Valores de transparência da água em metros obtidos através da leitura do disco de Secchi ao longo das coletas nos pontos amostrados P1-Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás do reservatório Billings (SP).

Coletas	Secchi (m)		
	P1	P2	P3
17.04.12	0.9	1.0	0.8
22.05.12	0.9	1.2	0.8
26.06.12	0.9	1.4	1.2
26.07.12	0.7	0.8	0.9
13.09.12	0.7	0.5	0.7
24.09.12	0.6	0.8	0.6
06.11.12	0.9	1.0	0.8
04.12.12	0.8	0.8	0.6
18.12.12	0.6	0.6	0.5
17.01.13	0.6	0.7	0.8
05.03.13	0.7	0.7	0.9
26.03.13	0.8	0.8	1.0



Tabela 3. Correlação das variáveis abióticas com os eixos da análise de componente principal (PCA) para as variáveis abióticas observadas nos locais de amostragem do reservatório Billings (SP).

	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
pH	0.5814	-0.5307	-0.147	0.003009
Temp	0.6945	-0.3729	-0.4537	0.1335
Cond	0.4849	0.6564	0.3081	0.3735
Turbz	0.5744	-0.4716	0.3413	-0.2601
TDS	0.7909	-0.1442	0.1959	0.4926
N	0.3002	0.6891	-0.5606	0.01534
P	0.5842	0.5378	0.265	-0.368
OD	-0.7713	-0.1466	0.1119	0.396

Tabela 4. Estado trófico segundo concentrações de fósforo total e cálculo do índice de estado trófico (IET) para fósforo total, segundo as modificações propostas por LAMPARELLI (2004).

Estado Trófico	Pontuação para ponderação	PT P (mg/m <sup>3</sup> )	Critério (IET) IET (PT) = $10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln PT) / \ln 2))$ Onde ln = log natural e PT = fósforo total)
<b>Ultraoligotrófico</b>	0.5	$P \leq 8$	IET $\leq 47$
<b>Oligotrófico</b>	1	$8 < P \leq 19$	$47 < IET \leq 52$
<b>Mesotrófico</b>	2	$19 < P \leq 52$	$47 < IET \leq 52$
<b>Eutrófico</b>	3	$52 < P \leq 120$	$59 < IET \leq 63$
<b>Supereutrófico</b>	4	$120 < P \leq 233$	$63 < IET \leq 67$
<b>Hipereutrófico</b>	5	$233 < P$	IET $> 67$

## **CAPÍTULO 2**

### **MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA EM LOCAIS DE PESCA DO RESERVATÓRIO BILLINGS (SP)**

**MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DA  
QUALIDADE DA ÁGUA EM LOCAIS DE PESCA DO RESERVATÓRIO  
BILLINGS (SP)**

**José Ricardo Baroldi Ciqueto GARGIULO <sup>1\*</sup>**

**Luciana Carvalho Bezerra de MENEZES <sup>2</sup>**

**Cacilda Thais Janson MERCANTE <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Aluno matriculado no Programa de Pós-graduação do Instituto de Pesca e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo, ricardogargiulo@gmail.com

<sup>2</sup> Pesquisador Científico do Instituto de Pesca do Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Avenida Francisco Matarazzo, 455, Barra Funda, São Paulo, SP, Brasil.

\* Bolsista CAPES

**Resumo2:** O estudo objetivou utilizar a caracterização física e química da água e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadora da qualidade da água, em locais de pesca do reservatório Billings (Brasil). Os pontos amostrados foram: a entrada do braço Taquacetuba (P1), a região de Alvarenga (P2) e Ilha dos Biguás (P3). Mensalmente no período de Abril de 2012 a Março de 2013 foi coletada água a 0,5m do fundo com garrafa de *Van-Dorn* para análise dos nutrientes nitrogênio (NT) e fósforo (PT) totais. As variáveis pH, temperatura (Temp), condutividade elétrica (Cond), turbidez (Turb), sólidos totais de dissolvidos (TDS) e oxigênio dissolvido (OD) foram medidas com sonda multiparâmetros. O sedimento foi coletado com o pegador Ekman-Birge, sendo realizados três lançamentos por amostra por ponto. Para avaliação da comunidade bentônica foram calculados: densidades totais (D) ( $\text{ind.m}^{-2}$ ), abundância relativa (%), diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ), riqueza de táxons (S), uniformidade ( $U'$ ), dominância de Simpson ( $C'$ ) e índice da comunidade bentônica (ICB). Para avaliação das diferenças espaço-horizontais foram aplicados os testes Kruskal Wallis (H) seguido de Student-Newman-Keuls (SNK) com as variáveis abióticas e bióticas. Foram também realizadas as análises de componente principal (PCA) com os dados abióticos e a análise de correspondência canônica (CCA) com os dados abióticos e bióticos. Em relação às variáveis físicas e químicas todos os pontos apresentaram concentrações de PT e NT em não conformidade com o enquadramento de águas de classe II da resolução CONAMA 357/2005. O P2 foi o único que apresentou teores de OD em não conformidade para o mesmo enquadramento. Em relação à comunidade bentônica, os três pontos apresentaram grande abundância relativa de Chaoboridae e Chironomini, táxons semitolerantes, indicadores de ambientes eutrofizados. No P1 ocorreu maior abundância de Polymitarcyidae em relação aos demais pontos, sendo este táxon indicador de oligotrofia e sensível a depleção de OD. No P2 observaram-se maiores abundâncias de Oligochaeta em relação aos demais pontos, sendo este táxon tolerante a baixos teores de OD. Os índices bióticos mostraram maiores valores em P1, com exceção da dominância que apresentou comportamento oposto. O ICB mostrou qualidade ambiental regular no P1 e ruim nos demais pontos. A PCA demonstrou maior correlação do P2 com Cond, NT, PT e TDS indicando piores condições em relação à qualidade da água neste ponto. A CCA demonstrou maior correlação do P1 com OD e Polymitarcyidae indicando melhor qualidade da água neste ponto. Conclui-se que a comunidade bentônica foi ferramenta útil como bioindicadora das condições ambientais do reservatório, notadamente em relação aos teores de OD. Os locais estudados apresentaram alto grau de eutrofização, o P1 apresentou as melhores condições ambientais para desenvolvimento da atividade da pesca e P2 pior qualidade da água, o que pode ser atribuído à intensa urbanização do entorno e sua proximidade do local de bombeamento do rio Pinheiros, assim desaconselha-se a atividade da pesca neste local.

Palavras-chave: zoobentos, impacto ambiental, eutrofização

**Abstract:** This study aimed to use the characterization of physical and chemical factors of water and benthic macroinvertebrate community as bioindicator to evaluate water quality in Billings Reservoir fishing sites (SP, Brazil). The sample points were: Taquacetuba (P1), Alvarenga (P2) e Ilha dos Biguás (P3). Monthly April 2012 to March 2013 was collected water at 0.5m from de bottom with bottle Van Dorn to analyze the nutrients nitrogen (NT) and phosphorus (PT) total. pH, water temperature (Temp), electrical conductivity (Cond), turbidity (Turb), total dissolved solids (TDS) and dissolved oxygen (OD) were measured with multiparameter probe. The sediment was collected with the handle Ekman-Birge, being carried out three launches per sample point. To assess the benthic community were calculated: total density (D) (ind.m<sup>-2</sup>), relative abundance (%), diversity of Shannon-Weaver (H'), richness of taxa (S), uniformity (U'), dominance of Simpson (C') and index of the benthic community (ICB). To evaluate the horizontal space differences were applied the Kruskal Wallis test (H) followed by Student-Newman-Keuls (SNK) with the abiotic and biotic variables. Were also held the principal component analysis (PCA) with the abiotic data and the canonical correspondence analysis (CCA) with abiotic and biotic data and calculate the trophic state index (IET). For every point the NT and PT concentrations resulted in non-compliance with CONAMA Resolution #357/2005. The P2 was the only one with OD levels below 5 mgL<sup>-1</sup>. Regarding the benthic community, the three points presented great relative abundance of Chaoboridae and Chironomini, *semitolerantes* (almost tolerants) taxa, eutrophic environments indicators. In P1 was more abundant Polymitarcyidae in relation to other points, which is oligotrophy indicator and susceptible to oxygen depletion. In P2 there was a greater abundance of Oligochaeta in relation to other points, which is tolerant taxon to low oxygen levels. Biotic indices showed higher values in P1, with the exception of Simpson's dominance that presented the opposite. The ICB showed better environmental quality in P1 compared to the other points The PCA showed higher correlation of the P2 with Cond, NT, PT and TDS indicating worse quality of water at this point. The CCA showed higher correlation of the P1 with OD and Polymitarcyidae indicating better quality of water at this point. We conclude that the benthic community was a useful tool as a bioindicator of environmental conditions of the reservoir, especially with respect to oxygen levels. The sites studied showed a high degree of eutrophication. Taquacetuba showed the best environmental conditions for development to fishing activity. Alvarenga showed the worst water quality which can be related to area of intense urban occupation and its proximity with local of water transposition Pinheiros River, advising against to fishing at this location.

**Keywords:** zoobenthos, environmental impact, eutrophication

## INTRODUÇÃO

### ***O reservatório Billings e a pesca artesanal***

O reservatório Billings e sua bacia localizam-se no Estado de São Paulo (Brasil) abrangendo diretamente seis municípios da Região Metropolitana de São Paulo (Diadema, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André, São Bernardo e São Paulo), com histórico de conflitos entre seus usos múltiplos tais como lazer, atividade profissional de pesca artesanal, geração de energia, diluição de seus efluentes, controle de inundações e abastecimento (CARMO e TAGNIN, 2001). Inicialmente construído para armazenar água para gerar energia, atualmente a represa não somente fornece energia, mas também é utilizado para abastecimento, turismo e recreação bem como para a atividade de pesca artesanal. (COBRAPE, 2011). Atualmente, os órgãos ambientais têm manifestado interesse na atividade de pesca artesanal neste ambiente, embora visem diagnosticar a qualidade da água sem apresentar um interesse maior em relação à qualidade do pescado e à saúde do pescador. Segundo Alves da Silva (2008) na Billings, no ano de 2005, o pescado foi consumido por 84,3% das famílias de pescadores, com um consumo médio de 124,0 g/per capita/dia. O consumo pelos pescadores e seus familiares na Billings é relativamente alto, sendo este aspecto, de certa forma preocupante, pois pesquisas relativas à última década (CETESB, 2006) demonstraram que a qualidade da água na maioria dos pontos monitorados está em não conformidade com as recomendações do CONAMA para corpos de água da classe 2 onde ocorre pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo (CONAMA N° 357), enquadramento este referente aos locais abordados no presente estudo. MINTE-VERA (1997), RANZANI DE PAIVA *et al.* (2006); CASTRO *et al.* (2008), ALVES DA SILVA (2008) e ALVES DA SILVA *et al.* (2009) identificaram os principais núcleos pesqueiros e o número de pescadores regularmente operantes na região com um contingente de mais de 100 famílias que vivem exclusivamente da atividade pesqueira artesanal. CASTRO *et al.* (2008) observaram problemas como a redução da quantidade e qualidade do pescado, atribuída, entre outros fatores, à poluição no reservatório.

### ***Qualidade da água no reservatório***

A poluição é de natureza tão variada quantas são as atividades produtivas, tais como indústria, comércio e ocupação urbana no entorno. Tais fontes produzem uma infinidade de resíduos, e muitos deles alteram significativamente as condições limnológicas e sua biota, comprometendo seu equilíbrio, composição e os serviços ambientais por ela providos (TUNDISI e TUNDISI, 2008). O aporte de poluentes 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 (COBRAPE, 2011). A agência ambiental estadual, através de seus relatórios anuais, classifica a represa de eutrófica a hipereutrófica, dependendo de seu compartimento. (CETESB, 2013).

### ***Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores***

HELLAWELL (1986) afirma que nas avaliações ecológicas e sanitárias de ecossistemas aquáticos, os invertebrados bentônicos constituem um dos grupos de organismos mais utilizados como indicadores da qualidade da água. A análise dos macroinvertebrados bentônicos é adequada na avaliação de vários impactos ambientais por diversos motivos, como pelo fato de viverem no sedimento onde há acúmulo de poluentes. A análise da estrutura e distribuição da comunidade bentônica é importante ferramenta ecológica para descrever mudanças temporais e espaciais CALIXTO *et al.* (1998), LEAL e ESTEVES (1999). Segundo CETESB (2013), por habitar o sedimento e ser sensível às perturbações do ambiente aquático, a comunidade bentônica é considerada boa indicadora da qualidade ecológica dos corpos d'água. Para ROSENBERG e RESH (1993), são adequados também pelo fato de serem abundantes em sistemas aquáticos, apresentarem capacidade de locomoção limitada e ciclo de vida longo ficando diretamente expostos aos impactos antropogênicos, apresentarem ampla variedade de tolerância a vários graus e tipos de poluição além de permitirem uma análise comparativa do ambiente antes e depois de eventos impactantes.

OWEN (1974) afirma que o cálculo de índices de diversidade desta comunidade tem sido amplamente empregado para inferir sobre o grau de poluição a que os corpos d'água estão submetidos. De acordo com COVICH *et al.* (1999), os organismos bentônicos são também utilizados como indicadores do grau de depuração de ambientes aquáticos, apresentando importante papel no processamento da matéria orgânica de corpos d'água, acelerando sua degradação, promovendo, indiretamente a reciclagem de nutrientes e a transferência de energia para os níveis tróficos superiores, sendo um elo fundamental na cadeia de detritos. Segundo GNERI e ANGELESCU (1951), a fauna bentônica também é utilizada como indicadora da capacidade biogênica do sistema, desempenhando importante papel na alimentação dos peixes iliófagos (que se alimentam de detritos e sedimento). O lodo é um ambiente sapróbico (rico em matéria orgânica e com baixas concentrações de oxigênio), geralmente pobre em espécies, mas rico em indivíduos, constituindo ao mesmo tempo substrato e alimento, sendo, portanto, um "ambiente trófico". Segundo estes autores, peixes que se nutrem de Oligochaeta e larvas de insetos têm ampla distribuição e abundância na América do Sul. Além disto, relatam que há espécies que, apesar de não terem estes hábitos alimentares, podem utilizar o lodo em certas épocas do ano, como alimento ocasional ou secundário. Assim sendo, os táxons mais representativos da comunidade bentônica, juntamente com a análise de variáveis abióticas, fornecerão um diagnóstico da qualidade da água, tendo em vista que os macroinvertebrados bentônicos são considerados um dos melhores bioindicadores do grau de contaminação de ambientes aquáticos.

Desta forma, o objetivo central do presente estudo foi utilizar a análise física e química da água e da comunidade de macroinvertebrados bentônicos para avaliar a qualidade da água em locais de pesca do reservatório Billings (SP).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Área de estudo***

O reservatório Billings apresenta área aproximada de 120 km<sup>2</sup>, formato dendrítico complexo com corpo central alongado e estreito com oito braços laterais com profundidade máxima aproximada de 18 metros, volume médio



646,841.10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>, vazão média 8,75m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> e tempo de retenção hídrica (residência) aproximado de 720 dias (CETESB, 2001, 2002, 2007, 20012 e 2013). As áreas com maior intensidade de atividade pesqueira foram selecionadas a partir de informações obtidas da comunidade de pescadores profissionais artesanais da região, Capatazia Z1 de São Bernardo do Campo, e nos dados levantados por MINTE-VERA (1997), RANZANI DE PAIVA *et al.* (2006), CASTRO *et al.* (2008) e ALVES DA SILVA (2008). Os locais de amostragem, todos com intensa pesca, foram selecionados com base no uso e ocupação do entorno (Figura 1). O P1 foi selecionado por encontrar-se em local mais preservado. O P2 foi escolhido, pois segundo os pescadores, o pescado obtido neste local apresentava odor e sabor desagradável, desta forma analisou-se este ponto para verificar a qualidade da água e por consequência sua interferência na qualidade do pescado. O P3 foi selecionado a fim de verificar-se a qualidade ambiental deste local, por localizar-se em frente à comunidade dos pescadores, com ocupação moderada do entorno.

O ponto amostral 1 - P1 (S23°49'540" W46°38'269") localiza-se no braço de Taquacetuba próximo ao corpo central do reservatório, sendo esta uma área com boa preservação de seu entorno, pois a região formadora do rio Taquacetuba está inserida em um local com diversas unidades de conservação. No braço de Taquacetuba ocorre a captação de água para a transposição para o reservatório Guarapiranga com finalidade de abastecimento público. O ponto amostral 2 - P2 (S23°46'010" W46°37'377") localiza-se na região de Alvarenga, área com grande urbanização e ocupação de seu entorno. O ponto amostral 3 - P3 (S23°48'532" W46°32'947") localiza-se próximo à Ilha dos Biguás, inserida no corpo central do reservatório, próximo à colônia de pescadores.

### ***Amostragem e análise dos dados***

Mensalmente, de Abril de 2012 a Março de 2013, coletou-se água e sedimento nos pontos amostrais, situados ao menos a 10 metros da margem. A água foi coletada a 0,5 metro do fundo utilizando-se garrafa de *Van-Dorn*. As amostras foram congeladas logo após a coleta para posterior análise de nitrogênio (NT) e fósforo (PT) totais, em período inferior a 90 dias. Esta análise seguiu o método de VALDERRAMA (1981), MACKERETH *et al* (1978) e

STRICKLAND e PARSONS (1960). Em campo, as variáveis pH, temperatura da água (Temp), condutividade elétrica (Cond), turbidez (Turb), sólidos totais de dissolvidos (TDS) e oxigênio dissolvido (OD) foram medidas com sonda multiparâmetros (Horiba U-22), medidos a cada 0,5m desde a superfície até a 0,5m do fundo.

O sedimento foi coletado com o pegador Ekman-Birge, sendo realizados três lançamentos por amostra por ponto (PÉREZ, 1996) e, posteriormente lavado em malha 250 µm e preservado em formalina (4%). No laboratório do Instituto de Pesca foi realizada a flotação com solução saturada de cloreto de sódio com o intuito de diminuir o volume do material a ser triado, segundo ANDERSON (1959), KAJAK et al. (1968) e BRANDIMARTE e ANAYA (1998). A triagem dos macroinvertebrados bentônicos foi realizada sob microscópio estereoscópico. A identificação taxonômica dos organismos bentônicos foi realizada a partir das chaves de MACAN (1975), BORROR e DeLONG (1988), PENNAK (1991), MERRITT e CUMMINS (1995), TRIVINHO-STRIXINO e STRIXINO (1995), PÉREZ (1996). A análise da comunidade bentônica foi realizada a partir dos cálculos de: a) densidade de organismos por metro quadrado (ind.m<sup>-2</sup>); b) abundância relativa; c) índice de diversidade Shannon-Weaver (H'); d) riqueza de táxons (S); e) uniformidade (U') e f) dominância de Simpson (C), de acordo com ELLIOTT (1977), ODUM (1988), RICKLEFS (2011), BEGON *et al* (2007) e ODUM e GARY (2008). De acordo com CETESB (2013) foi calculado o ICB – índice multimétrico de análise da comunidade bentônica.

Os resultados abióticos e bióticos foram apresentados através de gráficos *Box-Whiskers Plot* nos quais os limites inferior e superior do box correspondem respectivamente ao 25 e 75 percentis, os *whiskers* ao mínimo e ao máximo e a linha central da distribuição à mediana. As análises estatísticas desenvolvidas seguem HAIR *et al* (2009), SOKAL e ROHLF (2009) e ZAR (2010). A abordagem paramétrica não pode ser aplicada, pois os requisitos de normalidade e homogeneidade das variâncias dos resíduos não foram atingidos, nem com a transformação logarítmica dos dados originais. Os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis (H) seguido de Student-Newman-Keuls (SNK) foram utilizados para pesquisar a existência de diferenças significativas

das variáveis abióticas e bióticas entre os pontos amostrais. As análises multivariadas foram aplicadas para ordenar as unidades amostrais em novos espaços multivariados com base na existência e na intensidade da associação entre as variáveis. A Análise de Componente Principal (PCA - *Principal Component Analysis*) foi aplicada para verificar quais os dados abióticos indicaram as diferenças entre os pontos amostrados. A Análise de Correspondência Canônica (CCA – *Canonical Correspondence Analysis*) foi utilizada para ordenar as unidades amostrais no espaço multivariado, com base na existência e na intensidade da associação entre as variáveis abióticas e bióticas. Todas as análises foram realizadas a partir das rotinas dos programas PAST 2, PAST 3 e BIOESTAT 5.1 e EXCELL 2010 rodados em Windows 7.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Dados climatológicos***

O Climograma (Figura 2), tomando-se como referência dados do município de São Bernardo do Campo incluso na bacia hidrográfica do reservatório Billings, mostra um período seco de abril a novembro 2012 (da coleta 1 a 8) e chuvoso de dezembro de 2012 a março de 2013 (da coleta 9 a 12). Porém, em junho 2012 (coleta 6) observou-se uma pluviosidade atípica de 188,1mm, ou seja, 2,13 vezes maior comparada à média de 88,3mm entre de 1961 a 1990 (TEMPOAGORA, 2013).

### ***Descrição dos dados abióticos - variação espaço-horizontal***

Os gráficos *Box-plot* das variáveis físicas e químicas obtidas a 0,5m do fundo (Figura 3) permitiram observar um pH próximo à neutralidade com pouca variação entre os pontos. Observaram-se valores mais elevados no P2 de condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio total e fósforo total. Nitrogênio total e fósforo total em todos os pontos estiveram acima do limite para classe 2 do CONAMA. Em relação ao oxigênio dissolvido, observaram-se os menores valores no P2, que foi o único ponto com valores abaixo do limite COMANA. Tais resultados demonstram que o P2 é o ponto com maior eutrofização, o que se verifica através dos maiores valores de PT e menores valores de OD. Estes resultados são corroborados pelos testes de Kruskal-Wallis (H) e comparação múltipla *a posteriori* de Student-Newman-

Keuls (SNK) (Tabela 1) que revelaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) de condutividade elétrica, fósforo total e oxigênio dissolvido entre P1 e P2 e entre P2 e P3, demonstrando a significativa diferença do P2 em relação aos demais. A região de Alvarenga, segundo HORTELLANI *et al.* (2012) representa também área crítica para acumulação de metal. Já a região da Ilha dos Biguás para esses autores, apresentou níveis de mercúrio no sedimento dentro dos limites legais. Alvarenga localiza-se próximo ao local de bombeamento da transposição de água do rio Pinheiros, o que pode ter contribuído para os altos valores de PT. A variação do volume de águas bombeadas na transposição ao longo do período amostrado está representada na Figura 4.

### ***Descrição da comunidade bentônica***

#### *Táxons mais representativos e sua utilização como bioindicadores*

A análise da abundância relativa somando-se todas as coletas por ponto (Figura 5) mostrou maior presença de Oligochaeta em P2 (32%) em relação a P1 (8%) e P3 (5,5%). Este táxon segundo PÉREZ (1996), vive em águas eutróficas, com grande quantidade de matéria orgânica. Segundo PENNAK (1991), esses organismos são resistentes a baixos teores de oxigênio. Glossiphoniidae *Helobdella stagnalis* (Linnaeus, 1758) foi encontrada em todos os pontos com maiores valores no P2 (6,2%) e P3 (6,8%) em relação ao P1 (2,6%). Segundo SAWYER (1974), esta espécie pode ser considerada indicadora de degradação ambiental quando em densidade superior a 500 ind.m<sup>-2</sup>, sendo que no P2 na coleta 1 (17.04.2012) a densidade esteve próxima a este valor (445 ind.m<sup>-2</sup>). Chaoboridae apresentou grande abundância em todos os pontos, P1 (37,3%), P2 (46%) e P3 (40%) e, segundo WALLACE e ANDERSON (1995) este táxon é mais comum e abundante em lagos, lagoas e rios eutrofizados, por apresentarem migração vertical na coluna de água em especial durante a noite o que favorece obtenção de oxigênio. Os locais amostrados apresentaram uma profundidade média em torno de 10 metros, sendo que estes organismos apresentam uma migração vertical, representativos em ambientes profundos e adaptados a total anoxia (LISBOA, 2009), embora neste estudo, os teores de OD não tenham caracterizado anoxia de fundo. Chironomini também foi observada em todos os pontos com grande representatividade, sendo que apresentou maior abundância no P3 (46,2%) e

P1 (34,8%) em relação à P2 (14,2%). São organismos representativos de ambientes lênticos e resistentes a déficits de oxigênio (BORROR e DeLONG, 1988; PENNAK, 1991; MERRITT e CUMMINS, 1995). Ceratopogonidae mostrou abundâncias inferiores a 2% nos Pontos 1 e 2 e ausência no P3, sendo que segundo PÉREZ (1996), este táxon é indicador de ambientes oligomesotróficos. Tanypodinae foi observada apenas no P1 (2,6%) sendo que, segundo MERRITT e CUMMINS (1995), apresenta facilidade de locomoção, o que os torna de certa forma independentes da concentração de oxigênio dissolvido. Ephemeroptera Polimitarcyidae apresentou abundância de 14, 5% no P1 e inferior a 2% nos outros pontos. Ephemeroptera ocorrem geralmente em lagoas rasas e a maioria está presente em águas correntes, límpidas e bem oxigenadas, sendo que a família Polimitarcyidae é considerada indicadora de boa qualidade da água. (PÉREZ, 1996). Este táxon também foi encontrado no braço Taquacetuba em 2006 nos estudos da CETESB (2007), pela primeira vez depois de mais de 10 anos de estudos. A presença deste táxon no P1 relaciona-se com os maiores valores de oxigênio dissolvido neste ponto comparativamente aos demais pontos amostrais. A presença em todos os pontos amostrais de Hirudinea, Oligochaeta e Chironomini está relacionada ao acentuado grau de eutrofização da Billings, em especial em P2 Alvarenga, com presença significativa de oligochaeta, pelos reduzidos teores de OD. No reservatório de Salto Grande (SP) com similares graus de trofia com o reservatório Billings, DORNFELD (2002) observou os mesmos táxons.

#### *Comunidade bentônica – variação espaço-horizontal*

A distribuição dos valores dos índices bióticos por ponto é representado por gráficos *Box-plot* (Figura 6) que mostram tendência a maiores valores de densidade total, diversidade de Shannon-Weaver, riqueza de táxons e uniformidade no P1 e maiores valores de dominância de Simpson em P2 e P3. Os testes de Kruskal-Wallis (H) e comparação múltipla *a posteriori* de Student-Newman-Keuls (SNK) (Tabela 2) revelaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) de densidades totais entre P1 e P3; diversidade de Shannon-Weaver entre P1 e P2 e entre P1 e P3 e riqueza de táxons entre P1 e P3.

#### *ICB – Índice da comunidade bentônica - CETESB*

Baptista *et al.* (2013) citam o pouco desenvolvimento no Brasil de índices multimétricos utilizando macroinvertebrados bentônicos como ferramenta de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade de águas. Estes autores testam e ajustam diversas métricas que utilizam a riqueza de famílias e índices de diversidade como Shannon-Weaver para compor índices multimétricos. A CETESB (2013) utiliza o Índice multimétrico da Comunidade Bentônica (ICB) para o monitoramento da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo a partir de dados de macroinvertebrados bentônicos envolvendo cálculo de riqueza e diversidade conforme mostrado na tabela 3. Este índice permite classificar os corpos d'água segundo seu grau de trofia.

O ICB para classificação do grau de trofia (CETESB, 2013) foi calculado no presente estudo a partir da ponderação entre valores de diversidade e riqueza (Tabela 3). O P1 apresentou classificação DE REGULAR. Os demais pontos foram classificados como RUIM. Esta análise complementar mostra uma tendência de piores condições ambientais para o P2 e P3 em comparação ao P1. Os resultados desta análise são condizentes com os resultados calculados pela CETESB (2013) para tal índice no reservatório Billings. A CETESB calcula ICB apenas no ponto BILL02100 (S23°44'57" W46°38'52") no corpo central do reservatório sendo classificado como REGULAR em 2013.

De acordo com a característica de tolerância/sensibilidade aos diferentes impactos, CETESB (2013) considera SENSÍVEL o táxon Ephemeroptera Polymitarcyidae, SEMI-TOLERANTE os táxons Chironomini, Tanypodinae, Ceratopogonidae e Glossiphoniidae (*H. stagnalis*) e, TOLERANTE a maioria dos Oligochaeta. A análise da abundância relativa desses táxons agrupados, segundo o critério descrito (Figura 7) mostra o grupo SENSÍVEL mais abundante em P1 (23,27%) quando comparado aos demais pontos, aonde é quase ausente (<2,5%). O grupo SEMI-TOLERANTE foi mais abundante no P3 (88,51%) e P1 (64,43%) quando comparado a e P2 (38,44%). O grupo TOLERANTE mostra-se mais abundante no P2 (59,86%) em relação ao P1 (12,30%) e P3 (9,20%). Tal agrupamento por ordem de tolerância/sensibilidade dos táxons mostra tendência de qualidade ambiental decrescente na sequência P1 - P3 - P2. O ponto BILL02100 monitorado pela CETESB (2013) apresentou alta densidade de organismos, comum em locais bastante eutrofizados e com

dominância de organismos SEMI-TOLERANTES, seguidos de organismos tolerantes. Tal situação é similar à observada nos três pontos amostrados.

### ***Análise Multivariada***

#### *Análise de Componente Principal (PCA)*

A análise de componente principal (PCA), para verificar a ordenação dos pontos de coleta em relação às variáveis abióticas ao longo do período observado, é apresentada na Figura 8. Os dois primeiros componentes explicam 61,47% da variabilidade total dos dados analisados. A tabela 4 mostra a correlação das variáveis com os eixos. A PCA mostrou que as piores condições em relação à qualidade da água ocorreram no P2 demonstrada pela maior correlação de Cond, NT, PT e TDS com este ponto. Em particular a análise mostra a relação inversa do OD com todas as outras variáveis e que os maiores valores desta variável podem ser observados especialmente nos pontos P1 e P3. O ponto P2 com nuvem de dispersão separada dos demais pontos caracteriza-se por mostrar maior correlação com Cond, NT e PT.

#### *Análise de Correspondência Canônica (CCA)*

A Análise de Correspondência Canônica (CCA), utilizada para verificar a existência e a intensidade da associação entre variáveis abióticas e bióticas em relação às coletas realizada nos 3 pontos, é apresentada na Figura 9. Os primeiros dois eixos explicam 88,82% da variabilidade total dos dados analisados. A ampla sobreposição das nuvens das coletas realizadas ao longo do período de estudo nos três pontos indica que estes apresentam condições similares em relação à qualidade da água e composição do zoobentos. A análise demonstrou que o P1 apresentou melhor qualidade da água indicada pela maior correlação deste ponto com OD e Polymitarcyidae.

### **CONCLUSÃO**

O presente estudo demonstra que os locais estudados encontram-se em alto grau de eutrofização, o que pode ser observado pelos valores de PT e NT em não conformidade com a legislação vigente, associado à comunidade bentônica representada predominantemente por organismos tolerantes e semitolerantes. O ponto Taquacetuba (P1) apresenta as melhores condições ambientais para desenvolvimento da atividade da pesca, o que foi demonstrado

pela maior abundância do taxa Polymitarcyidae, além dos maiores valores de OD, o que pode ser atribuído à maior preservação do seu entorno. Em contrapartida o ponto Alvarenga (P2) apresentou pior qualidade da água, sendo o único que teve valores de OD em não conformidade com a legislação vigente. Esta pior qualidade da água, pode ser atribuída à intensa urbanização do entorno e a proximidade do local de bombeamento do rio Pinheiros, o que é corroborado pela percepção dos pescadores que relatam odor e sabor ruins do pescado deste local. Sendo assim desaconselha-se a atividade da pesca em Alvarenga.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES DA SILVA, M E P; CASTRO, P M G; MARUYAMA, L S e PAIVA P (2009) Levantamento da pesca e perfil socioeconômico dos pescadores artesanais profissionais no reservatório Billings. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 35(4): 531 – 543.
- ALVES DA SILVA, M.E.P. (2008) Pescadores e Pescarias de Pequena Escala em Comunidades Locais: O Caso do Reservatório Billings (Alto Tietê, SP). São Paulo. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesca/APTA/SAA-SP).
- ANDERSON, R. (1959) *A modified flotation technique for sorting bottom fauna samples*. Limnology and Oceanography. 4: 223-225.
- BAPTISTA, D F, HENRIQUES-OLIVEIRA A L, OLIVEIRA, R B S, MUGNAI, R, NESSIMIAN, J L e BUSS, D F (2013) Development of a benthic multimetric index for the Serra da Bocaina bioregion in Southeast Brazil. Brazilian Journal of Biology, 2013, vol. 73, no. 3, p. 573-583
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. (2007) Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. Artmed. Porto Alegre.
- BORROR, D.J. e DeLONG, D.M. (1988) Introdução ao estudo dos insetos. 3a.ed. Editora Edgard Blücher. São Paulo, 652p.
- BRANCO, S.M. (1986) Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 3a. ed. Convênio CETESB ASCETESB. São Paulo. 616p.
- BRANDIMARTE, A.L. e ANAYA, M., (1998). Methods-Bottom fauna flotation using a solution of sodium chloride. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, Stuttgart 26 (5): 2358-2359.
- CALLISTO, M, ESTEVES, F A, GONÇALVES, J F Jr. e FONSECA, J J L (1998) Benthic macroinvertebrates as indicators of ecological fragility of small rivers (igarapés) in a bauxite mining region of Brazilian Amazonia. Amazoniana, 15(1/2):1-9.
- CARMO, R.L. e TAGNIN, R. (2001) Uso múltiplo da água e múltiplos conflitos em contextos urbanos: o caso do Reservatório Billings. In: Anais do IX Encontro Nacional da ANPUR). Rio de Janeiro.



[http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/livros/migracao\\_urbanas/02\\_pronex\\_14\\_Uso\\_Multiplo.pdf](http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/livros/migracao_urbanas/02_pronex_14_Uso_Multiplo.pdf)

- CASTRO, P.M.G.; ALVES DA SILVA, M.E.P.; MARUYAMA, L.S.; PAIVA, P. (2008) Mapeamento da pesca artesanal no reservatório Billings (Alto Tietê, SP). Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, Coletânea de Trabalhos da I Semana Nordestina de Engenharia de Pesca, 3(esp): 23-29.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2012) Protocolo para o Biomonitoramento com as Comunidades Bentônicas de Rios e Reservatórios do Estado de São Paulo. São Paulo, 113p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/protocolo-biomonitoramento-2012.pdf>.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2012) Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2012. São Paulo, 370p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2013) Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo 2013. São Paulo, 434p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2001) Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2000. São Paulo, 214p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2002) Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2001. São Paulo, 387p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2006) Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2005. São Paulo, 488p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2007) Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2006. São Paulo, 387p. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>.
- COBRAPE - Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (2011) Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings - Relatório Final. <http://pt.scribd.com/doc/88463933/PDPABillings-RelatorioFinal-1>
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União. Brasília. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2011) Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Diário Oficial da União. Brasília

[http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol\\_lanceflue\\_30e31\\_mar11.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31_mar11.pdf)

- COVICH, A.P.; PALMER, M.A. e CROWL, T.A. (1999) *The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems: zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling*. Bioscience, 49:119-127.
- DCSBCSP - Blog da Defesa Civil de São Bernardo do Campo – SP. (2013) Pluviometria de São Bernardo do Campo - dados históricos <http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2012/03/pluviometria-de-sao-bernardo-do-campo.html>
- DORNFELD, C.B (2002), Utilização de análise limnológica, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para diagnóstico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana, SP). Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da USP.
- ELLIOTT, J.M. (1977) *Statistical analysis of samples of benthic invertebrates*. Freshwater Biological Association. Ambleside. 157 p.
- EMAE – Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. (2014) Dados diários de bombeamento de transposição da água do rio Pinheiros para o reservatório Billings (SP) no controle de cheias compartimento Pedreira. Departamento de Supervisão de Operações – OS. Enviado por e-mail.
- GNERI, F.S. e ANGELESCU, V. (1951). *La nutricion de los peces iliofagos en relacion con el metabolismo general del ambiente aquatico*. Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales - Ciencias Zoológicas, Buenos Aires 2: 1-44.
- HAIR, J.F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R.E. (2009) *Multivariate Data Analysis 7<sup>th</sup> Edition* Pearson Prentice Hall.
- HELLAWELL, J.M. (1986) *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*, Elsevier Science. New York, 546p.
- 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. (2012) *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.
- KAJAK, Z., DUSOGE, K. and PREJS, A. (1968) *Application of the floating technique to assessment of absolute number of benthos*. Ekol. Pol. Ser. A ,16: 607-620.
- LAMPARELLI, M. C. (2004) *Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento*. 238 p. Tese (Doutorado)- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- LEAL, J J F e ESTEVES, F A (1999) *Density and biomass of Campsurus sp. (Ephemeroptera) and other macroinvertebrates in an Amazonian lake impacted by bauxite tailings (Lago Batata, Pará, Brazil)*. Amazoniana, 15(3/4): 193-209.

- LISBOA, L.K. (2009) Estrutura e Composição da fauna de macroinvertebrados bentônicos da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. Universidade de Santa Catarina. 43p
- MACAN, TT. (1975) *Invertebrados de agua dulce: guia de animales*. Pamplona, EUSA. 118p.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. e TALLING, J.F. (1978) *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Kendall: Titus Wilson & Son Ltd. 117p. (Freshwater Biological Association Scientific Publication n° 36).
- MERRITT, RW. e CUMMINS, KW. (eds). 1995. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa
- MINTE-VERA, C.V. (1997) A pesca artesanal no reservatório Billings (São Paulo). Campinas. 86p. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia, UNICAMP).
- ODUM, E P (1988) Ecologia.. Ed. Guanabara. Rio de Janeiro.
- ODUM, E.P.; BARRETT, G.W. (2008) Fundamentos de ecologia. Cengage Learning. São Paulo.
- OWEN, TL. (1974) *Handbook of common methods in limnology.*, The C.V. Mosby Company. Saint Louis 154p.
- PENNAK, RW. (1991). *Freshwater invertebrates of United States: Protozoa to Mollusca*. 3.ed. Wiley-interscience Publication. 628 p.
- PÉREZ, G.R. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Presencia. Bogotá. 217p
- RANZANI de PAIVA, F., CASTRO, PMG. e MARUYAMA, LS. (2006). Pesca artesanal na Represa Billings, Estado de São Paulo: uma arqueologia da existência. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO SOCIOAMBIENTAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AQUICULTURA E DA PESCA NO BRASIL, 2., Rio de Janeiro, 29 nov.- 03 dez./2006. Anais. Rio de Janeiro: p.1-6.
- RICKLEFS, R.E. (2011) A Economia da Natureza. 6ª. Ed. Guanabara/Koogan, Rio de Janeiro. 546p.
- ROSENBERG, D.M. e RESH, V.H. (eds.) (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, Chapman & Hall. New York 487p.
- SAWYER, R.T. (1986) *Leech Biology and Behaviour*. Clarendon Press Vol. II, p. 419-793, 1065p. Oxford
- SOKAL, R.R. e ROHLF, F.J. (2009) *Introduction to Biostatistics*. 2ed. Dover Publications. New York. 363p.
- STRICKLAND, J.D. E PARSONS, T.R. (1960) *A manual of sea water analysis*. 2ed. Bull. Fish. Res. Bel. Can., 125: 1-185
- TEMPOAGORA (2013) Meteorologia. Página WEB <http://www.tempoagora.com.br/previsaodotempo.html/brasil/climatologia/SaoBernardodoCampo-SP>
- TRIVINHO-STRIXINO, S. and STRIXINO, G. 1995. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: guia de identificação e diagnose dos gêneros. São Carlos, PPG-ERN/UFSCar. 229 p.

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

VALDERRAMA, J.C. (1981). *The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters*. Mar. Chem., 10: 109-122.

WALLACE e ANDERSON (1995) Wallace, JB and Anderson, NH. 1995. Habitat, Life History, and Behavioral. Adaptations of Aquatic Insects In: MERRITT, RW. and CUMMINS, KW. (eds). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, pp.41-73

ZAR, J.H. (2010) *Biostatistical Analysis*. 5ed. Pearson Prentice Hall. New Jersey.

#### Anexo I – Figuras

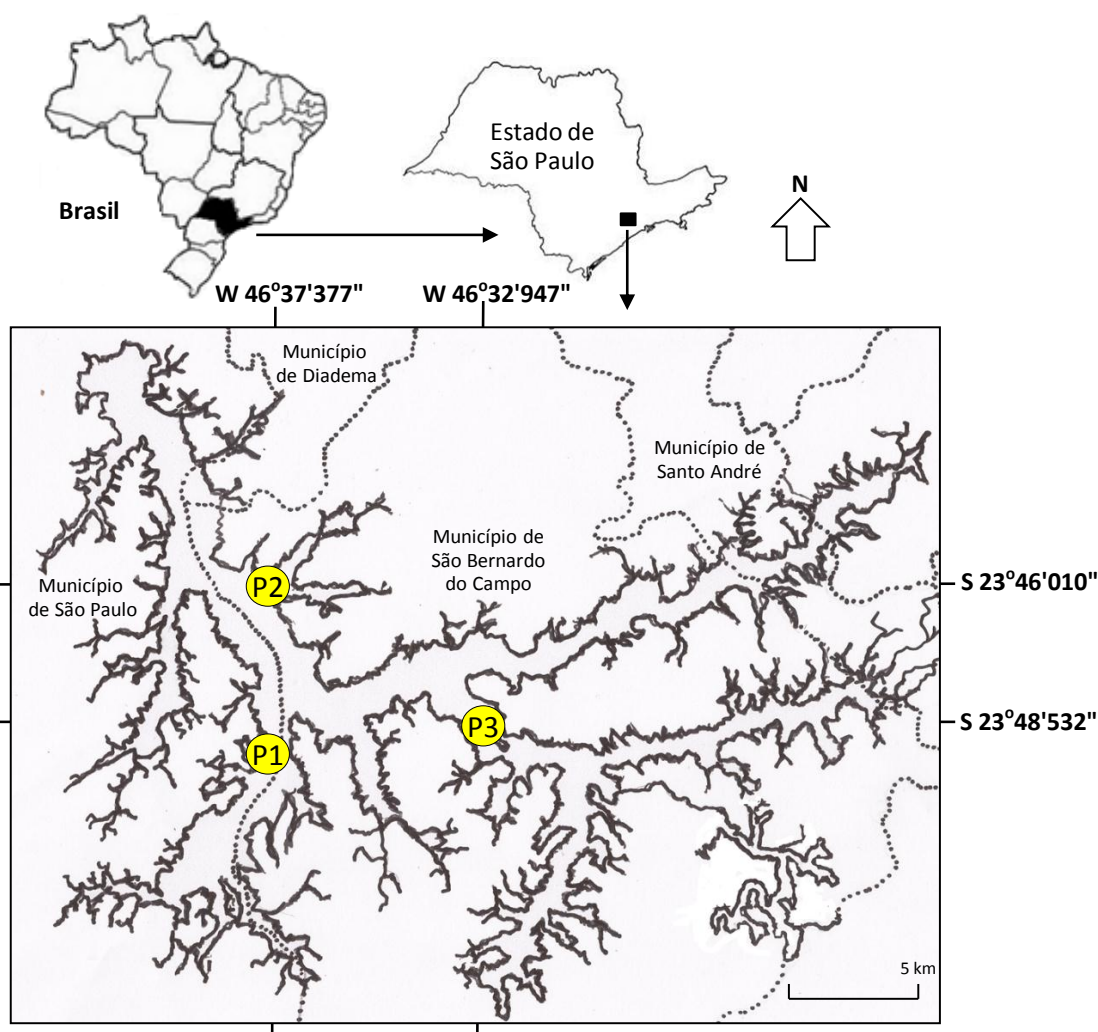


Figura 1. Área de estudo e localização aproximada dos locais de amostragem no reservatório Billings (SP). Onde P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás e linhas pontilhadas- limites municipais.

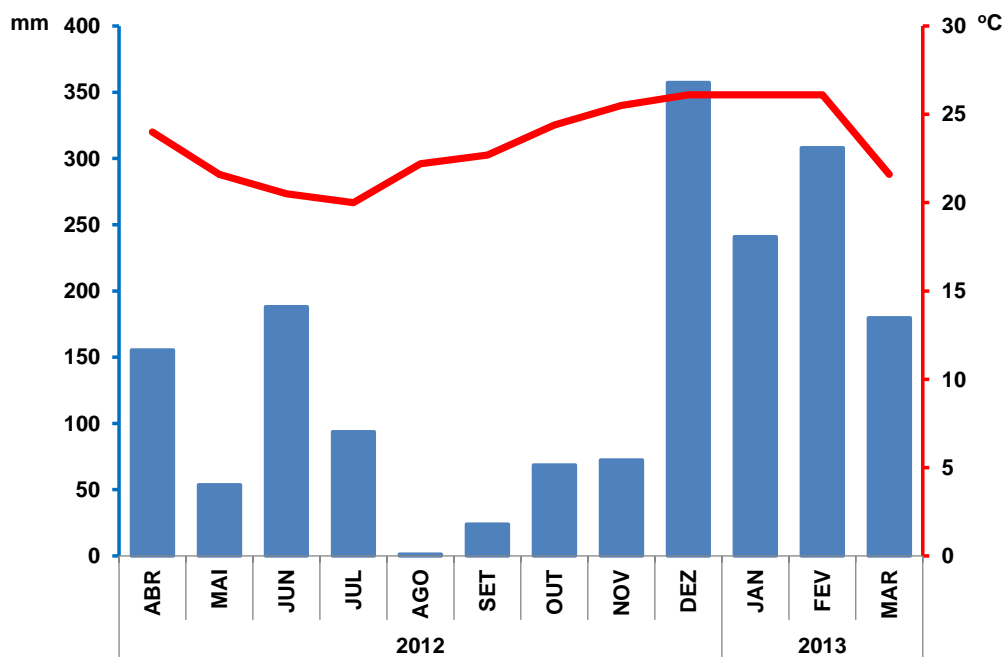


Figura 2. Climograma do município de São Bernardo do Campo (SP), incluso na Bacia Hidrográfica do reservatório Billings (SP). A linha vermelha representa a temperatura do ar em centígrados (°C) e as colunas azuis representam a pluviosidade mensal total em milímetros (mm). Os dados de pluviosidade foram obtidos do Blog da defesa civil de São Bernardo do Campo (DCSBCSP, 2013)..

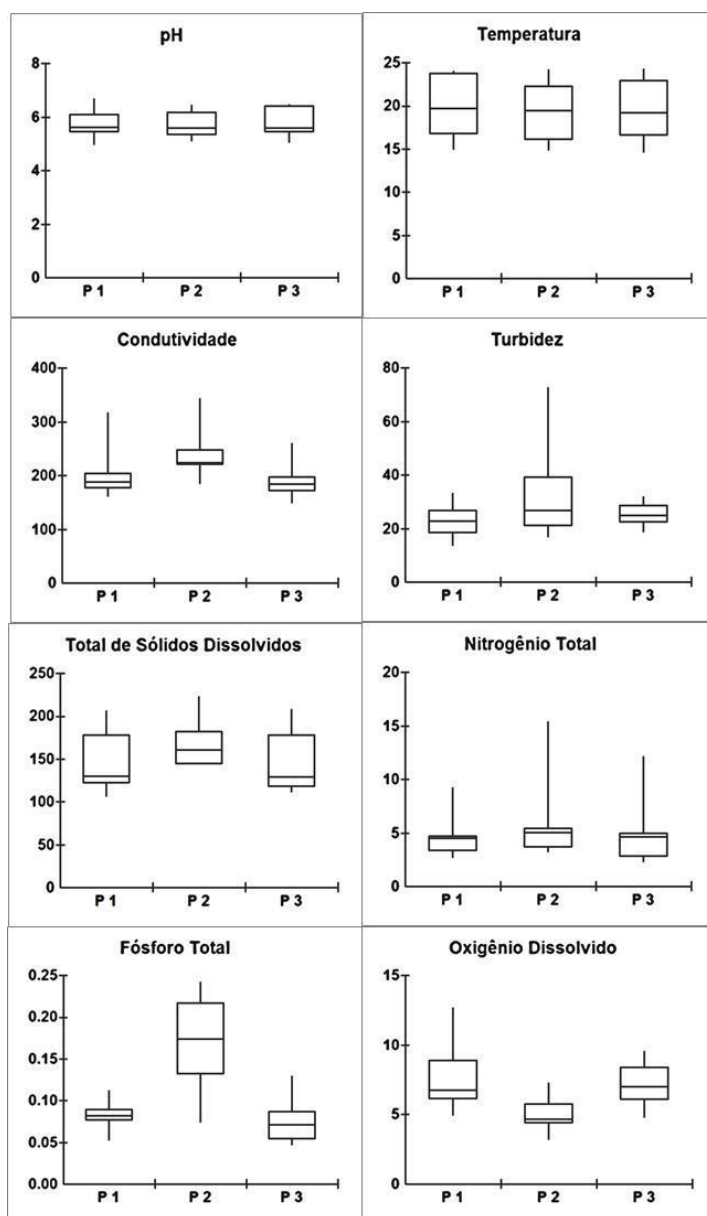


Figura 3. Variáveis abióticas medidas nos pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás do reservatório Billings (SP), representadas por gráficos *Box-Whiskers Plot* onde os limites inferior e superior do *Box* correspondem respectivamente aos percentis de 25 e 75, os *whiskers* ao mínimo e ao máximo e, a linha central da distribuição à mediana, sendo a temperatura em °C, a condutividade elétrica em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , turbidez em NTU e, total de sólidos dissolvidos, nitrogênio total, fósforo total e oxigênio dissolvido em  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

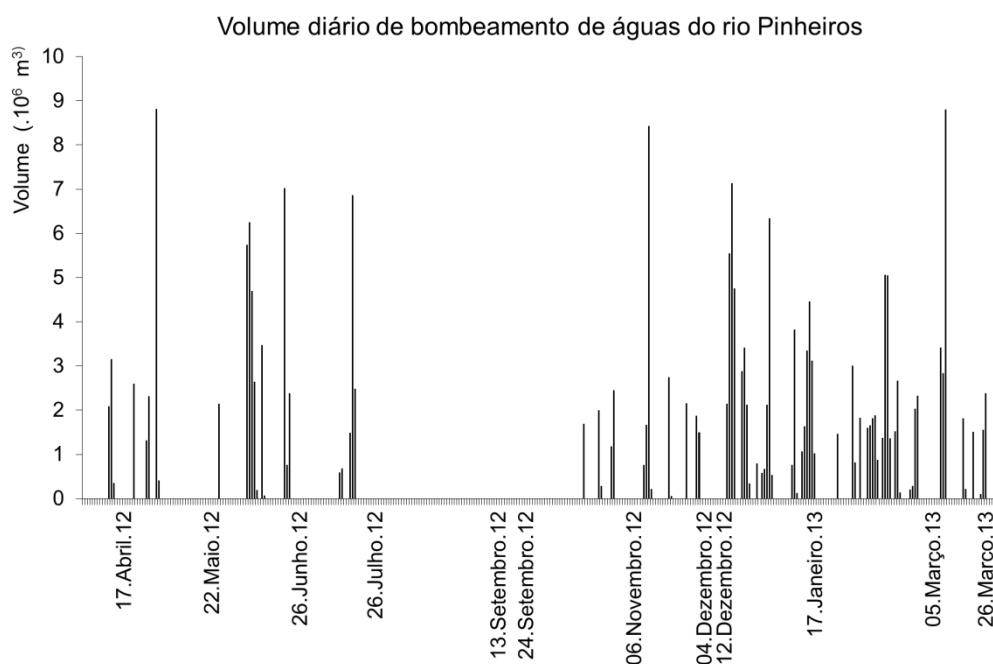


Figura 4. Dados diários de bombeamento de transposição da água do rio Pinheiros para o reservatório Billings (SP) no controle de cheias (EMAE, 2014), destacando-se os dias de amostragem. Volume bombeado em milhões de m<sup>3</sup>.

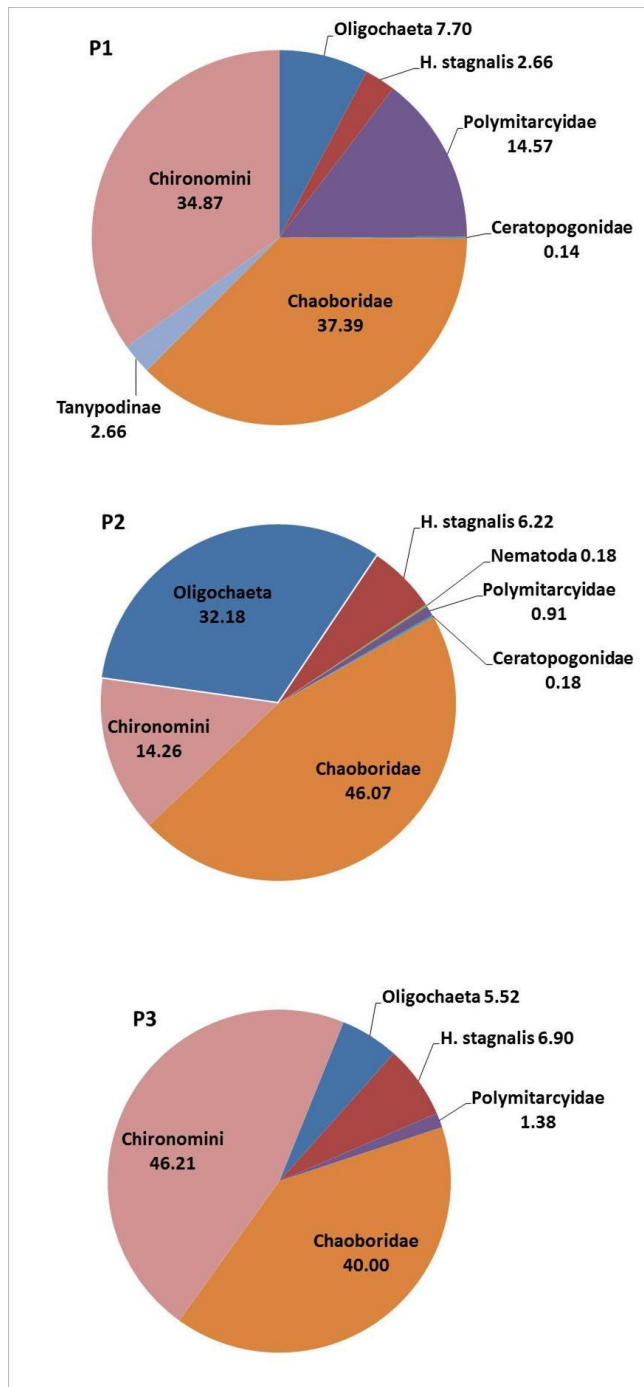


Figura 5: Variação das abundâncias relativas (%) dos táxons agrupadas por ponto amostral P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás do reservatório Billings (SP), sendo que H. stagnalis representada, indica o táxon *Helobdella stagnalis*.



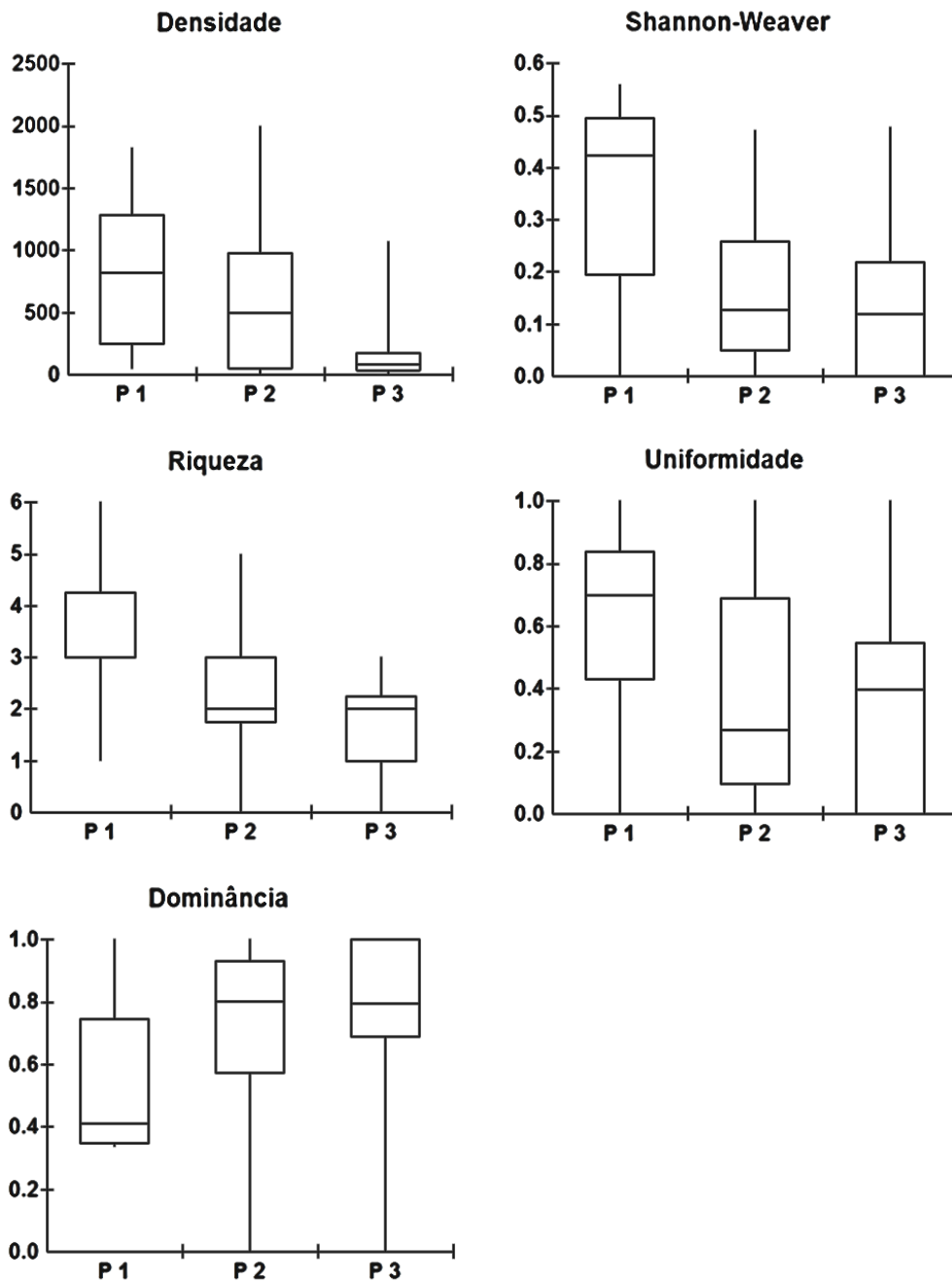


Figura 6. Índices bióticos por ponto amostral P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás do reservatório Billings (SP), representadas por gráficos *Box-Whiskers Plot* onde os limites inferior e superior do *Box* correspondem respectivamente aos percentis de 25 e 75, os *whiskers* ao mínimo e ao máximo e, a linha central da distribuição à mediana. Sendo densidade (D) ind.m<sup>-2</sup>, diversidade de Shannon-Weaver (H'), Riqueza de táxons (S), Uniformidade (U') e dominância de Simpson (C').

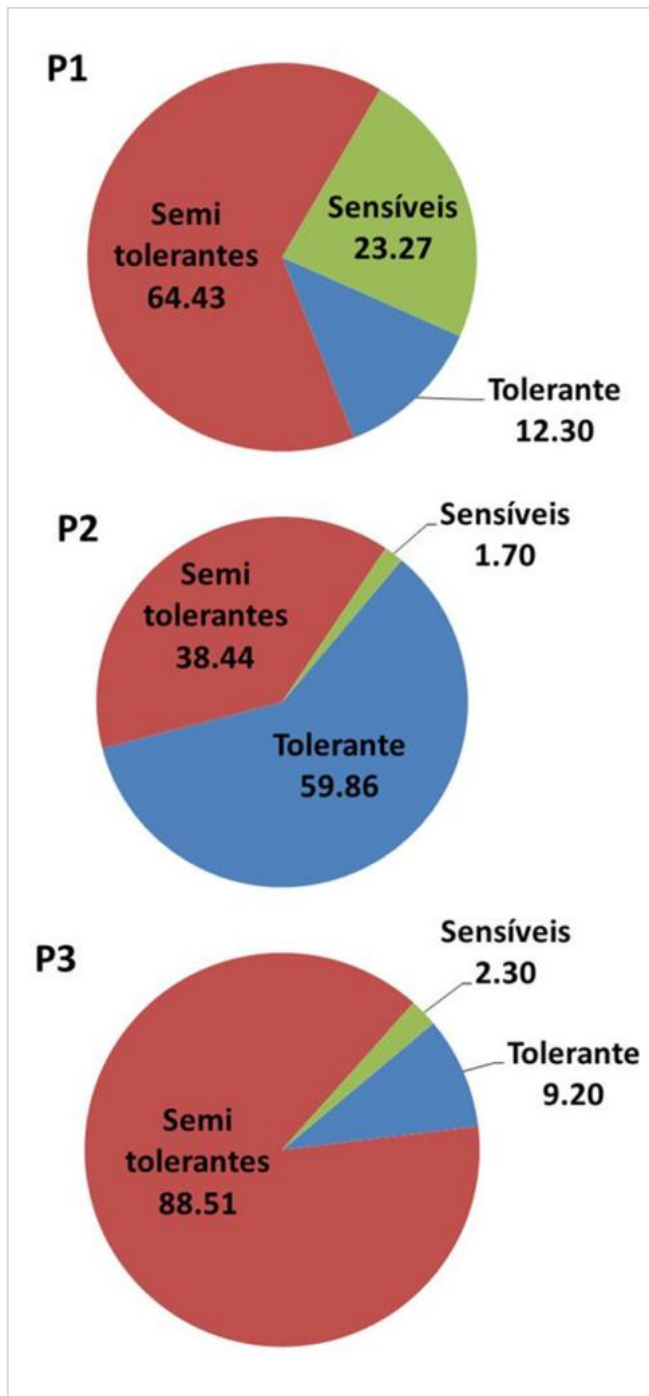


Figura 7: Análise da abundância relativa (%) dos táxons agrupados segundo o critério de sensibilidade/tolerância a impactos ambientais segundo critérios da CETESB (2013) por ponto amostral P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás do reservatório Billings (SP), sendo tolerante: Oligochaeta, semitolerantes: Ceratopogonidae, Tanypodinae, Chironomini e *Helobdella stagnalis* e, sensível Polymitarcyidae.

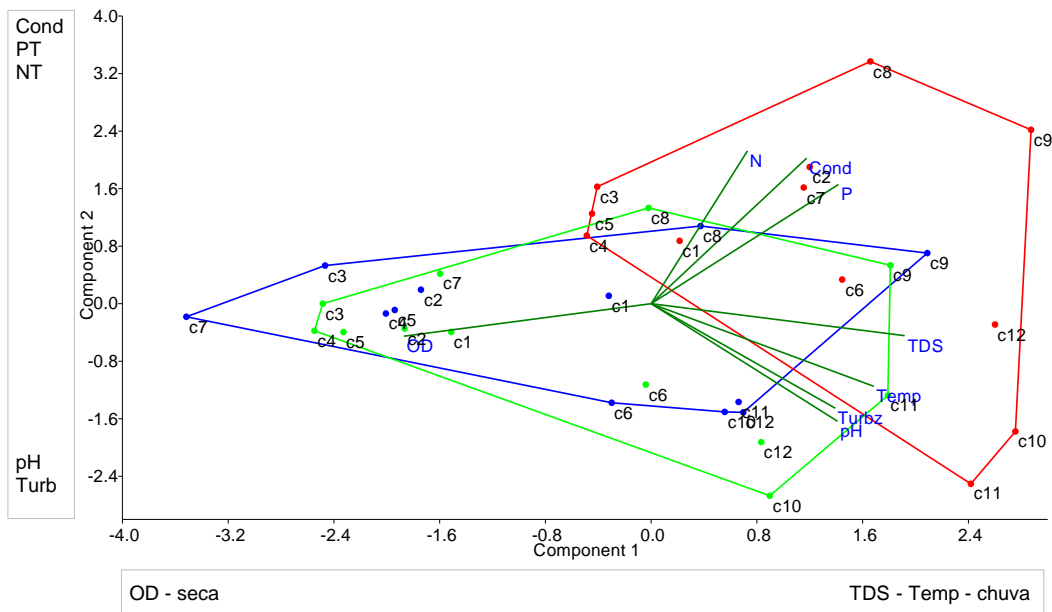


Figura 8. Análise de Componente Principal (PCA) para verificar a ordenação dos pontos de amostragem em relação as variáveis abióticas. Os números representam as coletas C1 (17.04.12), C2 (22.05.12), C3 (26.06.12), C4 (26.06.12), C5 (13.09.12), C6 (24.09.12), C7 (06.11.12), C8 (04.12.12), C9 (18.12.12), C10 (17.01.13), C11 (05.03.13) e C12 (26.03.13). As linhas (*convex hull*) unem a nuvem representada pelas coletas realizadas em cada ponto: P1 Taquacetuba (azul), P2 Alvarenga (vermelho) e P3 Ilha dos Biguás (verde) do reservatório Billings (SP). Os vetores (verde-escuros) mostram a contribuição das variáveis pH, temperatura (Temp), condutividade elétrica (Cond), turbidez (Turbz), sólidos totais dissolvidos (TDS), nitrogênio total (N), fósforo total (P) e oxigênio dissolvido (OD) na formação das primeiras duas componentes.

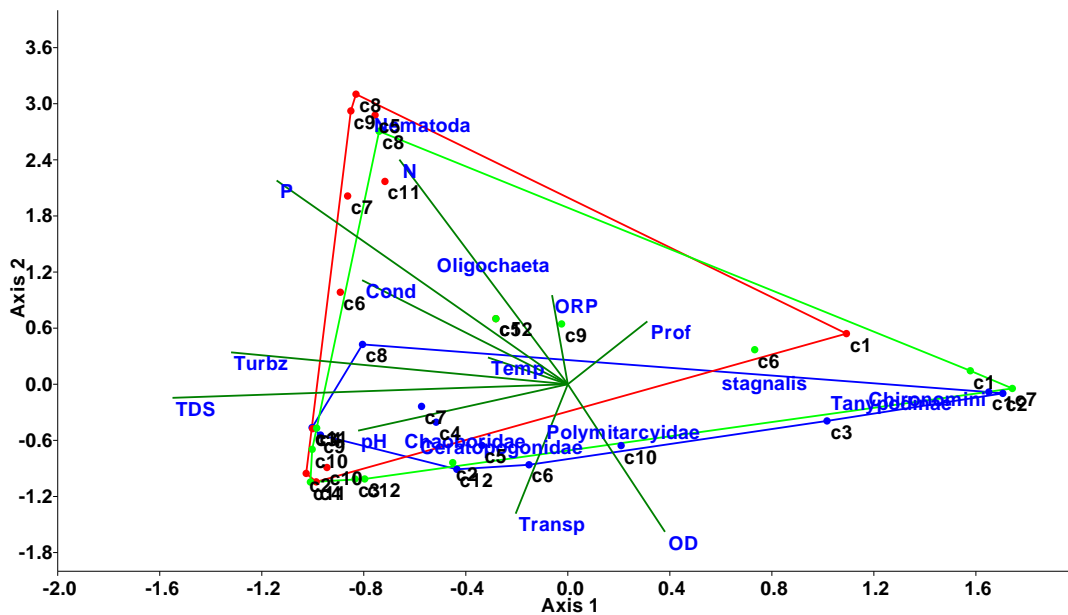


Figura 9. Resultado da Análise de Correspondência Canônica (CCA) usada para verificar a existência e a intensidade da associação entre variáveis abióticas e bióticas nas coletas ao longo do período de estudo. Os números representam as coletas C1 (17.04.12), C2 (22.05.12), C3 (26.06.12), C4 (26.06.12), C5 (13.09.12), C6 (24.09.12), C7 (06.11.12), C8 (04.12.12), C9 (18.12.12), C10 (17.01.13), C11 (05.03.13) e C12 (26.03.13). As linhas (*convex hull*) unem a nuvem representada pelas coletas realizadas em cada ponto: P1 Taquacetuba (azul), P2 Alvarenga (vermelho) e P3 Ilha dos Biguás (verde) do reservatório Billings (SP). Os vetores (verde-escuros) mostram a contribuição das variáveis pH, temperatura (Temp), condutividade elétrica (Cond), turbidez (Turbz), sólidos totais dissolvidos (TDS), nitrogênio total (N), fósforo total (P) e oxigênio dissolvido (OD), além de Chironomina, Tanypodinae, Chaoboridae, Ceratopogonidae, Ephemeroptera (Polymitarcyidae), Nematoda, *Helobdella stagnalis* (*stagnalis*) e Oligochaeta na formação dos eixos.

Anexo II – Tabelas

Tabela 1. Resultados dos testes Kruskal-Wallis (H) e posterior Student-Newman-Keuls (SNK) para variáveis abióticas entre os pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás do reservatório Billings (SP) (P), onde \* indica diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

	Kruskal-Wallis		Student-Newman-Keuls		
	(H)	p	(SNK)	p	
pH	0.299	0.8611			
Temperatura	0.2662	0.8754			
<b>Condutividade</b>	<b>13.0938</b>	<b>0.0014*</b>	entre P1 e P2	<b>11.8333</b>	<b>0.0059*</b>
			entre P2 e P3	<b>14.6667</b>	<b>0.0006*</b>
Turbidez	2.1495	0.3414			
Total de Sólidos Dissolvidos	4.9165	0.0856			
Nitrogênio Total	1.8396	0.3986			
<b>Fósforo Total</b>	<b>18.8996</b>	<b>0.0001*</b>	entre P1 e P2	<b>14.2917</b>	<b>0.0009*</b>
			entre P2 e P3	<b>17.5833</b>	<b>&lt; 0.0001*</b>
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	<b>12.8984</b>	<b>0.0016*</b>	entre P1 e P2	<b>13.4167</b>	<b>0.0018*</b>
			entre P2 e P3	<b>13.3333</b>	<b>0.0019*</b>

Tabela 2. Resultados dos testes Kruskal-Wallis (H) e posterior Student-Newman-Keuls (SNK) para densidades totais ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) e índices bióticos entre os pontos amostrais P1- Taquacetuba, P2 – Alvarenga e P3 – Ilha dos Biguás do reservatório Billings (SP), onde \* indica diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

	Kruskal-Wallis		Student-Newman-Keuls		
	(H)	p	(SNK)	p	
<b>Densidade</b>	<b>8.7737</b>	<b>0.0124*</b>	entre P1 e P3	<b>12.625</b>	<b>0.0033*</b>
<b>Shannon-Weaver</b>	<b>8.5848</b>	<b>0.0137*</b>	entre P1 e P2	<b>9.9583</b>	<b>0.0206*</b>
			entre P1 e P3	<b>11.6667</b>	<b>0.0067*</b>
<b>Riqueza</b>	<b>9.5706</b>	<b>0.0137*</b>	entre P1 e P3	<b>12.75</b>	<b>0.003*</b>
Uniformidade	4.5128	0.1047			
Dominância	3.8303	0.1473			

Tabela 3. Índice multimétrico da Comunidade Bentônica (ICB) conforme CETESB (2013) para classificar os corpos d'água segundo seu grau de trofia, para riqueza de táxons e diversidade de Shannon-Weaver.

ICB – CETESB (2014)			
Classificação	Pontuação para ponderação (média aritmética)	Riqueza	Shannon-Weaver
<b>RUIM</b>	4	≤ 5	≤ 1,00
<b>REGULAR</b>	3	6 – 13	> 1,00 - ≤ 1,50
<b>BOA</b>	2	14 – 20	> 1,50 - ≤ 2,50
<b>ÓTIMA</b>	1	≥ 21	> 2,50

Tabela 4. Correlação das variáveis abióticas com os eixos da análise de componente principal (PCA) para as variáveis abióticas observadas nos locais de amostragem do reservatório Billings.

	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
pH	0.5814	-0.5307	-0.147	0.003009
Temp	0.6945	-0.3729	-0.4537	0.1335
Cond	0.4849	0.6564	0.3081	0.3735
Turbz	0.5744	-0.4716	0.3413	-0.2601
TDS	0.7909	-0.1442	0.1959	0.4926
N	0.3002	0.6891	-0.5606	0.01534
P	0.5842	0.5378	0.265	-0.368
OD	-0.7713	-0.1466	0.1119	0.396

## **Considerações finais**

## **Considerações finais**

Os locais de pesca estudados apresentaram intenso processo de eutrofização. Constatou-se que os mesmos resultaram em não conformidade com a legislação vigente através das variáveis fosforo total e nitrogênio total. Elevados valores de condutividade elétrica e baixos teores de oxigênio no fundo indicaram acúmulo de matéria orgânica nesses locais. A comunidade de macroinvertebrados bentônicos corrobora tais resultados considerando que os organismos que foram observados ao longo do estudo foram associados a locais ricos em nutrientes. A intensa ocupação de áreas no entorno do reservatório pode ser associada aos locais mais degradados e áreas um pouco mais preservadas associadas a um menor grau de deterioração dos pontos de pesca. O lançamento de esgoto doméstico “in natura” é um dos principais problemas que podem ser relacionados aos resultados obtidos. O bombeamento também foi correlacionado à alterações na qualidade das águas. O estudo caracterizou o ponto Alvarenga como não adequado ao desenvolvimento da pesca.