



CEPPE
Centro de Pós-Graduação e Pesquisa

MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL

IVAN DOS SANTOS SANCHES

**EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO
RESERVATÓRIO CABUÇU, GUARULHOS, SÃO PAULO, NO
PERÍODO ENTRE 2010 E 2012.**

Guarulhos

2014

IVAN DOS SANTOS SANCHES

**EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO
RESERVATÓRIO CABUÇU, GUARULHOS, SÃO PAULO, NO
PERÍODO ENTRE 2010 E 2012.**

Dissertação apresentada à Universidade Guarulhos, para obtenção
do título de Mestre em Análise Geoambiental.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Regina de Oliveira Moraes Arruda

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Roberto Saad

Guarulhos

2014



A Comissão Julgadora dos Trabalhos de Defesa de Dissertação de MESTRADO, intitulada “***Evolução da Qualidade da Água no Reservatório Cabuçu, Guarulhos, São Paulo, no período entre 2010 e 2012***” em sessão pública realizada em 27 de Março de 2014, considerou o candidato **Ivan dos Santos Sanches** aprovado.

A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes pesquisadores:

Prof. Dra. Regina de Oliveira Moraes Arruda
Orientadora
Universidade Guarulhos - UnG

Prof. Dr. Reinaldo Vargas Romero
Universidade Guarulhos - UnG

Prof. Dr. Carlos Eduardo Nascimento Sassano
Universidade Guarulhos - UnG

Guarulhos

2014

RESUMO

SANCHES, I.S. Evolução da qualidade da água no Reservatório Cabuçu, Guarulhos/ São Paulo, no período de 2010 a 2012. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pós Graduação e Pesquisa, Universidade Guarulhos, SP, 2014.

O uso sustentável dos recursos hidrológicos garante uma melhoria na dinâmica entre consumo e preservação dos recursos naturais, pois proporciona menores impactos ambientais, melhoria na qualidade de vida das comunidades que fazem usufruto é o correto destes recursos. O reservatório Cabuçu, está localizado na cidade de Guarulhos que é constituída por dois conjuntos geológicos localizados no Planalto Atlântico, com abrangência geográfica de 320km² e população estimada em 1.300.000 habitantes. Em 2010 foi criada a Área de Proteção Ambiental Cabuçu-Tanque Grande, com o intuito de preservar esses dois reservatórios do município. Para o presente trabalho foram utilizadas informações secundárias disponibilizadas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, que monitora um ponto localizado no Reservatório Cabuçu que está situado no Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira, no Município de Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil. Os focos da pesquisa foram o Índice de Qualidade das Águas (IQA), o Índice de Qualidade das Águas para Fins de Abastecimento Público (IAP) e o Índice de Estado Trófico (IET), no período compreendido entre 2010 e 2012. Foram avaliados os parâmetros físicos, químicos e biológicos, disponibilizados pela CETESB, e trabalhos relacionados para a compreensão da evolução desses índices. Quanto ao uso do solo, não se observaram ações antrópicas em seu entorno e nem a montante do reservatório, mantendo as características de preservação em consonância com os objetivos da APA Cabuçu-Tanque Grande. Por essa razão tanto o Índice de Qualidade da Água (IQA) como o Índice de Estado Trófico (IET) no Reservatório Cabuçu apresentaram qualidade boa e ótima no período estudado, apresentando uma tendência de melhora entre 2010 e 2012. O Índice da Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento (IAP) também apresentou 90% das amostras analisadas com classificação boa ou ótima, porém observou-se uma tendência de piora, que pode ser explicada pelo aumento de cianobactérias no último ano, por razões ambientais e não por eutrofização de origem antrópica. Esses dados são importantes para o acompanhamento da qualidade da água do reservatório, principalmente como parâmetro de reservatório protegido ambientalmente, que reforça que a qualidade da água está diretamente relacionada com o uso do solo no seu entorno.

Palavras-chave: Abastecimento Público. Qualidade de Água. Uso da Terra. Reservatório Cabuçu. Município de Guarulhos.

ABSTRACT

SANCHES, I. S. Evolution of water quality in the reservoir Cabuçu, Guarulhos/São Paulo, between 2010 and 2012. Dissertation (Master in Geoenvironmental Analysis) - Centre for Research and Graduate Studies, University Guarulhos, SP, 2014

The sustainable use of water resources ensures an improvement in dynamics between consumption and conservation of natural resources, they provide reduced environmental impacts, improved quality of life in communities that make the correct use of these resources. Cabuçu. The reservoir is located in the city of Guarulhos which consists of two geological collections located on the Atlantic Plateau. Its geographic area reach 320km² and an estimated population of 1,300,000 inhabitants. In 2010 the Environmental Protection Area (APA) “ Tanque Grande - Cabuçu”, was created in order to preserve these two reservoirs. Secondary information data provided by the Company of Environmental Sanitation Technology of the State of São Paulo (CETESB), responsible to verify a point located at the Reservoir Cabuçu in the Cabuçu Nucleus situated in the Cantareira State Park, in the city of Guarulhos, State of Sao Paulo/ Brazil, were used in this study. The focus of the research was the Water Quality Index (WQI), the Water Quality Index for the Purpose of Public Supply (IAP) and the Trophic State Index (TSI), in the period between 2010 and 2012. Physical, chemical and biological parameters, provided by Cetesb, and related to understanding the evolution of these indexes were used in this work. There were not observed, regarding land use, human actions in their surroundings and upstream of the reservoir, maintaining the characteristics of preservation in line with the objectives of the APA “Cabuçu-Tanque Grande”. For this reason both the Water Quality Index (WQI) and the Trophic State Index (TSI) for the Cabuçu Reservoir showed good and excellent quality in the studied period and showing a tendency of improvement between 2010 and 2012. The Water Quality Index for gross purposes supply (IAP) also showed 90 % of samples with good or excellent rate, but with a tendency of worsening, which can be explained by the increase of cyanobacteria in the last year due to environmental reasons and not by anthropogenic eutrophication. These data are important for monitoring the water quality of the reservoir, mainly as an environmentally protected reservoir parameter, which enhances that the water quality is directly related to land use in its surroundings.

Keywords: Public Supply. Water Quality. Land-use. Cabuçu Reservoir. Guarulhos.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha filha Helena e a minha esposa Paula, que são minhas fontes de energia e motivação, para que sempre possa continuar em frente na intensa trajetória que seguimos e seguiremos juntos.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer a colaboração de muitas pessoas, durante os anos de permanência no Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos, pois pesquisas e descobertas nunca são feitas por uma única pessoa, mas sim por um grupo de pesquisadores e colaboradores que desempenham papel significativo nas etapas do processo de aprendizagem e desenvolvimento, das pesquisas e tratamento dos dados.

Agradeço aos docentes do MAG (Mestrado em Análise Geoambiental): Prof. Dr. Antônio Roberto Saad, coordenador do curso e coorientador da presente dissertação; Prof^ª. Dra. Regina de Oliveira Moraes Arruda, orientadora da pesquisa, além de ser uma pessoa de expressiva calma, paciência e carinho com seu trabalho; Prof. Dr. Reinaldo Romero Vargas, que sempre se mostra em prontidão com as causas das disciplinas; Prof. Dr. Antônio Manuel dos Santos Oliveira e Prof. Dr. Márcio Andrade Magalhães de Andrade, que traçaram os caminhos para melhor desenvolvimento e compreensão dos temas. E não poderia esquecer o colega e funcionário Willian de Queiroz, do Laboratório de Geoprocessamento do MAG, que forneceu muito material para minha dissertação e pesquisa, além de ter tido enorme paciência com as devoluções dos livros emprestados pelo departamento.

Agradeço também a minha família, que sempre me apoiou (mãe, pai, irmão, irmã, tia e outros), a minha esposa Paula Souto Sanches, que me acompanhou durante este longo período de muitas fases familiares difíceis e sempre permaneceu ao meu lado durante em todas as situações por que passamos com nossa pequena filha, que chegou ao mundo precisando de atenções especiais e cirurgias, mas que também foi uma fonte de grande e inestimável união e aprendizado para a família e todos à nossa volta.

Observação: Minha filha Helena Souto Sanches é uma menininha linda e muito especial, que hoje desfruta de boa saúde, brincadeiras e muito amor.

Não esqueço também de meus amigos Wanderley Brum, por seu apoio e prontidão, Jefferson Rosado e Sandre Quirino Alves, pela amizade e orientações primordiais, tanto do ponto de vista emocional como linguístico, em todo período de pesquisa.

E agradeço a Deus e aos amigos espirituais, por orquestrarem minha trajetória nesta vida cheia de diversidades e conquistas.

EPÍGRAFE

"Faz-se ciência com os fatos, como se faz uma casa com pedras; mas uma acumulação de fatos não é ciência, assim como um monte de pedras não é uma casa"

Henri Poincaré

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Localização do município de Guarulhos e seus limites, dentro de RMSP	18
Figura 02: Localização dos municípios circunvizinhos ao município de Guarulhos.....	19
Figura 03: Bairros do Município de Guarulhos	20
Figura 04: Mapa geológico da Bacia de São Paulo.....	21
Figura 05: Mapa Litológico do município de Guarulhos.....	22
Figura 06: Perfil geológico-geomorfológico no estado de São Paulo.....	22
Figura 07: Mapa Hipsométrico de Guarulhos	24
Figura 08: Bacias hidrográficas do Município de Guarulhos	25
Figura 09: Hipsometria das proximidades do Reservatório Cabuçu	27
Figura 10: Mapa Geológico do Reservatório Cabuçu	28
Figura 11: Mapa Pedológico do Reservatório Cabuçu.....	29
Figura 12: Geomorfologia das proximidades do Reservatório Cabuçu	30
Figura 13: Compartimentação da bacia do Cabuçu de Cima em sub-bacias	31
Figura 14: Localização da área de estudo: Uso do solo da Bacia do Rio Cabuçu de Cima.....	32
Figura 15: Vista da Represa do Cabuçu-.....	32
Figura 16: Vista superior da barragem do Reservatório Cabuçu	33
Figura 17: Bombas de captação de água do Reservatório Cabuçu	33
Figura 18: Barragem do Reservatório Cabuçu (vista inferior).....	34
Figura 19: Curvas médias de variação da qualidade das águas.....	45
Figura 20: Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade	46
Figura 21: Resultados do IQA de janeiro de 2010 até novembro de 2012.	68
Figura 22: Frequência de valores de IQA apresentados no período entre 2010 e 2012 para o Reservatório Cabuçu.....	69
Figura 23: Resultados do IAP de janeiro de 2010 até novembro de 2012	70

Figura 24: Análise da frequência de valores relativos ao IAP, no Reservatório Cabuçu no período entre 2010 e 2012	70
Figura 25: Análise da quantidade de ferro dissolvido no reservatório Cabuçu, em gráfico boxplot, no período entre 2010 e 2012	71
Figura 26: Análise da frequência de cianobactérias em relação ao limite aceito para reservatório classe 1, que é de 20.000 cel/mL, no Reservatório Cabuçu no período entre 2010 e 2012.	72
Figura 27: Análise da quantidade de cianobactérias no reservatório Cabuçu, em gráfico boxplot, no período entre 2010 e 2012	72
Figura 28: Relação entre quantidade de cianobactérias e IAP, no reservatório Cabuçu, no período entre 2010 e 2012	73
Figura 29: Resultados do IET de janeiro de 2010 até novembro de 2012.	74
Figura 30: Análise do IET do reservatório Cabuçu, em gráfico boxplot, no período entre 2010 e 2012.	75
Figura 31: Análise da quantidade de fósforo presente no reservatório Cabuçu, em gráfico boxplot, no período entre 2010 e 2012	76
Figura 32: Análise da quantidade de clorofila presente no reservatório do Cabuçu, em gráfico boxplot, no período entre 2010 e 2012	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Padrão de qualidade de água, para classe 1, Resolução CONAMA 357/053	37
Tabela 02: Classificação do IQA	46
Tabela 03: Classificação do Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP)	55
Tabela 04: Classificação do Índice de Estado Trófico (IET)	58
Tabela 05: Significado ambiental do Índice de Estado Trófico (IET)	58
Tabela 06: Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas referentes a dados da CETESB de 2010.	64
Tabela 07: Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas referentes a dados da CETESB de 2011	65
Tabela 08: Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas referentes a dados da CETESB de 2012	66
Tabela 09. Resumo dos resultados de IQA para o reservatório Cabuçu, entre 2010 e 2012.....	67
Tabela 10. Resumo dos resultados de IAP para o reservatório Cabuçu, entre 2010 e 2012	69
Tabela 11: Resumo dos resultados de IET para o reservatório Cabuçu, entre 2010 e 2012	74

LISTA DE SIGLAS

APA - Área de Proteção Ambiental

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

IAP - Índice de Qualidade das Águas para Fins de Abastecimento Público

IET - Índice de Estado Trófico

IQA - Índice de Qualidade de Água

ISTO -Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas

RCSB - *Rift* Continental do Sudeste do Brasil

RMSP - Região Metropolitana de São Paulo

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UGRHI - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UNESCO - *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Geral	15
2.2 Específico	15
3 JUSTIFICATIVA	16
4 FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO DE GUARULHOS	18
5 ÁREA DE ESTUDO: RESERVATÓRIO CABUÇU - NÚCLEO CABUÇU DO PARQUE ESTADUAL DA CANTAREIRA	27
6 FUNDAMENTOS	35
6.1. Legislação.	36
6.1.1. Legislação vigente para classificação da água no Brasil.....	36
6.1.2 Legislação referente a criação da APA Cabuçu -Tanque Grande	38
6.2 Índices e indicadores da qualidade das águas	39
6.2.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas	40
6.2.2 IAP – Índice de qualidade das águas brutas para fins de abastecimento público.....	47
6.2.3 IET – Índice do Estado Trófico	55
6.3 Cianobactérias	59
7 MATERIAIS E MÉTODOS	62
8 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
8.1 IQA – Índice de Qualidade de Água.	67
8.2 IAP – Índice da Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento.	69
8.3. IET - Índice de Estado Trófico	74
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1 INTRODUÇÃO

Há uma crescente preocupação de que o crescimento exponencial das atividades humanas poderá modificar as reservas hídricas, o uso da terra e alterar e reduzir a biodiversidade, pois o crescimento econômico tem sido multiplicado por oito entre 1950 e 2005 e estima-se um aumento da população humana, que deverá atingir cerca de 8 a 10 bilhões de humanos até o fim deste século (MILLER JR., 2008).

O uso da água vem gerando, ao longo dos anos, diversas situações adversas do ponto de vista ambiental, pois as ações antrópicas modificam os meios terrestres, aéreos e aquáticos de forma impactante nas últimas décadas em todo o mundo. O estudo e entendimento de áreas de mananciais, com relevantes mudanças nas suas características naturais, tais como descarte de dejetos em lixões, rios, lagos, assim como a ocupação e destruição das matas ciliares, sempre demonstram modificações na qualidade das nossas águas, e estão direta e proporcionalmente ligadas à falta de planejamento adequado, tanto em áreas de mananciais, urbanizadas ou destinadas à agricultura e à pecuária rurais. A bacia hidrográfica vem sendo cada vez mais adotada como unidade de gerenciamento, não só para recursos hídricos, mas também como unidade de planejamento do uso da terra e de gestão ambiental (TUNDISI, 2006).

Com 14% da água do planeta, o Brasil tem uma distribuição do volume e de disponibilidade da água feitas de forma desigual, pois, enquanto um indivíduo no Amazonas possui 700.000 m³ de água disponível anualmente, um indivíduo que reside na Região Metropolitana de São Paulo tem à sua disposição 280 m³ de água anualmente.

Essas diferenças desencadeiam muitos problemas econômicos e sociais, pois existem muitas diferenças no manejo, tratamento, distribuição e formas de utilização da água por demanda em grandes centros urbanos do Brasil, problemas como saneamento básico, tratamento de água, tratamento de esgoto e infraestrutura para ampliação e manutenção destes processos. (TUNDISI, 2008).

A região de Guarulhos tem o predomínio de morros e montanhas, com grande riqueza natural, alto grau de biodiversidade, que ao mesmo tempo é o espaço onde se deu e se dá grande parte ocupação irregular, facilitando assim muitos processos erosivos e de escorregamento. A região é rica em mananciais, abrigando os dois reservatórios de grande importância para o abastecimento no município: Cabuçu e Tanque Grande, situados nas cabeceiras das bacias de mesmo nome, sendo ainda uma região de grandes restrições legais, já que 1/3 da mesma é formada por APPs (SANTOS; FIALHO, 2013).

Apesar da probabilidade de nunca ser autosuficiente em distribuição de água, Guarulhos ainda possui bacias não utilizadas que poderiam diminuir a dependência de abastecimento da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). Segundo o geólogo Marcio Roberto de Andrade, da Universidade Guarulhos (UNG), as bacias Ribeirão das Lavras, no Capelinha, e Ururuquara, na Vila União, seriam boas opções (ALVES, 2011).

Em 2012 a CETESB, aumentou a rede de monitoramento para 369 pontos de coleta no estado de São Paulo, com esses dados houve um melhor mapeamento das condições da qualidade da água. Esses pontos estão distribuídos em 16 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). A UGRHI 6 – Alto Tietê (área de estudo) apresenta índice de densidade de 10,4 pontos/ Km², sendo considerado insuficiente, pois possui altíssima densidade demográfica, cerca de 3.300 habitantes/Km², concentrados no entorno da cidade de São Paulo, sendo a média do IQA regular e nota-se alta vulnerabilidade frente à pressão antrópica (CETESB, 2012).

A grande quantidade e as diferentes formas de aporte de poluentes, que podem estar presentes nas águas superficiais, tornam inexecutável a análise sistemática de todas essas substâncias. Por esse motivo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo faz a determinação de cerca de 50 variáveis físicas, químicas, hidrobiológicas, microbiológicas e ecotoxicológicas para a água (CETESB, 2012).

O monitoramento da qualidade da água é uma questão ambiental prioritária e interdisciplinar, devido aos seus efeitos ecológicos e de saúde pública. Os problemas dos nossos patrimônios aquáticos devem ser tratados continuamente, pois sua evolução acompanha o histórico de desenvolvimento econômico de uma região que não para de crescer nos últimos anos. A variação na qualidade da água pode estar associada à poluição das águas, que pode ter como origem diversas fontes, tais como cargas pontuais de origem doméstica e industrial, e cargas difusas de origem urbana e agrícola, essas informações devem ser levados em consideração, de acordo com as mudanças próximas a patrimônios hídricos.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Relacionar os índices de qualidade de água do Reservatório do Cabuçu, Guarulhos – SP, com o uso da terra, nos anos de 2010 a 2012.

Estabelecer fonte de pesquisa na região do Reservatório Cabuçu, situada no núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira, no Município de Guarulhos, Estado de São Paulo, para estudos posteriores e ações de intervenções para possíveis agressões ambientais futuras na região.

2.2 Específico

Levantamento e análise dos parâmetros monitorados pela CETESB, no Reservatório Cabuçu, ponto RCAB00900, no período entre 2010 e 2012 e trabalhos relacionados, quanto a:

- Índice de Qualidade de Água,
- Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público e
- Índice de Estado Trófico

3 JUSTIFICATIVA

A consequência da deterioração das águas e da remoção da cobertura vegetal, que desempenha papel fundamental na manutenção dos recursos hidrológico, impactam fortemente na biodiversidade da biota, e causam inundações, erosão e assoreamento, o que acentua os índices de doenças vinculadas à água (SANTOS, 2005).

Destacam-se no contexto social, econômico e ambiental muitos problemas e processos para causar problemas à água para uso humano, como a pouca disponibilidade de água em muitas regiões do planeta, em razão das alterações na disponibilidade e aumento de demanda, infraestrutura precária em muitas áreas urbanas, com até 30% de perdas na rede após o tratamento das águas, estresse e escassez de água em função das mudanças ambientais no planeta, como eventos hidrológicos que acabam aumentando a vulnerabilidade das populações, e até mesmo comprometendo a alimentação, falta de ações consistentes na governabilidade de recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental (TUNDISI; ROCHA, 2008).

O aumento da urbanização, exigindo maior demanda pela água, amplia a descarga de recursos hídricos contaminados com grandes demandas de água para abastecimento e desenvolvimento econômico e social (TUCCI, 2008).

Estes problemas apresentam dimensões locais, regionais, continentais e até mesmo planetárias, com exacerbação das fontes de contaminação, aumento na vulnerabilidade da população por contaminação e problemas para acessar água de boa qualidade. Estes problemas estão relacionados com a qualidade e quantidade da água, e, em respostas a essas causas, há interferências nas saúdes humana e pública, com deterioração da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico e social (TUNDISI; ROCHA, 2008).

O desenvolvimento de pesquisa nessa região, onde não existe uso, ocupação e atividade antrópica, é relevante, pois o Reservatório Cabuçu revela excelente conservação, podendo assim servir de parâmetro para outros estudos em áreas não tão preservadas, como por exemplo o Reservatório do Tanque Grande, Guarulhos-SP, que sofre com a descarga de esgoto *in natura* a montante, com a intensificação das atividades nos pesqueiros e com o uso, ocupação e presença de animais nas suas margens (ANDRADE et al., 2008).

Este comparativo de intervenção antrópica é significativo, pois os dois reservatórios estão localizado na mesma Área de Proteção Ambiental (APA), o que possibilita um melhor entendimento do impacto ambiental em reservatórios e matas ciliares próximas aos reservatórios, pois a disponibilidade e o aumento da demanda dos recursos hídricos requerem

planejamento e critérios para usufruto da população. Este entendimento possibilita o desenvolvimento de melhores projetos de utilização, manutenção e preservação de nossos recursos hídricos.

Na década de sessenta, uma revisão apontou que o município de Guarulhos apresentava 334 km² e, nos anos oitenta, o Instituto Geográfico e Cartográfico definia um perímetro que levava uma área de 341 km². O município atualmente tem área legal de 320 km² e faz fronteiras com os municípios de Mairiporã, Nazaré Paulista, Santa Isabel, Arujá, Itaquaquecetuba e São Paulo (Figura 2); Guarulhos se encontra na latitude do Trópico de Capricórnio e possui uma população estimada em 1.300.000 habitantes, distribuída em 47 bairros (ANDRADE et al., 2008).

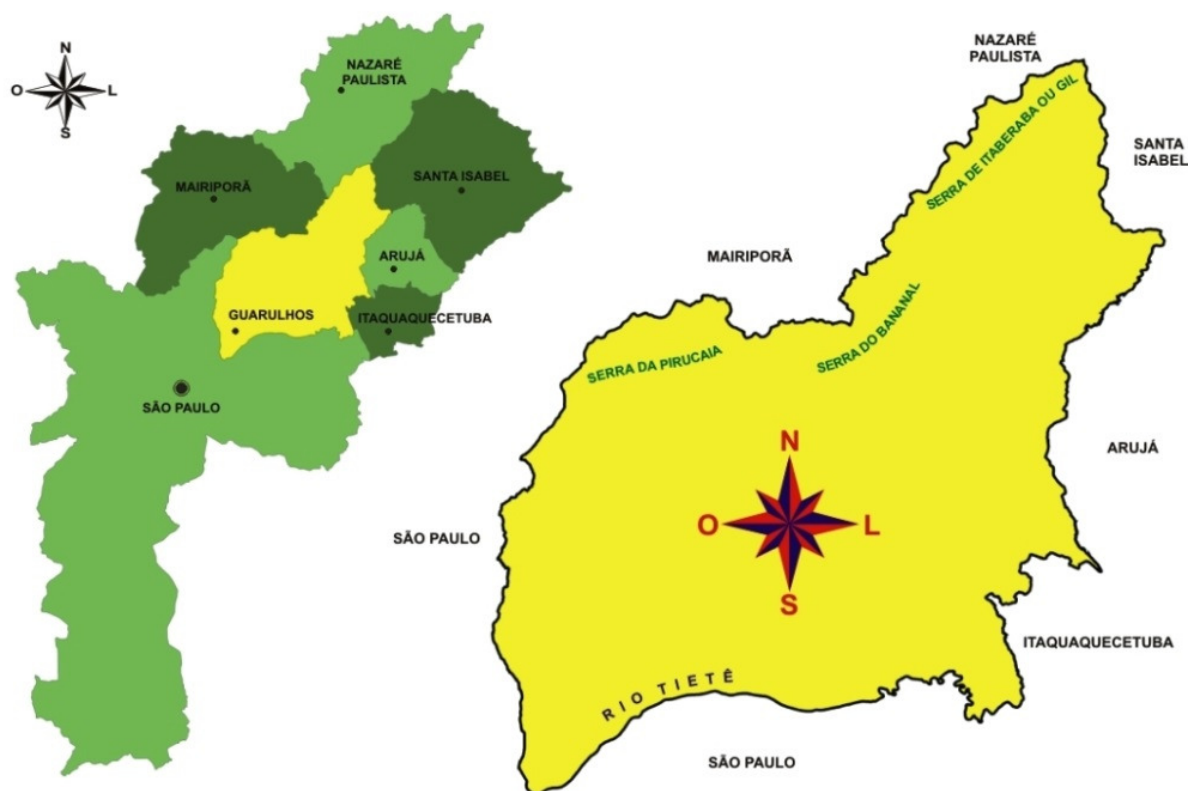


Figura 02: Localização dos municípios circunvizinhos ao município de Guarulhos (ANDRADE et al., 2008).

A distribuição e a nomenclatura dos bairros é determinada pela Prefeitura Municipal de Guarulhos, tendo atualmente cerca de 50 bairros, como apresenta a Figura 3.

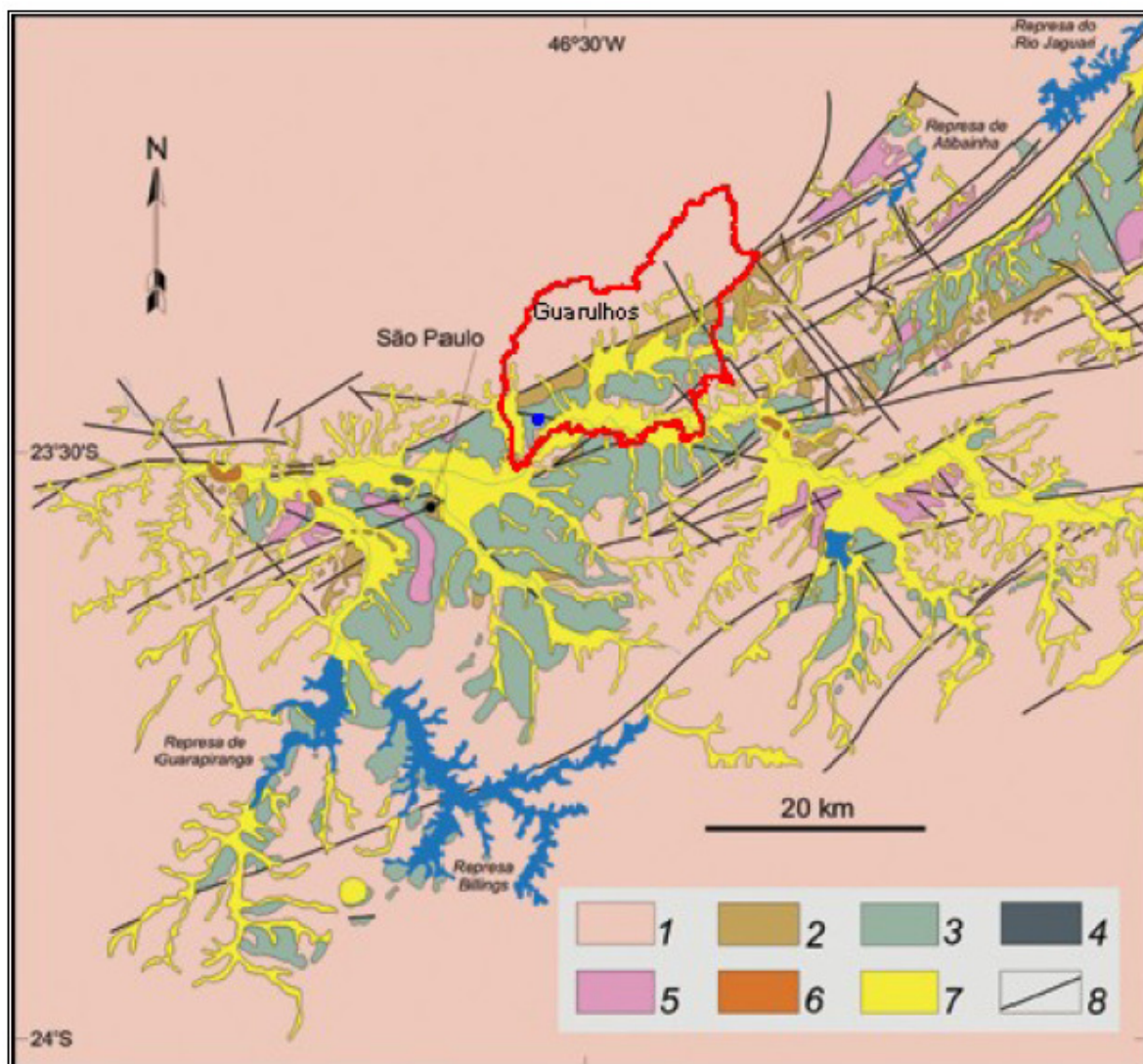


Figura 04: Mapa geológico da Bacia de São Paulo- 1) embasamento pré-cambriano; 2) Formação Resende (sistemas de leques aluviais proximais); 3) Formação Resende (sistema de leques aluviais medianos e distais associados à planície aluvial de rios entrelaçados); 4) Formação Tremembé; 5) Formação São Paulo; 6) Formação Itaquaquecetuba; 7) Sedimentos quaternários; 8) Falhas cenozoicas do embasamento Pré-Cambriano. (Riccomini et al., 2004).

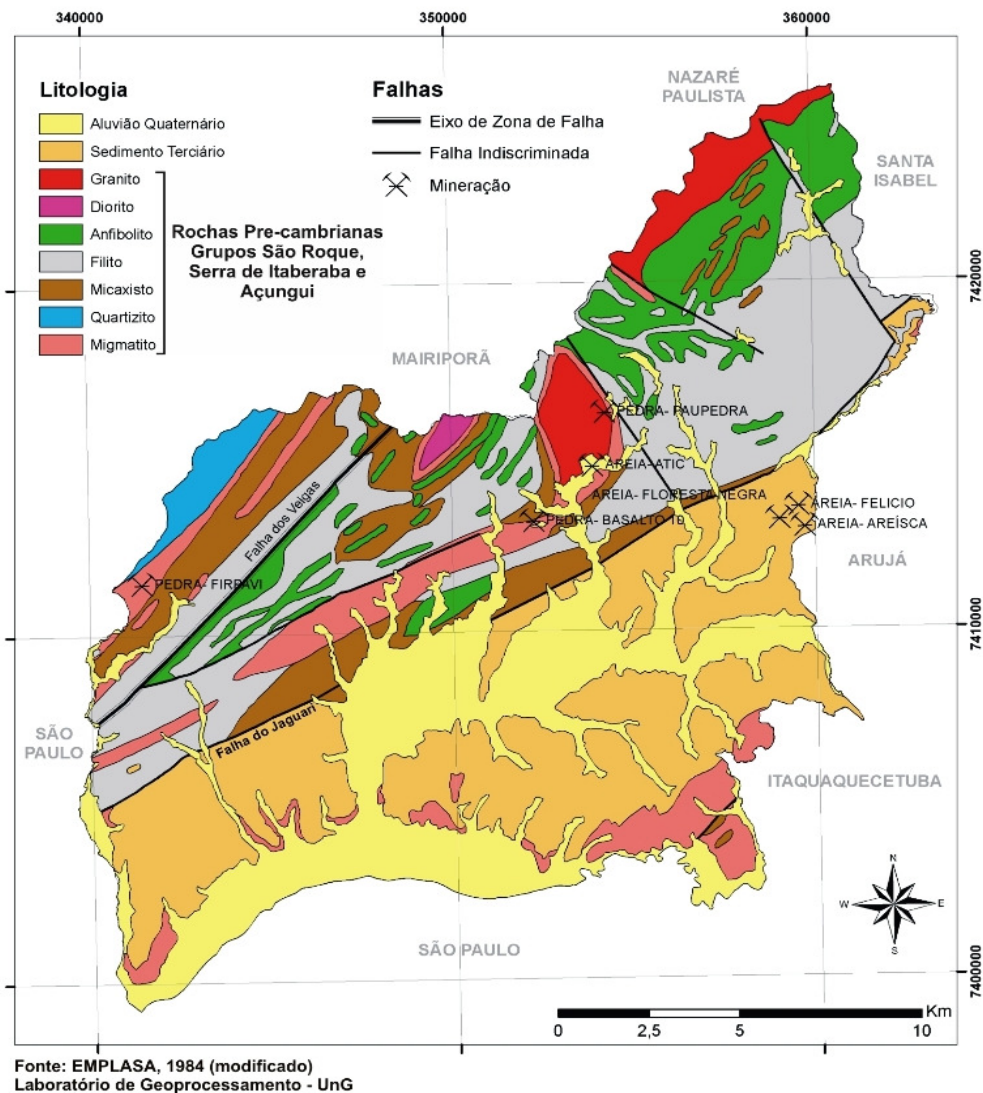


Figura 05: Mapa Litológico do município de Guarulhos.

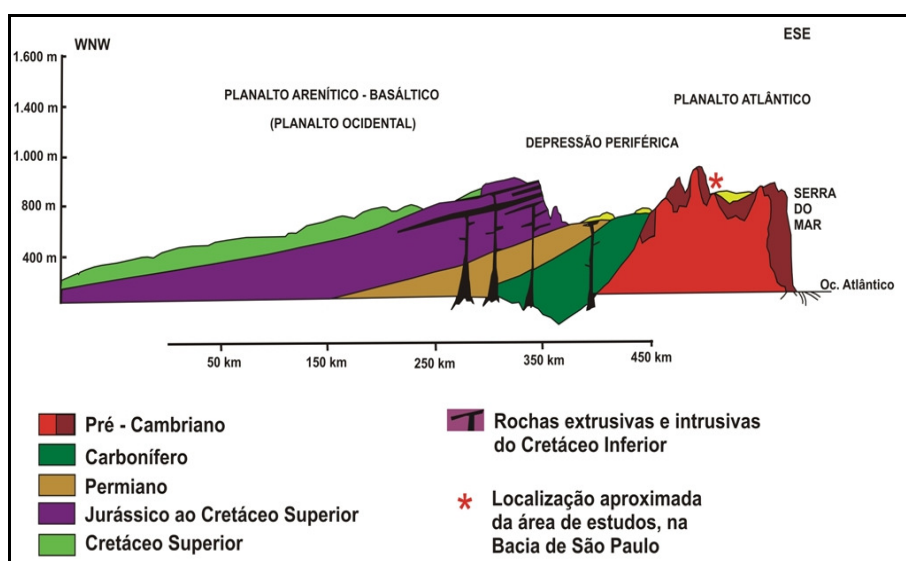


Figura 06: Perfil geológico-geomorfológico no estado de São Paulo (AB'SABER, 1956, modificado de por GRAÇA, 2007)

O município de Guarulhos possui a maior elevação da RMSP, tendo como culminante o Pico do Gil, com 1.422 m., sendo superior ao Pico do Jaraguá (em São Paulo) e do Pico do Urubu (em Mogi das Cruzes), ambos com 1.135 m.. A menor altitude de Guarulhos está próxima ao córrego do Jaguari (na divisa com Arujá), com 660 m.. Na região sul o relevo é mais suave: topografia mais rebaixada, com a presença de colinas e planícies apresentando menor drenagem, como demonstrado na Figura 7. Foi justamente nesse local que a urbanização e a industrialização se deram de maneira mais relevante. Essa ocupação das várzeas foram as que mais sofreram impacto, devido ao risco de enchentes ocasionadas pela impermeabilização do solo e pela urbanização. Ao norte, temos a presença de montanhas e morros, e o que predomina é o ambiente rural. A urbanização que vem aparecendo nessa região está ocasionando vários problemas para o meio ambiente, entre eles desmatamento, erosão, contaminação do solo e da água, bem como o aparecimento de áreas de risco geológico (ANDRADE et al., 2008).

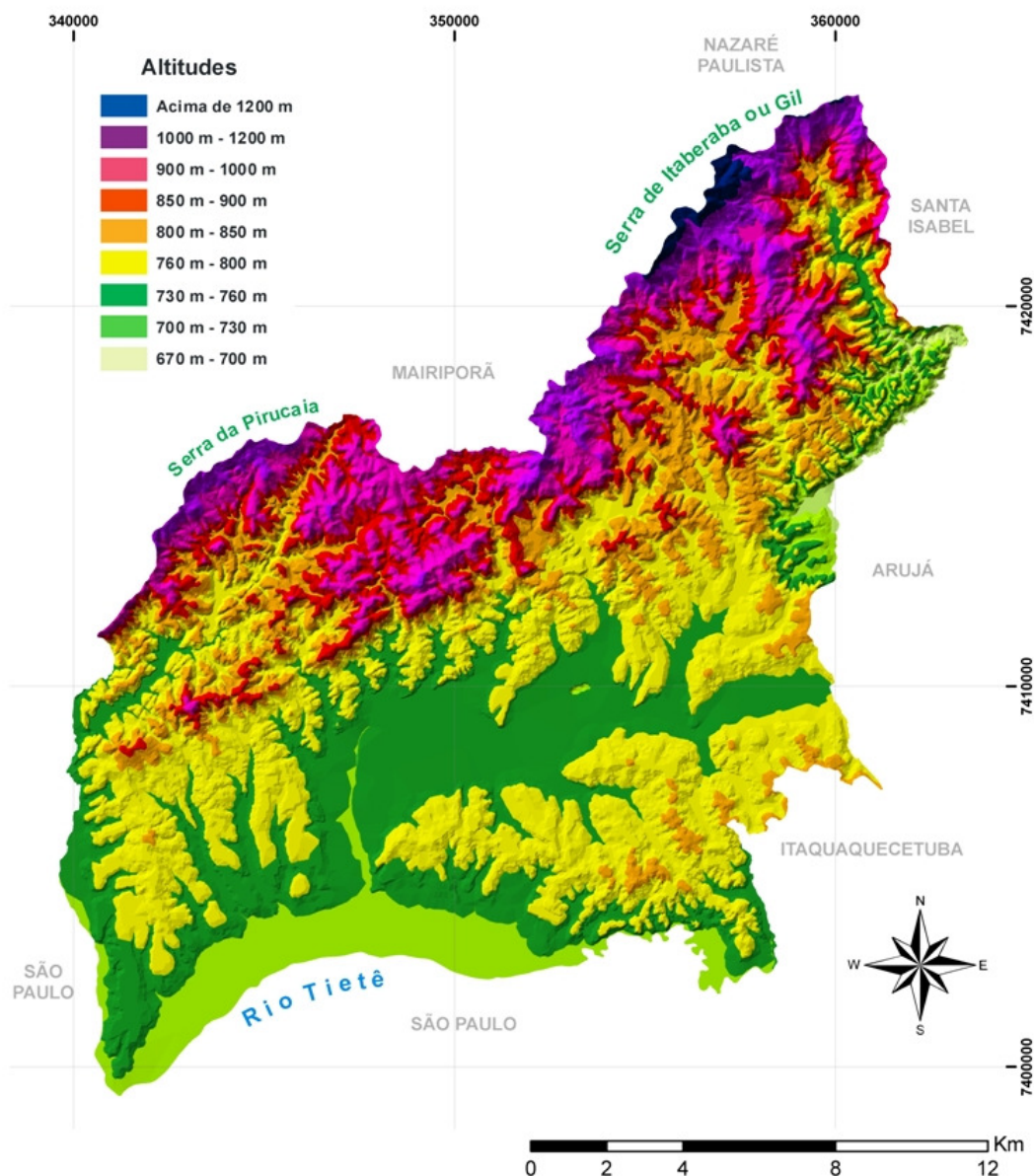


Figura 07: Mapa Hipsométrico de Guarulhos (OLIVEIRA, 2007).

O estudo e entendimento de áreas com relevantes mudanças nas suas características naturais, tais como descarte de dejetos em lixões, rios, lagos e ocupação e destruição das matas ciliares, sempre demonstram modificações na qualidade das nossas águas, que estão direta e proporcionalmente ligadas ao uso e ocupação sem planejamento adequado, tanto em áreas urbanizadas, como em áreas rurais do município de Guarulhos.

Guarulhos possui cinco bacias hidrográficas (1) Baquirivu-Guaçu, (2) Central, (3) Cabuçu de Cima, (4) Tetê-Senna e (5) Jaguari, que podem ser visualizadas na Figura 8, onde se destaca na cor verde a localização da bacia do Cabuçu de Cima, que possui em seu território o Reservatório Cabuçu, onde está situado o ponto de estudo do presente trabalho.

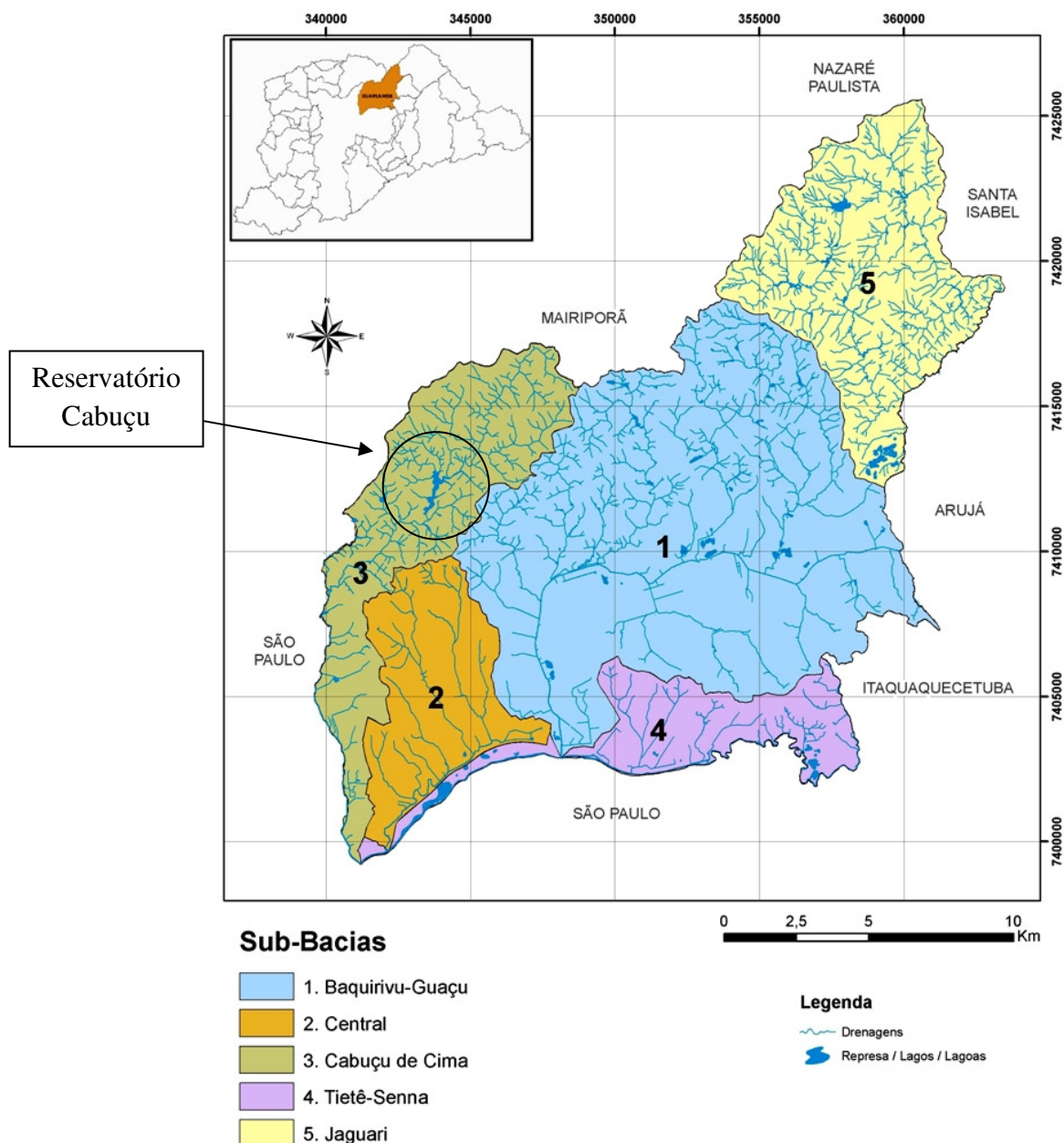


Figura 08: Bacias hidrográficas do Município de Guarulhos. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento / UnG.

A modificação destes ambientes deve ser tratada como uma questão ambiental prioritária, devido aos seus efeitos ecológicos e de saúde pública. Os problemas dos nossos patrimônios aquáticos devem ser tratados continuamente, pois sua evolução acompanha o histórico de desenvolvimento econômico de uma região, que não para de se desenvolver sem planejamento urbano.

O reservatório estudado se situa em uma Unidade de Conservação Municipal de uso Sustentável, e foi criada pela Lei Municipal nº 6.798/2010. Com área que ocupa 32,3 km² do município de Guarulhos, é uma Área de Proteção Ambiental (APA), nos termos da Lei Federal nº 9.985, de 18/7/2000; é, em geral, extensa e com um certo grau de atividade

humana. Tem como objetivo garantir a manutenção dos serviços ambientais da biosfera, mantendo a integridade da biodiversidade local, preservando os mananciais, cursos e corpos d'água, o patrimônio histórico e cultural, assim como a paisagem formada por morros e montanhas. O uso sustentável de seus recursos deve contemplar a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais e o controle ambiental da ocupação.

5 ÁREA DE ESTUDO: RESERVATÓRIO CABUÇU - NÚCLEO CABUÇU DO PARQUE ESTADUAL DA CANTAREIRA

Com 23,8 km², a Bacia do rio Cabuçu, inserida na Serra da Cantareira, localizada ao norte da Região Metropolitana de São Paulo, possui inúmeras nascentes que servem para o abastecimento público da capital, e neste contexto inclui o reservatório Cabuçu, a sudoeste da bacia, com altitude de 760 m. (Figura 9).

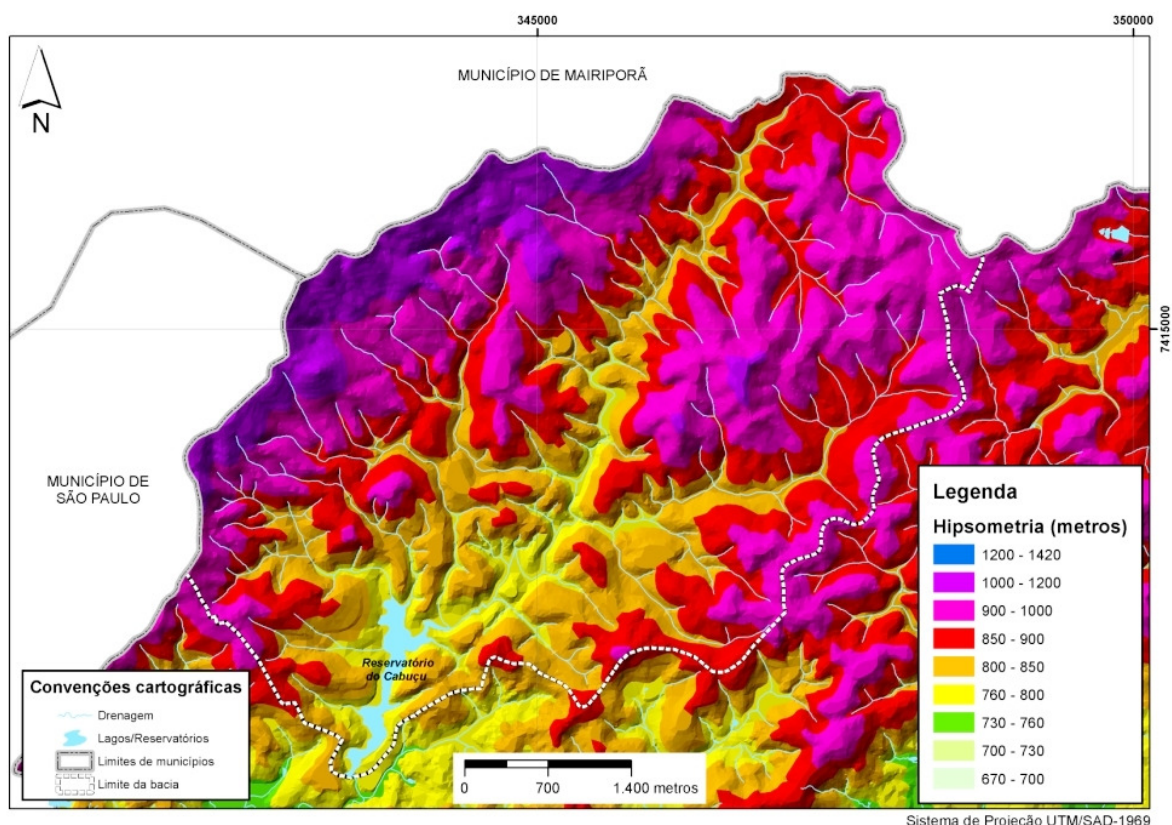


Figura 09: Hipsometria das proximidades do Reservatório Cabuçu. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento / UnG.

O conhecimento das características e realidades geoambientais de uma determinada região constitui um instrumento fundamental para o seu desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, enquadram-se os estudos relativos aos recursos naturais, atores relevantes no cenário socioeconômico. Dentre os recursos naturais de que a sociedade dispõe, a água aparece como um dos mais importantes, sendo indispensável para a sua sobrevivência (SAAD et al., 2007).

Na Bacia do rio Cabuçu de Cima predominam os terrenos do embasamento pré-cambriano, em relevo movimentado, com morros, morrotes, montanhas, planícies

constituídas por rochas metassedimentares, metavulcânicas, granitoides e quartzitos. Já nas proximidades e no reservatório Cabuçu, a prevalência é de rochas do tipo metamórfica, representadas por metapelito, cálcio-silicática, metabásica e formação ferrífera (Figura 10), em uma região com morros baixos, morrotes e montanhas, com cotas que podem chegar a 1000 m., como visto nas Figuras 11 e 12 (OLIVEIRA et al., 2005).

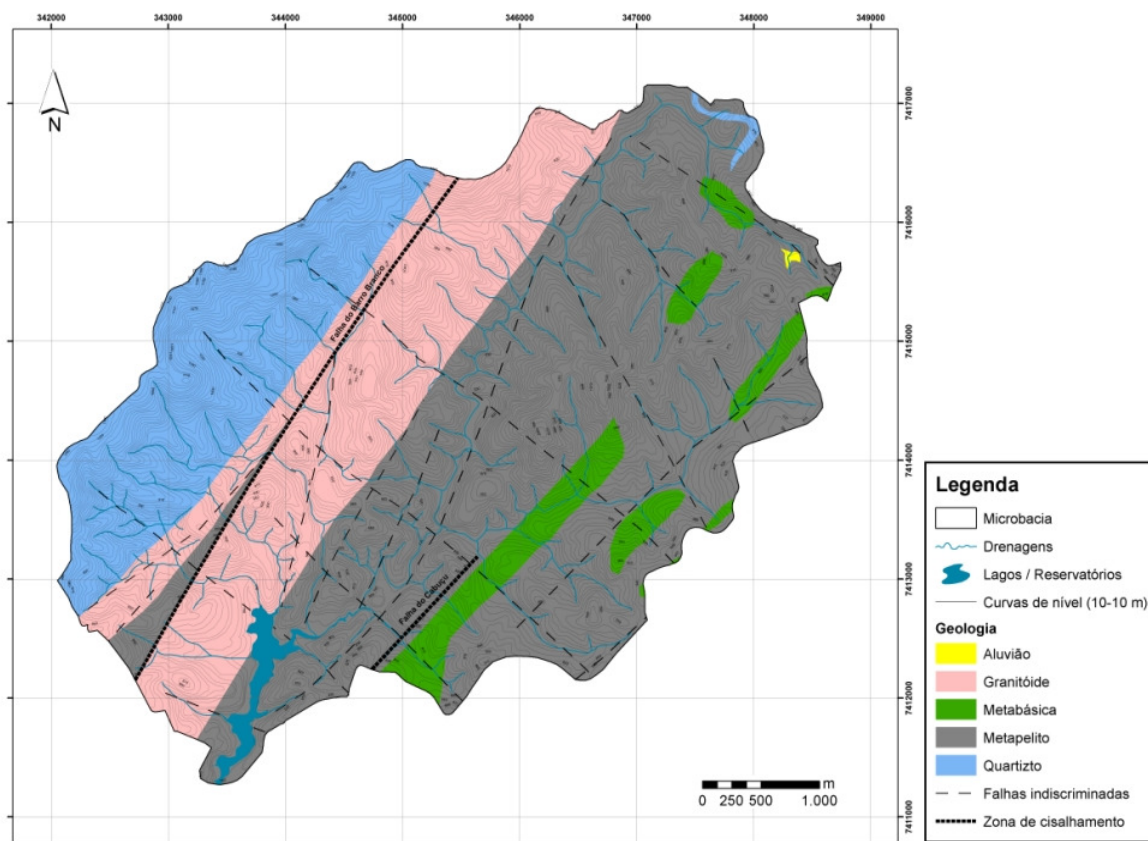


Figura 10: Mapa Geológico do Reservatório Cabuçu. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento / UNG.

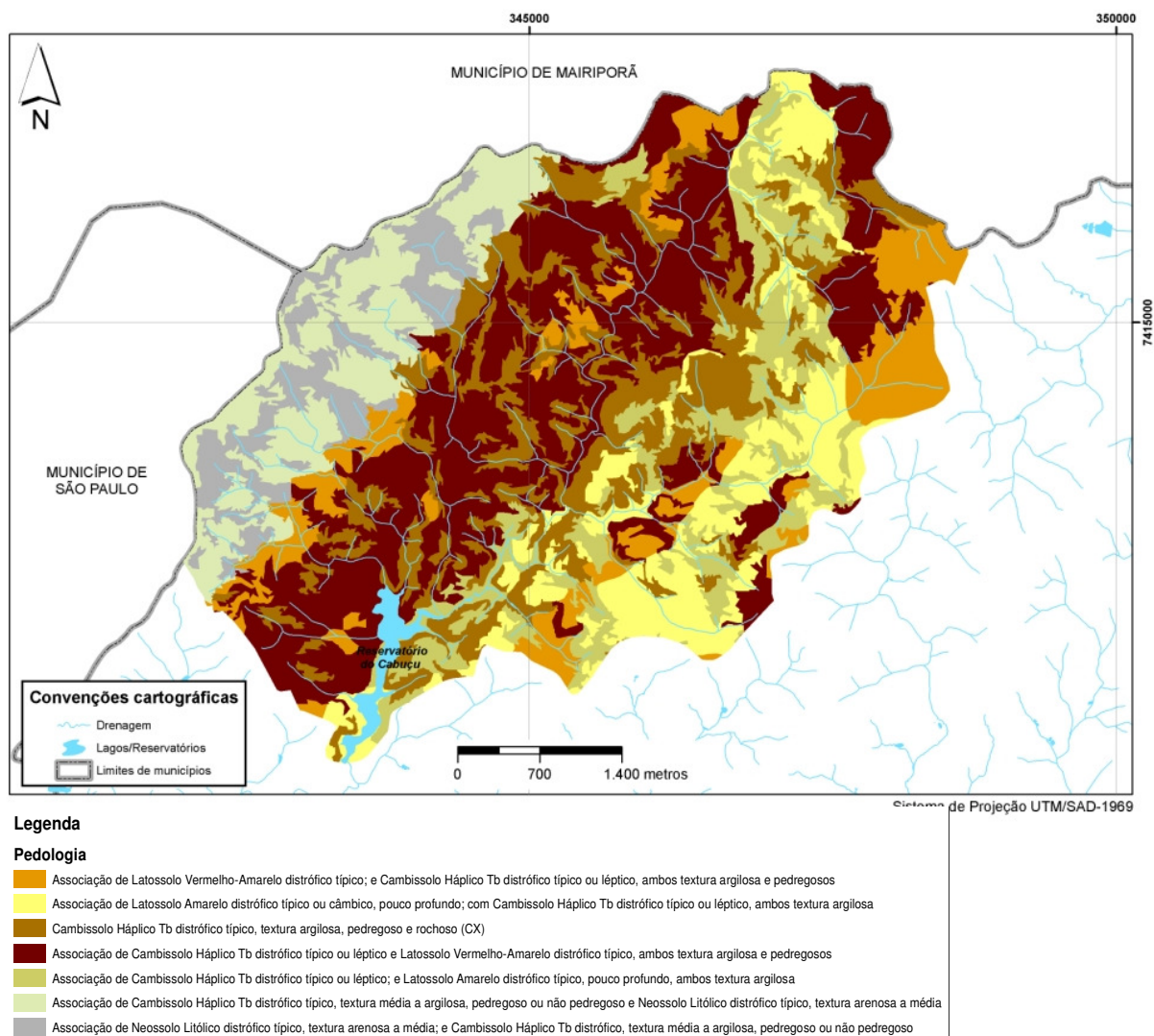


Figura 11: Mapa Pedológico do Reservatório Cabuçu. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento / UnG.

Guarulhos é um dos municípios inseridos na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da cidade de São Paulo, conforme título outorgado pela Unesco em 09/06/94.

O território de Guarulhos se apresenta, aproximadamente, 33% recoberto por remanescentes de Mata Atlântica, incluindo o domínio de Floresta Ombrófila densa – formação Montana, que pode ser dividida em natural (primária) e secundária (antrópica) (ANDRADE et al., 2008).

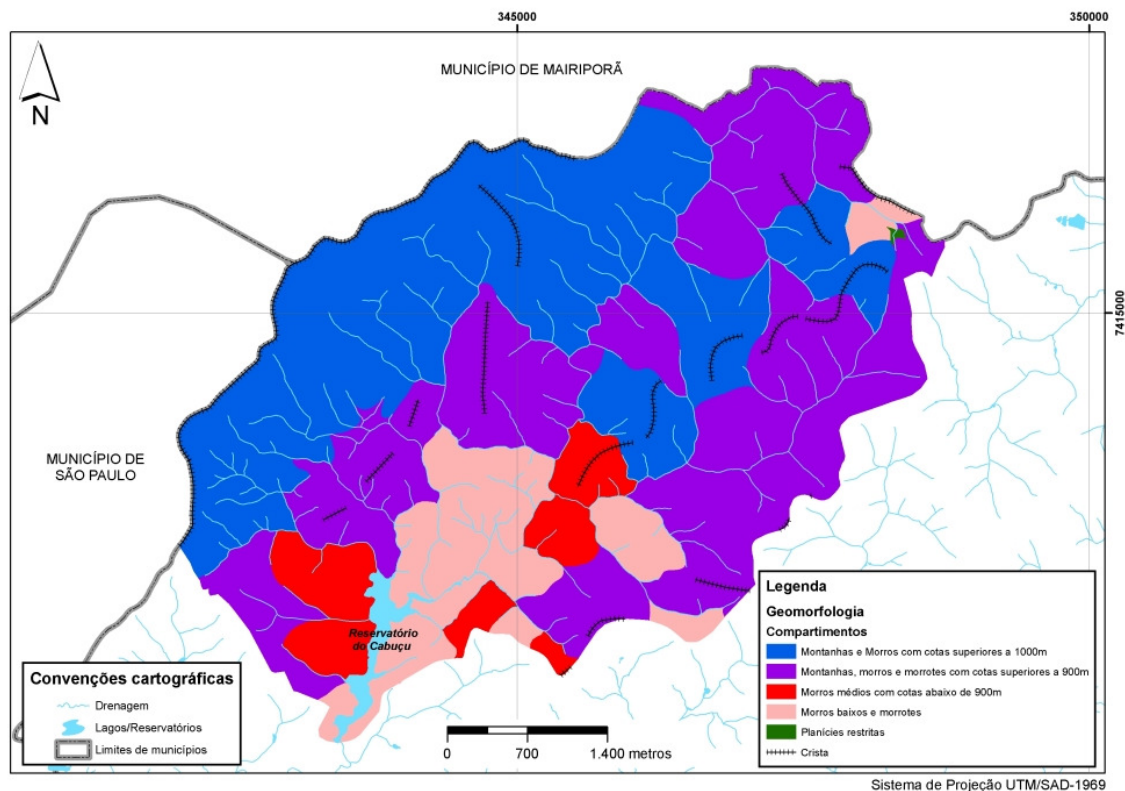


Figura 12: Geomorfologia das proximidades do Reservatório Cabuçu. Fonte: Laboratório. de Geoprocessamento / UnG.

Segundo levantamento realizado pela Prefeitura Municipal de Guarulhos foram identificadas 190 espécies de animais silvestres. Foram encontradas na região espécies selvagens comuns em ambientes florestais, tais como *Puma concolor* (suçuarana), *Lontra longicaudis* (lontra), *Gallictis cuja* (furão comum), *Allouata fusca* (bugio), *Cebus apella* (macaco prego), *Euphractus sexcintus* (tatu-peba), *Didelphis marsupialis* (gambá), entre outros (ANDRADE et al., 2008).

O reservatório foi considerado o ponto de fechamento (foz) das sub-bacias contribuintes e a análise da Figura 13 demonstra o escoamento superficial da bacia do Cabuçu de Cima e suas respectivas compartimentações (LACAVA; OLIVEIRA; PEREIRA FILHO, 2009).

Na região norte da Bacia do Cabuçu de Cima observa-se grande cobertura arbórea que vem rareando no sentido sul, onde existe uso urbano residencial não consolidado, uso urbano consolidado com residências, indústrias, rodovias e solos exposto (OLIVEIRA et al., 2005).

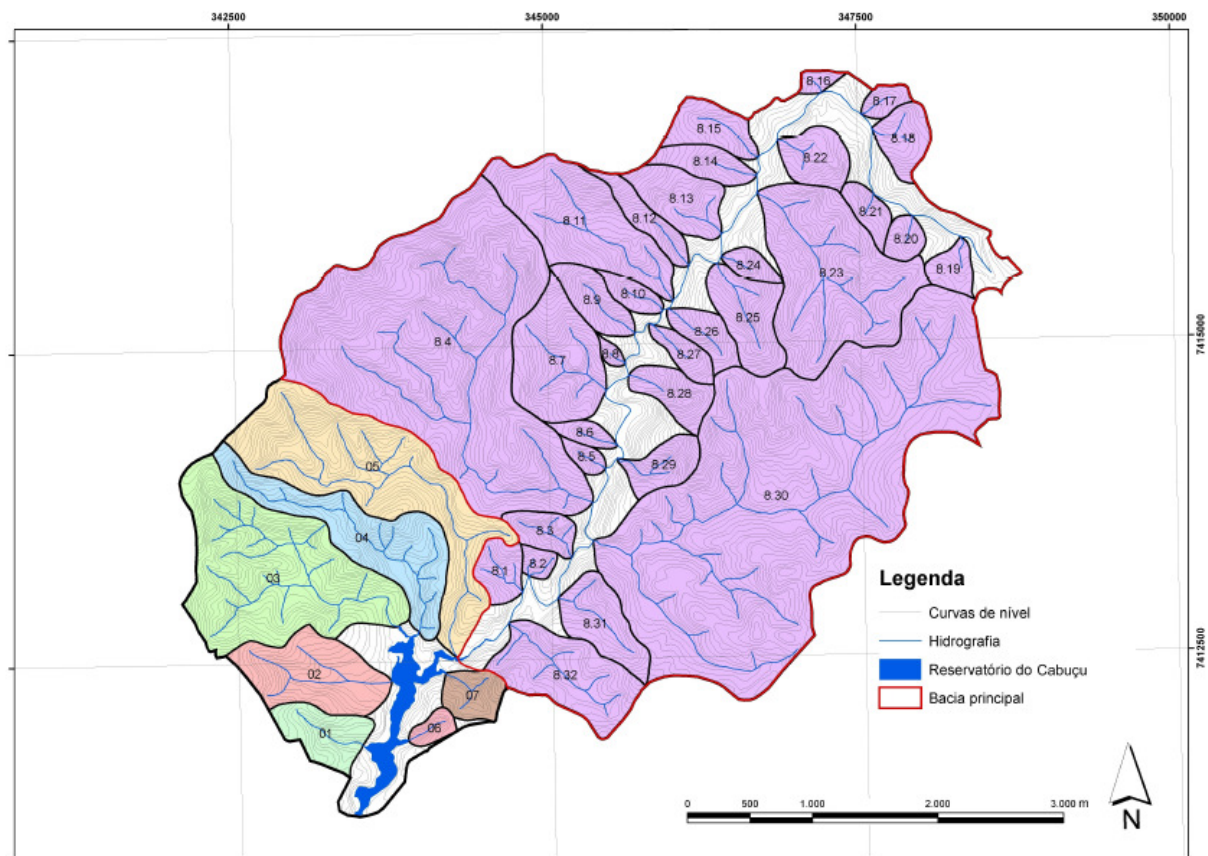


Figura 13: Compartimentação da bacia do Cabuçu de Cima em sub-bacias.

O ponto de estudo desta pesquisa, denominado RCAB00900 pela CETESB, está localizado no Reservatório Cabuçu, no município de Guarulhos, estado de São Paulo, Brasil, encontra-se com suas propriedades de matas bem preservadas, com pequena área de campo, como demonstram as Figuras 14, 15 e 16.

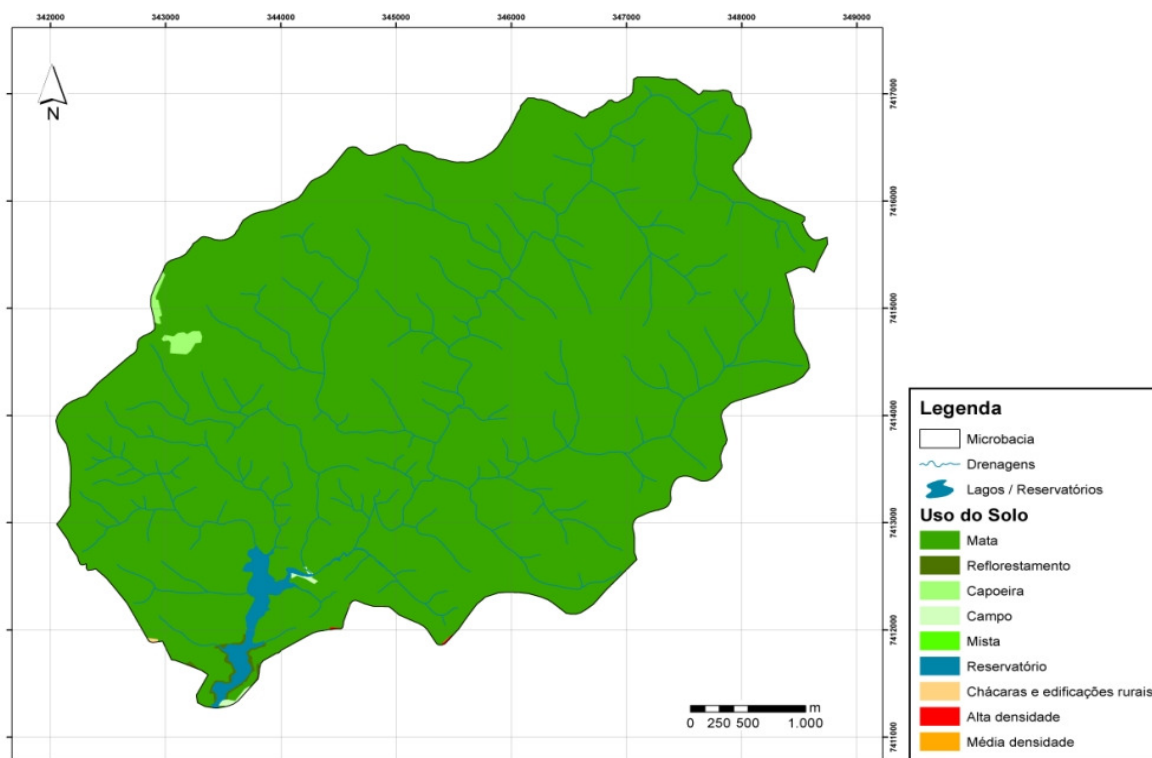


Figura 14: Localização da área de estudo: Uso do solo da Bacia do Rio Cabuçu de Cima. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento / UnG.



Figura 15: Vista da Represa do Cabuçu. Foto: Ant3nio Manuel dos Santos Oliveira.



Figura 16: Vista superior da barragem do Reservatório Cabuçu. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento / UnG.

A responsabilidade pelo monitoramento dos reservatórios é do Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE, da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo - SABESP e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, que realiza monitoramentos quanto à qualidade das águas, levando em conta fatores físicos, químicos e biológicos. A partir destas análises, são estabelecidos critérios necessários para o tratamento adequado para garantir condições satisfatórias para o consumo humano (BARBOSA, 2012).

Nas Figuras 17 e 18, podemos observar a barragem e as quatro bombas de captação de água do Reservatório Cabuçu, sendo que apenas três delas estavam funcionando durante o período do estudo.



Figura 17: Bombas de captação de água do Reservatório Cabuçu. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento / UnG.



Figura 18: Barragem do Reservatório Cabuçu (vista inferior). Fonte: Laboratório de Geoprocessamento / UnG.

6 FUNDAMENTOS

Para se ter uma visão completa da situação do uso do solo urbano e rural, são necessárias análises que envolvem diferentes escalas no tempo e no espaço, uma vez que o que ocorre hoje nas cidades é fruto do que aconteceu no campo e do contexto histórico do desenvolvimento do país, de uma economia de produção primária, para um modelo com forte componente industrial (BATISTA; DIAS, 2008).

Uma ferramenta muito importante para entendermos a qualidade da água está relacionada ao entendimento da área a ser estudada quanto ao ponto de vista de seu uso e ocupação do solo; no presente trabalho, será apenas descrito o reflexo do uso e ocupação das margens dos contribuintes que deságuam no reservatório Cabuçu.

Grande atenção tem sido dada ao uso do solo e a suas implicações econômicas, sociais e ambientais. Um dos problemas mais preocupantes nas regiões metropolitanas é a rápida expansão urbana, que implica sérios problemas ambientais. A crescente demanda de alimentos em razão do crescimento demográfico leva à utilização cada vez mais intensiva do solo, lembrando que este é um recurso natural não renovável; ele precisa ser utilizado de forma sustentável, para que não se esgote (BECEGATO et al., 2008).

Quando da necessidade de estudos específicos de qualidade de água em determinados trechos de rios ou reservatórios, com vistas a diagnósticos mais detalhados, outras variáveis podem ser determinadas, tanto em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica contribuinte, quanto pela ocorrência de algum evento excepcional na área em questão. As águas superficiais doces, salobras e salinas são classificadas pela Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 (CETESB, 2012).

Efluentes domésticos, industriais e de outras fontes, bem como detergentes e fertilizantes agrícolas, agrotóxicos, substâncias tóxicas, fezes e urina de animais modificam a composição química das águas, pois elevam a concentração de nutrientes como nitrogênio e fosforo, propiciando um enriquecimento de nutrientes dos sistemas aquáticos. A eutrofização associada a outros fatores, como aumento da temperatura da água entre 15 e 30° C, pH de 6 a 9, evaporação nos períodos de estiagem e luminosidade elevadas estimulam as florações de algas, observando-se uma camada verde e gelatinosa sobre as águas, além de odor e sabor desagradáveis. Num primeiro momento, produz-se oxigênio, mas logo a camada superficial gelatinosa impossibilita que a energia luminosa penetre nas camadas inferiores do corpo hídrico. Consequentemente, as cianofíceas morrem, são decompostas por bactérias, provocando desde o consumo do oxigênio da água, até a produção de toxinas e morte dos

peixes, entre outros seres aquáticos, e culmina também na morte daquele sistema aquático. Por fim, a urbanização acelerada ocasiona a eutrofização, comprometendo a qualidade da água, assim como altos custos no tratamento das águas (ZAGATTO et al., 1997; GARCIA, 2003; MACHADO, 2005; TUNDISI; TUNDISI; ROCHA, 2006; SPERLING, 2005).

6.1. Legislação.

6.1.1. Legislação vigente para classificação da água no Brasil

As preocupações com desenvolvimento sustentável para garantir a prevenção e controle de agentes poluidores é descrita na Resolução CONAMA n° 357, de 2005, que considera o enquadramento dos corpos de água não só nos seus níveis de qualidade, mas o seu estado atual para atender a demanda da população, levando em conta a saúde e o bem-estar da comunidade, equilíbrio ecológico dos ambientes aquáticos, considerando mecanismos e ferramentas adequadas para avaliar as mudanças na qualidade das águas utilizadas e retiradas dos recursos hídricos, pois a resolução também estabelece classes para facilitar controle destes recursos e garantir melhores resultados na manutenção e preservação destes recursos, assim sempre promovendo reformulações das classificações existentes para melhorar continuamente o manejo e uso das águas que devem sempre manter um padrão de qualidade estabelecido para seu seguro uso, pois o controle de poluentes está diretamente relacionado ao equilíbrio ambiental, preservação e melhorias na qualidade de vida dos seres existentes nas águas e os que usam para diversos fins como agricultura, abastecimento público e lazer (BRASIL, 2005).

A resolução CONAMA 357 determina que são consideradas águas doces as águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰. As águas doces são classificadas como classe especial as águas destinadas ao abastecimento público consumo humano, à preservação, conservação integral de seus recursos com apenas desinfecção da água para o consumo, o que difere das águas de classe 1 que só podem ser consumidas após tratamento simplificado.

A classe 1 de águas é destinada à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, a irrigação de frutas e legumes cultivados nas proximidades do reservatório que devem ser preservadas de acordo com a resolução CONAMA que estabelece que o não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas pela legislação vigente e que os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, tem o dever de fiscalizar e quando

pertinente aplicar as respectivas penas previstas nas legislações específicas ao poluidor (BRASIL, 2005).

Águas doces de classe 1 possuem as seguintes condições e padrões que devem ser observados com a ausência de efeito tóxico crônico a organismos, materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes; óleos e graxas, substâncias que mudem gosto ou odor entre outros parâmetros descritos na Tabela 1

Tabela 01: Padrão de qualidade de água, para classe 1, Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila a	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Merúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Acilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L

Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C6H5OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L
Lindano	0,02 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metolacloro	10 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Paration	0,04 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroetano	0,01 mg/L
Tolueno	2,0 µg/L
Toxafeno	0,01 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,063 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg/L
Tricloroetano	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 µg/L
Xileno	300 µg/L

6.1.2 Legislação referente a criação da APA Cabuçu -Tanque Grande

No ano de 2010 o Prefeito da Cidade de Guarulhos, Sr. Sebastião Almeida, sancionou e promulgou a Lei n° 6798/2010 que cria a Área de Proteção Ambiental Cabuçu - Tanque Grande – APA que é uma categoria de Unidade de Conservação de Uso Sustentável, que é

prevista no Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, é possui área extensa com uma moderada ocupação humana, com fatores físicos, químicos, biológicos e estéticos, assim como o SNUC a APA tem o objetivo de garantir a proteção da biodiversidade e sustentabilidade da região de contato com a urbanização da Região Metropolitana de São Paulo junto ao Núcleo Cabuçu do Parque estadual da Cantareira e fazendo com que o uso sustentável contemple melhor qualidade de vida das comunidades e o controle de possíveis ocupações (GUARULHOS, 2010).

A APA Cabuçu - Tanque Grande tem como objetivo promover o desenvolvimento da conservação e capacidade de sustentabilidade dos seus recursos naturais, assim possibilitando um desenvolvimento econômico relacionado aos recursos naturais da região que protege os mananciais do Cabuçu e do Tanque Grande que devem atender as condições favoráveis à captação de recursos financeiros para melhorar a promoção de atividades sustentáveis, conservação e recuperação quando necessário (GUARULHOS, 2010).

Na região também existe o Parque Natural Municipal da Cultura Negra - Sítio da Candinha criado pela Lei Nº 6.475 ocupa importantes áreas protegidas como a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo, e contribui na formação do corredor ecológico Cantareira-Mantiqueira, pois não só faz limites com os mananciais do Tanque Grande como também faz limites com o Parque Estadual da Cantareira e com a Área de Proteção de Mananciais do Tanque Grande (GUARULHOS, 2008).

Localizada no Município de Guarulhos, a APA Cabuçu- Tanque Grande tem seus limites no entorno do Parque Estadual da Cantareira mantendo uma distância mínima de aproximadamente um quilômetro em relação ao Parque Estadual da Cantareira o que faz esta área do manancial do Tanque Grande um dos fragmentos florestais muito importantes para formação corredor ecológico da Serra da Cantareira com a Mantiqueira (GUARULHOS, 2010).

6.2 Índices e indicadores da qualidade das águas

Os índices e indicadores ambientais surgiram por causa da preocupação social com os aspectos ambientais. Esses indicadores são fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos. Os índices são utilizados por fornecerem uma visão geral da qualidade da água, pois integram os resultados de diversas variáveis através de um único indicador. Desde 1975 a CETESB utiliza o Índice de Qualidade das Águas – IQA,

com vistas a servir de informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental das 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (CETESB, 2012).

Tanto na Legislação Estadual (Decreto Estadual 8468/76) quanto na Federal (Resolução CONAMA 357/05), fica claro os principais usos do recurso hídrico são o Abastecimento público e a Preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas. Por isso a partir de 2002, além do IQA, a CETESB utiliza índices específicos para cada uso do recurso hídrico: IAP - Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público, o IVA - Índice de Preservação da Vida Aquática e IB - Índice de Balneabilidade, que avalia as condições da água para fins de recreação de contato primário (CETESB, 2012).

6.2.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas

As variáveis de qualidade, que são utilizadas no cálculo do IQA, são as que refletem a contaminação dos corpos hídricos e que indicam o lançamento de efluentes sanitários no corpo d'água, fornecendo uma visão geral sobre as condições de qualidade das águas superficiais. Este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas. Os parâmetros utilizados para essa determinação são Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais e Turbidez e serão descritos detalhadamente a seguir (CETESB, 2012).

6.2.1.1 Parâmetros do IQA

6.2.1.1.1 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) na água é de imprescindível importância, pois é utilizado por toda biota a tanto de invertebrados e vertebrados aquáticos. O processo de decomposição da matéria orgânica baixa a concentração do oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido em processos aeróbios de decomposição da matéria orgânica, e estes processos ficam mais intensos em águas poluídas. Vale a pena ressaltar que, em ambientes eutrofizados, podem ficar supersaturados, pois em ambientes lênticos ocorre expressiva reprodução de algas, devido à fotossíntese, o que eleva as concentrações de oxigênio durante o dia, em situação inversa durante a noite, pois processo de respiração celular acentua o gasto de oxigênio para

obtenção de energia para os seres vivos. O processo de fotossíntese não é o único a introduzir oxigênio na água, pois processos físicos, como a velocidade e agito da água, podem contribuir (ANA, 2009).

Segundo Quege e Siqueira (2005), a distribuição de oxigênio em um curso d'água é função da temperatura, da agitação das águas, da natureza e abundância de organismos que nelas vivem (seres clorofilados), reoxigenação fotossintética, da velocidade de deslocamento da água, profundidade, acidentes topográficos, ação dos ventos, intensidade luminosa e entrada de oxigênio dissolvido contribuente de outros afluentes. A agitação da água acarreta a igualdade e o abaixamento das temperaturas em toda a espessura, assim com o aumento do teor de oxigênio dissolvido.

6.2.1.1.2 *Coliformes termotolerantes*

Os coliformes termotolerantes são bactérias comuns no trato intestinal de animais endotérmicos e são notáveis indicadores de poluição por esgotos domésticos. Mesmo não apresentando patogenia, sua ocorrência indica a possibilidade do surgimento de microrganismos patogênicos responsáveis por doenças vinculadas pela água (ANA, 2009).

Os coliformes termotolerantes são definidos como microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal. Podem ser encontrados igualmente em águas de regiões tropicais ou sub-tropicais, sem qualquer poluição evidente por material de origem fecal. Os coliformes termotolerantes não são, dessa forma, indicadores de contaminação fecal tão bons quanto a *E. coli*, e na legislação brasileira, os coliformes fecais são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinada a abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura (CETESB, 2012).

6.2.1.1.3 *Potencial Hidrogeniônico (pH)*

Os valores do pH são determinantes para o metabolismo de várias espécies aquáticas. Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que

são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados (ANA, 2009). Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal, quanto pela legislação do Estado de São Paulo. Os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6 e 9 (CETESB, 2012).

6.2.1.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia. A DBO é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C. Altos valores de DBO, num corpo d'água, são geralmente causados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos e que podem causar uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, e provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos (ANA, 2009).

6.2.1.1.5 Temperatura da água

A temperatura influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução. Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água (CETESB, 2010).

6.2.1.1.6 Nitrogênio Total

Nos corpos d'água, o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causam uma doença chamada meta-hemoglobinemia infantil, que é letal para crianças.

Pelo fato dos compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes, tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como

eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (ANA, 2009).

As fontes de nitrogênio para os corpos d'água são variadas, sendo uma das principais o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais. Em áreas agrícolas, o escoamento das águas das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas. Também ocorre a fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas algas e bactérias. Além disso, outros processos, tais como a deposição atmosférica pelas águas das chuvas, também causam aporte de nitrogênio aos corpos d'água (ANA, 2009).

6.2.1.1.7 Fósforo Total

Do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos, e seu excesso pode causar a eutrofização das águas.

Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água. Entre os efluentes industriais, destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros (ANA, 2009).

6.2.1.1.8 Turbidez

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos etc.). A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água (ANA, 2009).

Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas. O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (ex.: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação (ANA, 2009).

6.2.1.1.9 Resíduo Total

O resíduo total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura. Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água podem causar seu assoreamento, o que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes. Além disso, podem causar danos à vida aquática, pois, ao se depositarem no leito, eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes (ANA, 2009).

6.2.1.2 Cálculo do IQA

A CETESB desenvolveu seus critérios para análise do Índice de Qualidade de Água (IQA) adaptando os métodos americanos da década de 70 da *National Sanitation Foundation*, inicialmente, com 35 variáveis e com as adaptações feitas, apenas 9 delas foram introduzidas nos parâmetros utilizados pela CETESB (CETESB, 2012).

O Índice de Qualidade da Água (IQA) tem sido utilizado com o objetivo de resumir as variáveis analisadas em um só número, caracterizado por ser adimensional e variar de 0 a 100. O IQA exprime, sobretudo, a qualidade da água para abastecimento e baliza o tipo e a forma de tratamento da água (CETESB, 2012).

O valor do IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, equação 1 (CETESB, 2012).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação 1}$$

onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi: qualidade do *i*-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida, Figura 19;

wi: peso correspondente ao *i*-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, Figura 20;

n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA (CETESB, 2012).

Inviabiliza-se o cálculo do IQA, se alguma das nove variáveis não estiverem disponíveis. Em experimentos com *Escherichia coli* é possível utilizar a mesma curva de qualidade que foi desenvolvida para Coliformes Termotolerantes. Estudos da CETESB em 2008 demonstram que existe uma correlação entre os resultados de ambas as análises, ou seja, para cada centena de Coliformes Termotolerantes detectados em cada amostra ocorrem aproximadamente 80 representantes de *Escherichia coli*, ou seja, podemos utilizar os valores equivalentes das curvas de Coliformes Termotolerantes.

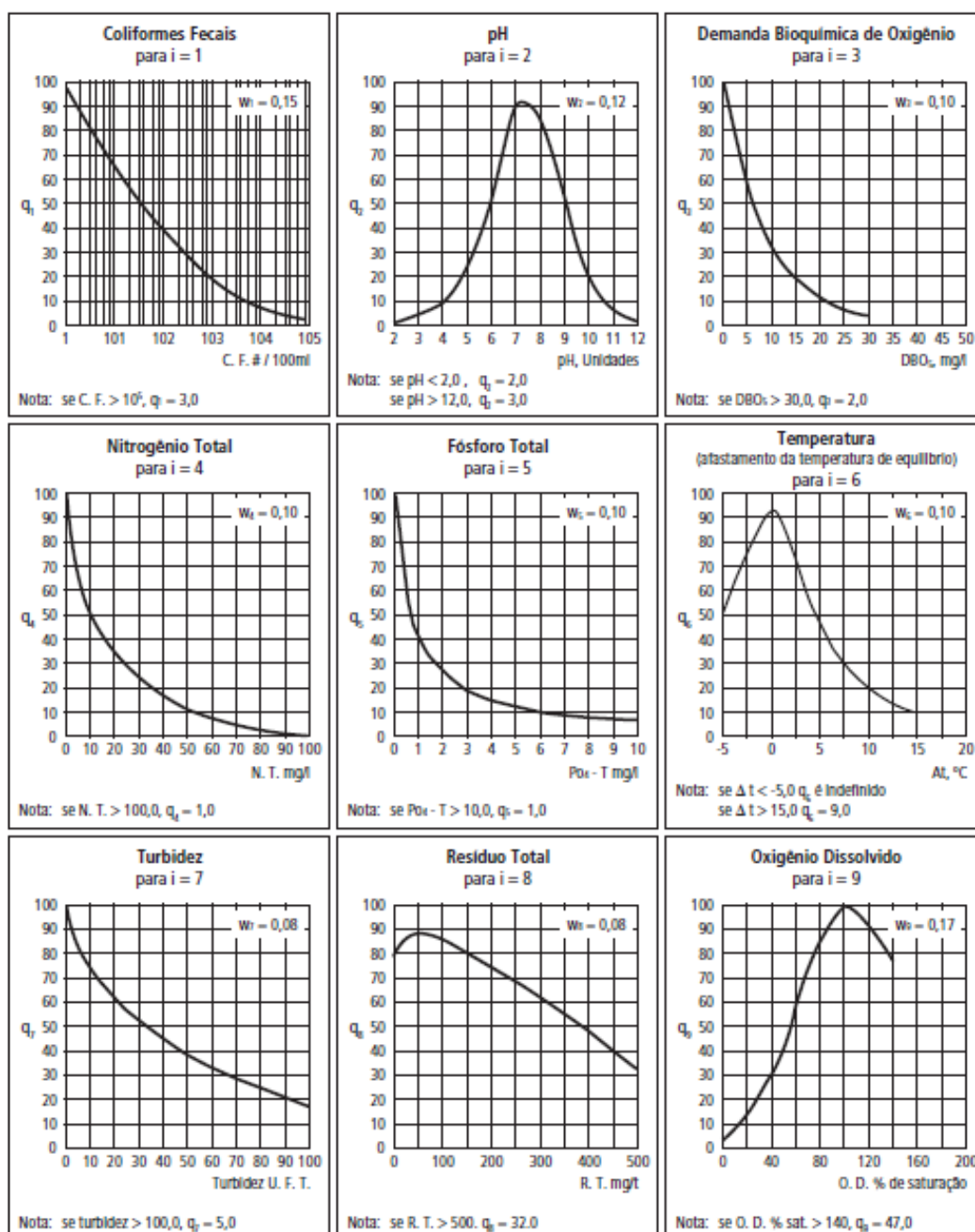


Figura 19: Curvas médias de variação da qualidade das águas (CETESB, 2012).

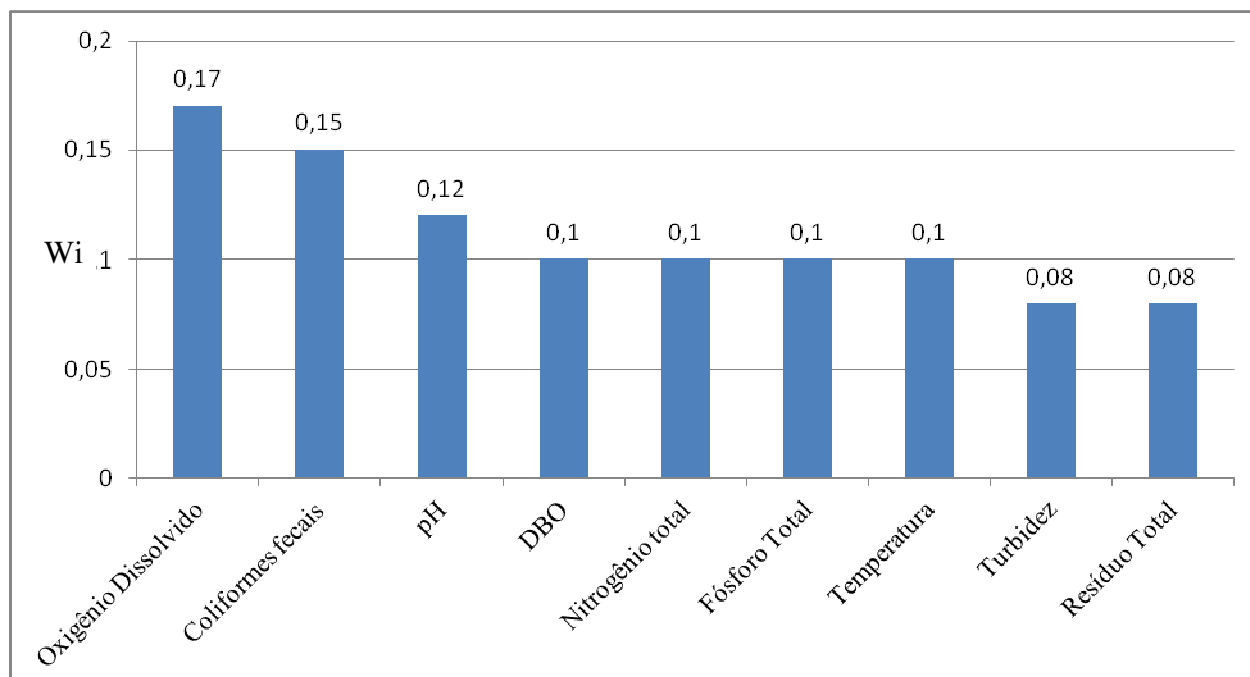


Figura 20: Peso correspondente ao *i-ésimo* parâmetro, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

6.2.1.3 Classificação da qualidade da água em função do valor do IQA, segundo a CETESB.

A Tabela 2 apresenta os valores resultantes dos cálculos de IQA, a partir desses valores o corpo hídrico pode ter sua qualidade classificada como ótima, boa, aceitável, ruim e péssima, (CETESB, 2012).

Tabela 02: Classificação do IQA. Fonte: CETESB, 2012.

Valor	Classificação
$79 < IQA \leq 100$	Ótima
$51 < IQA \leq 79$	Boa
$36 < IQA \leq 51$	Aceitável
$19 < IQA \leq 36$	Ruim
$IQA \leq 19$	Péssima

6.2.2 IAP – Índice de qualidade das águas brutas para fins de abastecimento público

Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP) é normalmente calculado nos pontos de amostragem dos rios e reservatórios que são utilizados para o abastecimento público. O IAP é o produto da ponderação dos resultados do IQA (Índice de Qualidade de Águas) e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é composto pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água, bem como de substâncias tóxicas (CETESB, 2013).

O IAP avalia, além das variáveis consideradas no IQA, as substâncias tóxicas e as variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água, advindas, principalmente, de fontes difusas, como é ressaltado na portaria 2.914/11, capítulo IV, que trata das exigências aplicáveis aos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, onde se destacam os artigos 23, 24 e 26, que colocam nos quesitos de abastecimento público responsabilidade técnica (art. 23), passar por processo de desinfecção e, quando for captada do manancial superficial, deverá ser filtrada (art. 24). Compete ao responsável pela operação do sistema de abastecimento de água para consumo humano notificar a autoridade de saúde pública e informar a respectiva entidade reguladora e população, identificando períodos e locais com problemas, sempre que houver (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

Ressalta-se que o IAP é calculado somente em quatro meses dos seis em que os mananciais são monitorados. Este índice é calculado apenas nos pontos que são coincidentes com captações utilizadas para abastecimento público (CETESB, 2012).

O IAP é o produto da ponderação dos resultados do IQA (Índice de Qualidade de Águas) e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é composto pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água, bem como de substâncias tóxicas, sendo os parâmetros estudados a Temperatura da Água, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes/ *E. coli*, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólido Total e Turbidez, Potencial de Formação de Trihalo- metanos - PFTHM, Número de Células de Cianobactérias, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio, Níquel, Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre e Zinco (CETESB, 2012).

6.2.2.1 Parâmetros do IAP:

Além dos parâmetros utilizados no IQA descritos em 6.2.1.1, temos os seguintes:

6.2.2.1.1 Potencial de Formação de Trihalo- metanos – PFTHM.

A utilização de variáveis não específicas para avaliar a eficiência de um sistema de tratamento, bem como a qualidade da água de um determinado manancial é uma prática comum nas Estações de Tratamento de Água (ETA). O parâmetro turbidez, por exemplo, é amplamente utilizado nas ETA para o controle e o monitoramento operacional da remoção de material particulado. Outras variáveis deste tipo utilizadas comumente são a cor e a densidade de coliformes termotolerantes. Estas variáveis não específicas podem ser uma valiosa ferramenta para uma primeira avaliação das características da qualidade de águas em mananciais destinados ao abastecimento público. Também podem ser de grande utilidade para verificar rapidamente mudanças na qualidade da água dentro do processo de tratamento. Além disso, com a preocupação sobre a formação de compostos organoclorados leves (como por exemplo, clorofórmio) durante o processo de cloração, chamados trihalometanos, torna-se necessária uma avaliação do manancial em relação à quantidade de precursores destes compostos. A utilização do potencial de formação de trihalometanos, como um parâmetro não específico da medida de precursores de THMs, pode ser usado para comparar a qualidade de vários mananciais de água bruta com potencial para abastecimento, com a possibilidade de produção de concentrações elevadas de THMs em água tratada durante os processos de tratamento e na distribuição (CETESB, 2013).

6.2.2.1.2 Número de cianobactérias

Entre os fatores que levam as cianobactérias predominarem sobre os outros grupos fitoplanctônicos (microalgas), destaca-se as características fisiológicas pelas quais as cianobactérias assimilam os nutrientes (N e P) do meio aquático. De maneira geral, as cianobactérias são menos eficientes na assimilação desses nutrientes do que as microalgas (algas verdes ou diatomáceas, por exemplo), que, em condições normais, crescem mais e melhor. No entanto, ao produzir uma descarga excessiva de nutrientes nos reservatórios o homem propicia uma maior oferta desses nutrientes, facilitando a assimilação dos mesmos e o crescimento das cianobactérias. O crescimento intenso desses microrganismos na superfície da água geralmente se dá com predomínio de poucas ou mesmo de apenas uma espécie de

cianobactéria produtora de toxinas, ou de outros metabólitos, que inibem a sua predação por microcrustáceos, larvas de peixes, moluscos, etc. Esses consumidores primários vão preferir consumir as microalgas não tóxicas e com maior valor nutricional, contribuindo, com isso, para a redução das populações dessas microalgas, o que, por sua vez, resultará numa diminuição drástica da comunidade dos consumidores primários, com consequências em toda a cadeia alimentar do ambiente aquático. Portanto, como resultado desses processos, muitas vezes restará no meio aquático apenas as cianobactérias tóxicas como organismos fitoplanctônicos dominantes (MINISTERIO DA SAUDE, 2003).

Esse meio aquático, apresentando uma diversidade de espécies bastante reduzida e dominância de cianobactérias tóxicas, é, por vezes, o manancial de abastecimento que temos disponível em muitas regiões brasileiras. A principal preocupação com o aumento da ocorrência de florações de cianobactérias em mananciais de abastecimento de água é a capacidade desses microorganismos produzirem e liberarem para o meio líquido toxinas (cianotoxinas) que podem afetar a saúde humana, tanto pela ingestão de água como por contato em atividades de recreação no ambiente, ou ainda pelo consumo de pescado contaminado. Entretanto, a principal via de intoxicação é pelo consumo oral da água sem um tratamento adequado para remoção dessas toxinas. As cianotoxinas formam um grupo de substâncias químicas bastante diverso, com mecanismos tóxicos específicos em vertebrados. Algumas cianotoxinas são neurotoxinas bastante potentes (anatoxina-a, anatoxina-a(s), saxitoxinas), outras são principalmente tóxicas ao fígado (microcistinas, nodularina e cilindrospermopsina) (MINISTERIO DA SAUDE, 2003).

6.2.2.1.3 Cádmio

O cádmio é liberado ao ambiente por efluentes industriais, principalmente, de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, bem como por poluição difusa causada por fertilizantes e poluição do ar local. Normalmente a concentração de cádmio em águas não poluídas é inferior a 1 µg/L. A água potável apresenta baixas concentrações, geralmente entre 0,01 e 1 µg/L, entretanto pode ocorrer contaminação devido a presença de cádmio como impureza no zinco de tubulações galvanizadas, soldas e alguns acessórios metálicos. A principal via de exposição para a população não exposta ocupacionalmente ao cádmio e não fumante é a oral. A ingestão de alimentos ou água contendo altas concentrações de cádmio causa irritação no estômago, levando ao vômito, diarreia e, às vezes, morte (CETESB, 2012).

6.2.2.1.4 Chumbo

O chumbo está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos. O chumbo tem ampla aplicação industrial, como na fabricação de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros, ligas metálicas etc. A presença do metal na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo. A exposição da população em geral ocorre principalmente por ingestão de alimentos e bebidas contaminados. O chumbo pode afetar quase todos os órgãos e sistemas do corpo, mas o mais sensível é o sistema nervoso, tanto em adultos como em crianças. A exposição aguda causa sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrintestinal, vômitos e diarreias. Na exposição prolongada são observados efeitos renais, cardiovasculares, neurológicos e nos músculos e ossos, entre outros. É um composto cumulativo. As doses letais para peixes variam de 0,1 a 0,4 mg/L, embora alguns resistam até 10 mg/L em condições experimentais. O padrão de potabilidade para o chumbo estabelecido pela Portaria 518/04 é de 0,01 mg/L (CETESB, 2012).

6.2.2.1.5 Cromo Total

O cromo é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes, preservativos para madeira, entre outros usos. A maioria das águas superficiais contem entre 1 e 10 µg/L de cromo. A concentração do metal na água subterrânea geralmente é baixa (< 1 µg/L). Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente. A Portaria 518/04 estabelece um valor máximo permitido de 0,05 mg/L de cromo na água potável (CETESB, 2012).

6.2.2.1.6 Mercúrio

O mercúrio é usado na produção eletrolítica do cloro, em equipamentos elétricos, amalgamas e como matéria prima para compostos de mercúrio. No Brasil é largamente utilizado em garimpos para extração do ouro. Está presente na forma inorgânica na água superficial e subterrânea. As concentrações geralmente estão abaixo de 0,5 µg/L, embora depósitos de minérios possam elevar a concentração do metal na água subterrânea. Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de

células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, indústrias de tintas etc. A principal via de exposição humana ao mercúrio é por ingestão de alimentos. O metal é altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3 a 30 gramas são letais. Apresenta efeito cumulativo e provoca lesões cerebrais. A intoxicação aguda é caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, danos nos ossos e morte. Esta intoxicação pode ser fatal em 10 dias. A intoxicação crônica afeta glândulas salivares, rins e altera as funções psicológicas e psicomotoras. O pescado é um dos maiores contribuintes para a transferência de mercúrio para o homem, sendo que este se mostra mais tóxico na forma de compostos organo-metálicos. O padrão de potabilidade fixado pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde é de 0,001 mg/L (CETESB, 2012).

6.2.2.1.7 Níquel

O níquel e seus compostos são utilizados em galvanoplastia, na fabricação de aço inoxidável, manufatura de baterias Ni-Cd, moedas, pigmentos, entre outros usos. Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a 0,1 mg/L; valores elevados podem ser encontrados em áreas de mineração. Na água potável, a concentração do metal normalmente é menor que 0,02 mg/L, embora a liberação de níquel de torneiras e acessórios possa contribuir para valores acima de 1 mg/L. A maior contribuição antropogênica para o meio ambiente é a queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição, fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis. A principal via de exposição para a população não exposta ocupacionalmente ao níquel e não fumante é o consumo de alimentos. A ingestão de elevadas doses de sais causa irritação gástrica. O efeito adverso mais comum da exposição ao níquel é uma reação alérgica; cerca de 10 a 20% da população é sensível ao metal. A Portaria 518/04 não estabelece um valor máximo permitido de níquel na água potável, já a Organização Mundial da Saúde recomenda o valor de 0,07 mg/L (CETESB, 2012).

6.2.2.1.8 Ferro

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água. Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações

chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Também poderá ser importante a contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido. Nas águas tratadas para abastecimento público, o emprego de coagulantes a base de ferro provoca elevação em seu teor. O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. É também padrão de emissão de esgotos e de classificação das águas naturais. No Estado de São Paulo estabelece-se o limite de 15 mg/L para concentração de ferro solúvel em efluentes descarregados na rede coletora de esgotos seguidas de tratamento, Decreto nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976).

6.2.2.1.9 Manganês

O manganês e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos. Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos. Concentração menor que 0,05 mg/L geralmente é aceita por consumidores, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água. É muito usado na indústria do aço. O manganês é um elemento essencial para muitos organismos, incluindo o ser humano. A principal exposição humana ao manganês é por consumo de alimentos. O padrão de aceitação para consumo humano do manganês é 0,1 mg/L (Portaria 518) (CETESB, 2012).

6.2.2.1.10 Alumínio

O alumínio e seus sais são usados no tratamento da água, como aditivo alimentar, na fabricação de latas, telhas, papel alumínio, na indústria farmacêutica etc. O alumínio pode atingir a atmosfera como material particulado por meio da suspensão de poeiras dos solos e também da combustão do carvão. Na água, o metal pode ocorrer em diferentes formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. Outro aspecto da química do alumínio é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Nesta forma, ele é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos d'água. A principal via de exposição humana não ocupacional ao alumínio é pela ingestão de alimentos e água. Não há indicações de que o alumínio apresente toxicidade aguda por via oral, apesar de ampla ocorrência em alimentos, água potável e medicamentos. Não há indicação de carcinogenicidade para o alumínio. A Portaria 518/04 estabelece um valor máximo permitido de alumínio de 0,2 mg/L como padrão de aceitação para água de consumo humano (CETESB, 2012).

6.2.2.1.11 Cobre

O cobre tem vários usos, como na fabricação de tubos, válvulas, acessórios para banheiro e está presente em ligas e revestimentos. Na forma de sulfato ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) é usado como algicida. As fontes de cobre para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais. O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais e é um nutriente essencial em baixas doses. Estudos indicam que uma concentração de 20 mg/L de cobre ou um teor total de 100 mg/L por dia na água é capaz de produzir intoxicações no homem, com lesões no fígado. Concentrações acima de 2,5 mg/L transmitem sabor amargo à água; acima de 1 mg/L produzem coloração em louças e sanitários. Doses acima de 1,0 mg/L são letais para microorganismos. O padrão de potabilidade para o cobre, de acordo com a Portaria 518/04, é de 2 mg/L (CETESB, 2012).

6.2.2.1.12 Zinco

O zinco e seus compostos são muito usados na fabricação de ligas e latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus etc. A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 10 µg/L. Na água de torneira, a concentração do metal pode ser elevada devido à dissolução do zinco das tubulações. O zinco é um elemento essencial ao corpo humano em pequenas quantidades. A atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. O zinco só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito elevadas, o que é extremamente raro, e, neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano. O valor máximo permitido de zinco na água potável (Portaria 518/04 do Ministério da Saúde) é de 5 mg/L. A água com elevada concentração de zinco tem aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida (CETESB. 2012).

6.2.2.2 Cálculo do IAP

Para o cálculo do IAP deve-se calcular o ISTO e o IQA. O cálculo do IQA já foi discutido no item 6.1. Para o cálculo do ISTO há necessidade de se trabalhar com as variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas e as que afetam a qualidade organoléptica.

Inicialmente se faz a ponderação do grupo de substâncias tóxicas (ST) que é obtida através da multiplicação dos dois valores mínimos mais críticos do grupo de variáveis que indicam a presença dessas substâncias na água:

$$\mathbf{ST} = \text{Mín-1} (q_{TA}; q_{THMFP}; q_{Cd}; q_{Cr}; q_{Pb}; q_{Ni}; q_{Hg}; q_{NCC}) \times \text{Mín-2} (q_{TA}; q_{THMFP}; q_{Cd}; q_{Cr}; q_{Pb}; q_{Ni}; q_{Hg}; q_{NCC})$$

Depois se faz a ponderação do grupo de substâncias organolépticas (SO) que é obtida através da média aritmética das qualidades padronizadas das variáveis pertencentes a este grupo:

$$\mathbf{SO} = \text{Média Aritmética} (q_{Al}; q_{Cu}; q_{Zn}; q_{Fe}; q_{Mn})$$

O ISTO é resultado do produto dos grupos de substâncias tóxicas e as que alteram a qualidade organoléptica da água, como descrito a seguir:

$$\text{ISTO} = \text{ST} \times \text{SO}$$

O IAP é calculado a partir do produto entre o IQA e o ISTO, segundo a seguinte expressão:

$$\text{IAP} = \text{IQA} \times \text{ISTO}$$

6.2.2.3 Classificação de qualidade da água em função do valor do IAP

A Tabela 3 mostra os valores de referências da qualidade de água para serem utilizadas para abastecimento público.

Tabela 03: Classificação do Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP).

Valor	Classificação
$79 < \text{IAP} \leq 100$	Ótima
$51 < \text{IAP} \leq 79$	Boa
$36 < \text{IAP} \leq 51$	Aceitável
$19 < \text{IAP} \leq 36$	Ruim
$\text{IAP} \leq 19$	Péssima

Fonte: CETESB, 2012

6.2.3 IET – Índice do Estado Trófico

O Índice do Estado Trófico classifica os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas. Para o cálculo do IET, são consideradas as variáveis Clorofila a e Fósforo Total (CETESB, 2013).

A clorofila, carotenoides e ficobilinas são pigmentos responsáveis pelo processo fotossintético em diversas espécies fotossintetizantes na natureza, pois a clorofila a é a mais

comum e cosmopolita das clorofilas (a, b, c, e d), o que representa, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas nos ambientes aquáticos, sendo um indicador da biomassa das algas e considerada como principal indicadora de estado trófico nos ambientes aquáticos (CETESB,2012).

Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, uma vez que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila a, IET(CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas. Assim, o índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo.

6.2.3.1 Parâmetros do IET

6.2.3.1.1 Clorofila a

A clorofila é um dos pigmentos, além dos carotenóides e ficobilinas, responsáveis pelo processo fotossintético. A clorofila a é a mais universal das clorofilas (a, b, c, e d) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas e é, por isso, um indicador da biomassa algal. Assim a clorofila a é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos. A feofitina a é um produto da degradação da clorofila a, que pode interferir grandemente nas medidas deste pigmento, por absorver luz na mesma região do espectro que a clorofila a. O resultado de clorofila a deve ser corrigido, de forma a não incluir a concentração de feofitina a (CETESB, 2012).

6.2.3.1.2 Fósforo Total.

O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos

orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos. Esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais. Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais (CETESB, 2012).

6.2.3.2 Cálculo do IET

O Índice do Estado Trófico será composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET (PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos e lênticos, segundo as equações:

- Rios

$$\mathbf{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln CL)) / \ln 2)) - 20$$

$$\mathbf{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

- Reservatórios

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

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

onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural

O resultado do IET será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a , segundo a equação:

$$\mathbf{IET} = [\mathbf{IET (PT)} + \mathbf{IET (CL)}] / 2$$

6.2.3.3 Classificação de qualidade da água em função do valor do IET

A Classificação do estado trófico, representada nas Tabelas 4 e 5, é de significativa relevância para o desenvolvimento e manutenção da biota aquática.

Tabela 04: Classificação do Índice de Estado Trófico (IET).

Valor	Classificação
$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófico
$59 < IET \leq 63$	Eutrófico
$63 < IET \leq 67$	Supereutrófico
$IET > 67$	Hipereutrófico

Fonte: CETESB, 2012

Tabela 05: Significado ambiental do Índice de Estado Trófico (IET).

Classificação	Significado ambiental
Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água
Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos
Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB, 2012

6.3 Cianobactérias

As cianobactérias são organismos morfológicamente simples, porém fisiologicamente complexos, e é antigo o conhecimento de que toxinas de cianobactérias causam problemas à saúde humana, com registros de alterações gastrointestinais do início do século XX, pois, no Brasil, o crescimento da agricultura intensiva “moderna”, baseada no uso indiscriminado de fertilizantes nos últimos 30 anos, tem feito desta atividade a principal depositária de efluentes químicos e orgânicos sobre a água, que sofre com o aumento da taxa de urbanização que cresce rápida e desordenadamente, promovendo um incremento significativo da descarga de esgotos não tratados ou indevidamente tratados, o que leva um aporte substancial de matéria orgânica aos ecossistemas aquáticos, com reflexos negativos no balanço de oxigênio dissolvido, condição favorável à predominância das cianobactérias e processos de eutrofização (BRANDÃO, 2008).

Compostos orgânicos nitrogenados são nutrientes para várias vias metabólicas dos seres vivos. São macronutrientes, pois o carbono e o nitrogênio são exigidos acentuadamente pelos seres vivos em geral. Quando o fósforo e estes dois elementos (carbono e nitrogênio) são descarregados em ambientes aquáticos naturais, conjuntamente com o outros nutrientes presentes nos despejos, acabam enriquecendo o meio, tornando-o mais fértil; assim, possibilitando o desenvolvimento em maior extensão, os seres vivos que os utilizam para seus processos e vias metabólicas, como as algas, tal processo dentro dos corpos aquáticos é chamado de eutrofização. Estes processos de eutrofização se acentuam fortemente em regiões que ficam próximas ou em influência de grandes centros urbanos onde não existe manejo adequado das águas, o que pode trazer grandes problemas para o abastecimento público (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

As cianobactérias são organismos que possuem características tanto de bactérias como de algas, ou seja, algas procariotas, sendo também conhecidas como cianofíceas ou algas azuis. Essas eubactérias unicelulares, já que não possuem um núcleo verdadeiro, podem ser coloniais ou filamentosas podendo ser encontradas em ecossistemas aquáticos continentais, estuarinos e marinhos (OLIVEIRA, 2003; ZAGATTO et al., 1997; MARTI et al., 2007; GARCIA, 2003).

Possuem vários pigmentos, dentre eles a clorofila-a (cor verde), ficobilinas (azul ou vermelho), além de carotenos e xantofilas de cores amarelo, laranja e marrom, que as torna capazes de captar energia de um espectro amplo de radiação luminosa, realizando portanto a fotossíntese assim como as plantas; logo podem se apresentar em várias colorações

predominando o verde-azulado (OLIVEIRA, 2003; MARTI et al., 2007; RODRIGUES, 2004).

Muitas espécies de cianobactérias podem se acumular nas superfícies da águas num crescimento explosivo, fenômeno denominado floração ou “*blooms*” devido á certas circunstâncias como temperatura, pH, abundante aporte de nutrientes nas águas entre outros. Em razão do crescimento populacional e do aumento da produção agrícola e industrial, as cargas poluentes nas águas ocorrem com mais frequência causando a eutrofização dos corpos hídricos e a proliferação massiva de cianofíceas. Graves problemas econômicos e de saúde pública são deflagrados pelas florações de cianobactérias em reservatórios de água empregados no abastecimento populacional (ZAGATTO et al., 1997; MARTI et al., 2007; GARCIA, 2003).

Os subprodutos das florações de cianofíceas interferem negativamente na saúde pública devido à síntese de compostos altamente tóxicos e carcinogênicos. Existem na literatura inúmeros relatos de casos de intoxicação humana e mortandade de animais domésticos e silvestres, em diversas partes do mundo, como conseqüência do consumo de água contaminada com cianotoxinas. No Brasil, em 1996, cerca de 70 pacientes morreram após uma intoxicação com metabólitos tóxicos de cianofíceas, via água utilizada nos aparelhos de uma clínica de hemodiálise na cidade de Caruaru, Pernambuco. Casos de intoxicações em humanos também foram identificados em 1930, nos EUA, com aproximadamente 10.000 pessoas apresentando sinais de intoxicação como distúrbios gastrointestinais, e na Austrália 150 pessoas hospitalizadas apresentaram hepatoenterite (SCHIVARTCHE, 2005; SÁ et al., 2010; ZAGATTO et al., 1997).

A problemática das cianotoxinas provenientes de florações abrange não só a saúde pública, mas também o âmbito econômico sendo que numerosos fenômenos “*blooms*” foram a causa de prejuízos neste setor. Em 1943, na África do Sul registrou-se a morte de milhares de ovelhas, gado, entre outros animais ao longo de um vale próximo ao reservatório com as florações. Em 1878, na Austrália, foi relatado o primeiro caso de morte maciça de animais. Os peixes são menos propensos ás cianotoxinas do que os mamíferos, contudo a mortandade de peixes pode ser causada pela diminuição de oxigênio na água ou pelo entupimento das brânquias devido o excesso de algas (ZAGATTO et al., 1997).

Existem cerca de 40 espécies de cianobactérias que produzem toxinas, as quais são divididas e classificadas conforme o mecanismo de ação, em hepatotoxinas, as neurotoxinas e as dermatotoxinas entre outras (ZAGATTO et al., 1997; MARTI et al., 2007).

Algumas neurotoxinas são excessivamente tóxicas como a anatoxina-a, anatoxina-a(s), e as saxitoxinas enquanto que as principais hepatotoxinas são as microcistinas, a nodularia e a cilindrospermopsina. As outras toxinas são consideradas endotoxinas pirogênicas como as de procariontes Gram negativos tendo efeitos irritantes ao contato (VEIGA, 2008).

Algas como as cianobactérias são fortes agentes modificadores do ambiente, o que é descrito e na Portaria n° 2.914, de 12 de Dezembro de 2011 (Ministério da Saúde), que determina que se deva realizar monitoramento de cianobactérias, descrevendo gêneros e locais de coleta, análise de clorofila a semanalmente, e, em função dos riscos à saúde associados às cianotoxinas, é vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de microalgas e cianobactérias no manancial de abastecimento, ou qualquer intervenção que provoque a lise das células (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

7 MATERIAIS E MÉTODOS

Para esse trabalho foram utilizados dados secundários referentes a parâmetros físico-químicos, microbiológicos e hidrológicos da água que foram produzidos pela CETESB no Reservatório Cabuçu, Guarulhos-SP, através de monitoramento sistêmico. Esses dados foram obtidos através dos Relatórios da CETESB dos anos 2011, 2012 e 2013 (CETESB, 2011; CETESB, 2012; CETESB, 2013).

O Reservatório Cabuçu começou a ser monitorado a partir de 2010 e o ponto de coleta das amostras foi denominado RCAB0900. A nomenclatura dos pontos monitorados pela CETESB segue uma norma e no caso de RCAB0900 temos RCAB representado o local e o 0900 significa que o ponto é um reservatório. Para cada ponto monitorado, a CETESB disponibiliza mais de 40 parâmetros. Dentre esses parâmetros têm-se os relativos ao Campo (observações *in loco*), Físico-químicos (análises laboratoriais), Microbiológicos (análises laboratoriais), Ecotoxicológicos (análises laboratoriais) e Hidrobiológicos (análises laboratoriais).

Para o estudo da qualidade da água deste reservatório foram utilizadas as informações sobre o IQA, IAP, IET, além de outros parâmetros como número de células de cianobactérias e coliformes termotolerantes/*Escherichia coli* que são parâmetros relacionados à Saúde Pública. O período de estudo foi de 2010 a 2012, pois o monitoramento desse ponto se iniciou em 2010. Esse início do monitoramento coincide com a criação da APA Cabuçu Tanque-Grande. O presente trabalho também poderá ser usado para verificação se a criação dessa área de preservação está cumprindo sua missão de conservação ou melhora na qualidade da água do Reservatório Cabuçu.

Além das informações sobre os parâmetros da qualidade da água no reservatório, o presente trabalho compilou informações descritas nos relatórios da CETESB, teses, dissertações, periódicos, relatórios técnicos e livros que puderam contribuir para traçar um histórico de transformação hídrica e uso/ocupação do solo da região.

As informações referentes ao local de estudo, fisiografia do local e uso e ocupação do solo foram processadas nos laboratórios de Geoprocessamento e de Geociências da Universidade Guarulhos e também foram plotadas algumas imagens por meio digital através do *software Arc Gis 9.0*.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo do Reservatório Cabuçu revela uma boa relação entre o homem e a natureza local, pois é exemplo de boa relação, gestão e manejo de reservatório que deve servir de parâmetro para reservatórios que sofrem com influências antrópicas que destroem sua paisagem e interferem de forma significativa na qualidade de suas águas, que não só apenas são fonte de abastecimento público, mas também são ambientes naturais de grande biodiversidade de seres vivos, servindo-lhes de *habitat* e nicho ecológico suficiente para suas existência e manutenção de toda biota natural da região, ainda podendo servir para recreação, balneabilidade e pesquisa.

A compilação dos dados do IQA, IAP, IET do ponto de estudo ajuda no desenvolvimento de dados indicadores de mudanças na qualidade da água na região, e possíveis mudanças socioeconômicas desencadeadas ou que desencadeiam estas mudanças.

Estes dados ajudam a esclarecer e gerar fonte de conhecimento para trabalhos com âmbito socioeconômico, ambiental, ou até mesmo político, de regiões similares.

Os resultados dos parâmetros indicadores do índice de qualidade de água da CETESB revelaram sempre ótima qualidade no reservatório Cabuçu, como demonstram as Tabelas 6, 7 e 8.

Tabela 06: Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas referentes a dados da CETESB de 2010.

Classe 00 Especial			Ano: 2010					
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
Oxigênio Dissolvido.	>6	mg/L	8,3	7,8	*5,5	9,5	9,5	7,8
Coliformes Termotolerantes.	<200	UFC/100mL	46	49	69	19	49	51
pH.	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,9	7,2	6,8	8	8,2	6,8
DBO 5,20.	<3	mg/L	<3	<3	3	<3	<3	3
Temperatura.		°C	24,5	22,8	19,6	19,3	23,3	20,8
Fósforo Total.	<0,02	mg/L	0,02	<0,02	<0,02	*0,07	<0,02	*0,03
Nitrogênio Kjeldahl.		mg/L	1,86	0,79	<0,5	0,96	0,6	1,59
Nitrogênio Amoniacal.	<3,7	mg/L	1,66	0,34	0,19	0,31	<0,1	0,4
Nitrito.	<1,0	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrato.	<10,0	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Nitrogênio Total		mg/L	1,87	0,79	<0,5	0,96	0,6	1,59
Turbidez.	<40	UNT	5,36	3,32	4,26	4,04	2,94	4,99
Sólidos totais.		mg/L	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Alumínio Dissolvido	<0,1	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Alumínio Total		mg/L	0,29	0,14	<0,1	<0,1	<0,1	0,13
Ferro dissolvido	<0,3	mg/L	0,24	0,3	*0,34	0,12	0,11	0,19
Ferro total		mg/L	0,57	0,57	0,63	0,27	0,29	0,45
Manganês total	<0,1	mg/L	0,04	0,09	*0,12	0,03	0,02	0,03
Cobre dissolvido	<0,009	mg/L	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Cobre Total		mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01
Zinco		mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,04	< 0,02
Pot. Form. THM		µg/L	190		213	165		<10
N. Cél. Cianobact.	<20000	N.Células	2170	2250	329	16800	3979	14995
Cádmio Total	<0,001	mg/L	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Chumbo Total	<0,01	mg/L	< 0,002	0,003	< 0,002	< 0,002	0,003	< 0,002
Cromo Total	<0,05	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Mercúrio	<0,0002	mg/L	< 0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel	<0,025	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Clorifila a	<10	µg/L	2,81	9,8	9,00	12,83	4,93	9,16
IET			52	55	55	60	54	56
IQA.			81	82	81	82	81	81
IAP			79		79	82		80

(*) Não atendimento dos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

Fonte: CETESB (2011).

Tabela 07: Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas referentes a dados da CETESB de 2011.

Classe 00 Especial			Ano: 2011					
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
Oxigênio Dissolvido	>6	mg/L	6,5	9,3	8,3	*3	7,9	*1,5
Coliformes Termotolerantes	máximo 200	UFC/100mL	40	92	41	11	*14000	66
pH.	entre 6,0 e 9,0	U.pH	7,5	7,3	6,4	7,4	8,3	6,8
DBO 5,20	máximo 3	mg/L	<3	<3	<3	3	3	*6
Temperatura.		°C	23,3	22,9	20,4	17,9	18,7	20,3
Fósforo Total.	<0,02	mg/L	0,02	<0,02	----	0,002	<0,007	<0,007
Nitrogênio Kjeldahl.		mg/L	0,6	<0,5	<0,5	0,52	<0,5	0,53
Nitrogênio Amoniacal.	<0,02	mg/L	0,11	<0,1	0,27	0,16	<0,1	<0,01
Nitrito.	<1	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,01	<0,01	0,02
Nitrato.	<10,0	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	0,14	<0,1	<0,1
Nitrogênio Total		mg/L	0,6	<0,5	<0,5	0,66	<0,5	0,55
Turbidez.	<40	UNT	4,4	5,15	3,89	2,2	2,87	3,96
Sólidos totais		mg/L	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Ferro Dissolvido	< 0,3	mg/L	0,18		0,46	< 0,1		0,31
Alumínio Dissolvido	<0,1	mg/L	*0,11		*0,17	<0,1		<0,1
Alumínio Total		mg/L	<0,1		0,27	<0,1		0,45
Ferro Total		mg/L	0,41		0,85	0,38		0,56
Manganês Total	< 0,1	mg/L	0,03		0,16	0,05		0,04
Cobre Dissolvido	< 0,009	mg/L	< 0,009		<0,01	<0,009		< 0,009
Cobre Total		mg/L	< 0,01		<0,01	0,01		< 0,01
Zinco	< 0,18	mg/L	< 0,02		<0,02	<0,02		<0,02
Pot. Form. THM		µ/L	307		277	127		240
N. Cél. Cianobact	> 20000	N. Células	10035		2675	*234955		3500
Cádmio Total	0,001	mg/L	<0,0001		<0,0002	<0,0002		<0,0002
Chumbo Total	< 0,01	mg/L	<0,002		<0,005	<0,005		<0,005
Cromo Total	< 0,05	mg/L	< 0,02		<0,02	<0,02		<0,02
Mercúrio	< 0,0002	mg/L	<0,0002		<0,0002	<0,0002		<0,0002
Níquel	< 0,025	mg/L	<0,02		<0,02	<0,02		<0,02
Clorifila a	<10	µg/L	7,57		6,95		14,58	11,76
IET			55			49		53
IQA			82	80	----	86	62	78
IAP			82			43		76

(*) Não atendimento dos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

Fonte: CETESB (2011).

Tabela 08: Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas referentes a dados da CETESB de 2012.

Classe 00 Especial			Ano: 2012					
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
Oxigênio Dissolvido	> 6	mg/L	8,8	8,1	7,2	9,7	8,2	8,4
Coliformes Termotolerantes (E.coli)	máximo 120	UFC/100mL	7	2	20	31	92	1
pH.	entre 6,0 e 9,0	U.pH	8,5	7,8	6,9	7,5	8,3	7,9
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	4	<3	<3	<3	<3	<3
Temperatura.		°C	23,9	26,9	21,2	20,1	24,8	26,3
Fósforo Total.	<0,02	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,003	<0,007
Nitrogênio Kjeldahl.		mg/L	0,89	<0,5	0,53	0,59	0,77	1
Nitrogênio Amoniacal.	<0,02	mg/L	<0,1	0,14	0,11	0,34	0,12	0,18
Nitrito.	<1	mg/L	<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato.	<10,0	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	0,22	<0,2	<0,2
Nitrogênio Total		mg/L	1,19	0,71	0,64	0,81	0,98	1,21
Turbidez.	<40	UNT	6,21	2,41	2,66	2,4	5,84	2,32
Sólidos Totais		mg/L	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Alumínio Dissolvido	<0,1	mg/L	<0,1		<0,1	<0,1		<0,1
Alumínio Total		mg/L	0,15		<0,1	<0,1		0,25
Ferro Dissolvido	< 0,3	mg/L	0,16		*0,32	0,14		*0,41
Ferro Total		mg/L	0,24		0,61	0,27		0,64
Manganês Total	< 0,1	mg/L	0,02		0,08	0,03		0,03
Cobre Dissolvido	<0,009	mg/L	<0,009		<0,009	<0,009		<0,009
Cobre Total		mg/L	0,01		<0,01	<0,01		<0,01
Zinco	<0,18	mg/L	<0,02		<0,02	<0,02		<0,02
Pot. Form. THM		µ/L	219			152		256
N. Cél. Cianobact.	<20000	N. Células	19430		*23260	12370		*25320
Cádmio Total	<0,001	mg/L	<0,0005		<0,0005	<0,0005		<0,0007
Chumbo Total	<0,01	mg/L	<0,005		<0,005	<0,005		<0,009
Cromo Total	<0,05	mg/L	<0,02		<0,02	<0,02		<0,02
Mercúrio Total	<0,0002	mg/L	<0,0002		<0,0002	<0,0002		<0,0002
Níquel Total	<0,025	mg/L	<0,02		<0,02	<0,02		<0,02
Clorofila a	<10	µg/L	14,26		8,02	4,72		6,11
IET			53		52	50		51
IQA			83	90	83	82	78	90
IAP			83			82		71

(*) Não atendimento dos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

Fonte: CETESB (2013).

8.1 IQA – Índice de Qualidade de Água.

Com os dados obtidos foi feita a Tabela 09, com um resumo dos valores de IQA, para o reservatório Cabuçu, pode ser observado que os valores estão entre ótimo e bom.

Tabela 09: Resumo dos resultados de IQA para o reservatório Cabuçu, entre 2010 e 2012

ANO	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
2010	81	82	81	82	81	81
2011	82	80		86	62	78
2012	83	90	83	82	78	90

Na Figura 21 é apresentada a evolução do IQA no Reservatório Cabuçu, no período entre 2010 e 2012. A qualidade da água esteve entre boa e ótima, e para o período estudado observamos uma tendência de melhora do IQA.

Pouco mais de 80% das amostras foram classificadas com IQA ótimo, o que comprova que este reservatório está bem conservado, e que é importante o monitoramento dessa área para a manutenção dessa qualidade. As amostras avaliadas com IQA bom estavam com seus valores no limite superior da classificação.

Costa et al. (2012), estudando o Reservatório de Manso, MT, próximo a Chapada dos Guimarães, que não tem ocupação urbana em seu entorno, assim como o reservatório Cabuçu, obteve resultados de qualidade de água boa e ótima.

Os reservatórios do semi-árido, Camalaú e Cordeiro, localizados na zona do Cariri, PB, foram os que apresentaram menor porcentagem de áreas antropizadas e nas visitas *in loco* não foi observada nenhuma atividade agrícola intensa no entorno e sim a presença de vegetação de Caatinga do tipo arbustivo-arbórea aberta, e o IQA esteve entre qualidade boa e ótima (LUCENA, MENEZES e SASSI, 2008).

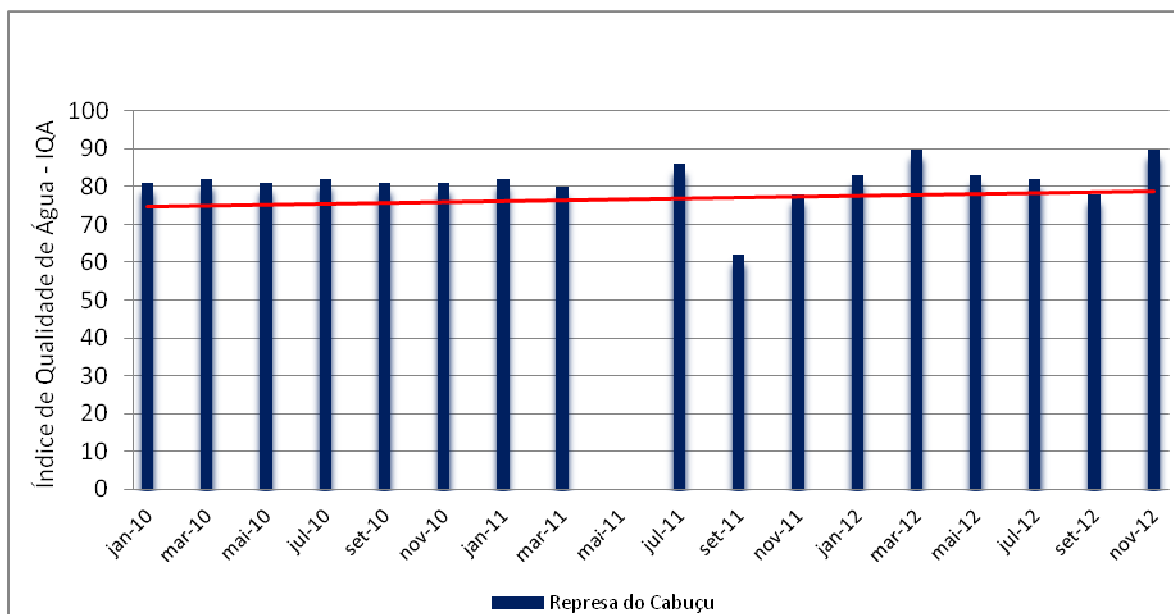


Figura 21: Resultados do IQA de janeiro de 2010 até novembro de 2012.

Na Figura 22 temos a frequência de resultados em função da classificação do IQA, que esteve entre bom e ótimo. Para os meses em que o IQA esteve com qualidade inferior temos setembro de 2012 com uma quantidade de coliformes termotolerantes muito acima dos valores encontrados em todo o período estudado, que pode ser justificado por uma mudança do local de coleta, uma vez que o reservatório estava muito baixo e o ponto onde se costuma fazer a coleta estava inviável. Essa quantidade de coliformes termotolerantes não é de origem humana, pois não há atividades no entorno da represa, mas temos muitos animais silvestres, entre eles as capivaras, que poderiam ser as responsáveis pelo aumento dessas bactérias, nesse ponto de coleta próximo a margem e não na barragem.

Para os outros dois resultados de qualidade boa, o valor foi de 78 sendo que 79 já é considerada qualidade ótima, portanto não houve um fator específico que tenha diminuído a qualidade da água, não sendo encontrando nenhum parâmetro isolado que justificasse a queda na qualidade.

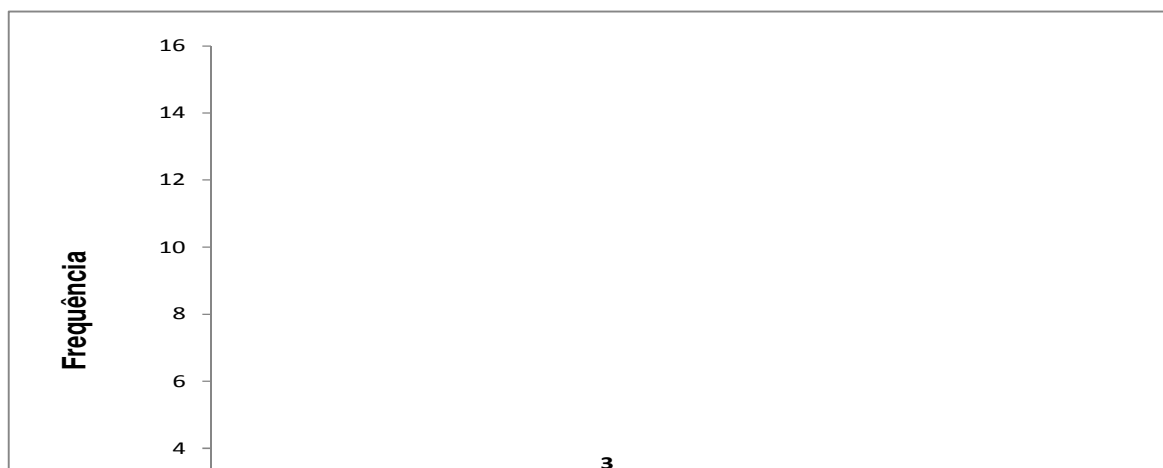


Figura 22: Frequência de valores de IQA apresentados no período entre 2010 e 2012 para o Reservatório Cabuçu.

Em um trabalho relacionado, Piasentin (2009), fez uma pesquisa dos valores do IQA no reservatório Tanque Grande, localizado na mesma APA do reservatório Cabuçu, e estes demonstraram boa qualidade da água, mas descreve que as concentrações de coliformes termotolerantes e a DBO contribuíram para a variação de valores observados, em virtude do uso e ocupação do solo como pesqueiros, atividades agropastoris, horticultura e fruticultura, além da presença de chácaras e edificações rurais.

8.2 IAP – Índice da Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento.

Na Tabela 10 é apresentado um resumo dos valores de IAP, para o reservatório Cabuçu, entre 2010 e 2012. E foi observado valores entre IAP regular e ótimo.

Tabela 10: Resumo dos resultados de IAP para o reservatório Cabuçu, entre 2010 e 2012.

ANO	JAN	MAI	JUL	NOV
2010	79	79	82	80
2011	82		43	76
2012	83		82	71

O Índice de Qualidade de Água (IQA), que é um índice que reflete a poluição proveniente de lançamento de esgotos domésticos e cargas orgânicas de origem industrial. Neste caso, a avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta algumas limitações. Desta forma, parâmetros importantes que certamente afetam outros tipos de usos não são considerados, como a presença de metais pesados no cálculo do IQA (SOUSA, SOUZA e PAULINO, 2007).

O IAP está relacionado com a qualidade da água par abastecimento, e dependendo de sua classificação o processo de tratamento poderá ser mais sofisticado ou não. No caso de classe especial, a água coletada necessita apenas de desinfecção para ser utilizada. No caso de classe 1 há necessidade do tratamento simplificado, para a classe 2 o tratamento convencional e classe 3 tratamento convencional ou avançado.

Nas Figuras 23 e 24 observamos a classificação do reservatório Cabuçu para IAP entre boa e ótima, porém com uma tendência de piora nessa qualidade.

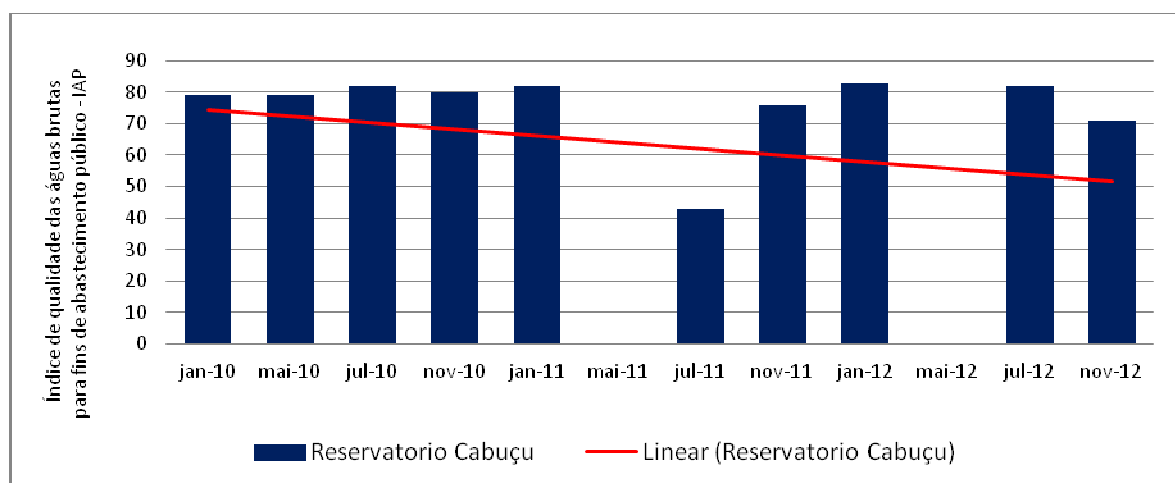


Figura 23: Resultados do IAP de janeiro de 2010 até novembro de 2012.

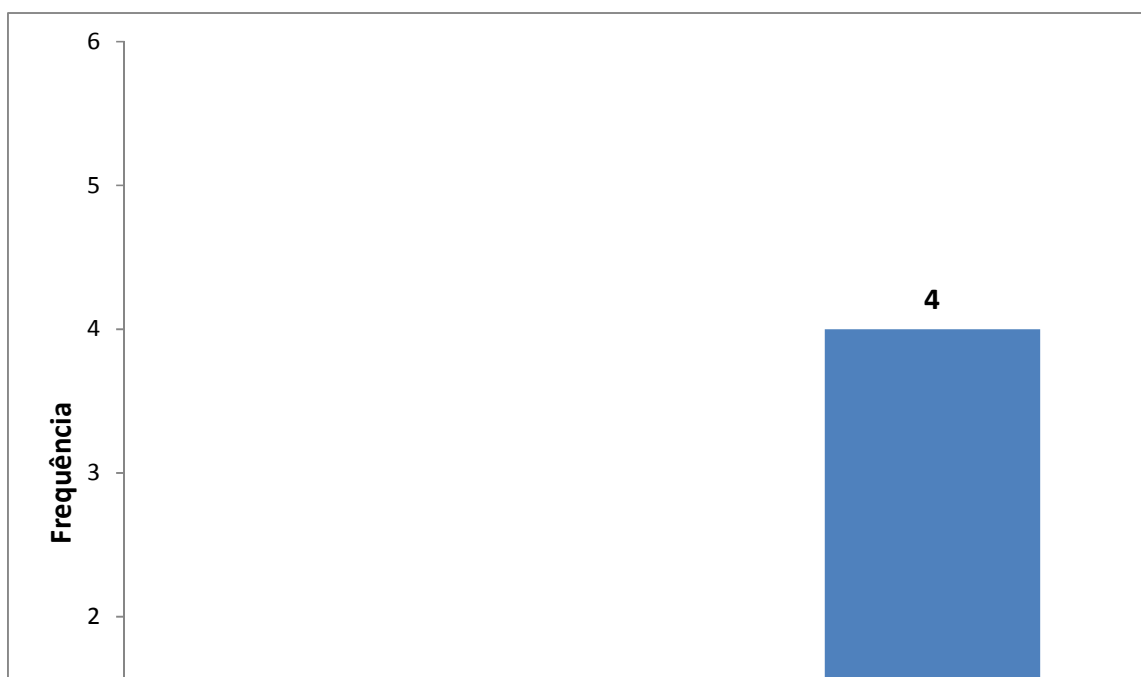


Figura 24: Análise da frequência de valores relativos ao IAP, no Reservatório Cabuçu no período entre 2010 e 2012.

O reservatório Cabuçu está classificado como especial, e seus parâmetros são avaliados como classe 1. Para o IAP, além dos parâmetros analisados pelo IQA, temos os parâmetros organolépticos e tóxicos. Dos parâmetros que podem estar influenciando essa tendência de queda da qualidade analisou-se o ferro (Figura 25), pois o solo característico da região, os Metapelitos, tem na composição óxido de ferro (MARQUES et al, 1998), nesta análise temos o ferro próximo dos valores de referência.

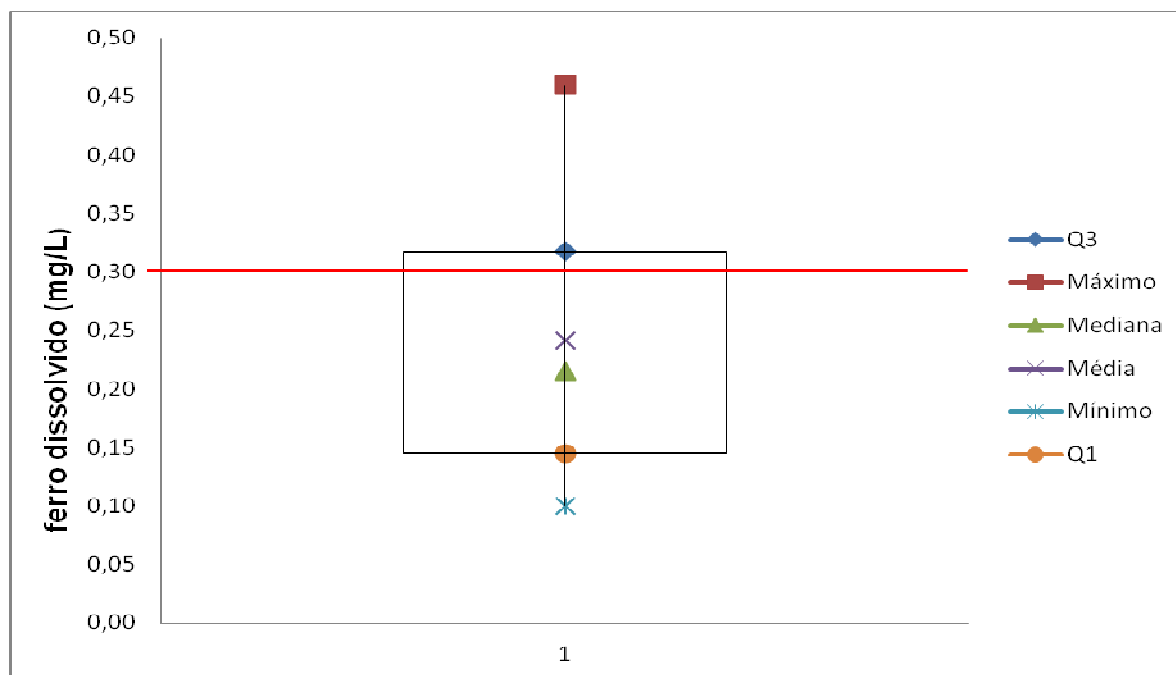


Figura 25: Análise da quantidade de ferro dissolvido no reservatório Cabuçu, em gráfico boxplot, no período entre 2010 e 2012.

O outro parâmetro que também influenciou o IAP negativamente foi a quantidade de cianobactérias no reservatório, que está relacionada com a toxicidade potencial desse organismo. No período estudado observamos um aumento das cianobactérias com alguns valores passando o valor de referência para classe 1 (Figura 26).

Segundo Camacho et al. (2012), o tratamento de água convencional é predominante no Brasil tanto em relação ao número de unidades de tratamento, quanto ao volume de água tratada. Porém segundo a literatura, esse tratamento não é eficiente para remover cianotoxinas, podendo resultar em um agravamento do risco à saúde em função da ação do coagulante químico sobre a célula, que pode provocar lise celular, e, portanto, a liberação de toxinas. Por isso o monitoramento da quantidade de cianobactérias é tão importante principalmente em reservatórios, como o Cabuçu, que é utilizado para abastecimento público.

Os valores de cianobactérias apresentaram uma tendência de aumento, no decorrer dos anos 2010 a 2012, apesar dos valores estarem bem próximos ou pouco acima da referência que é de 20.000 cel/mL, o que é observado na Figura 26 que apresenta a frequência de valores acima e abaixo da referência e quantidade na Figura 27 (BRASIL, 2005).

Silva, Aureliano e Lucena (2012), trabalhando com água de abastecimento em Pernambuco, sugeriam um novo índice associando o IQA e a densidade de cianobactérias, contra o IAP, que tem um custo muito alto para a realização de todas as análises. Os autores escolheram as cianobactérias pela facilidade para a contagem, além de ser bastante representativa da qualidade da água quanto a possível toxicidade.

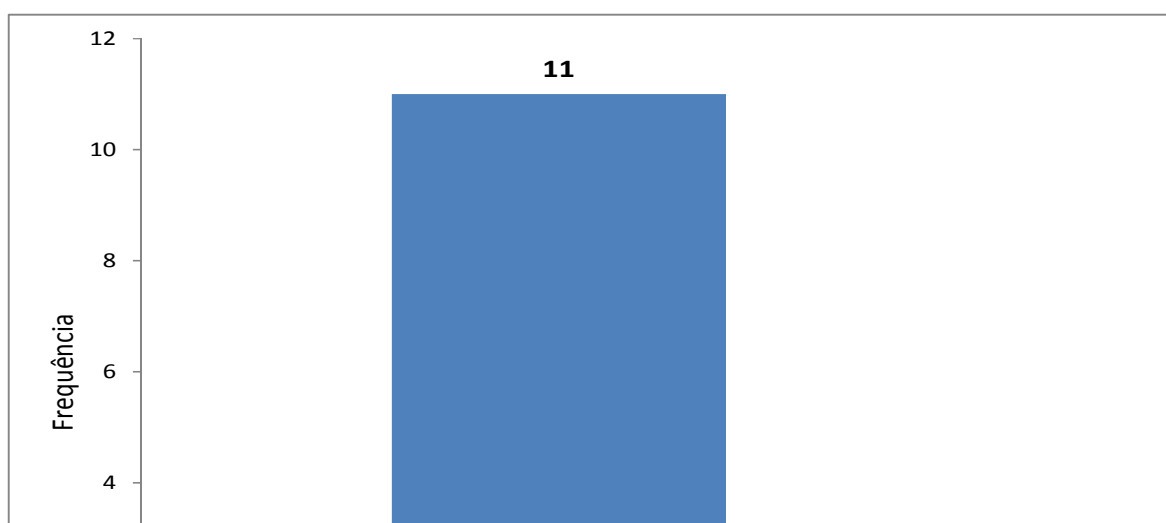


Figura 26: Análise da frequência de cianobactérias em relação ao limite aceito para reservatório classe 1, que é de 20.000 cel/mL, no Reservatório Cabuçu no período entre 2010 e 2012.

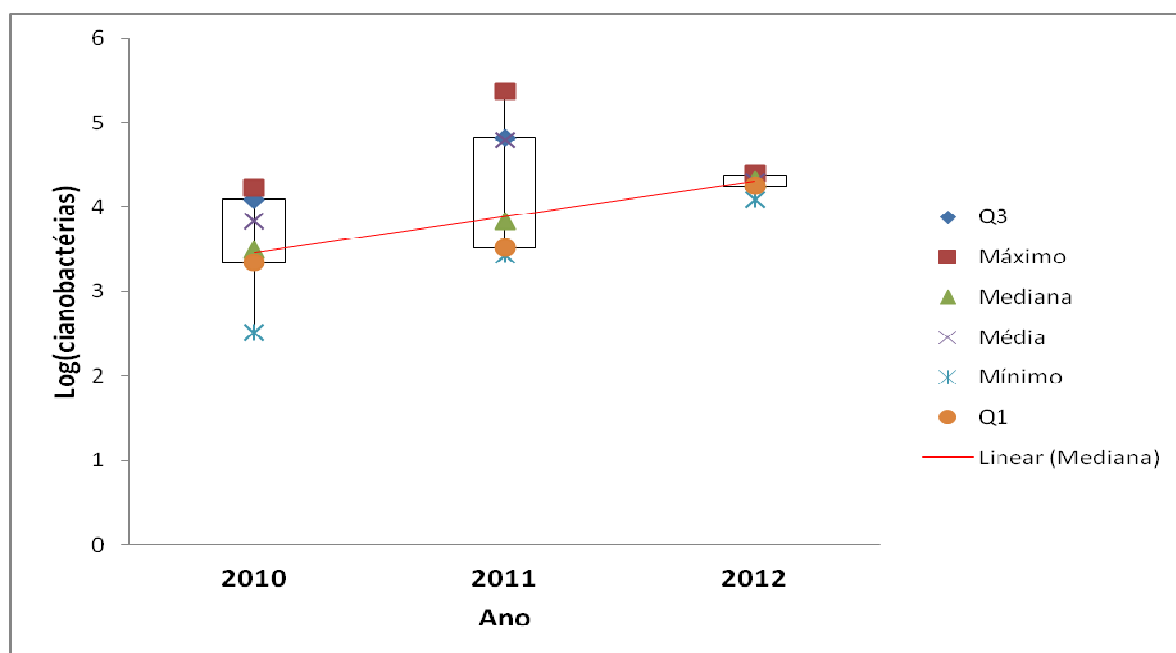


Figura 27: Análise da quantidade de cianobactérias no reservatório Cabuçu, em gráfico boxplot, no período entre 2010 e 2012.

Na Figura 28 observamos a relação entre número de cianobactérias (cel/mL) e o IAP. Observamos que quando houve um aumento das cianobactérias o valor de IAP caiu chegando na classificação de regular. Para os valores próximos ao limite observamos valores de IAP entre bom e ótimo.

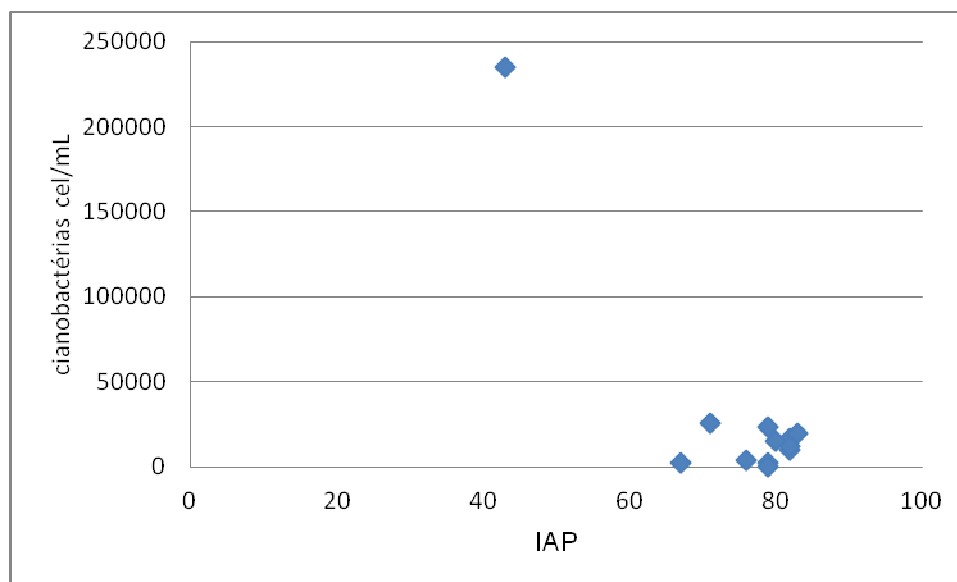


Figura 28: Relação entre quantidade de cianobactérias e IAP, no reservatório Cabuçu, no período entre 2010 e 2012.

As florações de cianobactérias têm sido relatadas em todo mundo, inclusive no Brasil, onde a presença destes organismos em ambientes aquáticos tem se intensificado. Além de proporcionar sabor e odor indesejáveis à água, a elevada presença de cianobactérias induz a problemas operacionais nos sistemas de tratamento de água, devido às características de fluabilidade desses organismos, que são carregados para os filtros, obstruindo-os e reduzindo a eficiência do sistema. Entretanto, a principal preocupação em relação ao aumento da ocorrência de florações de cianobactérias está relacionada à capacidade de algumas espécies em produzir e liberar para o meio cianotoxinas, que podem afetar a saúde humana e de animais, repercutindo em um grave problema de saúde pública (CAMACHO et al., 2012).

O pequeno aumento de cianobactérias no reservatório se deve a condições ambientais propícias para tal, as cianobactérias ou cianofíceas, também conhecidas popularmente como algas azuis, são microorganismos aeróbicos fotoautotróficos. Seus processos vitais requerem somente água, dióxido de carbono, substâncias inorgânicas e luz. A fotossíntese é seu principal modo de obtenção de energia para o metabolismo. Entretanto, ambientes de água doce são os mais favoráveis para o crescimento de cianobactérias, visto que a maioria das

espécies apresenta um melhor crescimento em águas neutroalcalinas (pH 6-9), temperatura entre 15°C a 30° C condições apresentadas no reservatório Cabuçu.

Outro fator que pode aumentar a quantidade de cianobactérias está relacionado a estratificação que ocorre em reservatórios artificiais, como o Cabuçu.

8.3. IET - Índice de Estado Trófico

Com os dados obtidos foi feita a Tabela 11, com um resumo dos valores de IET, para o reservatório Cabuçu, pode ser observado que os valores estão entre eutrófico, mesotrófico e oligotrófico.

Tabela 11: Resumo dos resultados de IET para o reservatório Cabuçu, entre 2010 e 2012.

ANO	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
2010	52	55	55	60	54	56
2011	55			49		53
2012	53		52	50		51

Para o reservatório Cabuçu, observou-se no período estudado que o IET esteve principalmente entre mesotrófico e oligotrófico, o que demonstra uma baixa eutrofização e também apresentou tendência de melhora nesse aspecto, Figuras 29 e 30.

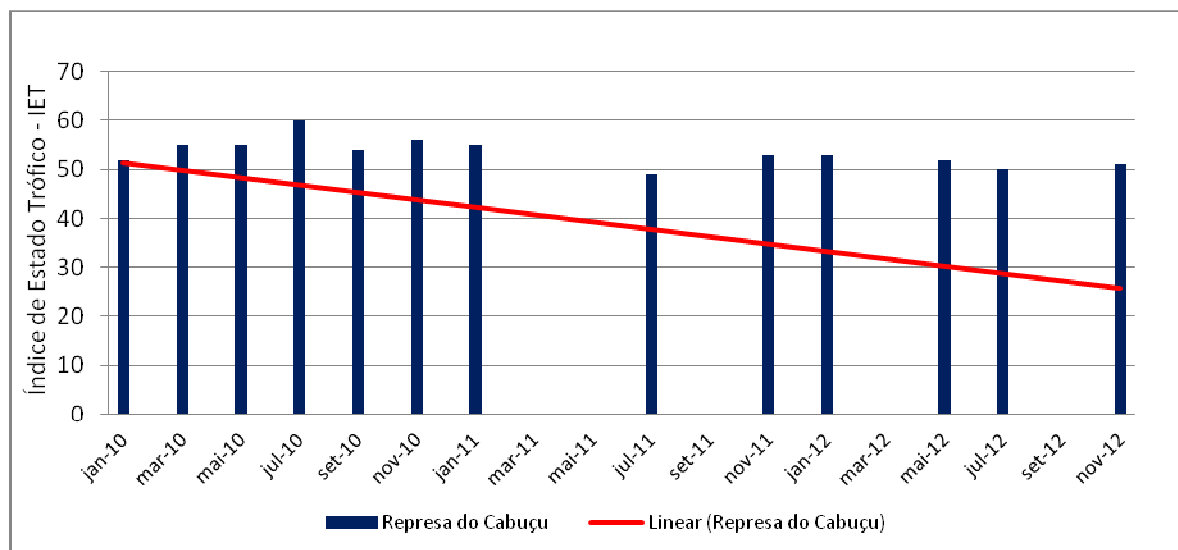


Figura 29: Resultados do IET de janeiro de 2010 até novembro de 2012.

Segundo Buzelli e Cunha-Santino, o monitoramento de ecossistemas aquáticos é uma importante ferramenta para a gestão ambiental, pois fornece informações que contribuem para diagnosticar a qualidade das águas lóxicas e lênticas, possibilitando identificar os principais

impactos responsáveis pela degradação dos recursos hídricos. Esses autores trabalhando no reservatório de Barra Bonita, SP, observaram valores de IQA bom, porém o IET conseguiu apontar problemas na qualidade da água, se mostrando hipereutrófico e assim justificando os problemas causados por atividades antrópicas ao redor da represa.

Nesse sentido o IET é mais eficiente que o IQA quanto a demonstrar ações antrópicas que normalmente levam a uma eutrofização do corpo hídrico, quando essas ações são representadas por esgoto, e agricultura.

No reservatório Cabuçu, que não apresenta atividades humanas no seu entorno, apresentou um IET classificado como mesotrófico em 2010 com tendência a oligotrófico em 2012.

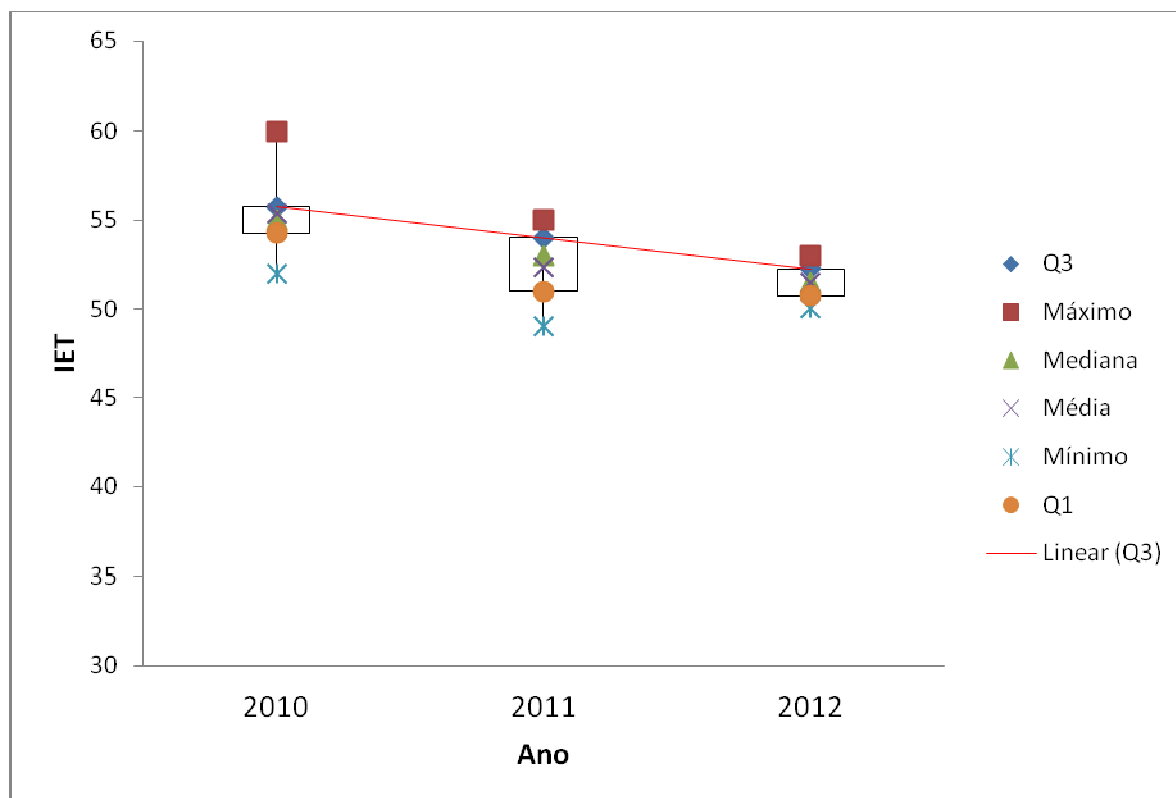


Figura 30: Análise do IET do reservatório Cabuçu, em gráfico boxplot, no período entre 2010 e 2012.

O cálculo do IET é uma média da presença de fósforo e da quantificação de clorofila a nas amostras estudadas. A Figura 31 apresenta os valores de fósforo das amostras e observa-se que estiveram abaixo dos valores de referência para a classe 1 (BRASIL, 2005) e esses valores classificariam o reservatório como oligotrófico ou até ultraoligotrófico.

Quanto a clorofila a, demonstrada na Figura 32, observa-se que apresenta valores próximos e até superiores a referência que é de 10 mg/L, porém em 2012 houve uma

diminuição da clorofila a e em conjunto com os resultados do fósforo, levaram a melhora do IET para o Reservatório Cabuçu.

Buzelli e Cunha-Santino, 2013, estudando a represa de Barra Bonita, obtiveram altos valores ITE sendo considerada hiperutrófica, uma vez que foi observado um aumento de fertilização da água por ações antrópicas ao redor da represa, esse fenômeno não ocorre no reservatório Cabuçu, pois o mesmo está inserido em área de preservação e não há atividade antrópica em seu entorno o que justifica uma classificação oligotrófica.

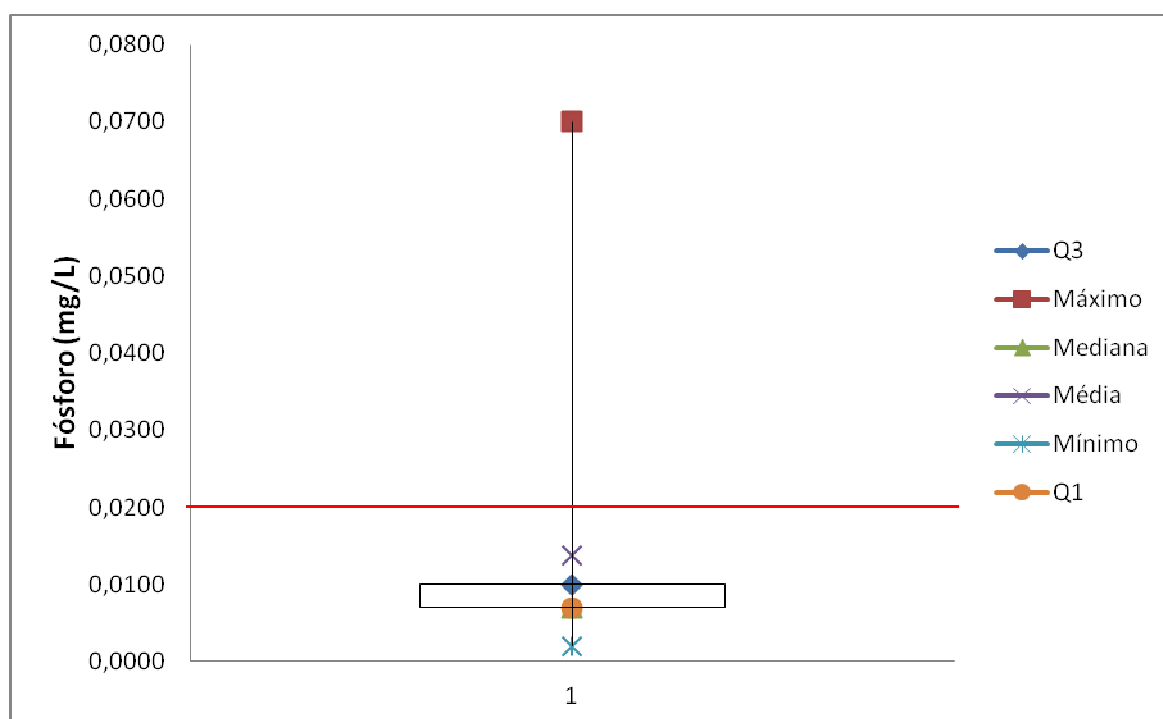


Figura 31: Análise da quantidade de fósforo presente no reservatório Cabuçu, em gráfico boxplot, no período entre 2010 e 2012.

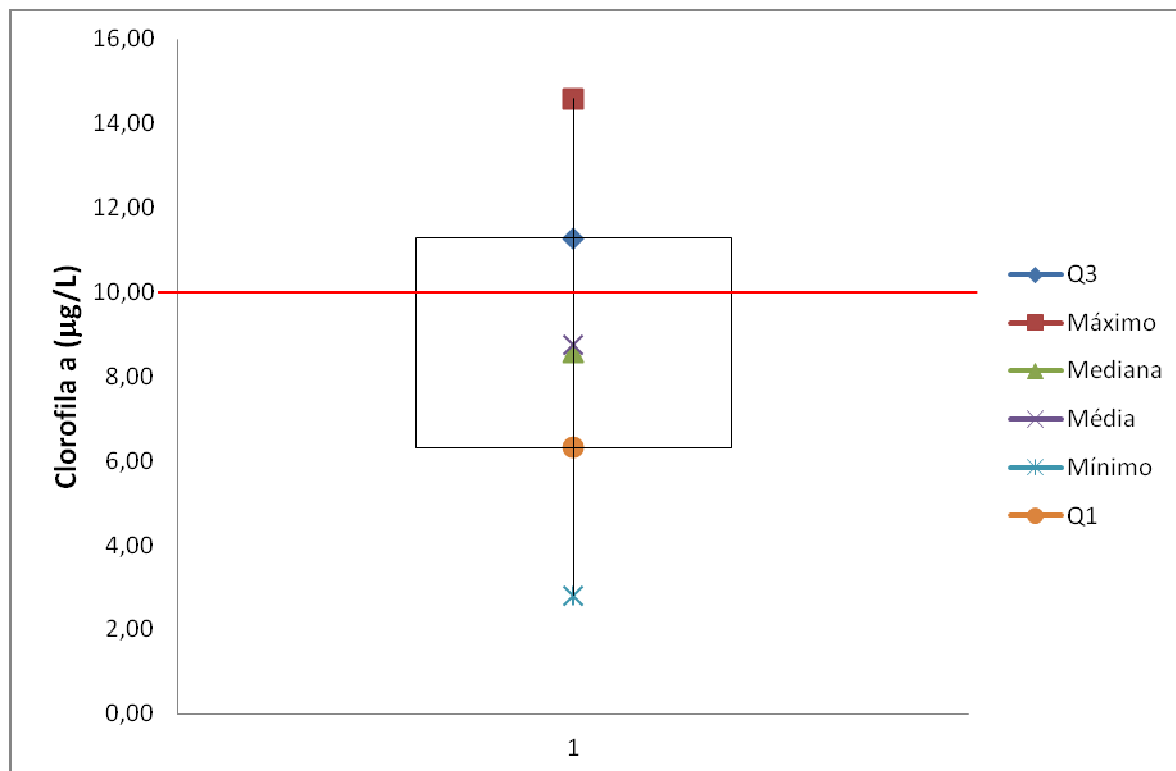


Figura 32: Análise da quantidade de clorofila presente no reservatório do Cabuçu, em gráfico boxplot, no período entre 2010 e 2012.

Lima, Costa e Soares (2007), trabalhando com reservatórios do Rio Grande do Norte, observaram que monitoramento das águas utilizando o método do IQA só é viável levando-se em consideração a parte logística pois, o mesmo reduz custos com as coletas e análises, é de fácil entendimento e de resultados rápidos. Mas é necessário fazer algumas adaptações para que o mesmo contemple a qualidade ambiental e concluíram que o IQA não é um bom indicador da qualidade d'água dos reservatórios estudados, pois mascara as elevadas concentrações de clorofila-a e das densidades de cianobactérias. A partir dessa análise o Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Nort (IGARN) implementou em 2007, um monitoramento trimestral das concentrações dessas variáveis limnológicas que evidenciam melhor o estado de eutrofização no qual se encontram esses reservatórios.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Reservatório Cabuçu, Guarulhos, SP, se encontra no Parque Estadual da Cantareira e está protegido ambientalmente também pela APA Cabuçu-Tanque Grande, criada em 2010. Essa característica lhe confere alta preservação, pois não se observa ações antrópicas em seu entorno e nem a montante do reservatório.

Por essa razão tanto o Índice de Qualidade da Água (IQA) como o Índice de Estado Trófico (IET) o Reservatório Cabuçu apresentaram qualidade boa e ótima no período estudado, apresentado uma tendência de melhora entre 2010 e 2012.

O Índice da Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento (IAP) também apresentou 90% das amostras analisadas com classificação boa ou ótima, porém observou-se uma tendência de piora, que pode ser explicado pelo aumento de cianobactérias no último ano, por razões ambientais e não por eutrofização de origem antrópica.

Esses dados são importantes para o acompanhamento da qualidade da água do reservatório, principalmente como parâmetro de reservatório protegido ambientalmente, que reforça que a qualidade da água está diretamente relacionada com o uso do solo no seu entorno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, W. Guarulhos possui duas bacias de água que não são utilizadas. *Especial Água*. Web, 2011. Disponível em: <<http://www.guarulhosweb.com.br/noticia.php?nr=40690>>. Acesso em: jan/2014.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Portal da Qualidade das Águas - 2009**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx> Acesso em: out/2013.

ANDRADE, M.R.M. **Planejamento ambiental da APA Cabuçu-Tanque Grande-Guarulhos-SP**. 2009. 187p. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ANDRADE, M.R.M; OLIVEIRA, A.M.S; QUEIROZ, W; SATO, S.E; BARROS, E.J; BAGATTINI, G; ALEIXO, A.A. Aspectos fisiográficos da paisagem guarulhense. In Omar, E.E.H. (org.). **Guarulhos tem história: questões sobre história natural, social e cultural**. São Paulo: Ananda Gráfica e Editora. 2008. p. 25-37.

BARBOSA, V.S. Ecologia de diatomáceas do reservatório Cabuçu, Guarulhos, SP, qualidade da água, sazonalidade e correlação com parâmetros físicos e químicos. **Revista UNG - Geociências**, Guarulhos, v.11, n.1, p.5.18. 2012.

BATISTA, G.T; DIAS, N.W. Ocupação do solo urbano: Desafios pós-Estatuto das Cidades. In: BATISTA, G.T; DIAS, N.W. (Org.) **Uma agenda para a sustentabilidade regional: Reflexão e Ação: Parte II: Desafios**. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2008. No prelo. Disponível em: <http://agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/146/1/Capitulo_Getulio_Livro_GDR_Ocupacao.pdf> Acesso em: nov/2013.

BECEGATO, V., FERREIRA, F., CABRAL, J., FIGUEIREDO, O., RAFAELI NETO, S. Monitoramento do uso e ocupação do solo em área de influência do Município de Fazenda Rio Grande-Região Metropolitana de Curitiba - PR. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**. V.14, 2008. P. 217-227. Disponível em <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs-2.2.4/index.php/raega/article/view/3463/9105>>. Acesso em: jun/2012.

BRANDÃO, E.T.P. **Cianobactérias e saúde pública no Brasil**. 2008. 76p. Dissertação (Mestrado em biologia humana e ambiente) - Universidade de Lisboa (Faculdade de Ciências - Departamento de Biologia Animal). Lisboa, 2008.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 2003. 56 p. Disponível em: www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/cianobacterias.pdf Acesso em : 10/02/2014

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, 2011; Disponível: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html Acesso em: abr/2012

BRASIL. Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF - Seção 1 – 19 de julho de 2000, p. 1

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518/GM de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 de março de 2004, seção 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de março de 2005, págs. 58-63

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>. Acesso em jan/2014

CAMACHO, F.P; STROHER, A.P; MORETI, L; SILVA, F.A; WURZLER, G.T; NISHI, L; BERGAMASCO, R. Remoção de cianobactérias e cianotoxinas em águas de abastecimento pela associação de flotação por ar dissolvido e nanofiltração. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 127-138. 2012. Disponível em: www.unibh.br/revistas/exacta/ Acesso em: dez/2013.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2011. Serviços. Publicações, relatórios, guias e manuais. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo. 2010.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/documentos-emitidos-publicacao/37-publicacoes-e-relatorios> Acesso em: mai/2011

_____ Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2012. Serviços. Publicações, relatórios, guias e manuais. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo. 2011.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/documentos-emitidos-publicacao/37-publicacoes-e-relatorios> Acesso em: mai/2012

_____ Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2008. Serviços. Publicações, relatórios, guias e manuais. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo, Apêndices e anexos.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/documentos-emitidos-publicacao/37-publicacoes-e-relatorios> Acesso em: mai/2012

_____. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2013. Serviços. Publicações, relatórios, guias e manuais. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo. 2012.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/documentos-emitidos---publicacao/37-publicacoes-e-relatorios> Acesso em: mai/2013

COSTA, I.B.C; OLIVEIRA, S.M.L; SANTOS, J.W.M.C; Avaliação da qualidade da água do reservatório de manto através do sensoriamento remoto orbital (landsat-5/tm). **Biodiversidade**, v.11, n.1. p. 31-42. 2012. Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/704/591>. Acesso em: 12 fev 2014

GARCIA, B.M.; As intoxicações em animais e problemas com resíduos e substâncias químicas na carne: Intoxicações animais resultantes da ingestão de metabólitos de cianobactérias presentes em águas doces. In: GARCIA, B.M. (Org.) **Higiene e inspeção de carnes**. Madrid (Espanha): Ed: Díaz de Santos; 2003. p. 433.

GRAÇA, B.A. **Condicionantes Geoambientais no Processo Histórico da Ocupação Territorial do Município de Guarulhos, Estado de São Paulo.** 2007. 147 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos. 2007.

GUARULHOS, Lei nº 6.798, de dezembro de 2010. Dispõe sobre a criação da área de proteção ambiental cabuçu- Tanque Grande e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Município**, Guarulhos, SP, 29 de dezembro de 2010, p. 148-151.

GUARULHOS. Lei nº 6.475, de 22 de dezembro de 2008. Cria o Parque natural Municipal da Cultura Negra - Sítio da Candinha e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Município**, Guarulhos, 26 de dezembro de 2008, p. 2 - 3

LACAVA, M.A. OLIVEIRA, A.M.S; PEREIRA FILHO, A.J; Comportamento Hídrico de Superfície da Bacia do rio Cabuçu de Cima, Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n. 1, p. 23-30. 2009. Disponível em: www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/download/114/10. Acesso em: mai/2013

LIMA, A.J.B; COSTA, G.R.L.X; SOARES, L.P.C. Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) nos reservatórios com capacidade de acumulação de água acima de 5 milhões de metros cúbicos, monitorados pelo IGARN na bacia hidrográfica Apodí-Mossoró/RN nos anos de 2005 e 2006. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 8, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG. **Anais...** Disponível em: www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/1387.pdf Acesso em jan/2014

LUCENA, R.L; MENEZES, M.F; SASSI,R; Qualidade da água de reservatórios nas distintas zonas climáticas da paraíba. Mercator. **Revista de Geografia da UFC**, v.7, n.14, p. 87-97. 2008. Disponível em < <http://www.redalyc.org/pdf/2736/273620613008.pdf>>. Acesso em 24 fev. 2014.

MACHADO, A. . **Ecoturismo**: um produto viável - a experiência do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro (RJ): Ed. Senac Nacional. 2005. p.15.

MARQUES, J.C; JOST, H; ROISENBER, A; FRANTZ, J.C. Rochas metassedimentares, geologia estrutural e metamorfismo da suíte metamórfica porongos na área da antiforme capané, Cachoeira do Sul – RS. **Revista Brasileira de Geociências**, v.28, n.4. p.467-472, 1998. Disponível em <http://sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol28_down/2804/2804467.pdf>. Acesso em: dez/2013.

MARTÍ, M.A.C; BASELGA, M.J.A; MARTÍNEZ, M.V.U; RUIZ,M.M.N; PARRA, A.M.L. Toxinas Bacterianas Microcistinas. In: MARTÍ, M.A.C (Org.) **Toxinología clínica, alimentaria y ambiental**. Madrid (Espanña): Editorial Complutense; 2007. p. 22.

MILLER JR, G.T. **Ciência Ambiental**. São Paulo: Thomson Learning, 2008. 592p.

OLIVEIRA, A.M.S.; ANDRADE, M.R.M.; QUEIRÓZ, W.; SATO, S.E. **Diagnóstico Ambiental para o Manejo Sustentável do Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira e Áreas Vizinhas do Município de Guarulhos**. Guarulhos: Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos. Relatório FAPESP (Processo 01/02767-0), 109 p., + Mapas, 2005

OLIVEIRA, A.M.S.; ANDRADE, M.R.M.; SATO, S.E; QUEIROZ, W. Mapa de unidades geoambientais do município de Guarulhos. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 7, 2010, **Anais...** Maringá: 2010. CD-ROM.

OLIVEIRA, A.M.S. (Coord.). **Atlas geoambiental da região Cabuçu-Tanque Grande - Guarulhos-SP**. Guarulhos, SP: Universidade Guarulhos, 2008. 54 p.

OLIVEIRA, E.C.. Os Grandes Grupos de Organismos Fotossintetizantes. In: _____ **Introdução á biologia vegetal**. 2a ed. São Paulo (SP): Edusp; 2003. p.132.

PIASENTIN, A.M.; **Índice de qualidade da água – IQA da bacia contribuinte do reservatório Tanque Grande, município de Guarulhos, SP**. 2009. 165p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2009.

QUEGE, K.E; SIQUEIRA, E.Q; Avaliação da qualidade da água no córrego Botafogo na cidade de Goiânia-GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23. 18 a 23 de setembro de 2005, Campo Grande/MS. **Anais....** Campo Grande/MS. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/I-174.pdf>>. Acesso em jan/2014.

RICCOMINI, C.; SANT’ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. 2004. Evolução Geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; NEVES, B. B. B. **Geologia do Continente Sul-Americano**: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida. Beca, São Paulo, 2004. p. 384-405.

RODRÍGUES, A.A.C. Criptosporidium y microcistinas, dos problemas em la potabilización de lãs águas superficiales. **Tec. del Água**, n.248, 2004. p. 43.

SÁ, L.L.C; VIEIRA, J.M. S; MENDES, R.A; PINHEIRO, S.C.C; VALE, E.R; ALVES, F.A.S.; JESUS, I.M.; SANTOS, E.C.O.; COSTA, V.B. Ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas na margem direita do Frio Tapajós, no Município de Santarém (Pará, Brasil). **Rev Pan-Amaz Saúde**. v.1, n.1, 2010. P. 159-166.

SAAD, A.R.; SEMENSATO JÚNIOR, D.L.; AYRES, F.M.; OLIVEIRA, P.E. Índice de qualidade da água do reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos - SP: 1990 - 2006. **Revista UnG - Geociências**, Guarulhos, v.6, n.1, 2007. p.118-133,

SANTOS, S.A.D. **Tanque Grande: Um Espaço em Transformação**. Estudo da Região do Tanque Grande – Guarulhos: Área de Proteção de Mananciais. 2005. 160p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2005.

SANTOS, S.A.D; FIALHO, M; As unidades de conservação em Guarulhos: gestão territorial dos espaços naturais protegidos. **Int. J. Knowl. Eng. Manag.**, Florianópolis, v.2, n.4, nov 2013/fev 2014. p. 43-71.

SÃO PAULO (estado). Decreto nº 8.468 de 08 de setembro de 1976, dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, de 09 de setembro de 1976, p. 4

SCHIVARTCHE, F. **Poluição urbana : as grandes cidades morrem : você pode salvá-las**. São Paulo (SP) : Editora terceiro Nome. Mostarda Editora; 2005. p. 30

SILVA, G.L; AURELIANO, J.T; LUCENA, S.V.O; Proposição de um índice de qualidade de água bruta para abastecimento público. **REGA**, v.9, n.1, 2012. p. 17-24. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/331e4cbc56baf4d2af833a342d58cee5_c610687167375878c127dcecb49b5bc2.pdf> Acesso em: dez/2013

SOUSA, I.V.A; SOUZA, R.O; PAULINO,W.D; Cálculo do índice de qualidade de água em reservatórios tropicais com estudo de caso no Acarape do Meio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, São Paulo, nov 2007. **Anais...** São Paulo, nov 2007. Disponível em <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=19>>. Acesso mar/2014.

SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte : UFMG; 2005. p. 219

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, 2008, p.1-16.

TUNDISI, J.G ; TUNDISI, T.M; ROCHA, O ; Recursos hídricos no futuro: Problemas e soluções. In: TUNDISI, J. G. (Org.) **Estudos avançados**, São Paulo (SP): Escrituras Editora; 2008. p. 7- 13.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M; ROCHA, O ; Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. C. DA; BRAGA, J. ; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3ª ed. São Paulo (SP): Escrituras Editora; 2006. p. 170.

VEIGA, N.C.A.R., **Cianobactéria tóxica na água para consumo humano**. Artigo Científico apresentado ao concurso do curso de Gestão Ambiental das Faculdades Integradas Vianna Junior 2008. Disponível em <http://www.viannajr.edu.br/site/menu/publicacoes/publicacao_tecnologos/artigos/edicao4/Artigo5.pdf> Acesso em: abr/2012

ZAGATTO, P.A.; ARAGÃO, M.A.; CARVALHO, M.C.; SOUZA, R.C.R. **Manual de Orientação em Casos de Florações de Algas Tóxicas**: um Problema Ambiental e de Saúde Pública. 2ª ed. méd. São Paulo: CETESB; 1997. p. 5 -13

**Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca Fernando Gay da Fonseca.**

1932	<p>Sanches, Ivan dos Santos. Evolução da qualidade da água no Reservatório Cabuçu, Guarulhos, São Paulo, no período entre 2010 e 2012. / Ivan dos Santos Sanches, 2014. 84 f.: il.; 31 cm</p> <p>Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pós – Graduação e Pesquisa, Universidade Guarulhos, 2014. Orientador: Prof. Dr. Regina de Oliveira Moraes Arruda Coorientador: Prof. Dr. Antônio Roberto Saad Bibliografia: f. 79-84</p> <p>1. Abastecimento Público. 2. Qualidade de Água. 3. Uso da Terra. 4. Reservatório Cabuçu 5. Guarulhos I. Universidade Guarulhos. II. Título.</p> <p>CDD-550</p>
------	--