

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE
ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS
MESTRADO EM ECOLOGIA**

VINICIUS ROVERI

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E ECOTOXICOLÓGICA DAS
ÁGUAS DOS CANAIS DE DRENAGEM URBANA DA PRAIA DA ENSEADA,
GUARUJÁ/SP**

Santos - SP

2013

VINICIUS ROVERI

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E ECOTOXICOLÓGICA DAS
ÁGUAS DOS CANAIS DE DRENAGEM URBANA DA PRAIA DA ENSEADA,
GUARUJÁ/SP**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Costeiros e Marinhos, sob orientação do Prof. Dr. Silvio José Valadão Vicente e da Prof^a. Dr^a. Luciana Lopes Guimarães.

Santos - SP

2013

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que a reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da base.

ROVERI, V. **Avaliação Físico-Química, Microbiológica e Ecotoxicológica das Águas dos Canais de Drenagem Urbana da Praia da Enseada, Guarujá/SP.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Santa Cecília. Santos, 2013.

Roveri, Vinicius.

Avaliação Físico-Química, Microbiológica e Ecotoxicológica das Águas dos Canais de Drenagem Urbana da Praia da Enseada, Guarujá/SP

Vinicius Roveri, 2013.
N. fls. 90.

Orientadores: Prof. Dr. Silvio José Valadão Vicente e Prof^a. Dr^a. Luciana Lopes Guimarães.

Dissertação de Mestrado – Universidade Santa Cecília,
Programa de Pós Graduação em Ecologia, Santos, SP, 2013.

1. Guarujá 2. Praia da Enseada; 3. Ocupações irregulares; 4. Canais de Drenagem; 5. Qualidade da Água.

I – Vicente, Silvio José Valadão. II – Guimarães, Luciana Lopes. III – Avaliação Físico-Química, Microbiológica e Ecotoxicológica das Águas dos Canais de Drenagem Urbana da Praia da Enseada, Guarujá/SP

Dedico este trabalho à minha querida mãe Alice, dedicada e incentivadora incansável de seus filhos; aos meus irmãos e verdadeiros amigos, Rodrigo e Samanta; ao meu querido sobrinho Kron, inspiração para todos os dias; ao meu padrasto Hans *“in memoriam”*; e à parceira e maravilhosa companheira Cyntia.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Santa Cecília, que com excelência, criou condições para que fosse possível a continuidade de meus estudos e aperfeiçoamento pessoal e profissional.

Aos meus orientadores, Professor Doutor Silvio José Valadão Vicente e Professora Doutora Luciana Lopes Guimarães, pela paciência, dedicação, profissionalismo, seriedade e por compartilhar, de forma exemplar, conhecimentos e experiências profissionais e acadêmicas.

A todos os professores do programa de mestrado em Ecologia da Unisanta, em especial aos Professores Doutor Fábio Giordano, Doutor Walber Toma, Doutor Walter Barrela, Doutora Milena Ramires de Souza, Doutor Rodrigo Brasil Choueri, Doutor Augusto César, Doutor João Marcos Miragaia Schmiegelow e Doutor João Inácio da Silva Filho pelo profissionalismo e competência profissional.

Aos meus companheiros dedicados, Edgard Alves Nunes, Jéssica Oliveira Fonseca e Jorge Chaptiski Cordeiro pela contribuição na elaboração desta dissertação.

Aos profissionais do laboratório da Unisanta, Eng. Kátia Cristina Fernandes Mestre Fernando Sanzi Cortez e Mestre Fábio Hermes Pusceddu pelo apoio nas análises; e a Sandra Helena e Imaculada Scorza, pelo ótimo atendimento oferecido a todos os alunos do mestrado da Unisanta.

Aos meus colegas de mestrado, Cyntia de Cássia Muniz, Cynthia Stelita Schalch, Sérgio de Moraes, Cristina Porto Prado, Hélio Halite e André de Freitas pelo ótimo convívio, aprendizagem e amizade.

Aos Professores, companheiros de trabalho, Coronel João Leonardo Mele, Doutor Juarez Fontana dos Santos, Doutora Cintia Miyaji, Doutor Thiago Simão Gomes, Mestre Antônio Pires, Mestre Denise Marino, Mestre Gabriela Neves Gallo, Fábio Lopes Corrêa da Silva, Agnaldo Braga Passaboni e Daniel Maia pelo apoio.

“O que eu faço, é uma gota no meio do oceano.

Mas sem ela, o oceano será menor.”

Madre Tereza de Calcutá.

RESUMO

A partir da década de 1970, houve um significativo e desordenado aumento populacional no Município do Guarujá/SP causado por turistas, migrantes e novos moradores. Como consequência, ocupações irregulares surgiram principalmente em áreas de morros, afetando negativamente na balneabilidade das praias com reflexos diretos na saúde pública, no turismo e na economia do Município. Este estudo teve por objetivo realizar avaliação físico-química, microbiológica e ecotoxicológica das águas dos canais de drenagem urbana da Praia da Enseada - Guarujá/SP que estão sob influência dos morros da Vila Júlia e Vila Baiana e que podem estar recebendo lançamentos clandestinos de efluentes domésticos. Foram analisadas as variáveis oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, fosfato dissolvido, surfactantes, compostos fenólicos, óleos e graxas, pH, condutividade e turbidez além da contagem de bactérias *E. coli* e de testes ecotoxicológicos utilizando embriões de ouriços-do-mar. Após comparação dos seis pontos avaliados com o ponto controle localizado em região não afetada por ações antropogênicas, verificou-se aumentos significativos em praticamente todos os itens analisados, fornecendo evidências que estes canais estão sendo afetados por poluição associada ao despejo inadequado de esgotos das ocupações irregulares e também de moradias construídas em conformidade com as leis vigentes mas com drenagens irregulares, com consequências diretas à saúde pública e ao meio ambiente.

Palavras Chave: Guarujá. Praia da Enseada. Ocupações irregulares. Canais de Drenagem. Qualidade da Água.

ABSTRACT

From the decade of 1970 on, it was observed a massive and chaotic increase in the population of the city of Guarujá/SP caused by tourists, migrants and new habitants. As a consequence, irregular occupations were observed mainly close to the hills, affecting the balneability of the beaches, the public health, touristic activities and the economy of the county. This study aimed to perform a physical-chemical, microbiologic and ecotoxicologic evaluation of the water of draining channels in the Enseada beach – Guarujá/SP which are under the influence of irregular communities living at Júlia and Baiana hills. The variables dissolved oxygen, ammonia nitrogen, dissolved fosfate, surfactants, phenolic compounds, oil and grease, pH, conductivity and turbidity were analyzed besides the counting of bacteria (*E. coli*) and ecotoxicological tests using sea-urchins' embryos. After the comparison of these six points to a control point localized in a place not affects by anthropogenic actions, it was verified significant increases in practically all cited items, supplying evidences that these channels have been affected by pollution associated to inadequate discharge of sewer from irregular constructions together with regular buildings with irregular drainages, with direct consequences to public health and environment.

Keywords: Guarujá. Enseada Beach. Squatter. Drainage channels. Water Quality.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1: Praia da Enseada com pouca ocupação em 1942	18
Fig. 2: Ocupação das encostas (Favela Vila Júlia e Vila Baiana).....	21
Fig. 3: Cursos superficiais da sub bacia 13, Ilha de Santo Amaro	34
Fig. 4: Balneabilidade das praias da Enseada do Guarujá - SP (2002 a 2012)	38
Fig. 5: Pontos de amostragem da praia da Enseada	44
Fig. 6: Detalhe da localização do ponto de coleta 1M.....	45
Fig. 7: Detalhe da localização do ponto de coleta 1P.....	45
Fig. 8: Detalhe da localização do ponto de coleta 2M.....	46
Fig. 9: Detalhe da localização do ponto de coleta 2P.....	46
Fig. 10: Detalhe da localização do ponto de coleta 3M.....	47
Fig. 11: Detalhe da localização do ponto de coleta 3P.....	47
Fig. 12: Resultados de Óleos e graxas (morro).....	54
Fig. 13: Resultado de Óleos e graxas (praia).....	54
Fig. 14: Resultados de Óleos e graxas (médias n=15) e controle (n=5)	55
Fig. 15: Resultados de pH (morro)	56
Fig. 16: Resultados de pH (praia).....	57
Fig. 17: Resultados de pH (médias n=15) e controle (n=5).....	57
Fig. 18: Resultados de oxigênio dissolvido (morro).....	59
Fig. 19: Resultados de oxigênio dissolvido (praia)	59
Fig. 20: Resultados de oxigênio dissolvido (médias n=15) e controle (n=5)	60
Fig. 21: Resultados de nitrogênio amoniacal (morro).....	61
Fig. 22: Resultados de nitrogênio amoniacal (praia)	61
Fig. 23: Resultados de nitrogênio amoniacal (médias n=15) e controle (n=5)	62
Fig. 24: Resultados de compostos fenólicos (morro)	63
Fig. 25: Resultados de compostos fenólicos (praia).....	64
Fig. 26: Resultados de compostos fenólicos (médias n=15) e controle (n=5)	64
Fig. 27: Resultados de turbidez (morro).....	66
Fig. 28: Resultados de turbidez (praia)	66
Fig. 29: Resultados de turbidez (médias n=15) e controle (n=5).....	67
Fig. 30: Resultados de condutividade (morro).....	68
Fig. 31: Resultados de condutividade (praia)	68
Fig. 32: Resultados de condutividade (médias n=15) e controle (n=5)	69
Fig. 33: Resultados de surfactantes aniônicos (morro)	70
Fig. 34: Resultados de surfactantes aniônicos (praia).....	71
Fig. 35: Resultados de surfactantes aniônicos (médias n=15) e controle (n=5).....	71
Fig. 36: Eutrofização no canal da Avenida D. Pedro I	72
Fig. 37: Resultados de fosfatos dissolvidos (morro).....	73
Fig. 38: Resultados de fosfatos dissolvidos (praia)	73
Fig. 39: Resultados de fosfatos dissolvidos (médias n=15) e controle (n=5)	74
Fig. 40: Resultados de <i>E. coli</i> (morro).....	75
Fig. 41: Resultados de <i>E. coli</i> (praia)	75
Fig. 42: Resultados de <i>E. coli</i> (médias n=15) e controle (n=5).....	76
Fig. 43: Captação irregular de água em nascente da Vila Júlia	79
Fig. 44: Disposição irregular de lixo no morro da Enseada	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Aumento populacional da Baixada Santista (1940 a 1991).....	20
Quadro 02: Variáveis e metodologias para análises da água	24
Quadro 03: Valores máximos permissíveis das classes 1 a 4.....	31
Quadro 04: Microrganismos e doenças de veiculação hídrica associadas.....	40
Quadro 05: Rede de amostragem (praia da Enseada-sp).....	44
Quadro 06: Resultados dos testes ecotoxicológicos.....	77

LISTA DE ANEXOS

Anexo 01: Resultados dos testes de óleo e graxas (mg/L).	87
Anexo 02: Resultados dos testes de pH.....	87
Anexo 03: Resultados dos testes de oxigênio dissolvido (mg/L).....	88
Anexo 04: Resultados dos testes de nitrogênio amoniacal (NH ₃).	88
Anexo 05: Resultados dos testes de compostos fenólicos (mg/L).....	89
Anexo 06: Resultados dos testes de turbidez (NTU).	89
Anexo 07: Resultados dos testes de condutividade (µS/cm).	90
Anexo 08: Resultados dos testes de surfactantes aniônicos (mg/L)	90
Anexo 09: Resultados dos testes de <i>E. coli</i> (UFC/100 mL).....	91

LISTA DE SIGLAS

EDTA	Ácido etilenodiamino tetracético
HCO ₃ ⁻	Ânion bicarbonato
H ⁺	Cátion hidrogênio
L	Litro
mg	Miligrama
mL	Mililitro
µS/cm	MicroSiemens/cm
µm	Micrometro (milésima parte do milímetro)
MBAS	Metilene blue active substances
Mg ²⁺	Cátion magnésio
MnSO ₄	Sulfato de manganês
NaOH	Hidróxido de sódio
NH ₃	Amônia
Nm	Nanômetro
NTU	Unidade nefelométrica de turbidez
Na ₂ S ₂ O ₃	Tiosulfato de sódio
pH	Potencial hidrogeniônico
OG	Óleos e graxas
OD	Oxigênio dissolvido
UFC	Unidade formadora de colônias

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	14
2.REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 Históricos da ocupação do Município do Guarujá	16
2.2 A importância da qualidade da água	22
2.3 Variáveis utilizadas para a avaliação da qualidade da água	23
2.4 Legislação ambiental no controle da qualidade da água.....	29
2.5 Caracterizações da sub-bacia hidrográfica do Município do Guarujá	33
2.6 Sistema de tratamento de água e esgotos do Município do Guarujá.....	35
2.7 Qualidade das praias do Município do Guarujá	36
2.8 Saúde pública e doenças de veiculação hídrica	39
3.OBJETIVOS	42
3.1 Objetivo geral.....	42
3.2 Objetivos específicos	42
4.MATERIAIS E MÉTODOS	43
4.1 Materiais	43
4.2 Coleta das amostras	48
4.3. Metodologia analítica	49
4.4 Tratamento estatístico.....	52
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 Óleos e graxas.....	53
5.2 Potencial hidrogeniônico (pH)	56
5.3 Oxigênio dissolvido	58
5.4 Nitrogênio amoniacal	60
5.5 Compostos fenólicos.....	63
5.6 Turbidez.....	65
5.7 Condutividade	68
5.8 Surfactantes aniônicos.....	70
5.9 Fosfato dissolvido	70
5.10 <i>Escherichia coli</i>	72
5.11 Testes ecotoxicológicos	70
5.12 Contribuições para o Projeto Revitalização Socioambiental do Guarujá .	70
6.CONCLUSÕES	81
7.REFERÊNCIAS	82

1. INTRODUÇÃO

A ilha de Santo Amaro localizada no Município do Guarujá/SP (29° 59' de latitude sul, 46° 15' de longitude ocidental), é a terceira maior ilha do Estado de São Paulo. Surgiu no final da era glacial (entre 20 e 10 mil anos atrás), quando a elevação do nível do Oceano Atlântico separou esta parte de terra do continente (DAMASCENO, 2010; VAZ, 2010).

A formação geológica da região da Ilha de Santo Amaro é constituída por um embasamento cristalino de idade pré-devoniana e por uma cobertura sedimentar cenozoica, justificando assim a quantidade de morros existentes. O Município do Guarujá apresenta relevo de contrastes, variando entre áreas em declives e planas, com altitude entre 130 e 160 metros. Do total da sua área de 137 km², cerca de 30 km² (22 %) encontram-se urbanizados e os restantes 107 km² fazem parte de área de proteção ambiental. Sua vegetação é composta predominantemente por espécies do bioma Mata Atlântica e ecossistemas associados como manguezais e restingas (AZEVEDO, 1964; VIEIRA, 2004).

A ocupação desse Município se deu de forma tardia, pois o difícil acesso a região central da Ilha de Santo Amaro, devido suas condições geográficas, retardaram o crescimento e o desenvolvimento da mesma. No entanto, na década de 1970, com a construção da Rodovia Piaçaguera-Guarujá que ligou a ilha à Via Anchieta, houve um significativo aumento populacional no Município, que ocorreu de forma desordenada causada pelos turistas, migrantes e novos moradores que vinham conhecer suas praias e explorar seus recursos ambientais (VAZ, 2010; VIEIRA, 2004).

Todo este crescimento descontrolado fez com que a Ilha de Santo Amaro, no final da década de 1980, sofresse um colapso na sua infraestrutura e apresentasse um cenário caótico de favelização, aumento da criminalidade, falta de água, luz e poluição das praias. Como consequência, foram agravadas as condições de saneamento, reduzindo o seu potencial turístico e perdendo investimentos para outros municípios do litoral norte paulista (MELE, 2009).

Segundo dados do IBGE (2011), atualmente no Município residem em torno de 308.000 habitantes e estima-se que durante a temporada de verão, a cidade receba mais de 1,2 milhão de turistas. Desta população residente fixa, estima-se que cerca de 64.000 residam em favelas ou em ocupações irregulares em áreas de relevante

interesse ecológico como manguezais e, ainda, em locais de alto risco de deslizamento como as encostas dos morros. Destaque para duas áreas localizadas no morro da Praia da Enseada, Vila Júlia e Vila Baiana, com cerca de 6.000 habitantes em cada um (VIEIRA, 2004; MELE, 2009; VAZ, 2010).

Diante deste cenário, houve uma mobilização no Município quando em 2007, ações do Poder Público Municipal em parceria com a iniciativa privada concebeu a necessidade de um diagnóstico socioambiental dos problemas do Município, seguido de um prognóstico. Desta forma, foi elaborado o projeto Revitalização Socioambiental do Guarujá que definiu como área piloto a praia da Enseada, entendida nesse aspecto como a faixa compreendida do mar até as encostas do maciço, onde se acomoda a população. A escolha desta região considerou aspectos geográficos, sociais e ambientais, tendo em vista que na região há uma intensa ocupação imobiliária ilegal de encostas. Desta forma, a população vive em condições inadequadas, nas quais existem riscos potenciais de escorregamentos que podem culminar com a perda de vidas. Além disso, tais ocupações agravam o saneamento ambiental da região da Enseada, refletindo na perda da balneabilidade das praias com reflexos diretos na saúde pública, economia e turismo do município (MELE, 2009).

Diante do exposto, esta pesquisa pretendeu realizar uma avaliação físico-química, microbiológica e ecotoxicológica das águas dos canais da Enseada do Guarujá, em área de influência direta das ocupações dos morros da Vila Júlia e da Vila Baiana e que poderiam estar recebendo possíveis lançamentos de esgotos domésticos, para que assim, sejam criados subsídios para que ações de recuperação socioambiental sejam realizadas na região. Os canais selecionados estão localizados na região Oeste da praia da Enseada, inseridos na sub-bacia hidrográfica nº 13 - Ilha de Santo Amaro (CAVINATTO, 2008).

Resultados obtidos com os estudos destes canais evidenciaram estatisticamente, que a ocupação antrópica da área pesquisada está contribuindo para um decréscimo da qualidade das águas que são drenadas para a Praia da Enseada, com reflexos diretos à saúde e meio ambiente.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Histórico da ocupação do Município do Guarujá

Os primeiros indícios de ocupação humana nesta ilha estão associados aos homens dos Sambaquis que eram seminômades e viviam de pesca, coleta de molusco, conchas, mexilhões e demais alimentos marinhos, além de alimentos vegetais e caça de pequenos animais. Não é possível saber exatamente como ocorreu à extinção destas comunidades, mas pesquisadores acreditam que eles foram eliminados ou se uniram às culturas Tupis e Guaranis no início da era cristã (AZEVEDO, 1964; DAMASCENO, 2010).

Com o fim dos Sambaquis, os índios Tupis passam a serem os frequentadores da ilha, uma vez que eles não a habitavam, apenas se deslocavam até ela para pescar. Foram estes visitantes que deram o nome de Guaibê à ilha, palavra que significa lugar de caranguejo. Outro nome utilizado foi Guaruya que em Tupi significa passagem estreita (AZEVEDO, 1964; VIERA, 2004).

Quando os portugueses chegaram ao Brasil em 1500, Portugal ficou muito decepcionado com a terra visitada uma vez que não foram encontradas, em um primeiro momento, nem metais preciosos e nem especiarias. Devido a estas condições, o país não despertou o interesse de Portugal e ficou praticamente abandonado por 30 anos. Porém, devido as suas florestas, o Brasil passou a ser alvo de ataques piratas além de ingleses, franceses e holandeses interessados em dominar as terras nacionais. Percebendo a possibilidade da perda de suas terras, D. João III decidiu implantar o sistema de Capitânicas Hereditárias. O sistema era composto por doações de terras por parte da corte portuguesa à donatários com recursos para usar estas terras, de modo que a coroa portuguesa poderia estabelecer seus domínios sobre a mesma (VAZ, 2010).

Na partilha, a Capitania de São Vicente foi doada em 1534 a Martim Affonso. Ao mesmo tempo, seu irmão Pero Lopes de Souza recebeu a parte de terra que compreendia a Ilha de Santo Amaro e a barra do rio Jurerê que atualmente compreende o território do Guarujá, Bertioga e parte de São Sebastião. Muito diferente da Capitania de São Vicente que prosperou rapidamente, a ilha de Santo Amaro oferecia poucas condições para a fixação humana devido ao seu relevo montanhoso, regiões acidentadas, mangues, charcos alagadiços e pântanos,

tornando o local insalubre e pouco acolhedor. Com isso esta terra ficou abandonada, passando a ser habitada apenas por alguns poucos colonos, pois a maioria preferia se instalar na ilha de São Vicente, que além de possuir melhores condições para instalação de pessoas, ainda tinha acesso privilegiado ao Planalto Paulista através das trilhas criadas pelos índios (VIEIRA, 2004; DAMASCENO, 2010).

Até o início do século XIX e devido às características de sua vegetação, a ilha de Santo Amaro apresentava difícil acesso ao seu interior. Isso significa que as praias eram praticamente desertas. Nesta fase, o Brasil encontrava-se no ciclo do café, um produto nacional que se tornou muito importante para a economia nacional. Como havia um grande mercado internacional para o consumo do café, percebeu-se a necessidade de escoar mais rapidamente este produto ao porto de Santos, sendo construída a ferrovia São Paulo Railway, ligando o Planalto Paulista ao Litoral. Com o desenvolvimento da economia paulista e a existência de um acesso ferroviário, o acesso aos recursos naturais da ilha de Santo Amaro foi facilitado (VAZ, 2010).

Outro fator que auxiliou no crescimento da região foi que em 1892, Elias Fausto Pacheco Jordão, engenheiro civil formado nos Estados Unidos e vindo da cidade de Campinas, encantou-se com as praias e demais recursos naturais do Guarujá. Por ser uma pessoa extremamente visionária, desenvolveu um ousado plano de urbanização para a área onde se encontra atualmente a praia de Pitangueiras. Sua primeira ação foi à instalação da Companhia Balneária da ilha de Santo Amaro, com o objetivo de fundar a Vila Balneária na praia de Pitangueiras e a exploração do turismo. Para construção da vila foi encomendado nos Estados Unidos, um hotel, uma igreja, um cassino e quarenta e seis casas de madeira desmontável, sendo construídas em pinho da Geórgia. O empreendimento era tão bem estruturado que possuía energia elétrica, água encanada e esgoto doméstico (VIEIRA, 2004; DAMASCENO, 2010; VAZ, 2010).

Para facilitar o acesso ao local, a companhia criou uma linha que ligava o porto de Santos até a estação inicial de Itapema através de duas barcas batizadas de Cidade de Santos e Cidade de São Paulo. A partir da estação, havia uma linha férrea construída especificamente para este fim que ligava o estuário de Santos à praia de Pitangueiras, conhecida como Tramway do Guarujá. A inauguração ocorreu em 1893, atraindo a alta sociedade paulista principalmente por causa do cassino. Este foi um grande elemento de desenvolvimento da vila do Guarujá, pois o local passa a ser o grande reduto da alta sociedade paulista, atraindo olhares diferentes

para o local (AZEVEDO, 1964).

O Grand Hotel La Plage construído recentemente era reconhecido por sua beleza e esplendor. Porém em 1897 foi consumido pelo fogo, sendo substituída por uma construção mais simples e bem menos requintada. No entanto, o mais importante já havia acontecido, o Guarujá que por tantos anos havia sido esquecido passou a ser apreciado e vislumbrado por muitas pessoas. Apesar do grande desenvolvimento que o Grand Hotel La Plage trouxe para o Guarujá, as ocupações ainda eram raras porque o turismo sazonal só acontecia no verão. Desta forma, as casas que ocupavam a área da praia de Pitangueiras apresentavam característica de veraneio. Nesta época, havia também habitações próximas às praias das Astúrias e do Guaiúba (DAMACENO, 2010; VAZ, 2010).

Na década de 1940, com a construção da via Anchieta houve um aumento significativo na ocupação da ilha de Santo Amaro. Com a facilidade de acesso ao Guarujá, muitas praias que até então não eram frequentadas como a Enseada (Figura 1), Pernambuco e Perequê, passaram a ser visitadas (VIERA, 2004).

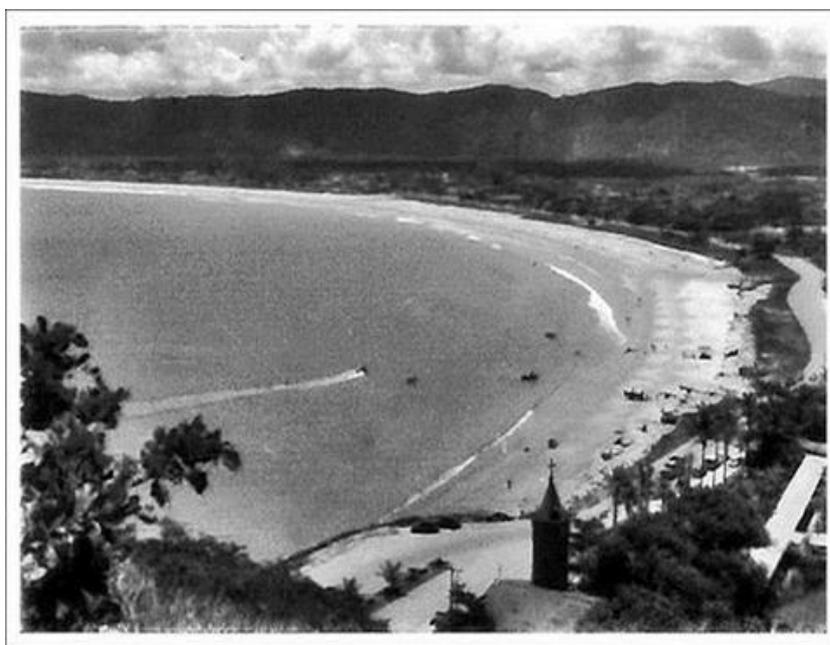


Figura 1: Praia da Enseada com pouca ocupação em 1942.

Fonte: Novo Milênio (2007).

Novos empreendimentos passaram a surgir na orla, ficando evidente o crescimento da cidade, mas sem o desenvolvimento de infraestrutura que levasse ao crescimento sustentável. Junto a esta expansão criaram-se novas oportunidades

de empregos, principalmente na área da construção civil, aumentando a migração nordestina que veio em busca de emprego e melhores condições de vida. Devido aos altos preços dos imóveis da orla, estes migrantes se instalaram na região do forte de Itapema originando o distrito de Vicente de Carvalho que possui uma área de 80 km² ao noroeste da ilha e separado do Guarujá pelo rio Santo Amaro. O distrito era uma colônia de pescadores e trabalhadores portuários e sua expansão ocorreu a partir da década de 1950 e 1960 acompanhando o processo de industrialização da Baixada Santista (VIEIRA, 2004; MELE, 2009).

O crescimento desordenado do Guarujá aconteceu principalmente entre as décadas de 1970 e 1980, quando toda a orla da cidade, da praia do Tombo à praia de Pernambuco, foi loteada e inúmeros edifícios foram construídos. A inauguração da rodovia Piaçaguera-Guarujá em 1971, aumentou grandemente o pedido de aprovação de construções sendo que em 1971 foi solicitada a construção de 30.000 m² e quatro anos depois, em 1975, esses pedidos passaram para mais de 1.000.000 de m². Infelizmente, obras de infraestrutura de base da cidade não acompanharam o crescimento imobiliário, uma vez que a rede de esgoto, água e energia elétrica eram insuficientes para atender esta nova demanda. Com os imóveis inflacionados, a população mais carente passou a ocupar áreas sensíveis a desastres como morros e mangues (VIEIRA, 2004; VAZ, 2010).

A geografia urbana passou por outra significativa mudança em Janeiro de 1973. Devido aos grandes temporais que ocorreram em todo o Litoral Paulista, inúmeros deslizamentos de morros aconteceram por causa dos ventos fortes e das trombas de água. Um dos morros que sofreu mais com esta situação foi o Morro da Glória, habitado desde a década de 1950 por famílias humildes em barracos. As famílias foram remanejadas para uma área de bananal chamada Cachoeira dos Macacos, surgindo então a Vila Zilda. O nome foi dado em homenagem à esposa do governador Laudo Natel, homem que cedeu provisoriamente o local para acomodação das famílias. A situação que era para ser provisória tornou-se definitiva e no final da década de 1970 já havia em torno de 700 barracos nesta e em outras áreas invadidas. Em 1983, outro desabamento de rochas na Vila Sônia fez com que a prefeitura transferisse, em caráter emergencial, as famílias para outra área formando-se a Vila Edna. O Guarujá que antes era o local preferido da sociedade paulista passou a sofrer problemas latentes entre a década de 1980 e 1990 (VIEIRA, 2004; MELE, 2009; VAZ, 2010). O quadro 1 demonstra o crescimento populacional

que ocorreu no Guarujá e nos demais municípios da Baixada Santista, entre 1940 e 1991:

Quadro 1: Aumento Populacional da Baixada Santista (1940 a 1991).

Município	1940	1950	1960	1970	1980	1991
Santos	158.998	203.562	262.997	342.005	412.448	417.45
Bertioga	-----	-----	-----	3.575	4.223	17.002
S.Vicente	17.924	31.684	75.997	116.485	193.008	268.618
Guarujá	7.539	13.203	40.071	94.021	151.127	210.207
P.Grande	-----	-----	-----	19.704	66.004	123.492

Fonte: Oliveira (2011).

Segundo Oliveira (2011), o crescimento desordenado, nas décadas de 1980 e 1990, trouxe diversos problemas de infraestrutura como falta de água, cortes de eletricidade, poluição das praias e favelização. Apesar do crescimento populacional, o crescimento socioeconômico não ocorreu de forma similar, aumentando a criminalidade e afastando os turistas da região que mudaram seu destino turístico para o Litoral Norte do Estado de São Paulo. No início do século XXI, Guarujá já possuía um cenário preocupante. Em 2007, a população do Município já se aproximava de 300.000 habitantes, com uma densidade demográfica superior a 2.000 habitantes por km².

Com o intuito de mapear os problemas da ocupação do Município, estudos como o de Oliveira (2011), definiram possíveis zonas de riscos do Município. Dentre outros tópicos, neste estudo estão destacadas as zonas que tratam das ocupações em áreas de morros, como a praia da Enseada.

O estudo citado apontou que nos morros próximos a praia Enseada, mais de 80 % das áreas disponíveis já foi ocupada por construções realizadas em condições bastante precárias. Dentro destas, destaque pode ser dado para duas áreas localizadas no morro da praia da Enseada denominadas Vila Júlia e Vila Baiana, que apresentam cerca de 6.000 habitantes instalados em cada uma delas (OLIVEIRA, 2011). Na Figura 2 mostrada a seguir pode ser vista a situação atual da ocupação extremamente desordenada que se instalou nas encostas destas áreas de morro, suscetíveis a desastres naturais.



Figura 2: Ocupação das encostas (Favela da Vila Júlia e da Vila Baiana – Enseada - SP).

Fonte: Mele (2009).

Todo este cenário de crescimento desordenado observado entre o período de 1950 a 2007 tem contribuído para que intensos conflitos de ordem econômica, social e ambiental ocorram no Município. Tais eventos criaram a oportunidade e a necessidade da elaboração de um projeto intitulado Revitalização Socioambiental do Guarujá pela UNAERP (Universidade de Ribeirão Preto/Campus Guarujá) realizado em 2007. O mesmo foi registrado pela Universidade no CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) de modo que pudesse contribuir para o desenvolvimento sustentável do Município e que contasse com a parceria dos poderes públicos, privados e da sociedade civil organizada. Com o intuito de se realizar um projeto piloto o qual pudesse ser reaplicado posteriormente a outros bairros do Município, em 2009 definiu-se que o diagnóstico e o prognóstico socioambiental do referido projeto seria aplicado na praia da Enseada (MELE 2009).

A escolha da praia da Enseada justifica-se pela intensa ocupação imobiliária legal e ilegal da mesma, cujos assentamentos clandestinos podem trazer diversos problemas socioambientais como, por exemplo, riscos de deslizamentos e o agravamento do saneamento ambiental do Município, acarretando em uma piora da saúde pública principalmente pela queda das condições de balneabilidade das praias, que implicam em resultados negativos também ao turismo e à economia do Município. Desta forma, uma das linhas de pesquisa do Projeto Revitalização Sócio

Ambiental é o estudo da qualidade da água na sub-bacia 13 – Guarujá/SP, cujos cursos de águas deságuam na praia através de canais de drenagem urbana, os quais podem estar sofrendo interferência negativa devido ao lançamento de efluentes clandestinos das ocupações regulares e irregulares na região da praia da Enseada (MELE, 2009).

2.2. A importância da qualidade da água

Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são renováveis devido ao ciclo hidrológico, que pode ser entendido como o percurso da água desde a atmosfera, passando por várias fases até retornar novamente para atmosfera. Este ciclo envolve a precipitação, escoamento superficial, infiltração, escoamento subterrâneo e evapotranspiração. A hidrosfera é suficiente para abastecer toda a terra, contudo, a água doce representa em torno 3% do total de água na natureza, na qual o restante, 97%, encontra-se nos oceanos. A maior parte desta água doce, aproximadamente 2,3%, está congelada nas calotas polares e geleiras, ou em lençóis subterrâneos muito profundos, ou seja, possui acesso bastante difícil (GRANZIERA, 1993; TEIXEIRA, 2000).

Segundo a OMS (2009), a água é um bem essencial à vida e ao desenvolvimento econômico-social das nações. Por este motivo, preocupações atuais existem enquanto à preservação desse recurso, pois na atualidade, 4,6 milhões de crianças de 5 anos morrem por ano de diarreia devido à ingestão de água não potável.

Desta forma, é possível compreender que a água, entendida como um bem econômico e que pode ser aproveitada pelos seres humanos, dentro de certos custos financeiros razoáveis, é muito escassa e, portanto, necessita de uma correta gestão envolvendo aspectos de conservação além do controle ao seu acesso (BRAGA et al., 2005; DERISIO, 2007).

No Brasil existem várias regiões metropolitanas, onde corpos hídricos estão inseridos em bacias com elevado índice de ocupação antrópica e deficiência no saneamento. Segundo a OMS (2009) citando as condições de saneamento no país, o Brasil é o 9º colocado no ranking mundial com 13 milhões de habitantes sem acesso a banheiro. Além disso, por ano, 217 mil trabalhadores precisam se afastar de suas atividades devido a problemas gastrointestinais ligados a falta de

saneamento. A cada afastamento perdem-se 17 horas de trabalho. Considerando o valor médio da hora de trabalho no País de R\$ 5,70 e apenas os afastamentos provocados apenas pela falta de saneamento básico, os custos chegam a R\$ 238 milhões por ano em horas-pagas e não trabalhadas. Conclui ainda a OMS, que R\$ 1 investido em saneamento pode gerar economia de R\$ 4 na área de saúde, portanto, o abastecimento de água potável e o saneamento ambiental poderiam reduzir 75% destes afastamentos.

Segundo informações de Brasil (2008), o País precisará investir cerca de R\$ 70 bilhões, até 2025, para obras de água e esgoto, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste.

Segundo dados do IBGE (2012), os rios a seguir estão na lista dos mais poluídos do Brasil, principalmente pela deficiência do saneamento ambiental: os Rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí no Estado de São Paulo; o Rio Iguaçu, no Estado do Paraná; os Rios Ipojuca e Capibaribe, no Estado de Pernambuco; os Rios Sinos e Gravataí, no Estado do Rio Grande de Sul e o Rio das Velhas e Rio Doce no Estado de Minas Gerais. Diante do exposto, fica evidente a urgência no monitoramento e gestão das águas no Brasil.

A expressão qualidade da água não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto como para outras substâncias. Refere-se sim, a um padrão tão próximo quanto possível do natural, ou seja, a água como se encontra nos rios e nascentes, antes do contato com o homem. Avaliar a qualidade da água é importante para se conhecer como estão as bacias hidrográficas com intensas atividades antrópicas, para que assim, possa haver elementos e subsídios para uma tomada de ação em prol da sua gestão (BAIRD, 2008).

A UGRH – 7 (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - 7) da região metropolitana da Baixada Santista, é uma bacia hidrográfica de intensa ocupação antrópica, que necessita de um frequente monitoramento e gestão dos recursos hídricos (VILLA, 2008).

2.3 Variáveis utilizadas para avaliação da qualidade da água

Para o sucesso nos trabalhos de avaliação da qualidade da água é necessário determinar, com clareza, os objetivos do estudo. Por exemplo, se a avaliação pretende identificar a presença de esgotos domésticos, ou então, se o intuito é

quantificar e qualificar cargas poluidoras industriais, ou mesmo, analisar as condições de balneabilidade de rios e praias (GUIMARÃES & NOUR, 2001).

Uma vez delimitado o objetivo, é preciso selecionar as variáveis ambientais mais representativas a este estudo. As variáveis podem ser físicas, como cor, temperatura, transparência e turbidez, além das variáveis químicas como o oxigênio dissolvido, pH, condutividade, óleos e graxas, compostos fenólicos, série de nitrogênio, fósforo total, surfactantes, dentre outras. A adequada seleção, juntamente com metodologias adequadas para coleta, preservação, acondicionamento de amostras e análises laboratoriais contribuirá para diagnosticar os níveis de contaminação dos corpos de águas (BRAGA, et. al., 2005; DERISIO 2007).

O quadro 2 apresenta uma síntese de algumas variáveis e metodologias adequadas para coleta, acondicionamento, preservação e análise da qualidade da água, com base no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999).

Quadro 2 – Variáveis e metodologias para análise da água.

Variáveis	Unidade	Preservação da amostra	Período de validade
Fenol	mg/L	*	28 dias
Fósforo total	mg/L	H ₂ SO ₄ até pH ≤ 2,0; R**	48 horas
Nitrogênio amoniacal	mg/L	H ₂ SO ₄ até pH ≤ 2,0; R**	7 dias
Óleos e graxas	mg/L	*	28 dias
Oxigênio dissolvido	mg/L	Adição de sulfato maganoso e azida sódica	*
pH	UpH	*	*
Surfactantes aniônicos	mg/L	*	*
Turbidez	FTU	R**	24 horas
Condutividade	µS/cm	R**	28 dias
<i>E. Coli</i>	UFC	Adição de EDTA a 15 %	*

Fonte: APHA (1999).

Nota: para detalhes e características sobre os métodos analíticos ver Item 4.3.

*Não Informado pela Norma APHA (1999); **R = Refrigeração a 4º C.

A importância de cada uma das variáveis citadas acima pode ser obtida na literatura específica, sendo que algumas destas informações podem ser vista nos resumos a seguir.

- Óleos e graxas: são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal, representado principalmente por hidrocarbonetos, gorduras e ésteres. Raramente são encontrados em águas naturais e sua presença nos corpos hídricos geralmente está associada a efluentes industriais, domésticos, de oficinas mecânicas, de postos de gasolina e de águas pluviais que drenam estradas e vias públicas. Em se tratando de efluentes domésticos, óleos e graxas provocam obstrução em redes coletoras e inibição em processos biológicos de tratamento secundário. Além disso, os óleos e graxas podem acumular-se em praias e margens de rios, trazendo problemas estéticos e ecológicos. Quando estes óleos e graxas são provenientes de substâncias orgânicas derivadas de petróleo podem apresentar os hidrocarbonetos aromáticos BETX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno). O BETX pode poluir as águas superficiais e principalmente a subterrânea, pois tendem a se concentrar no topo do lençol freático, e estão presentes na gasolina onde o seu objetivo é elevar a octanagem. No caso do benzeno e o Xileno, trata-se de uma substância que em altas concentrações é bastante irritante para as mucosas, e, também, provoca efeitos tóxicos para o sistema nervoso central. O Tolueno por sua vez pode provocar irritação na pele, além de causar tonturas e asfixia quando inalados. O Etilbenzeno em contato repetido com a pele pode provocar dermatite (ARCURI, 2011; BRAGA et al., 2005; DERISIO, 2007).

- pH: O pH possui uma relação direta com a presença de vida aeróbia nas águas. Os recursos hídricos com águas claras possuem uma tendência a possuírem um pH ácido, pela pouca presença de algas e, conseqüentemente, podem ser um indicativo da presença de pouco peixes. Sua origem natural pode se dar por dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação de matéria orgânica além da fotossíntese. De forma antropogênica, geralmente o pH pode ser alterado nas águas pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais causando a oxidação da matéria orgânica (BRAGA et, al., 2005; DERISIO, 2007; VON SPERLING, 2005).

- Oxigênio dissolvido: A concentração de oxigênio dissolvido nas águas é de fundamental importância à biota aeróbia aquática e condiciona a sobrevivência

destes seres incluindo os peixes, sendo o seu grau de saturação em torno de 9 mg/L à temperatura de 20°C. Valores de OD superiores à saturação são indicativos da presença de algas. Peixes necessitam de altos valores de OD, invertebrados valores menores e bactérias valores menores ainda. A introdução excessiva de matéria orgânica no meio aquático pode gerar ambientes anaeróbios, sobretudo nas camadas mais profundas dos corpos de água com produção de metano, sulfetos e amônia dentre outros produtos que conferem odor característico. A recuperação destas águas anaeróbias tende a ocorrer de forma espontânea, desde que o ambiente seja lótico e possa ocorrer um processo de autodepuração (BRAGA et al., 2005; DERISIO, 2007; LIBANO, 2010).

- Nitrogênio amoniacal: Os processos de decomposição biológica levam à amonificação do nitrogênio presente nos compostos orgânicos. Em ambientes oxigenados a amônia pode ser rapidamente convertida a nitritos que são instáveis tendendo a se oxidar a nitratos, sendo estas substâncias facilmente assimiladas pelos organismos autótrofos como as algas e vegetais em geral. Os níveis de amônia na superfície da água doce crescem com o aumento do pH e temperatura. Em baixos níveis de pH e temperatura, a amônia se combina com a água para produzir um íon amônio (NH_4^+) e um íon hidróxido (OH^-). O íon amônio não é tóxico e não causa problemas para os organismos, enquanto que a forma não ionizada tem efeito tóxico. Acima de pH 9, a amônia não ionizada é a forma predominante nos corpos de água (CETESB, 2012; LIBANO, 2010).

- Compostos fenólicos: estes compostos são muito comuns em efluentes industriais, como o processamento de borrachas, resinas, plásticos, siderurgias, dentre outros. Os fenóis são tóxicos aos homens e à biota aquática. Alguns compostos possuem uma ação fungicida e antibacteriana bastante utilizada, por exemplo, em desinfetantes como creolina e lisol. Em geral este composto é pouco solúvel em água além de ser incolor e ácido. Esta acidez dos fenóis é em razão do caráter de hidroxila presente nestes compostos (CETESB, 2012).

- Turbidez: é a presença de matéria em suspensão na água, como por exemplo, a argila, silte, substâncias orgânicas finamente particuladas e organismos microscópicos. A remoção da mata ciliar das margens de rios, que resulta na erosão

do solo é um exemplo do aumento da turbidez nas águas. Outras atividades antrópicas como geração de efluentes domésticos e industriais, além da mineração, são importantes exemplos da entrada de partículas nas águas, causando perturbações em ecossistemas, interferindo negativamente na fotossíntese com reflexos na produtividade de peixes. Quando a entrada de partículas é excessiva, elas podem decantar formando banco de lodos, levando o corpo hídrico ao assoreamento (BRAGA et al., 2005; DERISIO, 2007; LÍBANO, 2010).

- Condutividade: é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos nas águas, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade da água e, também, as características corrosivas da mesma. A condutividade fornece uma boa indicação das modificações na composição das águas, mas não indica quantidades específicas dos componentes (BAIRD, 2008; CETESB, 2012).

- Surfactantes aniônicos: os detergentes ou surfactantes são produtos de limpeza com efeitos mais intensos que os sabões devido à ação do surfactante que diminui a tensão superficial da água. Como resultado, os surfactantes são fontes de espumas nas águas, que podem prejudicar a troca de oxigênio entre a água e a atmosfera, e desta forma, podem matar a biota aquática. Analiticamente, detergentes ou surfactantes são designados substâncias ativas ao azul de metileno (MBAS). Os principais surfactantes aniônicos reconhecidos mundialmente são o dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) e o dodecil sulfato de sódio (DSS), utilizados principalmente em produtos de limpeza doméstica e de higiene pessoal. Devido ao grande consumo mundial de LAS e de DSS há uma crescente preocupação sobre os efeitos adversos destes compostos no ambiente e aos organismos, uma vez que se caracterizam por uma toxicidade moderada, podendo causar irritação de pele (BRAGA et al., 2005; VON SPERLING, 2005).

- Fosfato dissolvido: o fósforo corre em águas naturais e em efluentes geralmente na forma de fosfatos de vários tipos, como: orto, piro, meta e poli fosfatos, bem como fosfatos orgânicos. As formas podem estar solúveis em partículas ou em corpos de organismos aquáticos. O fósforo em excesso nas águas é o principal responsável

pelo processo de eutrofização (CETESB, 2012; LÍBANO, 2010).

Importante destacar que estas variáveis físicas e químicas isoladamente, não são capazes de distinguir entre as substâncias que afetam os sistemas biológicos e as que são inertes no ambiente, tornando-se necessário complementar estas análises através de testes microbiológicos por meio da utilização de indicadores de contaminação fecal, como a *Escherichia coli* e o *Enterococos*. Além dos testes microbiológicos, devem ser realizados os testes ecotoxicológicos que avaliam o efeito deletério dessas substâncias sobre sistemas biológicos (DERÍSIO, 2007; VON SPERLING, 2005).

- *E coli* e *Enterococos*: A bactéria *E.coli* é abundante nas fezes dos mamíferos, incluindo os humanos, tendo sido encontradas em efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente. Já o *Enterococos* se caracteriza pela alta tolerância a condições adversas como: presença de até 6,5 % de cloreto de sódio, pH até 9,6 e temperaturas entre 10 e 45 °C. (AURELIANO, 2000; SALES, 2005).

- Testes ecotoxicológicos: Com a utilização dos ensaios ecotoxicológicos associados às análises físico-químicas e microbiológicas é possível obter um melhor diagnóstico da qualidade ambiental, pois as informações são convergentes e se complementam. Os ensaios ecotoxicológicos também são importantes para ações preventivas, pois o conhecimento obtido com a realização dos ensaios sobre a toxicidade das substâncias aos diferentes tipos de organismos aquáticos permite que seja estabelecido um limite permissível de diversas substâncias químicas visando à proteção da vida aquática. Para os testes ecotoxicológicos três organismos indicadores podem ser utilizados nos estudos. Em águas doces pode-se utilizar a *Daphnia* e a *Ceriodaphnia*, e nas águas salgadas, o indicador pode ser o ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus*. O *L. variegatus* é um ouriço que se distribui do Litoral da Carolina do Norte (Estados Unidos) até o Rio Grande do Sul (Brasil) e habita áreas de substrato não consolidado sendo bastante comuns até os 20 m de profundidade. Os espinhos são roxos com até 20 mm de comprimento e de 1 a 2 mm de diâmetro. São herbívoros, alimentando-se de algas presentes no substrato (RUBINGER 2009; OLIVI, 2008).

Na busca de uma evolução dos métodos de avaliação da qualidade da água, os órgãos estaduais de meio ambiente desenvolveram diversos índices que buscam uma avaliação integrada da qualidade da água, dentre eles: o IQA, utilizado para identificar a contaminação dos corpos de águas ocasionadas pelo lançamento de esgotos domésticos; o IET – Índice de Estado Trófico, utilizado para avaliar a concentração de nutrientes; o IVA – índice de qualidade de proteção da vida aquática; o IAP – índice utilizado para avaliar a qualidade das águas brutas para fins de abastecimento público; CT – que avalia a contaminação por substâncias tóxicas; IB – índice de balneabilidade, dentre outros (CETESB, 2012).

Ainda segundo a CETESB (2012), o monitoramento da qualidade da água no Estado de São Paulo teve início em 1968 com a avaliação semanal da balneabilidade das praias do litoral paulista. Na atualidade existem 156 pontos de amostragem em todo o litoral. Em 1984 teve início a avaliação semestral dos cursos de águas doces que afluem para as praias. Hoje o Estado conta com 600 pontos de monitoramento. Em 2002 foi a vez dos emissários serem avaliados, também semestralmente, contando na atualidade com 70 pontos de amostragem em todo o litoral. E por último, em 2005, iniciou-se o monitoramento das águas costeiras, com periodicidade semestral, contando na atualidade com 20 pontos de amostragens.

A título de exemplo, segundo dados do IBGE (2012), os IQAs (Índice de Qualidade da Água) mais baixos são os dos altos cursos dos rios Tietê e Iguaçu, que atravessam, respectivamente, as regiões metropolitanas de São Paulo e Curitiba.

A identificação da qualidade da água é utilizada como um indicativo de alerta aos padrões de alteração na qualidade, contribuindo para a gestão dos recursos hídricos como um instrumento das políticas estaduais e federais de recursos hídricos (LIBANO, 2010).

2.4 Legislação ambiental no controle da qualidade da água

Na década de 1970, ainda na esfera estadual, surgiu no Brasil as primeiras normas sobre gestão das águas, como é o caso do Decreto Estadual de São Paulo nº 8468 de 1976, que aprovou e regulamentou a Lei nº 997 de 1976, além também do Decreto Estadual nº 10.755 de 1977, que determinou o enquadramento dos corpos de água em classes no Estado. Porém, com a promulgação da Política

Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6938 de 1981, criando o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), e posteriormente, com a nova redação da Constituição Federal de 1988, a União passou a ter a competência para estabelecer normas gerais e aos Estados e Municípios coube à função de suplementá-las. Desta forma, a gestão e controle das águas também passam a ocorrer no âmbito federal, sendo elaboradas pelas Secretarias, Fundações ou Conselhos do Meio Ambiente, norteadas por critérios e ou resoluções nacionais (MILARÉ, 2005).

O SISNAMA é constituído por um órgão consultivo e deliberativo, que é o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, representado por um colegiado de cinco setores, composto por órgãos federais, estaduais, municipais, setor empresarial e sociedade civil, que se reúnem a cada três meses em sessões abertas a toda comunidade civil, para discutir sobre questões de melhoria da qualidade ambiental. Compete ao CONAMA determinar mediante proposta dos demais representantes do SISNAMA (MMA – Ministério do Meio Ambiente; IBAMA; e os Órgãos Seccionais e Locais representados pelos Estados e Municípios) as Resoluções normativas que estabelecem critérios e padrões para o controle da poluição do ar, do solo e da água (MACHADO, 2001; MEDAUAR, 2006).

A primeira norma destinada ao controle dos usos consultivos e não consultivos da água foi promulgada em 18 de Junho de 1986, através da Resolução CONAMA nº 20. Durante quatorze anos esta Resolução apresentou um importante avanço normativo no controle do uso das águas no país, porém em 2000, a Resolução nº 20 sofreu a primeira alteração, com a promulgação da Resolução CONAMA nº 274 de 2000 que na busca da melhoria dos critérios para a balneabilidade das águas determinou dois importantes indicadores de contaminação fecal que não estavam previstos na Resolução CONAMA nº 20 de 1986, a *Escherichia coli* e o *Enterococos*. Em 2005, após quase vinte anos de aplicação da Resolução CONAMA nº 20 de 1986, ela foi revogada completamente em 17 de março quando entrou em vigor a Resolução CONAMA nº 357. Esta Resolução buscou incorporar novos conhecimentos trazidos pela intensa evolução tecnológica dos últimos anos, onde foram definidos novos padrões de qualidade a partir de justificativas técnicas que consideraram a proteção da vida humana e biota aquática, o caráter organoléptico, carcinogenicidade, mutagenicidade, dentre outros (BRASIL, 2005; MEDAUAR, 2006).

Para a elaboração da Resolução CONAMA nº 357 de 2005 intensas reuniões ocorreram durante três anos, envolvendo institutos de pesquisas, setor industrial,

ONGs e órgãos públicos nas três esferas com o objetivo de elaborar um novo documento legal que pudesse estar em sintonia com a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei nº 9433 de 1997) que já previa importantes instrumentos de planejamento dos recursos hídricos como o plano de bacias hidrográficas, as diretrizes para o enquadramento dos corpos de água em classes, além da outorga e cobrança pelo uso da água. A Resolução nº 357 foi reorganizada em 50 artigos e 6 capítulos e foram determinadas novas classes para águas doces, salobras e salinas ampliando desta forma a gestão dos corpos hídricos (SARLET, 2008).

O quadro 3 apresenta as diferenças em relação às águas doces classes de 1 a 4 da Resolução do CONAMA nº 357/2005, onde é possível observar que quanto maior a classe menor o nível de exigência de qualidade.

Na classe especial, estão enquadrados os corpos de águas que transitam em unidades de conservação de proteção integral. Já as classes 1 e 2 permitem, dentre outras atribuições, a recreação de contato primário desde que atenda aos padrões mínimos estabelecidos pela resolução CONAMA nº 274 de 2000 (BRASIL, 2005; DERISIO, 2007). A classe 3, por sua vez, permite apenas a recreação de contato secundário e a classe 4 é destinada exclusivamente à navegação (DERÍSIO, 2007).

Quadro 3 – Valores máximos permissíveis das Classes de 1 a 4.

Variáveis	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Fenol	mg/L	0,003	0,003	0,01	1,0
Fósforo total	mg/L	0,025	0,050	0,075	sem limite
Nitrogênio amoniacal	mg/L	3,7	3,7	13,3	sem limite
Óleos e graxas	mg/L	V.A.	V.A.	V.A.	T.I.
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥6,0	≥5,0	≥4,0	≥2,0
pH	UpH	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0
Surfactantes aniônicos	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5
Turbidez	NTU	Até 40	Até 100	Até 100	sem limite
Condutividade	µS/cm	*	*	*	*

Fontes: CONAMA nº 357 de 2005.

* Não citado nas Normas CONAMA. V.A. virtualmente ausente; T.I. toleram-se iridescências.

Com a promulgação da Resolução CONAMA nº 357 de 2005 foram apresentadas revisões de algumas variáveis da qualidade da água em relação à antiga CONAMA nº 20 de 1986. A CONAMA 357 revisou também as condições e padrões de lançamentos de efluentes, onde houve a proibição do lançamento de Poluentes Orgânicos Persistentes e, também, foram criados critérios ecotoxicológico para o lançamento dos efluentes. Outra importante contribuição da Resolução CONAMA nº 357 de 2005 foi o fato de que os órgãos ambientais passaram a ter maior autonomia para estabelecer, quando necessário, uma carga poluidora máxima para o lançamento de efluentes de modo a manter o plano de enquadramento para as bacias hidrográficas (SARLET, 2008). Mesmo tendo apresentado uma importante evolução no controle da qualidade das águas e efluentes, a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 não conseguiu a contento exaurir algumas questões envolvendo o controle do lançamento dos efluentes, como explicitado no artigo 44 desta norma, que sugere a necessidade de complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes previsto na mesma. Desta forma, em 13 de maio de 2011, entra em vigor a Resolução CONAMA nº 430 que dispõe sobre novas condições e padrões de lançamento de efluentes, complementando e alterando parcialmente a Resolução nº 357 no que se referia aos padrões de controle de efluentes (RENNÓ, 2011).

Já em seu artigo 1º a Resolução CONAMA nº 430 de 2011 estabeleceu a necessidade de observação de normas específicas do órgão ambiental competente, bem como as diretrizes das empresas responsáveis pela coleta e tratamento de efluentes do Estado. Em seu artigo 3º, a Resolução reforça a necessidade de observação das condições do corpo receptor, bem como, a soberania dos órgãos de controle ambiental em determinar padrões de qualidade locais e exigir a tecnologia de tratamento de efluentes ambientalmente adequadas, mediante fundamentação técnica. Em seu Capítulo 1º, a Resolução CONAMA nº 430 de 2011 complementa a nº 357 de 2005, introduzindo importantes conceitos e detalhamentos sobre ecotoxicologia que não existiam na Resolução anterior, como por exemplo, a Concentração de Efeito Não Observado (CENO), Concentração Letal Mediana (CL50) e (FT) Fator de Toxicidade (RENNÓ, 2011).

Desta forma, nota-se que nos últimos anos, o CONAMA em conjunto com entidades públicas e privadas, vem juntando esforços para a busca da melhoria da gestão das águas no Brasil (COSTA, 2008; RENNO, 2011).

2.5 Caracterizações da sub-bacia hidrográfica do Município do Guarujá

O Município do Guarujá está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Sete (UGRHI-7), na bacia hidrográfica da Baixada Santista. A UGRHI-7 ocupa uma área de cerca de 3.000 km² e se estende por cerca de 160 km ao longo de todo o litoral paulista. Compõe esta UGRHI todos os municípios da Região Metropolitana da Baixada Santista incluindo Bertioga, Cubatão, Guarujá, Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, compreendendo águas com características doces (salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), salobras (salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰) e salinas (salinidade igual ou superior a 30 ‰) conforme definição da Conama 357/2005 (CAVINATTO, 2008; VILLA, 2008).

Segundo o Plano Municipal Integrado do Município do Guarujá/SP (2010), no total a UGRHI 7 integra 21 sub-bacias, merecendo destaque a sub-bacia 13 da Ilha de Santo Amaro com área de drenagem de cerca de 140 km², que corresponde ao território municipal de Guarujá/SP. O clima na região desta sub-bacia é bastante influenciado pelos sistemas atlânticos polares e tropicais e, desta forma, não apresenta uma uniformidade climática. A temperatura média anual é de 22 °C e com relação à precipitação média anual, a região atinge entre 2.500 a 3.000 mm. No Município do Guarujá, ocorrem dois períodos bastante distintos sendo um chuvoso que ocorre entre Novembro e Março (maiores precipitações ocorrendo em Dezembro) e um período de estiagem que se estende de Abril a Outubro (mínimas registradas entre Julho e Agosto).

Segundo Villa (2008), a sub-bacia 13 é banhada a Oeste pelo estuário de Santos, ao Norte pelo canal de Bertioga e ao Sul e Leste pelo Oceano Atlântico. Os rios que deságuam a sub-bacia 13 têm suas nascentes nos morros ou nos pontos mais elevados da ilha de Santo Amaro e fluem em direção aos canais de Bertioga. Destaque pode ser dado para os rios Ichanhema, do Meio, Santo Amaro, da Pouca Saúde, Acaraú, Caipira, Corumbá, Emboabas, do Peixe, da Ponte Grande, do Pote e Perequê-Mirim (Figura 3).

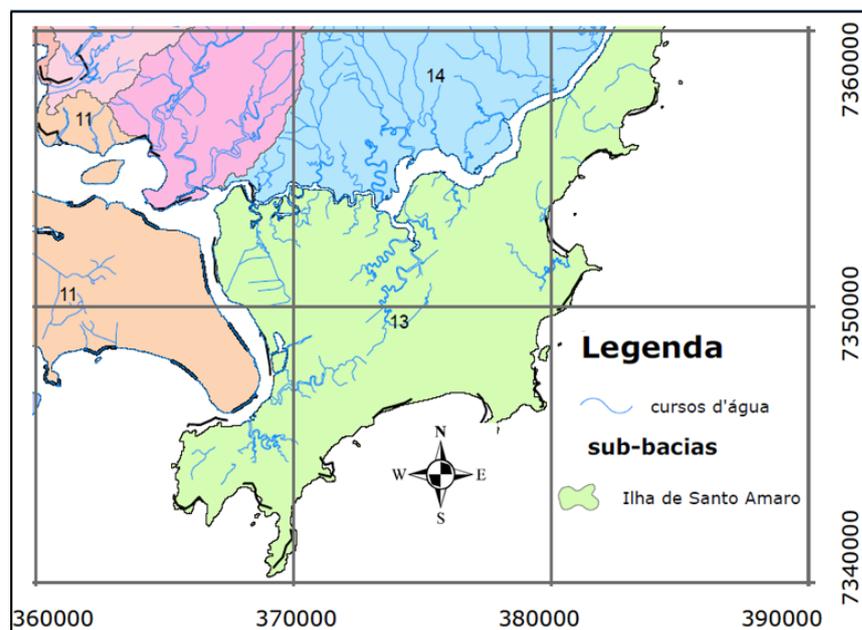


Figura 3: Cursos de águas superficiais da sub-bacia 13, Ilha de Santo Amaro.
 Fonte: Adaptado de Villa (2008).

Grande parte dos cursos de água do município que deságuam em direção ao Oceano Atlântico (região Sul e Leste da ilha) é formada por canais já alterados pela urbanização. Os córregos e canais alterados ou retificados apresentam-se de duas maneiras que são os cursos de água intermitente com escoamento em áreas de intensa declividade em morros e os cursos de água permanente com escoamento em áreas planas e de manguezais.

Segundo Cavinatto (2008), com relação aos usos consuntivos e não consuntivos das águas superficiais da sub-bacia 13 pode-se destacar uma gama grande de atividades antrópicas que são desenvolvidas, tais como o lançamento de efluentes pela EPC (Estação de Pré-condicionamento de Esgotos) e pelo emissário submarino da praia da Enseada, a recreação de contato primário realizada pelos banhistas que utilizam as vinte e quatro praias do município, pelas práticas de esportes náuticos como o esqui aquático com a possibilidade de ingestão de água e a recreação de contato secundário representada pela pesca amadora e pelo uso de embarcações nas marinas e garagens náuticas. Completa os principais usos desta sub-bacia, a presença do porto de Santos (margem esquerda do Município do Guarujá) na região estuarina a Oeste do município.

Segundo dados do IBGE (2011), no Guarujá residem cerca de 300.000 habitantes e a disponibilidade hídrica é calculada em cerca de 700 m³ por habitante por ano (m³/hab./ano). Determina-se um quadro de escassez quando este quociente

é inferior a 500 m³/hab./ano, a condição é de stress entre 500 a 1.700 m³/hab./ano e acima de 1.700 m³/hab./ano, a situação é tida como confortável. Com base nesse critério, o índice da sub-bacia 13 é considerado de stress. Se a esse total for adicionado o contingente flutuante que chega a triplicar a população nos épocas de temporada, a oferta hídrica natural na sub-bacia 13 passa a ser de escassez (CESTESB, 2012).

Os corpos de água no Estado de São Paulo estão enquadrados conforme o Decreto Estadual nº 10.755 de 1977. Segundo este decreto, na sub-bacia 13 são consideradas classe 1 as águas abrangendo os trechos de nascentes nos morros, até a cota 50. Nas áreas de planícies, todos os cursos de água estão compreendidos na classe 2, incluindo os afluentes à praia como os canais de drenagem urbana que serão analisados no presente estudo (CETESB, 2012).

Ainda conforme o Capítulo VI – Artigo 42 da Resolução CONAMA nº 357 de 2005, em caso de não haver enquadramento de algum corpo de água, as águas doces serão consideradas classe 2 e as salobras classe 1.

2.6 Sistema de tratamento de água e esgotos do Município do Guarujá

No Município de Guarujá, o abastecimento de água está a cargo da Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) o que ocorre por meio do Sistema Produtor Jurubatuba composto pelos rios Jurubatuba e Jurubatuba-Mirim. Em condições normais, este sistema opera com capacidade de 2 m³/s. A captação está situada na Serra do Mar, parte continental do Município de Santos em área de preservação ambiental a cerca de 13 km do distrito de Vicente de Carvalho onde se localiza a estação de tratamento de água (SABESP, 2010).

Segundo o Programa Municipal Integrado de Saneamento Básico do Guarujá (2010), o sistema de tratamento de efluentes o Município do Guarujá é composto por 24 estações elevatórias primárias de esgotos que centralizam o esgoto coletado na estação elevatória da Enseada que transfere os esgotos para a EPC e daí para Emissário Submarino localizado na praia da Enseada. A EPC do Guarujá opera desde 1999 possuindo uma parte terrestre e outra marinha cujo somatório chega a cerca de 12 km de emissário. A EPC tem capacidade para tratar uma vazão de 1,5 m³/s, incluindo as operações de filtração em caixas de areia, peneiramento rotativo que remove os detritos com dimensões maiores que 1,5 mm e cloração para

desinfecção. Com a implantação do Programa Onda Limpa da Sabesp, o distrito de Vicente de Carvalho terá uma melhora significativa no saneamento local. Tem-se como objetivo atender cerca de 130 mil habitantes através da instalação de um sistema de tratamento de efluentes do tipo lodo ativado que pretende reduzir até 95% da DBO (Demanda biológica de oxigênio). Até 2008, apenas 35 % dos esgotos eram coletados.

Ainda segundo a Sabesp (2010), apenas 78 % do Município do Guarujá é atendido por tratamentos de esgoto. Este déficit no tratamento se dá pelas ocupações irregulares que totalizam uma área de cerca de 450 ha. Estas ocupações estão localizadas em áreas públicas e privadas, em áreas de encostas de morros, mangues, unidades de conservação ambiental, áreas de preservação permanente e faixas de domínio de rodovias, ferrovias e linhas de transmissão.

Devido a impedimentos legais, essas áreas não são atendidas por sistema de tratamento de água e esgotos e o investimento para o atendimento integral seria da ordem de R\$ 37 milhões. Sendo assim, a Sabesp conclui que a melhor alternativa seria a remoção da população destas áreas de riscos.

Segundo dados do SNIS (2012), utilizando informações da Sabesp, o Guarujá ficou na 36^o posição no ranking das cidades que melhoraram a cobertura na coleta de esgotos no Brasil. A cidade de Santos está em primeiro entre as 100 cidades brasileiras avaliadas. Já quando o SNIS (2012) apresentou análise sobre a questão da qualidade no tratamento, baseando-se em dados da Cetesb, toda a UGRHI – 7, incluindo-se aí o município do Guarujá, encontra-se no índice péssimo, quando se fala na melhoria na redução da carga orgânica (DBO/dia) dos esgotos. Isto porque, o tratamento de efluentes do tipo EPC seguido de emissários são sistemas de pré-condicionamento apenas, e não possuem um tratamento secundário biológico. Desta forma, toda a carga orgânica (DBO) é lançada no mar, para que possa aproveitar o processo de autodepuração marinha (VON SPERLING, 2005).

2.7 Qualidade das praias do Município do Guarujá

Aureliano (2000) define o termo balneabilidade como sendo um instrumento de controle da qualidade das águas, na medida em que permite uma verificação mais detalhada sobre as águas destinadas à recreação de contato primário. Esta condição é bastante freqüente no uso das praias, incluindo as atividades de natação,

mergulho e esportes aquáticos. Dentre os fatores que podem interferir na balneabilidade das praias pode-se citar a presença de esgotos domésticos, a presença do turismo durante os períodos de férias e feriados prolongados, a ocorrência de chuvas, as condições de marés e córregos e canais afluindo para o mar. Segundo Sales (2005), os organismos mais comumente utilizados para a determinação da balneabilidade das praias são as bactérias do grupo coliformes termotolerantes como a *Escherichia coli*, e as bactérias do grupo dos estreptococos fecais, conforme definido na Resolução CONAMA nº 274 de 2000, pertencem ao gênero *Enterococos*.

A Resolução CONAMA nº 274 estabelece critérios para a classificação das águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade, avaliada nas categorias própria e imprópria. As águas serão consideradas impróprias para banho quando apresentarem valores acima dos limites máximos estabelecidos na última categoria das águas próprias, em no mínimo duas amostras de cinco analisadas, ou quando o valor obtido na última amostragem for superior a 2.500 coliformes fecais ou 2.000 *Escherichia coli* ou 400 *Enterococos* por 100 mililitros. Também estão previstos outros critérios de segurança ao usuário das praias, passíveis à interdição das mesmas tais como incidência elevada ou anormal de enfermidades transmissíveis por via hídrica, presença de resíduos ou despejos sólidos ou líquidos incluindo esgotos sanitários, detecção de óleos, graxas e outras substâncias capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável à recreação, pH menor que 6,0 ou maior que 9,0 (águas doces) à exceção das condições naturais, floração de algas ou outros organismos até que se comprove que não ofereçam riscos à saúde humana (AURELIANO, 2000; SALES, 2005).

Segundo informações da CETESB (2012), para a determinação da balneabilidade das praias, a amostragem deverá ser efetuada preferencialmente nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários, em local que apresentar a isobata (linha que une pontos de igual profundidade) de um metro e onde houver maior concentração de banhistas. No Município do Guarujá, as coletas são realizadas todos os domingos e os dados são processados e divulgados pela CETESB. Segundo dados da CETESB (2012), o Município do Guarujá possui vinte e quatro praias com 19 km de extensão, sendo 13 km monitorados em onze pontos de coleta. Destes onze pontos, quatro estão localizados na praia da Enseada sendo em frente à estrada de Pernambuco (S: 23° 59' 496"; W: 46° 14' 840"), em frente à

avenida Atlântica (S: 23° 59' 120 “; W: 46° 13' 244“), em frente à rua Chile (S: 23° 59' 120 “; W: 46° 13' 244“) e em frente à avenida Santa Maria (S: 23° 59' 376 “; W: 46° 14' 680“). Os métodos de amostragem e análise das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial - INMETRO ou, na ausência destas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-APHA-AWWA-WPCF, última edição. Aos órgãos municipais, estaduais ou federais de controle ambiental compete a aplicação da Resolução CONAMA 274 de 2000, cabendo-lhes a divulgação das condições de balneabilidade das praias e a fiscalização para o cumprimento da lei (AURELIANO, 2000).

Semanalmente são divulgados os resultados para orientar os usuários das praias quanto à qualidade das águas e balneabilidade. A divulgação é realizada através da colocação de bandeiras sendo utilizadas as cores verdes (praia está própria) ou vermelhas (praia imprópria). As bandeiras são afixadas em pontos de fácil visualização dos banhistas e próximas aos pontos de coleta da CETESB (CETESB, 2012). A Figura 4 apresenta a posição média anual da qualidade das praias do Guarujá no período compreendido entre 2003 a 2012. Pode ser notado que em 2012, as praias da Enseada foram classificadas em regular e ruim. No geral, as praias do Guarujá não apresentaram melhora na balneabilidade nos últimos anos.

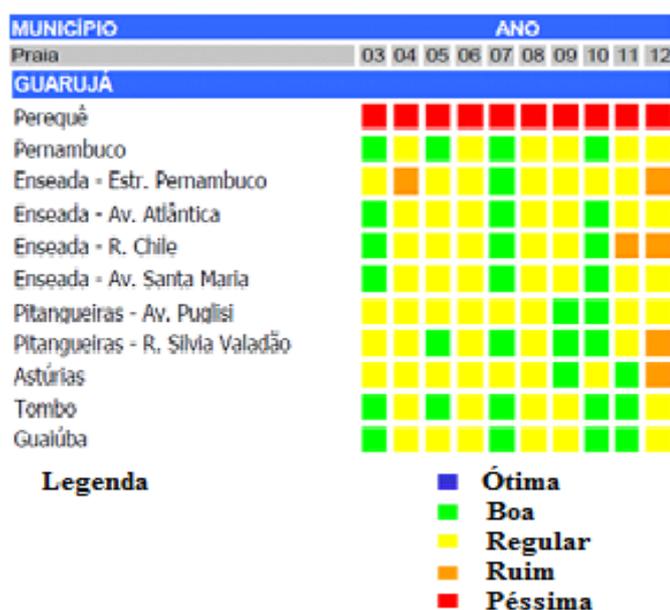


Figura 4: Balneabilidade das praias da Enseada do Guarujá/SP (2002 a 2012).

Fonte: CETESB (2012).

Sabendo-se que os cursos de águas (rios, córregos e canais) que deságuam nas praias do litoral paulista são potenciais focos de contaminação, a CETESB monitora duas vezes ao ano estes cursos de águas. Atualmente são amostrados 600 cursos de águas no litoral paulista sendo que a metodologia utilizada faz a determinação da densidade de coliformes fecais em zonas em que não haja influência das marés, ou seja, as coletas são realizadas antes do curso de água atingir as praias (CETESB, 2012). As praias da sub-bacia 13, em sua grande maioria, possuem canais de drenagem urbana que afluem para o mar. A praia da Enseada recebe as águas de dez canais, sendo que a CETESB utiliza quatro destes como referência para a análise da balneabilidade das praias.

2.8 Saúde pública e doenças de veiculação hídrica

Segundo o relatório da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente sobre a avaliação das águas do Brasil (2008) o Brasil enfrenta problemas de poluição das águas advindas de fontes poluidoras pontuais, como esgotos domésticos e industriais, e difusos como o escoamento superficial em áreas urbanas e rurais, no entanto, a principal pressão nos recursos hídricos é gerada pela precária rede de saneamento ambiental existente no país. Esse fato tem trazido sérias consequências à qualidade de vida da população, comprometendo a saúde pública.

Segundo dados do IBGE, 2008, estima-se que cerca de 23 milhões de domicílios urbanos lançam seus esgotos brutos diretamente no meio ambiente. Ao considerar que o volume médio de esgoto coletado por domicílio ligado à rede é de 490 litros/dia, infere-se que são lançados no meio ambiente aproximadamente 11 milhões de m³/dia, sem nenhum tratamento. Como visto anteriormente no item 2.5, apenas 78 % do Município do Guarujá é atendido por tratamentos de esgoto, desta forma, este déficit no saneamento ambiental pode estar associado às doenças de veiculação hídrica como amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifoide, hepatite infecciosa e cólera, dentre outras (HIRATA, 2002).

A amebíase pode ser causada pela *Entamoeba histolytica*, que são parasitos eliminados nas fezes que podem causar nos seres humanos febre, ataque de diarreia, dores abdominais e disenteria aguda. Já a giardíase é causada pela *Giardia lamblia* e, embora muitas vezes assintomática, pode muitas vezes provocar dor abdominal e diarreia intermitente. A gastroenterite, por sua vez, é uma infecção do

estômago ou intestino produzido por vírus e bactérias e representa o maior caso de óbito de crianças menores de um ano de idade. Os principais sintomas são diarreias, vômitos, febres e desidratação. A febre tifoide é causada pela *Salmonella typhi*, podendo ser transmitida pelas fezes e seus principais sintomas são a dor de cabeça, mal estar, fadiga, febre, indisposição gástrica e diarreia. A hepatite infecciosa é produzida pelo vírus tipo A. A hepatite A possui um período de incubação de 15 a 50 dias, e pode ocorrer pelo contato do indivíduo com a água contaminada. (FIGUEIREDO, 2002; SOUZA, 2005; LIBANO, 2010).

A cólera é causada pelo micróbio *Vibrio cholerae*, que se localiza no intestino dos seres humanos, provocando, nos casos graves, diarreias e vômitos intensos. A pessoa doente chega a evacuar, desde o início, uma média de um a dois litros por hora. Dessa maneira, a desidratação ocorre rapidamente e se não tratada pode levar o indivíduo a morte em pouco tempo. Indiretamente, a água também está ligada à transmissão de verminoses, como esquistossomose, ascariíase, oxiúriase e ancilostomíase e, também, a vetores que se associam a água como a malária transmitida pelo mosquito *Anopheles* e a dengue causada pelo *Aedes aegypti*. (FIGUEIREDO, 2002; SOUZA, 2005; LIBANO, 2010).

O Quadro 4 apresenta uma relação dos principais organismos causadores de doenças de veiculação hídrica de interesse sanitário.

Quadro 4 – Microrganismos e doenças de veiculação hídricas associadas.

Doença	Agente ictiológico
Salmoneloses	<i>Salmonella sp</i>
Shigeloses (disenteria bacilar)	<i>Shigella</i>
Gastroenterites	<i>Escherichia coli</i>
Tuberculose	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Leptospirose	<i>Leptospira</i>
Gastroenterites	<i>Enterovirus (Poliovírus, Coxsackie)</i>
Hepatite A e E	Vírus da hepatite A e E
Amebíase	<i>Entamoeba histolytica</i>
Giardíase	<i>Giardia lamblia</i>
Ascariíase	<i>Ascaris lumbricoides</i>
Verminoses (enterobiose)	<i>Enterobius vermicularis</i>
Esquistossomose	<i>Schistosoma mansoni</i>

Fonte: Adaptado de HIRATA (2002).

Em 2011 o Município do Guarujá sofreu um surto de diarreia, onde cerca de 850 pessoas procuraram ajuda nos postos de saúde públicos e privados no município. Outro caso semelhante já havia ocorrido no Guarujá em 2010 onde mais de 1.700 pessoas tiveram esta virose em apenas um mês, apresentando sintomas como vômitos e diarreias, sintomas característicos de doenças de veiculação hídrica conforme exemplificado anteriormente. Em ambos os casos não foi possível associar as viroses com as doenças de veiculação hídrica, mas ambas as ocorrências foram registradas em épocas de verão, quando ocorre um aumento significativo na população do Guarujá, acarretando maior geração de efluentes e resíduos. Além disso, boa parte das pessoas atendidas nos postos de saúde associou o fato de terem ficado doentes após frequentar as praias do município. Na ocasião, a Cetesb não relacionou o problema à ausência da balneabilidade das praias, e a Sabesp garantiu a qualidade da água consumida no município (SUZUKI, 2011).

Outra importante poluição relacionada à ausência de saneamento ambiental adequado está associada ao surgimento das cianobactérias. Cianobactérias é o nome dado a diversos tipos de algas que quando estão presente em grandes quantidades causam o fenômeno da eutrofização, modificando a qualidade da água por produzirem toxinas, odores e uma espuma de cor verde na superfície da água. Em regiões urbanizadas, e geralmente estagnadas, a eutrofização ocorre pelo excesso de nutrientes como nitrogênio e fósforo nas águas oriundas de esgotos com tratamento deficiente (DERISIO, 2007).

O contato direto com as cianobactérias pode causar irritação da pele, olhos e ouvidos, inchaço dos lábios e dor de garganta. Se ingerida, esta água contaminada pode provocar náuseas, vômitos, dores abdominais e diarreias. Em regiões litorâneas o surgimento das cianobactérias está associado ao fenômeno denominado eutrofização marinha ou maré vermelha, que ao liberarem toxinas na água podem levar a biota à morte (FIGUEIREDO, 2002).

Estudos realizados por Moser (2005) indicaram que existe uma importante contribuição dos canais estuarinos de Santos e São Vicente para a eutrofização da baía de Santos, especialmente durante os períodos chuvosos, onde pode haver um aporte de nutrientes nas águas.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Realizar avaliação físico-química, microbiológica e ecotoxicológica das águas dos canais de drenagem urbana da Praia da Enseada - Guarujá/SP, visando verificar a presença de poluentes oriundos de possíveis lançamentos clandestinos dos morros da Vila Júlia e Vila Baiana.

3.2 Objetivos específicos

- a) Analisar amostras nos canais de drenagem da Praia da Enseada sob influência das ocupações irregulares dos morros da Vila Júlia e Vila Baiana, através das variáveis salinidade, oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, fosfato dissolvido, surfactantes aniônicos, compostos fenólicos, óleos e graxas, pH, condutividade, turbidez, coliformes termotolerantes (*E. coli*) além de testes ecotoxicológicos.
- b) Analisar amostras de controle coletadas em curso de água localizado a montante das ocupações irregulares do morro da Enseada, quantificando as mesmas variáveis do objetivo anterior;
- c) Estabelecer comparações estatísticas entre os canais de drenagem e o ponto controle para verificar se existem interferências antrópicas significativas nas águas dos canais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

A coleta das amostras ocorreu no período compreendido entre Março e Julho de 2013, em época de estiagem conforme detalhado no item 2.4 quando os efeitos de eventuais despejos são maximizados pelo menor volume de água de diluição. Para a definição dos pontos de amostragem, primeiramente foi realizado levantamento sobre a localização de todos os dez corpos de água afluentes à praia da Enseada (canais de drenagem) incluindo os quatro pontos utilizados pela CETESB para a determinação da balneabilidade desta praia. Uma vez obtida esta informação, foram definidos os pontos de amostragem conforme os critérios de inclusão a seguir:

- a) Os pontos escolhidos deveriam se localizar em áreas de influência das ocupações dos morros da Enseada (Vila Júlia e Vila Baiana);
- b) Os pontos deveriam estar sem cobertura, edificações de borda ou sistema de canalização de modo a facilitar a coleta das amostras no início (influência apenas das ocupações irregulares) e no final (influência de edificações regularmente instaladas) dos canais;
- c) Foram incluídos apenas canais que apresentaram fluxo constante, sendo que as amostras só seriam coletadas na ausência de chuvas significativas nas últimas 12 horas para evitar distorções dos resultados;
- d) Como ponto controle foi escolhido curso de água a montante das ocupações da Vila Júlia e Vila Baiana, localizado o mais afastado possível de fontes antrópicas;

Após o estabelecimento destes critérios, ficou definido que seriam amostrados três canais de drenagem urbana localizados na região oeste da praia da Enseada, sendo que em cada um deles seriam coletadas duas amostras. A primeira amostra de cada canal foi coletada próxima aos morros com possíveis contaminações de esgotos das construções clandestinas da Vila Júlia e da Vila Baiana (identificados

com a letra M). Já o ponto de coleta da segunda amostra de cada canal foi localizado de modo a conter cumulativamente os esgotos dos morros clandestinos e das edificações legalizadas do bairro da Enseada, sendo coletadas próximas à praia, mas antes de atingir a areia (identificados com a letra P). Como ponto controle, foi escolhida uma nascente a montante dos pontos mencionados e praticamente isenta de contaminações antropogênicas. O Quadro 5 e Figura 5 apresentam os detalhes dos pontos de amostragem selecionados.

Quadro 5: Rede de amostragem (praia da Enseada-SP).

Canal de Amostragem (Endereço)	Identificação do Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas
Av. Silvio Daige	Ponto 1M	S 23° 59' 113 " W 46° 14' 980 "
	Ponto 1P	S 23° 59' 496 " W 46° 14' 840 "
Av. Abílio dos Santos Branco	Ponto 2M	S 23° 58' 878 " W 46° 14' 225 "
	Ponto 2P	S 23° 59' 274 " W 46° 14' 110 "
Av. Salim Farah Maluf	Ponto 3M	S 23° 58' 643 " W 46° 13' 717 "
	Ponto 3P	S 23° 59' 194 " W 46° 14' 225 "
Morro da Vila Julia	Controle	S 29° 68' 198 " W 46° 14' 998 "



Figura 5: Pontos de amostragem da praia da Enseada.

Fonte: Adaptado de Google Earth (2013).

Os locais então descritos e selecionados para a coleta das amostras apresentam os seguintes pontos de referência:

Ponto 1M: situado em frente à Rua Firmino José da Costa Neto, sendo a coleta realizada entre o cemitério da Vila Júlia e o cemitério vertical (Figura 6).



Figura 6: Detalhe da localização do ponto de coleta 1M.

Ponto 1P: fica na intersecção da Rua Silvio Daige com a Av. Miguel Stéfano, ao lado do morro Tejereba. Este canal está situado no início da praia da Enseada, não possui sistema de comportas, as suas águas apresentam coloração escura, forte odor característico de esgoto com a presença de espuma, sendo que as mesmas escoam direto para a praia causando o escurecimento da areia em frente ao canal (Figura 7).



Figura 7: Detalhe da localização do ponto de coleta 1P.

Ponto 2M: está localizado na intersecção da Rua Antônio Santos Branco com a Avenida Abílio dos Santos Branco. Em direção ao Norte deste ponto de amostragem é possível visualizar uma pequena área das ocupações irregulares que ocorreram na Vila Baiana (Figura 8). É comum a presença de lixo sólido próximo ao canal.



Figura 8: Detalhe da localização do ponto de coleta 2M.

Ponto 2P: está localizado na intersecção da Avenida Abílio dos Santos Branco com a Avenida Miguel Stefano, próximo ao posto de salvamento 3 da praia da Enseada. Apesar de estar localizado em área de alto padrão habitacional, a presença de lixo nas proximidades do canal é constante. Igualmente ao ponto 1P, este canal também não possui comportas, sua vazão é inferior aos demais e o impacto ambiental é bastante visível nas areias (Figura 9).



Figura 9: Detalhe da localização do ponto de coleta 2P.

Ponto 3M: está localizado na intersecção da Avenida Salim Farah Maluf com a Rua Manoel Alves Moraes. A Oeste deste ponto de coleta está localizada a futura sede do batalhão da polícia militar, a vazão deste canal é alta e constante, mas seu aspecto visual é típico de esgoto não tratado com coloração e odor característico (Figura 10).

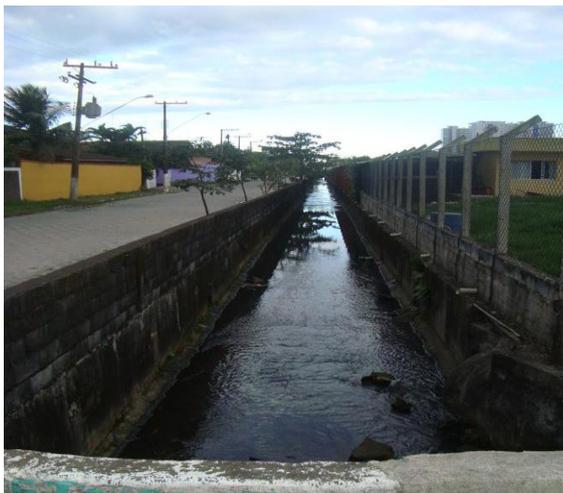


Figura 10: Detalhe da localização do ponto de coleta 3M.

Ponto 3P: está localizado na intersecção da Avenida Salim Farah Maluf com a Avenida Miguel Stefano, antes das águas chegarem à praia da Enseada. Também não possui comportas, apresenta vazão constante de águas visivelmente contaminadas (Figura 11).



Figura 11: Detalhe da localização do ponto de coleta 3P.

Ponto controle: trata-se de uma nascente com água bastante limpa e aparentemente

isenta de interferência antrópica. Está localizada em um ponto elevado do morro da Vila Júlia e à montante da zona de ocupação irregular, o que tende a protegê-la dos efeitos da ação humana.

4.2 Coleta das amostras

Para a coleta das amostras, foi utilizado um recipiente de alumínio equipado com corda de nylon, sendo que o material coletado foi transferido para diferentes recipientes em função dos testes a serem realizados. Cada alternativa de coleta e armazenagem está descrita a seguir.

a) Uma garrafa de vidro âmbar com volume de 1 litro, tampa de rosca e batoque de polietileno, destinada aos testes de óleos e graxas (OG), sendo utilizado o conteúdo total do frasco;

b) Duas garrafas de vidro âmbar com volume de 1 litro cada, tampa de rosca e batoque de polietileno, destinada aos demais testes físico-químicos previstos para a pesquisa;

c) Um frasco de vidro com volume aproximado de 350 mL, com selo de água e tampa cônica, próprio para o teste de oxigênio dissolvido (OD). Estas amostras foram coletadas logo abaixo da superfície da água para evitar a absorção de ar atmosférico. Neste frasco, o oxigênio foi fixado pela adição de $MnSO_4$ e de azida sódica logo após o momento da amostragem;

d) Para a coleta das amostras destinadas à contagem de bactérias *E. coli*, foram utilizados seis recipientes de aço inox previamente esterilizados com volume de 250 mL cada. Após a coleta, o material foi cuidadosamente transferido para seis frascos de vidro âmbar de 125 mL, previamente autoclavados no Laboratório de Biologia da Unisantia. Após a coleta, os frascos de vidro foram acondicionados em caixas de isopor com gelo.

e) Para a coleta das amostras destinadas aos testes ecotoxicológicos, também foram utilizados seis recipientes de aço inox previamente esterilizados com volume

de 250 mL cada. Após a coleta, o material foi transferido para seis frascos de vidro âmbar de 1L previamente autoclavados no Laboratório de Biologia da Unisanta. Após a coleta, os frascos foram acondicionados em caixas de isopor com gelo.

As amostras coletadas foram devidamente identificadas e imediatamente encaminhadas ao laboratório da Unisanta para análise (máximo de 1 hora).

4.3 Metodologia analítica

a) Salinidade: esta análise foi realizada por refratometria direta utilizando equipamento modelo EQ-008-02 LET fabricado pela Instruterm Instrumento de Medição Ltda. O aparelho foi calibrado com água destilada no momento do uso e o resultado é lido no próprio equipamento e expresso em partes por mil (‰).

b) Óleos e graxas: esta análise foi realizada conforme a metodologia gravimétrica 5520-B descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). Basicamente, os óleos e graxas são extraídos da amostra com três extrações seqüenciais de n-hexano utilizando um funil de separação. As frações são coletadas em um balão de destilação previamente pesado, o solvente é evaporado e os óleos e graxas são quantificados por pesagem do balão com precisão de $\pm 0,1$ mg, sendo expressos em mg/L. O n-hexano utilizado no ensaio é recuperado por destilação e reutilizado para evitar perdas e danos ambientais.

c) pH: esta determinação está relacionada com a concentração do íon H^+ nas amostras, sendo realizada por medição direta utilizando pHmetro modelo Q-400-A fabricado pela Quimis Aparelhos Científicos Ltda. equipado com eletrodo combinado de vidro modelo SC-09 calibrado com as soluções-tampão 6,86 e 9,18 no momento do uso. Os resultados são adimensionais e indicados em uma escala de 0 a 14 (APHA, 1999).

d) Oxigênio dissolvido: este parâmetro foi quantificado através da metodologia volumétrica 4500-O descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999) utilizando o método de Winkler modificado. Após a coleta da amostra em frasco de OD, o oxigênio dissolvido é fixado pela adição ainda no

local da coleta de 1,0 mL de solução de MnSO_4 e 1,0 mL de azida sódica/iodeto de potássio. Ao chegar ao laboratório, é adicionado 1,0 mL de H_2SO_4 concentrado e 200 mL da solução são titulados com $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sendo que o conteúdo de O_2 é calculado e expresso em mg/L de O_2 .

e) Nitrogênio amoniacal: a concentração deste contaminante foi determinada pela metodologia volumétrica 4500-D com destilação preliminar como descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). 500 mL da amostra são tamponados em pH 9,5 com 25 mL de tampão de borato. Em seguida, a amostra é destilada e o nitrogênio amoniacal é coletado em 50 mL de uma solução absorvente de ácido bórico. Esse destilado é titulado com o uso de um indicador colorido utilizando uma solução de H_2SO_4 0,02 normal.

f) Compostos fenólicos: para esta quantificação foi utilizado o método 5530-D por espectrofotometria visível com o uso do corante 4-aminoantipirina, conforme descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). Basicamente, são adicionados na seqüência os reagentes NH_4OH 0,5 normal, tampão fosfato com pH = 6,8, 4-aminoantipirina e solução 8 % de ferricianeto de potássio. Após 15 minutos, a leitura da absorbância é feita em espectrofotômetro visível em 500 nm e o resultado final é obtido através de uma curva de calibração, sendo os resultados expressos em mg equivalente de fenol/L.

g) Turbidez: a determinação da turbidez foi feita por método fotométrico utilizando-se turbidímetro modelo AP-2000-ir fabricado pela Policontrol Instrumentos Analíticos Ltda. A amostra sem qualquer tratamento prévio é transferida para uma cubeta de 8 cm com tampa que é acondicionada no aparelho. A leitura do resultado é direta, sendo expressa em NTU ou unidade nefelométricas de turbidez (APHA, 1999).

h) Condutividade: este parâmetro foi quantificado com a utilização de um condutímetro modelo DM-31 fabricado pela Digimed, calibrado no momento do uso com uma solução padrão de 1412 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C. Este parâmetro está relacionado com o conteúdo de compostos iônicos (sais dissolvidos na água). O resultado é lido diretamente no equipamento e expresso em $\mu\text{S}/\text{cm}$ (APHA, 1999).

i) Surfactantes aniônicos: a determinação de surfactantes foi realizada por metodologia adaptada do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) através da utilização de Kit adquirido da Alfakit (ECOKIT, 2012). Os surfactantes aniônicos são determinados como compostos que reagem com o azul de metileno (MBAS – *metilene blue active substances*) e suas concentrações são expressas como sulfonato de alquil benzeno de cadeia linear (LAS) que é utilizado como padrão. A leitura em espectrofotômetro é feita em 650 nm e os resultados são expressos em mg/L de MBAS calculados por meio de curva padrão de LAS com concentrações entre 0,3 e 5 mg/L.

j) Fosfato dissolvido: esta determinação foi realizada pelo método azul de molibdênio utilizando Kit adquirido do fabricante Alfakit (ECOKIT, 2012). As determinações foram realizadas de acordo com as instruções do fabricante, efetuando-se a leitura em espectrofotômetro em 650 nm. Os resultados foram calculados por meio de curva padrão com concentrações entre 0,3 e 10 mg/L.

k) *E. coli*: para a determinação de *Escherichia coli* e outros coliformes nas amostras, foi adotada a técnica da filtração em membranas com modificação recomendada pela CETESB (2007). As amostras coletadas foram homogeneizadas e transferidos 5 mL para um frasco contendo 45 mL de uma solução de diluição estéril. A partir da diluição anterior, transferiu-se 1 mL para um novo frasco contendo 99 mL de solução de diluição estéril, obtendo-se a diluição final de 1000 vezes a partir da amostra inicial. Em seguida, transferiu-se 10 mL para um novo frasco contendo 90 mL de solução de diluição estéril, sendo que este volume serve de suporte para a filtração. Após o procedimento de diluição, o volume total do último frasco foi filtrado através de membrana estéril com porosidade de 0,45 µm, sendo transferida para uma placa de Petri contendo o meio de cultura Ágar Biochrome Coliformes (Biolog). A placa contendo o meio de cultura e a membrana foram incubadas a 35 ± 0,5 °C durante 22-24 horas. Após a incubação, efetuou-se a contagem das colônias típicas de coliformes totais e *Escherichia coli*. Os resultados são expressos como Unidade Formadoras de Colônias (UFC) /100 mL, de acordo com a expressão:

$$\text{UFC/100 mL} = \frac{\text{número total de colônias} \times \text{diluição}}{\text{volume filtrado da amostra (mL)}} \times 100$$

l) Testes ecotoxicológicos: foram realizados através do ensaio com embriões de ouriço-do-mar (*Lytechinus variegatus*) conforme a norma brasileira NBR 15350 (ABNT, 2012). Todas as amostras incluindo o ponto controle foram analisadas em quadruplicatas.

Por se tratar de amostras de água doce, as amostras tiveram a salinidade corrigida para água salgada. A temperatura do ensaio foi de 25 ± 2 °C. Os *L. variegatus* foram inicialmente estimulados com choque elétrico de 35 volts para que liberassem seus gametas para a verificação do sexo do animal. A seguir, foi injetado KCl 0,5 molar na região perioral do ouriço, para a liberação dos gametas. Os óvulos foram coletados como suspensão em água marinha e observados ao microscópio para a verificação de sua morfologia (redondos, lisos e de tamanho homogêneo). O esperma foi coletado utilizando-se uma pipeta de Pasteur e colocado em béquer refrigerado com gelo para conservação. A fecundação foi feita adicionando-se 1 a 2 mL de esperma sobre o béquer contendo a suspensão dos óvulos. Após 5 minutos sob leve agitação para a fecundação dos ovos, coletou-se 1 mL da suspensão e diluiu-se para 100 mL de água de diluição. A suspensão foi avaliada em câmara de Sedgwick-Rafter devendo haver um mínimo de 80 % de fecundações confirmadas pela observação da membrana de fecundação. Na sequência, retirou-se 65 µL da solução de embriões recém-fecundados e adicionou-se aos tubos de ensaio que continham 10 mL de cada amostra. Os tubos de ensaio foram armazenados em câmara de germinação, permanecendo em repouso entre 24 a 28 horas para o desenvolvimento embrionário. Após este período, 100 embriões de cada amostra foram verificados para a contagem das larvas adequadamente desenvolvidas, sendo que o resultado do teste é obtido por comparação dos embriões desenvolvidos em água do mar isenta de poluentes (controle).

4.4 Tratamento estatístico

As médias, os desvios-padrão e as curvas foram obtidos utilizando-se o programa Microsoft Excel[®] for Windows[®] versão 2007. Após a finalização dos testes, foi aplicado o teste t de Student para a comparação entre as médias obtidas nos diversos ensaios ao nível de significância de 5 % ($p = 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram devidamente comparados com o ponto controle e discutidos utilizando como referência a Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 e Resolução CONAMA nº 274/2000 que define padrões de balneabilidade das praias.

Previamente aos testes deste estudo, a salinidade dos canais e do ponto controle foram medidas, encontrando-se valores bastante próximos a zero mesmo nos momentos de preá mar. Águas naturais apresentam sais em solução, sendo que as águas subterrâneas apresentam teores mais elevados dos que as águas superficiais por estarem mais expostas aos materiais solúveis presentes no solo e nas rochas (DERISIO, 2007; BAIRD, 2008). Como a Resolução CONAMA 357/2005 determina que as águas doces devam apresentar salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰, todas as amostras deste estudo foram enquadradas na categoria de águas doces classe 2.

Para evitar interpretações incorretas nas leituras dos gráficos pela existência de seis linhas demonstrativas (seis pontos amostrados), os valores diários foram separados em dois gráficos sendo um deles para os pontos M (próximos ao morro) e outro para os pontos P (próximos à praia). Como as amostras apresentaram grande variabilidade em função da atividade antropogênica, foi decidido efetuar as comparações dos pontos através de gráficos de médias históricas apresentados em conjunto com os valores diários, juntamente com a média do ponto controle (C).

5.1 Óleos e graxas

A camada de óleos e graxas que se forma na superfície das águas pode aderir nos organismos aquáticos, vindo a afetar a sua sobrevivência. O baixo grau de solubilidade desses compostos reduz a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, restringindo a transferência do oxigênio para o meio aquático e, principalmente, prejudicando a biota aeróbia (VON SPERLING, 2005).

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que óleos e graxas sejam virtualmente ausentes nas águas doces classe 2, não devendo ser perceptíveis pela visão, olfato ou paladar. A seguir estão demonstrados nas Figuras 12 e 13 os resultados de óleos e graxas para as quinze amostras analisadas, sendo possível

verificar que estes materiais estavam presentes em todas elas.

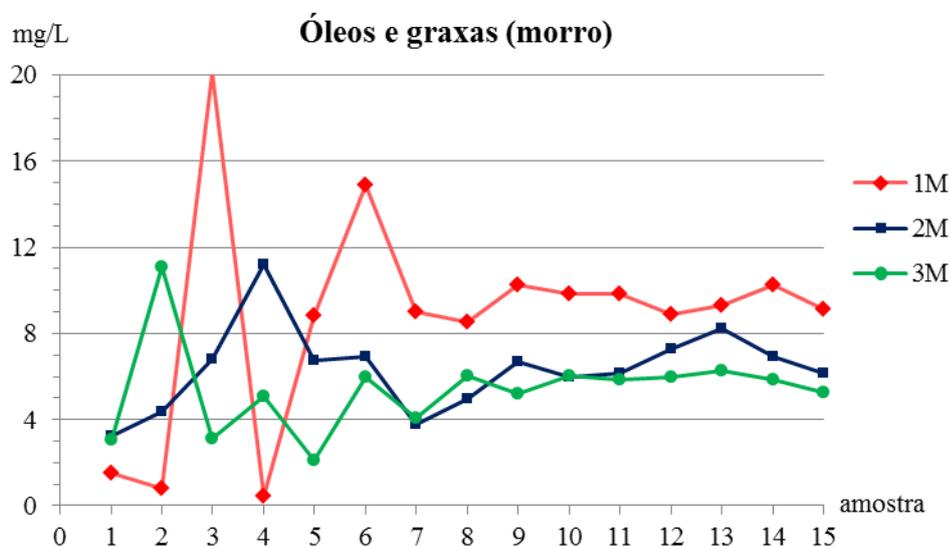


Figura 12: Resultados de óleos e graxas (morro).

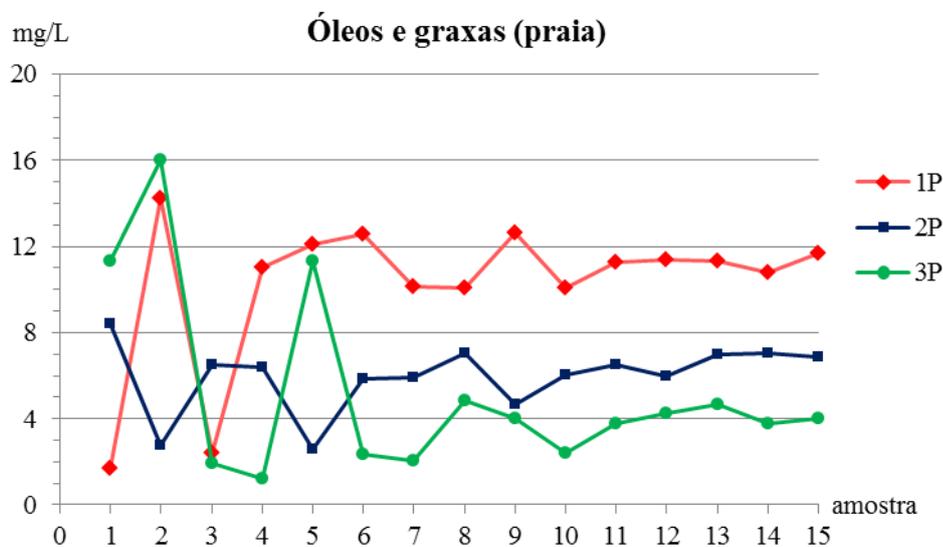


Figura 13: Resultado de óleos e graxas (praia).

Calculando-se as médias destes seis pontos amostrados ao longo do estudo, foi obtido o gráfico de médias históricas apresentado a seguir na Figura 14, a qual facilita a discussão dos resultados obtidos ($n = 15$) em relação ao ponto controle ($n=5$).

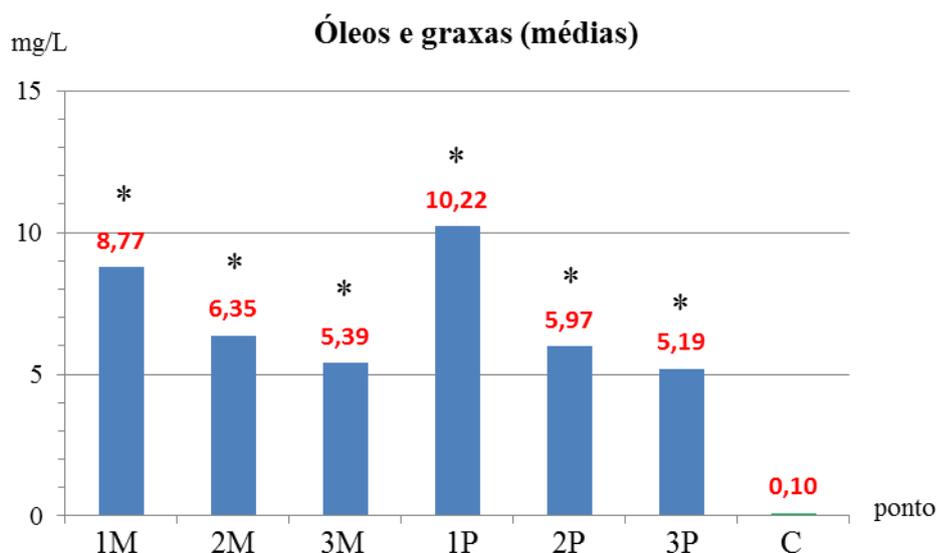


Figura 14: Resultados de óleos e graxas (médias para n = 15) e controle (n=5).

***diferença estatisticamente significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).**

Verifica-se que as médias históricas apresentaram os valores $8,77 \pm 5,06$; $6,35 \pm 1,92$ e $5,39 \pm 2,04$ mg/L para os pontos 1M, 2M e 3M respectivamente. Já para os pontos 1P, 2P e 3P as médias foram de $10,22 \pm 3,50$; $5,97 \pm 1,56$ e $5,19 \pm 4,25$ mg/L. Portanto, todas as médias se apresentaram muito acima da obtida para o ponto controle de $0,10 \pm 0,01$ mg/L.

Após a comparação das médias através do teste t de Student, verificou-se que existem evidências estatísticas de que todos os seis pontos possuem óleos e graxas superior ao ponto controle ($p = 0,017$ para o ponto 3P; $p = 0,001$ para o ponto 1M e $p < 0,001$ para os demais).

Uma vez que estas substâncias normalmente não ocorrem nas águas, a origem provável destes materiais está associada a ações humanas o que indica que os canais avaliados estão sofrendo contaminações de esgotos de origem doméstica pela ausência de indústrias e postos de gasolina no local.

Estes lançamentos indevidos podem estar provocando efeitos estéticos, biológicos e ecológicos adversos, prejudicando a qualidade ambiental das praias da Enseada, uma vez que são receptoras das águas destes canais. Durante as amostragens, foi possível observar a presença de manchas de óleos e graxas nas amostras coletadas e nas areias da praia da Enseada, principalmente nos pontos 1P e 2P.

5.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH define o caráter ácido, básico ou neutro de uma amostra. Sua influência nos ecossistemas aquáticos naturais ocorre diretamente sobre os aspectos fisiológicos dos organismos ou, indiretamente, contribuindo para a precipitação dos elementos químicos e para a toxicidade de compostos diversos (VON SPERLING, 2005).

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que o pH deva estar entre 6,0 e 9,0 em corpos classificados como águas doces de classe 2. Este limite foi estabelecido em função da faixa ideal de H^+ para a manutenção da vida, sendo que valores fora desta faixa considerada como fisiológica podem afetar sobremaneira as funções vitais da biota encontrada nestes meios.

Após a coleta e quantificação das amostras, verificou-se que os valores diários obtidos não apresentaram grandes oscilações de pH, com valores entre 6,80 e 7,33, estando dentro da faixa preconizada pela Resolução CONAMA 357/2005 descrita acima.

Como ácidos e bases se neutralizam mutuamente, o fato das amostras se apresentarem com pH na faixa requerida não garante que estes materiais não estejam sendo despejados nos canais. As Figuras 15 e 16 apresentam os valores diários obtidos após as quinze campanhas de coleta de amostras.

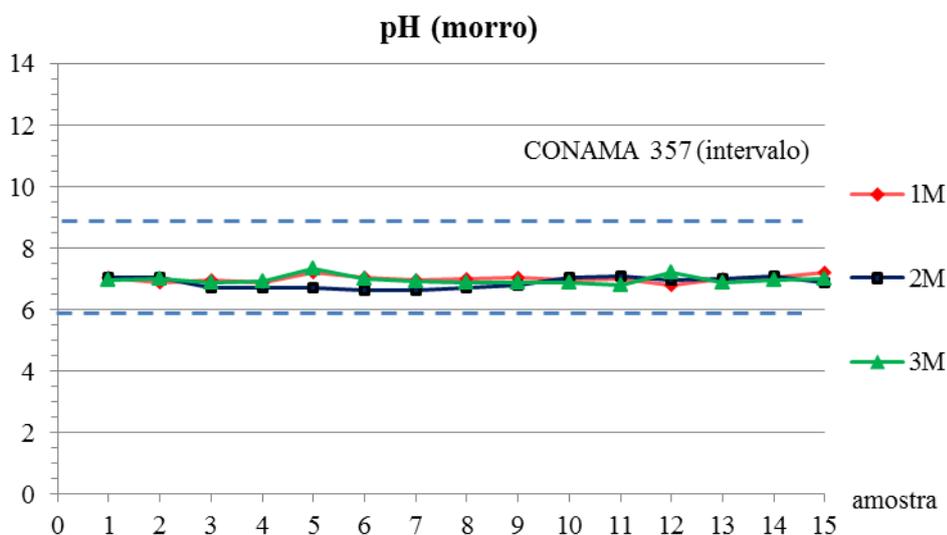


Figura 15: Resultados de pH (morro).

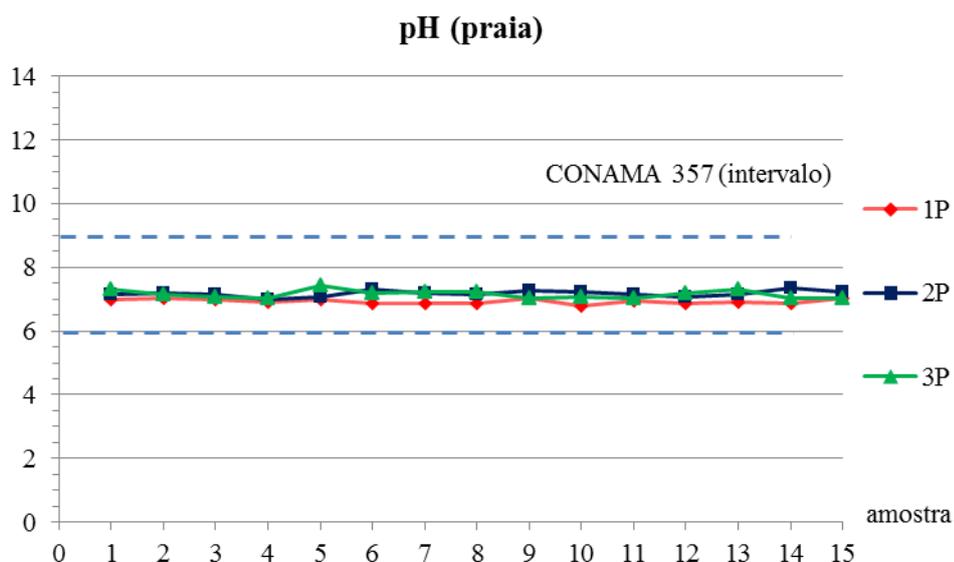


Figura 16: Resultados de pH (praia).

Utilizando os valores diários para os pontos amostrados, foi preparado o gráfico de médias históricas (n=15) visto na Figura 17. Na mesma figura, observou-se que o ponto controle (C) apresentou valor médio ligeiramente inferior ao estabelecido na legislação.

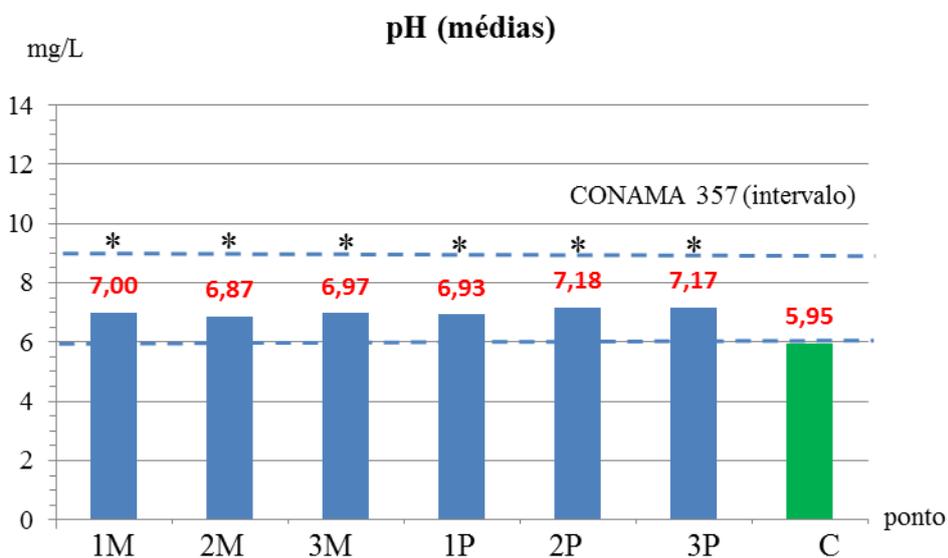


Figura 17: Resultados de pH (médias para n = 15) e controle (n=5).

*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).

Neste gráfico pode ser verificada a homogeneidade dos valores médios encontrados nos seis pontos avaliados ($7,0 \pm 0,11$ ponto 1M; $6,87 \pm 0,17$ ponto 2M;

6,97 ± 0,13 ponto 3M; 6,93 ± 0,01 ponto 1P; 7,18 ± 0,09 ponto 2P; 7,17 ± 0,13 ponto 3P) enquanto que o ponto controle que apresentou média de 5,95 ± 0,05. Como o ponto controle não sofre ações antropogênicas, uma possível explicação de sua média abaixo dos limites estabelecidos e dos próprios canais avaliados seria a ocorrência de algum depósito mineral com características ácidas na sua nascente. Após a realização do teste t de Student foi possível verificar que todos os seis pontos possuem médias de pH diferentes em relação ao ponto controle, o que estatisticamente evidencia a alteração desta variável nas águas destes canais ($p < 0,001$) para todos os pontos analisados.

Recursos hídricos com $\text{pH} \geq 8,5$ apresenta uma vigorosa fotossíntese; pH entre 8,5 e 6,5 pode ser considerado um ambiente normal; pH entre 6,0 e 5,5 está sob risco; pH 5,6 equivalente ao pH da água da chuva; 5,4 a 5,0 estado crítico e $\leq 5,0$ trata-se de um ambiente acidificado, com tendência a afetar a reprodução de peixes e, em alguns casos, leva-los à morte.

5.3 Oxigênio dissolvido

A matéria orgânica biodegradável existente nas águas pode ser degradada por organismos decompositores presentes no meio aquático. De uma forma geral, esta decomposição é feita por bactérias aeróbias que simultaneamente consomem o oxigênio existente na água. Na ausência de oxigênio dissolvido, a biota se limita a comunidades de microrganismos anaeróbios que substituem o oxigênio por outros oxidantes como o NO_3^- (SPERLING, 2005).

Em águas doces de classe 2, o nível de oxigênio dissolvido deve ser maior ou igual a 5,0 mg/L, conforme preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005. Os valores diários dos pontos avaliados estão demonstrados nas Figuras 18 e 19.

Para uma grande biodiversidade, incluindo os peixes, a concentração de oxigênio dissolvido deve ser maior que 5,0 mg/L, sendo o mínimo esperado de 6,0 mg/L. Em recursos hídricos com valores de OD inferiores a 2 mg/L só sobrevivem os peixes mais resistentes.

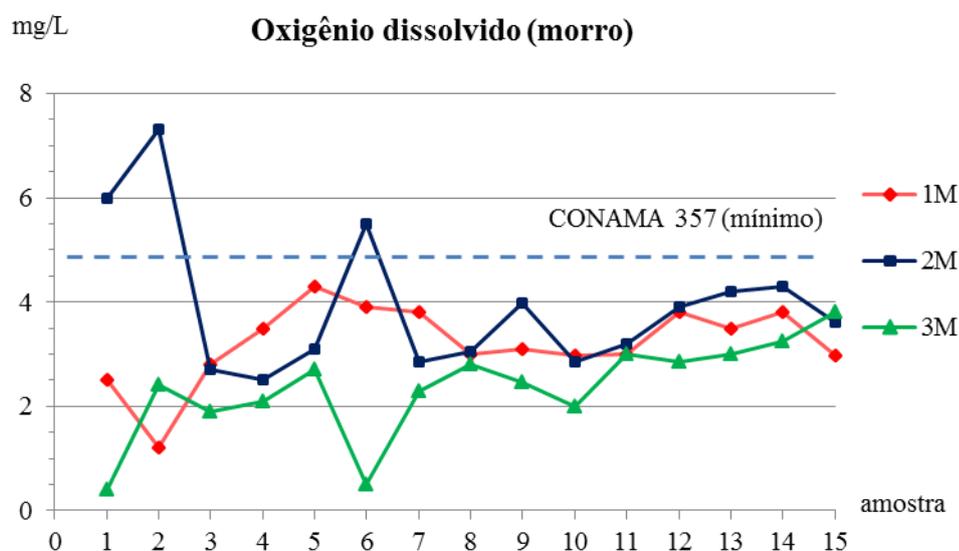


Figura 18: Resultados de oxigênio dissolvido (morro).

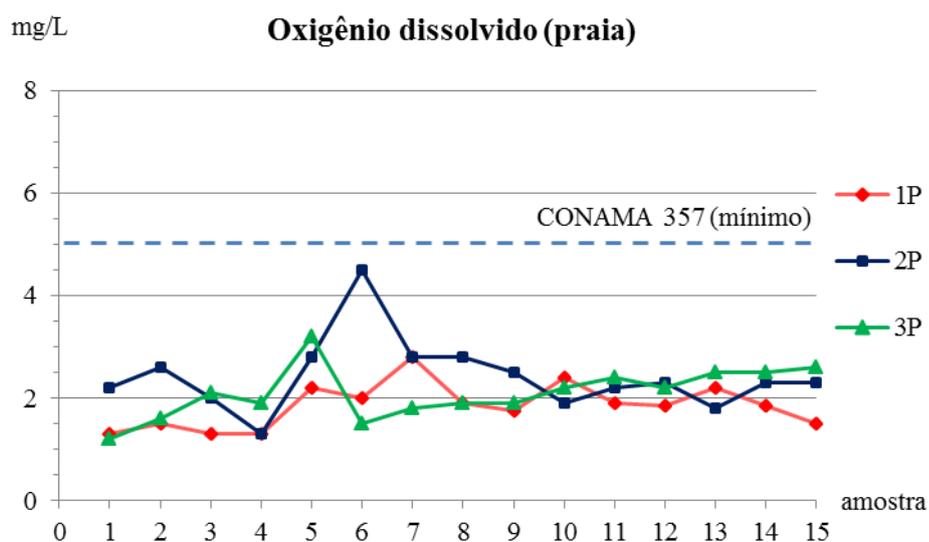


Figura 19: Resultados de oxigênio dissolvido (praia).

Verifica-se que a maioria dos resultados de OD apresentou valores em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o que pode ser claramente visto na Figura 20 que apresenta os valores médios das quinze amostragens realizadas. Já o ponto controle apresentou média dentro dos limites estabelecidos.

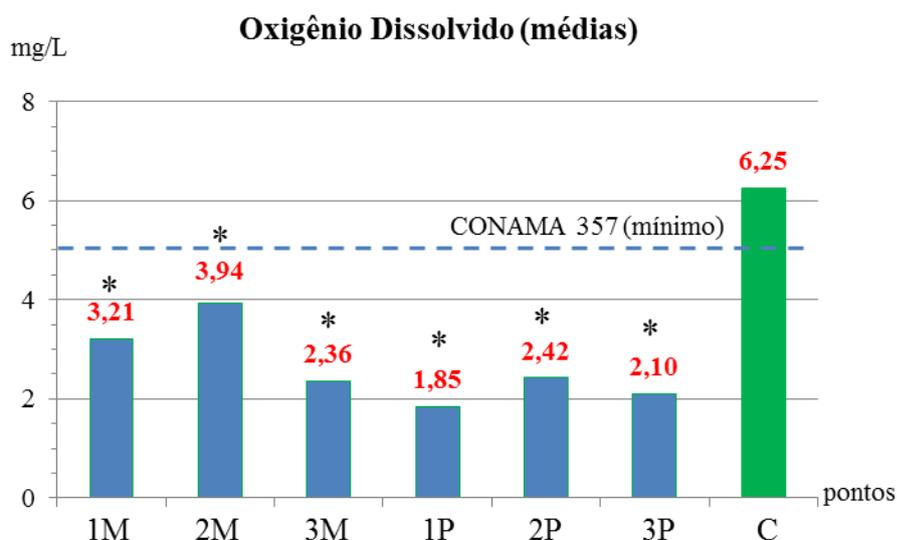


Figura 20: Resultados de oxigênio dissolvido (médias para n = 15) e controle (n=5).

***diferença estatisticamente significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).**

Neste parâmetro, a média para o ponto controle foi de $6,25 \pm 0,14$ mg O₂/L, bastante aceitável uma vez que esta nascente não possui elementos geológicos que possam aumentar a concentração de OD como corredeiras ou quedas de água. Para os pontos 1M, 2M e 3M, as médias encontradas foram de $3,21 \pm 0,75$; $3,94 \pm 1,77$ e $2,36 \pm 0,93$ mg O₂/L enquanto que os pontos 1P, 2P e 3P apresentaram médias de $1,85 \pm 0,43$; $2,42 \pm 0,70$ e $2,10 \pm 0,50$ mgO₂/L respectivamente. A comparação destas médias através do teste t de Student indicou que existem evidências estatísticas que todos os pontos amostrados apresentam oxigênio dissolvido inferior ao ponto controle ($p = 0,002$ para o ponto 2M, $p < 0,001$ para os demais). A possibilidade mais plausível para esta redução do oxigênio dissolvido seria a presença de materiais orgânicos nos canais de drenagem advindos de esgotos domésticos, os quais poderiam estar aumentando a presença de bactérias aeróbias que, por terem natureza não avaliada, poderiam resultar em consequências imprevisíveis.

5.4 Nitrogênio amoniacal

O elemento químico nitrogênio participa da formação de diversas moléculas de natureza orgânica no metabolismo dos seres vivos. Desta forma, o mesmo pode ser encontrado no meio aquático na forma orgânica como proteínas e aminoácidos e na

forma inorgânica como amônia, nitrito e nitrato gerados em decomposições dos seres vivos (BRAGA et al., 2005).

As Figuras 21 e 22 apresentam os resultados diários obtidos nas análises de nitrogênio amoniacal que representa a soma de NH_3 e NH_4^+ .

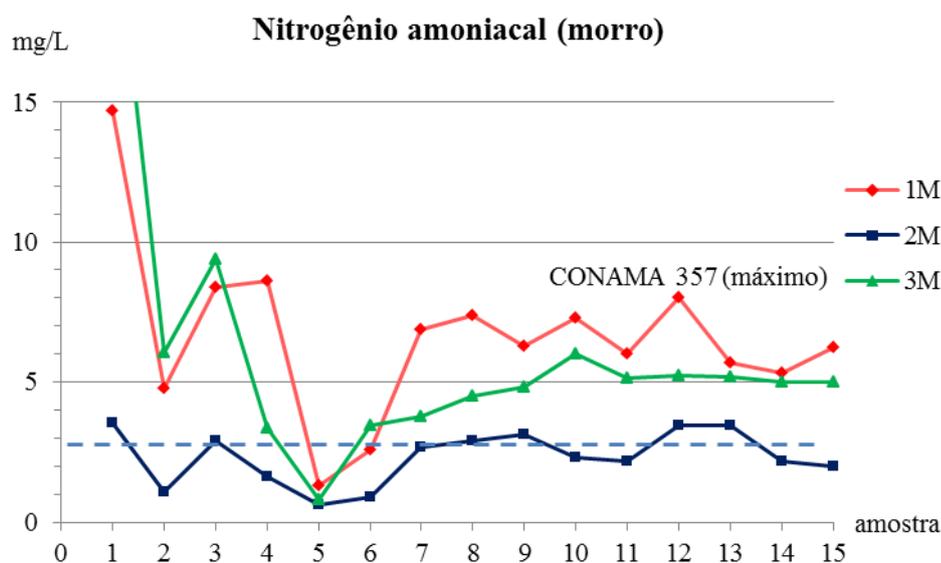


Figura 21: Resultados de nitrogênio amoniacal (morro).

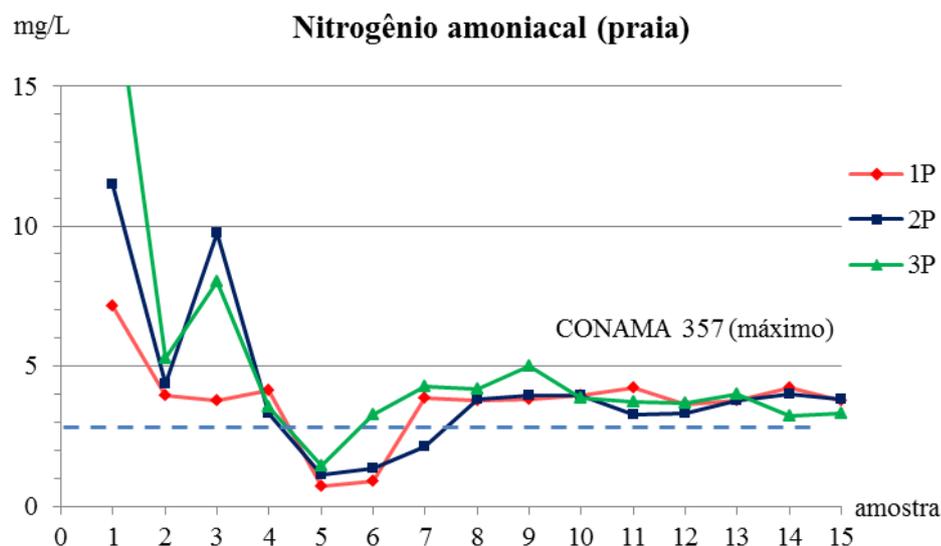


Figura 22: Resultados de nitrogênio amoniacal (praia).

Pelos resultados encontrados, observa-se que a grande maioria das amostras apresentaram resultados em desacordo com a resolução CONAMA 357/2005 cujo limite é de 3,7 mg/L de nitrogênio para $\text{pH} \leq 7,5$. Com os valores diários foi

elaborada a Figura 23 que apresenta os resultados médios obtidos para os seis pontos amostrados (n = 15) e para o ponto controle (n=5).

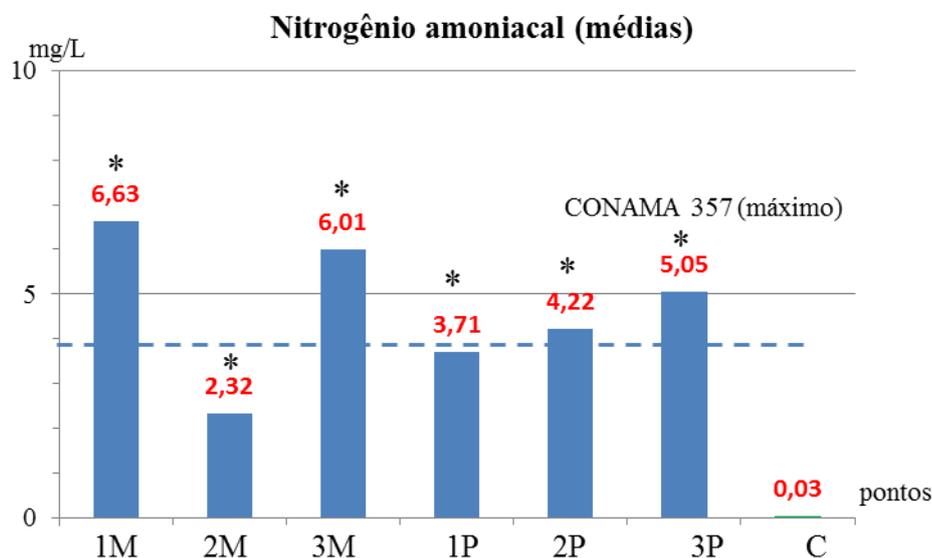


Figura 23: Resultados de nitrogênio amoniacal (médias para n = 15) e controle (n=5).

***diferença estatisticamente significativa em relação ao controle (p < 0,05).**

Para os pontos coletados no morro, as médias obtidas foram de $6,63 \pm 3,01$ (1M); $2,32 \pm 0,96$ (2M) e $6,01 \pm 4,91$ mg/L (3M) enquanto que para os pontos coletados na praia, as médias foram de $3,71 \pm 1,45$ (1P); $4,22 \pm 2,79$ (2P) e $5,05 \pm 4,14$ mg/L (3P). Desta forma é possível constatar que com exceção do ponto 2M, todos os demais apresentaram médias acima do preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005. A média para o ponto controle foi igual a 0,03 mg/L N com desvio padrão inferior a 0,01 mg/L N, bastante reduzida como esperado e dentro do limite da legislação. Após a realização do teste t de Student comparando-se as médias dos canais com o ponto controle, obtiveram-se evidências estatisticamente significativas de poluição por amônia em todos os canais (p = 0,016 ponto 3P; 0,015 ponto 2M; 0,004 ponto 2P; p < 0,001 demais pontos).

Segundo a Cetesb (2012), a amônia provoca o consumo do oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente. Este parâmetro pode ser indicador de lançamentos de efluentes orgânicos ou inorgânicos. Sendo assim, os baixos índices de OD obtidos neste estudo podem estar diretamente relacionados aos altos valores de amônia. A amônia pode ser acumulada nos tecidos dos peixes, podendo causar efeitos secundários como alteração do metabolismo. De acordo

com Kubitza (1999), a exposição contínua dos peixes a concentrações de amônia acima de 0,02 mg/L pode causar intensa irritação e inflamação nas brânquias. Valores de amônia não ionizada acima de 0,20 mg/L já são suficientes para induzir toxicidade crônica e levar à diminuição do crescimento. Exposição aguda de amônia entre 0,70 e 2,40 mg/L pode ser letais para os peixes.

5.5 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos compreendem uma grande variedade de substâncias orgânicas que têm, em comum, pelo menos um grupo hidroxila ligados a um anel aromático. Tais produtos são largamente encontrados em esgotos domésticos e industriais (DERISIO, 2007).

O padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 é de 0,003 mg/L (ou 3 µg/L) para águas doces classe 2, sendo que as Figuras 24 e 25 apresentam os resultados obtidos nas quinze análises de cada canal.

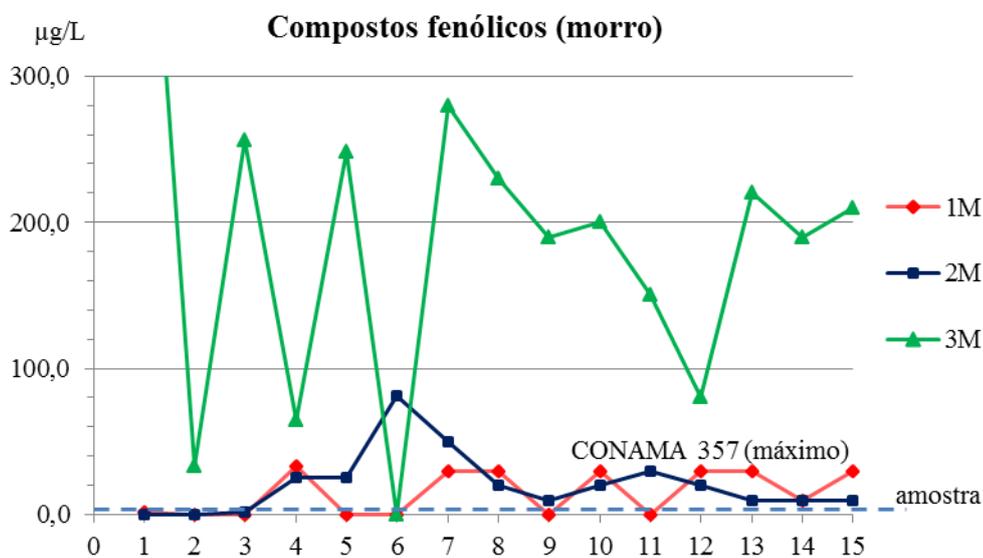


Figura 24: Resultados de compostos fenólicos (morro).

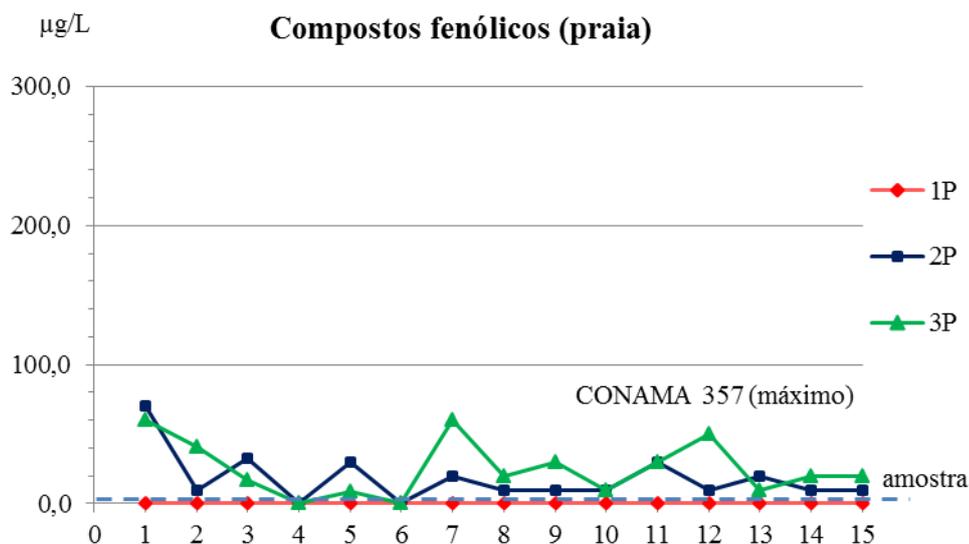


Figura 25: Resultados de compostos fenólicos (praia).

Verifica-se que, com exceção do ponto 1P que apresentou resultados nulos em todas as amostragens, a maior parte dos resultados está largamente em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005. Este fato pode ser visualizado na Figura 26 que apresenta os valores médios de cada canal em comparação ao controle.

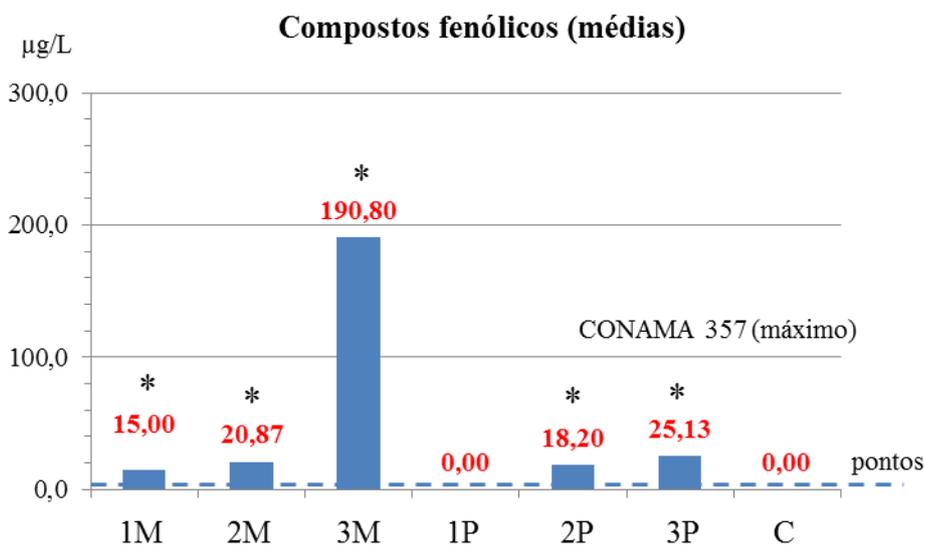


Figura 26: Resultados de compostos fenólicos (médias para n = 15) e controle (n=5).

*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).

As médias obtidas para os canais avaliados foram de $15,00 \pm 15,16$ (1M); $20,87 \pm 21,19$ (2M); $190,80 \pm 122,85$ (3M); isento no ponto 1P; $18,20 \pm 17,57$ (2P) e $25,13 \pm 17,78$ $\mu\text{g/L}$ para o ponto (3P), verificando-se altas dispersões diárias que refletiram em altos desvios padrão. Já a média para o ponto controle foi nula, uma vez que todas as amostragens resultaram em isenção deste contaminante.

A aplicação do teste t de Student apresentou indícios estatisticamente significativos que todas as médias dos canais foram diferentes da média do controle exceto o ponto 1P ($p = 0,040$ 1M; $p = 0,030$ 2M, $p = 0,003$ 3M; $p = 0,578$ 1P; $p = 0,040$ 2P; $p = 0,010$ 3P). Este fato já podia ser antecipado através das Figuras 24 a 26, pois todos os canais apresentaram a altas contaminações por compostos fenólicos com exceção do ponto 1P (valores nulos nas 15 amostragens).

Os compostos fenólicos são tóxicos podendo afetar a fauna aquática. Seu acúmulo no tecido adiposo dos peixes causa sabor desagradável ao pescado mesmo em concentrações abaixo de 1 mg/L (DERISIO, 2007). Na presença desses contaminantes, os peixes passam a apresentar movimentos natatórios rápidos, convulsões, podendo levar o animal à morte (CETESB, 2012). Segundo Damato (2001), os resultados de toxicidade aguda realizados para determinar CL50 para 96 horas de exposição para peixes de águas doces nos Estados Unidos indicaram valores de $5,0 \text{ mg/L}$ para *Salmo gairdineri*.

5.6 Turbidez

Turbidez é a medida da capacidade da água em dispersar a luz em função da existência de partículas sólidas em suspensão. Quando sedimentadas, estas partículas podem se aglomerar formando flocos de lodo que propiciam a digestão anaeróbia dos materiais biodegradáveis presentes na água. Outra consequência possível é a redução da penetração da luz, afetando as comunidades fotossintetizadoras (VON SPERLING, 2005).

A Resolução do CONAMA 357/2005 estabelece o limite de 100 NTU para águas doces classe 2, sendo que as Figuras 27 e 28 apresentam estes resultados para as quinze amostras coletadas em cada um dos pontos selecionados neste estudo.

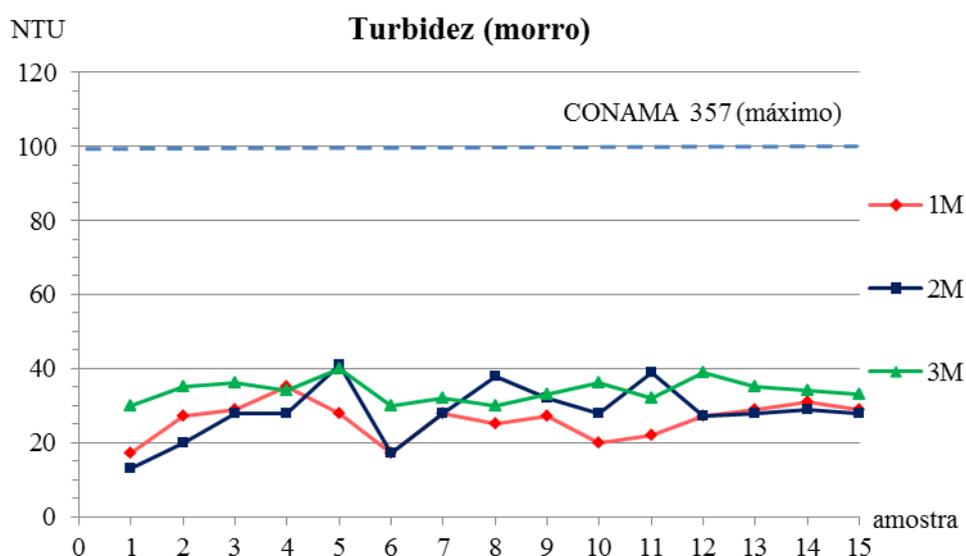


Figura 27: Resultados de turbidez (morro).

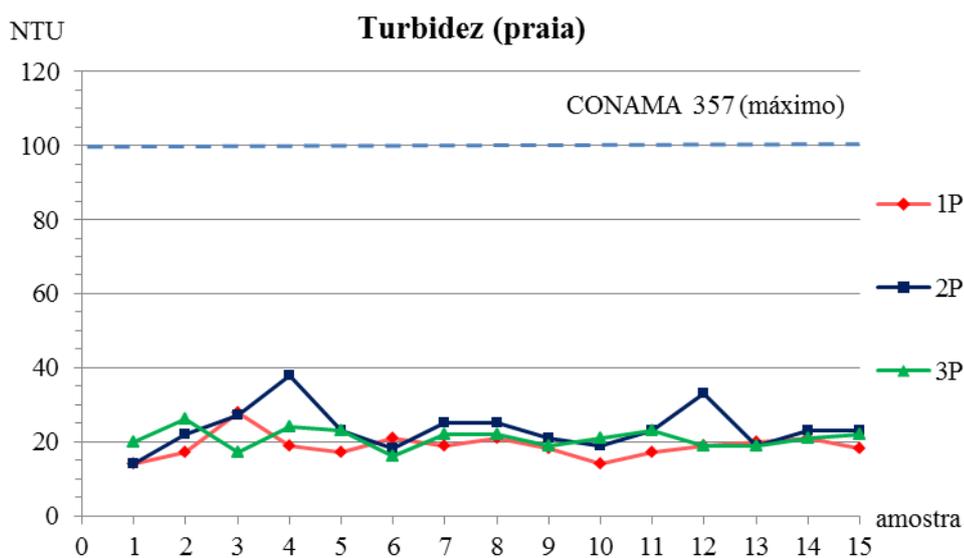


Figura 28: Resultados de turbidez (praia).

Verifica-se que todos os resultados obtidos se apresentaram dentro do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005. À partir destes resultados, foi elaborada a Figura 29 apresenta os valores médios obtidos para os canais (n=15) e para o ponto controle (n=5).

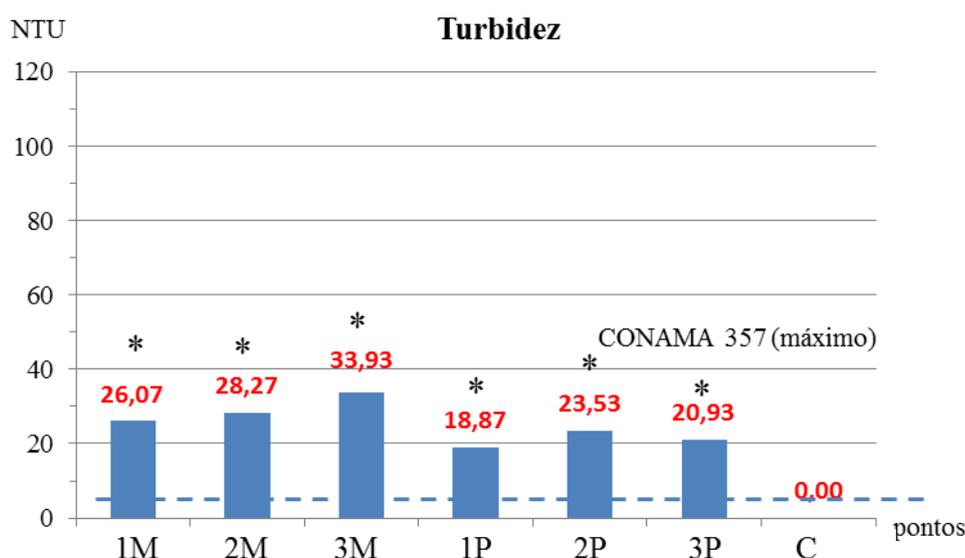


Figura 29: Resultados de turbidez (médias para n = 15) e controle (n=5).

***diferença estatisticamente significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).**

As médias obtidas para os pontos 1M, 2M e 3M foram de $26,07 \pm 5,06$; $28,27 \pm 7,64$ e $33,93 \pm 3,03$ mg/L respectivamente. Já para os pontos 1P, 2P e 3P as médias obtidas foram iguais a $18,87 \pm 3,36$; $23,53 \pm 5,90$ e $20,93 \pm 2,66$ mg/L, sendo que a média para o ponto controle foi nula ($n = 5$). Embora nos seis canais a turbidez esteja abaixo dos limites da resolução CONAMA 357/2005, ainda assim foi possível constatar diferença estatisticamente significativa entre os canais e o ponto controle (teste t de Student, $p < 0,001$ para todos os seis pontos) pela existência de partículas suspensas.

Nestes canais, estas partículas em suspensão podem estar sendo originadas em efluentes domésticos contendo matéria orgânica, podendo haver uma correlação deste parâmetro com os resultados reduzidos de OD. Além disso, estas partículas podem estar associadas à presença de microrganismos em suspensão, podendo apresentar patogenicidade e provocar doenças de veiculação hídrica não avaliadas neste estudo (VON SPERLING, 2005; DERISO, 2007).

Estas partículas também podem ser compostas de substâncias inorgânicas e conter, por exemplo, silte e argila que são nocivas aos peixes por provocarem obstrução das brânquias, podendo levá-los à morte por asfixia. Locais com alta turbidez limita a quantidade de alimento disponível no meio ao reduzir a penetração de luz, o que afeta toda a cadeia alimentar (CETESB, 2012).

5.7 Condutividade

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade do meio aquático em conduzir corrente elétrica em função da concentração dos íons presentes, sendo influenciada pela temperatura e pelo pH (VON SPERLING 2005; DERISIO, 2007).

A Resolução CONAMA 357/2005 não estabelece limites para a variável condutividade, sendo que as Figuras 30 e 31 apresentam os resultados obtidos nas 15 amostras coletadas em cada ponto.

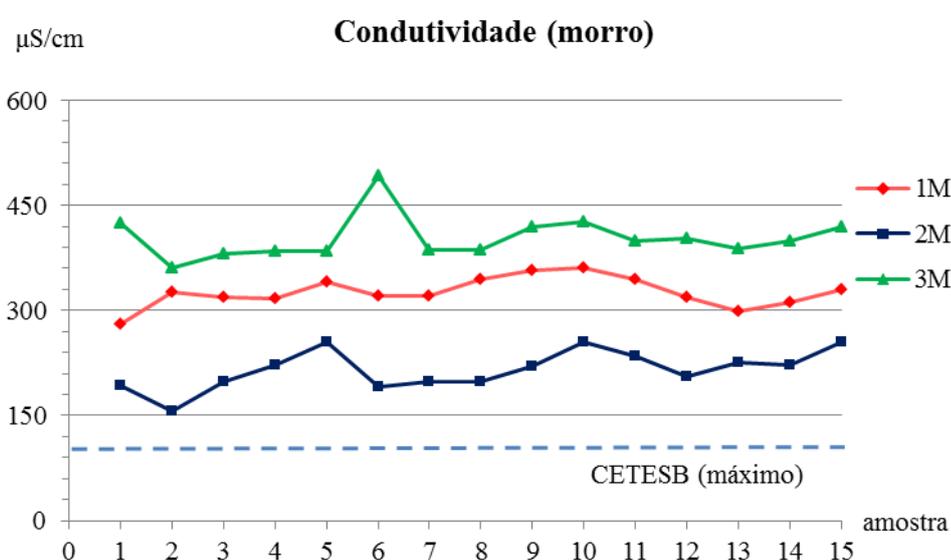


Figura 30: Resultados de condutividade (morro).

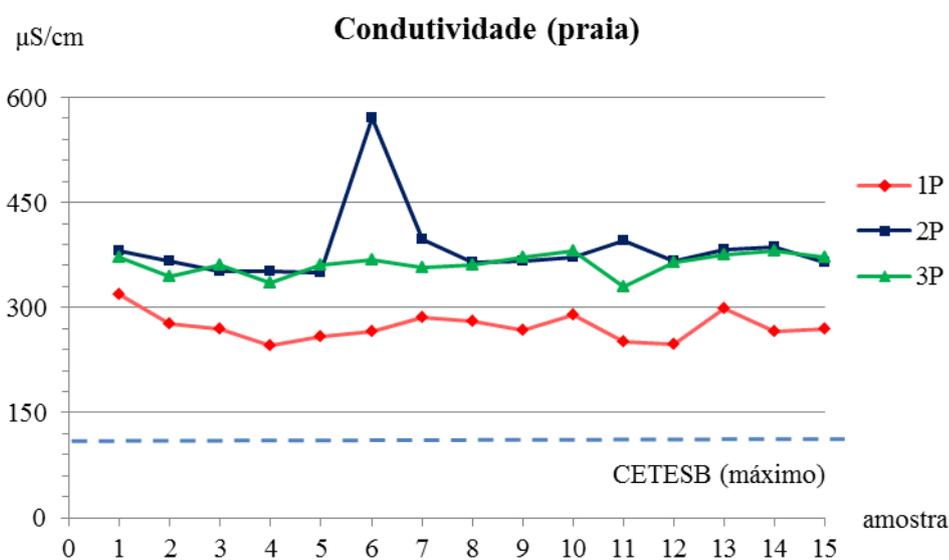


Figura 31: Resultados de condutividade (praia).

Embora a resolução CONAMA 357/2005 não estabeleça limites para este parâmetro, a CETESB relaciona níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com ambientes impactados (CETESB, 2012). Desta forma, é possível verificar que todas as amostras estão acima do preconizado pela CETESB, com valores oscilando entre 157 e 571 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A figura 32 apresenta os resultados médios da variável para os canais (n=15) e para o ponto controle (n=5).

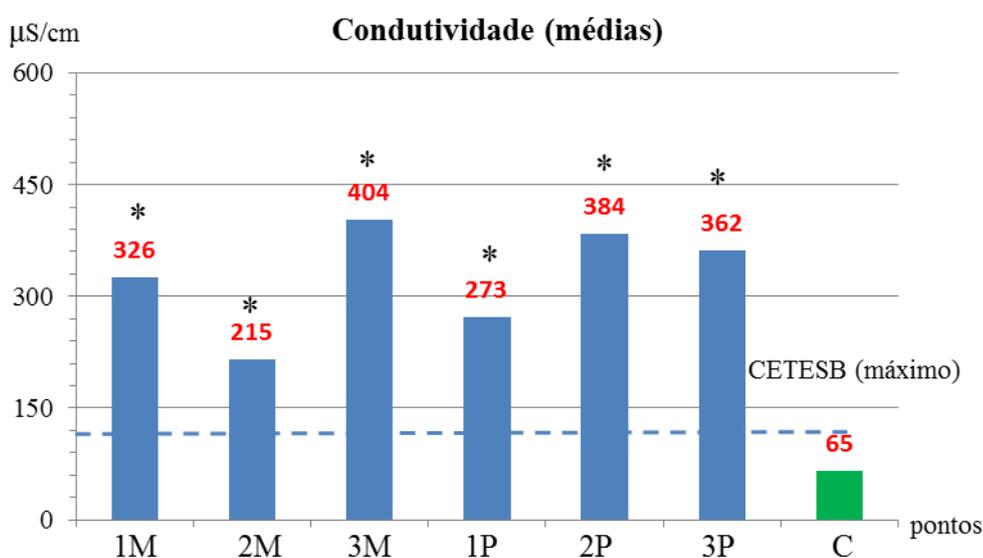


Figura 32: Resultados de condutividade (médias para n = 15) e controle (n=5).

***diferença estatisticamente significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).**

As médias obtidas para a condutividade foram de 326 ± 21 (1M); 215 ± 27 (2M); 404 ± 31 (3M); 273 ± 20 (1P); 384 ± 54 (2P) e 362 ± 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (3P). Já a média para o ponto controle foi de 65 ± 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (n = 5). Desta forma e em concordância com o padrão da CETESB, após a comparação entre as médias dos canais e do controle através do teste t de Student, observaram-se evidências estatísticas que sugerem a existência de poluição nos canais, uma vez que obteve-se $p < 0,001$ em todos os seis pontos amostrados. A condutividade não discrimina quais são os íons presentes em água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras (VON SPERLING, 2005).

Os valores elevados de condutividade provavelmente estão relacionados à emissão de esgoto doméstico clandestinos no local. Tais despejos, provenientes em sua maioria de residências, compõem-se basicamente de urina, fezes, restos de

alimentos, sabão, detergentes e águas de lavagem, contendo elevada quantidade de matéria orgânica, que contribuem para a entrada, no corpo d'água, de espécies iônicas como cálcio, magnésio, potássio, sódio, fosfatos, carbonatos, sulfatos, cloretos, nitratos, nitritos e amônia, dentre outras (GUIMARÃES & NOUR, 2001). Sendo assim, este parâmetro também contribuiu para a indicação da presença de poluentes nos canais de drenagem analisados no presente estudo.

5.8 Surfactantes aniônicos

Os surfactantes do tipo aniônico são os mais utilizados nas indústrias e ambientes domésticos, podendo representar até 75 % do consumo total de surfactantes no mundo. Devido ao seu grande uso, os surfactantes aniônicos são frequentemente encontrados em efluentes domésticos, bem como nos corpos hídricos receptores, pois os tratamentos de efluentes no Brasil não possuem uma etapa para a remoção dos mesmos (LEWIS, 2001).

O limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 é de 0,5 mg/L para águas doces classe 2. As Figuras 33 e 34 apresentam os resultados obtidos nas quinze análises para surfactantes aniônicos realizadas em cada ponto selecionado no estudo.

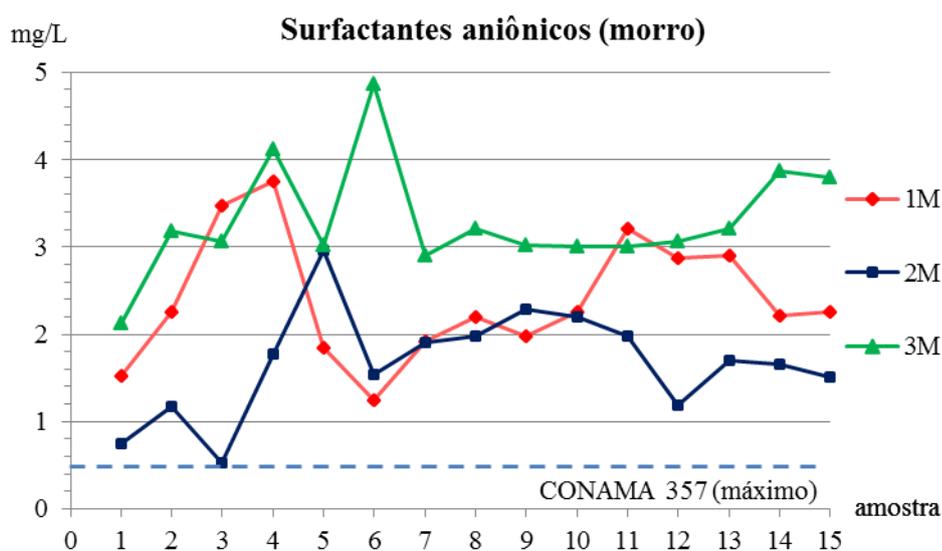


Figura 33: Resultados de surfactantes aniônicos (morro).

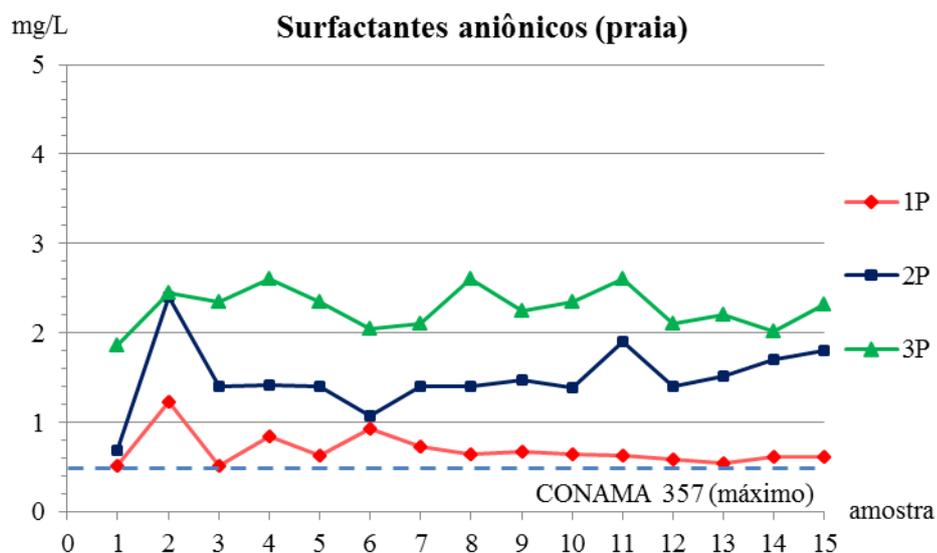


Figura 34: Resultados de surfactantes aniônicos (praia).

A partir dos resultados obtidos, foi possível afirmar que todas as amostras apresentaram valores acima do preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005, oscilando entre 0,51 e 4,86 mg/L. A Figura 35 apresenta os resultados médios para os canais (n=15) e para o ponto controle (n=5).

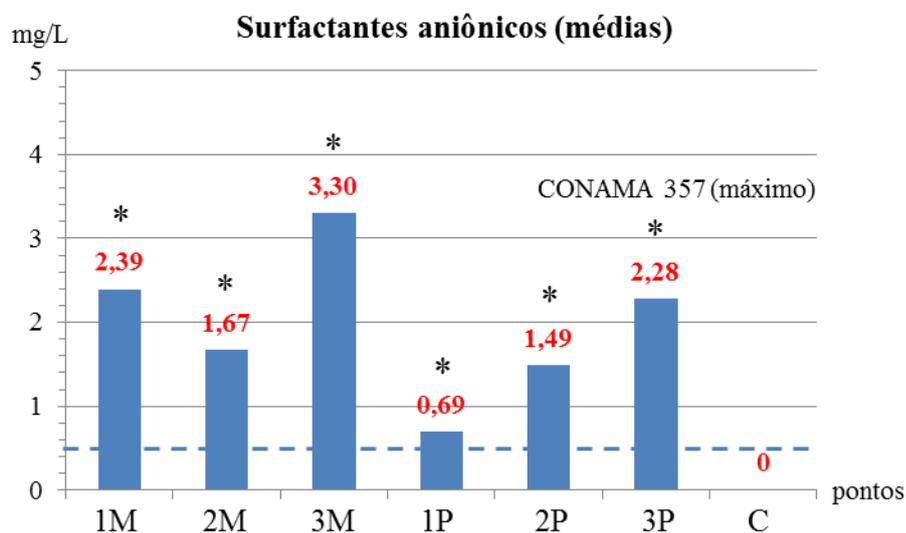


Figura 35: Resultados de surfactantes aniônicos (médias para n = 15) e controle (n=5).

*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).

As médias obtidas para os seis pontos foram: $2,39 \pm 0,71$ (1M); $1,67 \pm 0,61$ (2M); $3,30 \pm 0,64$ (3M); $0,69 \pm 0,19$ (1P); $1,49 \pm 0,38$ (2P) e $2,28 \pm 0,23$ mg/L (3P). Já

a média para o ponto controle foi nula ($n = 5$). Os resultados deste parâmetro evidenciam que as médias dos canais apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação ao controle pelo teste t de Student ($p < 0,001$ para todos os canais).

Espumas são claramente visíveis principalmente nos pontos 1M, 2M e 3M que estão localizados nas áreas dos morros. Nestes locais, as águas sofrem ação de turbilhonamento ao longo das encostas, propiciando as condições para a formação destas espumas. É importante frisar que, conforme a Resolução CONAMA 357/2005, espumas são não objetáveis, ou seja, não podem ser visíveis. Os detergentes têm sido responsabilizados também pela aceleração da eutrofização, pois a maioria deles possui fosfatos com ação espessante em suas formulações. Sabe-se que os detergentes exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas (BRAGA et al., 2005; LIBANO, 2010).

A Figura 36 apresenta o canal da Avenida D. Pedro I que é receptora das águas dos pontos 1M, 2M e 3M, onde é possível se observar a eutrofização intensa destas águas.



Figura 36: Eutrofização no canal da Avenida D. Pedro I.

5.9 Fosfato dissolvido

Em comparação com outros componentes estruturais dos seres vivos, o fosfato é o menos abundante e em geral o principal fator limitante à vida dos sistemas hídricos (BAIRD, 2008).

Em relação à Resolução CONAMA 357/2005, utilizou-se como referência para o presente estudo o valor de fósforo total para ambiente intermediários

(movimentação das águas) cujo limite é de 0,050 mg/L. As Figuras 37 e 38 apresentam os resultados obtidos nas quinze análises da variável fosfato dissolvido nos canais avaliados.

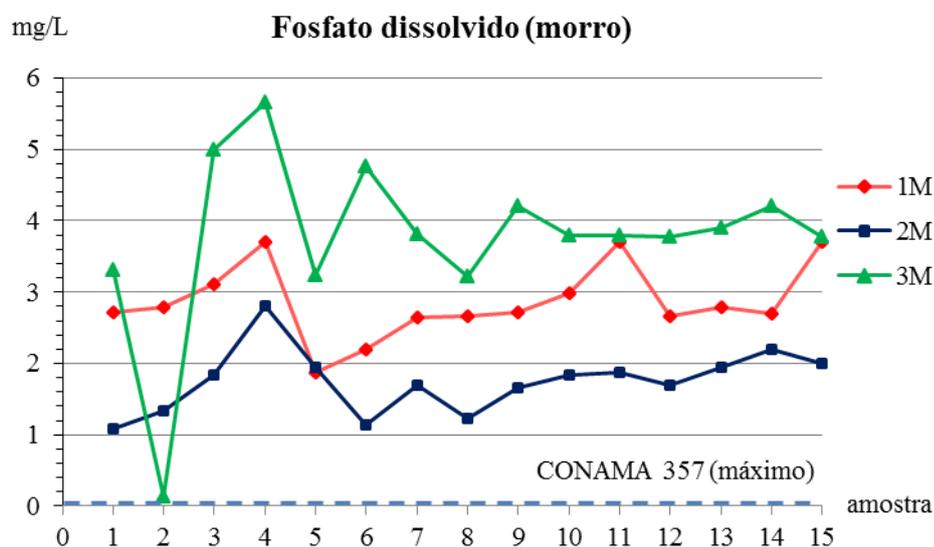


Figura 37: Resultados de fosfato dissolvido (morro).

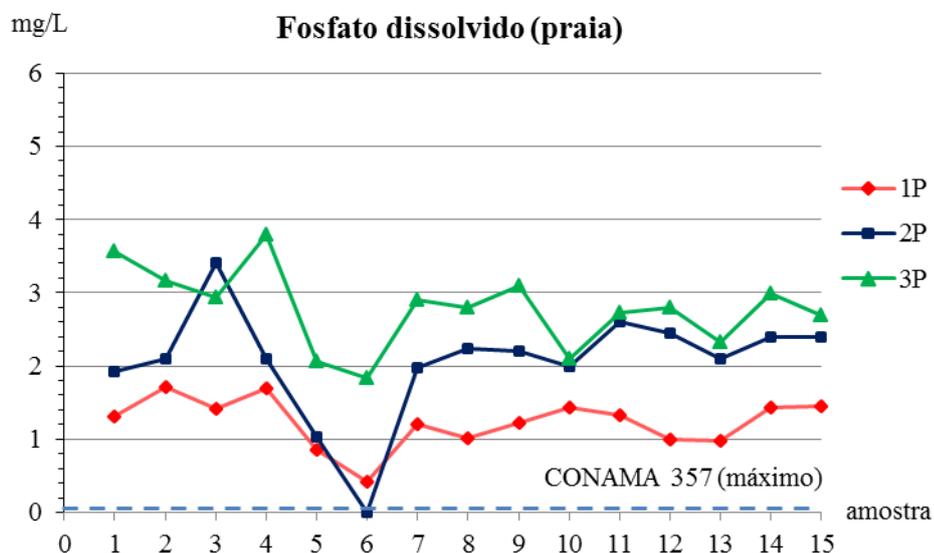


Figura 38: Resultados de fosfato dissolvido (praias).

Pelos resultados obtidos, é possível observar que todas as amostras estiveram acima do preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005, com valores variando entre 0,43 e 5,66 mg/L de fósforo.

A Figura 39 apresenta os valores médios obtidos para os canais (n= 15) e para o ponto controle (n=5).

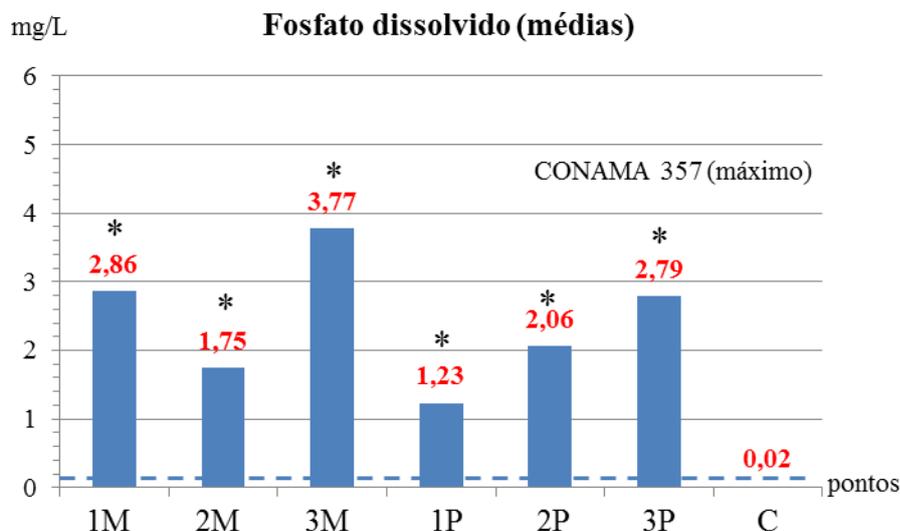


Figura 39: Resultados de fosfato dissolvido (médias para n = 15) e controle (n=5).

*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).

As médias obtidas para os seis pontos foram iguais a $2,86 \pm 0,52$ (1M); $1,75 \pm 0,44$ (2M); $3,77 \pm 1,21$ (3M); $1,23 \pm 0,34$ (1P); $2,06 \pm 0,75$ (2P) e $2,79 \pm 0,54$ mg/L (3P) enquanto que a média para o ponto controle foi de $0,02 \pm 0,01$ mg/L de fosfatos (n = 5). Após a realização do teste t de Student foi possível verificar diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos canais e do controle ($p < 0,001$ para todos os pontos).

O excesso de fosfatos nas águas pode ser responsável pela eutrofização, reduzindo a fotossíntese e o oxigênio dissolvido, o que pode levar a morte dos peixes e outras colônias (BRAGA et al., 2005). A Figura 36 apresentada anteriormente demonstra este fato no canal de Av. D. Pedro I.

5.10 *Escherichia coli*

A *Escherichia coli* é uma bactéria abundante nas fezes dos mamíferos, incluindo os humanos, tendo sido encontradas em esgotos, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente. A Resolução CONAMA 274/2000 estabelece o limite máximo de $0,2 \times 10^4$ UFC/100 mL de água para este microrganismo (SALES, 2005; ZIESE et al. 2000).

As Figuras 40 e 41 apresentam os resultados para *E. coli* nas 15 amostras coletadas para cada canal.

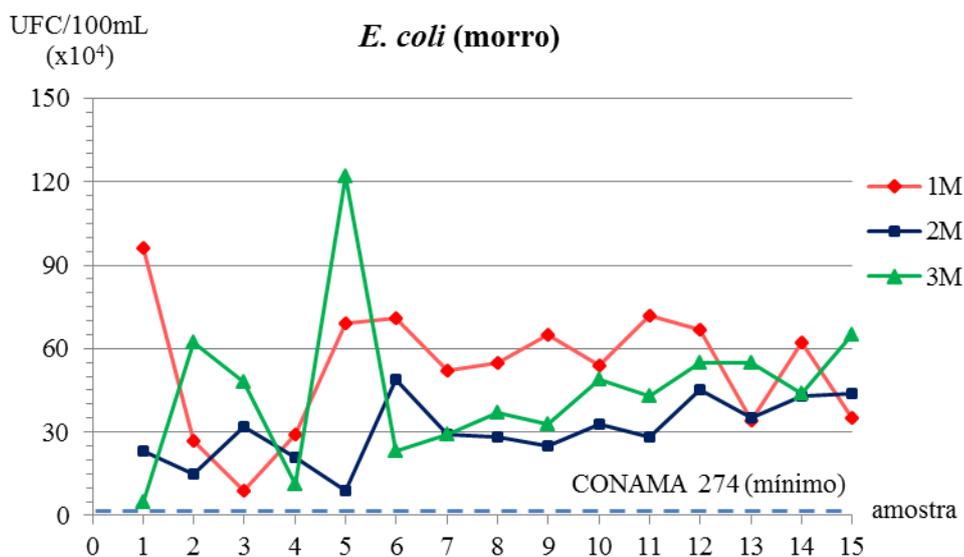


Figura 40: Resultados de *E. coli* (morro).

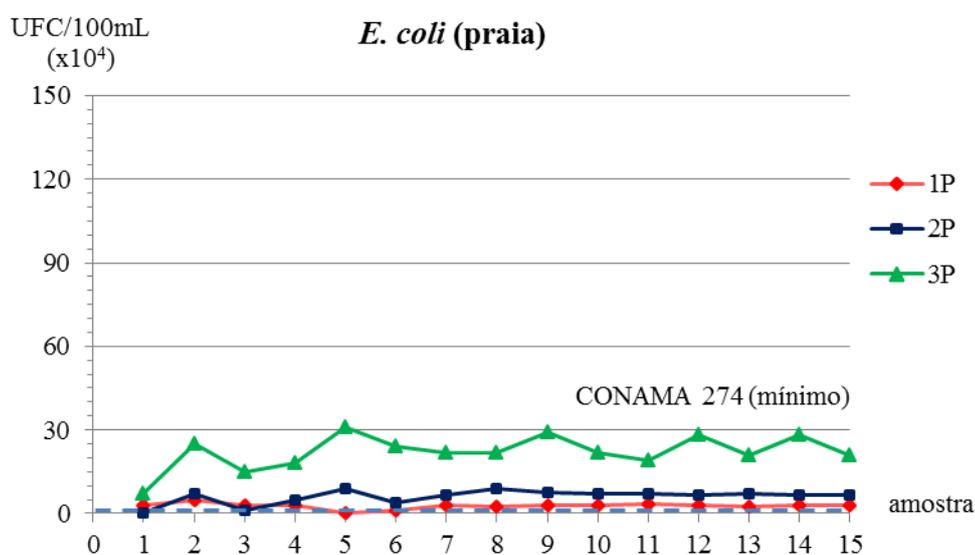


Figura 41: Resultados de *E. coli* (praia).

Pelos dados obtidos nas 15 amostras de cada canal pode ser observado que todos os pontos apresentaram valores muito acima do preconizado pela Resolução CONAMA 274/2000, variando entre $1,0 \times 10^4$ e $122,0 \times 10^4$ UFC/100 mL. Estes valores estão entre 5 e 610 vezes acima do preconizado, indicando situação altamente prejudicial ao meio ambiente e à saúde pública das pessoas expostas à estas águas. A Figura 42 apresenta as médias obtidas para esta variável para os canais ($n=15$) e para o ponto controle ($n=5$).

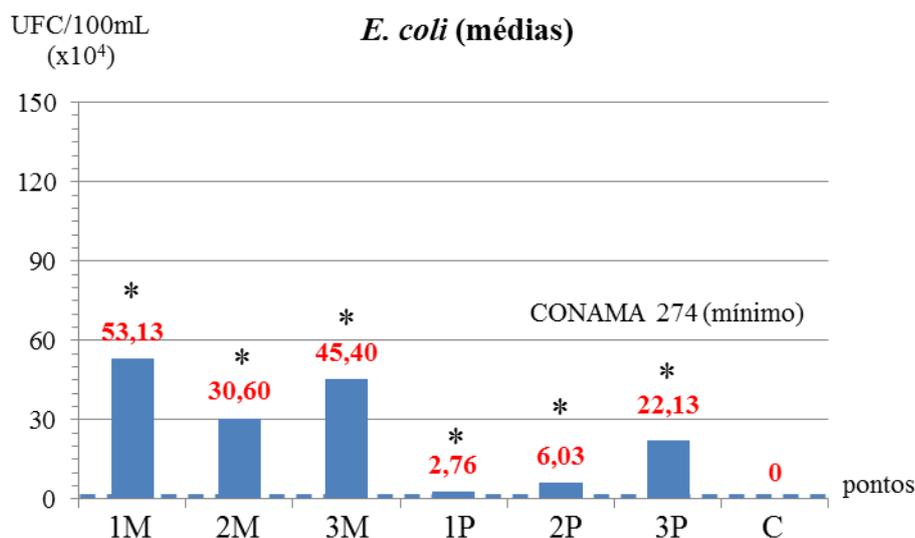


Figura 42: Resultados de *E. coli* (médias para n = 15) e controle (n=5).

***diferença estatisticamente significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).**

As médias obtidas para os pontos do morro foram de $53,13 \pm 22,50$ (1M); $30,60 \pm 11,38$ (2M) e $45,40 \pm 27,45$ (3M) $\times 10^4$ UFC/100 mL. Já para os pontos 1P, 2P e 3P, as médias foram iguais a $2,76 \pm 1,08$; $6,03 \pm 2,57$ e $22,13 \pm 6,07$ $\times 10^4$ UFC/100 mL respectivamente, sendo que a média para o ponto controle foi nula. Constatou-se que os valores obtidos nos pontos M foram bastante superiores aos obtidos nos pontos P. Possível explicação para este fato seria associada à condição sócio-econômica dos habitantes de cada região. Como os habitantes das encostas dos morros possuem menor poder aquisitivo o que foi constatado *in loco* durante a coleta das amostras, os gastos com produtos sanitários provavelmente são menores que os efetuados pelos habitantes das residências mais próximas à praia. Como muitos destes produtos sanitários apresentam potentes bactericidas em suas fórmulas, os mesmos poderiam estar reduzindo os níveis de *E. coli*.

Após a realização do teste t de Student comparando as médias dos canais com o controle foi possível constatar que há evidências estatísticas que as médias dos canais são superiores à do controle ($p < 0,001$ para todos os pontos). Estes resultados sugerem a ocorrência de contaminações destes cursos de água por *E. coli* o que consiste em um problema de grande relevância para a saúde pública pois todos estes canais são afluentes à praia sem prévio tratamento (VON SPERLING, 2005).

Segundo Cerqueira & Horta (1999), a *E. coli* está presente nas fezes humanas em percentuais entre 96 a 99 %. Como os valores de *E. coli* nos canais foram muito altos, é possível supor a presença de fezes humanas nos mesmos, sugerindo a possível presença de outros agentes icteológicos como vírus e bactérias causadores de doenças de veiculação hídrica como pneumonias, hepatites, amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifoide, hepatite infecciosa e cólera, dentre outras (HIRATA, 2002; MANAFI, 1996). Algumas linhagens patogênicas de *E. coli* podem causar diarreias moderadas a severas, colite hemorrágica grave e síndrome hemolítica urêmica (SHU) levando o indivíduo à morte quando o tratamento não é efetuado corretamente e em tempo hábil (ZIESE et al. 2000).

5.11 Testes ecotoxicológicos

Cada vez mais, testes ecotoxicológicos têm sido utilizados na avaliação da toxicidade de corpos hídricos, pois os mesmos conseguem mensurar os efeitos deletérios sinérgicos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades que constituem a biosfera (OLIVI, 2008). Após a salinização das amostras e do ponto de controle conforme o item 4.3.I, as mesmas foram utilizadas em testes com larvas recém-fertilizadas de ouriços do mar, juntamente com uma referência contendo água do mar não contaminada. Após a incubação observou-se que nenhuma das amostras desta pesquisa apresentou o desenvolvimento esperado para os embriões (Quadro 6).

Quadro 6 – Resultados dos testes ecotoxicológicos

Ponto	Contagem (R1)	Contagem (R2)	Contagem (R3)	Contagem (R4)
Referência	81	71	78	87
1M	0	0	0	0
2M	0	0	0	0
3M	0	0	0	0
1P	0	0	0	0
2P	0	0	0	0
3P	0	0	0	0
Controle	0	0	0	0

Estes resultados indicaram que todas as amostras dos canais incluindo o ponto controle poderão estar causando efeitos negativos ao serem lançados no oceano, como visualizado nas Figuras 7, 9 e 11. Para maior segurança, os testes foram repetidos com novas amostras, sendo obtidos os mesmos resultados. Fato não explicado é que o ponto controle também apresentou toxicidade ao meio marinho apesar dos resultados físico-químicos do mesmo ter sido nulos ou dentro dos aceitos pela legislação vigente.

Independente dos resultados, a escolha de um organismo marinho para os testes deve-se ao fato de que os canais são lançados no oceano sem qualquer tratamento.

5.12 Contribuições para o Projeto Revitalização Socioambiental do Guarujá

Com a evidência dos impactos ambientais detectados nos cursos de água avaliados, tornou-se relevante citar as possíveis recomendações de ações socioambientais para a melhoria da região, as quais estão descritas a seguir.

a) Instalação de interceptor oceânico: similar ao que ocorre nos canais de drenagem urbana de Santos que possuem ligações a um interceptor oceânico que lança os esgotos a grande distância das praias após passar por uma estação de pré-condicionamento na EPC do José Menino (SABESP, 2010), é recomendado que o poder público do Guarujá providencie a construção de um interceptor oceânico neste município, interligando os canais da Enseada ao mesmo, reduzindo as possibilidades do lançamento de efluentes clandestinos no oceano como verificado neste estudo e melhorado a balneabilidade com reflexos diretos na saúde pública, turismo e economia do município;

b) Instalação de sistema de comportas: complementarmente à instalação do interceptor, é importante a instalação de sistema de comportas antes do ponto de contato das águas dos canais com a areia da praia, semelhantes aos existentes no município de Santos (SABESP, 2010), havendo a redução do escoamento direto de poluentes para a praia da Enseada;

c) Criação de áreas de preservação permanente: ao longo deste estudo foram identificadas quatro nascentes nos morros da Vila Júlia e Vila Baiana sem nenhum

tipo de proteção, sendo que uma delas foi utilizada como ponto controle. Por se tratar de águas de extrema relevância ambiental, perene e formadora de cursos de águas superficiais que cortam os bairros da Enseada, é fundamental que ações de proteção sejam realizadas. Conforme determinado pelo Código Florestal Brasileiro criado através da Lei nº 12.651/2012, são consideradas áreas de preservação permanente o entorno das nascentes, qualquer que seja a sua situação topográfica, no raio mínimo de cinquenta metros. Sendo assim, é preciso recuperar estas nascentes degradadas para que se possa garantir a obtenção de água com qualidade;

d) Análise da qualidade da água para consumo humano: das quatro nascentes que foram encontradas nos morros, uma delas localizada na Vila Júlia possui cerca de dez bombas instaladas de maneira irregular e que conduzem água para o consumo nas residências locais (Figura 43). Como não há avaliação sobre a qualidade desta água, é importante que instituições públicas e/ou privadas realizem estas análises, apresentando os resultados à comunidade;



Figura 43: Captação irregular de água em nascente da Vila Júlia.

e) Programas de educação ambiental: é desejado que a Prefeitura Municipal do Guarujá, por meio da Secretaria de Meio Ambiente, intensifique os programas de informação ambiental junto à comunidade, discutindo os problemas relacionados à saúde e ao meio ambiente devido ao lançamento indevido de resíduos sólidos nos morros e canais. Durante os quatro meses de trabalho de coleta das amostras foram observadas constantes disposições inadequadas de resíduos sólidos nas encostas dos morros e nas ruas ao longo dos canais, os quais podem ser carregados com a

água da chuva durante os períodos chuvosos (Figura 44).



Figura 44: Disposição de lixo irregular no morro da Enseada.

6. CONCLUSÕES

Após a execução de pesquisa que culminou na elaboração desta dissertação, foi possível obter as conclusões sumarizadas a seguir:

- a) Todas as variáveis avaliadas indicaram de forma estatisticamente significativa a ocorrência de poluição causada pelos efluentes clandestinos advindos das ocupações irregulares da Vila Júlia e Vila Baiana, evidenciando a deficiência na coleta e tratamento dos efluentes domésticos da região Oeste da Praia da Enseada, com possíveis reflexos diretos na saúde, meio ambiente, turismo e economia do município do Guarujá;
- b) Os resultados analíticos apontaram diversas infrações ambientais na área avaliada, conforme preconizado na Lei dos Crimes Ambientais (Lei nº 9605/1998);
- c) Conforme os testes ecotoxicológicos, há evidências de agressões ao meio marinho causadas pelo lançamento *in natura* de esgotos nos canais que desembocam nas águas da Praia da Enseada.

Para estudos futuros, a sugestão é que outros canais da Praia da Enseada possam ser avaliados, de modo a analisar a qualidade das águas sob influência de outras comunidades localizadas de forma irregular na região dos morros da Enseada. Tais estudos podem ser posteriormente ampliados para toda a sub-bacia 13 ao longo dos 19 Km de extensão das 24 praias do Guarujá, permitindo um diagnóstico integrado da qualidade das águas do Guarujá, suprindo o poder público e demais instituições que atuam a favor da melhoria da região, de relevantes informações em prol da recuperação socioambiental do Município.

7. REFERÊNCIAS

- APHA – AWWA – WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20^o st ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, 1999.
- APHA – AWWA – WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. **Anionic surfactants as MBAS**. 21^o st ed. Washington DC: American Public Health Association, 2005.
- ARCURI, A. **Benzeno: experiências nacionais e internacionais**. São Paulo: Fundacentro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15350– Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica de curta duração – Método de ensaio com ouriço-do-mar (Echinodermata: Echinoidea)**. Rio de Janeiro, 2012.
- AURELIANO, T. J. **Balneabilidade das Praias de Pernambuco: O núcleo Metropolitano**. Dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais. UFP. Recife, 2000.
- AZEVEDO, H. **A Baixada Santista, Aspectos Históricos e Geográficos**, São Paulo: USP, 1964.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 4^o. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BRAGA, B et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2^o. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n° 357, de 17 março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA Resolução n° 274, de 29 de novembro de 2000. **Dispõe sobre os padrões de balneabilidade das praias**. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2000.
- BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos**

- Hídricos.** Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 1997.
- BRASIL. Lei n. 9605 de 08 de setembro de 1998. **Institui a Lei dos Crimes Ambientais.** Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 1998.
- BRASIL. Lei n. 12.651 de abril de 2012. **Altera a Lei n. 4.771 de 1965 o Código Florestal Brasileiro.** Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2012.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente do Brasil – **Secretaria de Recursos Hídricos. Avaliação das águas do Brasil,** Brasília: SRH, 2008.
- CAVINATTO, V. M. **Estudos do meio físico sub-bacia 13. EIA/RIMA do Terminal Portuário Do Guarujá (TPG).** Econsult Estudos Ambientais. Guarujá, 2008.
- CERQUEIRA, D. A., HORTA, M. C. S., **Coliformes fecais não existem.** Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Rede de monitoramento CETESB (Guarujá/SP).** São Paulo, 2012. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Imagens-satelite-praias/guaruja.jpg>>. Acesso em 15 de fev. de 2013.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **L5.241: coliformes totais determinação pela técnica de membrana filtrante – método de ensaio.** São Paulo, 2007. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br> >. Acesso em 20 de mar. de 2013.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de balneabilidade das praias paulista.** São Paulo, 2012. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br/> >. Acesso em 17 de mar. de 2013.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo.** São Paulo, 2012. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br/> >. Acesso em 23 de mar. de 2013.
- COSTA, B. S. **Decisão do CONAMA foi pelo bom senso.** Rio de Janeiro: ABES, 2008.
- DAMASCENO, M. de B. **Pérola ao Sol: apontamento para uma história de Guarujá/SP.** Guarujá: Edição PMG, 2010.
- DAMATO, M. **O emprego de indicadores biológicos na determinação de**

- poluentes orgânicos perigosos.** São Paulo: RETC, 2001.
- DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 3^o. ed. São Paulo: Signus, 2007.
- ECOKIT – **Controle de qualidade da água.** Santa Catarina, 2012. Disponível em: <<http://www.alfakit.com.br>>. Acesso em: 10 de jun. de 2013.
- FIGUEIREDO, M. G. **A água na transmissão de doenças.** São Paulo, 2002.1 CD-ROM.
- GOOGLE. Google Earth website. 2013. **Pontos de amostragem praia da Enseada.** Disponível em: < <http://earth.google.com>>. Acesso em 17 de maio de 2013.
- GRANZIERA, M. L. M. **Direito de Águas e Meio Ambiente.** São Paulo: Ícone, 1993.
- GUARUJÁ. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico.** Relatório 3.Secretaria de Saneamento e Energia. Guarujá: Prefeitura Municipal do Guarujá, 2010.
- GUIMARÃES, J. R. & NOUR, E. A. A. **Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza.** São Paulo: Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental, 2001.
- HIRATA, R. **Mapeamento de vulnerabilidade de risco de poluição das águas subterrâneas no estado de São Paulo.** São Paulo : IG / CETESB / DAEE, 2002.
- IBGE. **Censo Demográfico, pesquisa nacional.** Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 de fev. de 2013.
- IBGE. **Rios mais poluídos do Brasil, pesquisa nacional.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 de jul. de 2013.
- IBGE. **Sinopse do censo demográfico: pesquisa nacional de saneamento básico.** Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 23 de jul. de 2013.
- KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes.** 3^o ed. Jundiaí: Degaspari, 1999.
- LEWIS, M. A. **Chronic and sublethal toxicities of surfactants to aquatic animals: a review and risk assessment.** Water. Res, 2001.
- LIBANO, M. **Fundamentos da Qualidade e Tratamento da Água.** 3^o ed. Campinas: Átomo, 2010.
- MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro.** 9^o. ed. São Paulo: Malheiros, 2001.
- MANAFI, M. **Fluorogenic and chromogenic enzyme substrates in culture media**

- and identification tests.** International Journal of Food and Microbiology, 1996.
- MEDAUAR, O. **Coletânea de Legislação de Direito Ambiental.** 5ª ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2006.
- MELE, J. L. **Projeto de Revitalização Sócioambiental.** Guarujá, 2009.1 CD-ROM.
- MILARÉ, É. **Direito do Ambiente.** 4º. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2005.
- NOVO MILÊNIO. **Praia da Enseada com pouca ocupação em 1942.** Santos, 2007.
Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/guaruja/gfotos/gh019z.jpg>>. Acesso em 12 de mar. de 2013.
- OLIVEIRA, R. C. de. **Impactos da Urbanização no Sistema Hidrológico: Inundações no Município do Guarujá/SP.** Guarujá: Revista Geográfica da América, 2011.1 CD-ROM.
- OLIVI, C. **A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação.** Vol. 31. Nº 07. São Paulo: Química Nova, 2008.
- OMS. Organização Mundial de Saúde. **Saneamento Ambiental em 2009.** 2009.
Disponível em: <<http://www.who.int/world-health-day/2004/archives/en/>>. Acesso em 10 de jul. de 2013.
- RENNÓ, C. R. A. **Resolução CONAMA nº430 de 13 de maio de 2011 sobre emissão de efluentes. O quê mudou?.** Revista DAE, vol. 187. São Paulo: Sabesp, 2011.
- RUBINGER, C. F. **Seleção de métodos biológicos para avaliação toxicológica de efluentes industriais. 2009.** Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. UFMG. Minas Gerais, 2009.
- SABESP. **Plano de Saneamento da Baixada Santista – 2000 a 2010.** 2010.
Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/default.aspx>>. Acesso em 20 de abr. de 2013.
- SARLET, I. W. **As resoluções do CONAMA e o princípio da legalidade: a proteção ambiental à luz da segurança jurídica.** Revista Jurídica, v. 10, n. 90. Brasília: Ed. Esp., 2008.
- SALES, A. E. T. **Estudos da Balneabilidade das Praias Urbanas do Município de Natal- Durante o ano de 2005:** Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária. UFRGN. Rio Grande do Norte, 2005.
- SÃO PAULO. **Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências**

- correlatas.** Estado de São Paulo, Poder Executivo, SP, 22/11/1977.
- SNIS. **Diagnóstico de água e esgoto: Brasil em 2012.** 2012. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: 20 de jul. de 2013.
- SOUZA, H. **O Saneamento das Águas no Brasil.** In: **O Estado das Águas no Brasil.** Brasília: ANEEL, 2005.
- SUZUKI, E. **Investigação do surto de diarreia no município do Guarujá/sp, Dezembro de 2009 a Fevereiro de 2011.** Guarujá: Divisão de Doenças de Veiculação Hídrica e Alimentar, 2011.
- TEIXEIRA, W. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2000.
- VAZ, A. O. **Guarujá – três momentos de uma mesma história.** 2ª ed. Modificada e Corrigida. Guarujá: AFAG, 2010.
- VIEIRA, C. M. **Guarujá: Ilha do Sol.** Santos: Espaço do Autor, 2004.
- VILLA, J. **Plano de Bacia Hidrográfica 2008/2011 da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista.** Santos: DAEE, Comitê BS, FEHIDRO, 2008.
- VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos,** v.02. Minas Gerais: ABES, 2005.
- ZIESE, T. et al. **Surto de *Escherichia coli* na Suécia.** Vol. 1. Relatórios de investigação de surtos, 2000.

Anexo 01 – Resultados dos testes de óleos e graxas (mg/L)

Amostra	Data coleta	1M	2M	3M	1P	2P	3P
1	26/03	0,00	3,26	3,07	1,70	8,42	11,30
2	02/04	0,82	4,35	11,07	14,24	2,75	16,04
3	09/04	20,10	6,80	3,12	2,41	6,53	1,95
4	16/04	0,42	11,20	5,05	11,00	6,40	1,23
*5	23/04	8,85	6,74	2,10	12,10	2,61	11,31
6	30/04	14,90	6,90	5,95	12,54	5,83	2,34
7	07/05	9,00	3,75	4,07	10,15	5,94	2,05
8	21/05	8,50	4,98	6,05	10,05	7,02	4,82
9	28/05	10,23	6,67	5,18	12,65	4,69	3,98
10	11/06	9,85	5,95	6,03	10,06	6,05	2,43
11	18/06	9,82	6,12	5,86	11,25	6,52	3,76
12	09/07	8,91	7,26	5,97	11,37	5,99	4,25
13	16/07	9,28	8,23	6,28	11,30	6,96	4,65
14	17/07	10,23	6,92	5,84	10,76	7,03	3,75
15	24/07	9,13	6,13	5,24	11,65	6,87	3,98

*Qualificação do Mestrado.

Anexo 02 – Resultados dos testes de pH

Amostra	Data coleta	1M	2M	3M	1P	2P	3P
1	26/03	7,04	7,04	6,97	7,00	7,15	7,33
2	02/04	6,87	7,05	7,00	7,02	7,20	7,17
3	09/04	6,96	6,70	6,90	7,00	7,15	7,08
4	16/04	6,90	6,73	6,93	6,90	7,00	7,05
*5	23/04	7,21	6,72	7,32	6,98	7,07	7,45
6	30/04	7,04	6,62	6,99	6,85	7,30	7,21
7	07/05	6,96	6,65	6,94	6,87	7,20	7,23
8	21/05	7,02	6,70	6,89	6,87	7,16	7,25
9	28/05	7,05	6,80	6,90	7,03	7,28	7,05
10	11/06	6,97	7,03	6,87	6,78	7,22	7,08
11	18/06	7,01	7,08	6,80	6,95	7,15	7,01
12	09/07	6,80	6,96	7,20	6,85	7,08	7,20
13	16/07	6,99	6,99	6,90	6,89	7,15	7,30
14	17/07	7,05	7,07	6,97	6,87	7,35	7,05
15	24/07	7,20	6,88	7,02	7,03	7,25	7,02

*Qualificação do Mestrado.

Anexo 03 – Resultados dos testes de oxigênio dissolvido (mg/L)

Amostra	Data coleta	1M	2M	3M	1P	2P	3P
1	26/03	2,50	6,00	0,40	1,30	2,20	1,20
2	02/04	1,20	7,30	2,40	1,50	2,60	1,60
3	09/04	2,80	2,70	1,90	1,30	2,00	2,10
4	16/04	3,50	2,50	2,10	1,30	1,30	1,90
*5	23/04	4,30	3,10	2,70	2,20	2,80	3,20
6	30/04	3,90	5,50	0,50	2,00	4,50	1,50
7	07/05	3,80	2,85	2,30	2,80	2,80	1,80
8	21/05	3,00	3,06	2,80	1,90	2,80	1,90
9	28/05	3,10	3,98	2,45	1,75	2,50	1,90
10	11/06	2,98	2,86	2,00	2,40	1,90	2,20
11	18/06	3,00	3,20	3,00	1,90	2,20	2,40
12	09/07	3,80	3,90	2,85	1,85	2,30	2,20
13	16/07	3,50	4,20	3,00	2,20	1,80	2,50
14	17/07	3,80	4,30	3,25	1,85	2,30	2,50
15	24/07	2,98	3,60	3,80	1,50	2,30	2,60

*Qualificação do Mestrado.

Anexo 04 – Resultados dos testes de nitrogênio amoniacal (mg/L)

Amostra	Data coleta	1M	2M	3M	1P	2P	3P
1	26/03	14,70	3,55	22,50	7,15	11,50	19,15
2	02/04	4,78	1,06	6,05	3,97	4,34	5,26
3	09/04	8,40	2,91	9,40	3,75	9,74	8,01
4	16/04	8,62	1,60	3,36	4,14	3,33	3,53
*5	23/04	1,28	0,62	0,80	0,73	1,12	1,43
6	30/04	2,57	0,89	3,47	0,89	1,34	3,25
7	07/05	6,86	2,67	3,76	3,13	2,12	4,27
8	21/05	7,37	2,91	4,50	3,00	2,11	4,18
9	28/05	6,28	3,15	4,80	2,98	2,43	4,99
10	11/06	7,30	2,29	6,00	3,33	3,02	3,86
11	18/06	6,01	2,15	5,12	4,23	3,28	3,70
12	09/07	8,01	3,46	5,21	3,65	3,33	3,67
13	16/07	5,70	3,46	5,17	3,76	2,15	3,99
14	17/07	5,32	2,15	5,01	4,21	2,65	3,20
15	24/07	6,25	2,00	5,00	3,10	2,64	3,30

*Qualificação do Mestrado.

Anexo 05 – Resultados dos testes de compostos fenólicos (mg/L)

Amostra	Data coleta	1M	2M	3M	1P	2P	3P
1	26/03	0,00	0,00	0,51	0,00	0,09	0,26
2	02/04	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,04
3	09/04	0,00	0,00	0,26	0,00	0,03	0,02
4	16/04	0,03	0,03	0,07	0,00	0,00	0,00
*5	23/04	0,00	0,11	0,25	0,00	0,03	0,01
6	30/04	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
7	07/05	0,01	0,05	0,28	0,01	0,02	0,06
8	21/05	0,01	0,02	0,23	0,01	0,01	0,02
9	28/05	0,00	0,01	0,19	0,00	0,01	0,03
10	11/06	0,01	0,02	0,20	0,01	0,01	0,01
11	18/06	0,00	0,03	0,15	0,00	0,03	0,03
12	09/07	0,00	0,02	0,08	0,00	0,01	0,05
13	16/07	0,00	0,01	0,22	0,00	0,02	0,01
14	17/07	0,00	0,01	0,19	0,00	0,01	0,02
15	24/07	0,00	0,01	0,21	0,00	0,01	0,02

*Qualificação do Mestrado.

Anexo 06 – Resultados dos testes de turbidez (NTU)

Amostra	Data coleta	1M	2M	3M	1P	2P	3P
1	26/03	17,00	13,00	30,00	14,00	14,00	20,00
2	02/04	27,00	20,00	35,00	17,00	22,00	26,00
3	09/04	29,00	28,00	36,00	28,00	27,00	17,00
4	16/04	35,00	28,00	34,00	19,00	38,00	24,00
*5	23/04	28,00	41,00	40,00	17,00	23,00	23,00
6	30/04	17,00	17,00	30,00	21,00	18,00	16,00
7	07/05	28,00	28,00	32,00	19,00	25,00	22,00
8	21/05	25,00	38,00	30,00	21,00	25,00	22,00
9	28/05	27,00	32,00	33,00	18,00	21,00	19,00
10	11/06	20,00	28,00	36,00	14,00	19,00	21,00
11	18/06	22,00	39,00	32,00	17,00	23,00	23,00
12	09/07	27,00	27,00	39,00	19,00	33,00	19,00
13	16/07	29,00	28,00	35,00	20,00	19,00	19,00
14	17/07	31,00	29,00	34,00	21,00	23,00	21,00
15	24/07	29,00	28,00	33,00	18,00	23,00	22,00

*Qualificação do Mestrado.

Anexo 07 – Resultados dos testes de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Amostra	Data coleta	1M	2M	3M	1P	2P	3P
1	26/03	281,00	191,90	424,00	319,00	381,00	372,00
2	02/04	327,00	157,00	360,00	276,00	366,00	344,00
3	09/04	319,00	198,00	381,00	269,00	351,00	360,00
4	16/04	317,00	222,00	384,00	246,00	351,00	336,00
*5	23/04	340,00	255,00	385,00	259,00	349,00	360,00
6	30/04	320,00	191,80	493,00	265,00	571,00	368,00
7	07/05	321,00	198,00	387,00	286,00	398,00	358,00
8	21/05	345,00	199,00	386,00	280,00	365,00	360,00
9	28/05	358,00	220,00	420,00	268,00	366,00	372,00
10	11/06	360,00	255,00	426,00	290,00	372,00	380,00
11	18/06	345,00	235,00	399,00	252,00	395,00	330,00
12	09/07	319,00	205,00	402,00	248,00	367,00	365,00
13	16/07	298,00	225,00	388,00	298,00	382,00	376,00
14	17/07	312,00	222,00	399,00	265,00	387,00	380,00
15	24/07	330,00	255,00	420,00	270,00	365,00	372,00

*Qualificação do Mestrado.

Anexo 08 – Resultados dos testes de surfactantes aniônicos (mg/L)

Amostra	Data coleta	1M	2M	3M	1P	2P	3P
1	26/03	1,52	0,74	2,13	0,51	0,69	1,86
2	02/04	2,25	1,18	3,18	1,22	2,41	2,45
3	09/04	3,48	0,53	3,06	0,52	1,40	2,35
4	16/04	3,75	1,77	4,12	0,85	1,41	2,60
*5	23/04	1,85	2,96	3,02	0,63	1,40	2,35
6	30/04	1,25	1,54	4,86	0,93	1,07	2,05
7	07/05	1,92	1,90	2,90	0,73	1,40	2,10
8	21/05	2,20	1,98	3,21	0,65	1,40	2,60
9	28/05	1,98	2,28	3,02	0,67	1,47	2,25
10	11/06	2,25	2,20	3,01	0,65	1,39	2,35
11	18/06	3,21	1,98	3,01	0,63	1,90	2,60
12	09/07	2,87	1,19	3,06	0,58	1,40	2,10
13	16/07	2,90	1,70	3,21	0,55	1,52	2,21
14	17/07	2,22	1,65	3,87	0,62	1,70	2,02
15	24/07	2,25	1,51	3,80	0,61	1,80	2,32

*Qualificação do Mestrado.

Anexo 09 – Resultados dos testes de *E. coli* (UFC/100 mL)

Amostra	Data coleta	1M	2M	3M	1P	2P	3P
1	26/03	96,00	23,00	5,00	3,00	0,00	7,00
2	02/04	27,00	15,00	62,00	5,00	7,00	25,00
3	09/04	9,00	32,00	48,00	3,00	1,00	15,00
4	16/04	29,00	21,00	11,00	3,00	5,00	18,00
*5	23/04	69,00	9,00	122,00	0,00	9,00	31,00
6	30/04	71,00	49,00	23,00	1,00	4,00	24,00
7	07/05	52,00	29,00	29,00	2,90	6,80	22,00
8	21/05	55,00	28,00	37,00	2,70	9,00	22,00
9	28/05	65,00	25,00	33,00	3,00	7,50	29,00
10	11/06	54,00	33,00	49,00	3,00	7,00	22,00
11	18/06	72,00	28,00	43,00	3,20	7,00	19,00
12	09/07	67,00	45,00	55,00	2,99	6,60	28,00
13	16/07	34,00	35,00	55,00	2,60	7,00	21,00
14	17/07	62,00	43,00	44,00	3,00	6,80	28,00
15	24/07	35,00	44,00	65,00	3,00	6,80	21,00

*Qualificação do Mestrado.