

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

RIVALDO RODRIGUES NOVAES JR.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE TRÊS CANAIS DO SISTEMA DE
DRENAGEM PLUVIAL DE SANTOS (SÃO PAULO, BRASIL) COM BASE EM
PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

SANTOS – SP

2017

RIVALDO RODRIGUES NOVAES JR.

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE TRÊS CANAIS DO SISTEMA DE
DRENAGEM PLUVIAL DE SANTOS (SÃO PAULO, BRASIL) COM BASE EM
PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, sob orientação do Prof. Dr. Walber Toma e da Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães.

**SANTOS – SP
2017**

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da base.

NOVAES JR., RIVALDO RODRIGUES. Avaliação da qualidade das águas de três canais do sistema de drenagem pluvial de Santos (São Paulo, Brasil) com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Santa Cecília. Santos, 2017.

Novaes Jr., Rivaldo Rodrigues.

Avaliação da qualidade das águas de três canais do sistema de drenagem pluvial de Santos (São Paulo, Brasil) com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos/ Rivaldo Rodrigues Novaes Jr., 2017.

N. fls. 60.

Orientadores: Prof. Dr. Walber Toma e Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães. Dissertação de Mestrado - Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Santos, SP, 2017.

1. Santos; 2. Águas Pluviais; 3. Drenagem Urbana; 4. Contaminação do Sistema de Drenagem Urbana; 5. Coliformes. I - Toma, Walber. II - Guimarães, Luciana Lopes. III - Avaliação da qualidade das águas de três canais do sistema de drenagem pluvial de Santos (São Paulo, Brasil) com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

RIVALDO RODRIGUES NOVAES JR.

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE TRÊS CANAIS DO SISTEMA DE
DRENAGEM PLUVIAL DE SANTOS (São Paulo, Brasil) COM BASE EM
PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS**

**Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade
de Sistemas Costeiros e Marinhos para obtenção do título de mestre em
Ecologia à Universidade Santa Cecília.**

Data da aprovação _____/_____/_____

Banca Examinadora

Profa. Dr. Walber Toma

Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães

Profa. Dr. Fábio Giordano

Profa. Dra. Márcia Regina Spuri Ferreira

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Paulo Nogueira Neto e Luiz Roberto Tommasi, cujas denúncias desnudaram o descaso ambiental; aos governantes que tomaram providências em prol da balneabilidade das praias santistas, como Telma de Souza, Claudio Abdala, Lenimar Rios, Selma Rodrigues, Alcindo Gonçalves e Alfredo Coelho Junior, pelo executivo municipal; e Gastão Bierrenbach, Lauro Péricles, Dagoberto Antunes da Rocha e Luizmar Seabra, pelo estadual; a Marília Rossi, do S.O.S. Praias, e ao saudoso Milton Teixeira, idealizador do complexo educacional Santa Cecília, instituição acadêmica protagonista nos esforços pela recuperação da balneabilidade no despertar dos anos 90.

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial à minha companheira Gláucia, pelo apoio, paciência e incentivo, e à minha mãe, Anna Maria, por aquilo que sou.

A todos os professores e coordenadores do curso, especial e principalmente Walber Toma e Luciana Guimarães, professores orientadores que me dedicaram preciosos momentos de rigor, precisão, cuidado, atenção e estímulo, e a gratidão aos professores Alpina Begossi, Fábio Giordano, Úrsula Souza, Milena Ramirez, Walter Barrela, Mohammed Habib, Mara Magenta, Miragaia Schmiegelow, Camilo Seabra e Augusto César pela disponibilidade de conhecimento oferecido.

Às funcionárias da recepção do programa de Mestrado, Sandra e Imaculada, pela dedicação incansável.

Ao colega de Programa de Mestrado, Marcelo Henrique, incentivador de minha inscrição, e demais colegas do curso pelo coleguismo e solidariedade.

Aos pesquisadores e mestres, Fábio Coelho e Carla Gandra, pelos trabalhos anteriores inspiradores.

À Universidade Santa Cecília, na figura do eterno Milton Teixeira (*in memoriam*), assim como aos colegas de corpo docente da Faculdade de Fisioterapia, Ivan Cheida à frente, pela parceria de sucesso de mais de 20 anos.

Aos funcionários da HEMEROTECA de Santos pela boa vontade.

Aos empreendedores de entrepostos de livros usados, os chamados sebos, responsáveis pela disponibilização do conhecimento impresso desaparecido do catálogo das editoras.

Aos internautas que se preocupam em oferecer conhecimento histórico de fontes primárias para pesquisas em sites de história da cidade de Santos,

A Guilherme Álvaro e demais sanitaristas que dedicaram seus saberes para a cura e erradicação das epidemias na cidade.

A Saturnino de Brito, pela genialidade da cidade turística e saudável que vislumbrou e na qual nasci e vivi.

Aos que de alguma forma, mas não citados, tornaram possível esse trabalho.

RESUMO

O presente trabalho se propôs a relembrar o projeto original dos canais de drenagem pluvial localizados no município de Santos (São Paulo, Brasil), com suas motivações e consequências e acompanhar a evolução da ocupação do espaço urbano e as modificações modernizadoras sofridas no sistema elaborado por Saturnino de Brito, visando contribuir para apontar soluções para uma questão vital para as concentrações urbanas, a adequada coleta, transporte, processamento, tratamento e despejo do esgoto sem provocar impactos ambientais previsíveis. Foram realizadas análises microbiológicas (indicadores de contaminação fecal), físico-químicas (temperatura, salinidade, pH e turbidez) e químicas (fosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato) feitas a partir da coleta em três pontos, localizados em três dos canais de drenagem de águas pluviais de Santos, denominados de canais 1, 3 e 6, dispostos paralelamente desde a região oeste (canal 1) até a região leste (canal 6), tendo o canal 3 como região intermediária. A partir dos resultados obtidos, foi possível observar a influência de esgoto doméstico, especialmente nos pontos de coleta localizados no canal 3, atingindo valores para as análises de *Escherichia coli* superiores a 1×10^6 UFC/100mL, contrariando a destinação dos canais de drenagem pluvial. A presença de esgoto doméstico nos canais representa riscos ambientais e riscos para a saúde pública e medidas para a localização das ligações de esgoto aos canais e interrupção destas ligações devem ser tomadas pelos órgãos competentes.

Palavras-chave: Santos. Águas Pluviais. Drenagem urbana. Contaminação do Sistema de Drenagem Urbana. Coliformes.

ABSTRACT

The present study intends to recall the original design of the urban drainage channels located in the city of Santos (São Paulo, Brazil), with their motivations and consequences and to follow the evolution of the urban space occupation and the modernizing modifications suffered in the system developed by Saturnino de Brito, aiming at contributing solutions to a vital issue for urban concentrations to adequate the collection, transportation, processing, treatment and disposal of the sewage without causing predictable environmental impacts. Microbiological analyzes (fecal contamination indicators), physical-chemical analyses (temperature, salinity, pH and turbidity) and chemical analyses (phosphate, ammoniacal nitrogen, nitrite and nitrate) analyzes were carried out using three points of three urban drainage channels of Santos, called channels 1, 3 and 6, arranged in parallel from the west (channel 1) to the east region (channel 6), and the channel 3 located between these channels. From the results obtained, it was possible to observe the influence of domestic sewage, especially in the collection points located in channel 3, reaching values for the *Escherichia coli* analyzes higher than 1×10^6 CFU / 100mL contrary to the destination of these urban drainage channels. The presence of domestic sewage in the channels represents environmental risks and risks to public health and measures for locating the sewage connections to the channels and interruption of these connections should be taken by the competent organs.

Keywords: Santos. Rainwater. Urban Drainage. Contamination of the Urban Drainage System. Coliforms.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa da Província de São Paulo de 1886 com as estradas de ferro em tráfego, tendo São Paulo como entroncamento das linhas.....	14
Figura 2 – Porto do Bispo, como era chamado um dos locais de atracação no estuário de Santos, em foto da década de 1860.....	15
Figura 3 – Embarque de sacas de café, cais da CDS, foto 1902.....	16
Figura 4 – Foto de alagadiço na Avenida Ana Costa no início do séc. XX.....	17
Figura 5 – Projeto original do sistema separador absoluto aplicado por Saturnino de Brito na cidade de Santos	21
Figura 6 – Sistema de comportas. Comporta fechado no Canal 3, isolando as águas do mar e areia das águas e componentes presentes no canal (sistema de drenagem pluvial).....	22
Figura 7 – Canal 1 – Retificação do Ribeirão dos Soldados.....	23
Figura 8 – Mapa projetado em 1898 da expansão da cidade de Santos para as praias e para o leste, com a previsão dos distritos dos esgotos sanitários, com a Ilha Porchat, a Praia de Itararé e a Ponta da Praia	24
Figura 9 – Mapa da cidade de Santos com os canais planejados, construídos e numerados por Saturnino de Brito no início do século XX	25
Figura 10 – Mapa das análises de 1954 da balneabilidade das águas de Santos e São Vicente, aí inclusa Praia Grande; a linha contínua representa a rede de esgoto com lançamento dos dejetos em sua extremidade, na Ponta do Itaipu.....	26

Figura 11 – O emissário submarino na praia de José Menino. Com as comportas fechadas, o interceptor Oceânico direciona as águas dos canais para a EPC	27
Figura 12 – O coletor Rebouças, do antigo sistema de esgotos sanitários, passa a ser conectado apenas na EPC, desativando o trajeto da linha pontilhada para a Ponta do Itaipu e propiciando o lançamento submarino à distância.	27
Figura 13 – Mapa da área de estudo, destacando os pontos de coleta dos canais...	30
Figura 14 – Imagem da coleta das amostras diretamente no leito dos canais de drenagem.	30
Figura 15 – Resultados das análises de <i>Escherichia coli</i>	36
Figura 16 -- Resultados das análises de coliformes totais..	37
Figura 17 – Resultados das análises de Fósforo.....	38
Figura 18 – Resultados das análises de nitrogênio amoniacal total.	39
Figura 19 – Resultados das análises de nitrito.	40
Figura 20 – Resultados das análises de nitrato.....	41
Figura 21 – Sistema separador absoluto das águas pluviais e esgoto. Modelo teórico proposto por Brito com as complementações nas décadas posteriores.....	42
Figura 22 – Modelo proposto para demonstrar o efeito contaminador das ligações irregulares de esgoto doméstico aos canais de drenagem pluvial da cidade de Santos.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas geográficas e Identificação das Amostras.....29

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos das amostras coletadas35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CDS – Companhia Docas de Santos

DAE – Departamento de Água e Esgotos

DE – Diluição Empregada

EPC – Estação de Pré-Condicionamento

ES – Emissário Submarino

FAMS – Fundação Arquivo e Memória de Santos

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

L – Litro

mg – Miligrama

mL – Mililitro

NH₃ – Amônia

NO₂⁻ – Nitrito

NO₃⁻ – Nitrato

N-NH₃ – Nitrogênio amoniacal

NTC – Número Total de Colônias

pH – Potencial Hidrogeniônico

PO₄⁻³ – Fosfato

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

UFC – Unidade formadora de colônias

VFA – Volume Filtrado da Amostra (mL)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 HISTÓRICO E FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA PROPOSTA DE SATURNINO DE BRITO	19
1.1.1 Complementação do sistema após várias décadas.....	25
2. OBJETIVOS.....	28
2.1 Objetivo Geral.....	28
2.2 Objetivos Específicos.....	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 Coleta	29
3.2 Determinação de <i>Escherichia coli</i> e outros coliformes	31
3.3 Parâmetros físico-químicos	32
3.4 Determinação de fosfato.....	32
3.5 Determinação de nitrogênio amoniacal.....	32
3.6 Determinação de nitrato e nitrito	33
3.7 Análise estatística.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Parâmetros físico-químicos	34
4.2 Análises microbiológicas.....	35
4.3 Análises de fosfato dissolvido.....	37
4.4 Análises de nitrogênio amoniacal	38
4.5 Análises de nitrito	39
4.6 Análises de nitrato	41
5. CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS	45
ANEXOS.....	52

1. INTRODUÇÃO

O município litorâneo de Santos, no Estado de SP, insularmente situado na Ilha de São Vicente, cuja primeira ocupação pelos colonizadores portugueses situou-se entre 30 e 40 anos após o descobrimento do Brasil e sua elevação à categoria de cidade por lei da Assembleia Provincial no ano de 1839, tornou-se nas últimas décadas do séc. XIX o porto escolhido para exportação do café plantado no interior paulista. O investimento em linhas férreas na Província paulista no tempo do imperador D. Pedro II facilitou o transporte do café das fazendas cafeicultoras para centros distribuidores e consumidores. A ligação do porto com o interior fez da capital São Paulo o entroncamento das múltiplas ferrovias desde 1872 e se comunicava diretamente por estrada de ferro desde 1868 com a capital da Província pela companhia inglesa São Paulo Railway (Figura 1), reforçando o vínculo da cidade portuária e comercial com a do planalto, capital em crescimento vertiginoso. (LANNA, 1996; MATOS, 1958).

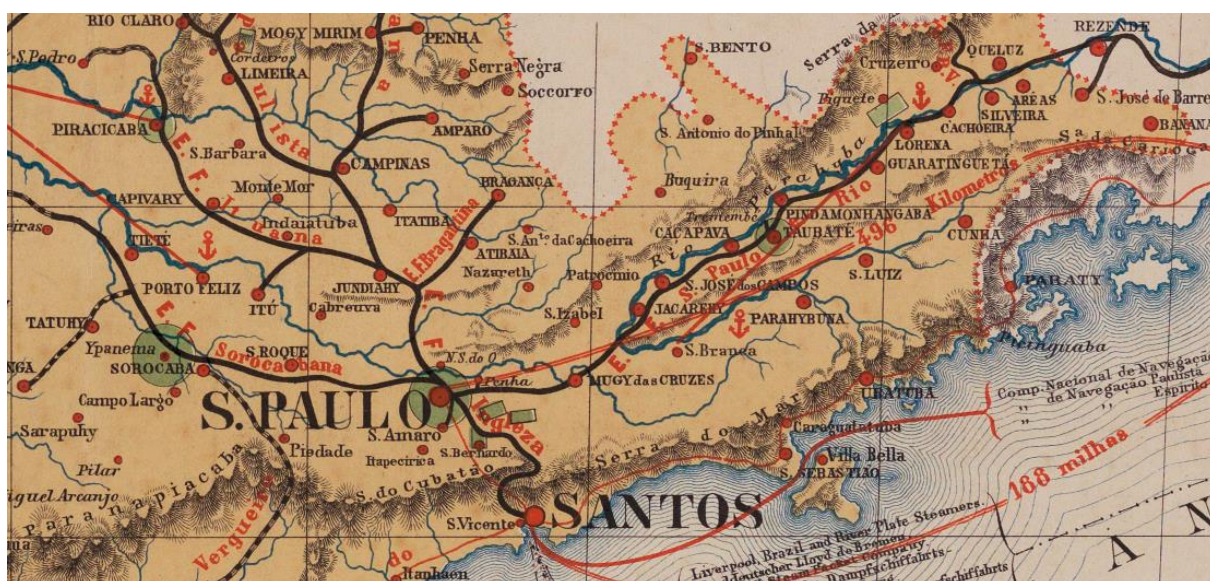


Figura 1. Mapa da Província de São Paulo de 1886 com as estradas de ferro em tráfego, tendo São Paulo como entroncamento das linhas. Fonte: Acervo APESP, 2017

Ao mesmo tempo em que a lei das Terras – Lei nº 601, Sobre as Terras Devolutas do Estado (Brasil, 1850) concentrou a propriedade territorial nas mãos dos fazendeiros e escravocratas, as sucessivas leis: Lei nº 581 – proibição do tráfico negreiro – Lei Eusébio de Queiroz (Brasil, 1850); Lei nº 2040, que considerava livres os nascidos de mulheres escravas – Lei do Ventre Livre (Brasil, 1871); e Lei nº 3270, dos sexagenários – Lei Saraiva-Cotegipe (Brasil, 1885), prenunciavam a gradual extinção

do trabalho escravo e uma mudança no perfil étnico da mão de obra nas fazendas paulistas de café com a imigração assalariada (IGLESIAS et al, 1967). Antes do fim definitivo do trabalho escravo, pela Lei nº 3353 – Lei Áurea (Brasil, 1888), no caso do Império, o porto e as linhas férreas construídas eram também utilizadas pelos imigrantes europeus que procuravam trabalho e prosperidade no Brasil, principalmente da Itália a partir de 1872 (FAPESP, 2014). Os italianos se destinaram principalmente ao Oeste paulista, onde rareava o escravo, passando a fornecer a maioria dos colonos das fazendas de café (IGLESIAS et al, 1967). A República proclamada em 1889 fez sua nova constituição dois anos depois e o princípio do Federalismo atribuiu às antigas Províncias, agora Estados governados por Presidentes, uma autonomia política e financeira inédita, com novas responsabilidades. São Paulo, estado líder da economia, contraiu empréstimos para investir em infraestrutura e para assegurar a mão-de-obra indispensável à expansão da cafeicultura, assim como manobrou para a valorização do café para exportação (CARDOSO, 1977).

Consequência desse projeto foi a ampliação e reorganização pela Companhia Docas de Santos das antigas instalações portuárias nas praias lodosas, com inauguração do novo Porto de Santos em 1892, substituindo os pontilhões e os trapiches (figura 2) pelas muralhas e armazéns (figura 3) (LANNA, 1996).



Figura 2. Porto do Bispo, como era chamado um dos locais de atracação no estuário de Santos, em foto da década de 1860. Fonte: BARBOSA (2004)



Figura 3. Embarque de sacas de café, cais da CDS, foto de 1902.

Fonte: BARBOSA e MEDEIROS (2007)

Porém, a cidade padecia pela sua topografia plana e ao nível do mar de alagamentos crônicos, principalmente nas épocas das chuvas, o que tornava extensas áreas da cidade insalubres, com alagadiços e transbordamentos de rios que demoravam a vazar. Com a expansão gradativa das habitações além do centro velho, as enchentes somadas aos detritos e ao lixo criavam um ambiente insalubre e propício a doenças como a febre amarela urbana e outras. Foram registrados milhares de mortes em Santos na última década do século, tanto de moradores permanentes como de embarcados nos navios atracados, entre eles estrangeiros para as lavouras de café, assim como a interiorização das epidemias pelas vias férreas (ÁLVARO, 1919). O município que seria a ponte para o progresso do Estado economicamente promissor da República dos Estados Unidos do Brasil passou não apenas a ser evitado, mas uma ameaça ao desenvolvimento da economia paulista. Ante a real ameaça de paralisação dos negócios cafeeiros, foram tomadas medidas prementes

que culminaram num amplo projeto de saneamento e higienização da cidade (ROSEMBERG, 2006).

Esse é o contexto no qual se insere a importância do saneamento na Ilha de São Vicente como preocupação central das autoridades no final do século XIX e início do XX, a partir da drenagem de alagadiços e pântanos e canalização de riachos (figura 4). Ante a ineficiência das tentativas anteriores, era necessária uma estratégia definitiva de implantação de rede de esgotos e de drenagem das águas pluviais da ilha, incluindo a previsão do crescimento urbano e demográfico em direção à Barra e ao José Menino, as praias marítimas. Formar a nova planta de Santos e tornar a cidade habitável e sadia tornou-se possível graças aos esforços de vários, porém Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, brasileiro de Campos dos Goytacazes, no RJ, venceu a indecisão sobre o melhor rumo a ser tomado e iniciou as obras de drenagem no ano de 1905 com o uso do sistema separador absoluto entre dejetos e águas de chuva. Elevações distritais para transporte subterrâneo de esgoto e canais de drenagem pluvial de um lado a outro da ilha são obras de referência para a nascente Engenharia Sanitária. Santos foi saneada e o povoamento planejado da região insular se completou.



Figura 4 – Foto de alagadiço na Avenida Ana Costa no início do séc. XX.

Fonte: BRITO (1943b).

A expansão habitacional no território urbano drenado pelos canais de Saturnino fez de Santos uma cidade saudável e agradável de se viver. No projeto original, o engenheiro se preocupou com as ligações domiciliárias para conexão com a nova rede de esgoto que se implantava, paralela e separadamente da canalização das águas pluviais. O conceito do Sistema Separador Absoluto adotado era oposto à mistura e o sucesso do projeto seria impedir a contaminação orgânica das águas de chuva e a consequente contaminação das praias para banho de mar recreativo ou mesmo terapêutico (BRITO, 1943).

Também no projeto original, o esgoto da região insular de Santos e de São Vicente, tratado ou não, seria desaguado no mar, o mais longe possível dos povoados litorâneos. A Ponta do Itaipu, na Praia Grande (à época um distrito continental de São Vicente) possuía essas características e para lá foi dirigida a tubulação para despejo. Na metade do século XX, porém, a preservação ambiental da região voltou a preocupar os meios científicos e as autoridades. O controle da municipalidade sobre a poluição das águas marinhas litorâneas de Santos e São Vicente, nos anos 50, chamou a atenção acadêmica para os altos números bacteriológicos encontrados, principalmente na Praia Grande, aonde desaguava o esgoto coletado de Santos. (CRISTÓVÃO et al, 1954).

Em 1976, uma polêmica na imprensa – entre autoridades a respeito da balneabilidade das praias de Santos – tornou pública a contaminação dos canais de drenagem pluviais por esgoto doméstico. Iniciou-se com o rompimento de uma das linhas para o antigo emissário de esgotos na Ponta do Itaipu, exatamente na Ponte Pênsil. SABESP e CETESB informaram que o reparo da tubulação de esgoto foi realizado em 48 horas, porém autoridade ambiental federal, equivalente ao cargo de ministro de Meio Ambiente na época, pronunciou-se para que banhistas evitassem as praias de Santos no verão devido ao alto índice de poluição das águas. A preocupação das autoridades municipais e estaduais para informar das providências tomadas, uma delas a cloração maciça das águas marinhas – especialmente aos redores dos canais – para evitar prejuízos ao turismo e ao comércio da região na temporada de férias escolares, expôs que era do conhecimento das autoridades que os canais santistas deveriam estar contaminados (A TRIBUNA, 1976).

Somente no início da década de 1990, após a advertência na imprensa local dos elevados níveis de degradação ambiental pelo diretor do Instituto Oceanográfico da USP, Luiz Tommasi, o qual propôs o fechamento imediato das praias santistas (A

TRIBUNA¹, 1990), uma solução foi encontrada para o problema da balneabilidade das praias: o fechamento das comportas. Projetadas para facilitar o escoamento das águas pluviais represadas nos canais para o mar e impedir, ao mesmo tempo, a entrada de água do mar nas marés cheias, a prefeitura e a SABESP encontraram-nas abertas permanentemente, sem acionamento por estarem desativadas e outros tipos de danos físicos. A primeira comporta a ser reativada foi a do canal 3 (A TRIBUNA², 1990; VEJA, 1991). Técnicos e estudantes do campus Santa Cecília da UNICEB – hoje UNISANTA, dos cursos de Biologia e Química, incorporaram-se ao programa governamental de controle do despejo irregular de esgoto doméstico nas galerias pluviais e, com a ajuda de corantes despejados em ralos, pias e vasos sanitários das residências, detectavam a origem da poluição nos canais e consequentemente nas praias santistas. (DIÁRIO OFICIAL DE SANTOS, 1990; O GLOBO, 1991).

O fato de a solução encontrada ter sido exatamente nos canais projetados há mais de 100 anos, ensejou a elaboração do presente trabalho, que se propôs a relembrar o projeto original com suas motivações e consequências; acompanhar a evolução da ocupação do espaço urbano e as modificações modernizadoras sofridas no sistema elaborado por Saturnino de Brito; apresentar os diversos resultados das análises microbiológicas (indicadores de contaminação fecal), químicas (fosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, que representam indicadores da presença de detergentes de cozinha e da contaminação por excreção urinária) e físico-químicas (temperatura, salinidade, pH e turbidez), feitas a partir da coleta em três pontos de três canais de drenagem de águas pluviais de Santos: 1, 3 e 6; e contribuir para apontar soluções para uma questão vital para as concentrações urbanas, a adequada coleta, transporte, processamento, tratamento e despejo do esgoto sem provocar impactos ambientais previsíveis.

1.1 HISTÓRICO E FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA PROPOSTA DE SATURNINO DE BRITO

Os anos se passavam e não se definia o desenho básico que construiria a planta da Santos que fatalmente iria se expandir para as praias, o seu traçado característico hoje conhecido. Vários engenheiros estrangeiros e brasileiros apresentavam projetos com diferentes sistemas e não se decidia qual implementar desde a última década do século XIX. Somente em 1905 o engenheiro Saturnino de Brito é escolhido, ainda que

obras com José Pereira de Rebouças tivessem se iniciado. Positivista e republicano, Saturnino de Brito formara-se pela Escola Politécnica em 1887 e representava a nova geração de engenheiros sanitários brasileiros. Participou da construção de Belo Horizonte/MG no projeto de abastecimento de água, de 1894 e 1895 e, em 1896, dirigiu os estudos de melhoramentos de Vitória/ES. No ano seguinte participou da Comissão de Saneamento do Estado de São Paulo na organização de projetos em Campinas, Ribeirão Preto, Limeira, Sorocaba e Amparo. Ainda, de 1898 a 1901, foi o responsável pelos projetos de saneamento de Petrópolis e Paraíba do Sul (LINS, 1967).

A proposta de Saturnino de Brito se diferenciou das demais propostas pela constatação da sua atitude pioneira de elaborar especificações e normas de serviço, de acordo com o livro organizado por VARGAS (1994). Em 1903, Saturnino de Brito publicara um trabalho em que analisava pormenorizadamente os projetos até então apresentados para resolver a questão e contrapropunha solução que lhe parecia mais viável não apenas técnica, mas economicamente. Foi daí convidado pelo governo estadual para projetar e dirigir o sistema saneador. A construção do sistema de esgotos e de drenagem pluvial santista estabeleceu uma doutrina de engenharia sanitária, mesclando conhecimentos trazidos de fora do país com as peculiares condições das cidades do litoral brasileiro (BRITO, 1943).

Saturnino de Brito conseguiu realizar o diagnóstico dos constantes e crônicos alagamentos em Santos. Por ser plana, a topografia da cidade não realizava o esgotamento natural. Notou as várias ausências, de bueiros a sarjetas e calçamentos, e que os rios e riachos não davam vazão às fortes chuvas quando juntavam a água da planície com a que descia dos morros, fortemente inclinados. Esta água chegava carregada de massa e se a drenagem construída não fosse separada dos dejetos humanos, o sistema não funcionaria por constantes entupimentos (BRITO, 1943).

Para a área habitada e a expansão prevista de crescimento demográfico, determinou o sistema de separação total do esgoto doméstico das águas pluviais, conforme figura 5. O esgoto sanitário seria conduzido por via da rede coletora até o despejo no mar em ponto distante da praia e profundo, enquanto as águas de chuva seriam direcionadas pelas obras de urbanização para encontrar o mar ou estuário, dependendo do ponto de drenagem.



Figura 5. Projeto original do sistema separador absoluto aplicado por Saturnino de Brito na cidade de Santos.

O esgoto dos despejos se daria com a instalação de tubulação enterrada e com ligação domiciliária perfeitamente ajustada a essa instalação, dividindo a cidade em pequenos distritos, com estações elevatórias, cada qual com sua rede por gravidade até a descarga em região desabitada no mar. À época existiam outras propostas as quais projetavam o despejo na Ponta da Praia ou na Praia do Itararé, seja na divisa com São Vicente ou na Ilha Porchat (figura 8), solução menos custosa; ao contrário, Saturnino de Brito procurou preservar a qualidade das águas santistas. Cita em seus relatórios o hábito de moradores do interior do Estado procurarem as praias marítimas de Santos não apenas como balneário, mas como banho terapêutico. As praias lodosas, do canal do Estuário, antes da construção do porto moderno, não serviam para banho pois recebiam os dejetos e lixo em quantidade (BRITO, 1943).

Praia Grande não era ainda administrativamente independente de São Vicente. A ponta do Itaipu era um trecho isolado e, por este motivo esta região foi escolhida para o despejo dos efluentes provenientes dos esgotos de Santos e São Vicente. Habitantes por aqueles lados rareavam e era aí que o esgoto entraria em contato com o mar. Para chegar até lá, a construção da Ponte Pênsil fez parte da ligação entre os mais próximos pontos da Ilha com o continente e por ela passariam os tubos de esgoto. O sistema foi planejado para ser complementado conforme o aumento progressivo de habitantes.

Quanto às águas pluviais que tantos alagadiços provocava, planejou a retificação dos principais rios que cortavam a cidade e o modelo de canais de drenagem com canaletes, galerias, coletores e sarjetas subsidiárias, formando a rede pluvial completa. Um pântano depois de “enxaguado” podia ser “drenado”, e o conjunto dos dois serviços constituía o “dessecação” (BRITO, 1943).

O grande canal viria a ser o primeiro, o canal 1, e dele surgiriam o 2 e o 3. A mudança de declividade direcionaria a queda para o estuário ou para a praia marítima. Os canais teriam adufas – chamadas hoje de comportas – que represariam as águas de preamar e as descarregariam em baixa-mar (figura 6). A obra ficaria defeituosa, ao ver de Saturnino, sem o prolongamento dos canais de drenagem de mar a mar (BRITO, 1943).



Figura 6. Sistema de comportas. Comporta fechada no canal 3, isolando as águas do mar e areia das águas e componentes presentes no canal (sistema de drenagem pluvial).

Fonte: arquivo pessoal

Ao todo, foram 9 canais planejados e construídos ao longo de vários anos. O processo de construção dos canais não foi contínuo e teve que superar obstáculos para sua expansão, pois era necessário rasgar em linha reta os terrenos em direção às praias. Saturnino teve que convencer a Câmara de Vereadores, conforme as obras avançavam, de que ao ceder pedaços de seus lotes e chácaras para a passagem dos canais de drenagem, os donos de terrenos teriam posteriormente maior lucratividade com a exploração residencial, comercial e turística. Inabitáveis e insalubres, suas terras pouco valeriam alagadas, e assim conquistou os últimos proprietários (BRITO,

1943). O maior canal, o 1 (Av. Pinheiro Machado), foi entregue em 1907 (figura 9). O canal 2 (Av. Bernardino de Campos) em 1910. Os canais 4, 7 e 9 (respectivamente, Av. Siqueira Campos, Av. Francisco Manoel próximo à Santa Casa e Av. Barão de Penedo), em 1911. O canal 8 (Av. Moura Ribeiro), no Marapé, no ano de 1912. O canal 6 (Av. Joaquim Montenegro) somente em 1917; o canal 3 (Av. Washington Luís) em 1923 e por último o canal 5 (Av. Almirante Cochrane), 1927 (FAMS, s/d).

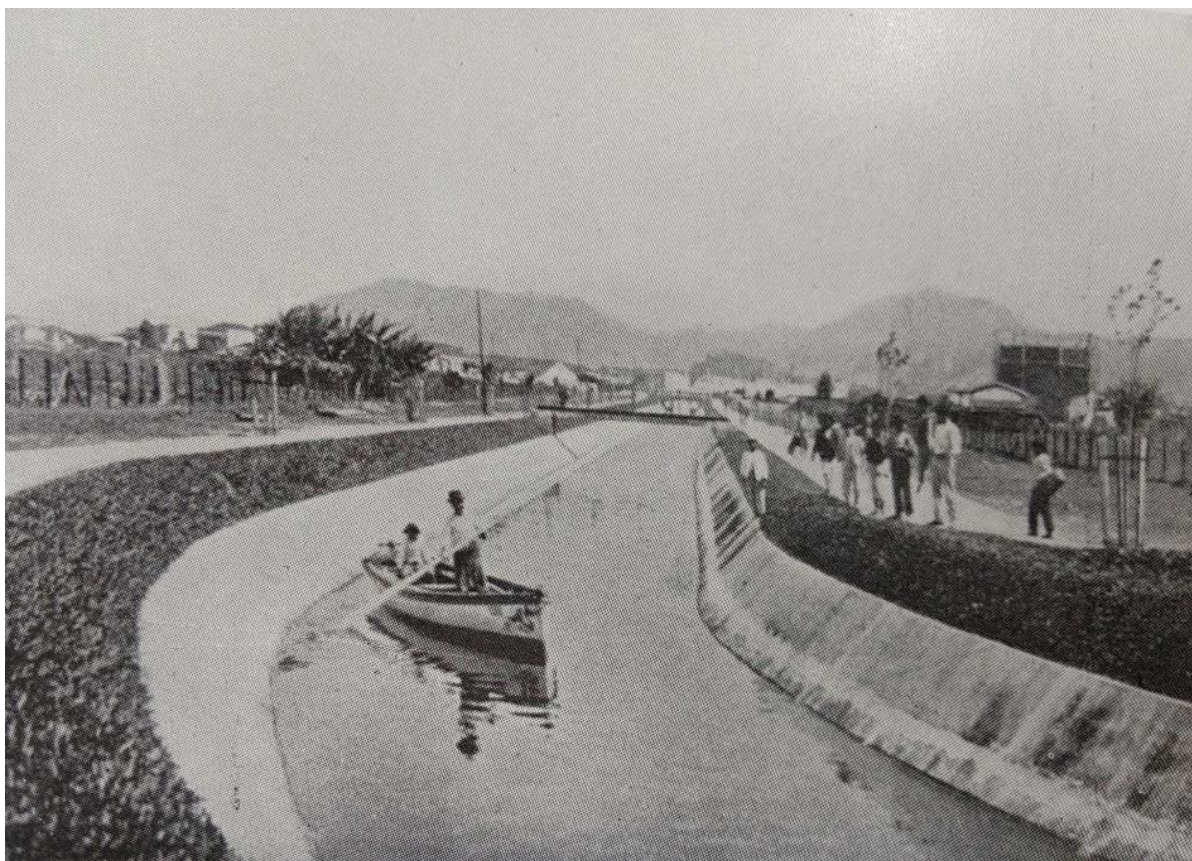


Figura 7. Canal 1 – Retificação do Ribeirão dos Soldados. Fonte: BRITO (1943b).

Saturnino de Brito teve a oportunidade de experimentar o funcionamento perfeito tal qual planejado de seu sistema de drenagem em um relato de 1909, de uma grande chuva em 24 de janeiro. O canal 1 ainda não estava inteiramente concluído e a precipitação excessiva inundou a cidade e os arrabaldes ainda não esgotados pelos canais; as planícies do Jabaquara e da Vila Mathias, dotadas de galerias pluviais e bueiros, não foram afetados (BRITO, 1943) (figura 7).

Em complementação, o desenho da cidade de Santos com os diversos distritos dos esgotos sanitários que ele idealizou no projeto (figura 8), porém este projeto não foi implementado por divergências políticas. Avenidas diagonais, um traçado retilíneo

disposto de modo simples, sem um sistemático xadrez rigoroso, fez a feição arquitetônica de uma cidade plana como Santos (BRITO, 1944).

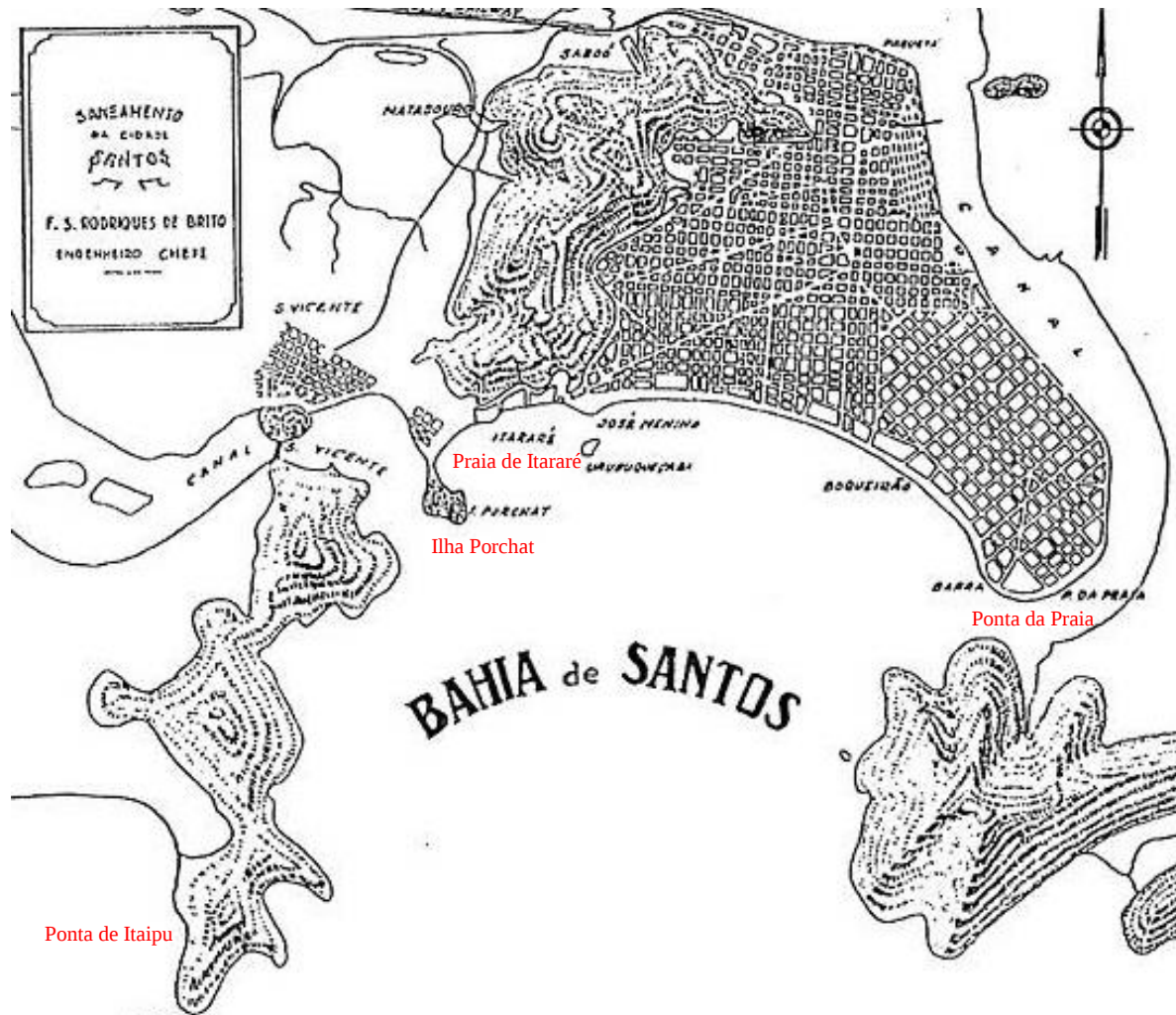


Figura 8. Mapa projetado em 1898 da expansão da cidade de Santos para as praias e para o leste, com a previsão dos distritos dos esgotos sanitários, com a Ilha Porchat, a Praia de Itararé e a Ponta da Praia. Fonte: Modificado de BRITO (1943b).

Saturnino de Brito idealizou os canais de Santos conforme mapa da figura 9, que inicialmente eram 9 canais numerados a partir do primeiro e maior, o mais próximo das denominadas “montanhas”, hoje chamados de morros. Os canais de 1 a 6 no projeto original cortam a cidade de Santos e vão desembocar diretamente na praia e na outra extremidade no estuário. No projeto original, os canais 7, 8 e 9 servem para escoamento das águas pluviais das encostas dos morros, desembocando no canal 1 (BRITO, 1944).

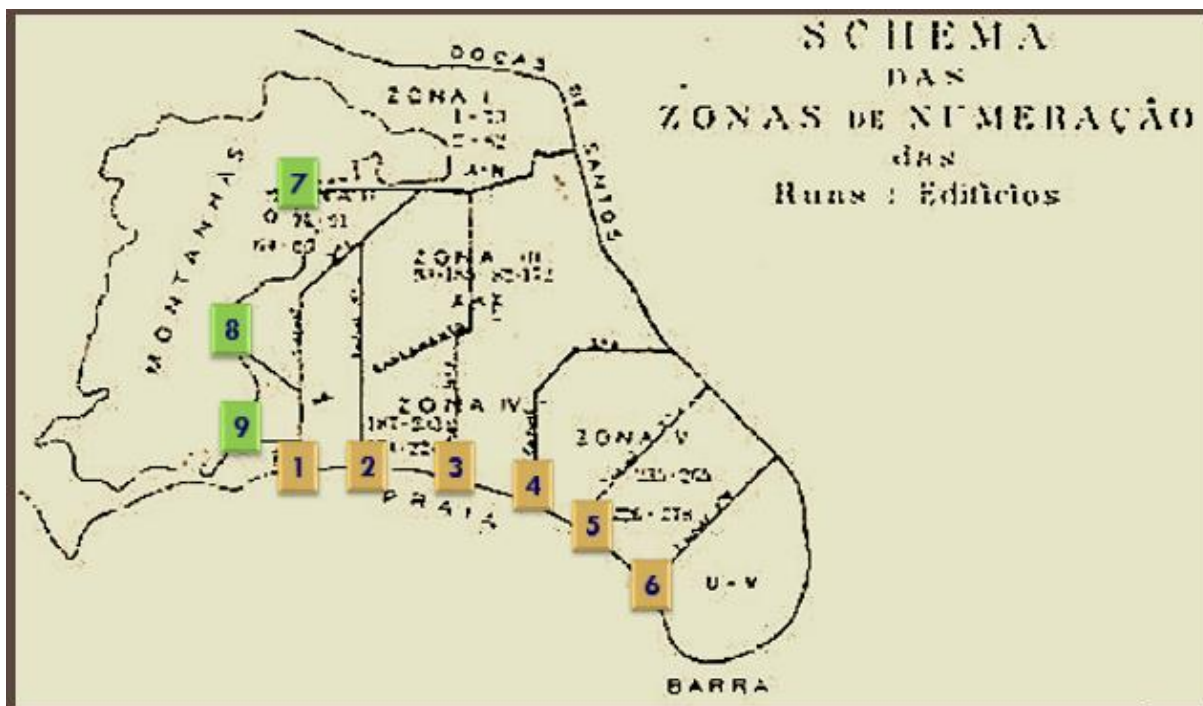


Figura 9. Mapa da cidade de Santos com os canais projetados, construídos e numerados por Saturnino de Brito no início do século XX. Fonte: BRITO (1944a).

1.1.1 COMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA APÓS VÁRIAS DÉCADAS

Décadas após a finalização da construção dos nove canais de drenagem pluvial e da rede coletora de esgotos, estudos direcionados à balneabilidade das praias visavam analisar o impacto do despejo contínuo e progressivo das águas dos esgotos na região da Ponta do Itaipu (figura 6) influenciando na qualidade das águas das praias de Santos e São Vicente (incluindo Praia Grande que pertencia ao município de São Vicente).

Um dos registros mais antigos que trata de análises de contaminação microbiológica data de 1954, em trabalho apresentado no Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária realizado em São Paulo, quando se estudou a influência do esgoto proveniente de Santos e São Vicente para a balneabilidade das praias da Praia Grande. Os pontos de coleta estão demonstrados na figura 10 e os resultados obtidos das análises revelaram índices de contaminação microbiológica para Praia Grande bem acima dos padrões toleráveis na época. Já as análises para as praias de Santos e de São Vicente não apresentaram o mesmo grau de contaminação. Os autores concluíram o trabalho recomendando a adoção urgente de um novo sistema de

deposição dos esgotos de Santos e de São Vicente objetivando diminuir a carga elevada de contaminação litorânea (CHRISTOVÃO et al., 1954).

Cabe ressaltar que estes estudos não levaram em consideração a possível contaminação advinda de ligações irregulares de residências ao sistema de drenagem pluvial e por isso se limitaram a captar e analisar a água do mar, desconsiderando o conteúdo das águas salobras no interior dos canais de drenagem.

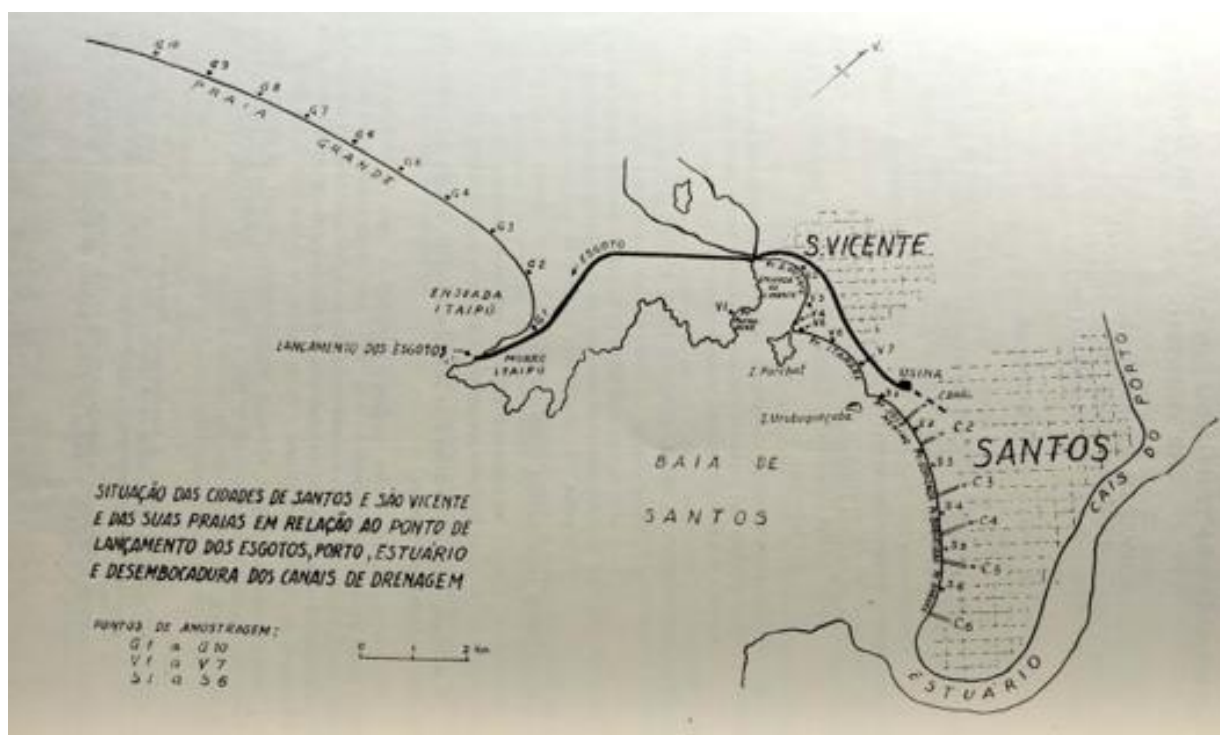


Figura 10. Mapa das análises de 1954 da balneabilidade das águas de Santos e São Vicente, aí inclusa Praia Grande; a linha contínua representa a rede de esgoto com lançamento dos dejetos em sua extremidade, na Ponta do Itaipu. Fonte: CHRISTOVÃO et al., 1954.

A partir deste e outros estudos de balneabilidade, iniciativas para construção da Estação de Pré-Condicionamento (EPC) e do emissário submarino de Santos no José Menino para lançamento do esgoto sanitário em alto mar, após 2 processos de retiradas de sólidos, foram tomadas em 1969 pelo então governador do Estado de São Paulo, Abreu Sodré, firmando contratos e convênios relativos à Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. O contrato autorizou a construção da primeira etapa do grande Interceptor Oceânico de Santos e de São Vicente (DIÁRIO OFICIAL DO MUNICÍPIO DE SANTOS, 1969). O sistema envolvendo o funcionamento do interceptor oceânico, da EPC e do emissário submarino foi inaugurada em 21 de julho de 1978 (Portal de Notícias G1, 2013) (figura 11). O antigo sistema de esgotos

sanitários com despejo a céu aberto na Ponta do Itaipu é desativado e o coletor REBOUÇAS direcionado para a EPC, junto com o coletado pelo Interceptor Oceânico, propiciando o lançamento submarino à distância. (figura 12).

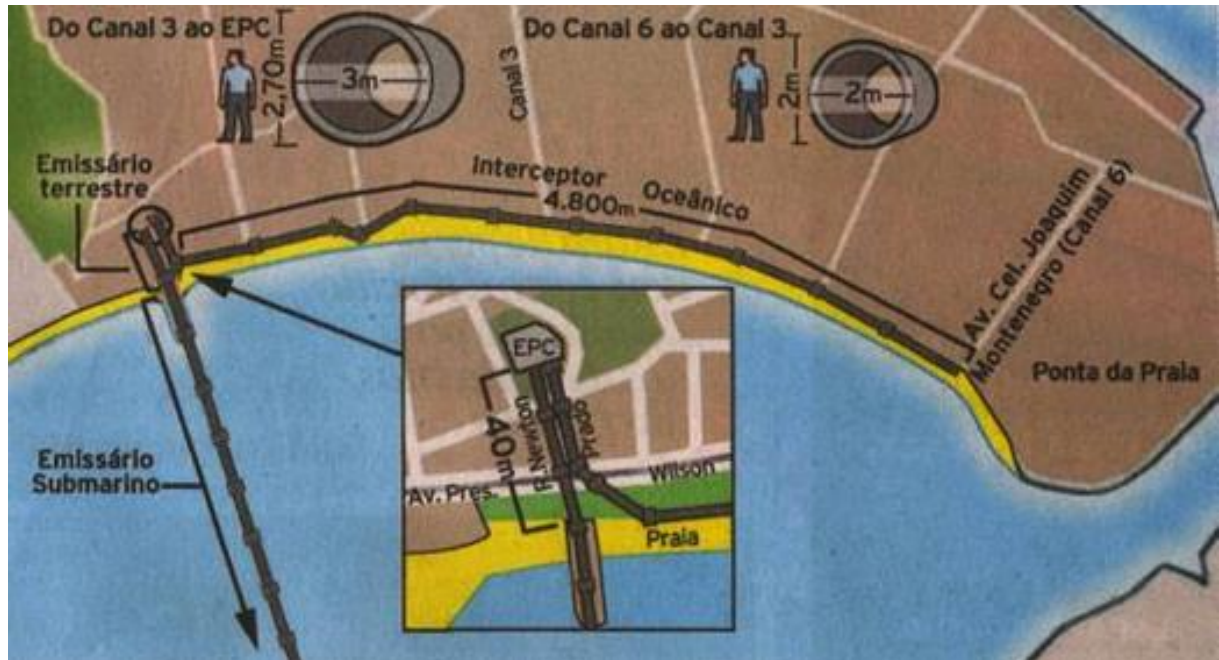


Figura 11. O emissário submarino na praia de José Menino. Com as comportas fechadas, o Interceptor Oceânico direciona as águas dos canais para a EPC. Fonte: Novo Milênio, 2017.

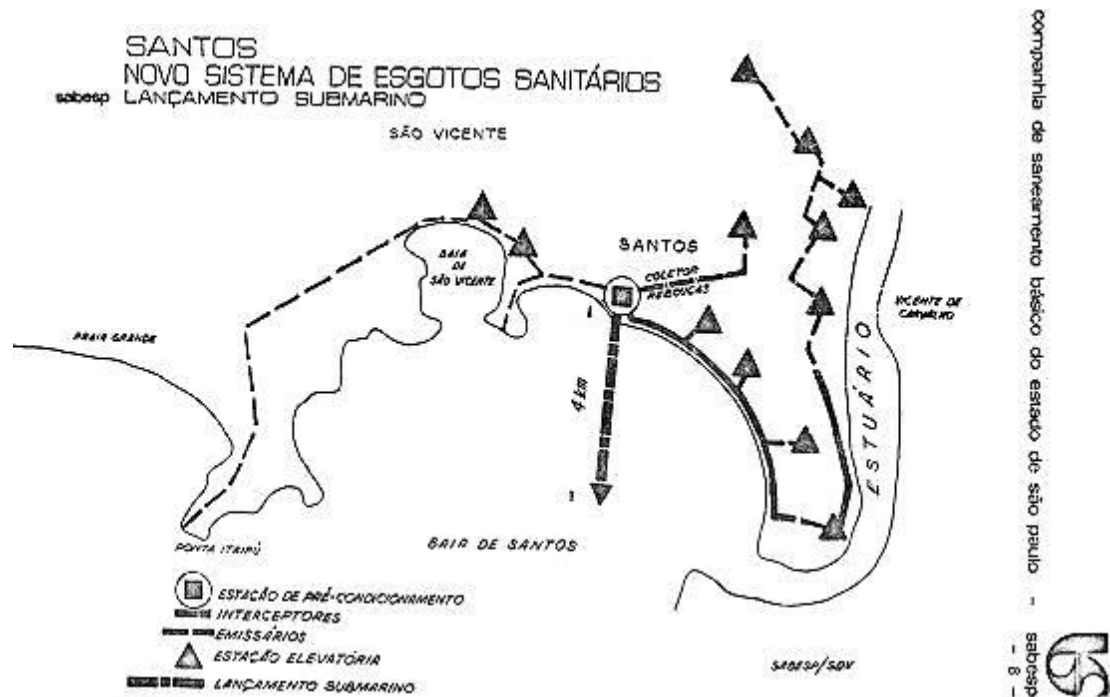


Figura 12. O coletor Rebouças, do antigo sistema de esgotos sanitários, passa a ser conectado apenas na EPC, desativando o trajeto da linha pontilhada para a Ponta do Itaipu e propiciando o lançamento submarino à distância. Fonte: SABESP, 1978.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo geral analisar a qualidade das águas em três canais de drenagem das águas pluviais de Santos (São Paulo, Brasil), denominados de canais 01 (Av. Pinheiro Machado), 03 (Av. Washington Luiz) e 06 (Av. Cel. Joaquim Montenegro). Os canais estudados estão dispostos paralelamente desde a região oeste (canal 01) até a região leste (canal 06), tendo o canal 03 como região intermediária. As análises foram realizadas em 03 pontos distintos para cada canal estudado.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterização físico-química, através das análises das variáveis: temperatura, salinidade, pH e turbidez;
- Realizar a análise de contaminação indevida através das análises de bactérias indicadores de contaminação fecal (*Escherichia coli*);
- Realizar a análise de contaminação indevida através das análises químicas das análises das variáveis: fosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato;
- Realizar análises comparativas dos resultados obtidos dos pontos localizados no mesmo canal e entre os canais estudados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Coleta

Os procedimentos da coleta foram realizados no mês de julho de 2017, em fase única, diretamente da água dos canais (figura 13). Os três canais pesquisados foram escolhidos por critérios: o canal 1 por ser o maior e mais próximo dos morros; o canal 3 por ser central e pela densidade populacional da região devida à aglomeração e maior altura de prédios residenciais; e o canal 6 por ser o mais curto e mais à leste. As coordenadas geográficas dos pontos de coleta e a identificação das amostras estão demonstradas na tabela 1 e figura 13. As coletas foram realizadas em período de baixa pluviosidade, com índice pluviométrico acumulado de 0,0 mm nas 72 horas que precederam a coleta (PREFEITURA DE SANTOS, 2017).

Tabela 1 - Coordenadas geográficas e Identificação das Amostras.

CANAL	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	LATITUDE	LONGITUDE
01	1A	-23.968662	-46.345727
	1B	-23.950258	-46.341157
	1C	-23.941154	-46.318465
03	3A	-23.971354	-46.329416
	3B	-23.961001	-46.328161
	3C	-23.947318	-46.325447
06	6A	-23.984103	-46.309666
	6B	-23.978030	-46.301581
	6C	-23.974279	-46.296636

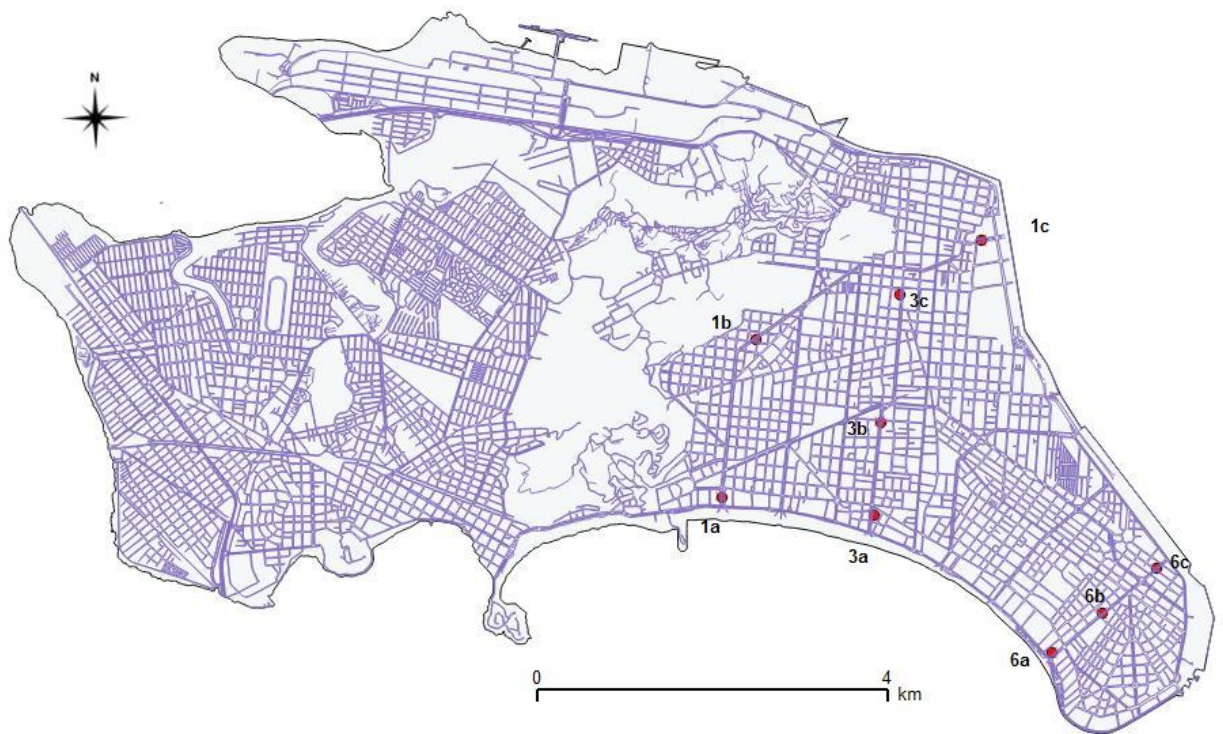


Figura 13. Mapa da área de estudo, destacando os pontos de coleta dos canais.

Fonte: arquivo pessoal.

Para cada ponto foram coletadas 3 amostras, sendo acondicionadas em garrafa âmbar estéril, à temperatura ($\pm 5^{\circ}\text{C}$), até o momento do processamento no laboratório (figura 14).



Figura 14. Imagem da coleta das amostras diretamente no leito dos canais de drenagem pluvial de Santos em três pontos dos três canais escolhidos: 1 (Av. Pinheiro Machado), 3 (Av. Washington Luiz) e 6 (Av. Cel. Joaquim Montenegro). Imagens aleatórias.

Fonte: arquivo pessoal.

3.2 Determinação de *Escherichia coli* e outros coliformes

Para a determinação de *Escherichia coli* e outros coliformes nas amostras, o método adotado foi da técnica da filtração em membranas (modificado de CETESB, 2007 e APHA, 2012).

As amostras coletadas foram homogeneizadas 25 vezes, inclinando-se o frasco de modo a formar um ângulo de aproximadamente 45° entre o braço e o antebraço, e com o auxílio de uma pipeta estéril, foram 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 então a diluição final de 1000 vezes a partir da amostra inicial. Em seguida, transferiram-se 10 mL para um novo frasco contendo 90 mL de solução de diluição estéril, sendo que este último volume servirá apenas como meio de suporte para a transferência das possíveis bactérias existentes na amostra, possibilitando que se distribuam uniformemente na superfície da membrana ao ser efetuada a filtração.

Após todo o procedimento de diluição, o volume total do último frasco foi filtrado através de uma membrana estéril quadriculada com porosidade de 0,45 µm, sendo as mesmas dispostas, com o auxílio de uma pinça estéril, em placas de Petri contendo o meio de cultura Ágar Biochrome Coliformes (Biolog), obedecendo aos cuidados de assepsia e, a cada filtração, o porta-filtro foi lavado com água de diluição estéril. O meio de cultura utilizado no ensaio, trata-se de um meio cromogênico que permite uma rápida identificação e enumeração simultânea de *E. coli* e outros coliformes, onde a diferenciação é realizada a partir da coloração das colônias (Manafi, 1996; APHA, 2012).

Após as filtrações, as placas contendo o meio de cultura e a membrana foram colocadas em posição invertida em bandejas e incubadas a 35 ± 0,5°C, durante 22-24 horas. Após o tempo de incubação, efetuou-se a contagem das colônias típicas de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Os resultados foram expressos como Unidade Formadoras de Colônias (UFC)/100mL, de acordo com a equação (1):

$$\text{UFC/100ml} = \frac{\text{NTC} \times \text{DE}}{\text{VFA}} \times 100$$

Sendo:

UFC: unidade formadora de colônia;

NTC: número total de colônias;

DE: diluição empregada;

VFA: volume filtrado da amostra (mL).

Sendo que a diluição empregada foi igual a 1000 vezes e o volume filtrado foi igual a 10 mL.

3.3 Parâmetros físico-químicos

Todos estes testes foram efetuados com os seguintes aparelhos de medição: a temperatura com o uso do Termômetro de Mira a Laser (INFRARED Thermometers), modelo MO-910; a salinidade com o refratômetro de salinidade (ATC®); o pH com o pHmetro (HANNA®, modelo HI98103). A turbidez foi aferida com o instrumento turbidímetro (Policontrol® modelo AP2000).

3.4 Determinação de fosfato

A determinação de Fosfato dissolvido foi realizada pelo método Azul de molibdênio, através da utilização de reagentes adquiridos do fabricante Alfakit (Santa Catarina, Brasil). Efetuou-se a leitura em espectrofotômetro (Thermo Spectronic, modelo Biomate 3) em comprimento de onda (λ) igual a 650 nm. Os resultados dos teores de fosfato das amostras foram calculados por meio de curva construída a partir de solução padrão de Fosfato (Alfakit), com concentrações que variaram de 0,3125 a 10 mg.L⁻¹, utilizando-se o programa Microsoft Excel for Windows versão 2010.

3.5 Determinação de nitrogênio amoniacal

A concentração de nitrogênio amoniacal foi determinada pela metodologia 4500-NH₃ F (método do fenato) conforme descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Efetuou-se a leitura em espectrofotômetro (Thermo Spectronic, modelo Biomate 3) em comprimento de onda (λ) igual a 630 nm. Os resultados dos teores de nitrogênio amoniacal das amostras foram calculados por meio de curva construída a partir de solução padrão de NH₄Cl, com concentrações que variaram de 0,25 a 5 µg NH₃-N, utilizando-se o programa Microsoft Excel for

Windows versão 2010. Os resultados foram calculados de acordo com a equação (2), sendo posteriormente convertidos para mg/L.

$$\text{Nitrogênio amoniacal } (\mu\text{g/L}) = \frac{\mu\text{g NH}_3\text{-N obtido a partir da curva}}{\text{mL da amostra utilizada}} \times 1000 \quad (2)$$

3.6 Análises de nitrito e nitrato

Nitratos e nitritos foram determinados pelo método do N-(1-naftil)-etilenodiamina (NTD), adaptado do Standard Methods 21^a ed. 4500 B, 4-118 (2005)., através da utilização de reagentes adquiridos do fabricante Alfakit (Santa Catarina, Brasil). As determinações foram realizadas de acordo com as instruções do fabricante, efetuando-se a leitura em espectrofotômetro (Thermo Spectronic, modelo Biomate 3) em comprimento de onda (λ) igual a 535 nm.

Os teores de nitrogênio-nitrato (N-NO₃⁻) das amostras foram calculados por meio de curva construída a partir de solução padrão de nitrato (Alfakit), com concentrações que variaram de 0,3125 a 10 mg.L⁻¹, utilizando-se o programa Microsoft Excel for Windows versão 2010.

Os teores de nitrogênio-nitrito (N-NO₂⁻) das amostras foram calculados por meio de curva construída, a partir de solução padrão de nitrito (Alfakit), com concentrações que variaram de 0,0156 a 0,5 mg.L⁻¹.

3.7 Análise estatística

Os resultados das análises microbiológicas, químicas e físico-químicas foram expressos como média $\pm$ desvio padrão (DP) para cada ponto analisado com 3 réplicas para efetuar a média amostral (n=3).

Para a comparação entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem utilizou-se o teste ANOVA com teste posteriori de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros Físico-Químicos

A água é o recurso natural mais importante para a manutenção da vida na terra (BACCI; PATACA, 2008), sendo essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos, pois exerce funções fisiológicas relevantes (MAGALHÃES et al., 2014). Por ser um recurso de fundamental importância para a vida, torna-se imprescindível controlar e exigir sua qualidade, por meio de regulamentos técnicos específicos e legislações que garantem saúde e bem-estar à população humana e animal (MORAIS et al., 2016). Este controle é realizado por intermédio de análises laboratoriais, investigando-se a qualidade da água, tanto por ensaios físico-químicos (cor, turbidez, condutividade elétrica, temperatura, pH, alcalinidade, dureza total, ferro, cloretos, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, cloro residual livre, sólidos totais, amônia), quanto por métodos microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes e bactérias mesófilas aeróbias), conforme às Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/05 (BRASIL, 2005), nº 430/2011 (BRASIL, 2011a) e nº 396/2008 (BRASIL, 2008) e a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 (BRASIL, 2011b).

No presente estudo, as águas dos canais de Santos foram classificadas como águas salobras (salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰) de classe 1, de acordo com o artigo 42 da resolução CONAMA 357/05 apresenta esta indicação para que os recursos hídricos sem enquadramento possam ser monitorados.

Deste modo, com propósito de avaliação da qualidade das águas dos canais de drenagem de Santos-SP foram considerados e analisados parâmetros físico-químicos tais como: temperatura, salinidade, pH, turbidez, série de nitrogênio (nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito) e fosfato. Os resultados obtidos para as variáveis de temperatura, salinidade, medidas de pH apresentaram valores enquadrados dentro dos limites da Resolução CONAMA 357/2005. Os resultados obtidos a partir das análises físico-químicas das amostras obtidas a partir dos canais de Santos-SP estão demonstrados a seguir (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos das amostras coletadas.

Parâmetros	1A	1B	1C	3A	3B	3C	6A	6B	6C	Padrões CONAMA 357/05
Temperatura (°C)	19,5	22,1	23,4	23,5	23,0	30,0	23,1	25,5	24,1	**
Salinidade* (‰)	2,66±0,57	4,0±00	2,0±1,00	1,66±0,57	1,33± 0,57	1,33±0,57	2,0±00	1,66±0,57	1,66±0,57	0,5 a 30
pH*	7,48±0,18	7,60±0,10	7,51±0,08	7,54±0,02	7,58±0,05	7,60±0,05	7,80±0,22	7,75±0,09	7,71±0,20	6,5 a 8,5
Turbidez* (UNT)	5,94±1,70	26,47±2,0	4,79±0,52	9,38±1,04	15,50±5,74	14,0±2,88	7,21±1,24	9,45±3,39	10,58±4,35	Virtualmente ausente

*Valores expressos como média± desvio- padrão (n=3). ** sem valor especificado pela Resolução CONAMA 357/05

A legislação trabalha com parâmetros de qualidade, valores esses que são expressos por quantidades máximas e mínimas permitidas para o uso adequado do corpo d'água conforme a sua classificação. Pode-se observar nos dados obtidos em todos os pontos dos canais avaliados que os parâmetros físico-químicos: pH (6,5 a 8,5), Salinidade (0,5 a 30%) e turbidez apresentaram valores dentro dos limites da resolução CONAMA 357/05.

4.2 Análises microbiológicas

A *Escherichia coli* é um importante indicador microbiológico utilizado em estudos da qualidade da água. Caracteriza-se por ser uma bactéria bastante abundante nas fezes dos animais de sangue quente, incluindo os humanos, tendo sido encontradas em água naturais, esgotos e solos que tenham recebido contaminação fecal recente (SALES, 2005; ZIESE et al. 2000).

Exceto para o ponto C do canal 3 (3 C), os valores obtidos para as análises de *E. coli* se encontraram acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 274/00 ($2,0 \times 10^3$ UFC/100mL), considerando a possibilidade do contato primário com estas águas. Nota-se também valores muito acima dos parâmetros normais nos pontos A e B do canal 3 (Figura 15), além de apresentarem valores significativamente superiores aos encontrados no ponto C do mesmo canal.

Existem claras diferenças nos arredores dos pontos A, B e C do canal 3, aonde nota-se que o ponto C se trata de uma área predominantemente comercial e os pontos A e B são densamente residenciais, fato que poderia justificar em parte os resultados

obtidos através das análises de *E. coli*, possivelmente relacionados às ligações irregulares de esgotos domésticos ao canal em questão. Imagens de satélite dos pontos de coleta exibindo a densidade demográfica de seu entorno, estão mostradas nos Anexos 1 a 9.

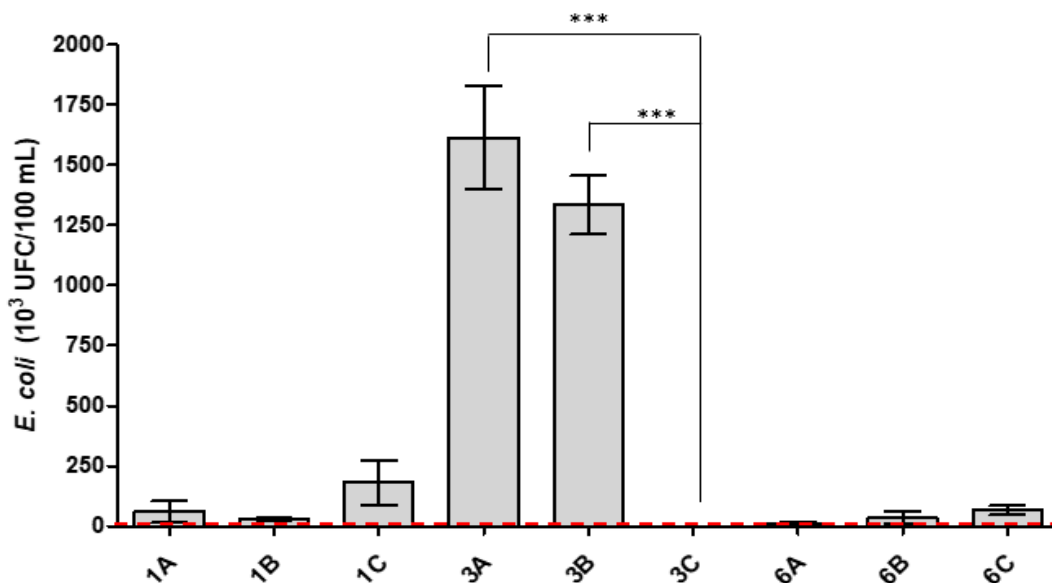


Figura 15 - Resultados das análises de *Escherichia coli*. Os valores expressos representam a média $\pm$ desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; * p<0.001, quando comparados os diferentes pontos de coleta no mesmo canal (A vs. B vs. C). As linhas vermelhas tracejadas significam os valores máximos estabelecidos pela resolução CONAMA 274/00.**

Com propósito de ampliar aspectos relacionados à contaminação microbiológica das águas dos canais avaliados, foram também realizadas análises de coliformes totais. Os dados obtidos (Figura 16) foram analisados tendo como valor aceitável (valor referência) de $0,25 \times 10^4$ UFC por 100 mililitros para coliformes fecais, estabelecido pela CONAMA 274/00. Pode-se notar que todos os canais apresentaram valores muito acima dos parâmetros estabelecidos como referência, sendo os pontos A e B do canal 3 os maiores valores observados, de maneira similar às análises de *E. coli*. Cabe ressaltar que esta região do canal 3, atualmente é considerada a área urbana mais valorizada da cidade de Santos em virtude dos grandes empreendimentos imobiliários e comerciais estabelecidos nesta região.

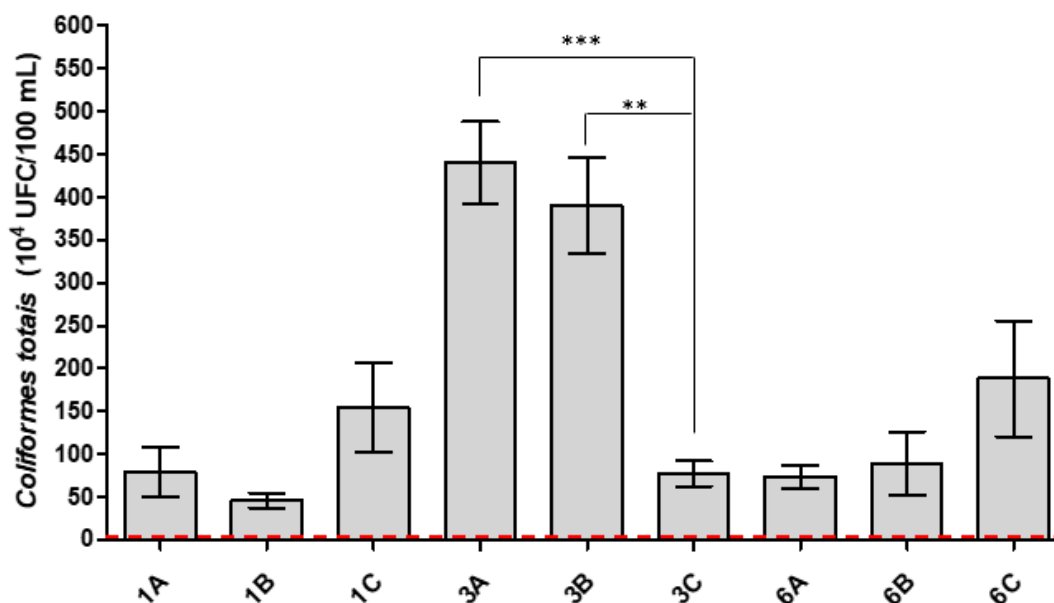


Figura 16 - Resultados das análises de coliformes totais. Os valores expressos representam a média $\pm$ desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p<0.05$; ** $p<0.01$; * $p<0.001$, quando comparados os diferentes pontos de coleta no mesmo canal (A vs. B vs. C). As linhas vermelhas tracejadas significam os valores máximos estabelecidos pela resolução CONAMA 274/00.**

Tendo em vista os dados observados nas análises microbiológicas conforme parâmetros estabelecidos pela CONAMA 274/00, as águas de todos os canais avaliados são consideradas impróprias para o exercício da recreação de contato primário.

4.3 Análises de fosfato dissolvido

O fosfato está presente na natureza em baixas concentrações, mas a sua concentração elevada representa um poluente em potencial, servindo como nutriente para algas e conseqüentemente favorece os processos de eutrofização. A escolha da análise desta variável vem complementar os objetivos desta pesquisa, uma vez que o fósforo que está presente em formulações comerciais de detergentes domésticos e, então o excesso deste elemento constitui também um forte indicativo de contaminação por esgoto de origem doméstica (GRANDA, 2016).

As análises de fosfato dissolvido efetuadas nas amostras obtidas de todos os pontos dos canais apresentaram valores acima dos parâmetros estabelecidos pela

resolução CONAMA 357/2005 para fósforo total (máximo 0,124 mg/L P), considerando-se que a avaliação foi realizada em apenas uma fração deste fósforo total, denominada de fosfato dissolvido. Em um estudo de monitoramento das águas do rio Tietê (São Paulo, Brasil) foram encontrados valores médios de fósforo de 0,76mg/L, valores aproximadamente 6,5 vezes inferiores aos encontrados no ponto 1B (CUNHA et al., 2011). Tais dados reforçam a contaminação por esgoto doméstico dos canais em todos os pontos avaliados (Figura 17). Nota-se uma evidente diferença para o canal 1 entre os pontos A, B e C, com valores elevados nos pontos B e C deste canal. Padrão similar de distribuição pode ser observado para os pontos do canal 6.

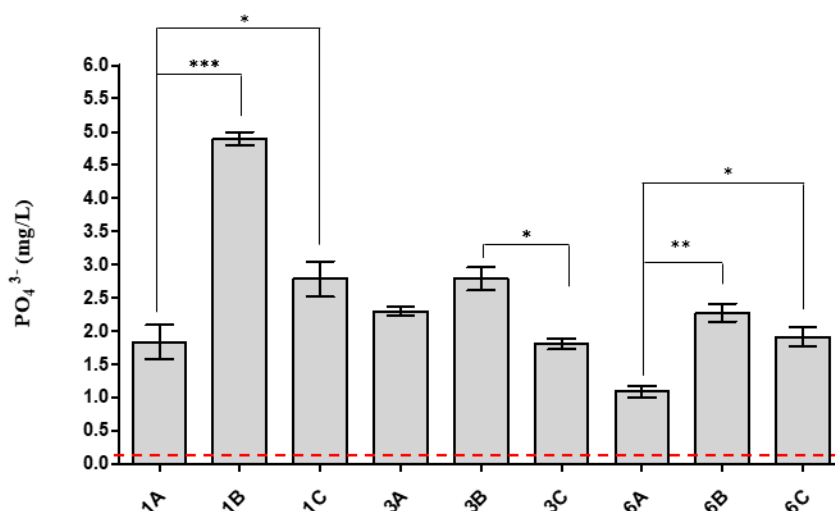


Figura 17 - Resultados das análises de Fosfato. Os valores expressos representam a média $\pm$ desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; * p<0.001, quando comparados os diferentes pontos de coleta no mesmo canal (A vs. B vs. C). As linhas vermelhas tracejadas significam os valores máximos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05.**

4.4 Análises de Nitrogênio amoniacal total

De acordo com a CETESB, 2008, a amônia é um agente tóxico bastante restritivo à vida de organismos aquáticos como os peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. A amônia também promove um consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é normalmente utilizada na constituição de índices de qualidade das águas. A sua presença pode ser um indicativo de esgoto clandestino (GANDRA, 2016). Deste modo, o presente trabalho

teve também como propósito quantificar os níveis de nitrogênio amoniacal nas amostras de água coletadas nos diferentes pontos dos canais avaliados. Tais dados são apresentados na figura 18.

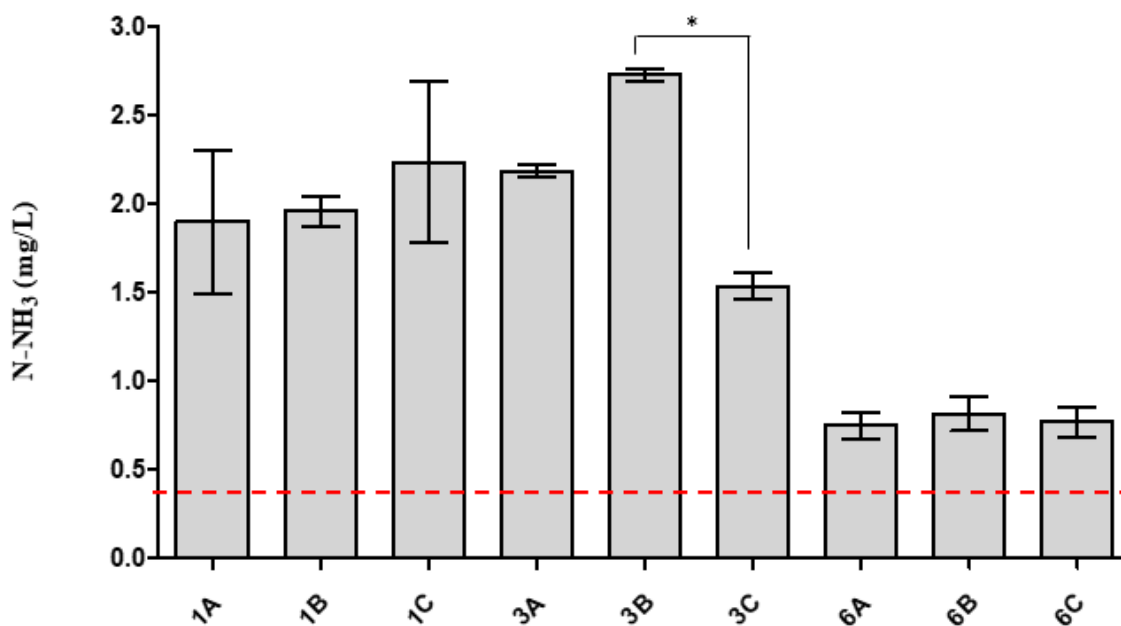


Figura 18 - Resultados das análises de nitrogênio amoniacal total. Os valores expressos representam a média $\pm$ desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; * p<0.001, quando comparados os diferentes pontos de coleta no mesmo canal (A vs. B vs. C). As linhas vermelhas tracejadas significam os valores máximos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05.**

Conforme resolução CONAMA 357/2005, o limite estabelecido para o Nitrogênio Amoniacal total é até 0,40 mg/L N para as águas salobras de classe 1. Os resultados obtidos revelaram valores acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA em todos os pontos analisados, fato que demonstra possibilidade do despejo de esgoto doméstico em todos os pontos dos canais avaliados.

4.5 Análises de Nitrito

Dentre as substâncias que podem constituir risco para a saúde humana, incluem-se os compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação: nitrogênio amoniacal e albuminóide, nitrito e nitrato (Alaburda e Nishihara, 1998). A amônia pode estar presente naturalmente em águas superficiais ou subterrâneas, sendo que

usualmente sua concentração é bastante baixa devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato. Entretanto, a ocorrência de concentrações elevadas pode ser resultante de fontes de poluição próximas, bem como da redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo (BATALHA & PARLATORE, 1993; FORMAGGIA et al., 1996; SOCIETY FOR WATER TREATMENT AND EXAMINATION, 1970).

Conforme resolução CONAMA 357/2005, o limite estabelecido para o Nitrito é até 0,07 mg/L N para as águas salobras de classe 1. Os resultados obtidos demonstraram, com exceção dos pontos 1A, 1B, 6B e 6C, os demais pontos de coleta se encontraram dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 (figura 19). Vale portanto ressaltar que, apesar dos valores dos níveis de nitrito obtidos serem considerados adequados conforme legislação vigente, é possível que estes estejam na forma oxidada de nitrato. Deste modo, foram avaliados também teores de nitrato nas amostras avaliadas.

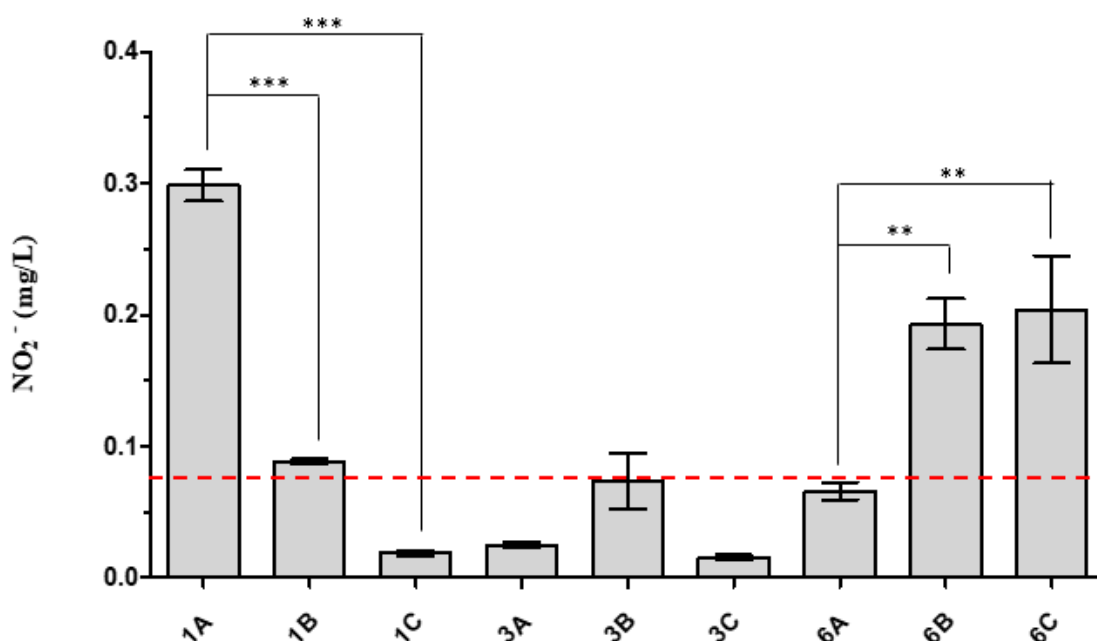


Figura 19 - Resultados das análises de nitrito. Os valores expressos representam a média $\pm$ desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; * p<0.001, quando comparados os diferentes pontos de coleta no mesmo canal (A vs. B vs. C). As linhas vermelhas tracejadas significam os valores máximos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05.**

4.6 Análises de Nitrato

Conforme resolução CONAMA 357/2005, o limite estabelecido para o nitrato é até 0,40 mg/L N para as águas salobras de classe 1. Os resultados obtidos revelaram que apenas os pontos A e C do canal 3 (3A e 3C) e o ponto 1C apresentaram valores considerados dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA (figura 20). Todos os demais pontos apontam valores acima dos considerados normais. Tais dados são considerados relevantes uma vez que, diversos são os trabalhos que tem demonstrado que o aumento da contaminação das águas por compostos nitrogenados vem merecendo atenção especial, uma vez que está se tornando um problema mundial, devido a sua ampla e diversificada procedência (BOUCHARD et al., 1992; , MACLEAF & SCHOEDER, 1995; Mato, 1996; , ROVIRA & CANOVES, 1988).

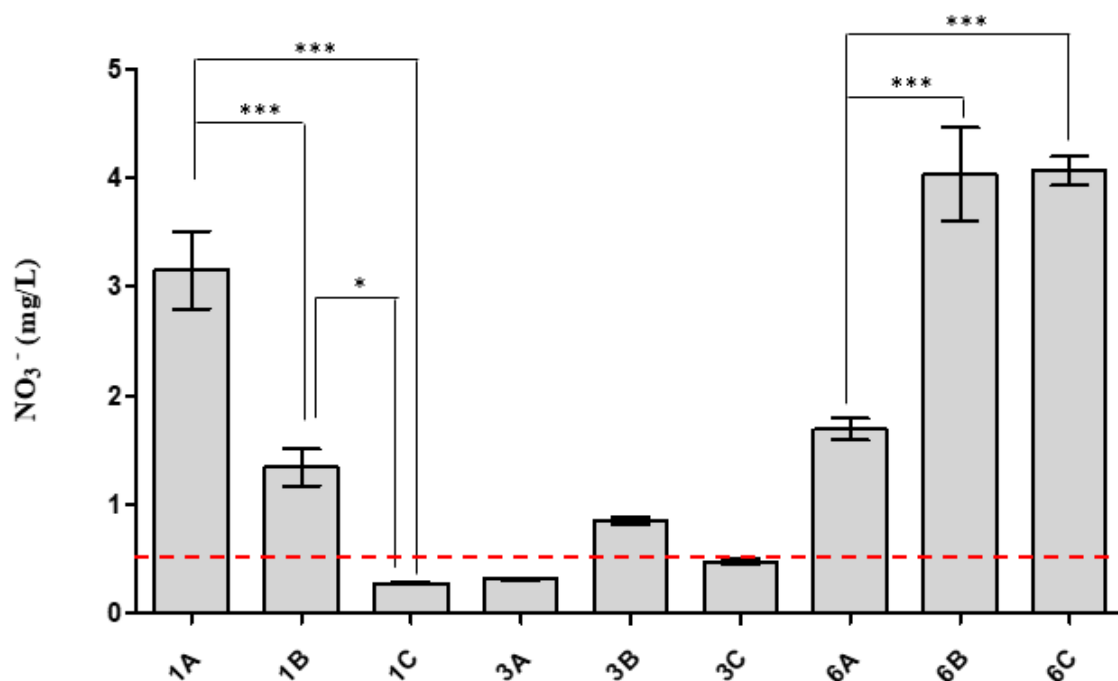


Figura 20 - Resultados das análises de nitrato. Os valores expressos representam a média $\pm$ desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os diferentes pontos de coleta no mesmo canal (A vs. B vs. C). As linhas vermelhas tracejadas significam os valores máximos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05.

A combinação dos resultados obtidos no presente estudo modifica o modelo teórico proposto por Saturnino de Brito (figura 21) e aponta a presença de ligações irregulares de esgoto doméstico aos canais de drenagem pluvial da cidade de Santos, fato também citado no relatório CETESB (2007) (figura 22).



Figura 21. Sistema separador absoluto das águas pluviais e esgoto. Modelo teórico proposto por Brito com as complementações nas décadas posteriores.

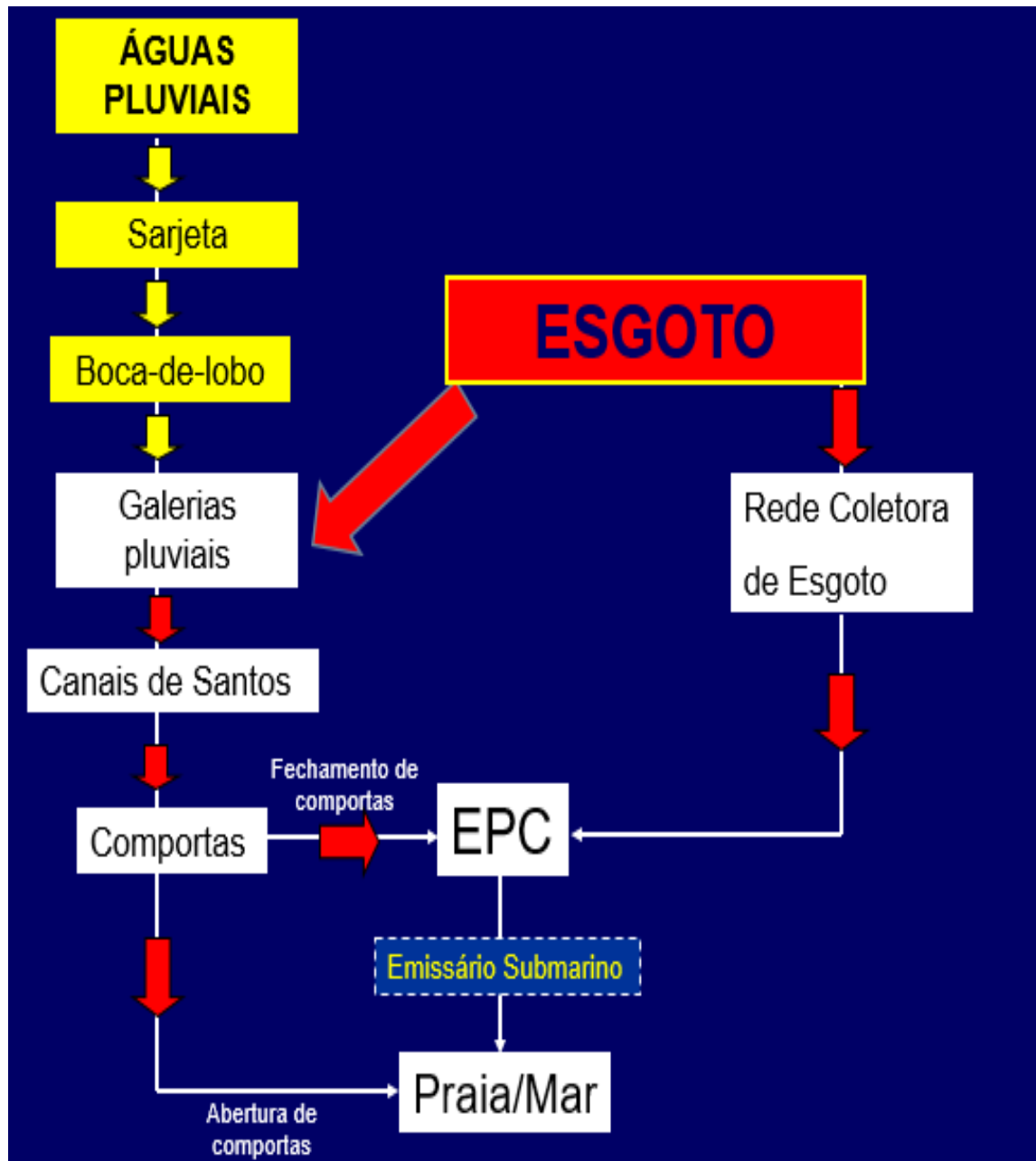


Figura 22 – Modelo proposto para demonstrar o efeito contaminador das ligações irregulares de esgoto doméstico aos canais de drenagem pluvial da cidade de Santos.

A instalação das comportas nos canais resolve em parte o problema da contaminação das praias que receberiam toda a carga microbiana e outros componentes advindos do esgoto doméstico (por ligações irregulares aos canais), comprometendo a balneabilidade. No entanto, mediante fortes precipitações as comportas são abertas, o que permite o escoamento destas águas diretamente nas praias da cidade de Santos.

5. CONCLUSÕES

- Para os parâmetros físico-químicos, com exceção da turbidez, os demais resultados se encontram nos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05
- Os resultados das análises químicas revelaram valores de fosfato acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 em todos os pontos de coleta, destacando-se o ponto 1B. As análises de nitrogênio amoniacal revelaram valores acima dos limites em todos os pontos de coleta.
- As análises de *E. coli* revelaram que dos nove pontos analisados, oito se encontravam acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 274/00, observando-se claramente valores muito elevados para os pontos A e B do canal 3.
- A partir dos resultados obtidos, foi possível observar a influência de esgoto doméstico, especialmente nos pontos de coleta localizados no canal 3, contrariando a destinação dos canais de drenagem pluvial.
- Medidas para a localização das ligações de esgoto aos canais e interrupção destas ligações devem ser tomadas pelos órgãos competentes.

REFERÊNCIAS

A TRIBUNA (jornal). **Poluição: secretaria de obras contesta denúncia.** 09/01/1976.

A TRIBUNA¹ (jornal). **Pesquisador da USP propõe fechar praias por causa da poluição.** 27/09/1990.

A TRIBUNA² (jornal). **Acordo beneficiará balneabilidade das praias.** 23/11/1990.

Acervo Saturnino de Brito. **A visão e a obra de um pioneiro.** Disponível em <<http://acervosaturninodebrito.blogspot.com.br/p/saturnino-de-brito.html>>. Acesso em 14/06/2017.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços.** *Rev. Saúde Pública* [online]. 1998, vol.32, n.2, pp.160-165.

ÁLVARO, G. **A campanha sanitária de Santos: suas causas e seus efeitos.** Edição do Serviço Sanitário do Estado de São Paulo/Casa Duprat, 1919. Disponível em <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0353e.htm>>. Acesso em 22/06/2017

APHA – AWWA – WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21º st ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, 2005.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22º st ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, 2012.

BACCI, D. C de La; PATACA, E. M. **Educação para a água. Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 211- 226, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200014>. Acesso em 05/03/2017.

BARBOSA, G. C. (org.). **Santos e seus arrabaldes: Álbum de Militão Augusto de Azevedo.** São Paulo: Magma Cultural e Editora, 2004.

BARBOSA, G. C. e MEDEIROS, M. C. F. de. **Marc Ferrez: Santos panorâmico**. São Paulo: Magma Cultural e Editora, 2007.

BATALHA, B.H.L. & PARLATORE, A.C. **Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais**. São Paulo, CETESB, 1993.

BOUCHARD, D.C.; WILLIAMS, M.K.; SURAMPALLI, R.Y. **Nitrate contamination of ground water: sources and potencial health effects**. *J. Am. Water Works Ass.*, **84**: 85-90,1992.

BOTELHO, R. G. M. **Bacias hidrográficas urbanas**. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2011.

BRASIL. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Mapa da Província de São Paulo de 1886**. Disponível em <<https://www.al.sp.gov.br/cenarios/linha-do-tempo/imperio.html>>. Acesso em 28/07/2017

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), **Resolução Federal N.º 274/00, de 29 de novembro de 2000**. Publicada no DOU no 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), **Resolução Federal N.º 357/05**. Publicada no DOU de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Federal nº 396/08**. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Federal nº 430/11**. Publicada no DOU, de 16 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

BRASIL. **Lei nº 581**, de 04 de setembro de 1850. Estabelece medidas para a repressão do tráfico de africanos neste Império.

BRASIL. **Lei nº 601**, de 18 de setembro de 1850. Dispõe sobre as terras devolutas do Estado.

BRASIL. **Lei nº 2040**, de 28 de setembro de 1871. Declara de condição livre os filhos de mulher escrava que nasceram desde a data desta lei, libertos os escravos da Nação.

BRASIL. **Lei n. 3270**, de 28 de setembro de 1885. Regula a extinção gradual do elemento servil.

BRASIL. **Lei n. 3353**, de 13 de maio de 1888. Declara extinta a escravidão no Brasil.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Portaria 2.914**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 14 dez. 2011(b).

BRITO, S. **Esgotos: Parte Geral**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943 (a) (Obras Completas de Saturnino de Brito Vol. II)

BRITO, S. **Projetos e Relatórios: Saneamento de Santos**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943 (b) (Obras Completas de Saturnino de Brito Vol. VII)

BRITO, S. **Urbanismo: Tratado sanitário das cidades – Estudos diversos**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1944 (a) (Obras Completas de Saturnino de Brito Vol. XX)

BRITO, S. **Urbanismo: A planta de Santos**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1944 (b) (Obras Completas de Saturnino de Brito Vol. XXI)

CARDOSO, F. H. Dos governos militares a Prudente – Campos Sales. In: FAUSTO, B. (dir.) **História Geral da Civilização Brasileira**. Tomo III. O Brasil Republicano: 1º. Volume: Estrutura de Poder e Economia (1889 - 1930). São Paulo: DIFEL, 1977 (n. 8), p. 37 - 38.

CHRISTOVÃO, D. A.; NETTO, J.M.A.; JEZLER, H. **Investigação da contaminação das praias de Santos e São Vicente**. Anais do 4.o Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, São Paulo, 1954, p. 339

COELHO, F. R. ; SANTOS, A. R. ; CORTEZ, F. S. ; PUSCEDDU, F. H. ; TOMA, W. ; GUIMARÃES, L. L. . **Caracterização da qualidade das águas dos canais de Santos (São Paulo, Brasil)**. UNISANTA BioScience, v. 1, p. 54-59, 2012.

COELHO, F.R. **Caracterização Físico-Química, Microbiológica e Ecotoxicológica das Águas dos Canais de Drenagem Urbana de Santos (São Paulo, Brasil)**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Santa Cecília. Santos - SP, Brasil, 2013.

CETESB. **Relatório de monitoramento de emissários submarinos**. São Paulo: CETESB, 2007. Disponível em <<http://praias.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios>>. Acesso em 06/09/2017.

CUNHA, D. G., GRULL, D., DAMATO, M., BLUM, J. R., EIGER, S., LUTTI, J. E., MANCUSO, P. **Contiguous urban rivers should not be necessarily submitted to the same management plan: the case of Tietê and Pinheiros Rivers (São Paulo-Brazil)**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 83(4), 1465-1480, 2011

D.O. URGENTE (jornal). **Mais duas comportas contra a poluição**. 05/02/1991.

DIÁRIO OFICIAL DE SANTOS. Prefeitura de Santos, 1991. Disponível em <<https://diariooficial.santos.sp.gov.br>>. Acesso em 01/09/2017.

FAMS. Portal Memória de Santos. **Saneamento Básico em Santos**.

<<http://www.memoriadesantos.com.br/post/saneamento-basico-em-santos-88>>.

Acesso em 06/08/2017.

FAPESP. **Fluxos paulistas**. <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2014/01/13/fluxos-paulistas/>> . Acesso em 01/09/2017.

FORMAGGIA, D.M.E.; PERRONE, M.A.; MARINHO, M.J.F.; SOUZA, R.M.G.L. Portaria 36 GM de 19/01/90 **Necessidade de Revisão**. *Eng. Sanit. Amb.*, **1**(2): 5-10, 1996.

GANDRA, CARLA VILAR. **Caracterização Físico-Química, Microbiológica e Ecotoxicológica das Águas Pluviais do Sistema de Drenagem Urbana de Santos** (São Paulo, Brasil) / Carla Vilar Gandra, 2016. Dissertação de Mestrado – Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Santos, SP, 2016.

GOOGLE MAPS. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em 01/09/2017

IGLESIAS, F. et al. Imigração assalariada. In: HOLANDA, S. B. de (dir.) **História Geral da Civilização Brasileira**. Tomo II. O Brasil Monárquico: 3º. Volume: Reações e Transações. São Paulo: DIFEL, 1967 (n. 5), p. 274 - 278

LANNA, A. L. D. **Uma cidade na transição: SANTOS: 1870 – 1913**. São Paulo-Santos: Ed. Hucitec / PMS, 1996.

LAMPARELLI C.C.; ORTIZ, J.M. **Emissários submarinos: projeto, avaliação de impacto ambiental e monitoramento**. São Paulo, SMA, 2006.

LINS, I. **História do Positivismo no Brasil**. 2. ed. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1967. (Brasiliense, vol. 322)

MACLEAF, P.R. & SCHOEDER, E.D. **Denitrification using a membrane-immobilized biofilm**. *J. W. Works Ass.*, **87**: 77-86, 1995.

MAGALHÃES, Y. A., et al. **Qualidade microbiológica e físico-química da água dos açudes urbanos utilizados na dessedentação animal em Sobral, Ceará.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 12, n. 2, p. 141-148, 2014. Disponível em <<http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/1417>>. Acesso em 10/03/2017.

MATO, A. P. **Determinação de nitratos, nitritos e prováveis fontes de contaminação em águas de poços e sua influência na metemoglobinemia infantil.** São Paulo, 1996. [Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Saneamento Ambiental, Universidade Mackenzie].

MATOS, O. N. – São Paulo no século XIX. De Azevedo, A. (org.) **A Cidade de São Paulo: estudos de geografia urbana**, 1958. Volume II A Evolução Urbana. São Paulo, Companhia Editora Nacional, pag. 67

MORAIS, W. A., et al. **Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás.** Brasil, Caderno de Saúde Coletiva, n. 24, v. 3, p. 361-367, 2016. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/cadsc/v24n3/1414-462X-cadsc-24-3-361.pdf>>. Acesso em 10/03/2017.

NOVO MILÊNIO. **Uma guerra pelos canais santistas.** Disponível em <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0076.htm>>. Acesso em 06/08/2017.

NOVO MILÊNIO. **O caminho das águas e dos esgotos.** Disponível em <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0120g.htm>>. Acesso em 06/08/2017.

O GLOBO (jornal). **Corantes ajudam a detectar poluição nas praias de Santos.** 02/02/1991.

Portal de Notícias G1. **Emissário submarino completa 35 anos nesse domingo.** 21/07/2013. Disponível em <<http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2013/07/emissario-submarino-de-santos-completa-35-anos-neste-domingo.html>>. Acesso em 14/09/2017.

PREFEITURA DE SANTOS. **Índice Pluviométrico**. Disponível em <<http://www.santos.sp.gov.br/aprefeitura/secretaria/seguranca/indice-pluviometrico/7/2017>>. Acesso em 16/08/2017.

REVISTA DAE. **Aplicação de oxigênio no sistema de esgoto de Santos e São Vicente para combate de odores**. Vol. 45. N. 143. Dez/1985. Disponível em <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_143_n_148.pdf>. Acesso em 14/09/2017.

ROSEMBERG, A. **Ordem e Bula: processos sociais, escravidão e justiça em Santos**. São Paulo: Ed. Alameda, 2006.

ROVIRA, R.F. & CANOVES, A.F. **Nitratos, aspectos bromatológicos, toxicológicos e analíticos**. Alimentaria, Madrid, **24**: 15-21, 1988.

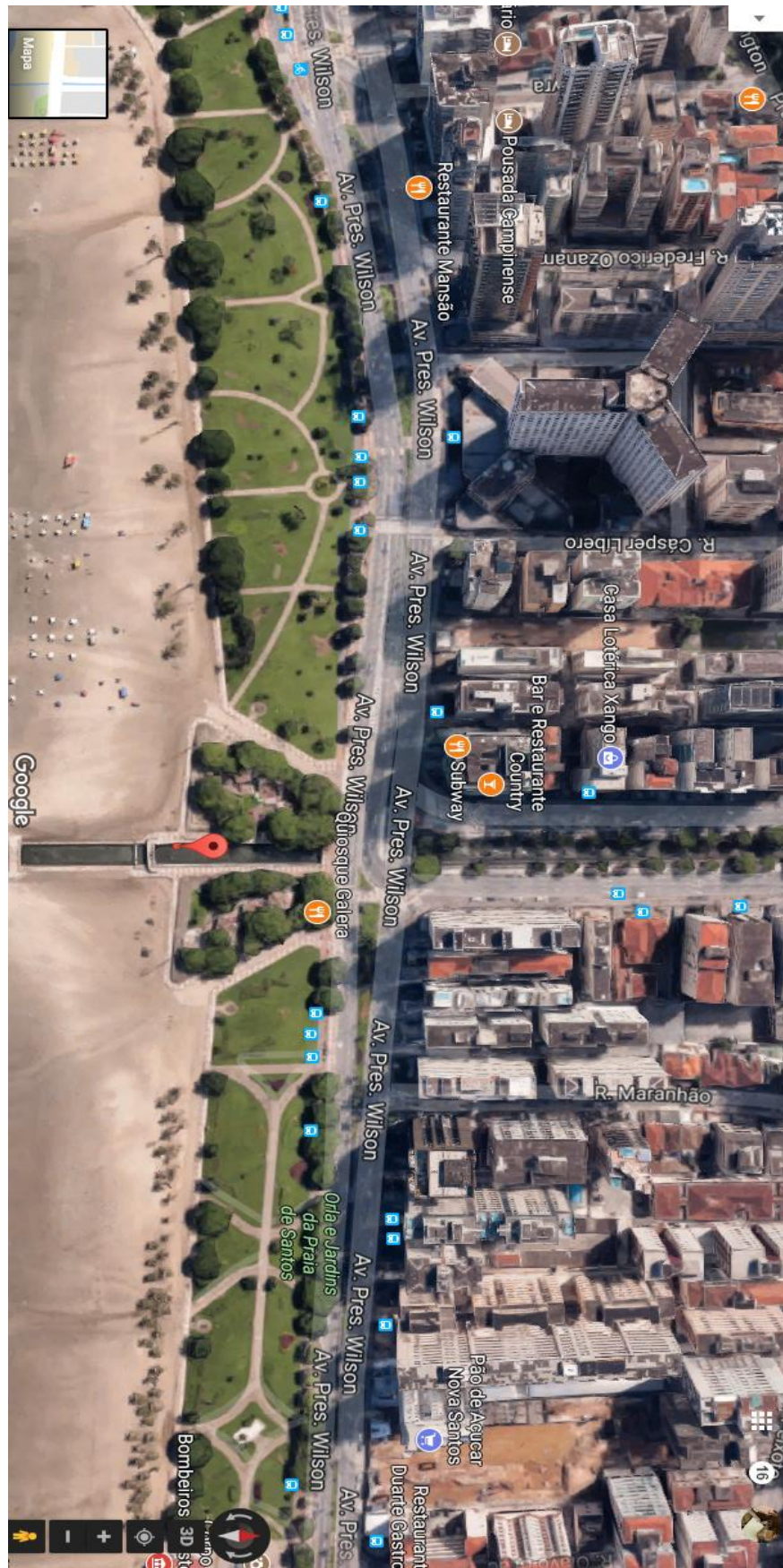
SALES, A. E. T. **Estudos da Balneabilidade das Praias Urbanas do Município de Natal-Durante o ano de 2005**: Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária. UFRGN. Rio Grande do Norte, 2005. SOCIETY FOR WATER TREATMENT AND EXAMINATION. Water treatment and examination. 4a ed. J & A Churchill, London 1970. p. 133-5.

VARGAS, M. **Engenharia Civil na República Velha**. In: **História da Técnica e da Tecnologia no Brasil**. VARGAS, M. (org.) São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 1994.

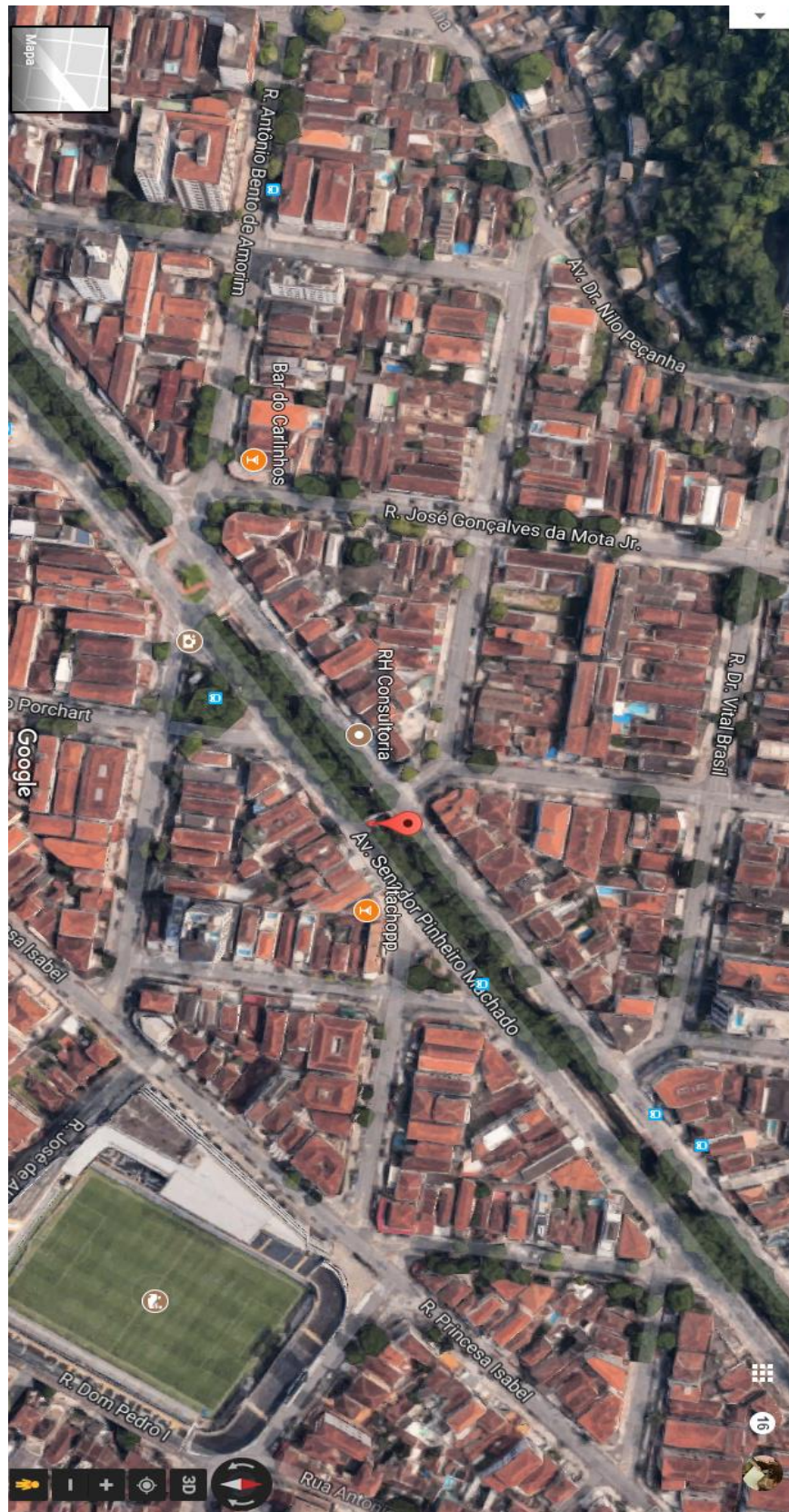
VEJA (revista). **Guerra à imundice: como estão as praias para receber os veranistas**. 23/12/1991.

ZIESE, T. et al. **Surto de *Escherichia coli* na Suécia**. Vol. 1. Relatórios de investigação de surtos, 2000.

ANEXO 1. Imagem de satélite do ponto 1A.

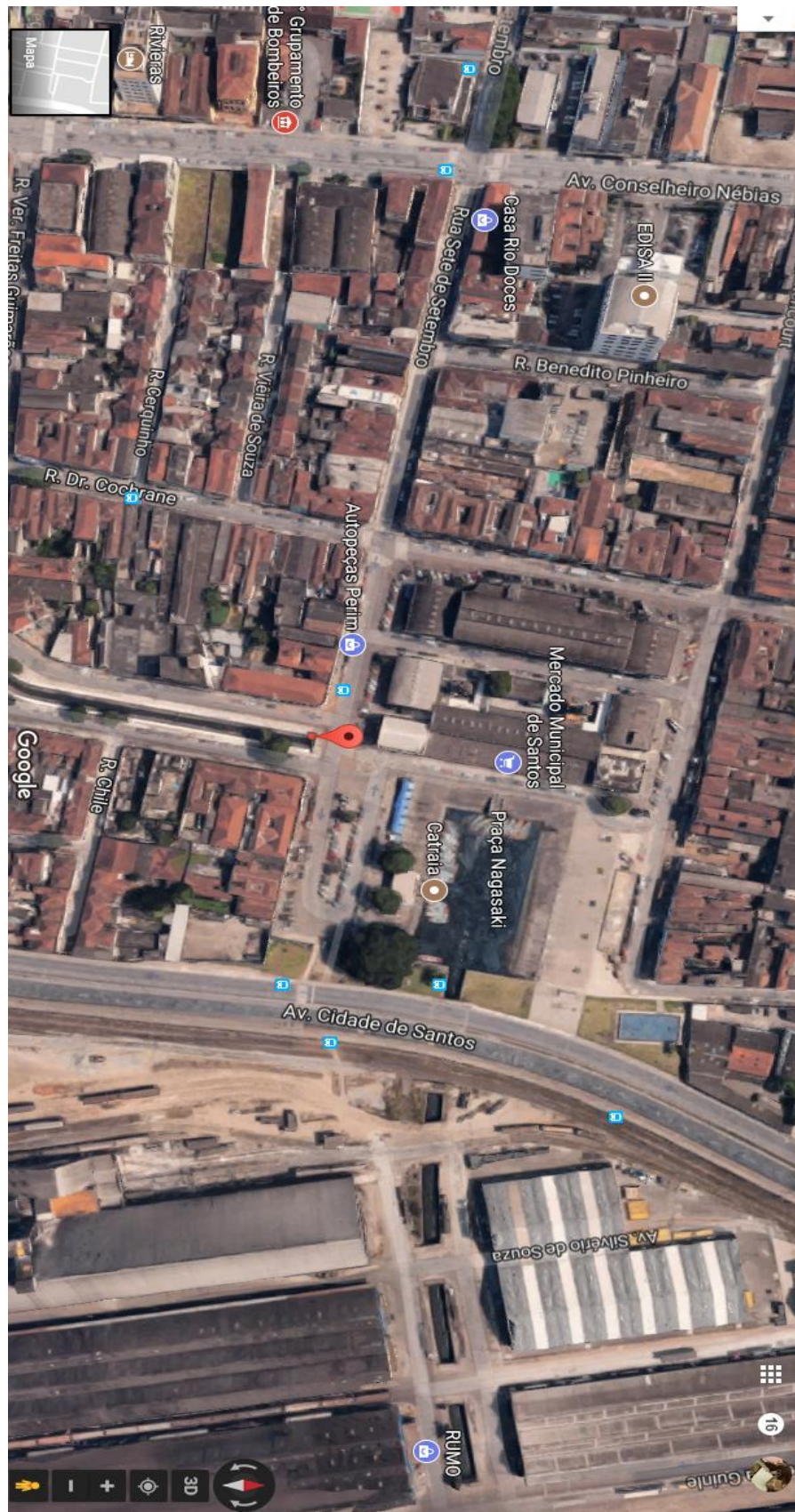


Fonte: Google Maps, 2017

ANEXO 2. Imagem de satélite do ponto 1B.

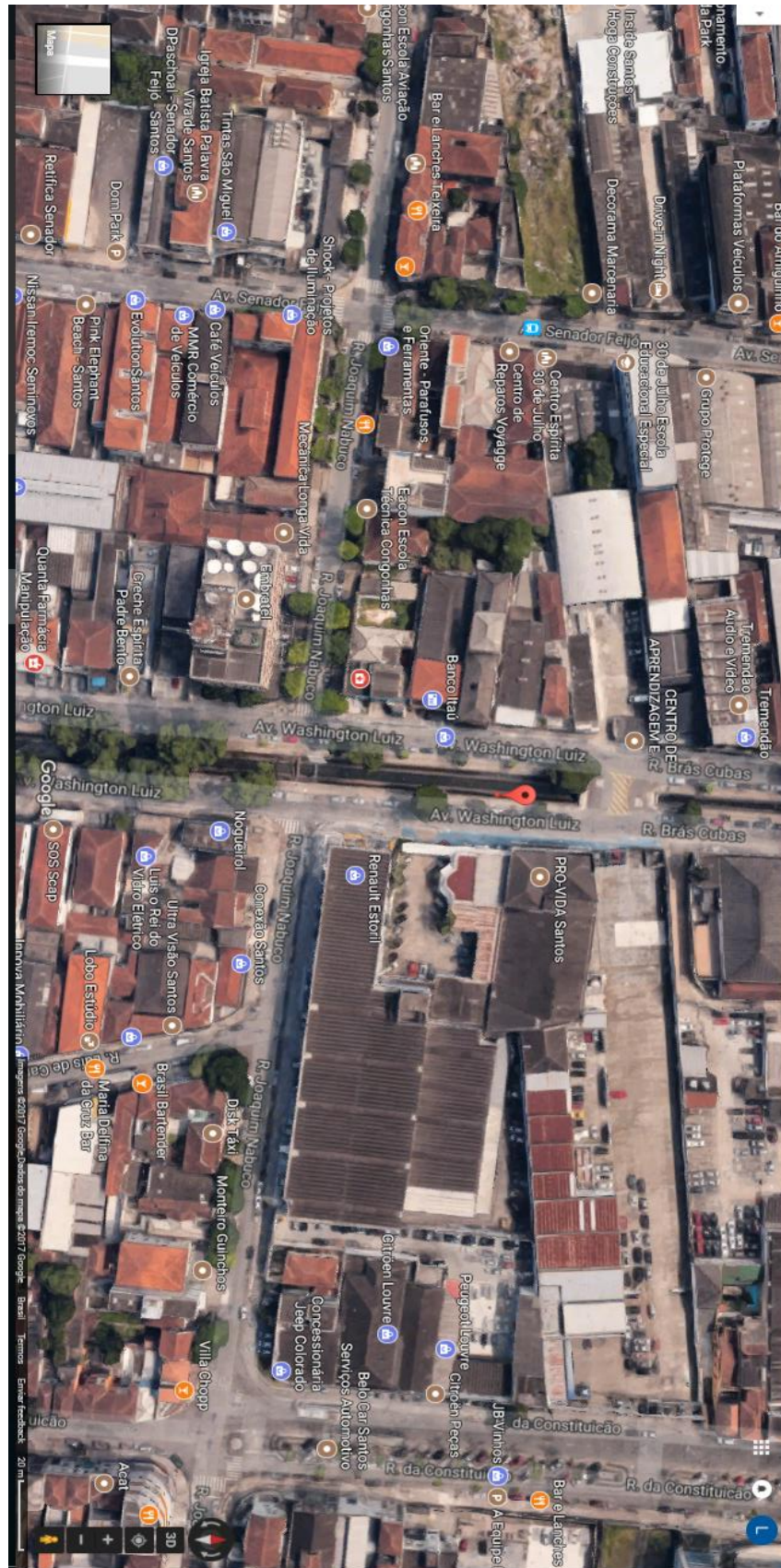
Fonte: Google Maps, 2017

ANEXO 3. Imagem de satélite do ponto 1C.



Fonte: Google Maps, 2017

ANEXO 6. Imagem de satélite do ponto 3C.

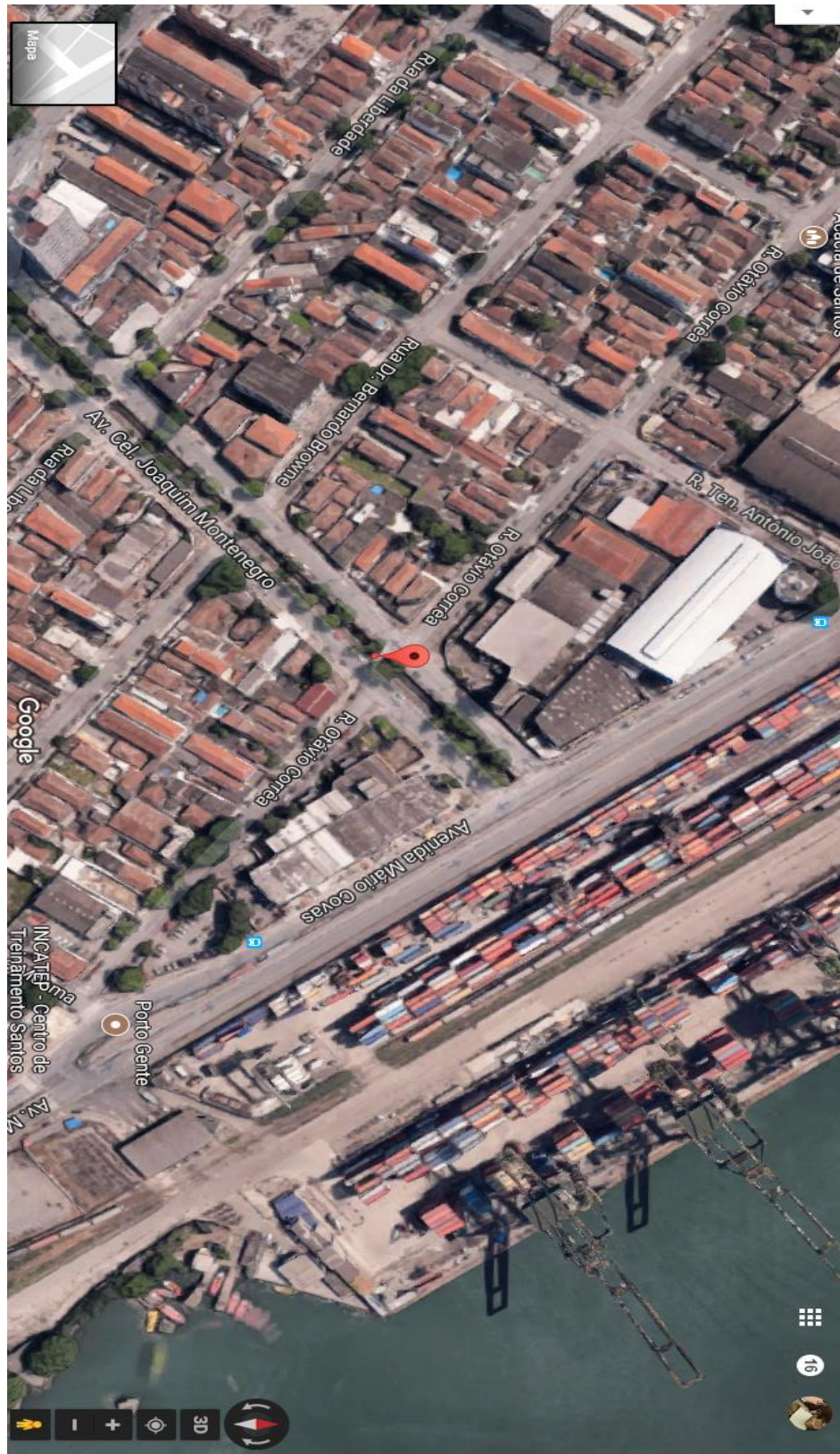


Fonte: Google Maps, 2017

ANEXO 8. Imagem de satélite do ponto 6B.



Fonte: Google Maps, 2017.

ANEXO 9. Imagem de satélite do ponto 6C.

Fonte: Google Maps, 2017.