

HÉLIO FERNANDO HALLITE DA ROCHA SANTOS

**IMPACTOS AO MEIO AQUÁTICO DO SISTEMA DE
TRAVESSIA DE BALSAS ENTRE SANTOS E GUARUJÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada à
Universidade Santa Cecília como exigência
parcial para obtenção do grau de Mestre em
Ecologia, sob a orientação do Prof. Dr. Silvio
José Valadão Vicente.

SANTOS/SP

2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da
Universidade Santa Cecília – UNISANTA.

SANTOS, Hélio Fernando Hallite da Rocha

Impactos ao Meio Aquático do Sistema de Travessia de Balsas entre Santos e Guarujá / Hélio
Fernando Hallite da Rocha Santos/SP, 2013.

68 p. il.

....Inclui bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Silvio José Valadão Vicente. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-
Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos. Universidade Santa
Cecília – UNISANTA.

1. Balsas; 2. Túneis Subaquáticos; 3. Impactos Ambientais; 4. Poluição; 5. Sustentabilidade.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e avós, Marly, Henio, Maria, José, meu irmão José Mauro e cunhada Fernanda, minha sobrinha Maria Eduarda, Tio Carlos Eduardo, minha família, meus professores e colegas da academia. Aos meus filhos Luiz Fernando e Isabella, sucessores de toda educação, paixão e generosidade que procurei oferecer.

AGRADECIMENTOS

A Magnífica Reitora, Professora Doutora Sílvia Ângela Teixeira Penteado e a Professora Doutora Lúcia Maria Teixeira Furlani, por oportunizarem o melhor momento da minha vida como aluno e professor da Unisanta.

Ao meu orientador, Professor Doutor Silvio José Valadão Vicente, pela incansável atenção à construção desta obra, seja na sala de aula, no laboratório ou a bordo, pessoa a quem dedico a autoria de uma invenção: a “Garrafa de VãoVin”.

Ao Professor Doutor Fábio Giordano, por mostrar como educar com segurança e conteúdo, ao lado de generosidade e motivação.

A Professora Doutora Milena Ramires de Souza por mostrar a Ecologia Humana como princípio indissociável do desenvolvimento.

Ao coordenador Professor Doutor Marcos Tadeu Tavares Pacheco que conduziu a primeira turma à recomendação de excelência e ao Mestre Júlio Simões Filho pela confiança depositada.

Aos Professores Doutores Albina Begossi, Aldo Ramos Santos, André Martins Vaz dos Santos, Álvaro Reigada, Augusto Cesár, Áureo Pasqualetto, Camilo Pereira, Deovaldo de Moraes, João Inácio, João Marcos Miragaia Schmiegelow, Luciana Lopes Guimarães, Mara Magenta, Mariana Clauzet, Mohamed Habib, Roberto Pereira Borges, Rodrigo Brasil Choueri, Teodoro Vaske Júnior, Walber Toma e Walter Barrela.

A Mestre Camila Papa Lopes pelo incentivo e colaboração.

Ao Mestre José dos Ramos Almeida e todos os colegas do curso.

Aos Mestres da Engenharia Tarciso Celestino Barreto e Curt Herweg.

Ao Mestre Rogério dos Santos, por possibilitar o primeiro passo na defesa dessa ideia e ao Mestre Antonius Zuidwijk, orientador das Terras Baixas, por abrir as portas do conhecimento no norte europeu.

A minha dedicada equipe formada pelo Engenheiro Edgard Alves Nunes e a acadêmica Jéssica Oliveira Fonseca.

A Sandra Helena e Imaculada Scorza, pelo trato generoso com nossas angústias, apoiando e indicando o caminho com admirável carinho.

A Engenheira Química Kátia Cristina Fernandes e, aos Técnicos em Química Luiz Cláudio Mesquita Alves e Michael Douglas Lana de Oliveira pelo suporte.

*"Para os peixinhos do aquário, quem troca
a água é Deus."*

Mário Quintana.

RESUMO

Esta dissertação visou estudar os impactos ambientais causados pelo sistema de travessias entre as cidades de Santos e Guarujá feito por balsas que apresentam poluição sonora, do ar, do solo e das águas. Cinco pontos foram selecionados sendo três deles potencialmente impactados pelas embarcações e dois deles servindo como controle dos resultados. O objetivo geral deste estudo foi avaliar os impactos ambientais associados às operações na travessia entre Santos e Guarujá, sendo desenvolvidos os objetivos específicos: a) Coletar e analisar amostras quantificando os parâmetros de óleos e graxas, sólidos suspensos, oxigênio dissolvido, alcalinidade, pH, salinidade, turbidez e cor Pt/Co; b) Analisar amostras em locais não afetados pelo serviço de balsas, quantificando os mesmos parâmetros citados no objetivo anterior; c) Estabelecer comparações estatísticas entre os pontos próximos e distantes do serviço de balsas para comparação; d) Efetuar comparação teórica entre o serviço de travessia por balsas e a proposta existente para a ligação entre Santos e Guarujá por túnel subaquático. Foram coletadas amostras em cinco pontos sendo três no percurso das balsas, um controle na Ilha das Palmas e um controle em local frequentado por banhistas (Praia da Aparecida – Santos). Os parâmetros avaliados seguiram as metodologias previstas no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” – 20ª edição. Após os testes, verificou-se que os parâmetros óleos e graxas, sólidos suspensos, turbidez, cor e pH apresentaram resultados diferentes dos pontos de controle, enquanto que os parâmetros oxigênio dissolvido, alcalinidade e salinidade não apresentaram indícios de impacto ambiental em relação ao controle.

Descritores: Balsas, túneis subaquáticos, impactos ambientais, poluição, sustentabilidade.

ABSTRACT

This study aimed to study environmental impacts caused by the crossing system between Santos and Guarujá by ferry-boats that present sound, air, ground and water pollution. Five points were selected, three of them potentially impacted by the service and two of them to be used as control points. The main objective was to study the environmental impacts associated to the operation of the ferry-boat service during the crossing between Santos and Guarujá being developed the following specific objectives: a) Collect and analyze samples quantifying the parameters oil and greases, suspended solids, dissolved oxygen, alkalinity, pH, salinity, turbidity and color Pt/Co; b) Analyze samples collected out of the influence of the ferry-boat service quantifying the same mentioned parameters; c) Establish statistic comparisons between these points for comparison; d) Perform a theoretical comparison between the ferry-boat service and a underground tunnel between Santos and Guarujá. Samples were collected in five points being three of them in the way of the crossing service, a control point at Palmas Island and a control point next to a place frequented by people (Aparecida beach – Santos). The parameters were analyzed according to the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 20th edition. After the tests, it was verified that the parameters oil and greases, suspended solids, turbidity, color and pH presented different result in comparison to the control points while the parameters dissolved oxygen, alkalinity and salinity did not show indications of a environmental aggressions in relation to the control.

Keywords: Ferry-boat, underwater tunnel, environmental Impacts, pollution, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Primeira folha da edição de 23.01.1927 do Jornal A TRIBUNA, Santos. .	18
Figura 2 – Plano Regional de Santos conforme Francisco Prestes Maia (1947/1948).	20
Figura 3 – Projeto de ligação entre França a Inglaterra por Thomé Gamond, 1856.	20
Figura 4 – Maastunnel de Rotterdam, Holanda inaugurado em 1942.	21
Figura 5 – Apresentação do projeto da Ponte Santos/Guarujá por Abreu Sodré em 1970	23
Figura 6 – Navio Zhen Hua 23 entra no canal do estuário do Porto de Santos – 2010	23
Figura 7 – Primeiro <i>ferry boat</i>	25
Figura 8 – Foto aérea exibindo as ilhas de São Vicente e Santo Amaro.	26
Figura 9 – Fotografia aérea do sistema de travessia Santos-Guarujá.	28
Figura 10 – Cruzamento de navios e demais embarcações com as Balsas – 2012 .	30
Figura 11 – Comparação entre as opções de construção: Túneis e Pontes – 2011 .	35
Figura 12 – Elevado Costa e Silva, São Paulo – 2011	36
Figura 13 – Área do The Central Artery in Boston – USA antes e após a substituição dos viadutos por túneis subterrâneos.....	36
Figura 14 – Proposta do trajeto do Túnel Santos/Guarujá conforme Cavagliano (2011).....	37
Figura 15 – Ante-projeto mostrando o túnel Santos-Guarujá, visualizando as três seções conforme Cavagliano (2011).....	38
Figura 16 – Mobilidade para pedestres e ciclistas conforme Cavagliano (2011).....	39
Figura 18 – Localização e coordenadas dos pontos de amostragem.	43
Figura 19 – Resultados diários de OG (mg/L) para os pontos amostrados.....	49
Figura 20 – Médias históricas (n = 20) das amostragens de OG (mg/L).	49
Figura 21 – Resultados diários de SS (mg/L) para os pontos amostrados.	51
Figura 22 – Médias históricas (n = 20) das amostragens de SS (mg/L).....	52
Figura 23 – Resultados diários de OD (mg/L) para os pontos amostrados.....	53
Figura 24 – Médias históricas (n = 20) das amostragens de OD (mg/L).	54
Figura 25 – Resultados diários de alcalinidade (mg CaCO ₃ /L) para os pontos amostrados.....	55

Figura 26 – Médias históricas (n = 20) das amostragens de alcalinidade (mg CaCO ₃ /L).....	56
Figura 27 – Resultados diários de pH para os pontos amostrados.	57
Figura 28 – Médias históricas das amostragens de resultados de pH (n = 20).	58
Figura 29 – Resultados diários de salinidade (g/L) para os pontos amostrados.	59
Figura 30 – Médias históricas (n = 20) dos resultados de salinidade (g/L).....	60
Figura 31 – Resultados diários de turbidez (NTU) para os pontos amostrados.	61
Figura 32 – Médias históricas (n = 20) dos resultados de turbidez (NTU).....	62
Figura 33 – Resultados diários de cor Pt/Co para os pontos amostrados.....	63
Figura 34 – Médias históricas (n = 20) dos resultados de cor Pt/Co.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Travessias litorâneas (DERSA, 2012).....	27
Tabela 2: Valores dos testes t de Student para OG (n = 20).....	50
Tabela 3: Valores dos testes estatísticos para SS (n = 20).....	52
Tabela 4: Valores dos testes estatísticos (n = 20) para OD (mg/L).....	54
Tabela 5: Valores dos testes estatísticos (n = 20) para alcalinidade (mg CaCO ₃ /L).	56
Tabela 6: Valores dos testes estatísticos para resultados de pH.....	58
Tabela 7: Valores dos testes estatísticos (n = 20) para resultados de salinidade (g/L).	60
Tabela 8: Valores dos testes estatísticos para turbidez (NTU).....	63
Tabela 9: Valores dos testes estatísticos para cor Pt/Co.	65

LISTA DE ABREVIATURAS

BTP	Brasil Terminal Portuário.
CODESP	Companhia Docas do Estado de São Paulo.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
DERSA	Desenvolvimento Rodoviário S.A..
EMBRAPORT	Empresa Brasileira de Terminais Portuários.
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis.
IPAT	Instituto de Pesquisas A Tribuna.
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A..
UNISANTA	Universidade Santa Cecília.
VALE	Vale S.A..
VLT	Veículo Leve sobre Trilhos.

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

pH	Potencial hidrogeniônico.
Pt/Co	Escala de Platina e Cobalto.
OG	Óleos e Graxas.
SS	Sólidos Suspensos.
OD	Oxigênio Dissolvido.
mm	Milímetro.
mg	Miligrama.
L	Litro.
mg/L	Miligrama por Litro.
mL	Mililitros.
MnSO ₄	Sulfato de Manganês.
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico.
Na ₂ S ₂ O ₃	Tiosulfato de Sódio.
O ₂	Oxigênio Molecular.
CaCO ₃ /L	Carbonato de Cálcio.
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez.
SO _x	Óxidos de Enxofre.
NO _x	Óxidos de Nitrogênio.
NaCl	Cloreto de sódio.
CO ₃ ²⁻	Ânions Carbonato.
HCO ₃ ⁻	Bicabornato.
SO ₄ ²⁻	Sulfato.
PO ₄ ³⁻	Fosfato.
Mg ²⁺	Cátions Magnésio.
Ca ²⁺	Cálcio.
K ⁺	Potássio.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Breve História de um Impasse	17
2.2 Características do Serviço de Travessia por Balsas	24
2.3 Impactos Logísticos das Operações	29
2.4 O Conjunto de Impactos Urbanos do Sistema	31
2.5 A Solução por Túnel Subaquático.....	32
2.6 Viabilidades Logística e Ambiental do Túnel.....	34
3. OBJETIVOS	41
3.1 Objetivo Geral	41
3.2 Objetivos Específicos.....	41
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
4.1 Coleta das Amostras.....	42
4.2 Óleos e Graxas (OG)	43
4.3 Sólidos Suspensos (SS)	44
4.4 Oxigênio Dissolvido (OD).....	44
4.5 Alcalinidade.....	44
4.6 pH	45
4.7 Salinidade	45
4.8 Turbidez	45
4.9 Cor Pt/Co	45
4.10 Tratamento Estatístico	45
4.11 Ensaio Piloto	46
4.12 Ensaio Principal	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5.1 Óleos e Graxas	48
5.2 Sólidos Suspensos.....	50

5.3 Oxigênio Dissolvido.....	53
5.4 Alcalinidade.....	55
5.5 pH	56
5.6 Salinidade	59
5.7 Turbidez	61
5.8 Cor Pt/Co	63
6. CONCLUSÕES	66
7. REFERÊNCIAS.....	67

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de setenta anos, os habitantes das cidades litorâneas de Santos e Guarujá – Estado de São Paulo, tem debatido quanto a forma mais rápida e segura para atravessar os quatrocentos metros de águas que separam estas duas ilhas. Nos últimos trinta anos, essa travessia tornou-se uma rotina perturbadora, seja pela espera em extensas filas ou pelo cruzamento perigoso com navios mercantes, embarcações de apoio, de pesca, de passeio e de turismo náutico. Pessoas, bicicletas, carros e motocicletas disputam 24 horas por dia um lugar que permita chegar à outra margem.

Conforme estatística do Desenvolvimento Rodoviário S.A. – DERSA (2012), empresa de economia mista gestora da travessia, são 9.910.838 veículos, 4.541.107 bicicletas e 5.800.639 pedestres que utilizam o serviço anualmente.

Apesar dos números e transtornos, o impasse ainda persiste sem uma solução de engenharia que pudesse aliviar os problemas de mobilidade. O deslocamento entre as margens citadas, realizado por “*ferry-boats*” permanece operando no limite da sua capacidade. O serviço implantado no início do século XX ficou saturado e degradante por poluir o meio ambiente e submeter os usuários a situações de risco. Na revisão da literatura conta-se a história das décadas em que pontes e túneis eram anunciados pelos governantes, com data marcada para o início das obras que jamais saíram do papel.

Torna-se então importante a implantação de uma solução de excelência. A proposta da construção de um túnel subaquático é tecnicamente viável a partir do estudo de projetos semelhantes já em operação no mundo. No Norte Europeu, as cidades portuárias de Rotterdam, Antuérpia e Hamburgo contam com túneis subaquáticos para ligar as margens de seus rios, sendo referências importantes em construção e sustentabilidade (RITTER *et al.*, 2007). Deste modo, há a certeza técnica que o túnel é um dos métodos mais adequado para viabilizar a mobilidade entre as cidades com a qualidade necessária e o mais absoluto respeito ambiental (NOTTEBOOM, 2006).

A mobilidade humana sempre gerou demandas para invenções de transportes, soluções de engenharia e, conseqüentemente, impactos sociais, políticos, econômicos e ambientais (GATTORNA, 2009).

Este trabalho analisou especificamente o impacto ambiental ao meio aquático,

gerado pela descarga de efluentes das operações de embarque e desembarque das balsas entre Santos e Guarujá, sugerindo um empreendimento que solucione as necessidades atuais de seus cidadãos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Breve História de um Impasse

Os exploradores portugueses André Gonçalves e Américo Vespúcio visitaram o Guarujá no verão de 1502, mas, o primeiro povoado surgiu em 1832. Em 1893, Guarujá foi elevado à categoria de Vila, em 1934 recebeu o título de Estância Balneária e, somente em 1947, passou a ser considerado um município. A cidade de Santos foi fundada em 1532, trezentos anos antes, sendo elevada à categoria de cidade em 1839 (GITAHY, 1992).

A distância entre as datas aponta que essas cidades vizinhas, separadas pelas águas do estuário, tiveram ocupações e desenvolvimento diferentes. Um grande empreendimento, porém, serviria para unir seus destinos: a construção do porto. As obras foram iniciadas em 1890, sendo o porto inaugurado com a atracação do navio a vapor inglês “*Nasmith*” em 2 de fevereiro de 1892 (GITAHY, 1992).

Até meados do século XX, a exportação do café representava 2/3 de suas operações e, a partir da segunda metade do século, o volume de cargas se expandiria a ponto de ocupar as duas margens do canal do estuário (ORNELLAS, 2008).

É importante ressaltar que a proximidade geográfica do porto em relação às zonas de produção sempre garantiu posição de destaque como o grande escoadouro da produção nacional. Ao final do século XX, firmou-se como maior complexo portuário do país e o quarto maior das Américas, estando atualmente entre os 40 maiores portos do mundo. Esta vantagem, no entanto, não reflete a qualidade de vida em ambiente tão degradado. Em 1839, quando foi elevada à categoria de cidade, ainda era o tipo apurado de uma povoação colonial sem fortuna e as praias lodosas do porto (...) frequentadas por bandos de urubus, que davam nota característica local (GITAHY, 1992).

Até o final do século XIX, Santos seria uma cidade doente, com epidemias e todo o vocabulário relativo a doenças contagiosas, muitas delas atribuídas aos mosquitos, aos tripulantes estrangeiros e ao total colapso sanitário. Sujeira, lixo, fezes humanas e de animais que circulavam em direção ao cais, pois o café era trazido ao porto por centenas de carroças puxadas por burros e cavalos agravavam o problema. O clima quente e úmido contribuía para a insalubridade da região

(ARAÚJO, 1965). O Centro deixava de ser a zona de luxo, surgindo a tendência do deslocamento populacional para a Vila Nova e, logo depois, para as praias, onde o clima era melhor.

Foi nessa época que se delineou o primeiro grande ciclo de intervenções de engenharia, na forma de projetos urbanísticos para Santos e região, destacando-se então o trabalho do engenheiro sanitarista Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, responsável pelo sistema de canais (GITAHY, 1992).

Em 1914 foi inaugurada a Ponte Pênsil para ligar São Vicente à sua área continental. A Ponte Pênsil era uma estrutura para sustentar uma dutovia que lançaria ao mar o esgoto produzido na Ilha a partir da Ponta do Itaipu (GITAHY, 1992). A inauguração dessa ponte abriu amplo debate quanto a outras ligações insulares, uma delas, entre Santos e Guarujá.

O Jornal *A Tribuna*, em sua edição de domingo, 23 de janeiro de 1927 (Figura 1) publicava a ideia do arquiteto Enéas Marini. Cabe-lhe, também, um projeto idêntico em discussão naquele ano na Câmara dos Deputados Federais, que visava a construção de um túnel submarino entre as cidades do Rio de Janeiro e Niterói. Curiosamente, na mesma página do jornal, lia-se “Últimas investidas do célebre cangaceiro Lampião”, reportagem sobre a ação de um bando de criminosos, denominado “Cangaço”, na região nordeste do Brasil. Lampião e seu grupo morreram em julho de 1938.



Figura 1 – Primeira folha da edição de 23.01.1927 do Jornal A TRIBUNA

Fonte: Jornal A TRIBUNA (1927)

A ligação entre as cidades do Rio de Janeiro e Niterói aconteceu com a inauguração da ponte, em março de 1974, uma das mais importantes obras da engenharia brasileira. Mas, de maneira curiosa, a ligação entre Santos e Guarujá não saiu do papel (ANDRADE, 1989).

Inaugurada em 1914, a Ponte Pênsil, obra de Saturnino de Brito e Miguel Presgrave, começou a ser planejada em 1910, um exemplo em eficiência na distância entre o planejamento e a execução. O Brasil importou uma ponte de aço da Alemanha, véspera da Primeira Guerra Mundial (ARAÚJO, 1965). Brito e Presgrave não tinham a tecnologia dos dias de hoje e, tampouco a fartura dos cofres públicos. Não se pode afirmar, também, que tinham apoio da opinião pública, seguramente muito menos informada e instruída, para opinar decidir sobre a importância de tubulações de esgoto sobre pontes e para escolher entre a Ponte Pênsil ou Túnel Subaquático (SANTOS, 2008).

O engenheiro e arquiteto Prestes Maia defendia há quase 50 anos a proposta de unir Santos à área continental, ao analisar as tendências de crescimento da Cidade e de expansão do porto. Ele insistia na construção de uma ponte ou túnel para ligar a área insular de Santos à Ilha Barnabé e, na sequência, a Bertioga (GONÇALVES *et al.*, 2008). Sendo um dos maiores planejadores urbanos que o Brasil já teve, Prestes Maia não tinha dúvidas sobre a importância da obra, e advertia que a ligação era urgente e indispensável. Atuando como um visionário, Prestes Maia previu com rigor impressionante o que ocorreria décadas depois, pois verificou que a Companhia Docas de Santos concentrava esforços em ampliar o cais em direção à Ponta da Praia, alertou que o porto se aproximaria bastante da zona residencial e previu que os conflitos, inevitavelmente, aconteceriam. Ele também confiava na possibilidade de surgimento de uma próspera indústria naval. No Plano Regional de Santos, publicação que reuniu estudos realizados entre 1947 e 1948, Prestes Maia advertia: “Está se perdendo a oportunidade de agir antes que valorizações, novos arruamentos e construções se façam no Saboó e na Ilha de Santo Amaro...” (ANDRADE, 1989).

Quando Prestes Maia tornou público sua ideia de ligar Santos a Guarujá, algumas pontes e túneis construídos no planeta já tinham séculos de operação. Considerando a idade do Brasil e, especificamente dos povoados em questão, 1947 seria a época mais adequada para implantar o Plano Regional (Figura 2). Em 2012 a não execução desse projeto representa o que pode ser denominado um gargalo

logístico com sérios reflexos na qualidade de vida, aumento do custo de transporte de mercadorias e deslocamento público etc.(ORNELAS, 2008).

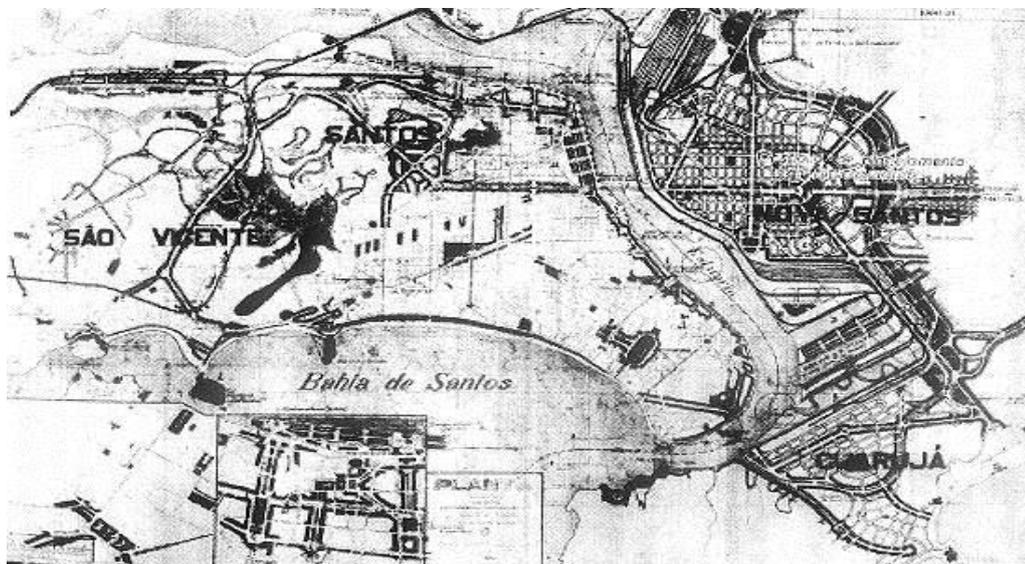


Figura 2 – Plano Regional de Santos conforme Francisco Prestes Maia (1947/1948).

Fonte: Jornal A TRIBUNA (1948)

A história registra situações semelhantes nas quais, ilhas ficaram isoladas do continente e a travessia, obrigatoriamente, contava com embarcações. Assim e, por exemplo, em 1802 o engenheiro francês Albert Mathieu idealizou a travessia sob o Canal da Mancha para unir França à Grã Bretanha. Em 1856, Thomé de Gamond apresentou um projeto a Napoleão III (Figura 3).

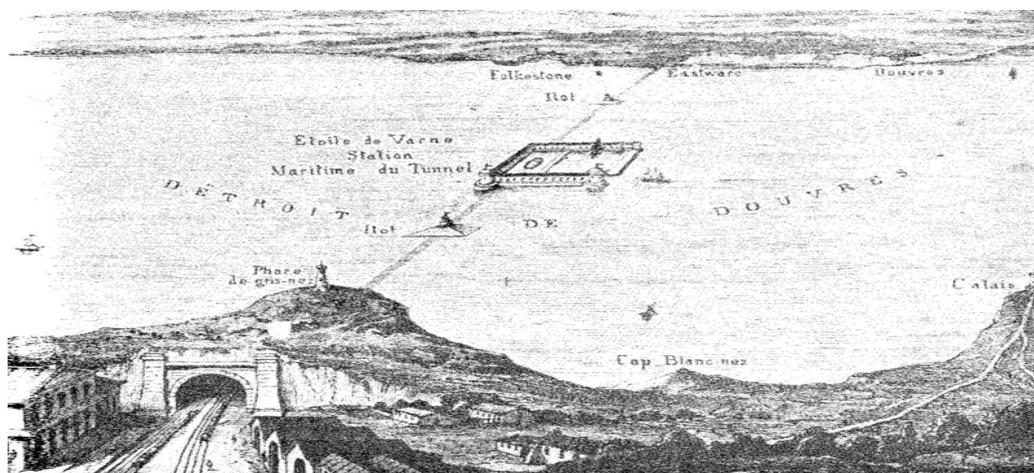


Figura 3 – Projeto de ligação entre França a Inglaterra por Thomé Gamond, 1856.

Fonte: Jornal A TRIBUNA (1927)

Entretanto, o Eurotúnel iniciou obras somente em 1988, foi inaugurado em 1994, sendo a travessia feita por trens que transportam pessoas, carros, bicicletas e cargas. Se fosse construído no século XIX, certamente Napoleão teria preferido atravessar o túnel a perder a Batalha de Waterloo. Do mesmo modo, Hitler teria evitado a Batalha Aérea de Londres fazendo avançar seus *"Panzerkampfwagen"* até Liverpool Street e Churchill jamais teria dito "Nunca tantos deveram tanto a tão poucos". Por estas premissas, possivelmente o túnel teria sido explodido durante a Segunda Grande Guerra (BARNETT, 1990).

Já nas Terras Baixas, os holandeses idealizaram seu túnel subaquático para ligar as margens do Maas, pois Rotterdam tem características similares a Santos. Depois de muitos debates sobre o que deveria ser construído, a obra foi iniciada em 1937 e terminou em 1942, ano em que a Holanda estava ocupada por nazistas que tentaram explodi-lo, mas a resistência holandesa foi mais eficiente evitando sua perda (BARNETT, 1990). Ao final da guerra, Rotterdam estava completamente bombardeada, mas o túnel estava intacto para servir nos anos de reconstrução que se seguiram (ARNAUT & MOTTA, 1994) (Figura 4).

Atualmente, 80 mil pessoas, suas bicicletas e carros atravessam diariamente o túnel do Rio Maas em pouco mais de um minuto. Não há longas filas, as pessoas não ficam expostas ao clima, não há riscos de acidentes com navios e, dentro do túnel, respiram uma atmosfera adequada. O acesso da margem direita foi equipado com o paradisíaco Het Park que reconstituiu a fauna e flora originais (COLLIN, 1999), cenário que em nada se assemelha a barulhenta e suja área de embarque das Balsas Santos/Guarujá.



Figura 4 – Maastunnel de Rotterdam, Holanda inaugurado em 1942

Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/13412559>. Acesso em: 12/03/2010.

Desde 1990, mais de 50 projetos de túneis e pontes foram avaliados pelo autor do presente estudo, em especial, o Maastunnel de Rotterdam e o Elbetunnel de Hamburgo. Praticamente em todos os casos, houve intensos e acalorados debates envolvendo os respectivos municípios. Mas, a decisão final foi lastreada na importância em garantir a mobilidade da comunidade com excelência quanto aos padrões de proteção ambiental, desde a instalação do canteiro de obras até o início da operação do sistema. Diferentemente da experiência europeia, as discussões regionais para substituição da travessia por Balsas sempre apresentou as mais variadas propostas.

Convém ainda apontar, neste trabalho, as origens do impasse que motivou os sucessivos adiamentos dos projetos apresentados ao longo da linha do tempo, muitos desses custeados pelo dinheiro público e arquivados sistematicamente.

Desde Prestes Maia, na década de 40, já se considerava possível a ligação por túnel ou ponte, o que pressupõe que já havia a tecnologia para estas construções (ANDRADE, 1989). Entre os anos de 1947 e 1980, a questão foi sendo deixada de lado com a justificativa que os políticos acreditavam que uma ligação seca destruiria o meio ambiente, especialmente do Guarujá. Uma ponte ou um túnel poderiam deflagrar um processo de expansão desordenada do turismo, do setor imobiliário e da favelização, desvalorizando o padrão residencial existente, onde predominavam edificações sofisticadas e de alto luxo (FISHLOW, 2011).

Também surgiram projetos curiosos ou mirabolantes. Assim e, por exemplo, no início da década de 70 o então Governador do Estado de São Paulo, Roberto de Abreu Sodré apresentou o projeto de uma Ponte entre Santos e Guarujá, dotada de acessos em espiral e um limitadíssimo vão central. Na Figura 5 é possível observar também um antigo navio cargueiro cruzando sob a construção. Atualmente, as embarcações atingiram dimensões absolutamente impensadas naquela década. Assim, a ponte de Abreu Sodré teria tido vida curta.

Para corroborar essa análise, na Figura 6 observa-se a entrada do navio chinês Zhen Hua 23, que ocorreu em outubro de 2012 no Porto de Santos, transportando no convés portâineres e transtâineres que são equipamentos de grande porte em tonelagem e altura para equipar a Libra Terminais. A partir desta figura é possível imaginar a altura obrigatória do vão central, assim como, a distância necessária aos acessos nas duas margens.

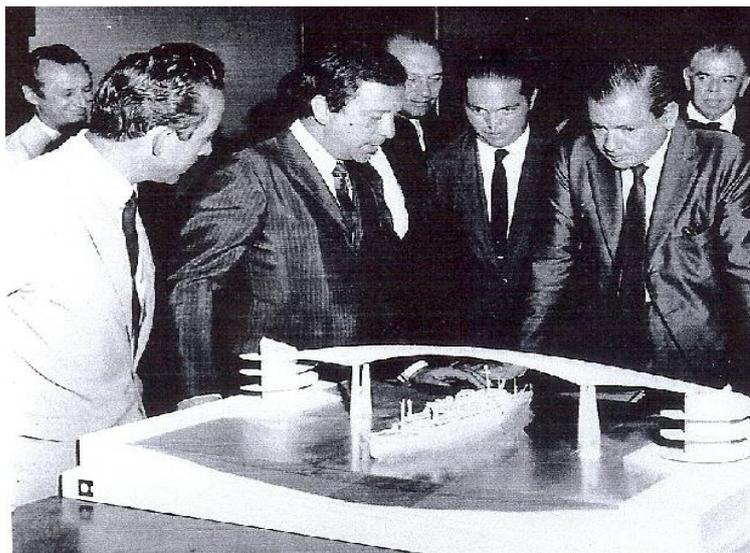


Figura 5 – Apresentação do projeto da Ponte Santos/Guarujá por Abreu Sodré em 1970

Fonte: Jornal A TRIBUNA (1970)



Figura 6 – Navio Zhen Hua 23 entra no canal do estuário do Porto de Santos – 2010

Fonte: <http://shipssantos.blogspot.com.br/2010/10/zhen-hua-23-atraca-em-santos-para.html> .

Acesso em: 16/03/2012

Assim, em muitos momentos nessa linha do tempo os projetos surgiram como soluções para as cidades, porém os mesmos não avançaram por muitos motivos, principalmente aqueles que geravam dúvidas quanto à metodologia de construção ou quanto aos possíveis impactos urbanos e ambientais.

O fato é que a cidade do Guarujá não se livrou da ocupação desordenada que gerou a degradação da qualidade de vida, aumento da criminalidade, da contaminação de seus mananciais, do conflito com áreas portuárias sobre os bairros residenciais, do excesso de lixo, da falta de saneamento e de ações de saúde pública (CAMPOS JÚNIOR, 2004). O crescimento dessa cidade manteve um ritmo que devastou a Mata Atlântica agora ocupada por dezenas de favelas e as águas do Rio Tejereba que abastece sua população foram severamente contaminadas com o esgoto de moradias irregularmente instaladas em áreas protegidas (ZÜNDDT, 2006).

Tudo isso aconteceu naturalmente, independentemente se a forma de ligação entre as margens fosse por balsas, pontes ou túneis.

2.2 Características do Serviço de Travessia por Balsas

O sistema de travessia teve início com a atividade comercial e criação do município de Guarujá, pela necessidade de transporte entre estuário de Santos e praia do Guarujá, inicialmente feito por barcas (Figura 7).

Valencio Augusto Teixeira Leomil proprietário da fazenda Perequê, propriedade agrícola mais importante do Guarujá, na época de 1890, obteve a concessão por 70 anos para instalação de uma linha de trens de ferro do estuário de Santos até o Guarujá e à praia do Perequê, onde se localizava sua propriedade.

Alguns meses depois da obtenção da concessão, ele a vendeu à Companhia Balneária da Ilha de Santo Amaro, uma das maiores firmas de exportação de café na cidade de Santos, fundada por Elias Fausto Pacheco Jordão, sendo Leomil nomeado diretor fiscal e, em nome desta companhia, obteve duas grandes áreas de marinha, no estuário de Santos (entre os rios “do meio” e “Santo Amaro”) e ao fim da “Praia do Guarujá”, para utilização e instalações da nova empresa. Em sequência Elias Fausto traçou o planejamento para a criação de instalação da Vila Balneária. “A Companhia Balneária teve muita importância como ponto de partida para a estruturação da vila e, posteriormente, do município de Guarujá” (ROSSI JUNIOR, 2005).

Uma estrada de ferro passou a ligar o Estuário de Santos à nova vila e foram construídas duas barcas para realizar o transporte de passageiros da estação da Estrada de Ferro Santos-Jundiaí, na época São Paulo Railway (em Santos), ao

atracadouro do Balneário, em Itapema, daí a origem da margem esquerda do Porto de Santos.

Enquanto não chegava dos Estados Unidos a encomenda, tratou o Dr. Elias Fausto de providenciar a construção de uma pequena estrada de ferro, que a princípio ia até a chamada Vila Balneária, junto ao rio do meio, no estuário de Santos (hoje Ferry-Boat e princípio da avenida Adhemar de Barros) e mais tarde até Itapema. Para maior conforto dos passageiros e visitantes, ele mandou vir também duas amplas barcas a que deu os nomes de “Cidade de Santos” e “Cidade de São Paulo”, que inicialmente partiriam do Valongo, junto à Estação de Estrada de Ferro (Santos-Jundiaí) e aportariam ao portão da Balneária (ROSSI JUNIOR, 2005).

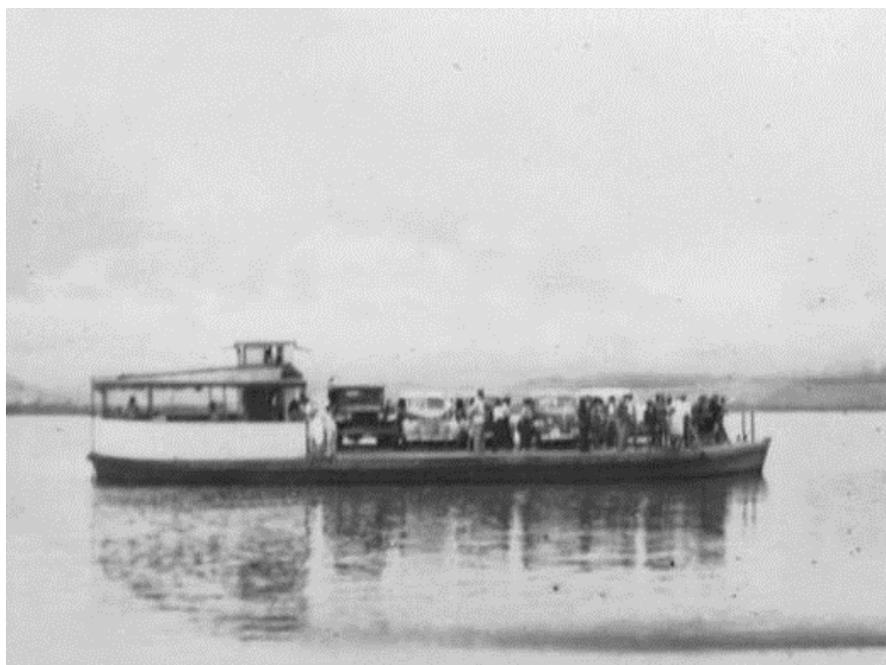


Figura 7 – Primeiro *ferry boat*

Fonte: Secretaria de Turismo de Guarujá – Arquivo Histórico da década de 1940 (2011)

O sistema estuarino de Santos e São Vicente está localizado na bacia hidrográfica da Baixada Santista, situada na Região Metropolitana da Baixada Santista, que compreende os municípios de Cubatão, Santos, São Vicente, Guarujá e Praia Grande (Figura 8). A cidade de Santos situa-se na Ilha de São Vicente e a cidade de Guarujá está na Ilha de Santo Amaro, sendo a travessia realizada por sistema de balsas.

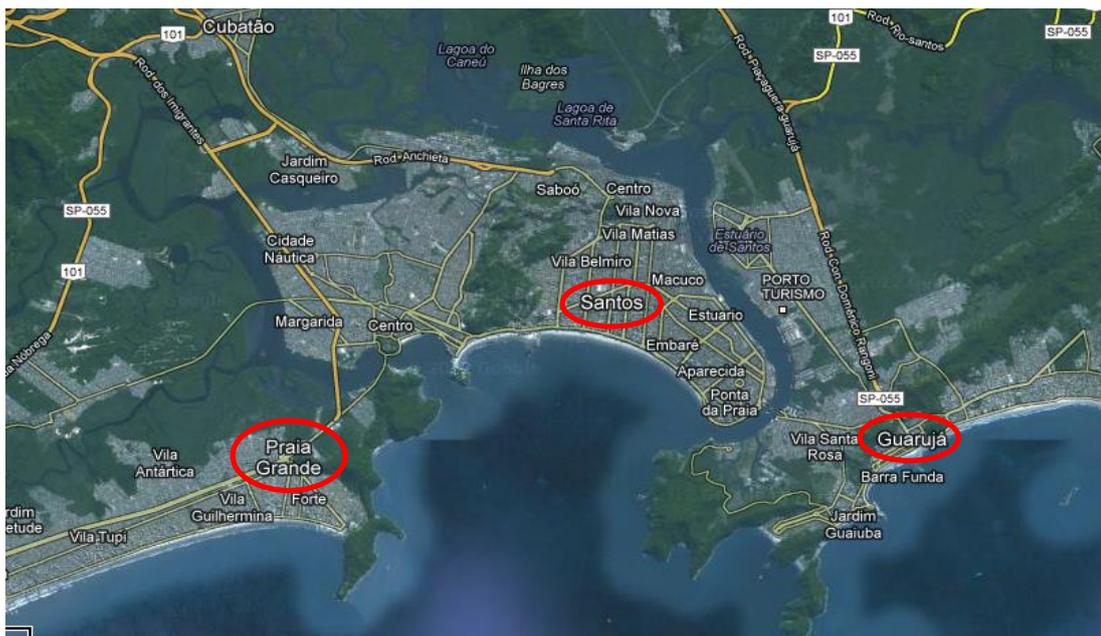


Figura 8 – Foto aérea exibindo as ilhas de São Vicente e Santo Amaro.

Fonte: Google maps (2013)

A operadora desses sistemas de travessias é a DERSA, Desenvolvimento Rodoviário S.A., empresa de economia mista fundada em 1969, sendo seu principal acionista o Governo do Estado de São Paulo. A partir de informações do Relatório Administrativo – DERSA (2012) verifica-se que coube a DERSA a construção da Rodovia dos Imigrantes (1976), Bandeirantes (1978), Ayrton Senna (1982), Carvalho Pinto (1994) e os trechos Oeste (2002) e Sul (2010) do Rodoanel Mário Covas. Em áreas urbanas, a empresa foi responsável pela construção da Nova Marginal Tietê (2010) e do Complexo Viário Jacu-Pêssego. Atualmente é responsável pela implantação do trecho Norte do Rodoanel, pela duplicação do trecho Planalto da Rodovia dos Tamoios, pela implantação do complexo viário do Polo de Desenvolvimento Institucional de Itaquera e pelo projeto e construção do túnel imerso que ligará Santos a Guarujá, relacionado com a presente dissertação. Desde 1989, por ato do Governador do Estado, a DERSA responde também pelas travessias litorâneas em substituição ao antigo Departamento de Transportes Hidroviários.

As estatísticas dessa operadora revelaram os números do ano de 2012: 9.910.838 veículos, 4.541.107 bicicletas e 5.800.639 pedestres por ano na travessia Santos-Guarujá e vice-versa. A Tabela 1 compara os números atuais com as informações de 2011.

Tabela 1: Travessias Litorâneas – Comparação entre as travessias litorâneas entre as cidades de Santos e Guarujá nos anos de 2011 e 2012 (DERSA, 2012).

Local	Veículos	Bicicletas	Pedestres	Médias Diárias		
				Veículos	Bicicletas	Pedestres
Santos/Guarujá	9.607.482	660.834	-	26.322	1.811	-
Santos/Guarujá – Mista	303.356	2.890.510	109.028	831	7.919	299
Santos/Guarujá (V.Carvalho)	-	989.763	5.691.611	-	2.712	15.593
Total 2012	9.910.838	4.541.107	5.800.639	27.153	12.442	15.892
Total 2011	9.522.608	3.474.803	4.543.715	26.089	11.937	12.449
Expansão	+388.230	+1.066.304	+1.256.924	+1.064	+505	+3.443
(%)	+4,0	+4,23	+27,66	+4,08	+4,23	+27,66

O serviço conta com a operação variando entre 6 e 8 embarcações, tipo “*ferry-boat*”, trabalhando ininterruptamente 24 horas por dia. As balsas não estão autorizadas a receber transporte coletivo, sendo que os pedestres devem atravessar por barcas para chegar aos terminais de ônibus e prosseguir viagem. O percurso total da travessia é de aproximadamente 400 metros, demorando cerca de 15 minutos em horários normais ou 20 a 30 minutos nos horários de pico. Importante ressaltar que o tempo de espera pode variar em função de condições climáticas (neblina, tempestades e ventos), tráfego intenso de navios entrando e saindo do porto, maior volume de veículos, sobretudo nos finais de semana e feriados, interrupções por causa de acidentes, necessidade de reparos das embarcações ou dos atracadouros, ou ainda, aspectos burocráticos como inspeções de rotina da Marinha do Brasil (DERSA, 2012). Há seis diferentes estações para travessia entre Santos e Guarujá:

Ponto 1: da Praça da República (Santos) ao Atracadouro de Vicente de Carvalho (Guarujá), somente para pedestres e ciclistas. Operado pela DERSA S.A.;

Ponto 2: do Mercado Municipal (Santos) ao Atracadouro de Vicente de Carvalho (Guarujá) exclusivamente para pedestres. A gestão das operações é realizada por uma associação de barqueiros;

Ponto 3: da Margem Direita do Armazém 35 (Santos) aos Terminais Privativos da Margem Esquerda no Guarujá, exclusivamente para trabalhadores portuários que se deslocam aos Terminais Portuários da margem esquerda. A gestão das operações é realizada por empresa particular;

Ponto 4: da Ponta da Praia – Estação das Barcas (Santos) ao Terminal de Barcas – Avenida Dr. Adhemar de Barros (Guarujá), exclusivamente para pedestres. A gestão das operações está a cargo de empresa particular;

Ponto 5: da Ponta da Praia – Atracadouro antigo (Santos) à Avenida Dr. Adhemar de Barros (Guarujá) para a travessia de automóveis, camionetes, motocicletas, carrinhos de ambulantes, ciclistas e pedestres. Em horários e condições especiais, é permitido o uso por ônibus, caminhões, tratores, tratores com reboque, trailers, caminhões com reboque ou semirreboque e carros forte transportadores de valores. A gestão das operações é de responsabilidade da DERSA S.A.;

Ponto 6: da Ponta da Praia – Atracadouro novo (Santos) à Avenida Beatriz / Avenida Dr. Adhemar de Barros (Guarujá) para automóveis, camionetes, motocicletas e carrinhos de ambulantes. Em horários e condições especiais, é permitido o uso por ônibus, caminhões, tratores, tratores com reboque, trailers, caminhões com reboque ou semirreboque e carros forte transportadores de valores. A gestão das operações é de responsabilidade da DERSA S.A..

Esta dissertação foi elaborada contando com autorização da DERSA S.A. a partir de estudos específicos nos atracadouros da Ponta da Praia (pontos 5 e 6 acima descritos), conforme demonstrado na Figura 9, para o estudo dos impactos ambientais hídricos causados pelo sistema de balsas.

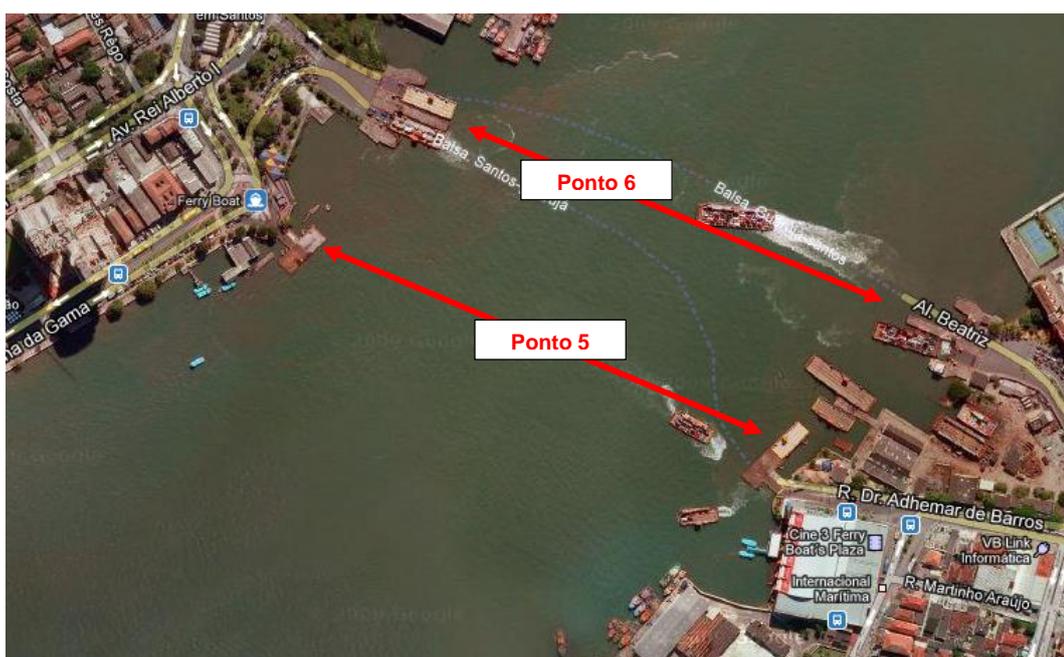


Figura 9 – Fotografia aérea do sistema de travessia Santos-Guarujá.

Fonte: Google maps (2013)

2.3 Impactos Logísticos das Operações

Estatísticas da Companhia Docas do Estado de São Paulo – CODESP (2012) que foi definida por Lei como Autoridade Portuária para a administração do Porto de Santos mostram que, em média, 40 navios mercantes passam diariamente pelo Estuário do Porto. Com o início das operações em 2013 da Brasil Terminais Portuários – BTP com três atracadouros e, da EMBRAPORT com dois, é previsto que o fluxo aumentará em aproximadamente 12,5 %. Conforme o relatório do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos, Renováveis – IBAMA, existem ainda os seguintes projetos portuários aguardando licenciamento ambiental:

- Base de Apoio Logístico da PETROBRAS;
- Terminal Brites: em análise final;
- Centro Portuário Industrial Naval Offshore de Santos – Projeto Bagres: em análise Final (suspenso pelo Ministério Público após comprovação de procedimentos ilícitos no processo de solicitação de licença ambiental);
- Terminal Deicmar: análise do Termo de Referência;
- Terminal Eldorado: análise do Termo de Referência;
- Terminal da Alemoa: em análise final;
- Alinhamento com Aumento do Cais (CODESP): análise do Termo de Referência;
- Expansão do Cais da VALE Fertilizantes: análise do Termo de Referência.

No centro histórico da cidade de Santos, o projeto de revitalização dos armazéns 1 a 8 também contribuirá com o aumento do fluxo de embarcações, uma vez que a referida obra terá uma marina pública e um novo terminal para navios de cruzeiros turísticos (GONÇALVES *et al.*, 2008). Essa expansão prevista para os próximos dez anos elevará a movimentação de navios entre 150 e 200 acessos diários. O crescimento da frota de embarcações menores também será relevante. Assim, tornar-se-á perigoso e logisticamente inviável o cruzamento das balsas com navios e demais embarcações (Figura 10). É importante ressaltar que a balsa só pode continuar seu percurso após a passagem dos navios, tendo que esperar o completo deslocamento destes para iniciar ou prosseguir sua rota, o que contribui para retardar a travessia entre 5 a 7 minutos (GATTORNA, 2009).

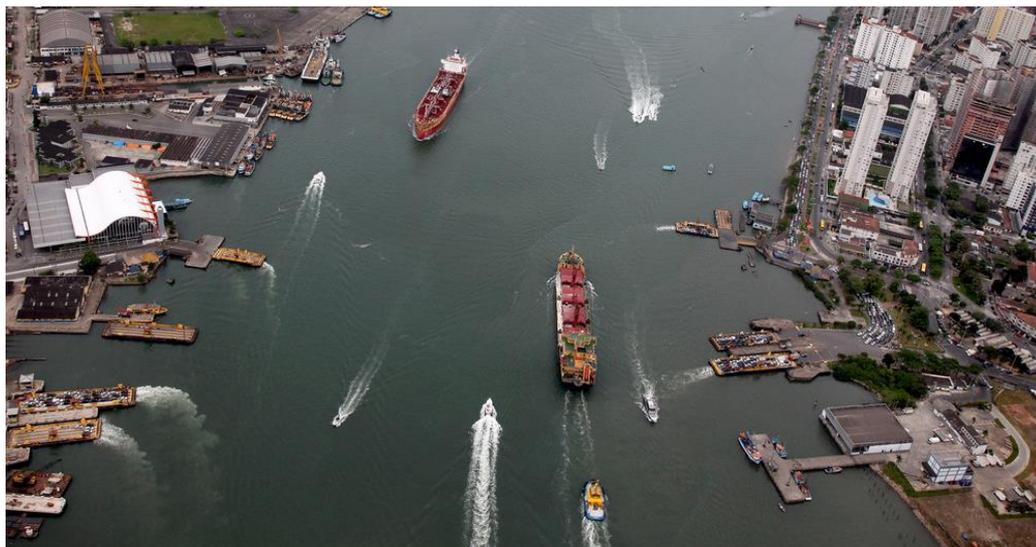


Figura 10 – Cruzamento de navios e demais embarcações com as Balsas – 2012

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1460018&page=3>. Acesso em: 22/04/2011.

Nos últimos quatro anos, dois acidentes foram registrados envolvendo navios e balsas. Em 2009 o navio chinês *Zhen Hua 27* bateu na balsa FB24, a maior do sistema de travessia quando esta se encontrava no lado Guarujá. A embarcação estava atracada e lotada com 62 veículos, havendo danos materiais em carros e motocicletas e causando redução da capacidade operacional do sistema durante 6 meses. Já em 2010, o navio panamenho *Nena A* atingiu o atracadouro do lado Guarujá, paralisando o serviço de balsas durante a madrugada e havendo nova redução da capacidade operacional do sistema por 6 meses.

Paralelamente ao aumento da quantidade de embarcações, houve uma expansão significativa das frotas rodoviárias, especialmente carros, motocicletas e bicicletas. A frota de veículos de passeio cresceu estimulada pelo crédito mais fácil e pela maior oferta originada pela chegada de novos fabricantes da Ásia e da Europa. A frota de motociclistas aumentou como reflexo do volume de carros nas vias públicas, uma alternativa para fugir dos congestionamentos cada vez maiores e mais constantes. Por outro lado, as administrações públicas das cidades da Baixada Santista implantaram novos circuitos para ciclovias, aumentando a sua utilização. Limitadas por sua geografia, as ilhas continuaram a apresentar forte tendência de crescimento vertical. Assim, a partir de 2005, iniciou-se um novo ciclo regional de expansão imobiliária com o lançamento de torres habitacionais com mais de vinte andares, aproveitando a mudança da legislação que permitiu edifícios mais altos. As

variáveis logísticas apresentadas, especialmente expansão dos berços de atracação e das frotas rodoviárias geraram dificuldades para mobilidade e acentuaram os impactos ambientais (GONÇALVES & NUNES, 2008).

Tantos eventos justificam um fenômeno denominado gargalo logístico no qual a eficiência do transporte depara-se com suas limitações operacionais (GONÇALVES & NUNES, 2008). Dez milhões de veículos por ano atravessando em balsas uma distância de quatrocentos metros é muito mais uma prova de saturação do que de eficiência do gestor. Qualquer empenho da DERSA S.A. em tornar o serviço de travessias por balsas um exemplo de qualidade e segurança para seus usuários estará sempre diante da realidade de trabalhar acima da sua capacidade operacional (SANTOS, 2008).

2.4 O Conjunto de Impactos Urbanos do Sistema

Dentre os modais da matriz brasileira de transportes, o aquaviário é o mais citado quando a discussão aponta à redução da frota rodoviária e as necessidades de estímulo para outras modalidades. Apesar do seu extenso litoral marítimo e grande oferta de rios navegáveis, o Brasil optou por estradas, tendo o modal ferroviário também ficado em segundo plano (RODRIGUES, 2009).

Confirmando a tendência de expansão da navegação interior ou de cabotagem, é preciso reconhecer que, assim como o modal rodoviário, a navegação também oferece impactos e requer uma gestão ambiental específica (BARETTA *et al.*, 2008). Também é preciso refletir sobre a eficiência do monitoramento das águas, do gerenciamento costeiro e expansão dos empreendimentos sobre áreas protegidas e áreas residenciais (BARETTA *et al.*, 2008). No caso do serviço de travessias por balsas, podemos assim tipificar os impactos ao meio ambiente:

- Lançamento de efluentes das balsas durante seu percurso (óleo combustível, gases e fumaça);
- Lançamento de efluentes produzidos por automóveis e motocicletas durante a espera para embarque, muitas vezes nas extensas filas que se formam;
- Suspensão de resíduos acumulados no leito do estuário a partir da ação das hélices (cada balsa conta com conjuntos de hélices na proa e na popa), suspendendo depósitos de metais e compostos orgânicos tóxicos depositados

no fundo do mar;

- Contaminação das águas em decorrência de serviços rotineiros de reparos nas embarcações e atracadouros;
- Poluição sonora decorrente dos motores de automóveis e motocicletas assim como dos seus equipamentos de áudio;
- Poluição sonora decorrente dos motores das balsas;
- Lançamento de lixo nas vias públicas e no mar pelos ocupantes dos veículos, pedestres e ciclistas;
- Risco de colisões marítimas decorrentes do cruzamento da travessia;
- Risco de poluição ambiental por derrame de combustível, originada pela perfuração do casco da balsa por objetos parcialmente submersos que constantemente são trazidos pelas correntes como móveis, troncos de árvores e lixo em geral;
- Exposição dos usuários às condições climáticas e à contaminação por gases e fumaça produzidos pelos motores das balsas.

Dado o número, relevância e magnitude destes impactos, fica mais do que evidenciado que a realidade atual já está insustentável e que alternativas ao sistema de balsas devem ser avaliadas levando-se em consideração um conjunto de soluções que harmonizem a mobilidade, a segurança dos cidadãos e a preservação do meio ambiente (MELE, 2004).

2.5 A Solução por Túnel Subaquático

Há trinta anos que túneis e pontes são observados pelo autor do presente estudo, a partir de pesquisa em quinze países que construíram túneis subaquáticos, preferencialmente em cidades que apresentassem características urbanas e econômicas semelhantes aos municípios de Santos e Guarujá, ou seja, cidades portuárias com importante atividade turística, indústria, comércio e serviços.

Assim, foi produzido em Abril de 2008 o trabalho Túnel Santos-Guarujá (SANTOS, 2008) a partir da solicitação da Frente Parlamentar em Defesa da Ligação Seca, criada pela Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Esse trabalho reuniu os estudos realizados sobre onze túneis subaquáticos, com o objetivo de oferecer informações sobre:

- Características básicas da engenharia e do traçado do túnel;
- Vantagens da substituição da travessia de balsas por túnel;
- Informações básicas para estudo da viabilidade econômica e financeira;
- Posicionamento da opinião pública a partir de pesquisa realizada em conjunto com o Instituto de Pesquisas A Tribuna – IPAT, para apurar o grau de conhecimento dos cidadãos quanto as opções para travessia (ponte ou túnel) e identificar o nível de satisfação ou insatisfação sobre o serviço de travessia existente (GONÇALVES & NUNES, 2008).

O desenvolvimento desse estudo ampliou os conhecimentos para um capítulo imprescindível: a preservação ambiental a partir de informações científicas que consubstanciassem o projeto, tornando-o uma obra compromissada com a sustentabilidade (CURI, 2011).

Dentro do programa de Mestrado em Ecologia da Universidade Santa Cecília, foram apresentados assuntos que proporcionaram uma compreensão dos aspectos da ecologia humana, da ecologia de comunidades e ecossistemas, informações da história da ecologia, da filosofia da ciência, do método bioestatístico e as suas respectivas abordagens, das práticas em ecologia de campo, da ecologia da conservação e do estudo quanto à dinâmica de poluentes orgânicos. A partir destes componentes e do somatório das experiências adquiridas nas ciências sociais realizadas em conjunto com profissionais das engenharias, do direito, da administração, da biologia e oceanografia em um ambiente acadêmico e multidisciplinar, houve o embasamento que possibilitou a elaboração de um projeto que pretendeu alto grau de excelência.

Os modelos mundiais estudados mostraram o estado da arte entre projeto construtivo, o uso e a preservação ambiental (BLAUWENS *et al.*, 2006). O Maastunnel da cidade holandesa de Rotterdam foi a melhor referência a partir da associação de suas virtudes. Tem 584 metros de extensão, numa profundidade de 22,5 metros, ligando o centro da cidade de Rotterdam com o setor sul, para que veículos, ciclistas e pedestres possam atravessar o Rio Maas protegidos das condições climáticas e do desgaste decorrente do tempo para travessia por barcos. Rotterdam conta com outros túneis para ligações entre as margens do seu grandioso porto (VAN DAALEN, 2013).

Seguindo a mesma linha de raciocínio, a solução pretendida para o estuário de Santos tem como objetivos:

- Tornar o acesso uma etapa com tempo previsível, tal que os 860 metros previstos para o traçado possam ser vencidos em dois minutos pelos veículos automotores, cinco minutos pelos ciclistas e quinze minutos pelos pedestres;
- Tornar possível a instalação do Veículo Leve sobre Trilhos – VLT, investimento público em fase de licitação para transporte coletivo (atualmente o transporte coletivo não atravessa por balsas);
- Tornar a mobilidade um instrumento que aumente a integração entre as cidades de Santos e Guarujá, com reflexos nos demais municípios da região, provendo uma alternativa para ao melhor desempenho do setor portuário, industrial, do comércio e dos serviços das cidades;
- Viabilizar a integração dos planos urbanísticos, sistema de transporte urbano e as melhorias do sistema viário dos municípios (CAVAGLIANO, 2011);
- Eliminar o risco de acidentes marítimos;
- Eliminar o risco de acidentes entre veículos e de atropelamento de pedestres e ciclistas;
- Eliminar o risco de afogamentos e acidentes de trabalho nas operações de embarque e desembarque das balsas;
- Eliminar a poluição das águas, objeto dos estudos desta dissertação;
- Proporcionar a filtragem dos gases lançados à atmosfera do túnel;
- Proporcionar a drenagem dos efluentes derramados no leito do túnel para o devido tratamento (ANTAQ, 2011).

2.6 Viabilidades Logística e Ambiental do Túnel

Para mostrar as vantagens logística e ambiental do túnel subaquático, foi necessária a comparação com a opção por ponte. Celestino (2011) ilustrou como seriam as três opções para ligação seca (túnel imerso, túnel escavado ou ponte) em relação aos espaços necessários para os respectivos acessos (Figura 11).

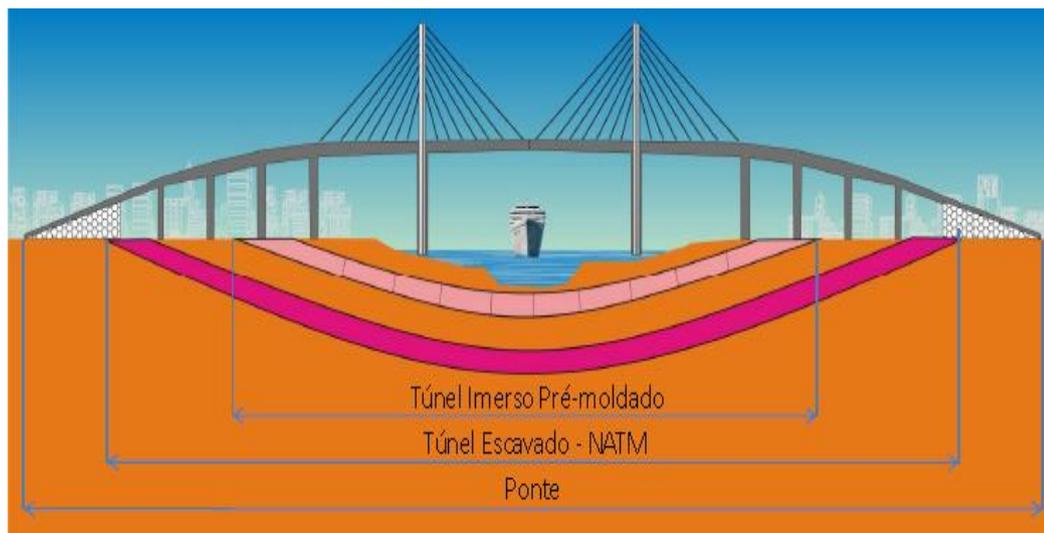


Figura 11 – Comparação entre as opções de construção: Túneis e Pontes – 2011

Fonte: Cavagliano (2011)

Sob esta análise, observa-se que o impacto urbano relacionado à construção de uma ponte seria enorme na medida em que essa obra avança sobre o plano urbanístico existente, densamente habitado tanto em Santos quanto no Guarujá. Qualquer que fosse o ponto geográfico selecionado para o traçado, conflitaria com o porto e a cidade. Para não interromper a navegação no canal, o vão central deveria estar a 90 metros de altura o que motiva a extensão entre os acessos de subida e descida em aproximadamente em 8 km.

O canteiro de obras também ocupa mais área quando comparado com a opção túnel. Na Figura 11 também é possível observar que o grau de interferência da obra do túnel imerso, feito a partir de elementos pré-moldados que são encaixados no processo construtivo, é bem menor.

O processo de túnel escavado é aplicado para solos rochosos, caso que não se aplica às características geológicas da região.

Para ilustrar a degradação urbanística resultante da opção por ponte, Celestino (2011) utilizou como exemplo o Elevado Costa e Silva, apelidado de Minhocão, construído na cidade de São Paulo (Figura 12).

Observa-se clara desarmonização do plano urbanístico e consequente desvalorização imobiliária, agravado pela utilização pelos sem-teto como moradia e como ponto de encontro para o consumo de drogas.



Figura 12 – Elevado Costa e Silva, São Paulo – 2011

Fonte: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/731094-prefeito-kassab-anuncia-projeto-que-preve-fim-do-minhocao.shtml>. Acesso em: 06/05/2010.

Para demonstrar a tendência mundial por obras menos impactantes e com benefícios urbanísticos, Celestino (2011) destacou os resultados obtidos com a demolição de viadutos existentes em Boston, Estados Unidos. Enquanto a existência dos viadutos provocava todos os problemas vistos na Figura 13 (lado esquerdo), a substituição por túneis propiciou a realidade vista na mesma figura (lado direito).

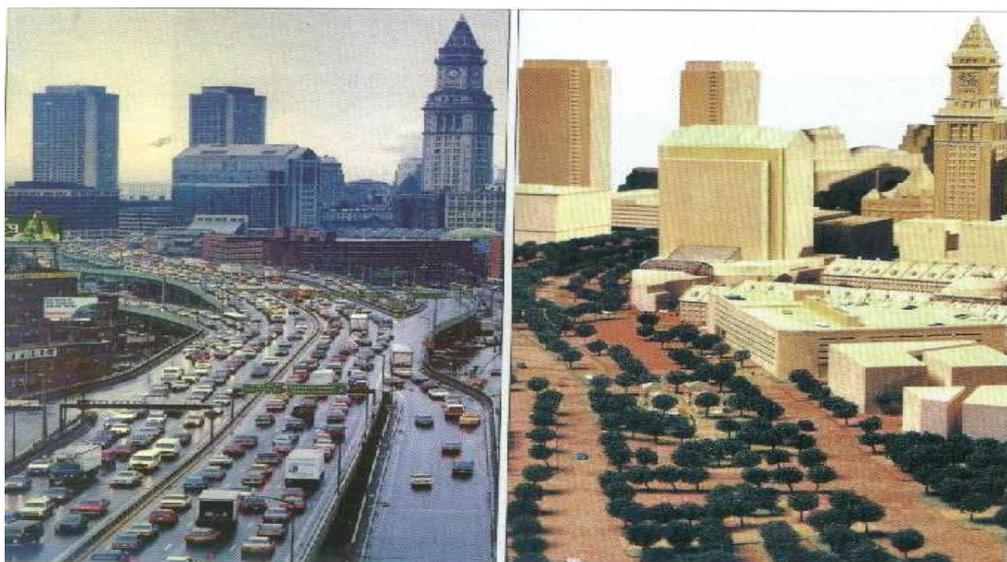


Figura 13 – Área do The Central Artery in Boston – USA antes e após a substituição dos viadutos por túneis subterrâneos.

Fonte: <http://www.bostonroads.com/roads/central-artery/>. Acesso em: 08/11/2012.

É importante ressaltar que, seguindo a tendência mundial, projetos similares estão em curso no Brasil como a remoção dos viadutos da orla portuária do Rio de Janeiro e a remoção do Minhocão em São Paulo. Pelas razões expostas ainda que resumidamente, fica explícita a tese que uma ponte não seria a alternativa adequada para o caso de ilhas (BARROS *et al.*, 2008).

Um túnel construído com a técnica de imersão de módulos de concreto pré moldados é a alternativa defendida atualmente. A técnica dos túneis imersos apresenta algumas vantagens sobre pontes convencionais, tais como a menor extensão para travessias subaquáticas e menores interferências paisagísticas e com o tráfego hidroviário (KOCHEN, 2011). Nesta linha, Cavagliano (2011) apresentou proposta para o traçado do túnel submerso ligando Santos ao distrito de Vicente de Carvalho – Guarujá, conforme a Figura 14.

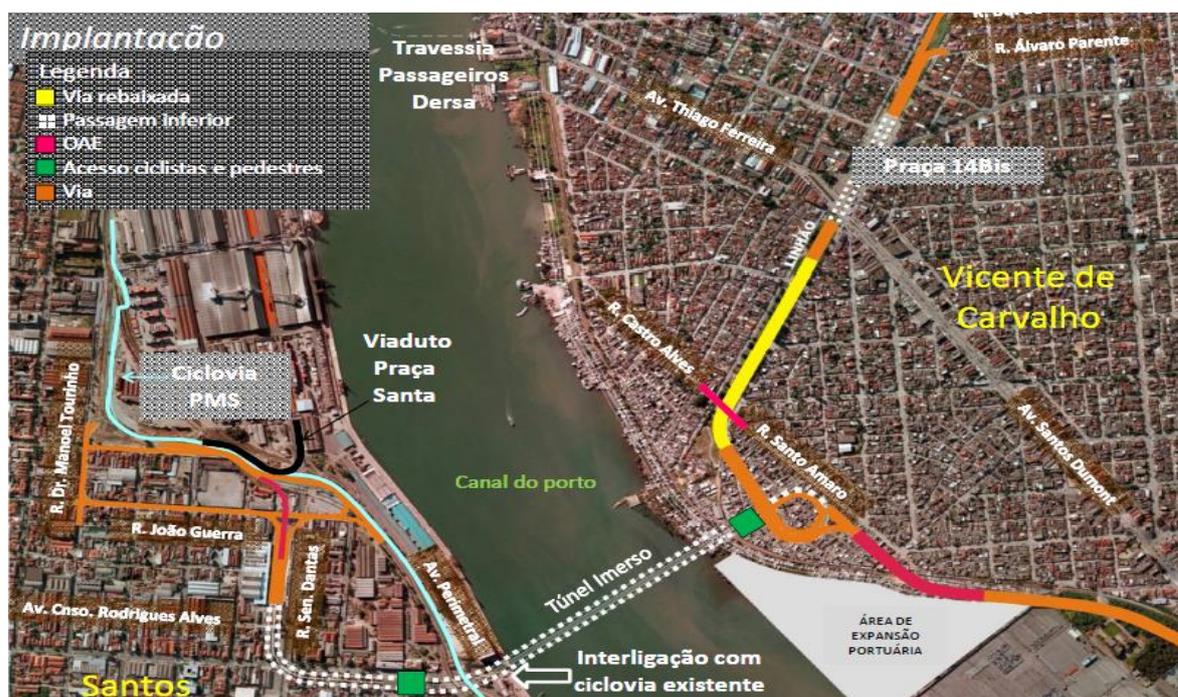


Figura 14 – Proposta do trajeto do Túnel Santos/Guarujá

Fonte: Cavagliano (2011)

Na Figura 14 nota-se o racional ordenamento viário e a integração com os sistemas de transportes de terra, a preocupação com as ciclovias e com as áreas de expansão portuária. A imagem também mostra a densidade populacional das ilhas, uma das restrições à ideia da ponte, que exigiria grandes demandas em desapropriações.

De forma clara e biunívoca, a navegação não oferecerá riscos ao túnel subaquático e o túnel não será restrição à navegação. A construção obedecerá a profundidades designadas pela Marinha, com margens de segurança quanto ao calado das embarcações. Assim, o túnel deverá estar entre 21 e 25 metros da linha d'água.

O reordenamento do plano urbano possibilitará também a remoção das áreas de favela adjacentes ao Terminal Santos Brasil – lado Guarujá, situação que oferece riscos permanentes aos cidadãos moradores daquela região.

Cavagliano (2011) também apresentou a ideia preliminar para as seções do túnel e dos módulos construídos nos quais se nota o atendimento das necessidades de mobilidade para pedestres, ciclistas e veículos. Este planejamento pode ser visto na Figura 15 onde são vistas a via rebaixada de acesso, a via mergulhada e seção transversal.

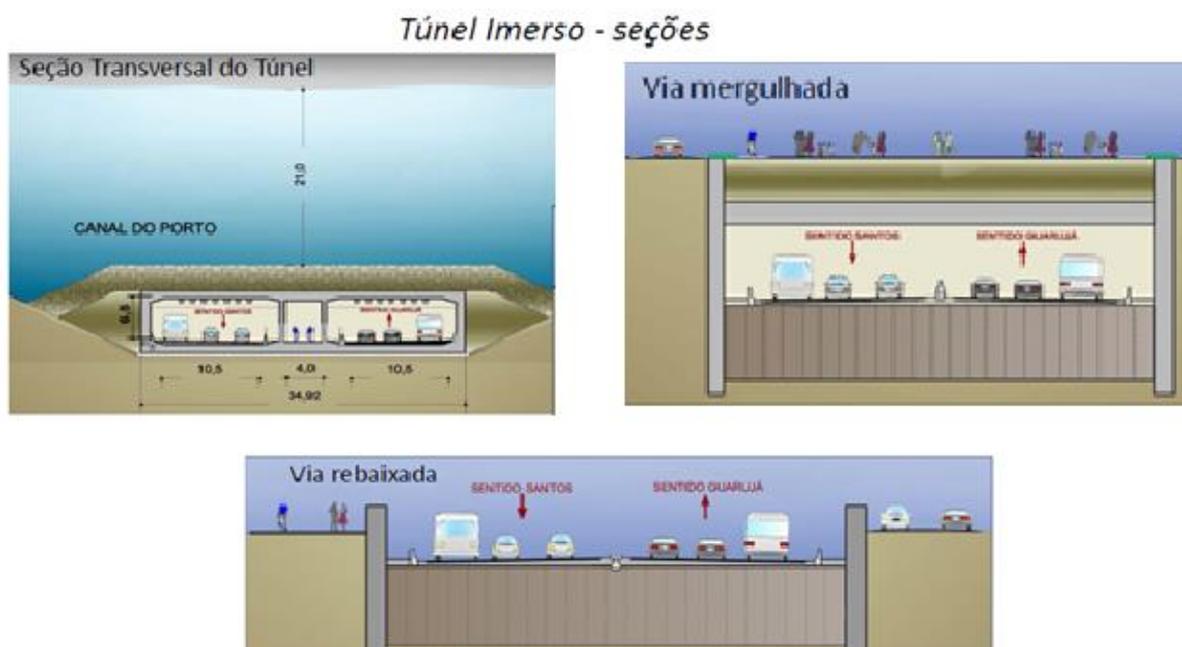


Figura 15 – Ante-projeto mostrando o túnel Santos-Guarujá, visualizando as três seções

Fonte: Cavagliano (2011)

A Figura 16 exhibe o detalhe do projeto a partir do seu perfil construtivo no qual é visível que o acesso dos pedestres não concorre com os veículos, item de alta importância para a eliminação de acidentes.

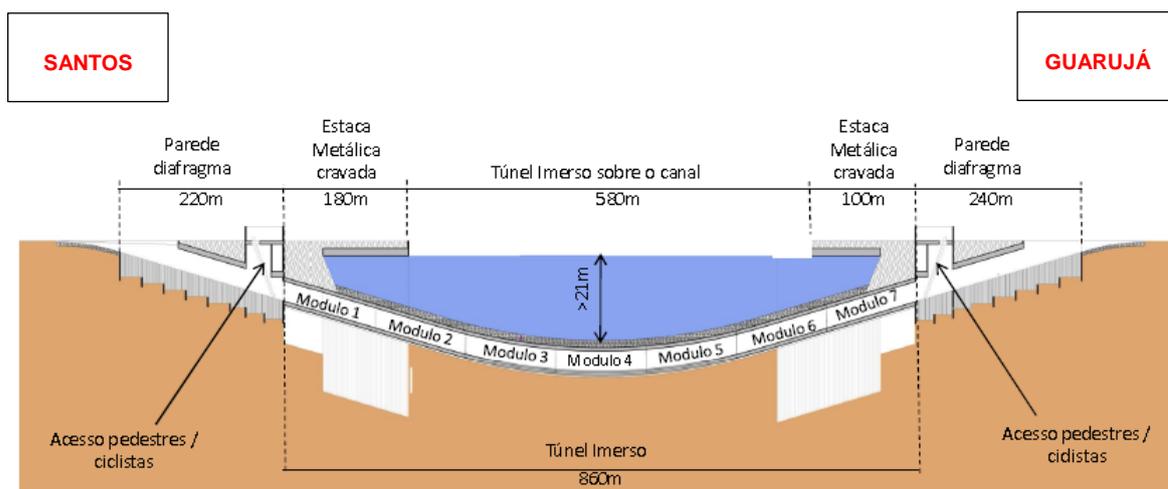


Figura 16 – Mobilidade para pedestres e ciclistas

Fonte: Cavagliano (2011)

Por último a Figura 17 exibe os detalhes das galerias para circulação de ciclistas e pedestres, bem como, da solução para estacionamento.

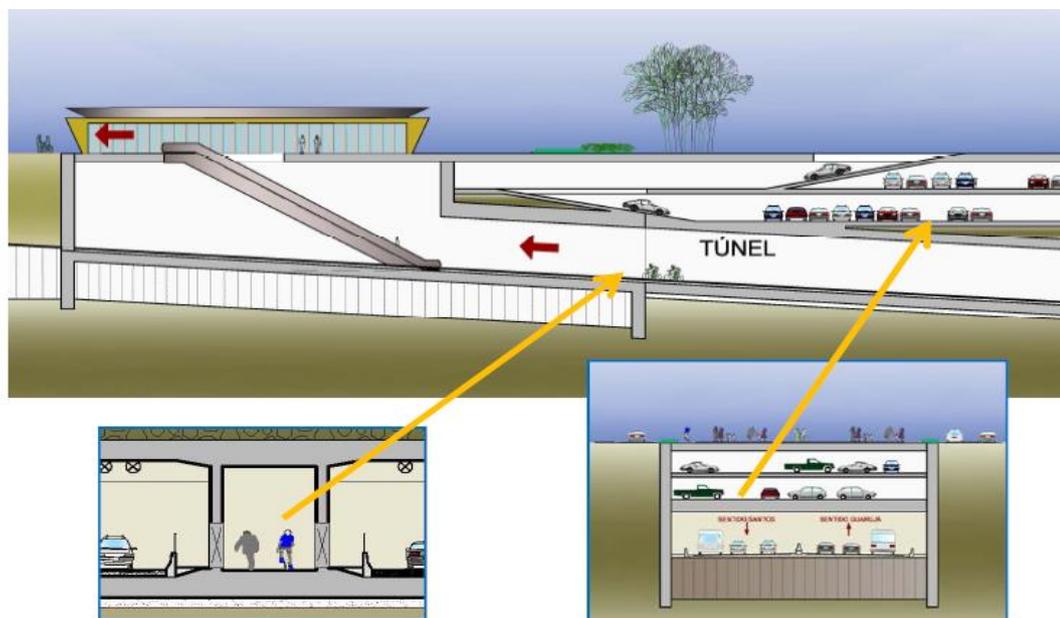


Figura 17 – Perfil com detalhes da construção

Fonte: Cavagliano (2011)

Para a colocação e montagem dos elementos pré-moldados no leito estuarino, deverá ser cavada uma trincheira por processo de dragagem. Os resíduos previstos para esta etapa serão administrados conforme a mesma metodologia adotada para as dragagens de rotina do estuário do Porto de Santos (ANTAQ, 2011). O canteiro de obras, às margens do canal e toda a movimentação do parque também requer

detalhamento quanto aos impactos tanto na área de influência direta quanto na área de influência indireta. Os túneis já projetados e construídos no Norte Europeu podem ser utilizados como modelos devido ao avançado estágio em gestão ambiental para esse tipo de obra, sendo que tanto a tecnologia construtiva quanto as medidas de preservação ambiental serão ensinamentos inéditos para a engenharia brasileira.

Esta dissertação pretendeu contribuir com dados experimentais que venham a ajudar a minimizar a degradação ambiental causada pelo sistema de balsas Santos-Guarujá. Paralelamente, ofereceu uma discussão sobre alternativa mais sustentável na forma de um túnel subaquático para ligar as margens dessas cidades.

Begon *et al.* (2007) alertaram que uma ação ambiental só pode ter consistência quando baseada em princípios ecológicos. Ao recomendar a construção de um túnel subaquático, procurou observar uma solução ecologicamente correta que contemplasse as necessidades da população.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar os possíveis impactos ambientais associados à operação das balsas no sistema de travessia Santos-Guarujá e comparar o atual sistema com a proposta do túnel submerso.

3.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar amostras coletadas em locais distantes da área de operações das balsas, quantificando os mesmos parâmetros citados no item anterior;
- b) Estabelecer comparações estatísticas entre os pontos próximos e distantes do serviço de balsas para verificar possíveis impactos ambientais desta operação e suas magnitudes;
- c) Efetuar comparação teórica entre o serviço de balsas atualmente oferecido e o projeto existente para a ligação entre Santos e Guarujá através de túnel subaquático.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização das etapas previstas nos objetivos deste estudo, foram utilizados os materiais e métodos descritos a seguir, conforme Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” – 20ª edição e Nascimento *et al.* (2002).

4.1 Coleta das Amostras

Foram coletadas e analisadas amostras em pontos próximos ao serviço de travessia das balsas entre Santos e Guarujá, quantificando os parâmetros óleos e graxas, sólidos suspensos, oxigênio dissolvido, alcalinidade, pH, salinidade, turbidez, cor Pt/Co e temperatura da água, padronizando-se a posição da maré no momento da coleta.

As amostras foram coletadas em cinco locais definidos abaixo, para a avaliação comparativa dos resultados. Três destes pontos (Santos, Guarujá e meio do canal do Estuário) estão diretamente relacionados com a operação das balsas.

O quarto ponto está localizado próximo a Ilhas das Palmas, em área bastante afastada do local das operações e em direção ao mar aberto.

O último ponto está localizado na Praia da Aparecida, entre os canais 5 e 6, área frequentemente utilizada por banhistas. Visando obter valores comparáveis em dias diferentes, todas as amostras foram coletadas em momentos de preia mar.

Para a coleta, foi utilizado recipiente de alumínio adaptado com corda de coleta de algodão, sendo o material imediatamente transferido para diferentes recipientes em função dos testes a serem realizados conforme descrito a seguir: 1 litro de amostra coletado na superfície e acondicionado em garrafa de vidro âmbar com batoque e tampa com rosca de plástico para o teste de óleos e graxas, 350 mL de amostra coletados logo abaixo da superfície e acondicionados em garrafa de vidro própria para oxigênio dissolvido sendo que no momento da amostragem o oxigênio é fixado como descrito no item 4.4 e 1 litro de amostra coletada a aproximadamente 1 metro de profundidade e acondicionado em garrafa de vidro âmbar com batoque e tampa com rosca de plástico para os demais testes.

A localização destes pontos pode ser vista na Figura 18.

- Local 1 – gaveta de embarque e desembarque (atracadouro novo) da balsa na margem direita (município de Santos), conforme as coordenadas -23.986547 e -46.293383;
- Local 2 – meio do canal do estuário, durante o percurso náutico entre Santos e Guarujá, conforme as coordenadas -23.987448 e -46.292052;
- Local 3 – gaveta de embarque e desembarque (atracadouro novo) da balsa na margem esquerda (município de Guarujá), conforme as coordenadas -23.988252 e -46.28922;
- Local 4 – praia da Aparecida, localizada no município de Santos entre os canais 5 e 6, conforme as coordenadas -23.982116 e -46.314304;
- Local 5 – face Sul da Ilha das Palmas localizada no município de Guarujá, conforme as coordenadas -24.009345 e -46.324539.



Figura 18 – Localização e coordenadas dos pontos de amostragem.

Fonte: Google maps (2013)

4.2 Óleos e Graxas (OG)

Esta análise foi realizada conforme a metodologia gravimétrica 5520-B descrita no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” – 20ª edição. Basicamente, os óleos e graxas foram extraídos da amostra utilizando-se três

extrações sequenciais com n-hexano em funil de separação de 2 litros. As frações foram transferidas para um balão de destilação previamente pesado através de um funil contendo sulfato de sódio para evitar a contaminação por água, 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.

4.3 Sólidos Suspensos (SS)

Esta determinação foi executada conforme a metodologia gravimétrica 2540-D descrita no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” - 20ª edição. A amostra é cuidadosamente homogeneizada e 200 mL da mesma são filtrados sob vácuo através de membrana de éster de celulose HATF04700 (Millipore Indústria e Comércio Ltda.) previamente umedecida com água destilada, seca a 105 °C e pesada com precisão de 0,1 mg. Após a filtração, a membrana é novamente seca a 105 °C, pesada, o resultado final é expresso em mg/L.

4.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido foi quantificado através da metodologia volumétrica 4500-O descrita no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” - 20ª edição (método de Winkler modificado). Após a coleta da amostra em frasco próprio para esta análise, o oxigênio dissolvido é fixado pela adição, ainda no local da coleta, de 1 mL de solução de $MnSO_4$ e 1 mL de azida sódica/iodeto. Ao chegar ao laboratório, foi adicionado 1 mL de H_2SO_4 e 200 mL da solução obtida foram titulados com $Na_2S_2O_3$, sendo o conteúdo de O_2 calculado e expresso em mg/L de O_2 .

4.5 Alcalinidade

Como as amostras são de natureza marinha, as mesmas apresentam alcalinidade que foi determinada por volumetria conforme a metodologia 2320 descrita no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” – 20ª edição. Uma alíquota representativa da amostra é colocada em um béquer e titulada até pH = 4,5 com auxílio de um pHmetro modelo Q-400-A (Quimis Aparelhos Científicos Ltda.) equipado com eletrodo combinado modelo SC-09 e padronizado

no momento do uso através de soluções-tampão 6,86 e 9,18. O cálculo da alcalinidade é feita pela equação adequada e os resultados são expressos em mg CaCO₃/L.

4.6 pH

Esta determinação está relacionada com a concentração do íon H⁺ nas amostras, sendo realizada por medição direta utilizando-se pHmetro modelo Q-400-A (Quimis Aparelhos Científicos Ltda.) equipado com eletrodo combinado modelo SC-09 e 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.

4.7 Salinidade

Esta análise foi realizada por refratometria direta utilizando equipamento modelo EQ-008-02 LET (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 (‰).

4.8 Turbidez

A determinação da turbidez foi feita por método fotométrico utilizando-se turbidímetro modelo AP-2000-ir (Policontrol Instrumentos Analíticos Ltda.). A amostra sem tratamento prévio foi transferida para uma cubeta de 8 cm da altura com tampa de rosca e acondicionada no aparelho, sendo a turbidez expressa em NTU (unidade nefelométrica de turbidez).

4.9 Cor Pt/Co

Esta análise foi feita utilizando-se colorímetro modelo NQ-200 (Policontrol Instrumentos Analíticos Ltda.) A amostra sem tratamento prévio é colocada em cubeta de 20 cm de altura e acondicionada no equipamento. Na cubeta de referência é colocada água destilada e a leitura visual é feita utilizando-se disco de comparação de cor com padrões entre 0 e 70 Pt/Co.

4.10 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 ($p < 0,05$) para a comparação entre as médias obtidas nos diversos pontos.

4.11 Ensaios Piloto

Com o objetivo de se identificar os pontos mais significativos para o estudo assim como aprimorar a aplicação dos métodos analíticos a serem utilizados, foi realizada uma série piloto com cinco amostragens em cada um dos pontos indicados no item 4.1, representando um total de vinte e cinco amostras para cada parâmetro (5 dias x 5 pontos).

Nestas amostragens e análises, foram identificadas várias particularidades experimentais descritas a seguir.

- Para a coleta das amostras nas gavetas das balsas, foi necessária a obtenção de autorização da DERSA;
- Para a análise de OG, as amostras tiveram de ser coletadas na superfície uma vez que estes materiais têm densidade inferior à água do mar. Para as análises de OD, as amostras foram coletadas logo abaixo da superfície para evitar a absorção de ar atmosférico (padronizada a profundidade de um pé) e para as amostras de SS que tem a tendência de sedimentar foi padronizada a profundidade de um metro;
- Conforme indicado no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, as amostras para OG foram coletadas em recipientes dedicados com a utilização do conteúdo total do frasco. As amostras para OD foram coletadas em frasco com selo de água, sendo o oxigênio fixado imediatamente pela adição do $MnSO_4$ e de azida sódica/iodeto no momento da amostragem e as demais amostras foram coletadas em um único frasco;
- Os resultados analíticos para OG, SS e turbidez dependem muito da técnica de coleta uma vez que no local de amostragem, podem ser observados pontos com altos e baixos teores destes contaminantes (heterogeneidade), requerendo o aperfeiçoamento da técnica amostral que represente o local avaliado;

- Para possibilitar a comparação entre as amostras, todas as coletas foram efetuadas no momento da preia mar (ponto máximo da maré e antes do início da baixa mar).

Definidos todos os pontos acima, foi formada a equipe de laboratório composta de uma estudante do curso de Engenharia Química e um Engenheiro Ambiental, ambos da Universidade Santa Cecília, além do mestrando responsável pela pesquisa e seu orientador, sendo ministrado treinamento prático para a consecução, registro e interpretação das análises. A partir deste ponto, foram coletadas as cinco amostras mencionadas que resultaram nos resultados já apresentados e discutidos na Banca de Qualificação.

4.12 Ensaio Principal

Após a realização do Teste Piloto, foi iniciado o Teste Principal seguindo os procedimentos citados no item 4. Foram coletadas mais 15 amostras de cada ponto, que somadas aos testes do Ensaio Piloto totalizaram 20 amostras. Os resultados destas amostras estão apresentados e discutidos a seguir.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Óleos e Graxas

Na concepção deste estudo, definiu-se que este seria um dos parâmetros mais importantes na avaliação de possíveis impactos ambientais pela operação das balsas. Como eventuais lançamentos involuntários formam manchas de óleo na superfície do local da coleta, foram aplicados os procedimentos desenvolvidos durante os Testes Piloto a fim de coletar amostras representativas.

Deve ser lembrado que a análise de OG quantifica não somente os óleos e graxas propriamente ditos, mas também qualquer substância que apresente solubilidade em hexano, o que acaba incluindo detergentes, corantes e quaisquer materiais orgânicos apolares. Este conceito é aceito e aplicado globalmente.

De uma maneira geral, o lançamento de óleos e graxas em corpos de água dificulta a difusão e dissolução do oxigênio presente na atmosfera para a água, o que pode vir a comprometer a biota aeróbia que depende deste gás. Além deste fato, os óleos e graxas podem afetar a membrana celular de seres microscópios ou a fauna em geral, sendo mundialmente conhecidos os efeitos dos desastres ambientais ocorridos no Alaska (navio Exxon Valdez, 1989), na costa noroeste da Espanha (navio Prestige, 2002) e no Golfo do México (plataforma Deep Horizon, 2010).

Na Figura 19 pode ser visto que os maiores valores para OG ocorreram nos pontos Santos e Guarujá (gaveta das balsas), sendo que os resultados dos demais pontos (Palmas, Praia e Meio) se mantiveram nitidamente abaixo dos primeiros. As amostras do ponto Praia apresentaram resultados intermediários provavelmente pela movimentação dos lançamentos das balsas para as margens, somado aos despejos clandestinos que ocorrem nos canais enquanto que o ponto Meio apresentou menor evidência de impacto ambiental provavelmente por estar em local de intensa movimentação hídrica que dilui os lançamentos. Como esperado, o ponto Ilha apresentou resultados muito baixos por estar em local de mar aberto e pouco exposto à poluição. Deve ser observado que entre as amostras 7 a 12 ocorreram repetidas situações de ressaca, o que acabou por diluir os resultados deste parâmetro neste intervalo.

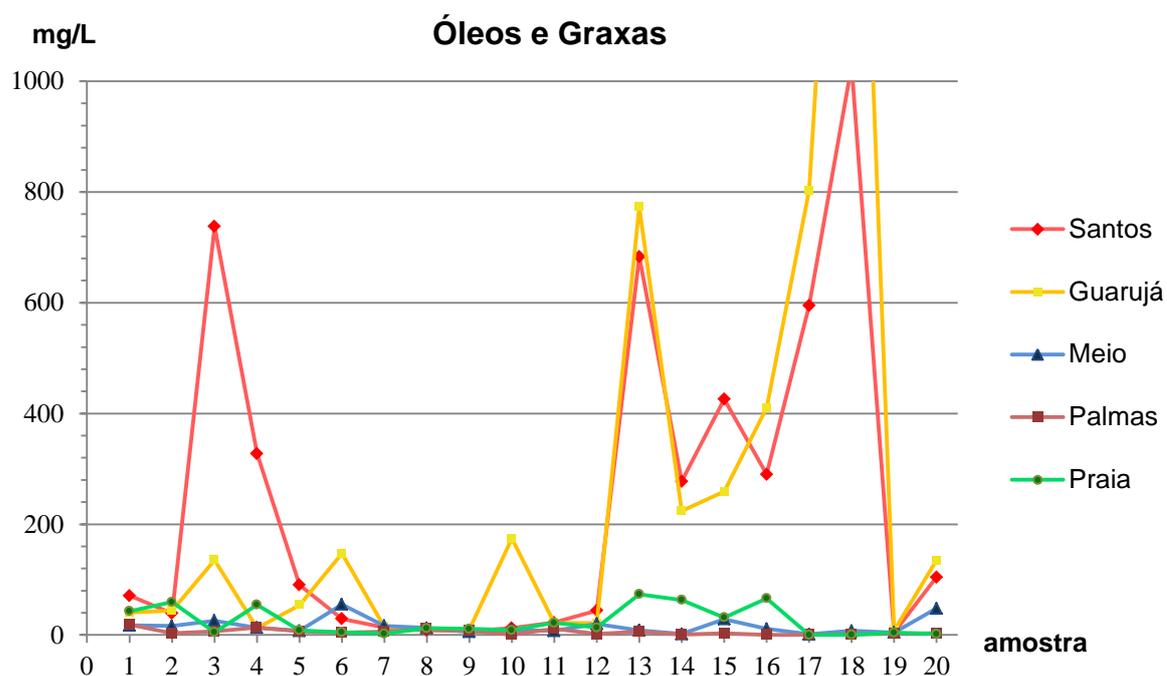


Figura 19 – Resultados diários de OG (mg/L) para os pontos amostrados.

Os dados apresentados na Figura 19 refletem os valores diários das 20 amostras coletadas. Já na Figura 20, são apresentadas as médias históricas dessas amostragens, o que facilita a comparação entre os pontos avaliados.

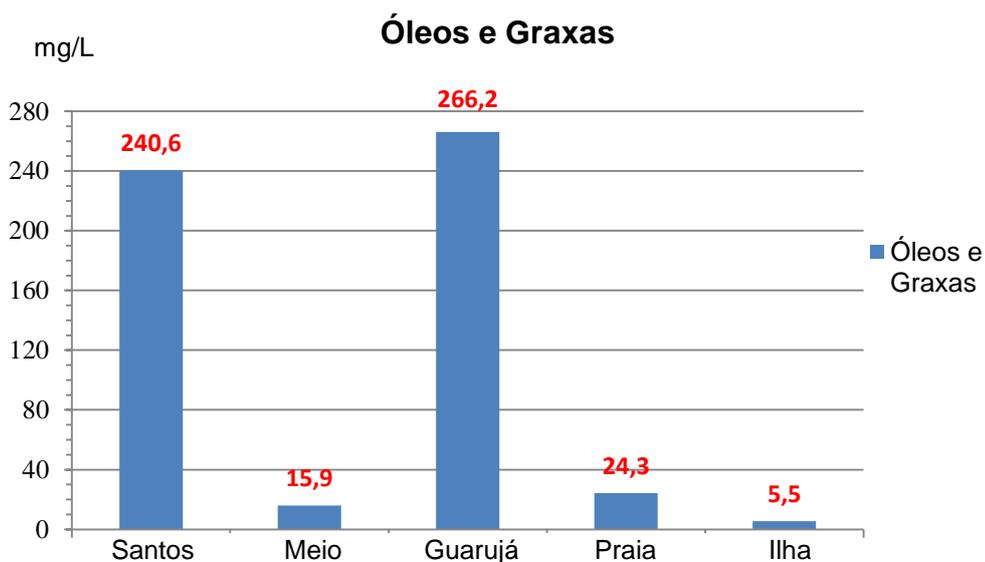


Figura 20 – Médias históricas (n = 20) das amostragens de OG (mg/L).

Na Figura 20 fica evidente a ocorrência de impactos ambientais provavelmente como consequência da operação das balsas Santos-Guarujá, pois estes pontos apresentaram média histórica entre 240 e 266 mg/L enquanto que os demais pontos apresentaram médias históricas entre 5,5 e 24,3 mg/L. Utilizando o ponto Ilha como controle uma vez que este local apresenta baixa influência antropogênica, é possível verificar que todos os demais pontos apresentam evidências estatísticas de poluição de maior ou menor magnitude, conforme verificou-se por meio do teste t de Student, visualizado na Tabela 2.

Tabela 2: Valores dos testes t de Student para OG (n = 20).

Ponto	Valor de p	Comparação ao controle
Santos	0,003	diferente
Guarujá	0,025	diferente
Meio	0,006	diferente
Praia	0,004	diferente

5.2 Sólidos Suspensos

Um dos principais efeitos da presença de sólidos suspensos em corpo de água é o aumento da dificuldade da penetração da luz solar em função da turbidez e reflexão da mesma nas partículas suspensas. Este efeito reduz a ocorrência da fotossíntese pela biota fototrófica, diminuindo sua reprodução e liberação de oxigênio que é vital para as formas aeróbias de vida (LIA, 2008).

A operação das balsas só por si não libera estes materiais, mas pode suspendê-los do fundo do canal que se encontra bastante contaminado com compostos químicos de alta toxicidade pelos anos de despejos das unidades do Polo Industrial de Cubatão que se acumularam no leito marinho (LIA, 2008). Estes compostos certamente irão prejudicar a biota local pela toxicidade dos mesmos.

Neste parâmetro, nota-se a mesma tendência observada no item 5.3 com maiores valores nos pontos de operação das balsas (pontos Guarujá e Santos), como visto na Figura 21.

Como já descrito, não se trata de materiais sólidos lançados pelas balsas, mas suspensos do fundo do canal em função da baixa profundidade (aproximadamente 4 metros) nos pontos de atracação.

A ação das hélices das balsas utilizadas em maior rotação (potência dos motores) nos momentos da atracação e desatracação dos equipamentos associado à baixa profundidade causa o aumento dos sólidos suspensos nos pontos Santos e Guarujá em comparação aos demais pontos avaliados.

Como esperado, os pontos Praia e Palmas apresentaram valores bastante inferiores, o mesmo ocorrendo com o ponto Meio provavelmente pelo efeito da intensa movimentação hídrica já citada, maior profundidade e menor potência dos motores das balsas, o que reduz a suspensão de materiais do fundo do canal.

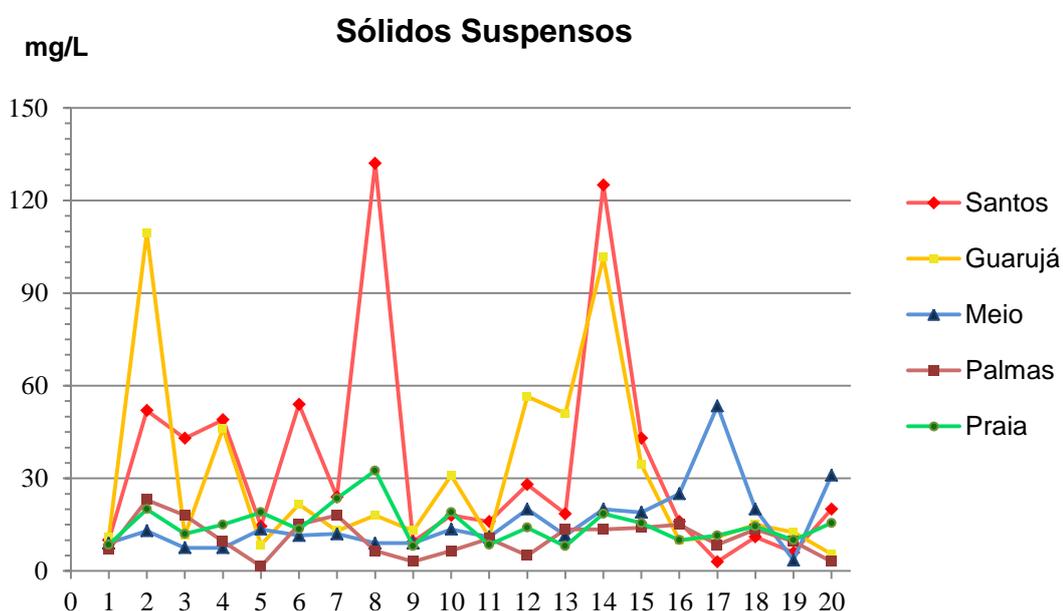


Figura 21 – Resultados diários de SS (mg/L) para os pontos amostrados.

Como citado anteriormente, os valores diários de SS também apresentaram alta dispersão, sendo então apresentado o gráfico de médias históricas para facilitar a discussão (Figura 22).

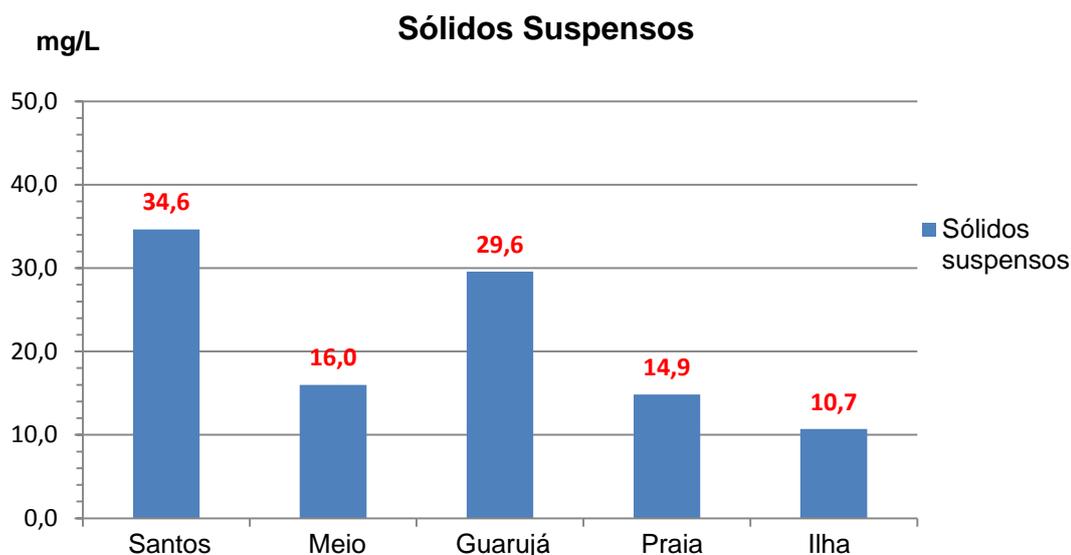


Figura 22 – Médias históricas (n = 20) das amostragens de SS (mg/L).

Os dados da Figura 22 sugerem a ocorrência de impactos ambientais como consequência da operação das balsas, pois os valores dos pontos Santos e Guarujá foram muito superiores aos dos demais pontos de amostragem. Mais uma vez utilizando a Ilha das Palmas como controle, nota-se que a média do ponto Santos foi 223 % superior a este enquanto que a média do ponto Guarujá mostrou-se 177 % acima do controle. Pode ser observado que o ponto Meio não apresentou diferença estatisticamente significativa em relação ao controle. Deve ser notado que a média do ponto Praia é mais próxima do controle que a média do ponto Meio, mas as comparações estatísticas dependem bastante da variabilidade das médias, o que resultou nos fatos observados. Os valores do teste t de Student que indicam as conclusões apresentadas podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores dos testes estatísticos para SS (n = 20).

Ponto	Valor de p	Comparação ao controle
Santos	0,007	diferente
Guarujá	0,007	diferente
Meio	0,085	igual
Praia	0,035	diferente

5.3 Oxigênio Dissolvido

Com relação a esta análise, poderia ocorrer a redução do OD nos locais próximos à movimentação das balsas pelo lançamento involuntário de materiais orgânicos (óleo combustível, resíduos de combustão e outros) que poderiam levar ao consumo do oxigênio através da ação de bactérias aeróbias (LIA, 2008). Ao se analisar apenas a Figura 23 e devido à grande variabilidade diária, ficou difícil discutir possíveis diferenças envolvendo a atuação das balsas (Santos, Guarujá e Meio), o ponto Praia e o ponto controle (Palmas).

Pode ser observado na Figura 23 que vários resultados obtidos nestes ensaios, incluindo alguns do ponto controle, estão abaixo dos considerados normais para o ambiente marinho (5,0 a 6,0 mg/L de O₂). O ponto Palmas, por estar situado em mar aberto e com menor impacto antropogênico, apresentou valores superiores aos demais por ser pouco exposto à poluição que consome o oxigênio dissolvido e pelo efeito mecânico devido à existência de ondas e marés que atingem as pedras existentes, o que pode aumentar a dissolução do oxigênio atmosférico na água (LIA, 2008).

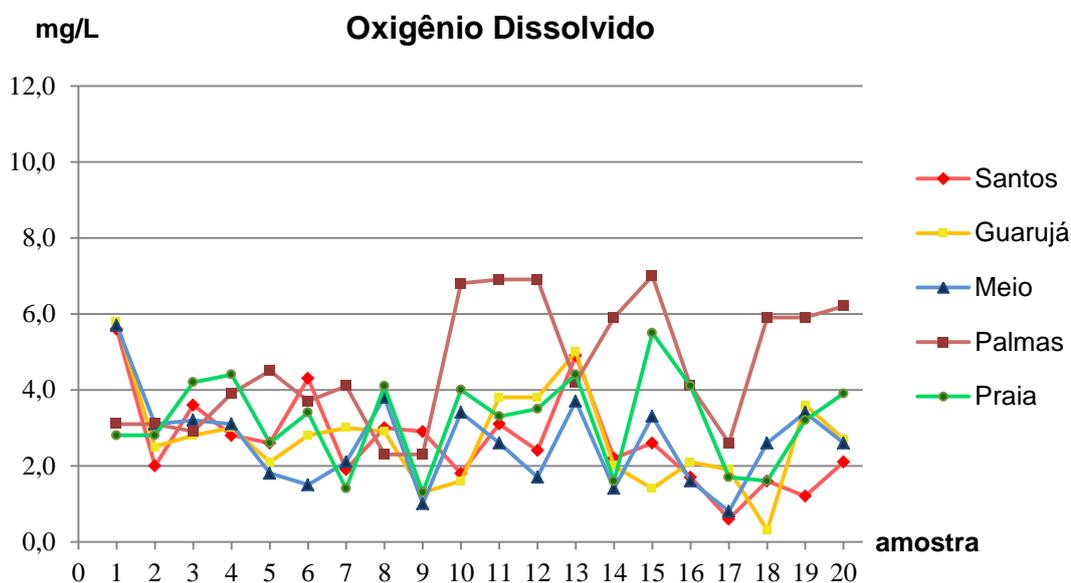


Figura 23 – Resultados diários de OD (mg/L) para os pontos amostrados.

Para facilitar a discussão deste item, foi elaborada a Figura 24 que apresenta as médias históricas desse parâmetro de alta importância ambiental.

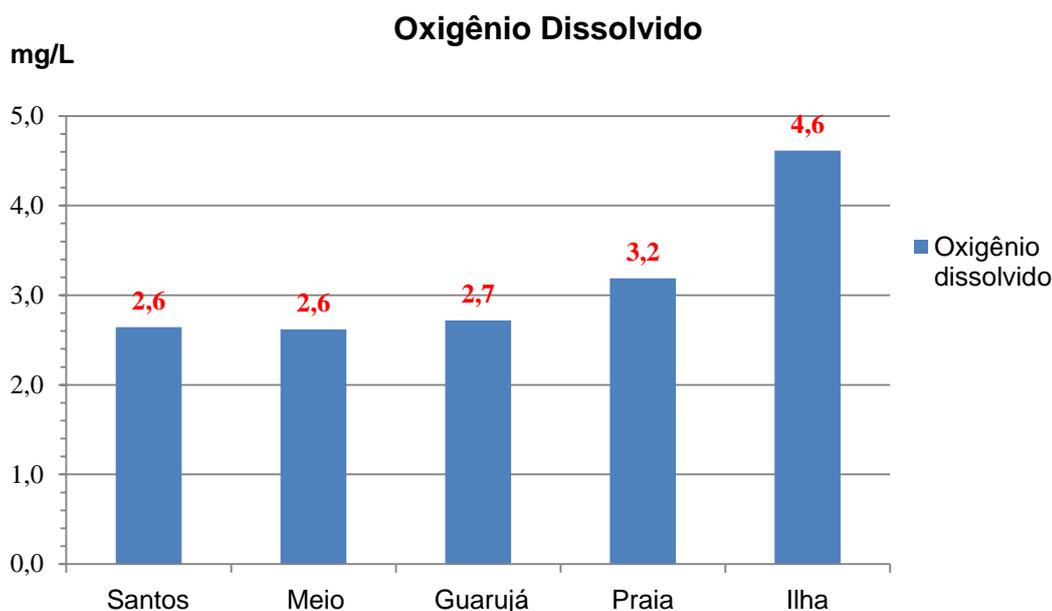


Figura 24 – Médias históricas (n = 20) das amostragens de OD (mg/L).

É possível verificar nesta figura que o ponto Palmas apresentou resultados entre 30,4 e 43,5 % superiores aos demais pontos. Não é possível atribuir os menores valores de OD observados nos demais pontos apenas à poluição causada pela operação das balsas, mas pode estar contribuindo para tal. Deve ser destacado que os demais pontos sofrem impactos de poluição devido a outros fatores não relacionados ao sistema de balsas como a presença de áreas urbanas e portuárias, estaleiros, canais com despejos clandestinos etc.

Utilizando o ponto Ilha como controle, foi possível verificar que todos os demais pontos apresentaram resultados estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), conforme verificado através do teste t de Student e visualizado na Tabela 4.

Tabela 4: Valores dos testes estatísticos (n = 20) para OD (mg/L).

Ponto	Valor de p	Comparação ao controle
Santos	0,001	diferente
Guarujá	0,001	diferente
Meio	0,000	diferente
Praia	0,002	diferente

5.4 Alcalinidade

A alcalinidade em águas marinhas ocorre principalmente em função da presença dos íons carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-) presentes neste meio. Estes minerais, normalmente encontrados na forma de sais de cálcio e magnésio, apresentam concentrações na faixa de milimols/L, variando pouco entre diferentes regiões.

No caso da operação do sistema de balsas, o possível impacto em alcalinidade poderia ser causado pela produção de óxidos de enxofre (SO_x) ou de óxidos de nitrogênio (NO_x) gerados através da combustão do óleo diesel que contém quantidades apreciáveis de enxofre, produzindo os respectivos ácidos sulfúrico e nítrico quando em contato com a água. Deve ser notado, entretanto, que para se obter efeito quantificável na alcalinidade, haveria a necessidade do lançamento de quantidades enormes destes óxidos, dada a dimensão marinha. Desta forma, esta análise foi realizada para servir como parâmetro de homogeneidade amostral.

Após a análise da Figura 25, não foi possível se observar diferenças importantes entre os pontos próximos à operação das balsas (Santos, Guarujá e Meio), o ponto não diretamente afetado pela balsa (Praia) e o ponto controle (Palmas), obtendo-se todos os resultados em uma faixa estreita de alcalinidade.

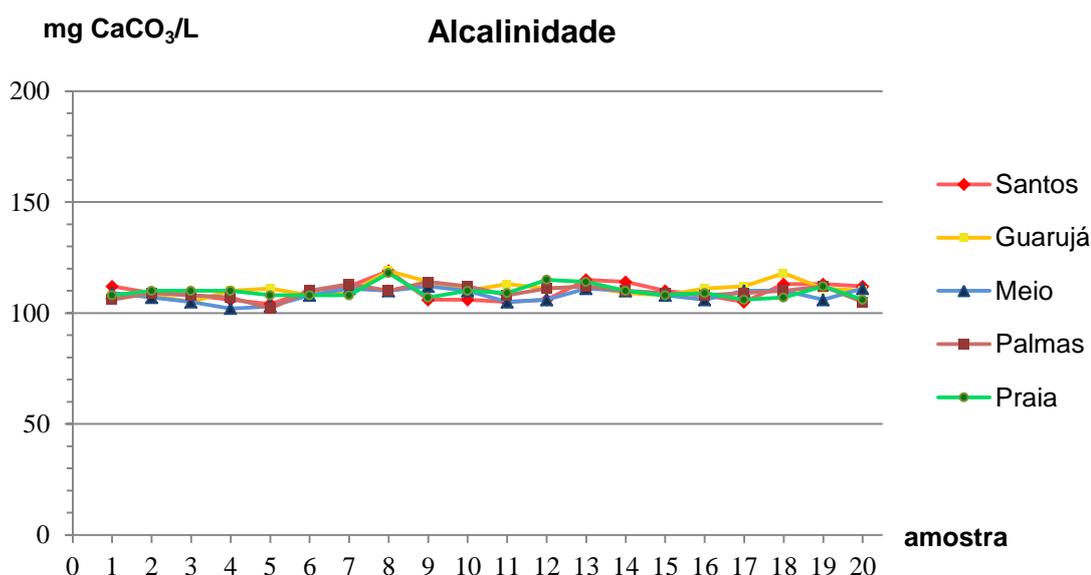


Figura 25 – Resultados diários de alcalinidade (mg CaCO₃/L) para os pontos amostrados.

Para facilitar as conclusões à respeito dessa análise, foi preparada a Figura

26 que exibe a média histórica desse parâmetro.

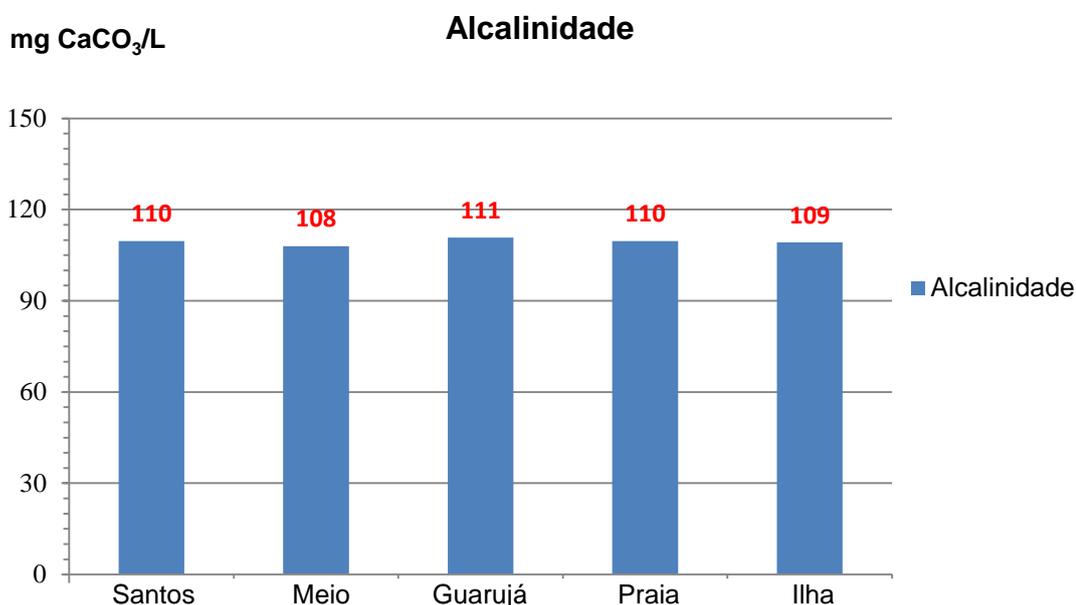


Figura 26 – Médias históricas (n = 20) das amostragens de alcalinidade (mg CaCO₃/L).

Verifica-se facilmente nas duas figuras que os valores de alcalinidade não apresentaram variações visíveis em nenhum dos pontos avaliados, sugerindo que este parâmetro não é afetado pela operação das balsas. Esta conclusão foi reforçada pela análise estatística através do teste t de Student, cujos resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Valores dos testes estatísticos (n = 20) para alcalinidade (mg CaCO₃/L).

Ponto	Valor de p	Comparação ao controle
Santos	0,684	igual
Guarujá	0,084	igual
Meio	0,058	igual
Praia	0,620	igual

5.5 pH

De forma similar à alcalinidade, o pH de amostras marinhas também apresenta a tendência a ser estável, sendo que suas medidas geralmente situam-se na faixa entre 8,0 e 8,3 pelo efeito tampão dos íons carbonato e bicarbonato citados no item

anterior. Esta faixa de pH equivale à concentrações entre $1,00 \times 10^{-8}$ e $5,01 \times 10^{-9}$ molar de H^+ . Deve ser observado que a manutenção do pH próximo à faixa citada é de vital importância para a biota marinha pois alterações deste parâmetro podem modificar, de maneira significativa, o potencial redox do ambiente, influenciando de maneira decisiva todas as reações bioquímicas de oxi-redução envolvidas na manutenção da vida aquática. Deste modo, a natureza providenciou o sistema tampão citado, a fim de evitar alterações altamente indesejadas.

A Figura 27 demonstra que ocorreram pequenas variações de pH durante o período avaliado e que os valores obtidos na Ilha das Palmas foram ligeiramente superiores aos demais.

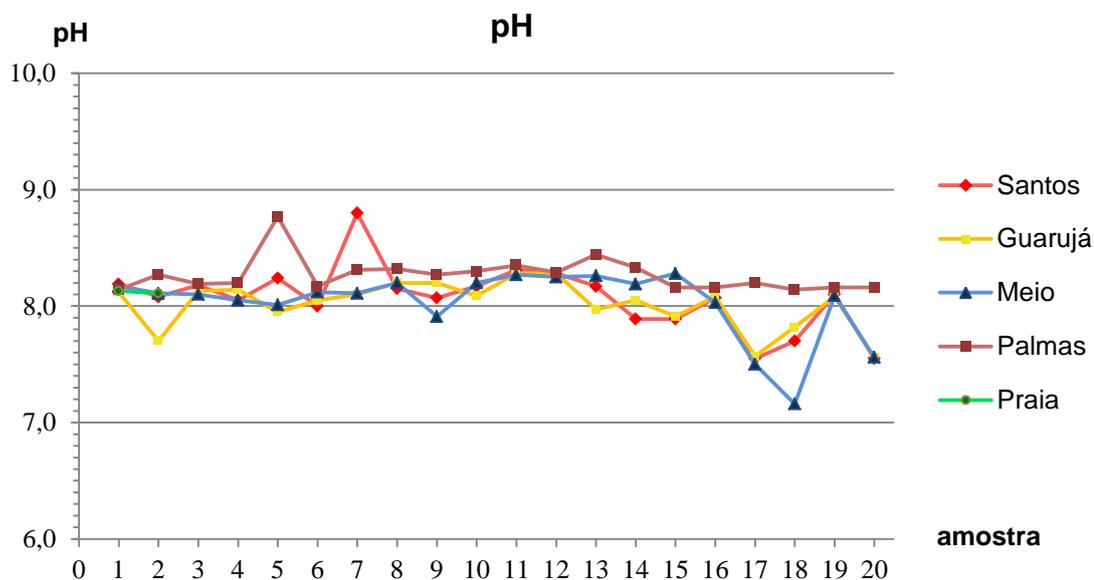


Figura 27 – Resultados diários de pH para os pontos amostrados.

Visando facilitar a comparação entre os valores envolvidos, foi preparada a Figura 28 que demonstra as médias históricas de pH obtidas ao longo desse trabalho.

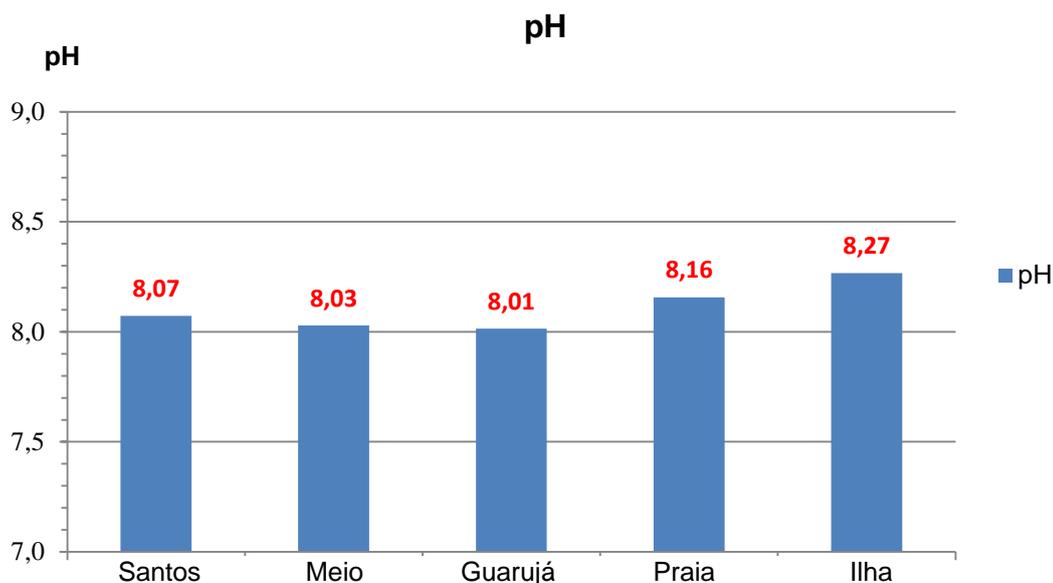


Figura 28 – Médias históricas das amostragens de resultados de pH (n = 20).

A Figura 28 revela valores próximos de pH mas a média do ponto Palmas encontra-se visivelmente acima dos demais. Deve ser destacado que a atividade antropogênica pode causar reduções de pH nos meios aquáticos pelo despejo de diferentes substâncias com característica ácida. Para a comparação estatística das médias históricas, foi aplicado o teste t de Student, visualizado na Tabela 6.

Tabela 6: Valores dos testes estatísticos para resultados de pH.

Ponto	Valor de p	Comparação ao ponto Ilha
Santos	0,003	diferente
Guarujá	0,000	diferente
Meio	0,002	diferente
Praia	0,015	diferente

Apesar dos valores serem bastante próximos, o teste t sugeriu que todos os pontos avaliados apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação ao controle (Palmas). Este resultado pode ser obtido quando o desvio padrão são valores pequenos (baixa dispersibilidade), o que pode ser verificado na Figura 28. Deve ser destacado que o serviço de balsa deve colaborar com as alterações deste parâmetro, mas não há maneira de isolar a magnitude deste efeito visto a existência de outras fontes poluidoras próximas aos pontos avaliados.

5.6 Salinidade

O parâmetro salinidade indica o conteúdo total de sais inorgânicos dissolvidos na água. De uma forma geral, a água do mar apresenta como principal componente inorgânico o cloreto de sódio ou NaCl (aproximadamente 36 g/L ou 36 ‰), sendo também encontrados os ânions carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) e fosfato (PO_4^{3-}) além dos cátions magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}) e potássio (K^+), dentre outros de menor concentração. Com exceção de certos ambientes como o encontrado no Mar Morto onde a salinidade é cerca de 300 g/L (GROSTEIN, 2008), a salinidade dos mares e oceanos oscila em torno de 36 g/L. Em certos locais como a desembocadura dos rios de grande volume, a salinidade pode ser reduzida, passando a ser denominada água salobra que, conforme a Resolução N° 357 da CONAMA, possui salinidade entre 0,5 e 30,0 g/L (CONAMA 357, 2005). Outra possibilidade é a ocorrência de chuvas torrenciais que pode reduzir momentaneamente a salinidade do local atingido.

A Figura 29 demonstra os valores de salinidade expressos em g/L obtidos nos cinco pontos monitorados ao longo do período de amostragem, verificando-se pouca variabilidade dos valores.

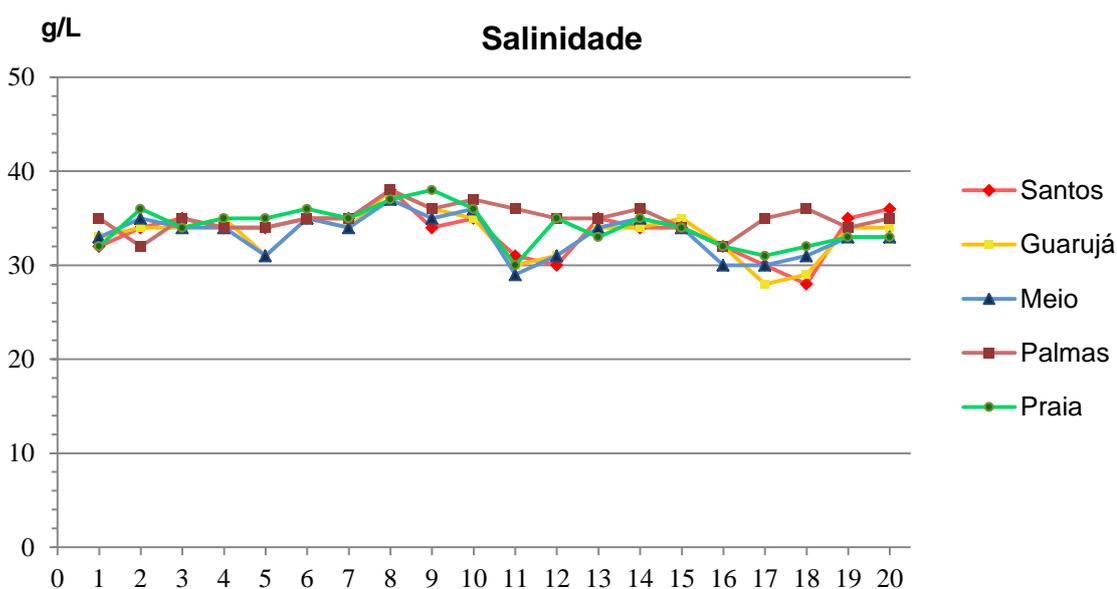


Figura 29 – Resultados diários de salinidade (g/L) para os pontos amostrados.

No presente estudo, os valores encontrados situaram-se entre 28 e 38 g/L,

sendo que valores mais baixos podem ser correlacionados a influência do Rio Santo Amaro que desemboca no canal do estuário de Santos próximo ao atracadouro das balsas no lado Guarujá.

Este fato acaba afetando, em maior intensidade, os pontos Santos, Guarujá e Meio pela localização mais próxima.

A Figura 30 exibe as médias históricas dos cinco pontos amostrados, não sendo possível se concluir qualquer efeito que pudesse ser associado à operação das balsas.

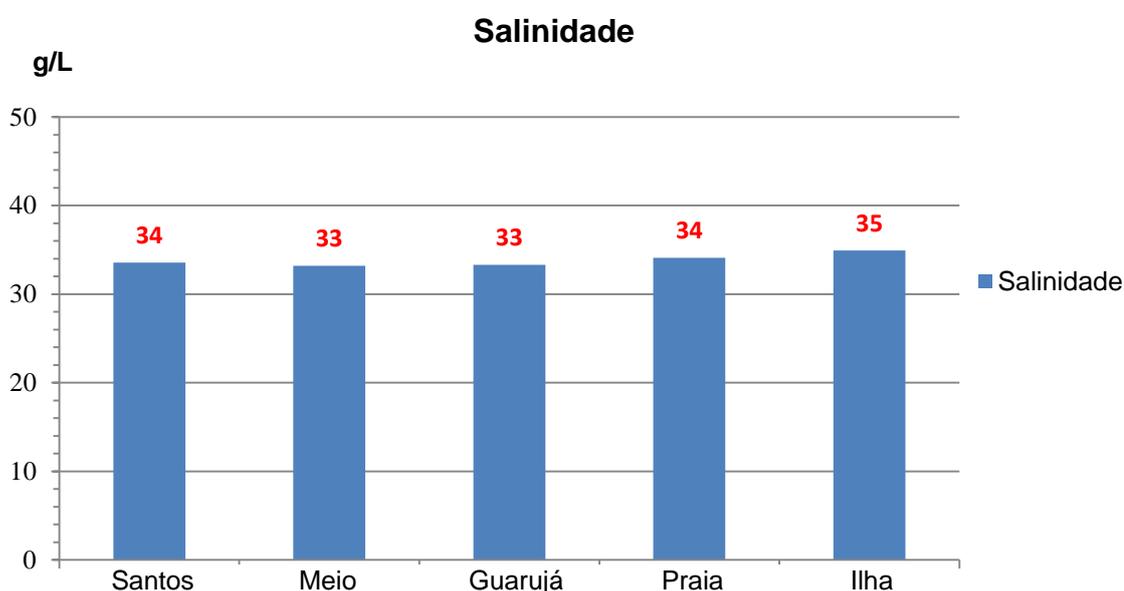


Figura 30 – Médias históricas (n = 20) dos resultados de salinidade (g/L).

Para a comparação estatística das médias históricas, foi aplicado o teste t de Student cujos resultados podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7: Valores dos testes estatísticos (n = 20) para resultados de salinidade (g/L).

Ponto	Valor de p	Comparação ao controle
Santos	0,026	diferente
Guarujá	0,010	diferente
Meio	0,002	diferente
Praia	0,111	igual

Verifica-se que o ponto Praia não apresenta diferenças estatisticamente significativas em relação ao controle (Palmas) enquanto que as outras médias apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Este fato sugere que apesar de pequena, a interferência do Rio Santo Amaro modifica a salinidade dos pontos Santos, Meio e Guarujá, sem afetar o meio ambiente pela pequena magnitude desta alteração, apesar de significativa. Desta forma, não há indícios que a operação da balsa afete as águas quanto ao requisito salinidade.

5.7 Turbidez

Para o item turbidez que pode ser correlacionado à presença de sólidos suspensos, pode ser observada tendência para valores mais altos nos pontos Santos e Guarujá que sofrem ação da operação do sistema de balsas. O ponto Meio apresentou valores intermediários pela baixa potência dos motores das balsas neste local, o ponto Praia também apresentou valores intermediários provavelmente pela ação dos canais e o ponto Palmas apresentou os valores mais baixos por não sofrer interferências de natureza antropogênica (Figura 31).

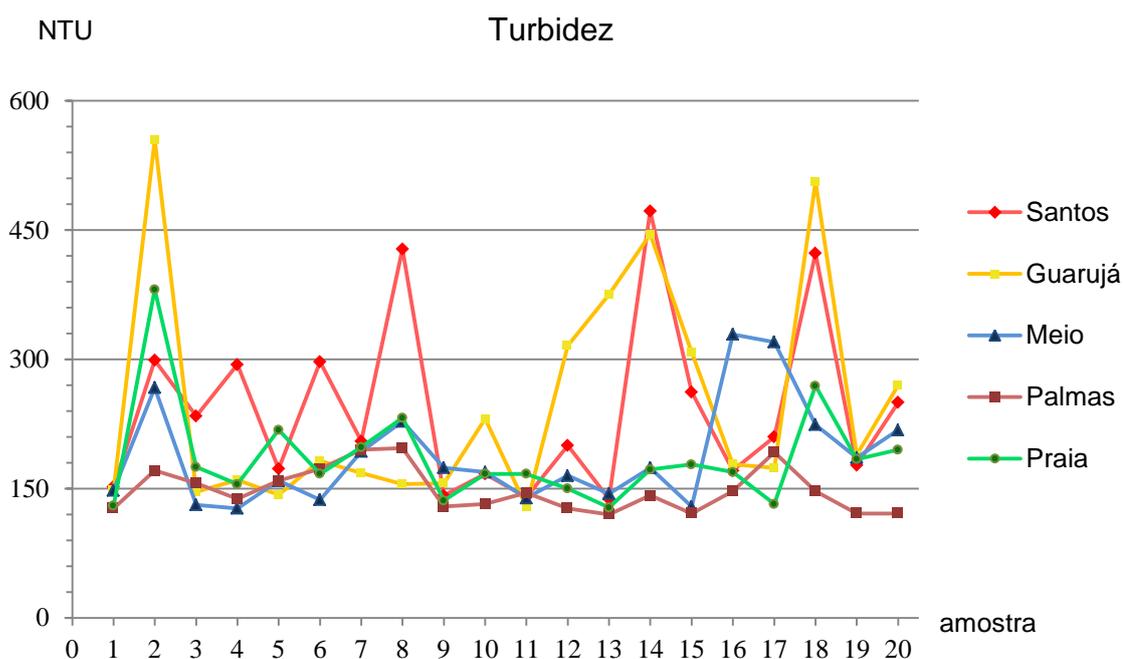


Figura 31 – Resultados diários de turbidez (NTU) para os pontos amostrados.

Estes resultados devem ser analisados com o devido cuidado, pois a forma, o local e as condições atmosféricas durante as amostragens podem influenciar os mesmos (característica heterogênea). Outro detalhe é que horários de maior movimentação de balsas podem estar associados a maior suspensão de materiais sólidos do fundo do canal, aumentando a turbidez da amostra. Para melhor interpretação dos resultados, os mesmos foram transformados em médias históricas, sendo apresentados na Figura 32.

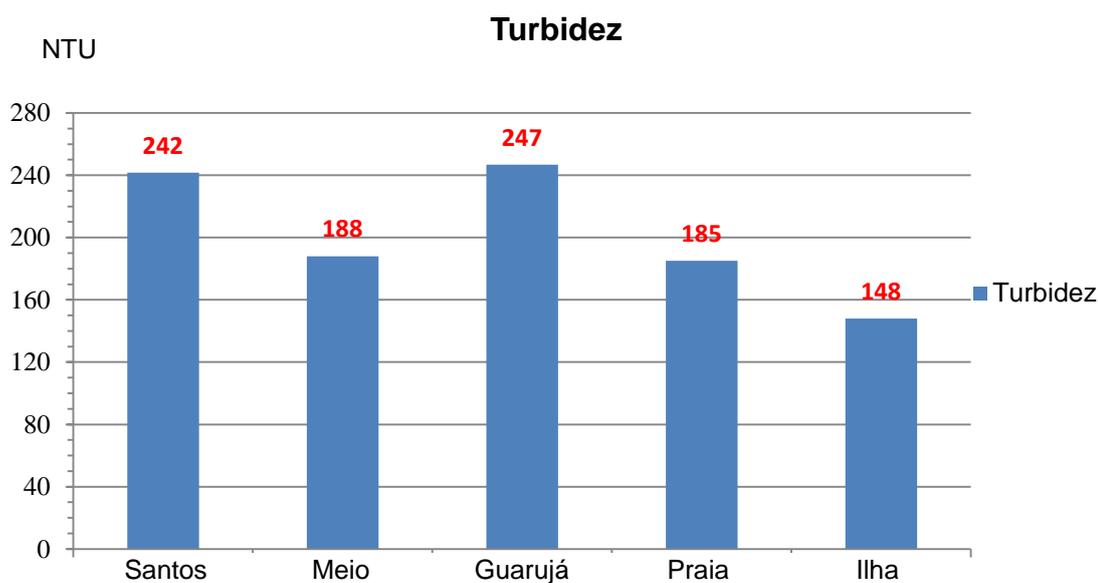


Figura 32: Médias históricas (n = 20) dos resultados de turbidez (NTU).

Na Figura 32 fica evidenciada a ocorrência de impactos ambientais de maior magnitude nos pontos Santos e Guarujá, pois estes apresentaram média histórica de 242 e 247 NTU respectivamente. Já os pontos Meio e Praia apresentaram valores intermediários (188 e 185 NTU) pela ação mais limitada das balsas no primeiro e dos canais no segundo, enquanto que o ponto Palmas apresentou o menor valor de turbidez pela baixa interferência nas suas redondezas. Para a comparação estatística das médias históricas, foi aplicado o teste t de Student, conforme visualizado na Tabela 8.

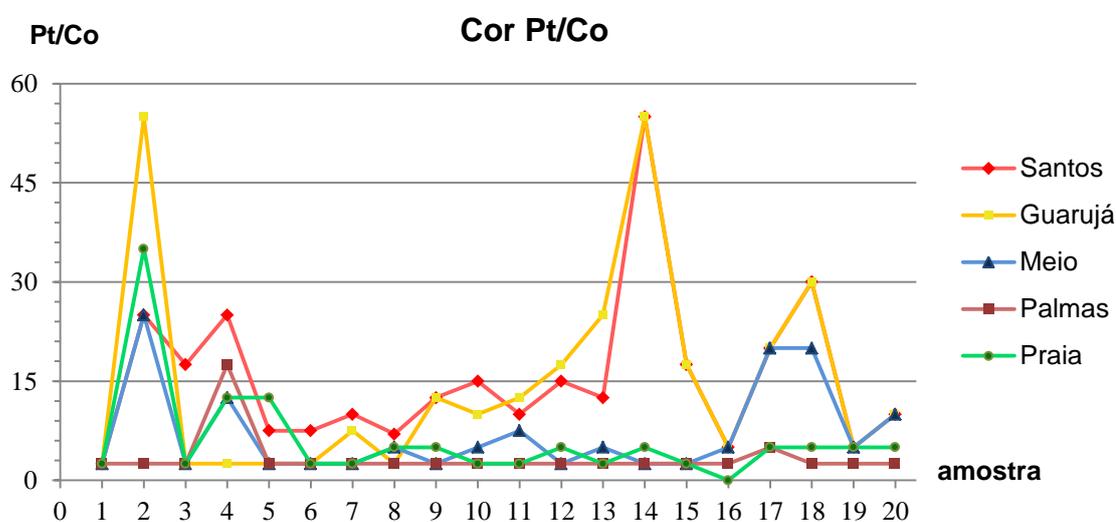
Tabela 8: Valores dos testes estatísticos para turbidez (NTU).

Ponto	Valor de p	Comparação ao controle
Santos	< 0,001	diferente
Guarujá	0,004	diferente
Meio	0,004	diferente
Praia	0,007	diferente

Verifica-se através deste teste que todos os pontos avaliados apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação ao controle (Palmas). Pela magnitude dos resultados da Figura 32, há elementos para se acreditar em uma grande influência das balsas na turbidez das águas, conforme apresentado acima. Como consequência, os locais afetados devem apresentar maior dificuldade à penetração da luz solar, ocasionando prejuízos aos microrganismos fotossintetizadores, o que certamente afeta em um segundo momento nos seus respectivos predadores.

5.8 Cor Pt/Co

Para o item cor Pt/Co que pode ser correlacionado à presença de materiais coloridos dissolvidos ou sólidos suspensos, observa-se a mesma tendência do item turbidez, sendo que os atracadouros Santos e Guarujá apresentaram os valores mais elevados (Figura 33).

**Figura 33 – Resultados diários de cor Pt/Co para os pontos amostrados.**

Altos valores para a cor Pt/Co, da mesma forma que a turbidez, também afeta a penetração da luz solar no meio aquático, impactando os microrganismos fotossintetizadores e seus predadores. Desta forma, esta ocorrência deve ser minimizada a fim de não haver prejuízos para a biota local.

Para a melhor análise dos resultados diários, os mesmos foram transformados em médias históricas, produzindo a Figura 34. Nesta, os pontos de maior influência das balsas (Santos e Guarujá) apresentaram os valores médios de 15,5 e 14,9 respectivamente, bastante elevados em relação ao padrão Palmas que apresentou o valor médio de 3,4. O ponto Meio, em conformidade com a turbidez, apresentou valor médio intermediário (7,1) pela menor influência da operação das balsas enquanto que o ponto Praia apresentou média igual a 6,3, provavelmente pela descarga de materiais coloridos através dos canais 5 e 6 localizados próximos a este ponto de amostragem.

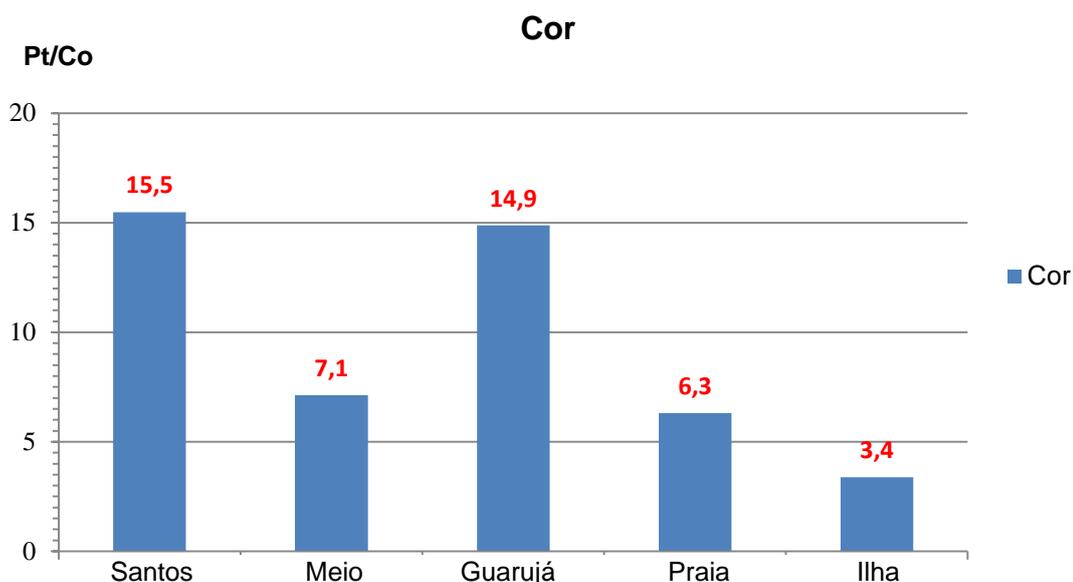


Figura 34 – Médias históricas (n = 20) dos resultados de cor Pt/Co.

Na Figura 34 verificam-se fortes indícios da ocorrência de impactos ambientais como consequência da operação das balsas nos pontos Santos e Guarujá, pois estes apresentaram médias históricas bastante elevadas. Para a comparação estatística destas médias, foi aplicado o teste t de Student, cujos resultados podem ser visualizados na Tabela 9.

Tabela 9: Valores dos testes estatísticos para cor Pt/Co.

Ponto	Valor de p	Comparação ao controle
Santos	< 0,001	diferente
Guarujá	0,006	diferente
Meio	0,024	diferente
Praia	0,118	igual

Através dos resultados do teste t pode se concluir que todos os pontos apresentaram resultados estatisticamente diferentes do controle exceto o ponto Praia que está mais distante do local de atuação das balsas. Este fato sugere que a operação deste serviço causa impactos ambientais, aumentando a cor Pt/Co nas proximidades do mesmo.

6. CONCLUSÕES

Após dois anos de estudos e oito meses de pesquisa de campo para realização dos ensaios, foram definidas duas situações sendo que no primeiro grupo de variáveis ficou evidenciado que o sistema de balsas não apresenta impactos o meio ambiente enquanto que para o segundo grupo de variáveis ficou evidenciado que o sistema de balsas impacta o meio ambiente. Os resultados da série diária de amostragens foram demonstrados em gráficos e transformados em médias históricas e, essas, submetidas à comparação pelo teste t de Student para avaliar, sob o ponto de vista estatístico, estes possíveis impactos ambientais. Essas conclusões estão sumarizadas a seguir.

- a) Para as variáveis oxigênio dissolvido, alcalinidade e salinidade, não há indícios de impactos ao meio ambiente pela operação do sistema de balsas;
- b) Para as variáveis óleos e graxas, sólidos suspensos, turbidez, coloração e pH, ficou evidenciado que a operação do sistema de balsas impacta o meio ambiente aumentando estes valores e potencialmente afetando de forma negativa a biota e a sustentabilidade.

Desta forma, os efluentes e lançamentos originados nas operações de travessia por balsas podem ser considerados agentes ativos e agravantes no processo de degradação das condições ambientais, em conjunto com os demais fatores já reconhecidos e pesquisados no sistema estuarino entre as Ilhas de São Vicente e Santo Amaro. Em face desta realidade, é preciso uma alternativa para o sistema de balsas. Ainda que esse transporte prossiga em operação como equipamento para turismo ou opção para transporte no contorno navegável das ilhas, não poderá ser, pelos dados apresentados, o principal elo entre as margens.

Esta dissertação aponta ainda à necessidade em se empreender outra solução à travessia de veículos e pedestres, que não seja o serviço por uma frota de balsas. Os estudos apresentados na Revisão da Literatura demonstraram que a construção de um túnel subaquático poderia atender todos os padrões legais e qualitativos necessários, proporcionar maior fluidez de mobilidade urbana e contribuir à restituição da qualidade das condições ambientais desejadas.

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, W. T. F. **O Discurso do progresso: a evolução urbana de Santos 1870-1930**. 1989. Tese (Doutorado em História). Departamento de História. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, Universidade de São Paulo.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **O porto verde: modelo ambiental portuário**. Brasília: ANTAQ, 2011.

ARAÚJO, F. J. R. **Santos, O Porto do Café**. 1965. Tese (Livre Docência). Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, Universidade de São Paulo.

ARNAUT, Luiz; MOTTA, Rodrigo P. Sá. **A segunda grande guerra: do nazi-fascismo à guerra fria**. São Paulo: Atual, 1994.

BARNETT, C. **Os Generais de Hitler**. Rio de Janeiro: Zahar 1990. 572p.

BARETTA, J.; MATEUS, M.; NEVES, R. (Ed.) **Perspectives on integrated coastal zone management in South America**. Lisboa: IST press, 2008. 604p.

BARROS, O.; GIAMBIAGI, F. (Org.) **Brasil globalizado: o Brasil em um mundo surpreendente**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 387p.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.

BLAUWENS, Gust; DE BAERE, Peter; VAN DE VOORDE, Eddy. **Transport Economics**. 2.ed. Antwerpen: Uitgeverij, 2006.

BRASIL. **Resolução Conama n.357**. "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". Publicação DOU n.053, de 18/03/2005, p. 58-63.

CAMPOS JUNIOR, Eugênio. Municípios e policiamento ambiental. **Segurança Ambiental**. São Paulo, ano I, n.1, p.79-90, 2004.

CAVAGLIANO, A. **Projeto de Travessia Prestes Maia 2011**. Trabalho de Consultoria, Governo do Estado de São Paulo.

CELESTINO, T. C. **Travessias Urbanas de Curta Extensão – Impactos de Diferentes Tipos de Obras 2011**, Trabalho de Consultoria, Comitê Brasileiro de Túneis.

CODESP. Cia. Docas do Estado de São Paulo. **Anuário Estatístico**. São Paulo 2012.

COLLIN, M. **A evolução do estatuto dos portos na Europa**. In: SILVA, Gerardo; COCCO, Giuseppe. **Cidades e Portos – os espaços da globalização**. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

CURI, Denise (org.). **Gestão ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

DERSA S.A. Desenvolvimento Rodoviário. **Anuário Estatístico – Travessias Litorâneas**. São Paulo, 2012.

FISHLOW, A. **O novo Brasil: as conquistas políticas, econômicas, sociais e nas relações internacionais**. São Paulo: Saint Paul, 2011. 282p.

GATTORNA, John. **Living supply chains: alinhamento dinâmico de cadeias de valor**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

GITAHY, M. L. C. **Ventos do mar: trabalhadores do porto, movimento operário e cultura urbana em Santos, 1889-1914**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1992. 188p.

GROSTEIN, M. D. (Org.) **Ciência ambiental: questões e abordagens**. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2008. 456p.

GONÇALVES, A.; NUNES, L. A. P. **O grande porto: a modernização no porto de Santos**. Santos: Realejo, 2008. 326p.

KOCHEN, 2011. **Projeto de Travessia Prestes Maia**. 2011. Trabalho de Consultoria, Governo do Estado de São Paulo.

LIA, L. R. B. **Diagnóstico Ambiental Integrado da Área de Influência do Descarte do Material Dragado do Estuário de Santos**. 2008. Tese (Doutorado em Processos Químicos). Departamento de Processos Químicos, Universidade Estadual Campinas.

LICHTI, Fernando Martins. **História de Santos de Fernando Martins dos Santos. Poliantéia Santista**. São Vicente: Caudex, 1986.

MELE, J. L. (Ed.) **Segurança ambiental**. São Paulo: SSRG, 2004. 148p.

NASCIMENTO, I. A.; NIPPER, M.; SOUSA, E. C. P. M. **Métodos em ecotoxicologia marinha, aplicações no Brasil**. Salvador: Artes Gráficas, 2002. 262p.

NASCIMENTO, Iracema A.; SOUSA, Eduinetty Ceci P. M.; NIPPER, Marion. **Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil**. São Paulo: Artes Gráficas e Indústria, 2002.

NOTTEBOOM, T. (Ed.) **Ports are more than piers**. Antuérpia: Uitgeverij De Lloyd n.v.; 2006. 428p.

OLIVEIRA, Gilson Batista de. Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento. In: OLIVEIRA, Gilson Batista de; SOUZA-LIMA, José Edmilson (orgs.). **O desenvolvimento sustentável em foco: uma contribuição multidisciplinar**. Curitiba: Annablume, 2006.

OLIVEIRA, Gilson Batista de; SOUZA-LIMA, José Edmilson. Elementos endógenos do desenvolvimento regional: considerações sobre o papel da sociedade local no processo de desenvolvimento sustentável. In: OLIVEIRA, Gilson Batista de; SOUZA-LIMA, José Edmilson (orgs.). **O desenvolvimento sustentável em foco: uma contribuição multidisciplinar**. Curitiba: Annablume, 2006.

ORNELAS, R. S. **Relação porto/cidade: o caso de Santos**. 2008. Dissertação (Mestrado em História). Departamento de História. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, Universidade de São Paulo.

RITTER, Luke; BARRETT, J. Michael, WILSON, Rosalyn. **Securing global transportation networks: a total security management approach**. New York: Mc Graw Hill, 2007.

RODRIGUES, João Augusto. **Estradas d'água: as hidrovias do Brasil**. Rio de Janeiro: Action, 2009.

ROSSI JUNIOR, Gilberto Gonçalves. **A decadência anunciada do Guarujá / SP: o agendamento da mídia impressa**. 2005. Dissertação (Mestrado em Comunicação). Programa de Pós-graduação em Comunicação. Marília, SP, Universidade de Marília.

SANTOS, H. F. H. R. **Viabilidade Logística da Ligação Santos-Guarujá**. 2008. Trabalho de Consultoria. Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo. 256p.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. 20.ed. Disponível em: <http://www.standardmethods.org/>. Acesso em: 21/03/2012.

VAN DAALEN, Leontien. **Maastunnel: First car tunnel in the Netherlands**. 20/ 04/ 2013. Disponível em: <http://www.spottedbylocals.com/rotterdam/maastunnel/>. Acesso em: 21/04/2013.

ZÜNDDT, C. **Baixada Santista: uso, expansão e ocupação do solo, estruturação de rede urbana regional e metropolização**. In: Cunha JMP (organizador). **Novas metrópoles paulistas: população, vulnerabilidade e segregação**. Campinas: Núcleo de Estudos de População, Universidade Estadual de Campinas; 2006. p. 305-36.