

3.1.2 MEIO FÍSICO MARINHO

3.1.2.1 CARACTERIZAÇÃO DA OCEANOGRAFIA, GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA MARINHAS

3.1.2.1.1 Caracterização Geológica e Geomorfológica Marinha

■ Características da linha de costa

A geomorfologia da linha de costa do Estado de São Paulo e da plataforma continental adjacente é resultante de eventos que ocorreram em dois momentos distintos do tempo geológico (TESSLER *et al.*, 2006). No final do Cretáceo, as reativações tectônicas promoveram o soerguimento da Serra do Mar e subsidência da Bacia de Santos (ALMEIDA, 1976). No Quaternário, variações do nível do mar promoveram a formação das bacias sedimentares quaternárias; Suguio & Martin (1978) reportaram a ocorrência de dois eventos transgressivos-regressivos com idades relativas ao máximo transgressivo de 120.000 e 5.100 AP (antes do presente).

A sucessão desses eventos resultou na formação de dois setores geomorfologicamente distintos do litoral paulista, onde a Ilha de São Sebastião representa o principal marcador geomorfológico tanto da linha de costa como da plataforma continental interna. Deffontaines (1935) reconheceu duas regiões bem definidas: a costa oeste, com características de costa retilínea, e a costa leste, com característica de costa recortada e com maior ocorrência de ilhas. Fúlfaro & Coimbra (1972) propuseram a compartimentalização do litoral em setor norte, situado entre a divisa com o Estado do Rio de Janeiro e a Ponta da Boracéia (Bertioga), e setor sul, da Ponta da Boracéia até a divisa com o Paraná.

No setor sul, a linha de costa apresenta direção predominantemente NE-SW, com rara presença de ilhas, compreendendo planícies costeiras mais amplas, exibindo um grande sistema estuarino-lagunar associado à maior bacia hidrográfica do litoral (Rio Ribeira de Iguape) e praias mais contínuas, separadas por pequenos pontões do embasamento cristalino (SOUZA, 2012).

O setor norte é caracterizado por uma linha de costa recortada (devido à proximidade da Serra do Mar), orientada na direção E-W, com amplitudes topográficas maiores e planícies costeiras estreitas, com a presença de diversas baías, enseadas, sacos, pontas rochosas que avançam em direção ao mar (SOUZA, 2012). A porção central do litoral, onde se localiza a APAMLC, marca a transição entre os dois cenários e contempla um pouco das características de cada um. Da a é apresentada a localização de baías, enseadas e pontas ao longo da APAMLC.

Ao sul do Município de São Vicente se localiza o setor Carijó da APAMLC, cuja linha de costa de apresenta mais retilínea e com praias extensas, mantendo o padrão do litoral sul de São Paulo. O setor Guaíbe representa a porção norte da APAMLC, localizada nos Municípios de Bertioga e Guarujá e parte da praia de Boracéia, em São Sebastião. Neste setor a linha de costa é bem mais recortada, com baías e enseadas, e marcante presença de costões rochosos, semelhante ao padrão encontrado no litoral norte de São Paulo.

Figura 3.1.2.1.1-1 – Configuração da linha de costa – presença de Baías, Pontas e Enseadas, na porção norte da de peixes da importância 1

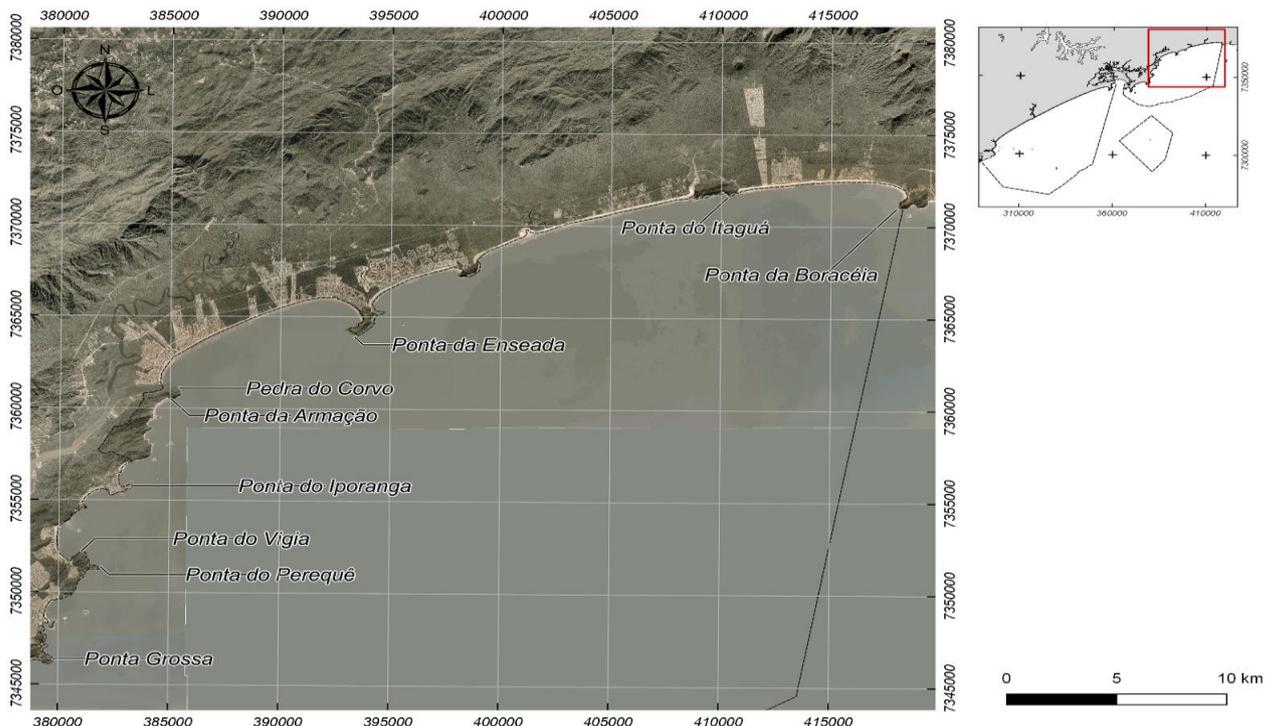


Figura 3.1.2.1.1-2 – Configuração da linha de costa – presença de Baías, Pontas e Enseadas, na porção central da APAMLC. Fonte de acordo com Item 2. Metodologia.

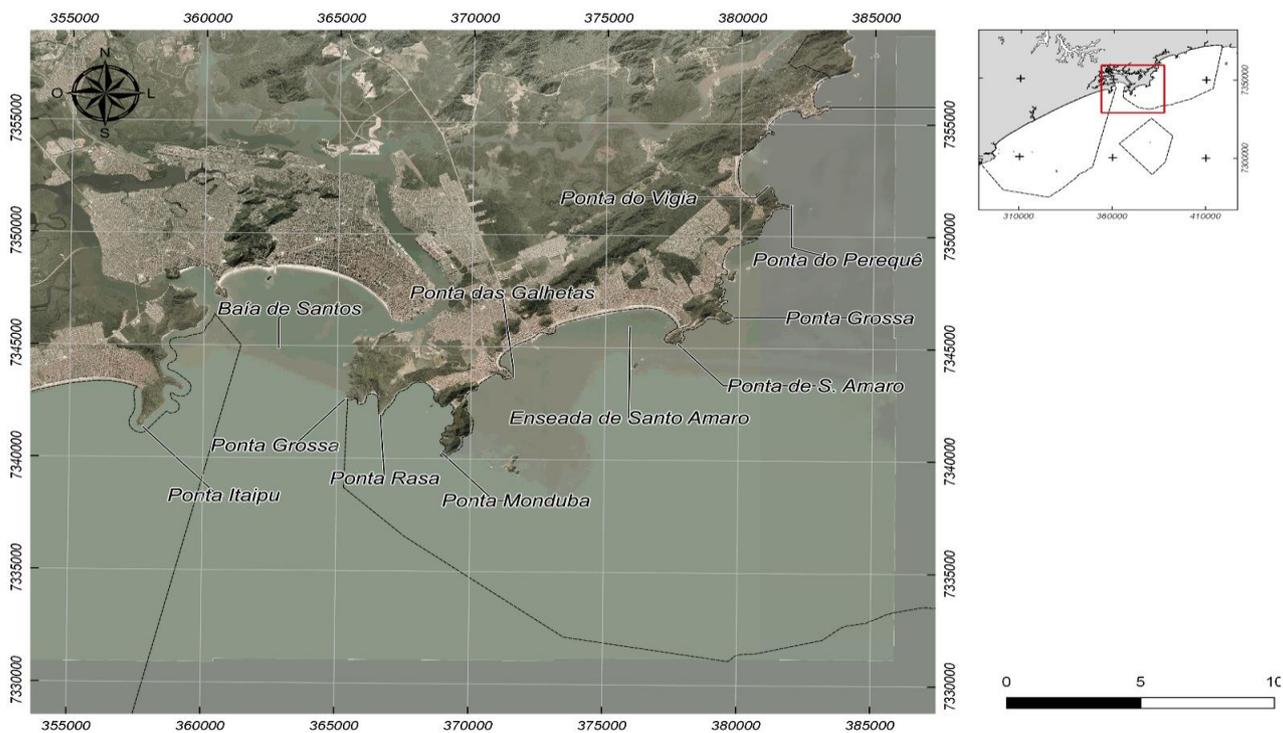
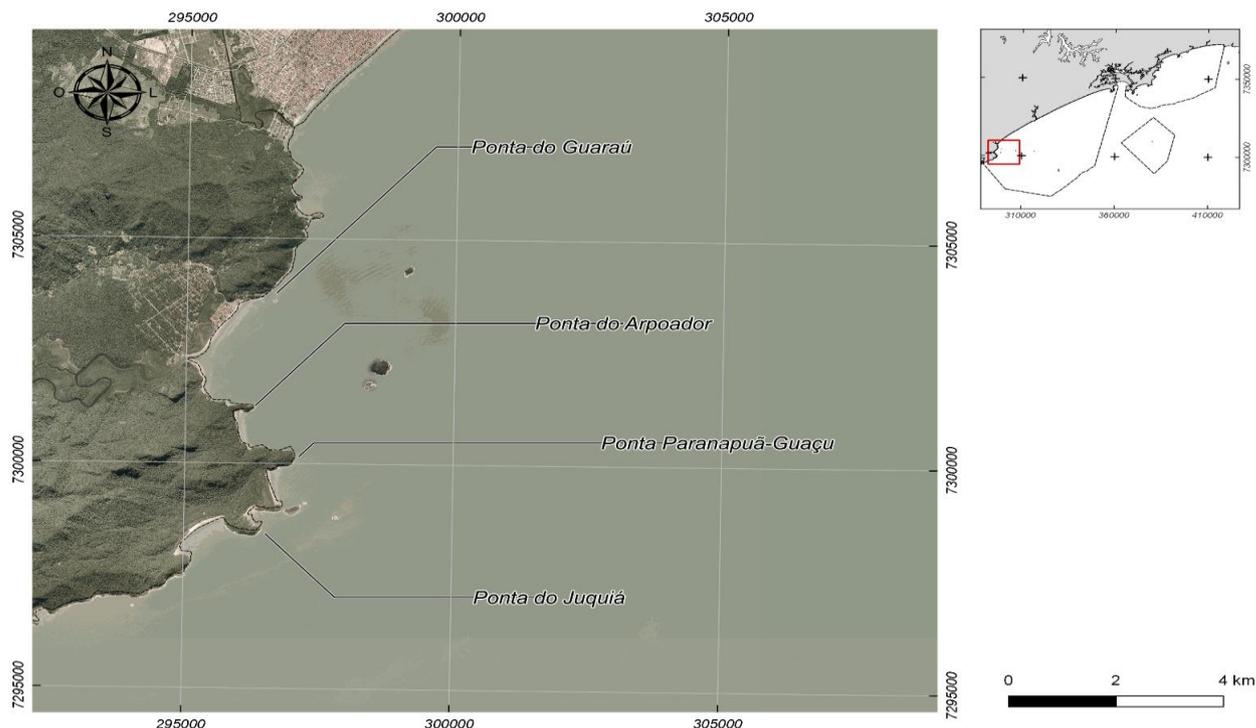


Figura 3.1.2.1.1-3 – Configuração da linha de costa – presença de Baías, Pontas e Enseadas, na porção sul da APAMLC. Fonte do acordo com Item 3. Metodologia



■ Fisiografia da linha de costa

Com seus 407 km lineares (864 km não lineares) de linha de costa (Lamparelli *et al.*, 1998), o litoral paulista apresenta um cenário de considerável complexidade, com grande variedade de feições naturais, de formas de ocupação e atividades econômicas associadas. Os ambientes naturais predominantes ao longo desta faixa litorânea são as praias, os costões rochosos e os manguezais, além de várias outras feições associadas, tais como lagunas, marismas, bancos de lama, planícies de maré e restingas (BRITO *et al.*, 2014).

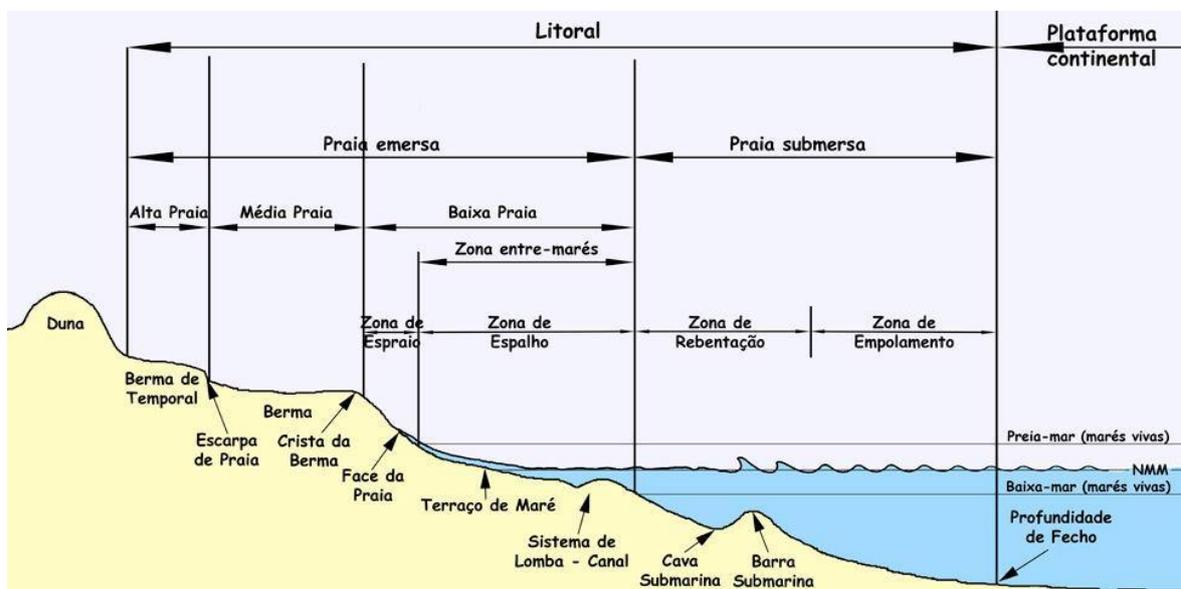
Na porção norte da APAMLC é marcante a presença de costões rochosos. Suguio (2001) definiu “costa rochosa” como sendo o afloramento de rochas cristalinas, encontrado em locais aonde falésias rochosas chegam ao mar, podendo apresentar à sua frente terraços de abrasão por ondas e blocos caídos. Segundo Lamparelli *et al.* (1998), a zona costeira do estado de São Paulo comporta 288 costões rochosos ou trechos de costões rochosos, distribuídos ao longo de cerca de uma linha de costa com extensão total não linear de 437 km. Esta fisiografia representa 18% da costa paulista, incluindo: costões rochosos lisos e expostos (3,6%); costões rochosos lisos, declividade média e baixa, expostos (2,2%); costões rochosos de matacões (7,3%) e costões rochosos abrigados (5%) (BRITO *et al.*, 2014).

Dentre as demais feições costeiras na costa de São Paulo, as mais comuns, e também as mais afetadas pela movimentação das areias são as praias (TESSLER *et al.*, 2006). Em uma atualização do padrão descrito por Lamparelli *et al.* (1998), Tessler *et al.*, (2006) afirmam que são mais precisamente 426,7 km de costa predominantemente arenosa. A contagem de praias varia de acordo com autores, porém a costa paulista apresenta cerca de 292 praias (GHERARDI *et al.*, 2008), sendo que aproximadamente 67 estão localizadas dentro da APAMLC – 32 no setor

Guaíbe e 35 no setor Carijó. Esta fisiografia costeira estende-se perpendicularmente à linha de costa, desde o nível de baixamar médio, até a zona de vegetação terrestre permanente, com dunas e falésias, divididas em: antepraia, que representa a zona de surfe; estirâncio (zona de espraio), a região entremarés; e pós-praia, que recebe apenas os borrifos das ondas (VELOSO & NEVES, 2009) -

Figura 3.1.2.1.1-4. O aspecto geral de uma praia é resultante de uma série de fatores relacionados, principalmente, com características do sedimento como, textura, composição, grau de seleção e angulação do grão, entre outros, e com a dinâmica. A formação das praias é condicionada por diversos componentes dinâmicos distintos: alterações diárias, produzidas pela maré; alterações quinzenais, relacionadas a marés de sizígia; alterações anuais, dadas por variações sazonais do nível médio do mar; alterações de longo prazo do nível médio do mar, que atinge conotação global (FAIRBRIDGE, 1968).

Figura 3.1.2.1.1-4 – Limites praias. Fonte: Journal of Integrated Coastal Zone Management - <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/praias.html>



Com relação a costa de São Paulo como um todo, de maneira geral, as porcentagens de areias médias até muito grossas e grânulos se elevam numa distribuição crescente rumo ao setor norte. Isso é esperado, tanto pela maior proximidade da área-fonte (rochas do embasamento junto à linha de costa), como pela energia de ondas relativamente mais baixa (costas mais recortadas e mais abrigadas), que acarretam menor retrabalhamento dos sedimentos (SOUZA, 2012).

Baseando-se no estudo das praias, Ponçano *et al.* (1999) sugeriram a existência de cinco grandes compartimentos na costa paulista: Cananéia a Praia Grande, Santos a Bertioga, Bertioga a Toque-Toque, Toque-Toque a Tabatinga e Tabatinga a Picinguaba. Esta compartimentação considerou ainda os indicativos de tendências resultantes de deriva litorânea, o qual que representa a somatória de processos sedimentares ao longo de dezenas de anos nesta costa. De modo geral, as praias do Litoral Sul tendem a ser dissipativas a intermediárias e intermediárias a reflexivas no Litoral Norte (SOUZA, 2012).

Outra fisiografia marcante no litoral paulista são as zonas pantanosas com vegetação acima d'água, que inclui os ecossistemas manguezal e marisma. As características assinaladas para estes ecossistemas indicam: (1) ambientes de baixa energia, substrato plano, lamoso a arenoso, sendo mais comuns os substratos muito orgânicos lamosos; (2) declive geralmente muito baixo, menor que três graus (zona entremarés tende a ser extensa); e (3) sedimento saturado com água, com baixa permeabilidade, a não ser pela presença de orifícios feitos por animais, sedimentos moles de baixíssima trafegabilidade (BRITO *et al.*, 2014). Nos trópicos, manguezais e marismas se desenvolvem em ambientes protegidos, exposto a marés de grande amplitude e sob elevados índices de precipitação pluvial, com fartos aportes de água doce de rios ricos em nutrientes que, por sua própria natureza constituem berçários, criadouros e locais de alimentação para muitos peixes, crustáceos, moluscos, aves e mamíferos (BRITO *et al.*, 2014).

Muitas vezes associado as desembocaduras de rios encontram-se as planícies de maré, que são definidas como áreas adjacentes a corpos de água costeiros que possuem baixa declividade e extensão significativa, sendo alagadas (total ou parcialmente) na preamar e descobertas na baixa-mar. Estas feições costeiras são importantes desde o ponto de vista do funcionamento hidrodinâmico do sistema estuarino e para o ecossistema local, classificadas como áreas de alta sensibilidade ambiental (GALLO & VINZON, 2015).

Analisando estas cinco principais fisiografias: praias arenosas, costões rochosos, estruturas artificiais, manguezais (englobando delta, barra, margem de rios e banhados) e planícies de marés, a **Figura 3.1.2.1.1-5** mostra a composição da Baixada Santista. Da **Figura 3.1.2.1.1-7** a **Figura 3.1.2.1.1-10** são apresentadas as fisionomias costeiras para os municípios de Bertioga, Guarujá, Praia Grande, Itanhaém e Mongaguá e Peruíbe, respectivamente. As características observadas, que são:

- Considerando toda a costa da Baixada Santista, a maior parte é composta por Manguezais; delta, barra e margem de rios; banhados (60%), seguido por costões rochosos (20%), praias arenosas (14%) e Planícies de maré (6%).
- A maior concentração proporcional de costões rochosos; estruturas artificiais é observada No Guarujá (45%).
- Os municípios com maior porcentagem da feição fisiográfica costeira formada por praias arenosas são Itanhaém e Mongaguá (58%).
- A maior porcentagem de Manguezais; delta, barra e margem de rios; banhados, com relação à porcentagem total, é observada no município de Bertioga (60%).

O **ANEXO 3.1-2** deste documento mostra a linha de costa detalhada da APMLC, indicando a presença de tais fisiografias costeiras com os nomes das localidades. Neste item são mostradas somente as feições fisiográficas na linha de costa. Detalhes sobre os ecossistemas são apresentados no item **3.2. Meio Biótico** deste documento.

Tabela 3.1.2.1.1-1 – Porcentagem da costa da Baixada e seus municípios (), referente às principais fisionomias litorâneas. Fonte de dados: Brito *et al.* (2014).

	Baixada Santista	Bertioga	Guarujá	Praia Grande	Itanhaém e Mongaguá	Peruibe
Praias arenosas	14	25	11	34	58	28
Costões rochosos; estruturas artificiais	20	8	45	14	17	19
Manguezais; delta, barra e margem de rios; banhados	60	60	42	52	25	53
Planícies de maré	6	7	2	0	0	0

Figura 3.1.2.1.1-5 – Distribuição da fisiografia costeira na Baixada Santista. Fonte: Brito *et al.* (2014).

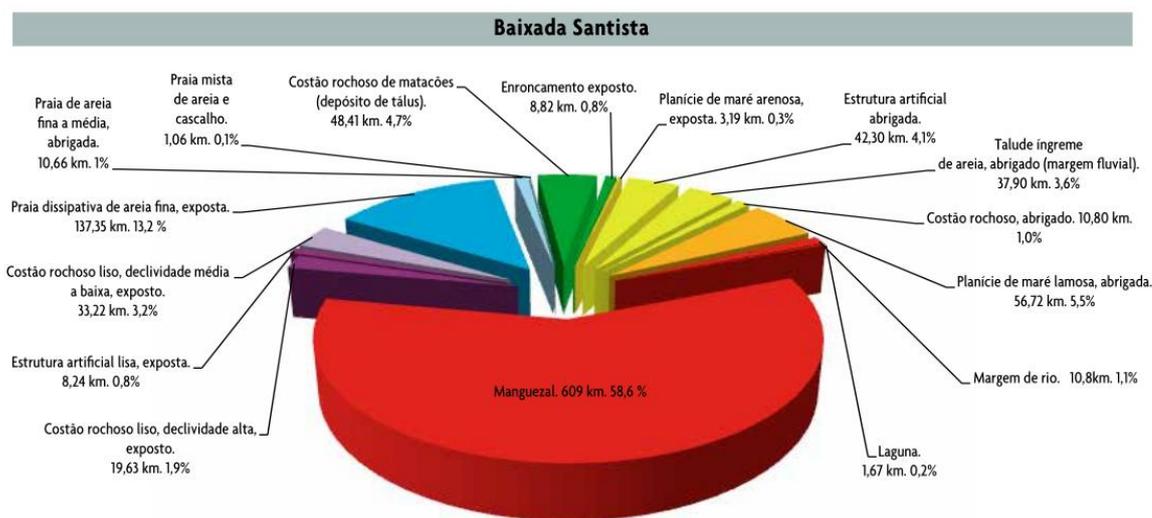


Figura 3.1.2.1.1-6 – Distribuição da fisiografia costeira no município de Bertioga. Fonte: Brito *et al.* (2014).

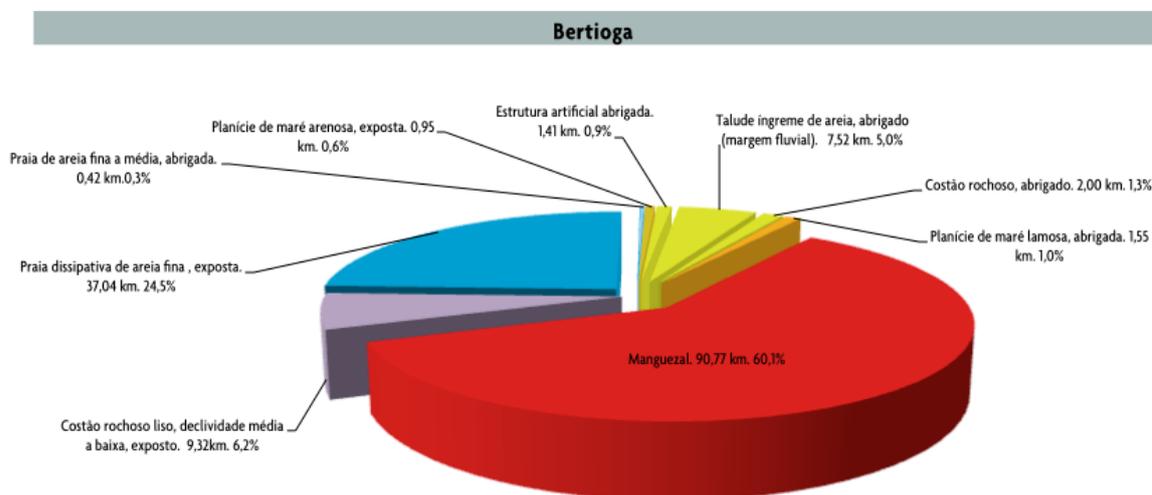


Figura 3.1.2.1.1-7 – Distribuição da fisiografia costeira no município do Guarujá. Fonte: Brito *et al.* (2014).

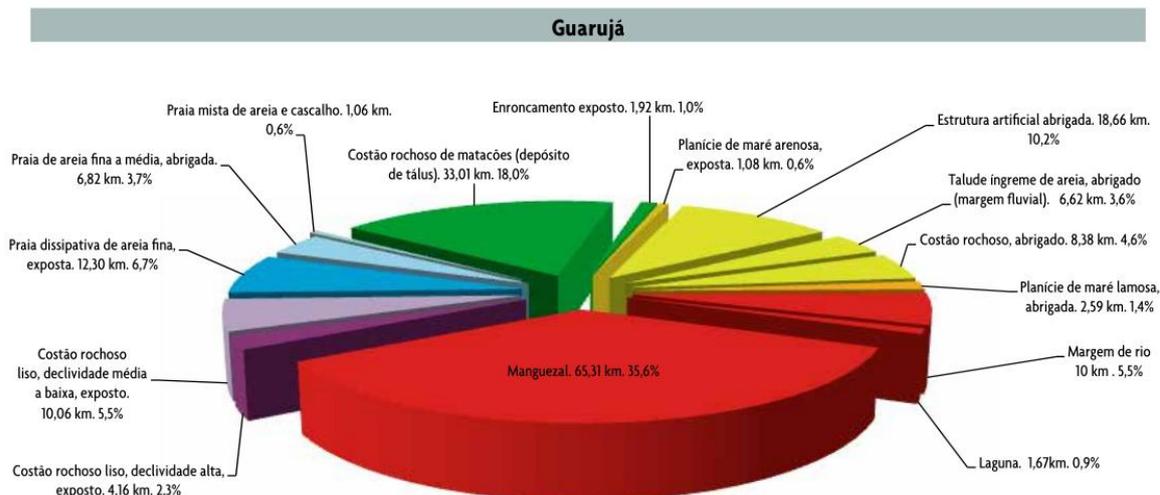


Figura 3.1.2.1.1-8 – Distribuição da fisiografia costeira no município de Praia Grande. Fonte: Brito *et al.* (2014).

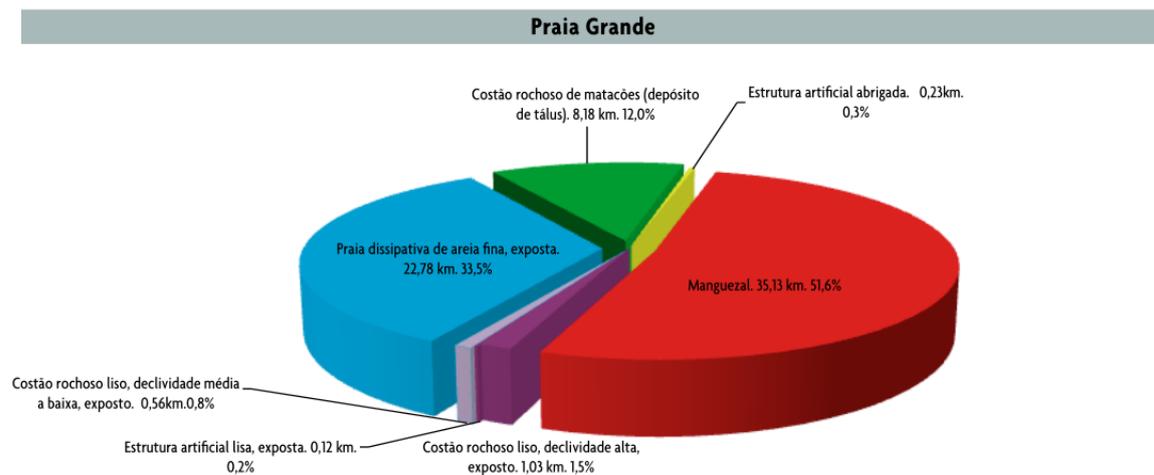


Figura 3.1.2.1.1-9 – Distribuição da fisiografia costeira nos municípios de Itanhaém e Mongaguá. Fonte: Brito *et al.* (2014).

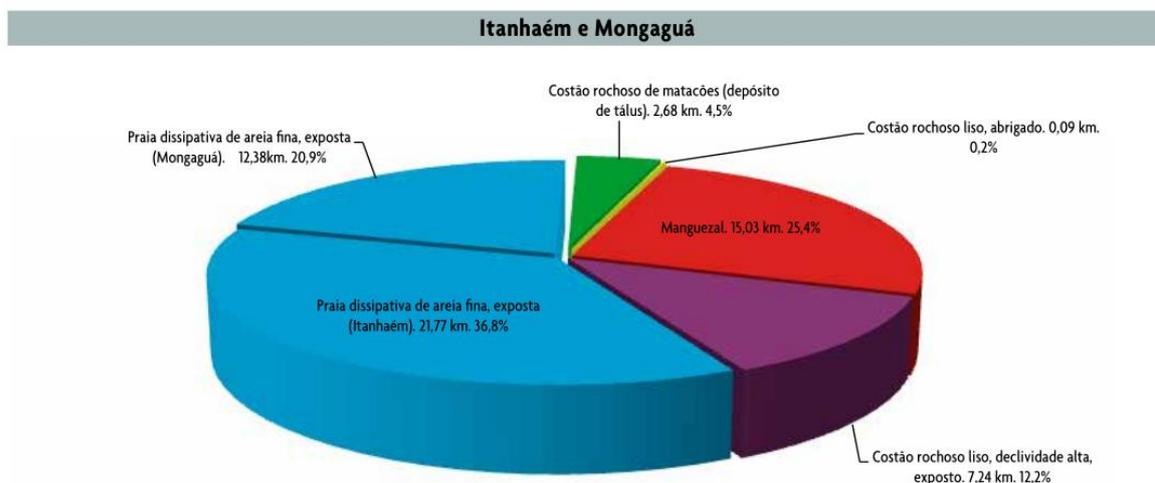
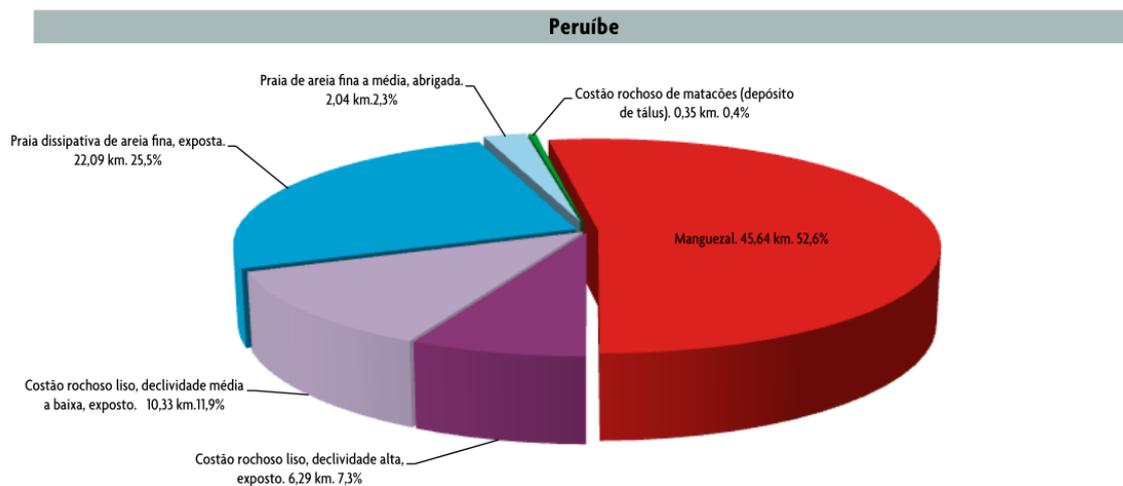


Figura 3.1.2.1.1-10 – Distribuição da fisiografia costeira no município de Peruíbe. Fonte: Brito *et al.* (2014).



■ **Corpos insulares**

Devido à sua história geológica, o litoral do Estado de São Paulo apresenta uma grande quantidade de ilhas - cerca de 135 ilhas, ilhotas e lajes, importantes redutos de biodiversidade (BRITO *et al.*, 2014). Há cerca de 30 ilhas e lajes que se encontram emersas identificadas na região da APAMLC, sendo a maior parte no setor Guaíbe. O Setor Itaguaçu é o entorno imediato do Parque Estadual Marinho Laje de Santos. Além destes corpos emersos, foram identificados também 10 outros corpos submersos – lajes e parcéis, sendo um no setor Guaíbe, cinco no setor Carijó e quatro ao redor da Laje de Santos.

Recebe destaque especial a Laje de Santos, protegida pelo Parque Estadual Marinho da Laje de Santos é o primeiro dessa categoria no Estado de São Paulo. Foi fundada em 1993 com o objetivo de garantir uma proteção completa da flora e da fauna e da beleza deste ecossistema, e representa um dos mais famosos pontos de mergulho recreativo no sudeste do Brasil (NEVES, 1997).

O Parque inclui duas porções terrestres (Laje de Santos e Rochedos Calhaus) e áreas subaquáticas totalizando 5 mil ha de áreas protegidas. A Laje de Santos é uma formação rochosa de granito e sua maior profundidade é de 30 m. Ele representa um local de grande interesse para a conservação da biodiversidade da zona costeira do Estado de São Paulo. A distância de 41,5 km do continente e a ausência de outras formações rochosas mais próximas aliadas à restrição de pesca tornam Laje de Santos um local especial para a vida marinha e, conseqüentemente, mergulho recreativo.

Cardumes de peixes de importância comercial como a sardinha e outras espécies são frequentemente observadas na área do Parque onde encontram locais abrigados, alimento e locais para reprodução abundantes, indicando a importância desta unidade de conservação para a reposição dos recursos marinhos e para a manutenção do potencial pesqueiro regional. Peixes como garoupas, peixe-papagaio e o peixe-anjo encontram na área da Laje de Santos as condições ideais para a sua sobrevivência e reprodução. A manutenção da abundância de peixes, moluscos e crustáceos depende de uma produção primária abundante. Desta forma, as algas marinhas bentônicas desempenham um papel fundamental no suporte à estrutura da base da cadeia alimentar em costas rochosas e os ecossistemas dos recifes (CHAPIN *et al.*, 1997).

Além da Laje de Santos, outros dois corpos insulares na região merecem destaque: a Laje da Conceição, em Itanhaém, e a Ilha da Moela, no Guarujá, ambas consideradas Área de Manejo Especial (AME) pelo decreto de criação da APAMLC.

A Laje da Conceição é uma formação rochosa, ocupando uma área de aproximadamente 0,8 ha, distante aproximadamente 9,8 km da costa, com 16 m de profundidade. Pertence à Marinha do Brasil, inclusive abrigando um farol de balizamento marítimo que, em função da sua manutenção, recebe esporadicamente o desembarque de marinheiros, sendo estes os únicos autorizados a desembarcar na laje - o desembarque de pessoas na ilha foi proibido, porém, em seus arredores há atividade turística, que inclui pesca esportiva e submarina, práticas favorecidas pela boa visibilidade e a proximidade de parcéis. A Laje da Conceição tem sua superfície parcialmente recoberta por estrato herbáceo, único hábito encontrado para a vegetação terrestre, e constitui um importante sítio de reprodução de aves marinhas e insulares (WALM/PETROBRAS, 2012).

A Ilha da Moela também é uma formação rochosa, porém com presença de vegetação na porção superior da ilha, ocupando uma área de aproximadamente 29 ha, a 1,8 km da costa. É observada a presença de construções, também da Marinha e pesca artesanal no entorno da ilha (WITT O'BRIEN'S BRASIL, 2015).

O Quadro 3.1.2.1.1-1 mostra a localização e profundidade das lajes e parcéis submersos identificados na APAMLC. Já no **ANEXO 3.1-3** são apresentadas as coordenadas, ecossistemas predominantes, fisionomias, usos e algumas outras informações sobre os corpos emersos identificados, incluindo fotografias. Da **Figura 3.1.2.1.1-11** a **Figura 3.1.2.1.1-14** são apresentadas as localizações destas ilhas, lajes e parcéis no interior da APAMLC.

Quadro 3.1.2.1.1-1 – Parcéis e lajes submersas identificados na APAMLC. Coordenadas UTM – 23S – Datum Sirgas 2000. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia

Identificação	Longitude (m)	Latitude (m)	Localidade	Profundidade (m)
23	365483	7342193	Laje de Piraquara	4,6
24	330393	7290048	Parcel do João Ilhéu	17,0
25	318466	7311711	Parcel da Conceição	4,0
26	343493	7315447	Laje Pedro II	1,7
27	337003	7306834	Parcel dos Reis	13,2
28	316806	7302472	Laje Noite Escura	11,0
29	379953	7314569	Laje do Bandolim	29,0
30	381883	7313158	Parcel Brilhante	14,7
31	379718	7309070	Parcel do Sul	6,2
32	380904	7307414	Parcel Novo	24,0

Figura 3.1.2.1.1-11 – Ilhas, lajes e parçéis diagnosticados para a porção norte da APAMLC. Nomes das localidades



Figura 3.1.2.1.1-12 – Ilhas, lajes e parçéis diagnosticados para a porção central da APAMLC. Nomes das localidades aparecem no quadro de legenda. Nomes em preto indicam corpos emersos e em vermelho submersos. Fonte de dados de acordo com Item 2. Metodologia.

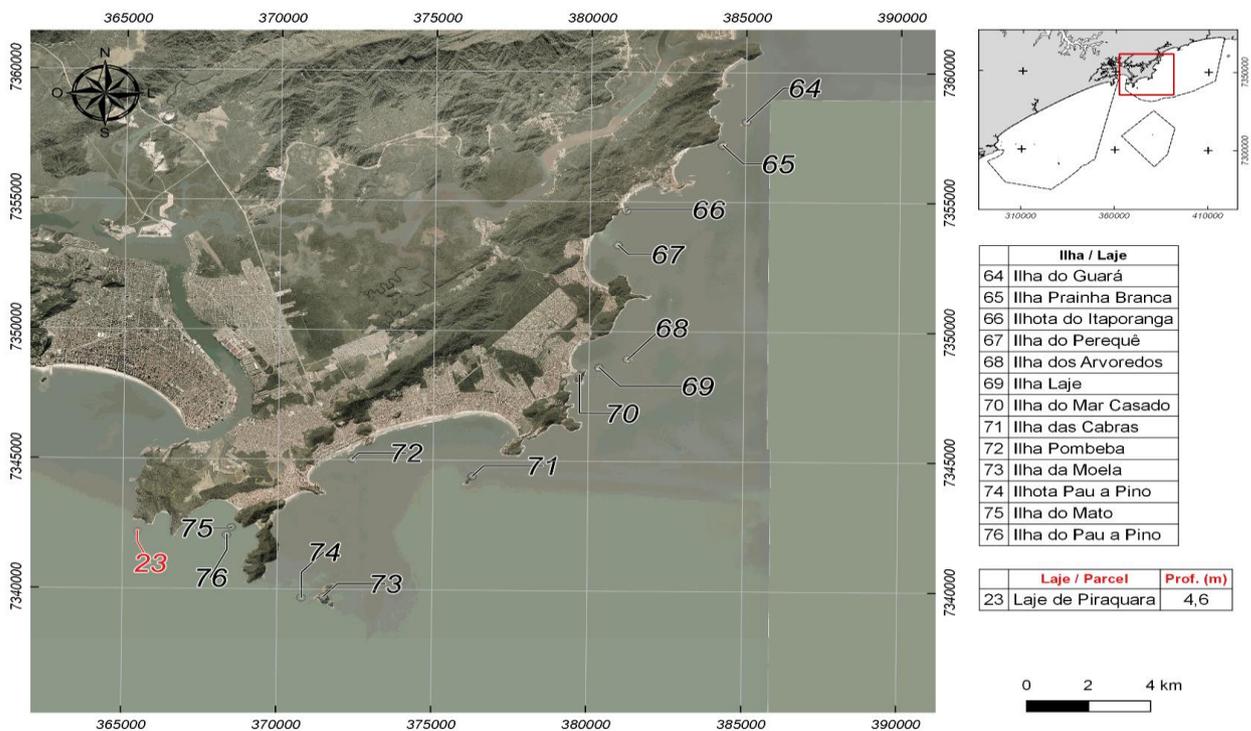


Figura 3.1.2.1.1-13 – Ilhas, lajes e parcéis diagnosticados para o a porção sul da APAMLC. Nomes das localidades aparecem no quadro de legenda. Nomes em preto indicam corpos emersos e em vermelho submersos. Fonte de dados de acordo com Item 2. Metodologia.

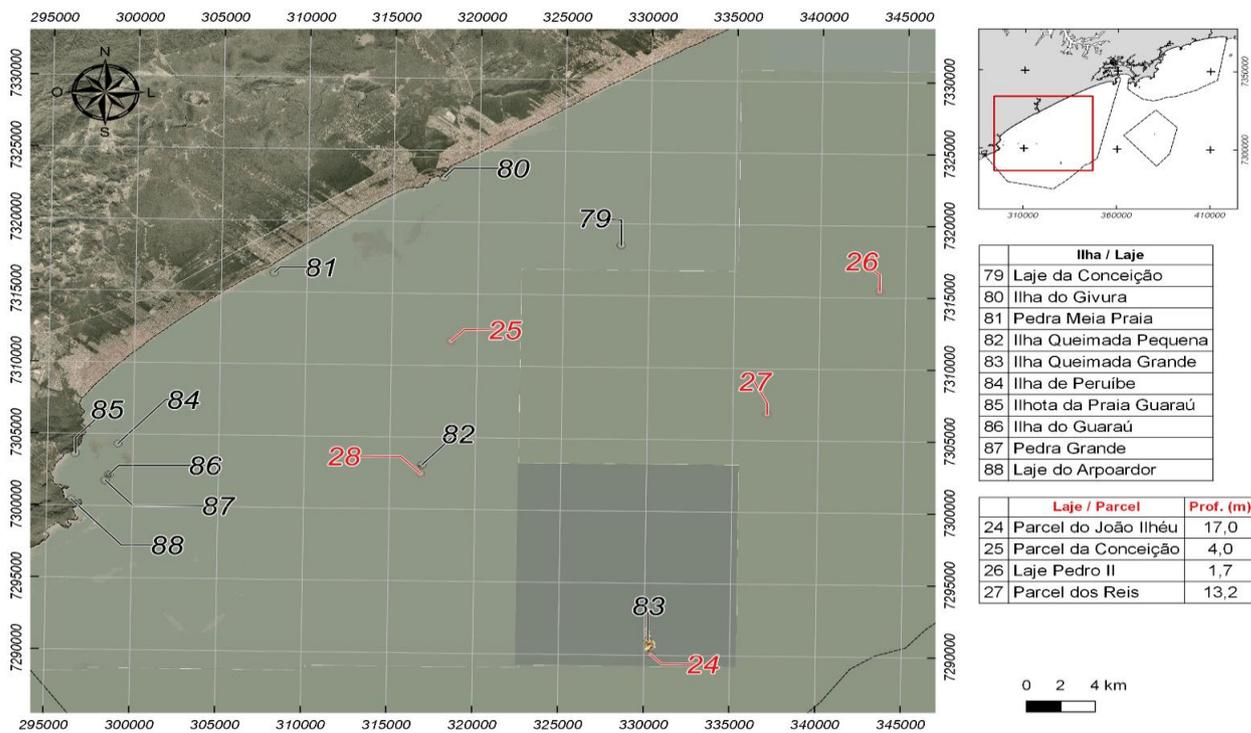
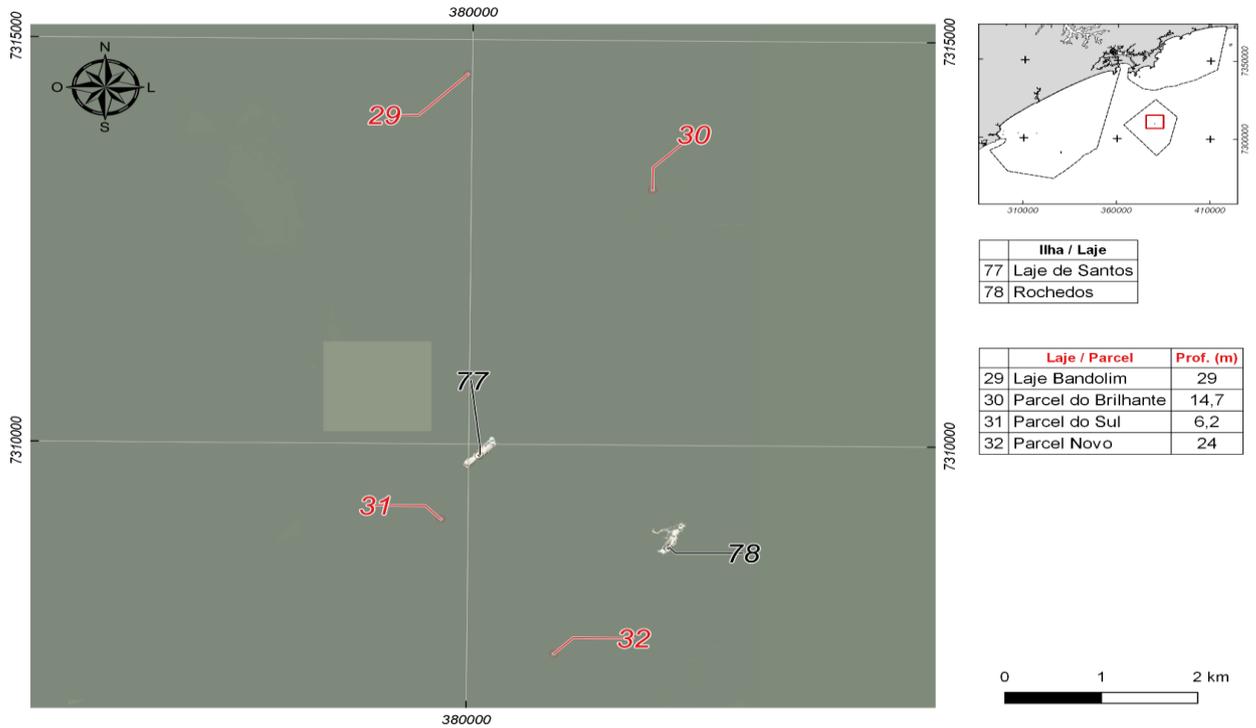


Figura 3.1.2.1.1-14 – Ilhas, lajes e parcéis diagnosticados para o setor Itaguaçu APAMLC. Nomes das localidades aparecem no quadro de legenda. Nomes em preto indicam corpos emersos e em vermelho submersos. Fonte de dados de acordo com Item 2. Metodologia.



■ Características do fundo marinho: batimetria e composição

A Plataforma Continental Sudeste (PCSE) se estende ao longo do Embaiamento de São Paulo, localizado entre o Cabo de São Tomé - RJ e o Cabo de Santa Marta - SC. Bem caracterizado na literatura de referência, o Embaiamento possui três níveis. O primeiro é um pequeno declive junto à linha de costa por quase toda a extensão, denominado “primeiro declive”, que consiste de uma feição estreita, entre 7 e 15 km, desde a cota batimétrica de 0 até 20 m, podendo alcançar os 40 e 60 m (MARINO, 2006), com declividade entre 1:1300 e 1:700. A borda externa dessa plataforma interna acompanha, em linhas gerais, a curvatura do Embaiamento, acunhando-se nas extremidades e tomando forma assemelhada à meia-lua. O segundo, trecho central, tem largura máxima de 122 km, sendo que na porção norte também observada uma plataforma externa com largura variável de 30 a 50 km e declividade entre 1:800 e 1:400, separada da interna por um degrau com largura média de 25 km e com declividade média de 1:550 (ZEMBRUSCKI, 1979).

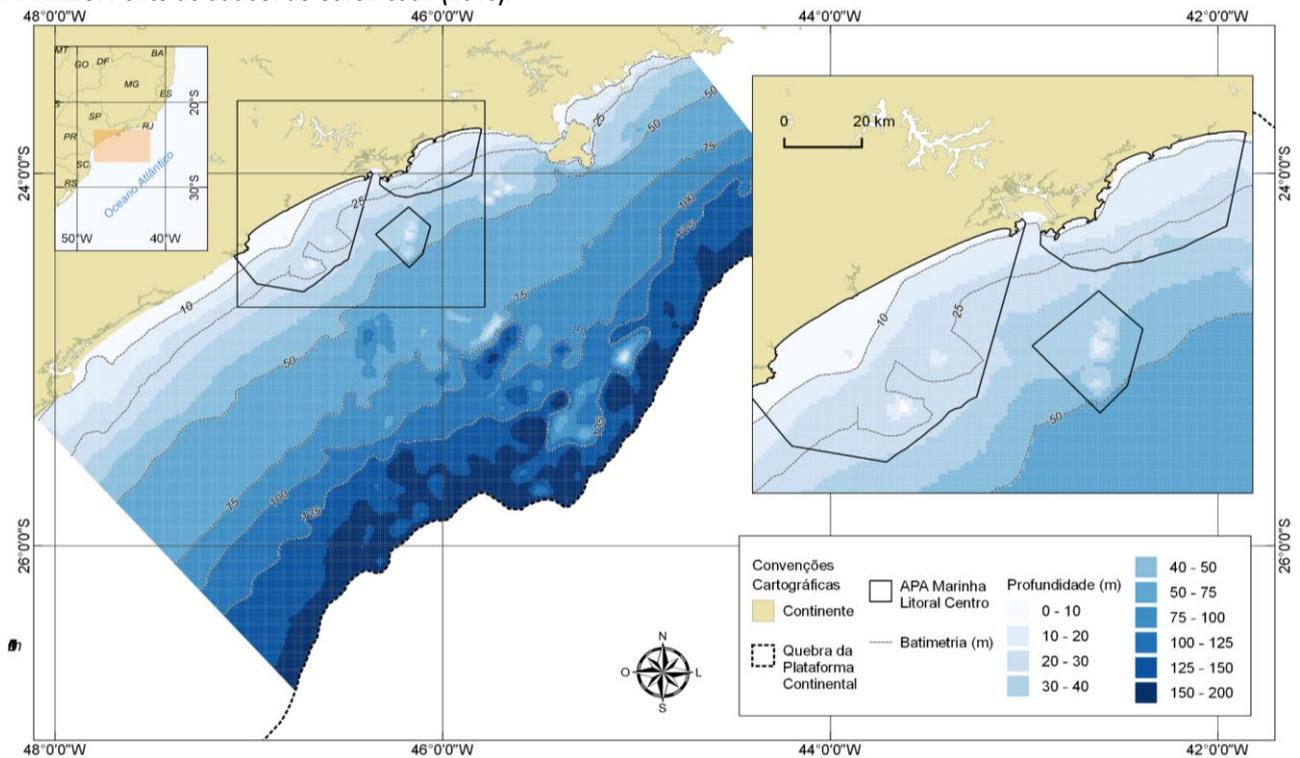
A largura máxima da plataforma continental do setor Embaiamento de São Paulo localiza-se em Santos, com 230 km de extensão e as partes mais estreitas nas proximidades de Cabo Frio, com 50 km, e Cabo de Santa Marta, com 70 km (ZEMBRUSCKI, 1979).

De um modo geral, a topografia da plataforma continental é suave, com as isóbatas dispendo-se paralelamente à linha de costa, à exceção de algumas poucas ilhas grandes, geralmente situadas próximas à costa, como a Ilha Grande, a Ilha de São Sebastião, a Ilha de São Francisco e a Ilha de Santa Catarina, e de muitas pequenas ilhas, situadas geralmente no interior de baías (RUFFATO, 2012). A profundidade de quebra da plataforma continental varia entre 120 e 180 metros, e sua área total é estimada em cerca de 150.000 km² (ZEMBRUSCKI, 1979).

Geomorfologicamente, na região sudeste a plataforma continental pode ser dividida em duas partes: uma porção ao extremo norte, Região de Campos, indo de Arraial do Cabo até Cabo de São Tomé, com orientação da linha de costa SW-NE, largura variando entre 70 km e 100 km e menores profundidades na quebra da plataforma (80 m a 100 m); porção ao sul de Cabo Frio, cuja linha de costa e as isóbatas mudam abruptamente de direção, orientando-se zonalmente (E-W), com considerável aumento na profundidade da quebra e (140 m a 180 m) e largura (70 km a 150 km).

Especificamente para o litoral paulista, área de estudo, o setor sul apresenta plataforma continental com isóbatas equidistantes e paralelas à linha de costa, até a região próxima a 100 m de profundidade. No setor norte, esse padrão se altera, tornando-se bastante irregular, com um aumento da declividade na plataforma interna, próximo à Ilha de São Sebastião. O espaçamento das isóbatas torna-se variável apresentando estreitamento e aumento da declividade na plataforma, sobretudo entre as profundidades de 80 e 110 metros (TESSLER *et al.*, 2006) -.

Figura 3.1.2.1.1-15 – Mapa batimétrico da plataforma continental do Estado de São Paulo, evidenciando a região da APAMLC. Fonte de dados: de Caroli *et al.* (2010).



A configuração das isóbatas indica a existência de vários canais e vales submarinos formados durante eventos regressivos, com o nível do mar mais baixo do que o atual, que cortam a plataforma continental, destacando-se os canais Cananéia, Queimada Grande, São Sebastião e Búzios (ZEMBRUSCKI, 1979). Com relevo mais acidentado, a porção ao norte da Ilha de São Sebastião favorece a deposição de lamas (ZEMBRUSCKI, 1979).

O mapa batimétrico da plataforma continental de São Paulo mostra o gradiente de profundidade mais intenso e maior declividade na porção norte do litoral paulista, associada a maior proximidade da quebra da plataforma à costa nessa região. A APAMLC está localizada na porção mais rasa da plataforma, limitada pela isóbata de 50 m, em particular, o setor Itaguaçu, que compreende o entorno do Parque Estadual Marinho Laje de Santos. Na porção norte, o setor Guaíba compreende a região entre a linha de costa e a isóbata de 30 m, aproximadamente. Carijó, por sua vez, ocupa a região mais rasa na porção sul e não ultrapassa a profundidade de 30 m.

Como apontado por Souza (2012), a proximidade da Serra do Mar condiciona o padrão recortado da linha de costa do litoral norte, bem como a distribuição sedimentar da plataforma na região: a maior proximidade da área-fonte e a menor energia de ondas acarretam menor retrabalhamento dos sedimentos.

Toda a região compreendida pelos setores da APAMLC apresenta sedimento composto predominantemente de frações mais grossas, com teor de areia superior a 80%. De maneira geral, as porcentagens de areias médias até muito grossas se elevam na porção norte da APAMLC.

A Figura 3.1.2.1.1-16 – Mapa da distribuição espacial do teor de areia (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLC. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP. Exibe a distribuição espacial do teor de areia (%) na plataforma continental sudeste, com foco na porção central. Como esperado, o padrão geral exibe maiores contribuições da fração grossa próximo à costa, ao longo de toda a plataforma. O setor Carijó apresenta composição sedimentar acima dos 90% de areia. O sedimento do setor Guaíbe é majoritariamente composto por areia (teor superior a 90%), com algumas regiões de menor contribuição da fração grossa. O setor Itaguaçu apresenta a distribuição espacial um pouco mais variada, devido a maior distância da costa e maior profundidade, com teores de areia acima dos 70%, em especial nas proximidades da isóbata de 50 m, como reportado por Zembruscki (1979).

A Figura 3.1.2.1.1-17 – Mapa da distribuição espacial do teor de lama (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLC. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP. Apresenta a distribuição do teor de lama (%) para a plataforma continental de São Paulo, com foco na APAMLC. Contribuições significativas de lama são encontradas no sedimento da plataforma abaixo dos 75 m de profundidade. O padrão de distribuição é complementar à distribuição de areia, com maior participação da fração fina ocorrendo em pontos de menor teor de areia. A distribuição de lama segue o padrão descrito por Zembruscki (1979) e está associada ao aporte continental de rios e à dinâmica marinha do litoral norte de São Paulo, que, devido ao recorte da costa, possibilita a deposição da fração fina próximo à linha de costa, o que não é observado no litoral sul. A contribuição de lama no sedimento da APAMLC não atinge 10%.

Figura 3.1.2.1.1-16 – Mapa da distribuição espacial do teor de areia (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLC. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP.

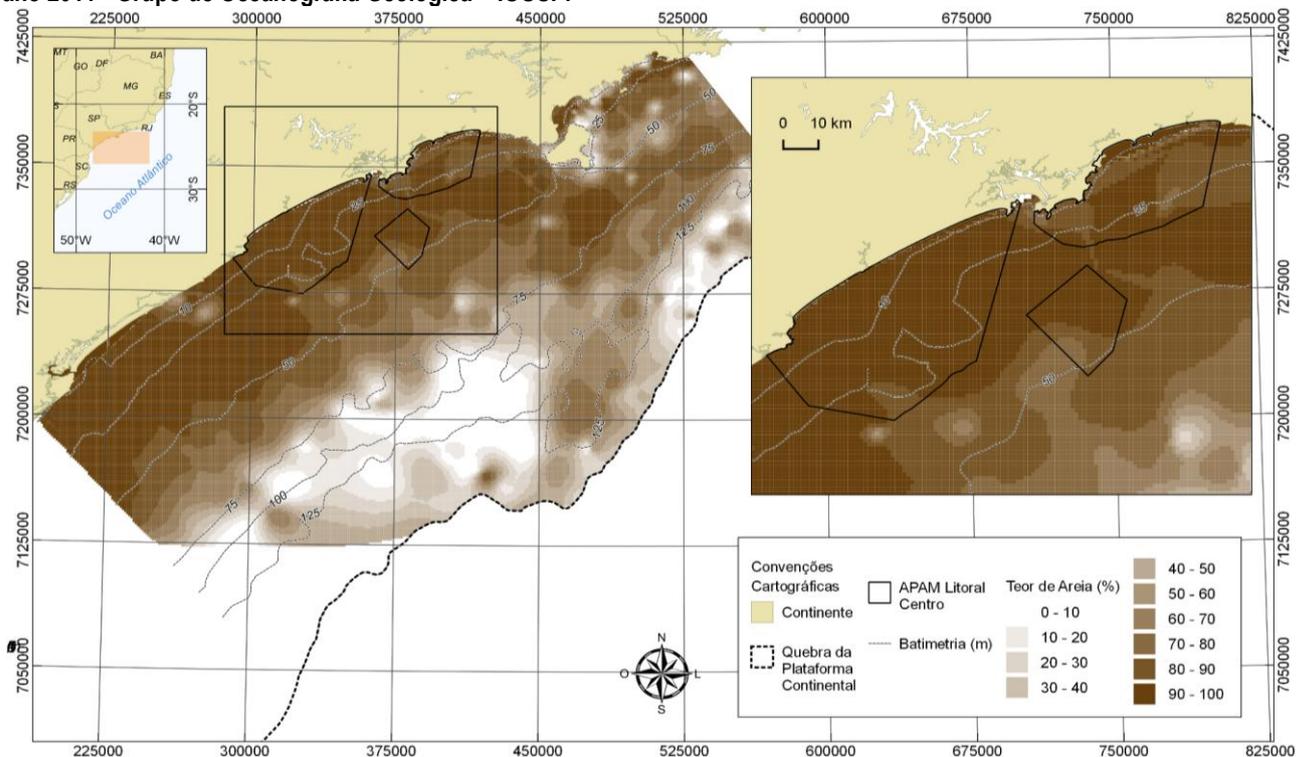
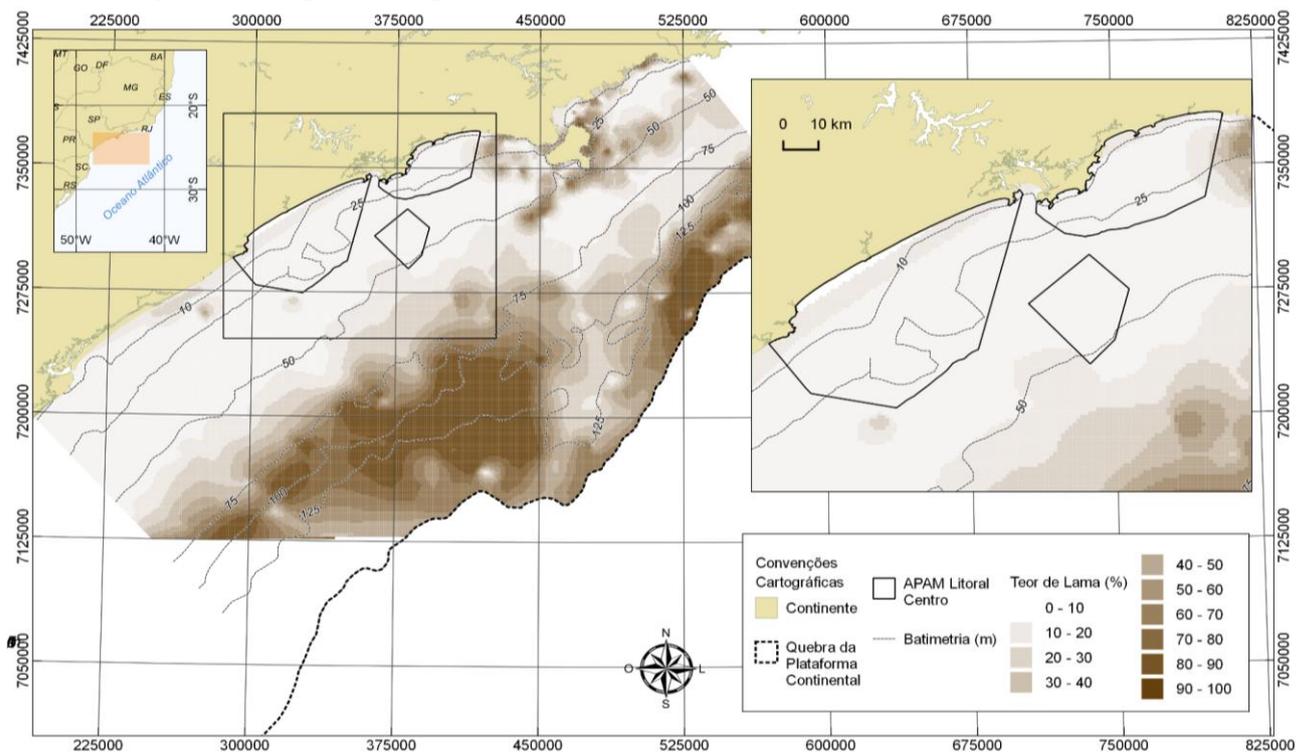


Figura 3.1.2.1.1-17 – Mapa da distribuição espacial do teor de lama (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLC. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP.



A Figura 3.1.2.1.1-18 apresenta o mapa de distribuição do teor de argila (%) para a plataforma continental de São Paulo, com foco na APAMLC. Contribuições significativas de argila são encontradas a partir da isóbata de 75 m, resultante da dinâmica de circulação da plataforma, que possibilita a deposição das frações mais finas na porção mais afastada da costa. De maneira geral, os setores da APAMLC exibem uma contribuição muito baixa de argila, abaixo dos 10%.

A Figura 3.1.2.1.1-19 apresenta o mapa de distribuição do teor de silte (%) para a plataforma continental de São Paulo, com foco na porção na APAMLC. Contribuições significativas de silte são encontradas a partir da isóbata de 75 m e alguns pontos ao norte da Ilha de São Sebastião, resultante da dinâmica de circulação da plataforma, que possibilita a deposição das frações mais finas na porção mais afastada da costa. De maneira geral, os setores da APAMLC exibem uma contribuição muito baixa de silte, abaixo dos 10%.

Segundo Petri & Fúlfaro (1983), os sedimentos carbonáticos da plataforma continental externa são constituídos, predominantemente, por areia de recifes algais. Onde as fácies terrígenas se alargam, o desaparecimento das areias algais é quase total. Os sedimentos carbonáticos mais desenvolvidos na plataforma externa, de Cabo Frio (RJ) ao sul de Mostardas (RS), raramente excedem 50-70%. O mapa de distribuição do teor de carbonato (%) mostra contribuições mais significativas abaixo dos 100 m de profundidade, ultrapassando 90% abaixo da isóbata de 125 m. Dentro dos setores da APAMLC não há ocorrência superior a 10% de teor de carbonato.

A Figura **3.1.2.1.1-20** exibe o mapa textural do sedimento da plataforma continental de São Paulo, consistente com a literatura de referência. De um modo geral, o sedimento da plataforma interna é composto principalmente por areia. Na porção sul da plataforma, a isóbata de 75 m é marcada pela predominância de areia síltica. A região mais profunda e distante da costa é dominada por sedimentos mais finos, como silte argiloso e silte arenoso. O litoral norte segue um padrão geral semelhante, com predominância de areias na porção costeira e siltes na região mais profunda. Os três setores da APAMLC apresentam sedimento predominantemente arenoso, como apontado por Zembruscki (1979).

Figura 3.1.2.1.1-18 – Mapa da distribuição espacial do teor de argila (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMI C. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo

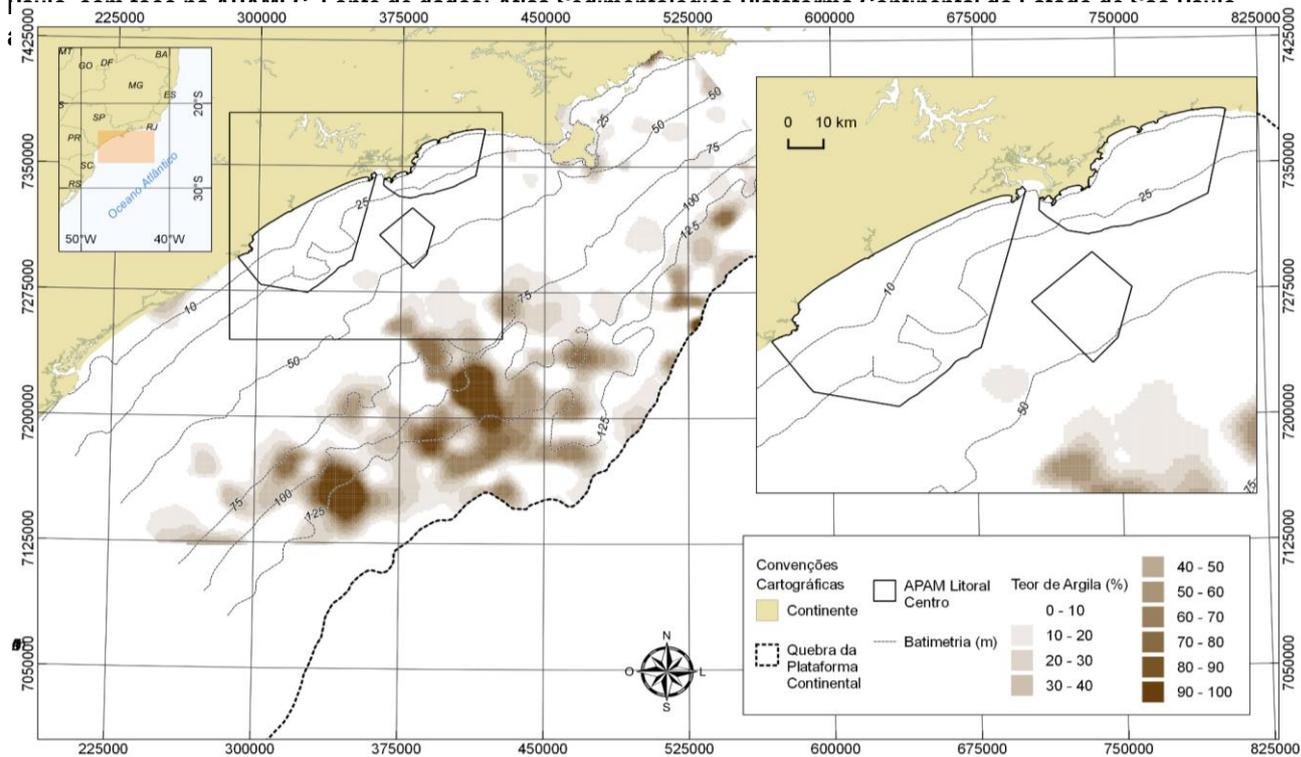


Figura 3.1.2.1.1-19 – Mapa da distribuição espacial do teor de silte (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMI C. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma

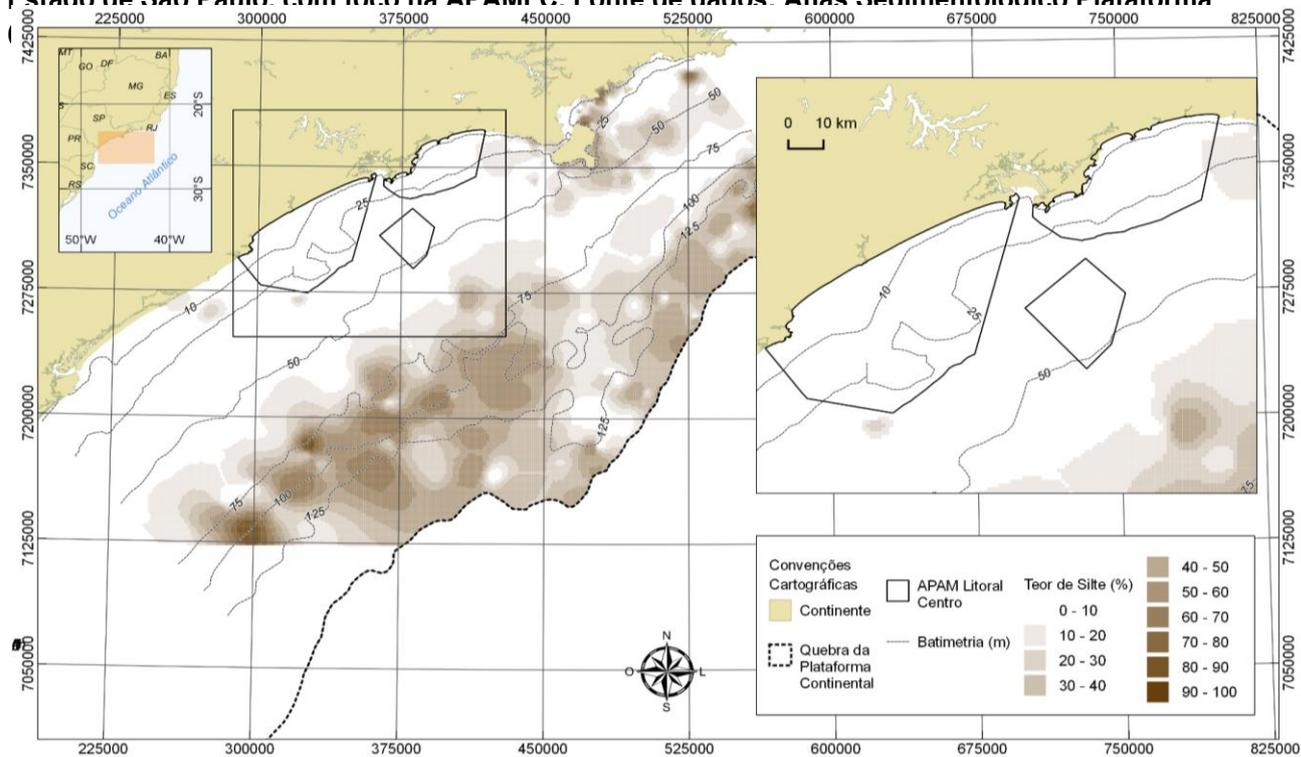


Figura 3.1.2.1.1-20 – Mapa da distribuição espacial do teor de carbonato (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLC. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica - IOUSP.

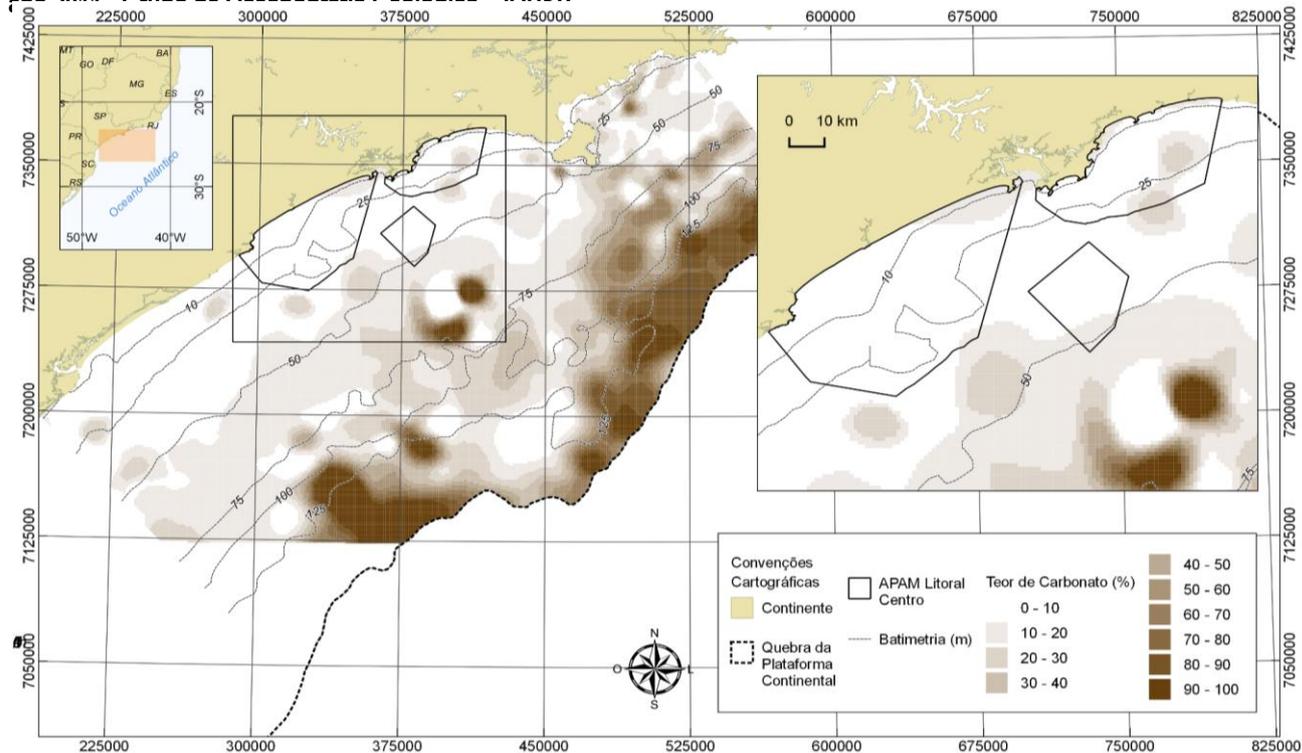
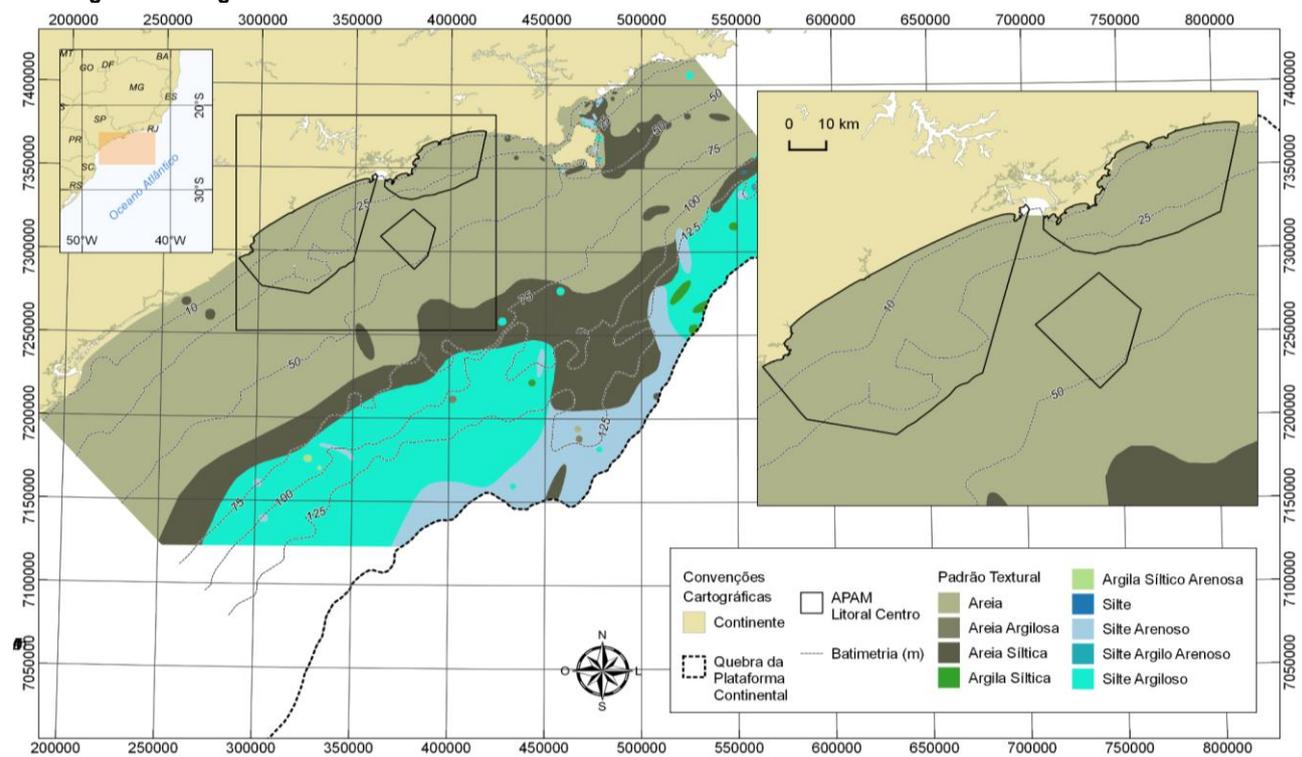


Figura 3.1.2.1.1-21 – Mapa textural da plataforma continental do Estado de São Paulo, com detalhamento na região da APAMLC. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica - IOUSP.



■ Progradação e erosão costeira

Diante da relevância do tema associado às mudanças climáticas para a gestão da APAMLC, foi dada atenção especial ao mesmo neste Diagnóstico, ponto este também considerado importante no Diagnóstico Participativo (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014).

O presente tópico de progradação e erosão costeira está conectado com os temas que detalham as fragilidades geotécnicas e as áreas de risco do item **3.1.3. Meio Físico Terrestre**.

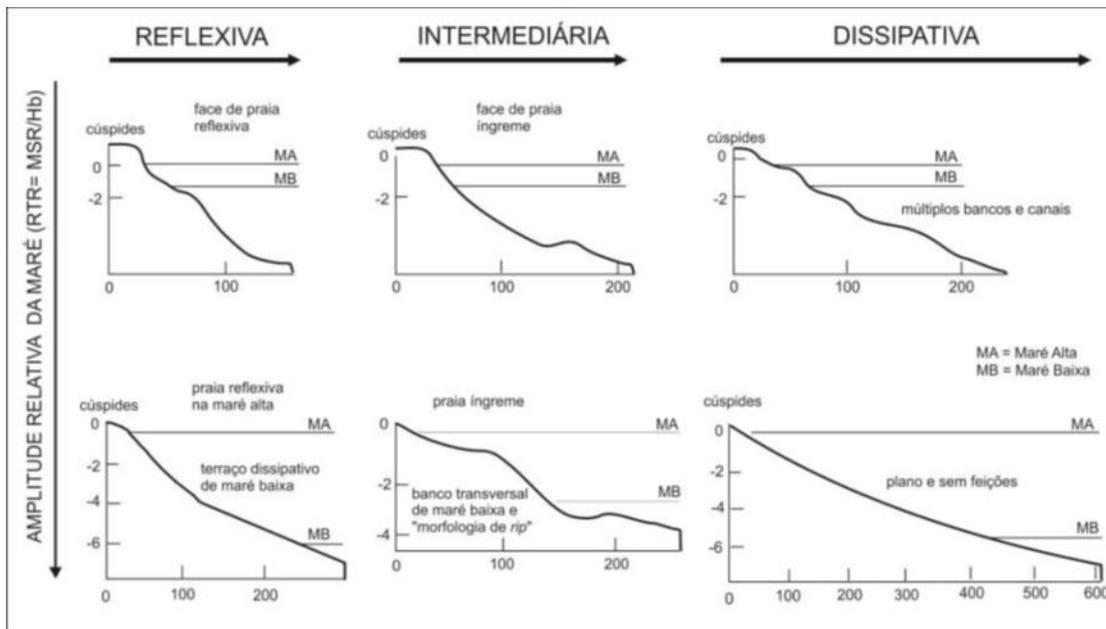
A linha de costa recortada do litoral norte de São Paulo possibilita a formação de praias com características distintas. A morfologia da praia é função do tipo de dos sedimentos, da energia das ondas incidentes, das condições de maré e de vento, e do estágio de praia antecedente. Durante um longo período de tempo, uma praia tende a exibir um padrão predominante (SHORT, 1979, 1999; MASSELINK; SHORT, 1993).

Short (1979, 1999) e Wright *et al.* (1979) estabeleceram uma classificação morfodinâmica para as praias da Austrália, sugerindo seis estágios (**Figura 3.1.2.1.1-22**): dissipativo, reflexivo (ou refletivo) e quatro estágios intermediários (banco e cava longitudinais, banco e praia rítmicos, banco transversal e corrente de retorno, crista e canal/terraço de maré baixa).

- No estado dissipativo a zona de surfe se apresenta larga, com baixo gradiente topográfico e elevado estoque de areia, que se acumula na forma de bancos longitudinais paralelos à linha de costa.
- No estado reflexivo, a zona de surfe é caracterizada por ser estreita a inexistente e ter elevado gradiente. O estoque de areia da praia se encontra em sua porção emersa ou subaérea.
- No estado intermediário as praias apresentam características entre os estágios acima, ora tendendo para um ou outro tipo.

Em termos gerais, de sul para norte do litoral paulista aumenta a refletividade das praias, enquanto a dissipatividade diminui. Isso é consequência da variabilidade da fisiografia costeira, que implica na mudança de forma e direção da linha de costa, bem como na sua orientação em relação ao ataque das ondas mais energéticas ligadas aos sistemas frontais e ciclones extratropicais. Nestas condições, as praias sofrem modificações temporárias no seu estado morfodinâmico: as praias de maior mobilidade são as intermediárias, seguidas das dissipativas e reflexivas de alta energia; enquanto as praias menos móveis são as dissipativas e reflexivas de baixa energia (SOUZA, 2012).

Figura 3.1.2.1.1-22 – Classificação dos estados morfodinâmicos de praias definidos por Short (1999). Fonte: SOUZA et al. (2005).



Além dos atributos morfológicos, também as características sedimentológicas (granulometria, morfoscopia, mineralogia e conteúdo biodetrítico) de uma praia estão essencialmente vinculadas ao seu estado morfodinâmico. Essas características dependem de condicionantes geológico geomorfológicos, oceanográficos, biológicos e antrópicos, dentre os quais se destacam: fisiografia costeira, clima de ondas, correntes costeiras, ventos, marés, presença de rios, tipo e composição petrográfica das rochas que afloram na região costeira (áreas-fonte dos sedimentos costeiros), presença de organismos com partes calcárias e silicosas, e intervenções antrópicas na linha de costa (SOUZA, 2012).

Um agente dinâmico muito importante na determinação das características morfológicas da praia é a incidência de ondas na linha de costa, que gera um sistema de circulação ou correntes costeiras, classificadas em quatro tipos: transporte de massa de água costa-adentro (*onshore transport*); correntes de deriva litorânea (*longshore currents*); fluxos de retorno costa-afora, que incluem as correntes de retorno e o transporte de massa de água costa afora (*offshore transport*); e o movimento ao longo da costa das cabeças das correntes de retorno (USACE, 2003).

O ângulo de incidência das ondas na praia determinará o tipo de circulação costeira. A componente paralela à praia, denominada corrente de deriva litorânea ou longitudinal, é a mais importante dentre as correntes costeiras. Ela é o principal agente de movimentação, retrabalhamento e distribuição dos sedimentos ao longo da costa. A deriva litorânea é produto de duas componentes vetoriais, a deriva costeira, que atua na zona de surfe e tem sentido paralelo à praia, e a deriva praiial, que atua na faixa entre marés e face da praia, definindo um padrão de transporte com padrão serrilhado, mas com mesmo sentido resultante da deriva costeira (TAGGART & SCHWARTZ, 1988; KOMAR, 1991).

A deriva litorânea resultante tem o sentido no qual a maioria dos sedimentos se move durante um longo período de tempo, independente de variações eventuais.

Cada setor de costa com um determinado sentido de deriva litorânea resultante forma uma "célula de circulação costeira" (NODA, 1971; JACOBSEN; SCHAWARTZ, 1981; TAGGART; SCHWARTZ, 1988).

Cada célula consiste de três zonas: (a) zona de erosão, onde se origina a corrente (barlamar) e há maior energia de ondas; (b) zona de transporte, através da qual os sedimentos são transferidos ao longo da costa; e (c) zona de deposição ou acumulação, onde a corrente termina (sotamar), havendo diminuição de energia das ondas. Uma célula de circulação costeira pode começar e terminar ao longo de um pequeno trecho, de poucas dezenas de metros, ou pode se prolongar por quilômetros de distância (TAGGART; SCHWARTZ, 1988).

A deriva litorânea resultante corresponde à somatória das células obtidas em cada arco ou segmento praiial. Quando duas células estão presentes, lado a lado, duas situações podem ocorrer: (i) convergência de correntes (zona de sotamar de duas células), onde haverá intensa acumulação de sedimentos; (ii) divergência de correntes (zona de barlamar de duas células), onde o processo erosivo será acentuado.

Quando duas células de deriva litorânea se encontram ou a terminação da célula se dá na extremidade da praia, há a geração de outra componente, transversal à linha de costa, a corrente de retorno. Esta é responsável pelo transporte de sedimentos para fora da praia e também é uma das principais causas de afogamentos nas praias. De um modo geral, as correntes de deriva litorânea no litoral norte de São Paulo fluem para NE com retroflexões pontuais (SOUZA, 1997). A Figura 3.1.2.1.1-23 exibe o mapa com o padrão geral das correntes de deriva litorânea nos setores da APAMLC.

Os processos sedimentares (erosão, deposição e transporte) que ocorrem em uma praia são produto de condicionantes geológicos-geomorfológicos meteorológicos/climáticos, oceanográficos/hidrológicos e antrópicos (SOUZA, 1997, 2009).

O resultado do conjunto de processos sedimentares que atuam na praia pode ser medido por meio do seu balanço sedimentar que é, em outras palavras, a relação entre as perdas/saídas e os ganhos/entradas de sedimentos nessa praia. Quando o balanço sedimentar da praia for negativo, ou seja, quando a saída/perda de sedimentos for maior do que a entrada/ganho de sedimentos, haverá um déficit sedimentar, predominando assim o processo erosivo. Isto acarretará diminuição paulatina de sua largura e a retração da linha de costa. Se o saldo for positivo, a praia tenderá a crescer em largura, pela deposição predominante de sedimentos, e ocorre a progradação da linha de costa. No balanço sedimentar nulo (igual a zero) haverá o equilíbrio do sistema praiial.

A erosão em uma praia se tornará problemática quando for um processo severo, acelerado e permanente ao longo de toda essa praia ou em partes dela, ameaçando assim áreas de interesse ecológico e/ou socioeconômico (SOUZA *et al.*, 2005). Nessas condições o fenômeno passa a ser denominado de erosão praiial, quando se refere somente às praias, ou erosão costeira, quando atinge também promontórios, costões rochosos e falésias.

Embora a erosão costeira seja essencialmente produto de balanço sedimentar negativo no sistema praiial, essa situação é decorrente de diversos mecanismos e fenômenos que podem ser atribuídos a processos naturais e fatores antrópicos (SOUZA & SUGUIO, 1996; SOUZA, 1997).

O aumento na ocorrência de eventos extremos associado às mudanças climáticas é um fator que deve ser considerado no âmbito dos estudos de erosão e progradação costeira, devido ao imenso potencial de alteração da costa desses eventos.

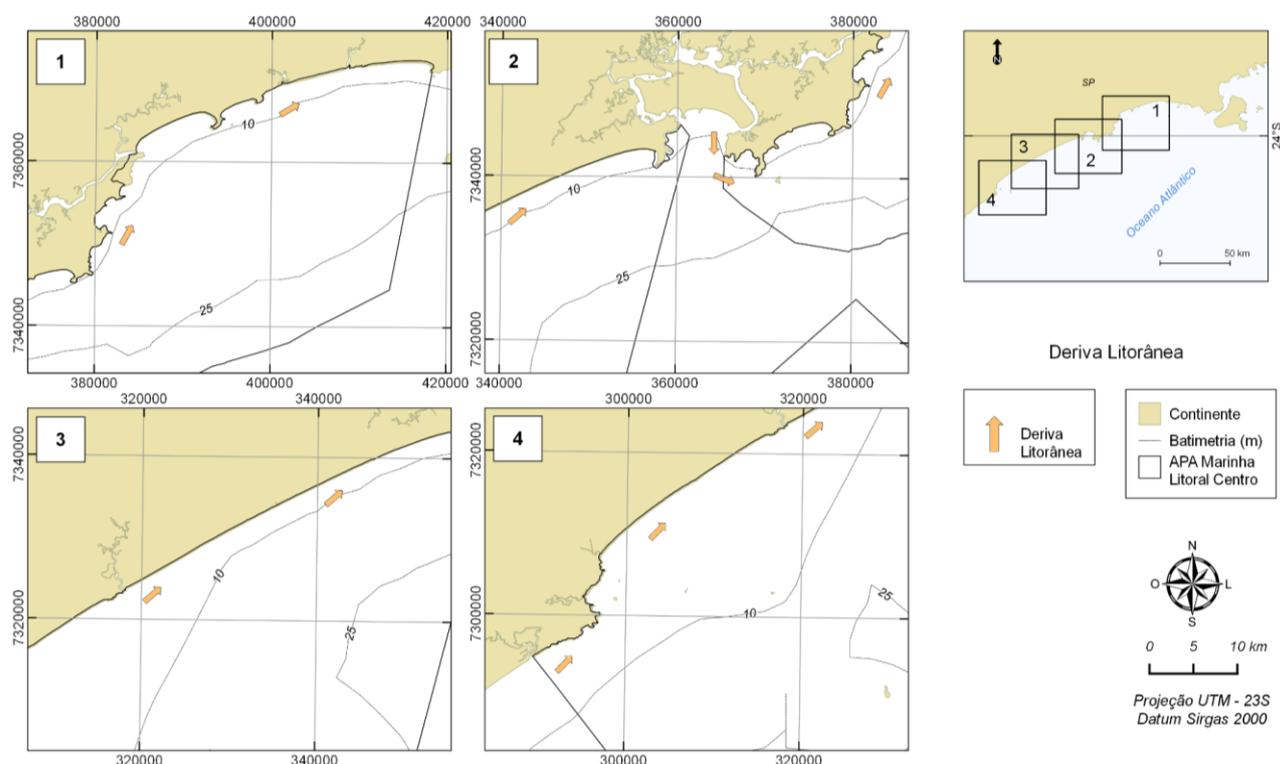
Um estudo realizado por Souza *et al.* (2013) constatou que o número de ressacas registradas na cidade de Santos teve um salto a partir do final da década de 1990. Em 2010, por exemplo, foram registrados na cidade 15 eventos de ressaca, contra um número máximo de 4 por ano entre 1960 e início dos anos de

1990. A ressaca do mar está associada ao desenvolvimento de ciclones extratropicais, formados no sul da América do Sul e que avançam pela região Sudeste do Brasil, gerando ondas de alta energia e sobrelevação do nível do mar (maré meteorológica positiva), além de frentes frias que podem trazer muita chuva para as regiões costeiras.

Segundo Souza *et al.* (2013), a pior ressaca do mar na cidade foi registrada em 2005 e levou a prefeitura municipal a colocar um anteparo de pedra no final da Ponta da Praia – região que tem sofrido com erosão costeira acelerada desde o começo da década de 1940, com a construção da avenida à beira-mar sobre a praia. Apesar de ter sido desenvolvido com o foco na cidade de Santos, o estudo evidencia o aumento da frequência de ressacas que podem atingir no litoral paulista como um todo. É importante ressaltar, que entre a publicação do estudo em 2013 e o ano de 2016, diversos eventos de ressaca foram observados no Litoral Centro do Estado de São Paulo, tendo sido reportados pelos veículos de comunicação em massa (i.e. rádio, televisão e mídia impressa), com grande impacto sobre a população costeira, sobre o patrimônio público e sobre as operações do Porto de Santos, cuja interrupção das atividades causa prejuízos da ordem de milhões de reais (BALBINO, 2016).

O aumento na ocorrência e intensidade das ressacas pode estar associado à redistribuição da energia excedente armazenada pelo planeta em um cenário de mudanças climáticas, como resultado da tendência natural do sistema em buscar o restabelecimento do equilíbrio. Mais detalhes são dados no item Variação do nível do mar e ressacas deste documento.

Figura 3.1.2.1.1-23 – Mapa com a direção preferencial das correntes de deriva litorânea na região da APAMLC. Fonte de dados: Tessler *et al.* (2006).

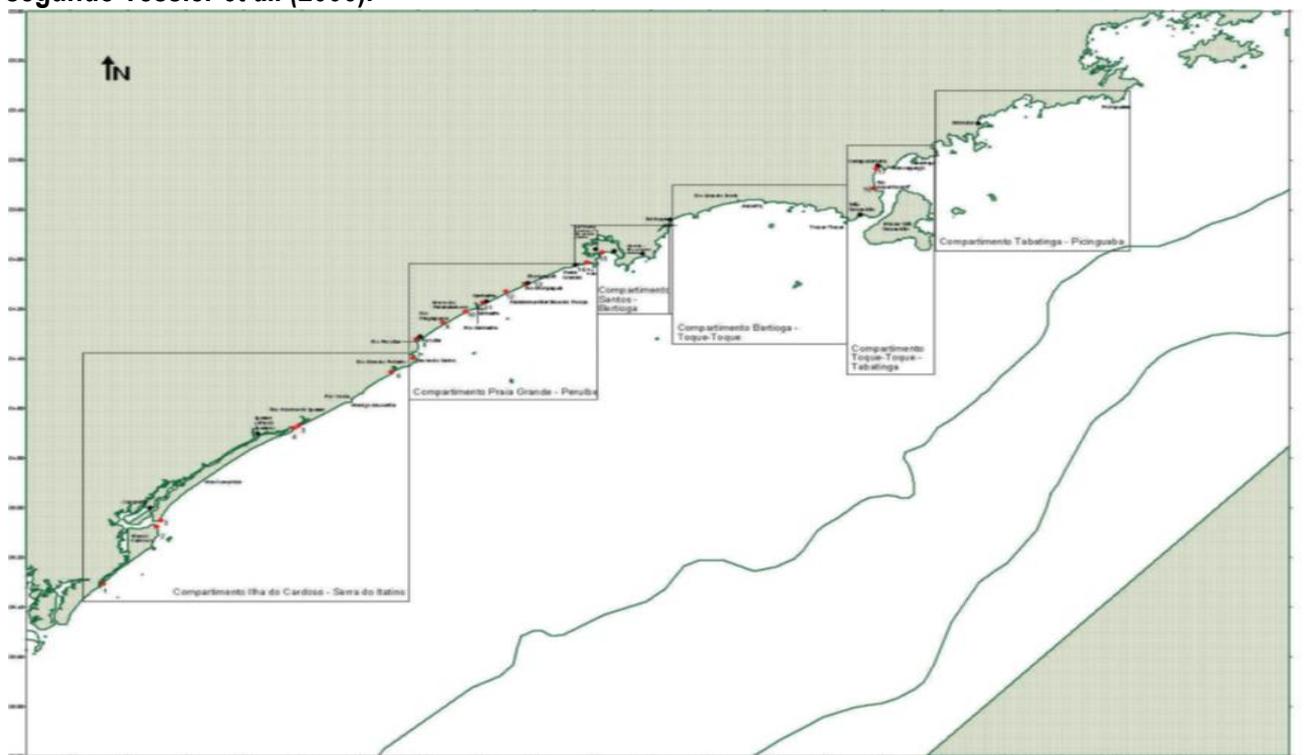


Tessler *et al.* (2006) realizaram um estudo de erosão e progradação do litoral paulista, compreendendo toda a região entre a Ilha do Cardoso e Picinguaba. Os autores se basearam na classificação apresentada por Ponçano *et al.* (1999), que subdividiu a costa o litoral em compartimentos com características geomorfológicas semelhantes. Tessler *et al.* (2006) separaram a costa em 6 compartimentos (-):

- Ilha do Cardoso – Serra do Itatins
- Praia Grande – Peruíbe
- Santos – Bertioga
- Bertioga – Toque-Toque
- Toque-Toque – Tabatinga
- Tabatinga – Picinguaba

Neste documento trataremos dos processos de erosão e progradação avaliados nos 3 compartimentos mais ao norte da costa (II, III e IV), onde se encontram os setores da APAMLC.

Figura 3.1.2.1.1-24 – Compartilhamento do litoral paulista com base no seu estado morfodinâmico, segundo Tessler *et al.* (2006).



Compartimento Praia Grande – Peruíbe

Este compartimento é composto pelas praias situadas nas planícies costeiras de Itanhaém e Praia Grande. A planície costeira de Itanhaém com direção aproximada de NE e dimensões máximas de 40 km de comprimento por cerca de 15 km de largura conta com a bacia hidrográfica do Rio Itanhaém, que corresponde, em extensão, a segunda maior bacia do litoral paulista. Já a planície de Praia Grande tem dimensões de 20 km de extensão por 10 km de largura (máxima) e é limitada nas suas extremidades pela Serra de Mongaguá ao sul e pelo estuário santista ao norte. Nas porções central e nordeste, a planície é drenada por uma rede de canais de maré que delimitam as ilhas de São Vicente e Santo Amaro. A porção sudoeste desta planície é drenada, pontualmente, pelo Rio Mongaguá.

As planícies apresentam praias que compõem dois setores separados por afloramentos do Embasamento Cristalino próximos da foz do Rio Itanhaém. O primeiro setor abrange as praias entre a foz do rio Peruíbe e a foz do Rio Itanhaém e o segundo, o segmento praias entre a foz do Rio Itanhaém e a Ponta do Itaipu.

Devido a oscilações dos regimes atmosféricos, existe uma alternância do sentido geral de transporte costeiro nos dois setores deste compartimento. Na maior parte do ano, o sentido predominante de transporte é rumo SW, mas sob a influência de sistemas frontais polares, a resultante geral do transporte sedimentar é rumo NE (TESSLER *et al.*, 2006; PONÇANO *et al.*, 1999).

Devido à ausência de obstáculos ao transporte sedimentar na zona costeira, formaram-se praias extensas, planas, retilíneas, constituídas predominantemente por areias finas e muito finas, com características dissipativas. Estas praias apresentam bastante mobilidade de sedimentos entre os setores emerso e submerso, porém de modo geral podem ser consideradas estáveis sem predomínio de processos erosivos/deposicionais. Os únicos pontos onde o esse equilíbrio é afetado são as barreiras naturais impostas pelas fozes dos rios Peruíbe e Itanhaém, a Pedra Meia Praia e o Morro do Paranambuco (Itanhaém), e a ponta de Itaipu (São Vicente); além das construções situadas na região praias como a Plataforma Marítima de Pesca e o molhe na foz do rio Mongaguá.

Compartimento Santos - Bertioga

Este compartimento compreende as ilhas de São Vicente e Santo Amaro, separadas entre si e do continente por canais de maré (Porto, São Vicente e Bertioga) onde também desaguam drenagens oriundas das encostas da Serra do Mar. A principal bacia hidrográfica deste compartimento é a do rio Itanhaém, que deságua no Canal da Bertioga.

A maior proximidade da Serra do Mar reforça a ação do efeito orográfico das precipitações relativamente intensas. A geometria da costa, a baía de Santos e o estuário definem um padrão bastante complexo de circulação, em que as águas do estuário, saindo pelo canal do Porto, rumam para NE, enquanto que na região da desembocadura do canal da Bertioga há indícios de deriva litorânea para sudoeste. A costa da Ilha de Santo Amaro parece ser um limite regional entre um rumo de deriva litorânea sudoeste-nordeste e outro nordeste-sudoeste proveniente de norte (PONÇANO *et al.*, 1999).

As praias deste compartimento podem ser divididas em dois setores.

O primeiro engloba as praias insulares da ilha de São Vicente, influenciadas pela circulação da baía de Santos e pelas desembocaduras dos canais de São Vicente e do Porto. As praias deste setor apresentam características dissipativas, planas e são compostas por areias finas a muito finas. O segundo setor abrangeria as praias da ilha de Santo Amaro, que estão expostas ao oceano.

No segundo setor, as praias apresentam características de praia de bolso, com morfodinâmica destas diferenciadas entre si, devido a variações de dimensões, de exposição aos trens de ondas e da proximidade do Embasamento Cristalino (morros e ilhas).

Compartimento Bertioga – Toque-Toque

Este compartimento engloba a parte norte do território do setor Guaíbe da APAMLC (Costa de Bertioga) e a parte sul do setor Ypautiba da APAMLN. Ocorre nessa região uma forte inflexão da linha de costa que configura um grande arco EW (com aproximadamente 65 km de comprimento), recortado por enseadas, cujas dimensões diminuem rumo à NE. A bacia de drenagem mais significativa desta área é a do Rio Una do Norte, porém cada praia possui bacias de drenagens próprias.

As praias tornam-se menores e mais recuadas, rumo à ilha de São Sebastião, devido à aproximação das vertentes da Serra do Mar. A mudança de orientação da linha de costa, bem como a barreira constituída pela Ilha de São Sebastião, mudam a tendência geral de transporte para W e SW. Esta tendência é indicada por curvaturas características de algumas praias. A dinâmica *onshore-offshore* resulta da atuação de ondas normais às praias condicionando a dinâmica sedimentar na costa, bem como zonas de deposição causadas por ilhas próximas à linha de costa. Correntes locais reversas foram inferidas neste compartimento, a partir de imagens de satélite.

As praias localizadas entre Bertioga e Barra do Una possuem características dissipativas a intermediárias, com areias finas e micáceas. De um modo geral podem ser consideradas estáveis em relação a processos erosivos ou acrescionais, exceto em pontos específicos próximos de molhes e marinas. Martins (2000) atestou que ocorre uma rápida sobreposição dos processos erosivos e construtivos, sem domínio de um em relação ao outro, exceto em períodos onde haja um pequeno intervalo entre as passagens de sistemas frontais ou quando ocorrem simultaneamente eventos de maré de sizígia e passagem de sistema frontal. Em ambas as situações meteorológicas descritas, haverá, segundo a autora, maior eficiência dos agentes erosivos em detrimento dos deposicionais.

Tessler *et al.* (2006) concluíram que o litoral do Estado de São Paulo, ao contrário de muitos estados brasileiros, não possui grandes extensões praias submetidas a processos de erosão e/ou assoreamento. Há segmentos restritos de linha de costa, submetidos a processos erosivos ou acrescionais, sendo estes, em geral relacionados com a existência de obstáculos naturais ou construídos, que alteram a dinâmica sedimentar original.

Arcos praias

Tessler *et al.* (2006) identificaram 5 pontos no litoral central paulista que vêm sofrendo processos erosionais ou deposicionais importantes associados a praias. Os pontos são detalhados a seguir.

Pedra Meia Praia

A praia de Peruíbe estende-se da foz do Rio Peruíbe (Peruíbe) ao Morro do Paranambuco (Itanhaém) por aproximadamente 20 km. Pode ser caracterizada como uma praia dissipativa, larga e composta por areias muito finas e muito bem selecionadas. O sentido resultante do transporte de sedimentos tem rumo NE.

Aproximadamente no meio desta praia, existe o afloramento de uma laje do Embasamento cristalino a cerca de 800 m da linha de costa, conhecida como Pedra Meia Praia. Na praia, defronte a esta ilhota, existe uma drenagem perene de primeira ordem denominada rio Piaçaguera. Este rio é originado pelo

afloramento do lençol freático entre os cordões arenosos que formam a planície costeira, cortando terrenos arenosos.

A Pedra Meia Praia cria uma zona de proteção do embate de ondas e devido à baixa energia existente neste ponto, o material sedimentar que aporta na praia através do rio Piaçaguera se junta ao material sedimentar carregado pela deriva litorânea, ficando todos retidos. Esta retenção de material acaba por resultar em uma pequena progradação da praia, sobretudo em períodos de passagem de frente fria, quando a desembocadura do rio migra para leste e cria uma espécie de molhe hidráulico (Cazzoli y Goya & Tessler, 2000).

Morro do Paranambuco

A extremidade norte da praia de Peruíbe é marcada por um afloramento rochoso conhecido localmente como Morro do Paranambuco. Esta praia, neste trecho, possui também características dissipativas com areias de moda muito fina e grãos bem selecionados. No sopé do Morro do Paranambuco, existe uma pequena praia denominada Pocinho do Anchieta, separada da praia de Peruíbe por um pequeno afloramento rochoso.

Há um acúmulo de material sedimentar neste trecho praias causado pela interrupção da deriva litorânea rumo NE pelo Morro do Paranambuco. Este mesmo obstáculo natural pode ser responsável também pela deposição de parte do material do rio Itanhaém que esporadicamente seja carregado até este ponto.

Plataforma de Pesca Marítima

A Plataforma Marítima de Pesca foi construída em 1979, com o intuito de fomentar o turismo no município de Mongaguá. A principal atividade realizada nesta plataforma é pesca amadora. Esta obra tem de o formato da letra T, com comprimento de 350 metros e largura máxima (no braço maior) de 200 metros. Sua entrada foi fixada sobre aterros efetuados sobre a face praias (o que retirou cerca de 30 metros da mesma), adentrando pela zona de arrebentação com pilares vazados de cerca de 3 metros de altura na linha de costa e aumentando de altura progressivamente na medida em que se afasta da mesma (FARINNACCIO, 2000). Os pilares de sustentação da plataforma são vazados, de forma que esta obra não seja um obstáculo muito eficiente na retenção de sedimentos. Farinaccio (2000) afirma que embora este tipo de estrutura não altere significativamente a ação da deriva litorânea longitudinal, interfere na dinâmica *onshore* – *offshore* deste ponto. A formação e rompimento de bancos arenosos junto aos pilares ao sul do centro do píer foram as principais alterações vistas. Em épocas de passagem de frentes frias mais intensas, o barramento de parte do sedimento faz com que haja o depósito destes sob a forma de bancos de areia submersos.

Ponta do Itaipu

A Ponta do Itaipu é o divisor entre a Praia Grande e a Baía de Santos. A praia adjacente pode ser caracterizada como dissipativa, pois possui larga zona de arrebentação, gradiente suave e areia fina. O sentido de deriva litorânea resultante neste ponto é rumo NE, com processo sedimentar similar ao descrito para a Plataforma de Pesca. A orla foi, ao longo da década de 1990, recuperada urbanisticamente e em meados de 1994, um emissário submarino foi aqui construído. Esta obra, entretanto, não interfere na dinâmica sedimentar local, pois está enterrada a cerca de 2 metros da superfície de fundo da antepraia.

Esta é uma região de deposição de sedimentos natural, onde a areia praias invade arruamentos localizados em antiga região de dunas. O aporte de sedimentos é constante e efetuado pela quebra da

deriva litorânea feita pela Ponta do Itaipu. Apesar da construção de muros e canais de escoamento de águas pluviais que desencadeiam processos erosivos localizados, os processos construtivos são ainda mais efetivos.

Praia de Itararé e Milionários e Emissário Submarino

As praias da Baía de Santos têm larguras variáveis, gradientes suaves, areia fina a muito fina e podem ser classificadas, em termos morfodinâmicos, em dissipativas a intermediárias. De um modo geral, estas praias têm pouquíssimas evidências de deriva longitudinal e a dinâmica *onshore-offshore* seria a de maior importância no transporte de sedimentos local.

O setor que abrange a Praia dos Milionários, trecho praiado à direita do tombolo da Ilha Porchat, é parte de uma pequena enseada em formato de ferradura, que possui, hoje, uma linha de costa escalonada devido à presença de pelo menos 4 espigões, que acarretaram em agradação da linha de costa e assoreamento da antepraia adjacente a estas obras.

Na praia de Itararé houve também agradação da linha de costa apesar da extração de areia de praia feita pela prefeitura de São Vicente. Nesta mesma praia, defronte à ilha de Urubuqueçaba, nota-se a construção de um tombolo rumo à ilha, que também teve adição de material ao longo dos últimos 40 anos. A agradação deste segmento praiado foi reforçada pela construção do emissário submarino de Santos. O emissário em si não interfere na sedimentação da linha de costa, porém sua saída na praia é feita através de um espigão, que acabou por acumular sedimentos na zona de sombra da ilha de Urubuqueçaba.

Souza (2009) realizou um amplo estudo sobre a erosão nas praias do Estado de São Paulo, avaliando as possíveis causas e consequências do processo nas diversas praias do litoral paulista. O estudo resultou na elaboração do “Mapa de Risco à Erosão Costeira para o Estado de São Paulo” (SOUZA, 2009).

O **Quadro 3.1.2.1.1-2** mostra a classificação para as praias que estão localizadas no interior da APAMLC. Os valores variam de muito baixo a muito alto. As praias mais ao norte da Ilha de São Sebastião apresentam maior risco se comparadas às praias ao sul da ilha.

Quadro 3.1.2.1.1-2 – Risco de erosão costeira para as praias localizadas no interior da APAMLC. Fonte: Souza (2009)

Praia	Município	Risco de erosão
Boracéia	Bertioga / São Sebastião	Baixo
Guaratuba	Bertioga	Alto
Itaguapé	Bertioga	Muito Alto
São Lourenço	Bertioga	Muito Alto
Bertioga	Bertioga	Médio
Iporanga	Guarujá	Médio
São Pedro	Guarujá	Baixo
Perequê	Guarujá	Muito Alto
Pernambuco/Mar Casado	Guarujá	Muito Alto
Enseada	Guarujá	Muito Alto
Pitangueiras	Guarujá	Muito Alto

Astúrias	Guarujá	Muito Alto
Tombo	Guarujá	Médio
Guaiúba	Guarujá	Médio
Itararé	São Vicente	Baixo
Gonzaguinha	São Vicente	Muito Alto
Capitão	São Vicente	Muito Alto
Praia Grande	Praia Grande	Alto
Itanhaém	Itanhaém	Muito Alto
Peruíbe	Peruíbe	Muito Alto
Guaraú	Peruíbe	Muito Alto
Una	Peruíbe / Iguape	Médio

Desembocaduras de rios e lagoas

Tessler *et al.* (2006) identificaram 4 pontos no litoral central paulista que vêm sofrendo processos erosionais ou deposicionais importantes associados a desembocaduras de rios. Os pontos são detalhados a seguir.

Desembocadura do Rio Mongaguá

O rio Mongaguá apresenta área de drenagem de cerca de 6,5 km² e até a metade da década de 70, tinha sua foz livre na praia que, por sua vez, se orientava segundo as condições de ondas e correntes vigentes. Sob a ação da passagem de sistemas frontais, a foz deslocava-se rumo E-NE e sob o predomínio de tempo bom, esta foz desviava-se rumo SW. Obras, como a construção de diques para contenção da migração e valas de escoamento na praia, eram realizadas periodicamente a fim de evitar inundações na cidade de Mongaguá. Na metade da década de 1970, a construção de um enrocamento rochoso que fixa a foz do rio e também de arruamento e jardins em região do antigo leito fluvial, passou a ocorrer erosão em todo o trecho adjacente da desembocadura - **Figura 3.1.2.1.1-25** e **Figura 3.1.2.1.1-26**. Este processo continua a agir até os dias de hoje, agravado pela prática de retirada de areia de praia efetuada pela prefeitura ao longo de pelo menos os últimos 20 anos.

Figura 3.1.2.1.1-25 – Rio Mongaguá em 1959 (escala 1:25.000 – Araújo, 2000 *apud* Tessler *et al.*, 2006). Apesar da ocupação já estar avançada no vale do rio, este ainda possuía desembocadura livre na praia. Notar canal aberto na foz do rio provavelmente para evitar que este fosse represado pela ação do mar e causasse alagamentos na região.



Figura 3.1.2.1.1-26 – Vale do rio Mongaguá em 1997 (escala 1:10.000 – *apud* Tessler *et al.*, 2006) totalmente urbanizado com o rio canalizado. A desembocadura é marcada por um molhe fixo, que não permite mais a migração desta.



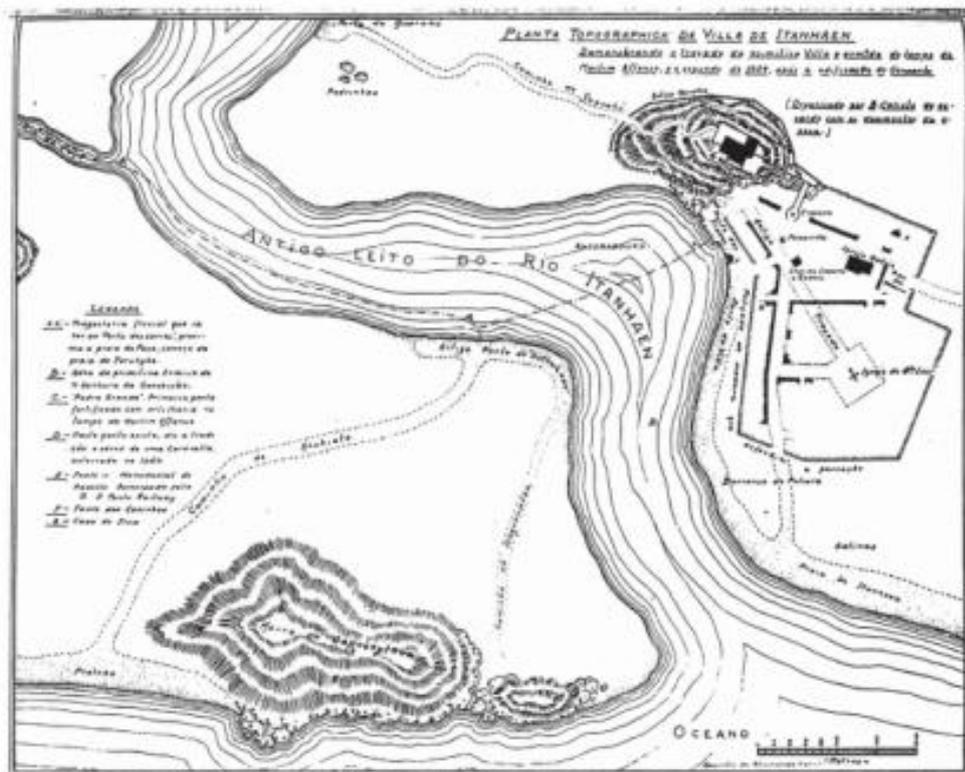
Desembocadura do Rio Itanhaém

O rio Itanhaém possui a segunda maior bacia hidrográfica do litoral paulista sendo formado pela confluência dos rios Branco e Preto. Seu regime hidrológico é ajustado à pluviosidade local com vazões maiores nos meses de verão. Com exceção do rio Preto, os altos cursos dos rios que formam esta bacia estão localizados nas escarpas da Serra do Mar sendo devidamente controlados pelas estruturas tectônicas

presentes. O poder erosivo destas drenagens, que descem em declives acentuados, produziu profundos vales em forma de “V” nas escarpas.

Segundo Araújo Filho (1950) *apud* Tessler *et al.* (2006), documentos históricos como é o caso da Planta Topográfica da Vila de Itanhaém organizada por Benedito Calixto no final do século XIX, mostram o leito do rio Itanhaém deslocado cerca de 500 metros para nordeste (junto ao Morro do Convento) – **Figura 3.1.2.1.1-27**. Pelo que este autor deixa a entender, o deslocamento (rápido) do curso do Rio foi motivado pelo início das obras de aterro da ferrovia Santos – Jiquiá. Machado *et al.*, (2016) apontam a influência de ações antrópicas, como a abertura do canal entre o rio Preto e o rio Branco, na alteração do curso do rio Itanhaém.

Figura 3.1.2.1.1-27 – Planta topográfica da vila de Itanhaém, organizada por Benedito Calixto, com base em documentos datados de 1624. Atualmente, o rio passa a pelo menos, 500 metros desta posição, desaguando no sopé do Morro do Sapucaitava. Fonte: Tessler *et al.* (2006).



Cazzoli y Goya & Tessler (2000) concluíram que devido à intensificação do molhe hidráulico do Rio Itanhaém em períodos de passagem de sistemas frontais, devido à maior pluviosidade, e a refração/difração das ondas do quadrante sul no afloramento do Morro do Sapucaitava, este trecho ficaria resguardado da ação direta de ondas e, portanto seria depositário dos sedimentos carreados pelo rio.

Desembocadura do Rio Peruíbe

O Rio Peruíbe apresenta uma área de aproximadamente 64 km², sendo predominantemente um rio de planície. É formado pela junção de dois afluentes principais: Rio Branco e Rio Preto, sendo este último o seu afluente principal.

O aporte de águas de preamar faz com esses rios apresentem inversão periódica de fluxo, adquirindo caráter de canal de maré. Como o regime de maré na região é do tipo misto, com duas preamares e duas baixa-marés de amplitudes diferentes a cada 25 horas (dia lunar), fenômenos de entrada volumosa de águas do mar nesses canais de maré sucedem-se em períodos curtos de cerca de 12 horas. O efeito da entrada de águas salgadas faz-se presente até uma distância de pelo menos 1,5 km da costa, favorecendo a deposição de siltes e argilas.

Atualmente, ambas as margens do rio Peruíbe estão densamente ocupadas, com a instalação de um porto para pequenos barcos de pesca e presença de obras como a retificação dos rios Branco e Preto na altura de sua confluência e a construção de diques laterais para a contenção de inundações. Antes da construção destas obras, a lama acumulava-se na praia de Peruíbe sob a forma de pelotas de dimensões variadas. Hoje, com a diminuição dos transbordamentos, a lama concentra-se na planície adjacente ao rio (GIANNINI, 1987).

A foz do Rio Peruíbe localiza-se na praia de Peruíbe, que é caracterizada por ser uma praia exposta à ação de ondas, com areia escura e compactada. O sentido de transporte preferencial dos sedimentos é rumo NE, com predomínio de dinâmica *onshore* – *offshore* defronte a foz do Rio Peruíbe. Barras arenosas submersas são frequentemente vistas próximas da foz do rio. A prefeitura local costuma também realizar retirada de areia de praia, o que causa uma situação de déficit de sedimentos.

As obras efetuadas no rio Peruíbe alteraram o transporte de sedimentos e a interação das águas fluviais e oceânicas, modificando assim o balanço sedimentar local - **Figura 3.1.2.1.1-28**. Ao longo do trecho praiial mais próximo da desembocadura (cerca de 1 km) existe um evidente avanço do mar sobre construções como arruamentos e pequenos muros que separam a praia de jardins públicos. Entretanto os arruamentos atacados estão localizados sobre o antigo leito da desembocadura do rio Peruíbe e os pequenos muros foram construídos em lugar anteriormente ocupados por pequenas dunas.

Figura 3.1.2.1.1-28 – Painel superior: foz do Rio Peruíbe em 1962 (escala 1:25.000). O rio desembocava na praia de Peruíbe trazendo consigo muito material sedimentar para a linha de costa. Os afluentes tinham curso meandrante na planície costeira. Painel inferior: Foz do rio Peruíbe em 1994 (escala 1:25.000). Os afluentes estão canalizados, o que aumentou a vazão de água sobretudo em época de chuvas. As margens do rio foram revestidas por gabiões, o que inibiu a formação das pelotas lamosas (Giannini, 1987 *apud* Tessler *et al.*, 2006). A ocupação acompanhada de desmatamento causou forte assoreamento na foz do rio que hoje permite a entrada somente de pequenos barcos de pesca. Fonte: Tessler *et al.* (2006).



Desembocadura do Rio Guaraú

O Rio Guaraú é um dos maiores rios da região, com aproximadamente 16 km de extensão, 65 metros de largura máxima e em média 5 metros de profundidade. Em 1977 houve o início da construção de um

enrocamento na foz deste rio para a proteção de residências de veranistas existentes na Praia do Guaraú. Esta obra, construída em sua maior parte na década de 80, fixou uma nova saída para o rio à cerca de 500 m de sua foz original. Apesar do embargo da obra ter sido declarado em 1988, consequências desta construção como o assoreamento da foz do rio (com profundidade entre 8 a 10 metros na década de 1970), erosão acentuada da praia do Guarauzinho e o processo de agradação na praia do Guaraú continuam até hoje.

Figura 3.1.2.1.1-29 - Fotografias aéreas dos anos de 1962 (figura 19a) e de 1994 (figura 19b), ambas em escala original de 1:25.000. A comparação entre ambas fotografias mostra a erosão na praia situada à margem direita do rio Guaraú e a acreção margem esquerda do mesmo



Sensoriamento remoto

Para avaliar a evolução sedimentar das desembocaduras dos rios e lagoas no interior da APAMLC, foram analisadas imagens de satélite ao longo da linha de costa dos setores da APAMLC. Foram identificadas 12 desembocaduras ao longo dos três setores da APAMLC, sendo 7 no setor Guaíbe e 5 no setor Carijó. A seguir são apresentadas imagens de satélite para cada uma das desembocaduras onde foram observados processos de erosão, deposição ou assoreamento. As imagens de desembocaduras que não apresentaram alterações significativas estão disponíveis no **ANEXO 3.1-4**.

Setor Guaíbe

Das 7 desembocaduras avaliadas neste setor, foram identificadas 3 desembocaduras que merecem atenção por apresentarem algum tipo de modificação morfodinâmica nos últimos anos.

A desembocadura do Rio Itaguaré na praia de mesmo nome apresentou uma variação considerável entre os anos de 2002 e 2016 (). Contudo, esse processo deve-se, provavelmente, a variações naturais, não havendo ocupação humana considerável ou estruturas artificiais capazes de gerar tal alteração. Como descrito por Lopes (2007), a região do Rio Itaguaré e da praia de mesmo nome apresentam grande biodiversidade e são reconhecidas por sua beleza cenográfica e por ainda apresentar mata nativa, fato que evidencia a necessidade de preservação dessa região.

Por outro lado, uma situação muito diferente é observada na desembocadura do Canal de Bertioga (). Intensa ocupação na margem esquerda do canal, com a presença de muitas embarcações e alteração de origem antrópica na costa; construção de muros, píeres e estruturas de apoio a navegação (SANTOS *et al.*, 2008). Na mesma borda ocorre um ponto de assoreamento junto à costa, aparentemente estável. O canal recebe fluxo intenso de embarcações de recreação na porção interna, cujo excesso de velocidade provoca a formação de ondas que ao se propagar em direção às margens provocam erosão no talude sedimentar, diminuindo o substrato de fixação dos bosques de mangue, gerando sua derrubada.

A mostra a evolução da desembocadura do Rio do Peixe no canto direito da Praia de Perequê, Guarujá. Semelhante aos processos encontrados por Souza (2009) e Tessler *et al.*, (2006), observa-se o assoreamento da porção interna da desembocadura do rio, na região da última curva, o que provocou a retilinearização do leito nesse ponto. Além disso, observa-se a intensificação dos processos deposicionais no canto da praia, que sofreu progradação para NE, em direção a margem direita do rio.

Figura 3.1.2.1.1-30 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Itaguapé na Praia de Itaguapé – Bertioiga. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

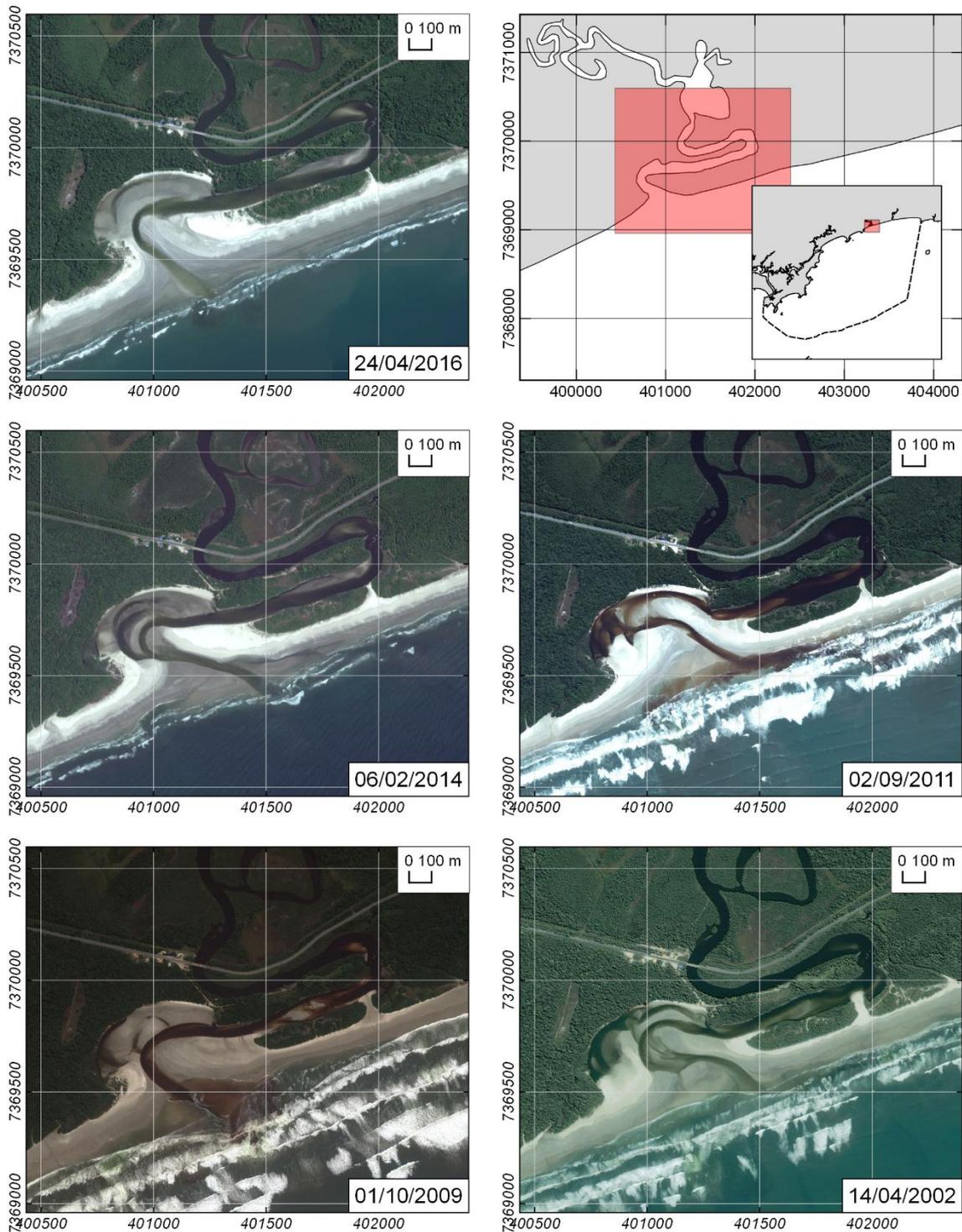


Figura 3.1.2.1.1-31 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura Canal de Bertioiga na Praia de Bertioiga - Bertioiga. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

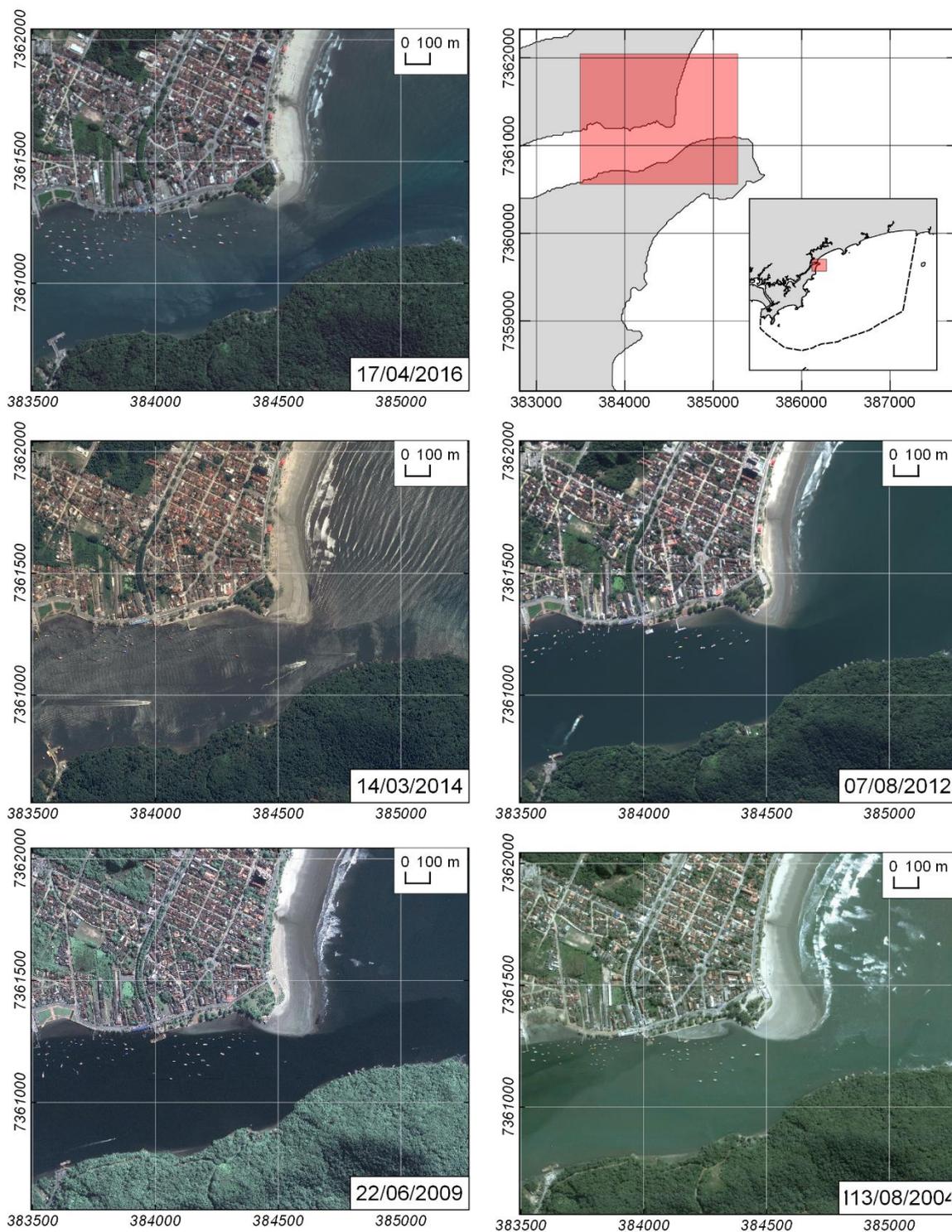
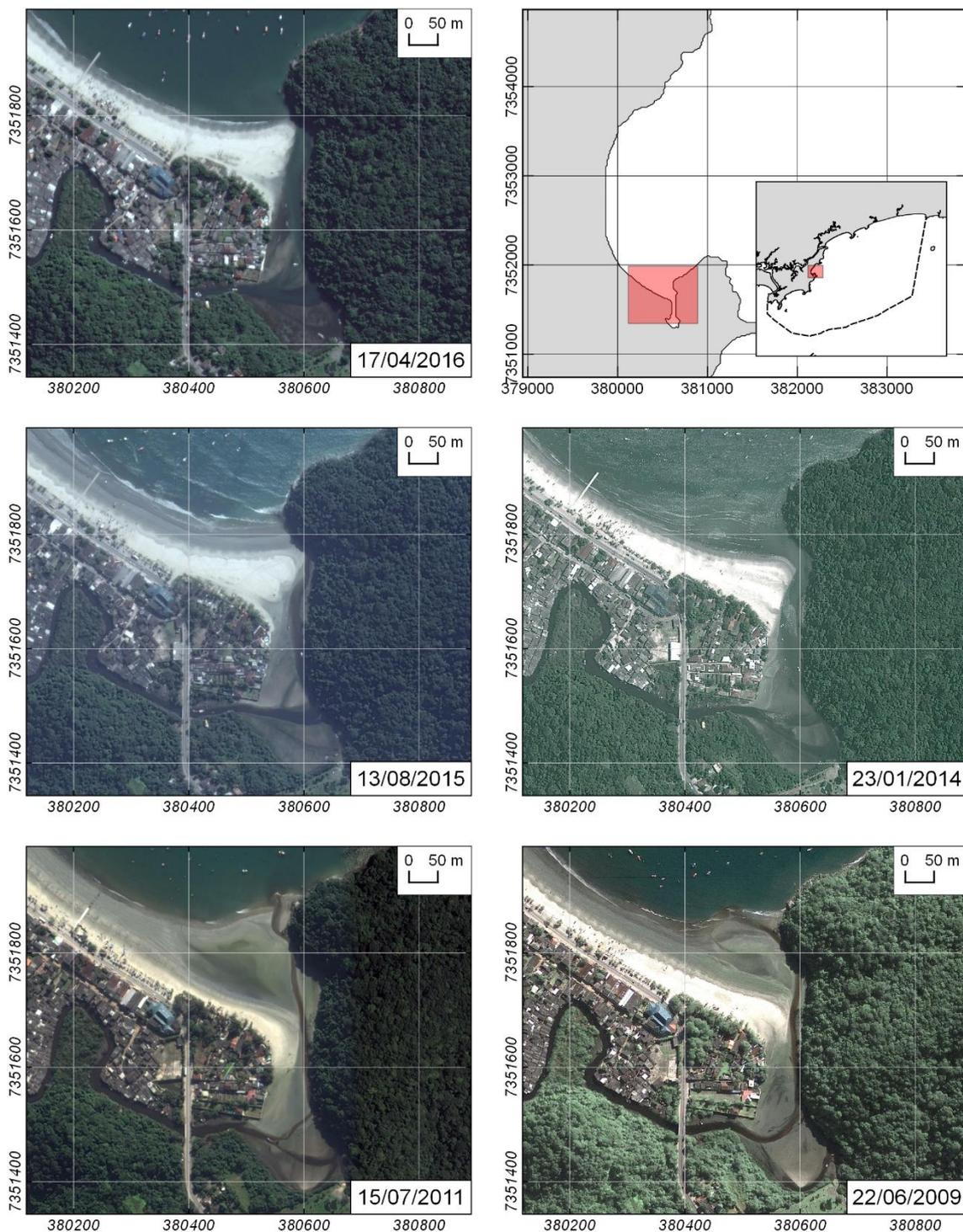


Figura 3.1.2.1.1-32 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio do Peixe no canto direito da Praia de Perequê, Guarujá. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.



Setor Carijó

Na linha de costa do setor Carijó da APAMLC foram identificados 5 desembocaduras com evidências de erosão ou deposição: Rio Mongaguá, Rio Itanhaém, Praia Gaivota, Rio Peruíbe e Rio Guaraú.

A mostra a evolução da desembocadura do Rio Mongaguá. Como apontado por Tessler *et al.* (2006), a construção de diques para contenção da migração e valas de escoamento na praia (realizadas periodicamente a fim de evitar inundações na cidade de Mongaguá), associada à construção de um enrocamento rochoso fixando a foz superpopulosa do rio, resultaram em um processo erosivo de todo o trecho adjacente da desembocadura. Processo agravado pela prática de retirada de areia de praia pela prefeitura (TESSLER *et al.*, 2006).

A desembocadura do Rio Itanhaém () está sujeita à deposição de sedimentos trazidos pelo rio durante eventos de passagens frontais, pela intensificação do molhe hidráulico do Rio Itanhaém, resultante do aumento de chuvas. Observa-se, em especial no ano de 2009, uma forte tendência de assoreamento na porção distal do leito do rio.

Diferente dos dois casos já citados para o setor Carijó, a desembocadura existente na Praia Gaivota (ou Praia Tapirema;) – Rio Piaçaguera, não é tão densamente povoada. Isso permite que a foz do rio varie naturalmente ao longo do tempo, fato este também ilustrado por Tessler *et al.* (2006). Contudo, observa-se uma tendência à erosão dessa praia, com a diminuição da faixa de areia entre 2012 e 2016.

A desembocadura do Rio Peruíbe () que é caracterizada pela fixação da foz do rio por enrocamentos. Além disso, ocorre retirada de areia de praia pela prefeitura, que, juntamente às obras efetuadas no Rio Peruíbe, alteraram o transporte de sedimentos e a interação das águas fluviais e oceânicas, modificando assim o balanço sedimentar local. Muros foram construídos sobre dunas e o antigo leito do rio foi coberto por construções e arruamentos. Como consequência, ocorrem avanços do mar sobre algumas calçadas e arruamentos.

Como apontado por Tessler *et al.* (2006), a foz do Rio Guaraú foi deslocada cerca de 500 m da posição original da sua desembocadura (), devido a construção de um enrocamento na foz deste rio para a proteção de residências na Praia do Guaraú em 1977. Como resultado, ocorreu o assoreamento do leito do rio, erosão acentuada da praia do Guarauzinho e o processo de agradiação na praia do Guaraú.

Nota-se, portanto, que a maior parte das alterações na dinâmica sedimentar na linha de costa da porção central do litoral paulista é resultante da interferência antrópica, ligada a intensa ocupação humana, característica marcante dessa região. Assim, além da necessidade de manutenção das estruturas construídas e do combate constante aos avanços do mar, essas cidades ficam mais vulneráveis aos impactos de eventos extremos, como as ressacas do mar.

As demais desembocaduras analisadas por imagens de satélites são apresentadas no **ANEXO 3.1-4**.

Figura 3.1.2.1.1-33 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Mongaguá, Mongaguá. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

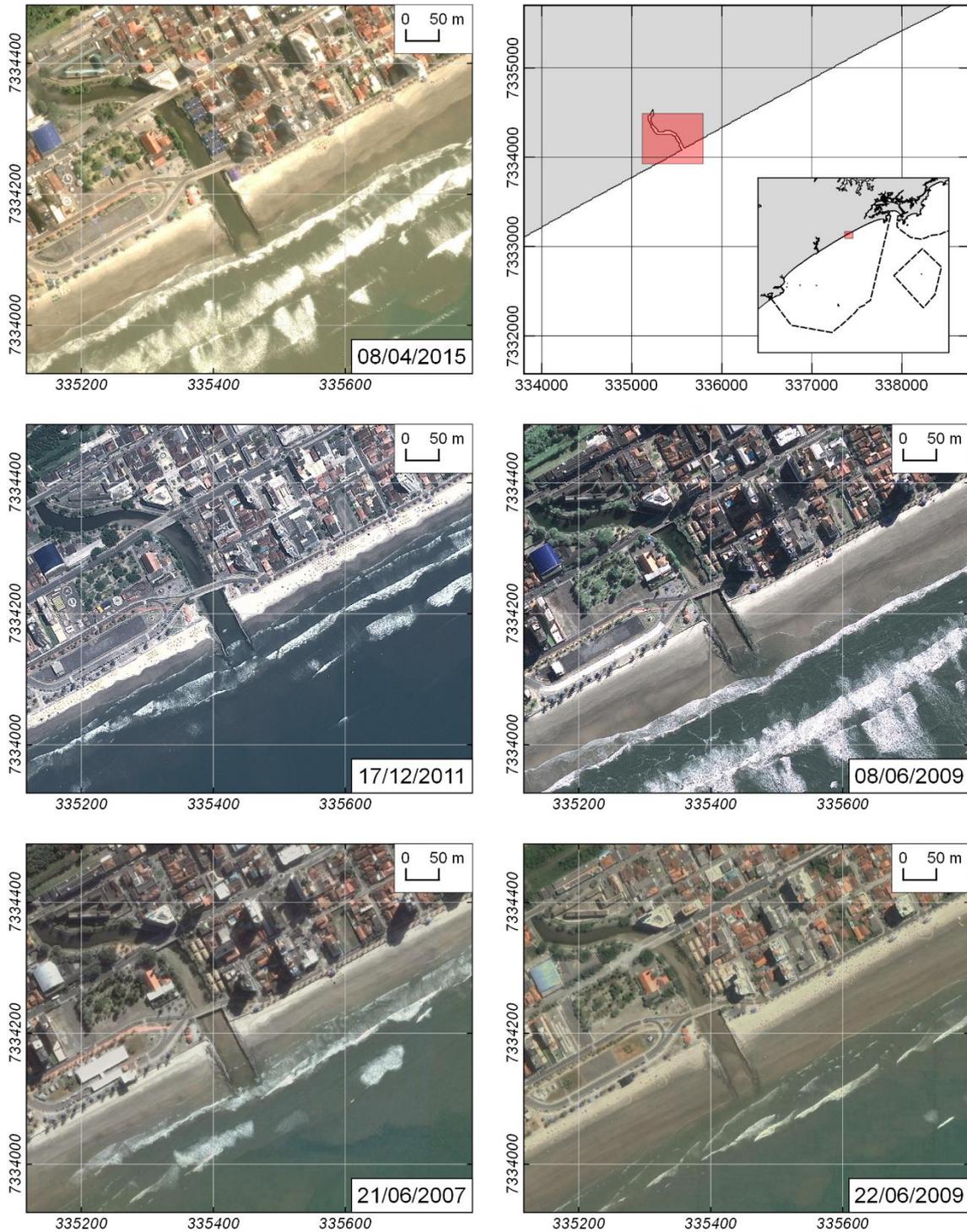


Figura 3.1.2.1.1-34 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Itanhaém, Itanhaém. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

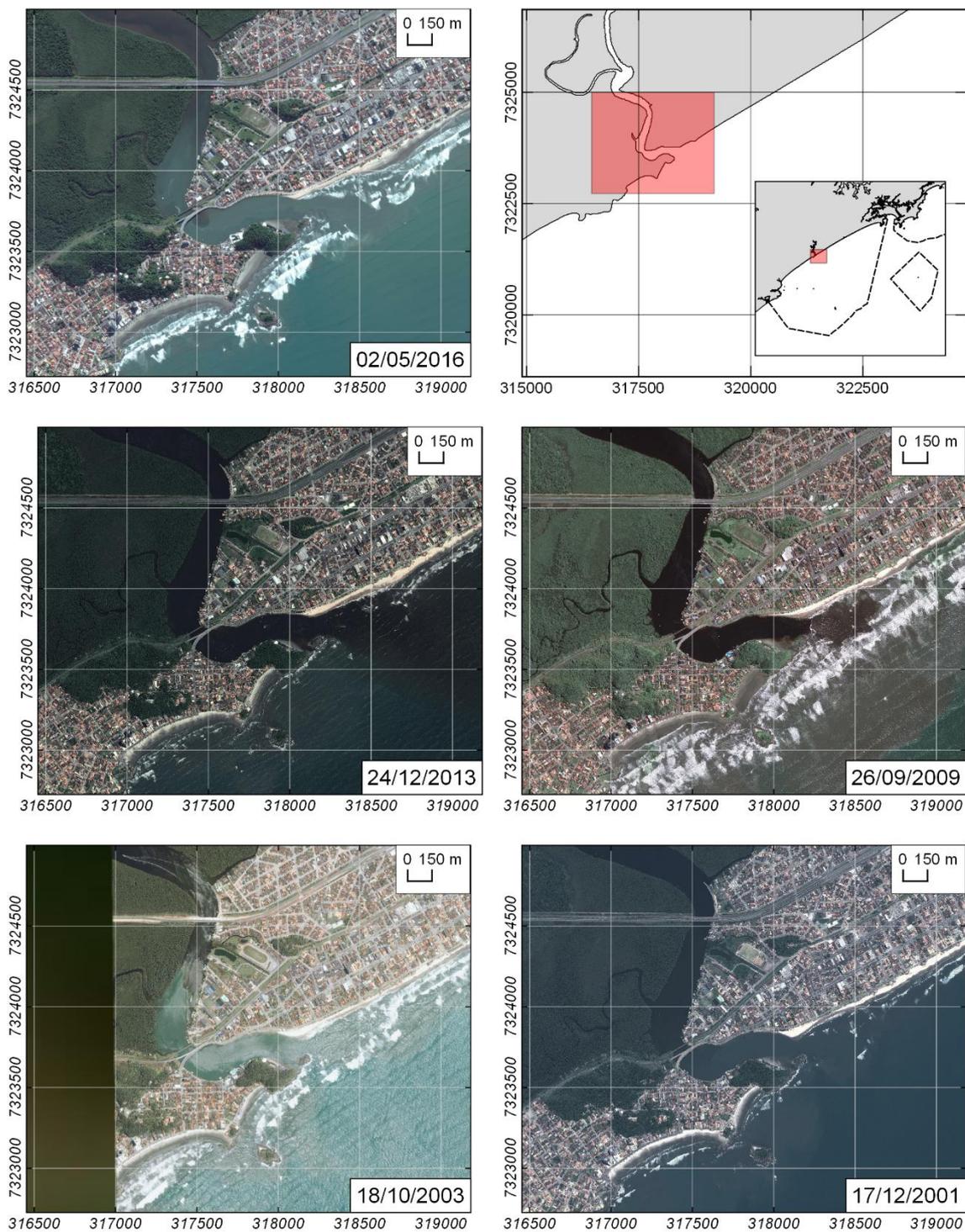


Figura 3.1.2.1.1-35 – Evolução da dinâmica sedimentar na Praia Gaivota – Rio Piaçaguera, Itanhaém. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

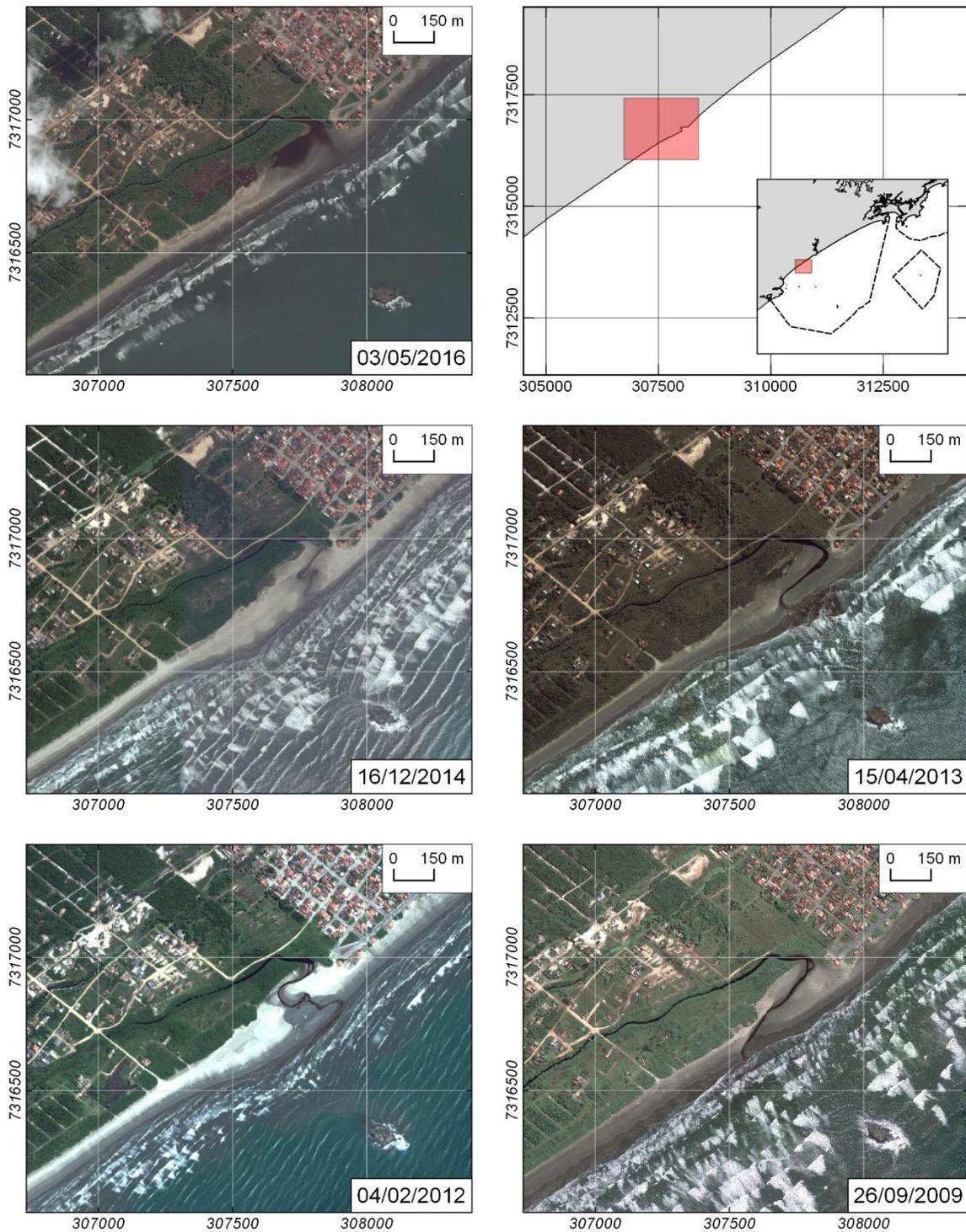


Figura 3.1.2.1.1-36 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Peruíbe, Peruíbe. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

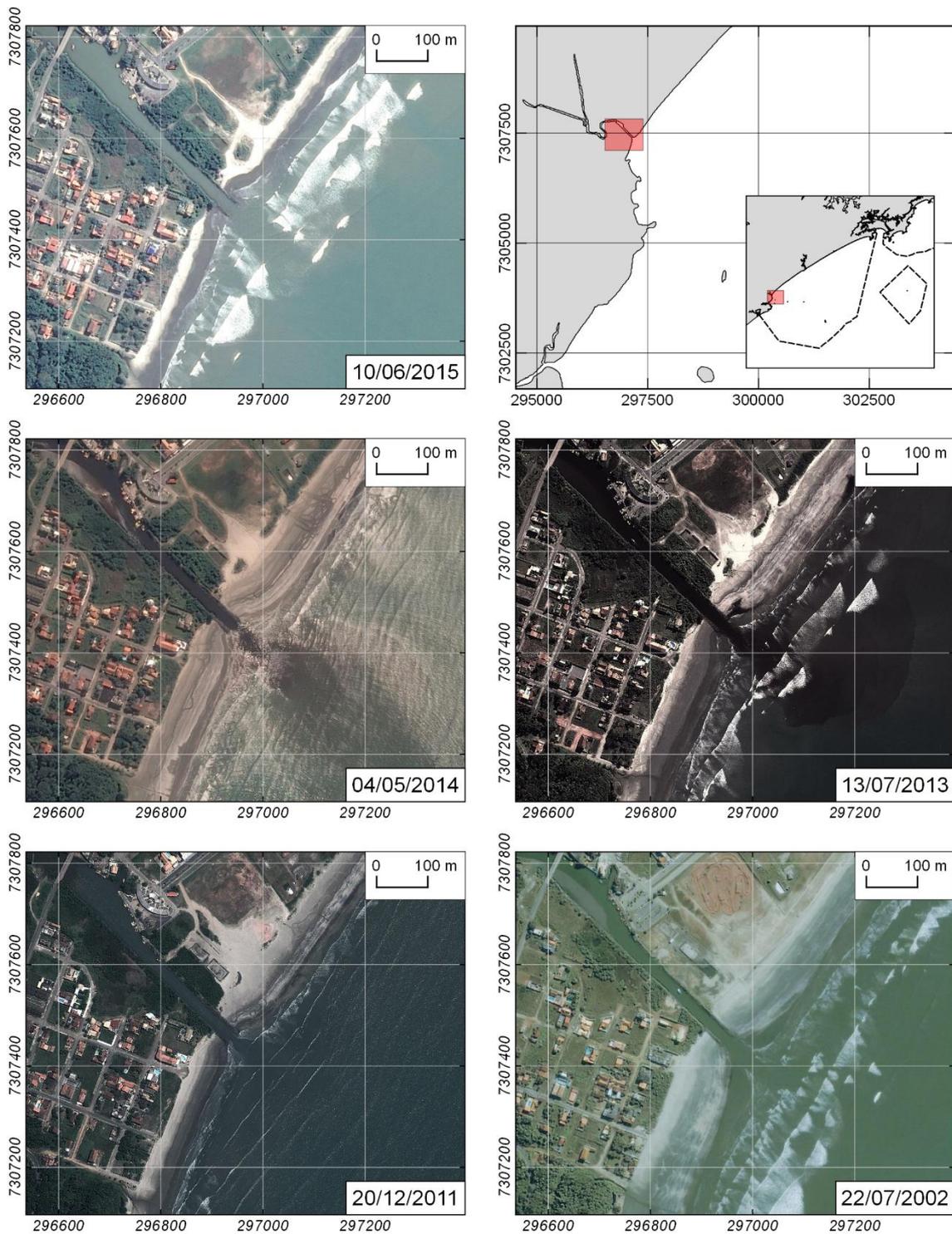
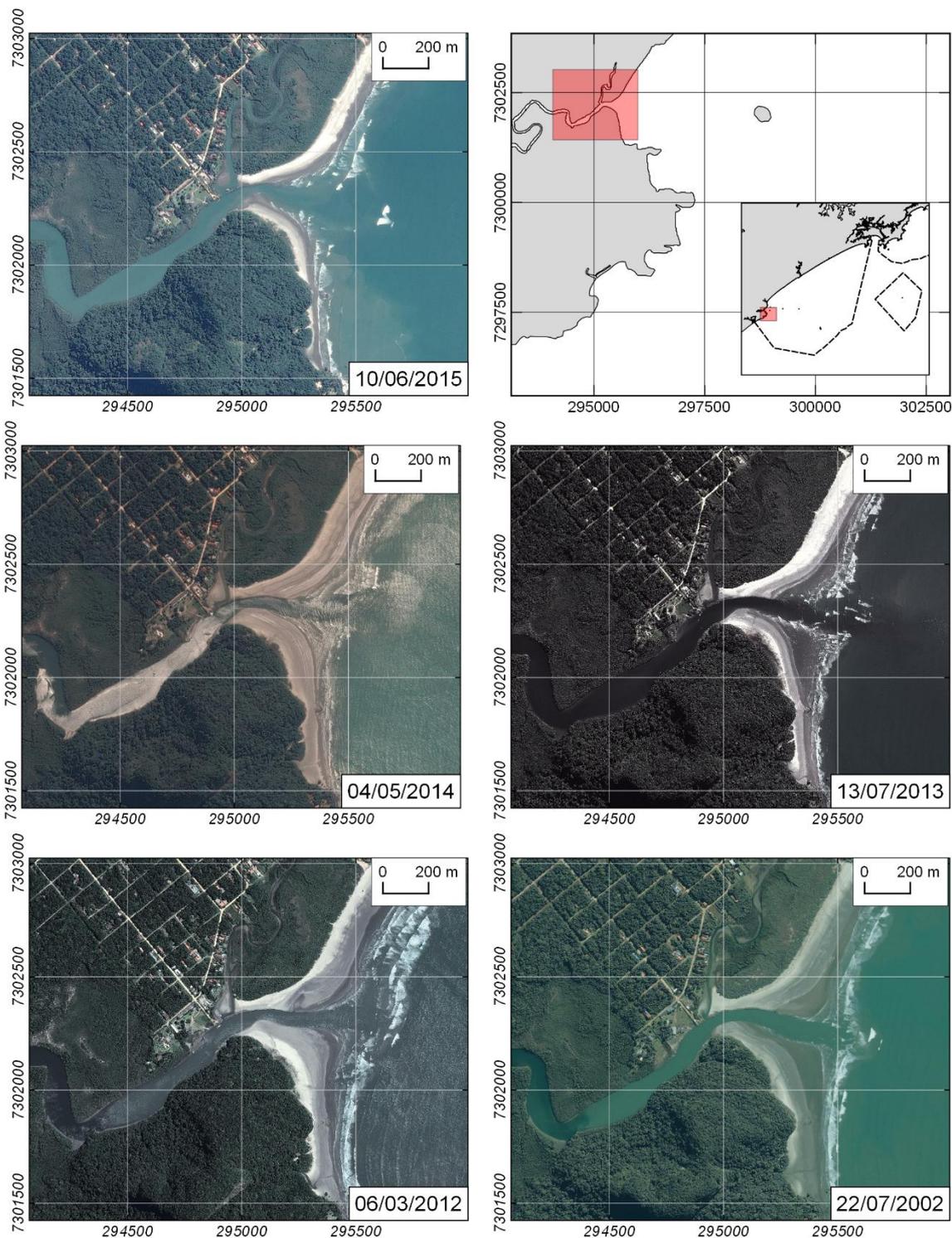


Figura 3.1.2.1.1-37 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Guaraú, Peruíbe. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.



■ Síntese da caracterização da geologia marinha

A região costeira da APAMLC apresenta uma linha de costa retilínea ao sul, no setor Carijó, com planícies costeiras extensas, praias dissipativas e poucas ilhas, e uma linha de costa recortada ao norte, no setor Guaíbe, com planícies costeiras mais estreitas, a presença de baías, enseadas e praias de bolso, com maior presença de ilhas.

Foi diagnosticada a presença de 67 praias localizadas dentro da APAMLC – 32 no setor Guaíbe e 35 no setor Carijó que, de forma geral, apresentam areias finas até médias, com aumento de grânulos no setor norte.

O compartimento Praia Grande – Peruíbe é composto pelas praias situadas nas planícies costeiras de Itanhaém e Praia Grande. A planície costeira de Itanhaém com direção aproximada de NE e dimensões máximas de 40 km de comprimento por cerca de 15 km de largura e conta com a bacia hidrográfica do Rio Itanhaém, que corresponde, em extensão, a segunda maior bacia do litoral paulista. Já a planície de Praia Grande tem dimensões de 20 km de extensão por 10 km de largura (máxima) e é limitada nas suas extremidades pela Serra de Mongaguá ao sul e pelo estuário santista ao norte. Nas porções central e nordeste, a planície é drenada por uma rede de canais de maré que delimitam as ilhas de São Vicente e Santo Amaro. A porção sudoeste desta planície é drenada, pontualmente, pelo Rio Mongaguá. Na maior parte do ano, o sentido predominante de transporte sedimentar é rumo SW, mas sob a influência de sistemas frontais polares, a resultante geral desse transporte se dá rumo NE.

O compartimento Santos - Bertioga compreende as ilhas de São Vicente e Santo Amaro, separadas entre si e do continente por canais de maré (Porto, São Vicente e Bertioga) onde também desaguardam drenagens oriundas das encostas da Serra do Mar. A principal bacia hidrográfica deste compartimento é a do rio Itapanhaú, que deságua no Canal da Bertioga.

As praias deste compartimento podem ser divididas em dois setores. O primeiro engloba as praias insulares da ilha de São Vicente: dissipativas, planas e compostas por areias finas a muito finas. O segundo setor abrangeria as praias da ilha de Santo Amaro, que estão expostas ao oceano, com características de praia de bolso.

O compartimento Bertioga – Toque-Toque engloba a parte norte do território do setor Guaíbe da APAMLC e a parte sul do setor Ypautiba da APAMLN. Ocorre nessa região uma forte inflexão da linha de costa que configura um grande arco EW (com aproximadamente 65 km de comprimento), recortado por enseadas, cujas dimensões diminuem rumo à NE. A bacia de drenagem mais significativa desta área é a do Rio Una do Norte, porém cada praia possui bacias de drenagens próprias. As praias tornam-se menores e mais recuadas, rumo à ilha de São Sebastião, devido à aproximação das vertentes da Serra do Mar.

Com relação às ilhas e lajes, foram diagnosticadas no total 28 localidades no interior da APAMLC, sendo a maioria no setor Guaíbe. Também foram diagnosticadas 10 lajes/parcéis submersos, muitos deles associados as ilhas emersas. A maioria destas ilhas e lajes é constituída por costões rochosos, algumas com vegetação no topo. A formação mais importante é a Laje de Santos, devido à alta concentração de diversidade marinha neste local. O Parque Estadual Marinho da Laje de Santos é o primeiro dessa categoria no Estado de São Paulo. Foi fundada em 1993 com o objetivo de garantir uma proteção completa da flora e da fauna e da beleza deste ecossistema, um dos mais famosos pontos de mergulho recreativo no sudeste do Brasil.

A batimetria da APAMLC se estende desde a linha de costa até a profundidade de 50 m - Itaguaçu - e 30 m – Carijó e Guaíbe, onde as isobatimétricas acompanham relativamente o mesmo recorte da linha de costa. Sobre a composição do fundo marinho, o teor de areia exibe frações mais grossas próximo à costa. Os sedimentos dos 3 setores são majoritariamente compostos por areia, acima dos 90%. O setor Itaguaçu apresenta distribuição espacial ligeiramente mais variada, com teores de areia de 80% em alguns pontos mais profundos. De maneira geral, os setores da APAMLC não exibem uma contribuição significativa de argila, o teor para o território é abaixo dos 10%. Ainda, dentro dos setores da APAMLC não há ocorrência superior a 10% de teor de carbonato.

Com relação aos processos sedimentares, foram identificados quatro pontos ao longo das praias da APAMLC que apresentam algum tipo de alteração:

- Praia de Peruíbe, entre o Rio Peruíbe e Morro do Paranambuco (Pedra Meia Praia) – pequena progradação com contribuição de material proveniente do Rio Piaçaguera;
- Morro do Paranambuco – Praia Pocinho – acúmulo de material sedimentar devido a interferência na deriva litorânea e material proveniente do Rio Itanhaém;
- Plataforma Marítima de Mongaguá – pequenos pontos de assoreamento no arredor dos pilares especialmente durante passagem de frentes frias;
- Ponta de Itaipu – divisa entre Praia Grande e São Vicente – ponto de assoreamento devido à deriva litorânea.

Além destes pontos ao longo das praias, foram diagnosticados problemas também nas desembocaduras de alguns rios:

- Rio Itaguaré – alteração do meandramento do Rio, possivelmente causado por variações naturais;
- Canal de Bertioga – assoreamento da margem esquerda;
- Rio do Peixe (ou Perequê) – assoreamento da foz com progradação de cordão arenoso;
- Rio Mongaguá – erosão costeira devido a intervenção antrópica;
- Rio Itanhaém – Assoreamento da foz
- Rio Piaçaguera – erosão e alteração do meandramento;
- Rio Peruíbe – Erosão e avanço do mar sobre as margens;
- Rio Guaraú – enrocamento provocando assoreamento, erosão e agradação.

Além destes processos já em ocorrência, Souza (2000) diagnosticou algumas praias na região com riscos elevados de processos erosivos, sendo:

- Risco Alto: Praia de Guaratuba (Bertioga) e de Praia Grande;

- Risco Muito Alto: Praias de Itaguapé e São Lourenço (Bertioga), Praias Perequê, Pernambuco, Enseada, Pitangueiras e Astúrias (Guarujá), Praia de Itanhaém e as Praias do Guaraú e Peruíbe em Peruíbe.

3.1.2.1.2 Caracterização Oceanográfica

Neste item são descritas as características da oceanografia física para a região da Plataforma Continental de São Paulo, considerando as variações de correntes, temperatura, salinidade, nível do mar e ondas.

■ Características gerais – compartimentação dinâmica da PCSE

A área de estudo está localizada na Plataforma Continental Sudeste (PCSE), que está compreendida entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta (SC), variando sua profundidade desde a linha de costa até aproximadamente 200 m, conforme apresentado anteriormente.

Para o entendimento dos campos de corrente, temperatura e salinidade que atuam sobre a PCSE, Castro (1996) definiu a compartimentação dinâmica da Plataforma Continental Norte de São Paulo e estendido para toda a PCSE por Rezende (2003). Esta classificação é descrita por:

- Plataforma Continental Interna (PCI): localizada entre a linha de costa e a Frente Térmica Profunda (FTP). A FTP ocorre na região de separação entre as massas de água: Água Costeira (AC) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). A localização da FTP, durante o verão, está entre 10-30 km da costa, sob as isóbatas de 20-40 m. No inverno, esta frente se localiza a 40-80 km da costa, sob as isóbatas de 50-70 m.
- Plataforma Continental Média (PCM): localiza-se entre a FTP e a Frente Halina Superficial (FHS), que é a separação entre as massas de água: AC e Água Tropical (AT). No verão, estende-se deste 10-30 km da costa até 60-80 km, sob as isóbatas de 20-40 m e 70-90 m. No inverno, ocupa a faixa entre 40-60 km e 60-80 km da costa.
- Plataforma Continental Externa (PCE): estende-se desde a FHS a

Desta maneira, e a partir de outros trabalhos como de Emilson (1961), Miranda (1982), Miranda (1985), Castro *et al.* (1987) e Miranda & Katsuragawa (1991) nota-se que as massas de água que ocupam a PCSE, em geral são resultantes da mistura entre AT, ACAS e AC. As AT e ACAS apresentam índices termohalinos bem definidos, diferentes da AC, que é caracterizada por baixas salinidades, sendo resultado da mistura da descarga continental com as demais águas da PCSE. Alguns autores também identificam a massa de água Água de Plataforma (AP), que seria a mistura entre estas três massas de água, mas que também não possui valor de temperatura e salinidade definidos (EMILSON, 1961; SILVA, 1995). Os índices termohalinos, segundo Miranda (1982), para a AT e ACAS estão no

Quadro 3.1.2.1.2-1.

Quadro 3.1.2.1.2-1 – Índices termohalinos das massas de água presentes na Plataforma Continental Sudeste. Fonte: Miranda (1982)

Massa de Água	Intervalo de Temperatura (°C)	Intervalo de Salinidade
ACAS	$6 < T < 20$	$34,6 < S < 36$
AT	$T > 20$	$S > 36$

Portanto, tem-se que na PCI está presente essencialmente a massa de água AC. Já na PCM, em níveis superficiais está presente a massa de água AC, e em subsuperfície a ACAS. Na PCE, em superfície está presente a AT e em subsuperfície a ACAS.

Estas massas de água são movimentadas por uma combinação de diferentes forçantes, tais como: as marés, os ventos, as descargas fluviais e a Corrente do Brasil, cada qual atuando em regiões diferentes da PCSE e em distintas escalas espaciais e temporais (CASTRO, 1996). Autores como Castro (1996), Ruffato (2007) e Mazzini (2009) indicam que as correntes de maré são mais importantes perpendicularmente à linha de costa.

Na sequência são apresentadas as principais características dos movimentos que ocorrem na PCI, PCM e PCE:

Movimentos sobre a PCI

A PCI não sofre, em geral, influência direta da Corrente do Brasil (CB) como forçante (CASTRO, 1996), sendo que alguns trabalhos observacionais (MATSUURA, 1975; LUEDEMANN, 1979; MAZZINI, 2009) e outros numéricos (REZENDE, 2003; COELHO, 2007) mostram que, principalmente na porção sul da PCSE, o fluxo predominante é sentido NE, podendo estar associado ao gradiente de densidade formado pelas descargas dos sistemas estuarinos de Paranaguá, Cananéia e Santos, por exemplo.

Contudo, Castro (1996), através de estudos observacionais ao largo de Ubatuba - SP, verificou que no litoral norte do Estado de São Paulo, em três invernos consecutivos, o fluxo predominante foi para SW, ocorrendo coerência entre as correntes e o vento. Fato importante foi verificado por Moreira (1998), que estudou correntes coletadas na PCI ao norte e ao sul do Canal de São Sebastião - SP. A autora concluiu que toda a circulação sofre influência significativa do vento, sendo que os pontos ao norte e ao sul da Ilha de São Sebastião apresentaram sentidos de direção de correntes opostos.

Deste modo, nesta porção da PCSE, os principais movimentos estão associados ao gradiente termohalino e ao vento.

Movimentos sobre a PCM

Ao largo de Ubatuba – SP, em período de inverno, Castro (1996) verificou que na PCM, o fluxo é predominantemente para SW, com inversões para NE sendo frequentes. Desta forma, o autor classifica como sendo a principal forçante para este compartimento da PCM o vento. Mazzini (2009) também indica corrente fluindo para SW nesta porção da PCSE, e alguma correlação entre os movimentos da PCM e PCI.

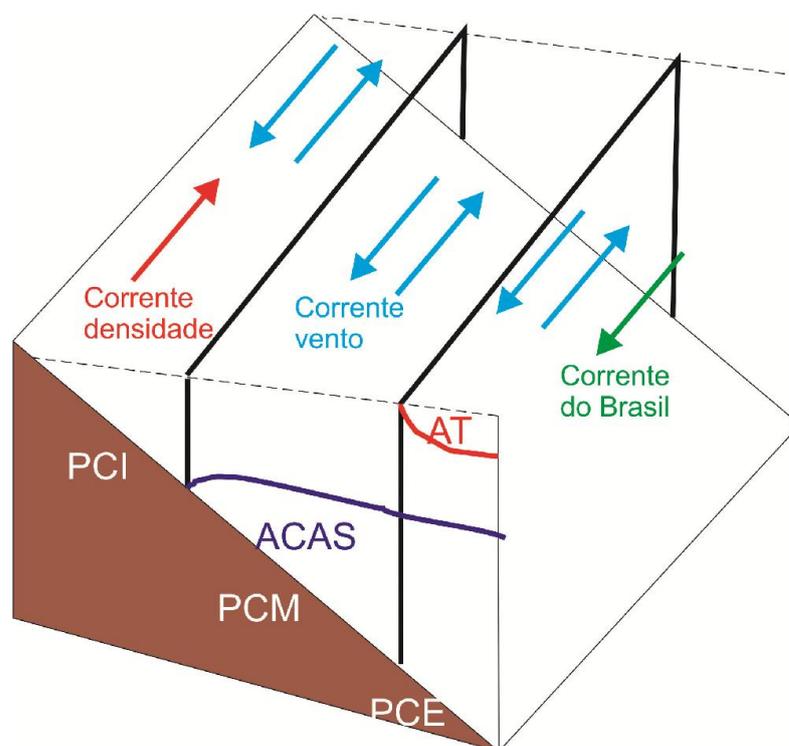
Movimentos sobre a PCE

Para a porção mais externa da PCSE, a PCE, autores como Moreira (2008) e Souza (2000) indicam que quanto mais próximo da quebra da plataforma mais a circulação predominante é sentido SW, denotando uma presença marcante da CB. Porções mais internas da PCE possuem alguma correlação com a circulação descrita para a PCM. Mazzini (2009), bem como Castro (1996), indica que a CB tem pouco ou nenhuma influência sobre a PCI e a parte mais interna PCM.

Dessa maneira, a -

mostra esquematicamente a posição da compartimentação da PCSE e suas principais forçantes para os movimentos das correntes.

Figura 3.1.2.1.2-1 – Esquema da compartimentação dinâmica da Plataforma Continental Sudeste. PCI: plataforma continental interna; PCM: plataforma continental média; PCE: plataforma continental externa; ACAS: Água Central do Atlântico Sul; AT: Água Tropical. A seta vermelha indica corrente gerada por gradiente de densidade, as setas azuis correntes forçadas pelo vento e a seta verde a Corrente do Brasil. Fonte: Gregório (2014), adaptado de Castro (1996).



■ Temperatura, salinidade e massas de água

Conforme apresentado no item anterior, as massas de água que estão presentes na PCSE são a Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Costeira (AC) e de acordo com alguns autores a Água de Plataforma (AP). Segue abaixo um breve resumo de cada uma destas massas de água sobre a PCSE, de acordo com Ffoloni Neto (2010):

Água Costeira - AC

A AC é resultante da mistura da descarga continental de água doce com as águas da plataforma continental, sendo a menor salinidade das águas da PCSE, devida principalmente, ao efeito combinado dos pequenos e médios rios (CASTRO et al., 2006). No trabalho de Amor (2004), a AC foi caracterizada com salinidade média de entre 34,2 (no verão) e 34,5 (no inverno), com uma temperatura média de 26 °C (no verão) e 22 °C (no inverno).

Água Tropical - AT

A AT foi descrita por Emilson (1961) como parte da massa de água quente e salina que ocupa a superfície do Atlântico Sul Tropical, a qual é transportada para o sul pela CB. Essa água de superfície é formada como consequência da intensa radiação e excesso de evaporação em relação a precipitação, característicos do Atlântico Tropical. Em seu trajeto para o sul, mistura-se com águas de origem costeira mais frias e de mais baixa salinidade. O resultado é que a AT é caracterizada por temperaturas maiores que 20°C e salinidades acima de 36,2 ao largo do sudeste brasileiro.

Água Central do Atlântico Sul - ACAS

A ACAS é encontrada fluindo para o sul na PCSE na região da picnoclina junto a quebra da Plataforma Continental, ocupando parte do fundo da PCSE e apresenta um intervalo grande de temperatura e salinidade -

Quadro 3.1.2.1.2-1. Em eventos de ventos favoráveis, as águas superficiais podem ser deslocadas para o oceano aberto e, por continuidade, esta água que está no assoalho da PCSE pode atingir camadas superiores da coluna de água. A ACAS é importante para a região costeira porque sua alta concentração de nutrientes favorece o crescimento de microalgas, levando a um aumento da produtividade primária, com implicações também sobre os demais organismos do ecossistema influenciado pela massa d'água, podendo levar a alterações em toda a teia trófica (LASS & MOHRHOLZ, 2008; MOSER & GIANESELLA-GALVÃO, 1997; PEREIRA & EBECKEN, 2009). Este aspecto foi destacado no presente Diagnóstico (Meio Biótico), especialmente para os temas Plâncton e Ictiofauna.

A partir de dados obtidos junto ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos, para os todas as estações do ano conforme apresentado no Item 2. **Metodologia**, foi possível se estabelecer diagramas temperatura-salinidade (Diagramas T-S) que indicam os intervalos de profundidade, de temperatura e de salinidade que ocorrem na PCSE - -. Nesta figura, nota-se medições com valores de temperatura e salinidade típicos dos descritos na literatura -

Quadro 3.1.2.1.2-1 - para as massas de água AT e ACAS (limites demarcados pelo quadrado com borda preta), sendo que a AT se encontra preferencialmente nas camadas até 100 m de profundidade e a ACAS é encontrada em praticamente todas as profundidades. Importante destacar a presença mais acentuada da ACAS nas profundidades menores que 20 m principalmente de verão e primavera.

Analisando os setores das APAMLC – Guaíbe, Itaguaçu e Carijó, da - a são apresentados diagramas T-S, tanto a partir de dados coletados *in situ* obtidos junto ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos, quanto dados provenientes da reanálise Consortium Hycom (2016), conforme apresentado no Item 2. **Metodologia**.

Estes diagramas T-S mostram que no setor Guaíba são observadas raríssimas presença da AT. Com relação a ACAS, esta aparece em todas as estações do ano, com exceção do outono, principalmente em profundidade maiores que 25 m. No verão e na primavera é possível encontrar esta massa de água também nas camadas superiores da coluna de água.

Fato similar é observado para o setor Itaguaçu. Porém, no outono a ACAS aparece na camada de fundo neste setor. Já no verão e primavera esta ocorre em todas as profundidades. Novamente a AT é pouco observada.

O setor Carijó também apresenta diagramas T-S similares aos descritos para o setor Guaíba. Em todas as épocas do ano ocorre a presença da ACAS, com destaque para o outono com presença somente nas camadas de fundo. Também não é observada a presença da AT neste setor.

Figura 3.1.2.1.2-2 – Diagramas TS para a PCSE durante o verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). O quadrado com bordas pretas indica os limites termohalinos da massa de água ACAS. Fonte de dados: Banco Nacional de Dados Oceanográficos - BNDO.

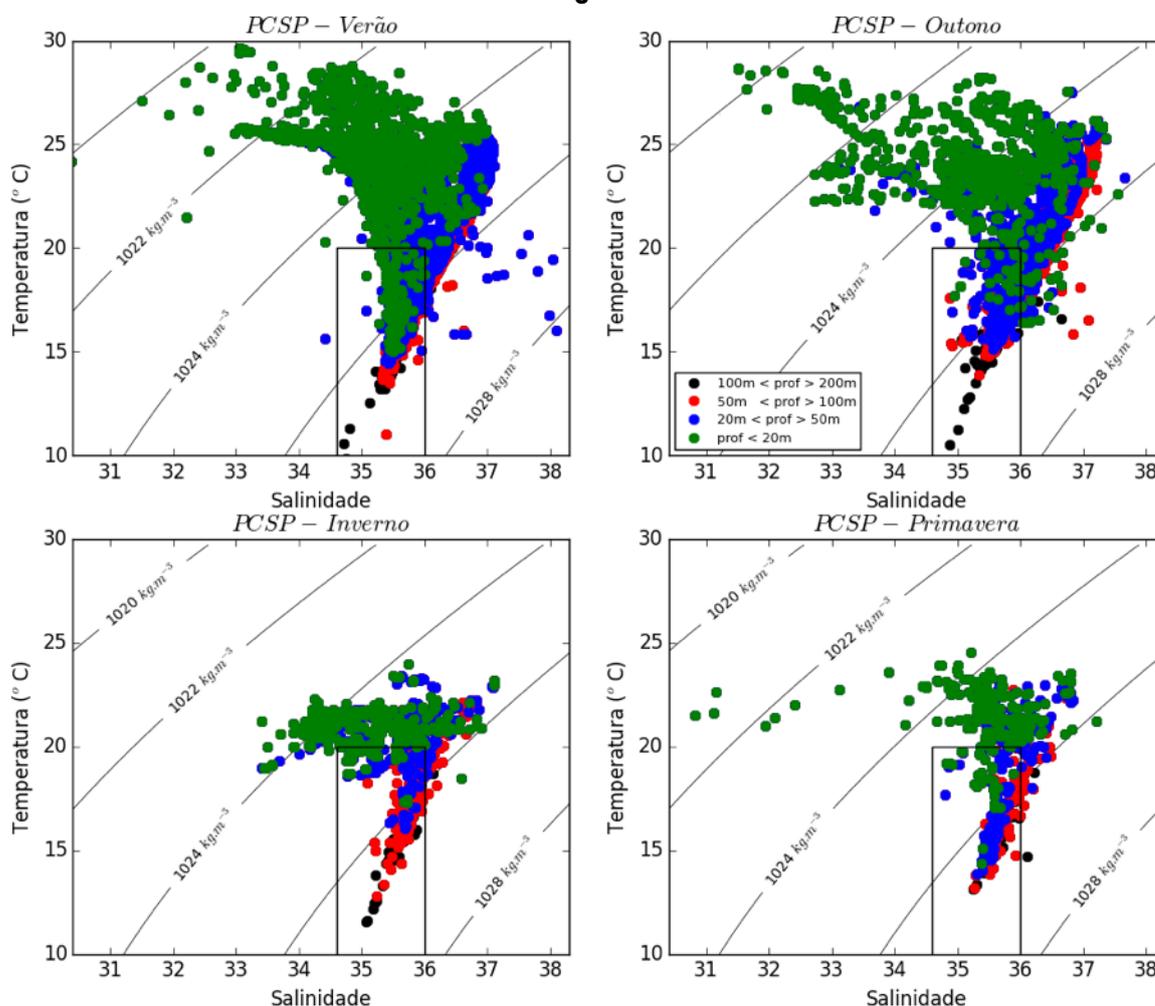
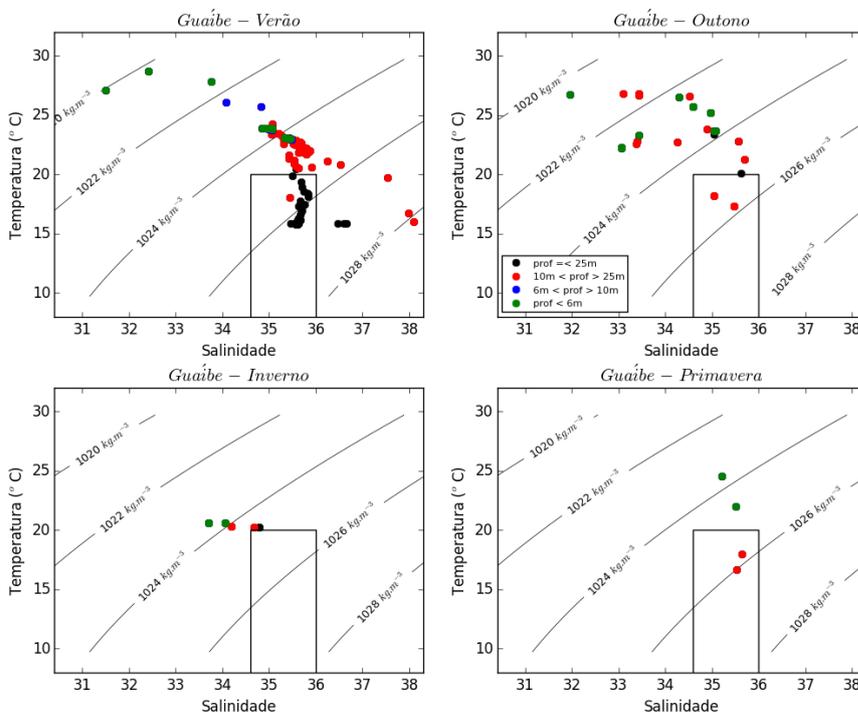


Figura 3.1.2.1.2-3 – Diagramas TS para o setor Guaíba durante o verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). O quadrado com bordas pretas indica os limites termohalinos da massa de água ACAS. Os painéis da esquerda (in situ) têm como fonte o Banco Nacional de Dados Oceanográficos – BNDO enquanto que os da direita (Reanálise) da reanálise de HYCOM consortium (2016).

In Situ



Reanálise

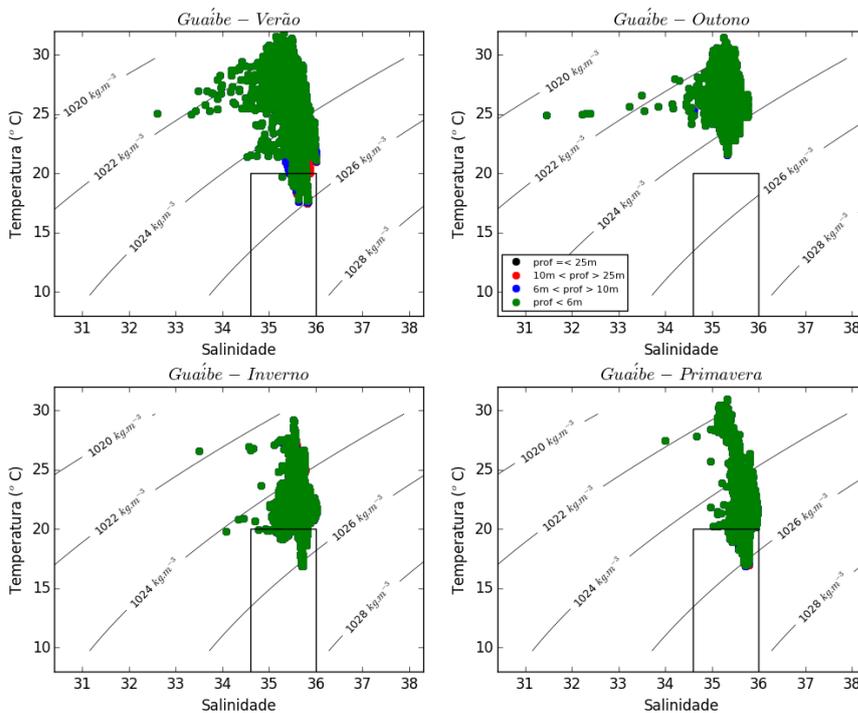


Figura 3.1.2.1.2-4 – Diagramas TS para o setor Itaguaçu durante o verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). O quadrado com bordas pretas indica os limites termohalinos da massa de água ACAS. Os painéis da esquerda têm como fonte de dados o Banco Nacional de Dados Oceanográficos – BNDO enquanto que os da direita da reanálise de HYCOM consortium (2016).

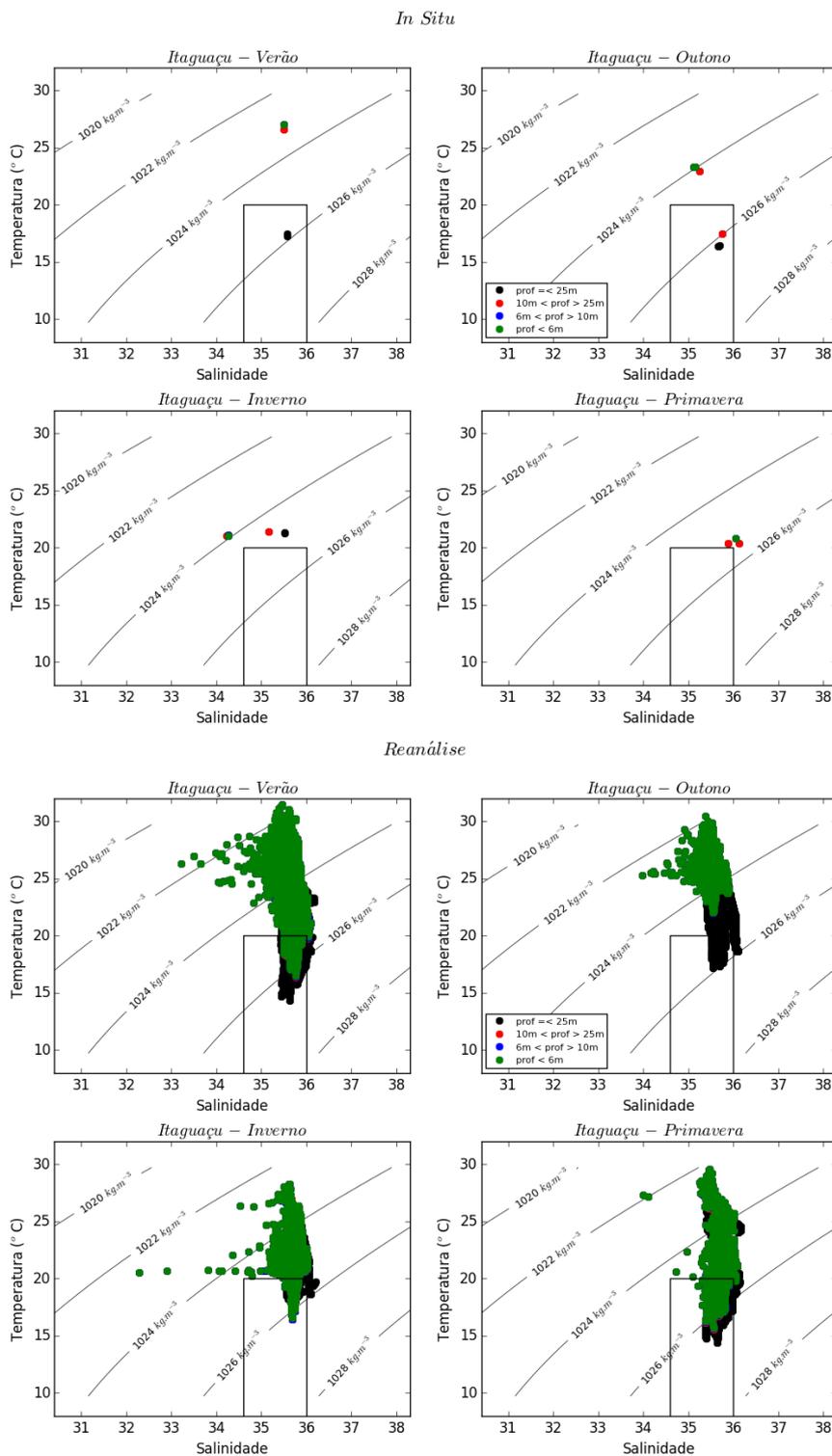
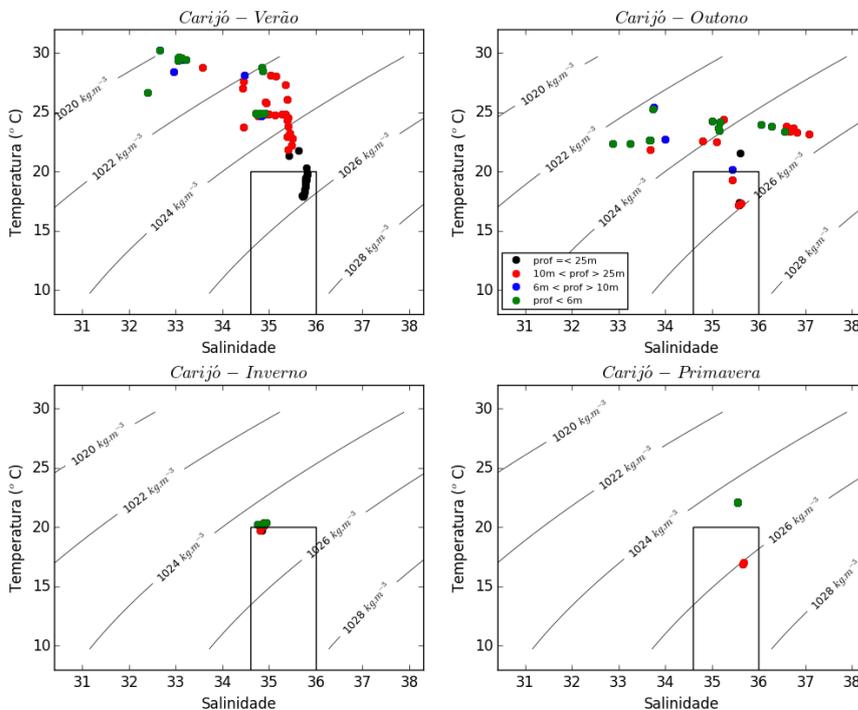
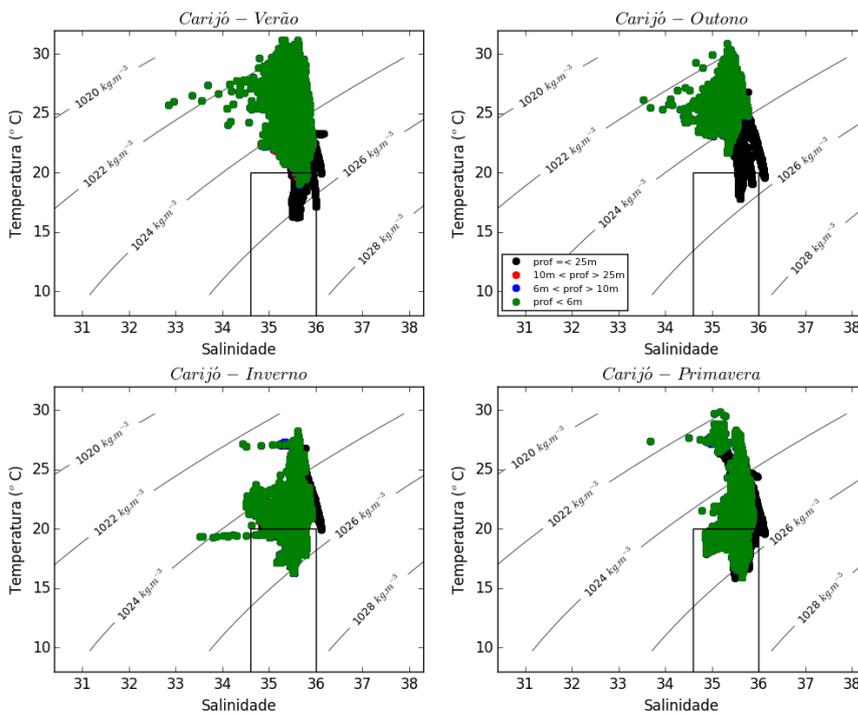


Figura 3.1.2.1.2-5 – Diagramas TS para o setor Carijó durante o verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). O quadrado com bordas pretas indica os limites termohalinos da massa de água ACAS. Os painéis da esquerda têm como fonte o Banco Nacional de Dados Oceanográficos – BNDO enquanto que os da direita da reanálise de HYCOM consortium (2016).

In Situ



Reanálise



A partir da reanálise de Consortium Hycom (2016) de 1996 a 2012 foi possível se estabelecer os campos médios de temperatura e salinidade nas profundidades de 0 m, 6m, 10 m, 25 m, 50 m, 100 m e 150 m para a área de estudo, que estão disponíveis no **ANEXO 3.1-5** deste documento. Estes campos mostram maiores temperaturas superficiais para os meses de verão e outono, e menores no inverno e primavera. Conforme avança-se para o interior da coluna de água, ocorre um decréscimo da temperatura, atingindo valores de 20°C nas proximidades da APAMLC nas profundidades de 25 m durante os meses de primavera.

Os dados de salinidade mostram menores valores em superfície, com maiores valores na borda da área de estudo e menores valores nas regiões costeiras, evidenciando o aporte de águas continentais. A estrutura halina não sofre variação tão acentuada sazonalmente como observada para a temperatura.

Com estes campos termohalinos e de posse dos limites estabelecidos na literatura -

Quadro 3.1.2.1.2-1, foi possível se estabelecer a posição média das massas de água na área de estudo. Da Figura 3.1.2.1.2-6 a Figura **3.1.2.1.2-10** são apresentadas as distribuições de massas de água nas profundidades de 0 m, 10 m, 25 m, 50 m e 100 m.

Estas figuras mostram que:

- 1) A AT está localizada na borda externa da área de estudo, desde a superfície até a profundidade aproximada de 50 m. Esta massa de água está mais próxima da área da APAMLC na profundidade de 25 m durante a primavera. Durante o inverno e primavera, em superfície a AT se apresenta mais para o interior da área de estudo, enquanto que nos meses de verão e outono ela se encontra mais na borda;
- 2) Durante a primavera, a partir de 25 m de profundidade observa-se a presença da ACAS nas proximidades e no interior da APAMLC no setor Itaguaçu. Este é um fator importante que mostra em média, que durante estes meses, as águas destas profundidades estão tomadas pelas ACAS que possuem grande riqueza de nutrientes. Em profundidades superiores a 50 m todo o fundo da área de estudo é tomado pela ACAS.

Figura 3.1.2.1.2-6 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 0 m. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

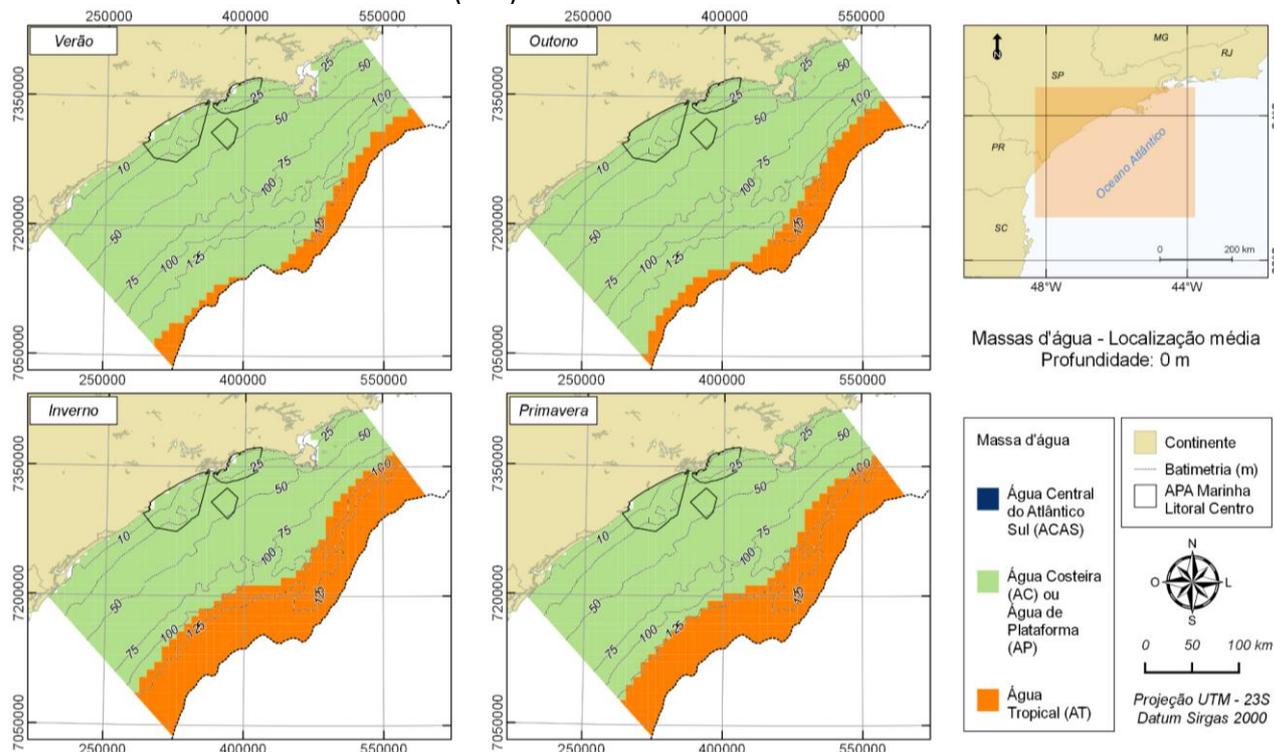


Figura 3.1.2.1.2-7 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 10 m. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

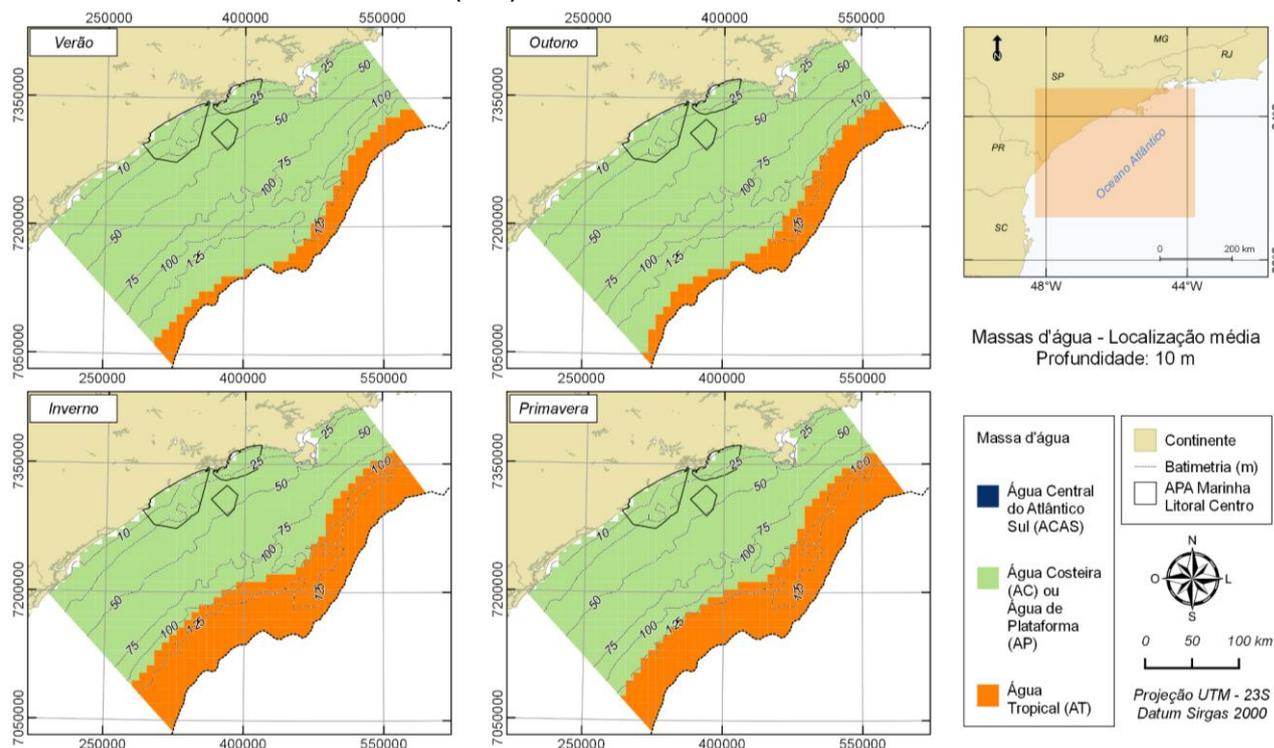


Figura 3.1.2.1.2-8 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 25 m. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

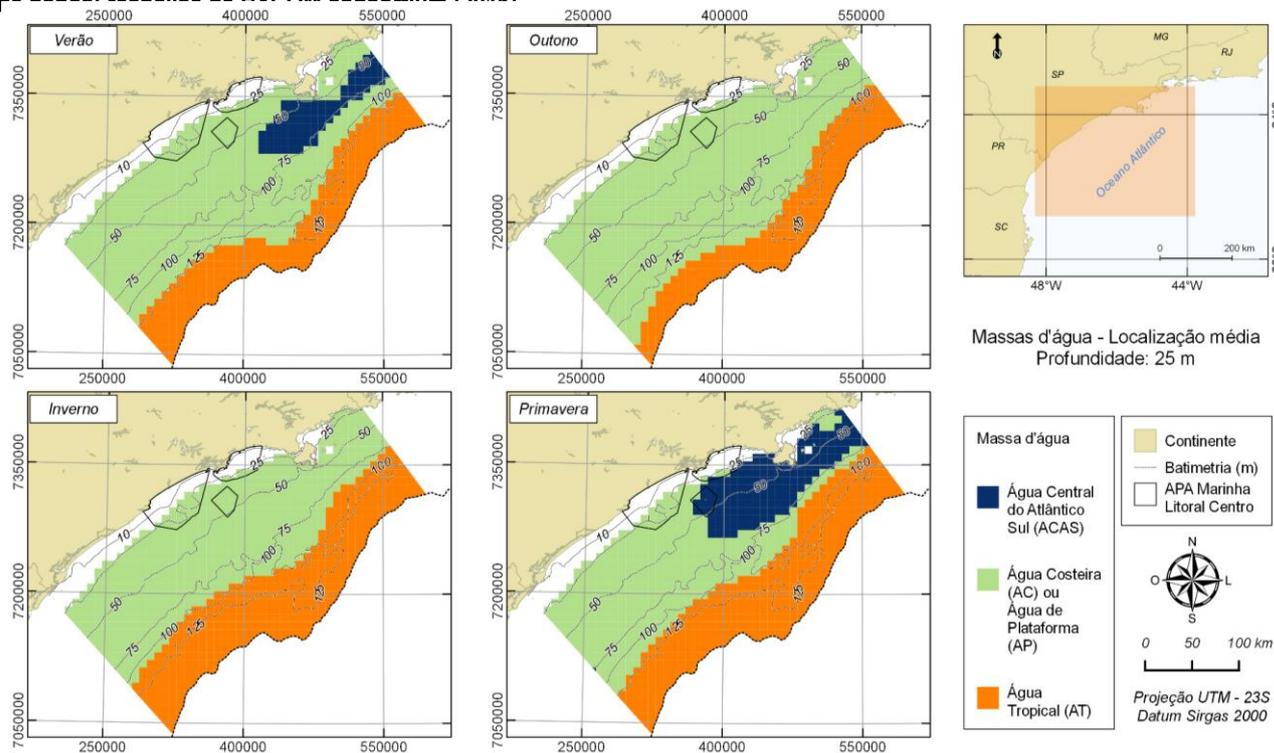


Figura 3.1.2.1.2-9 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 50 m. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

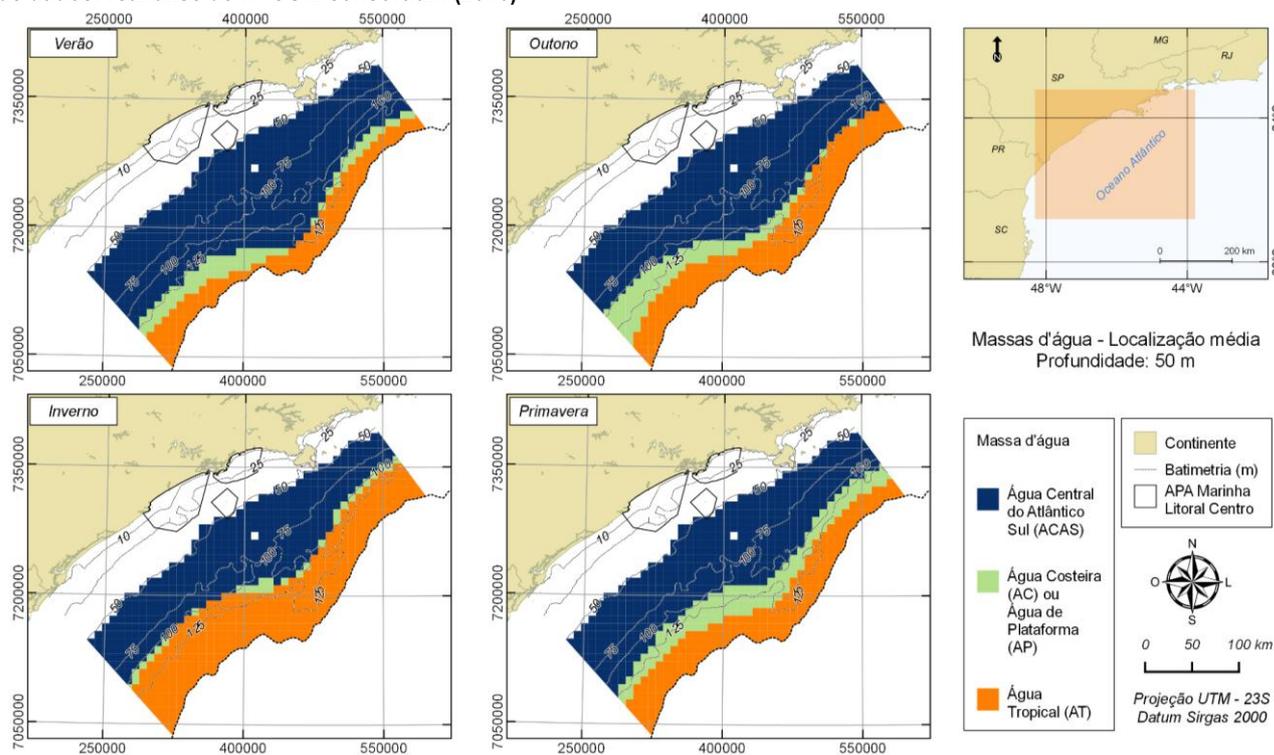
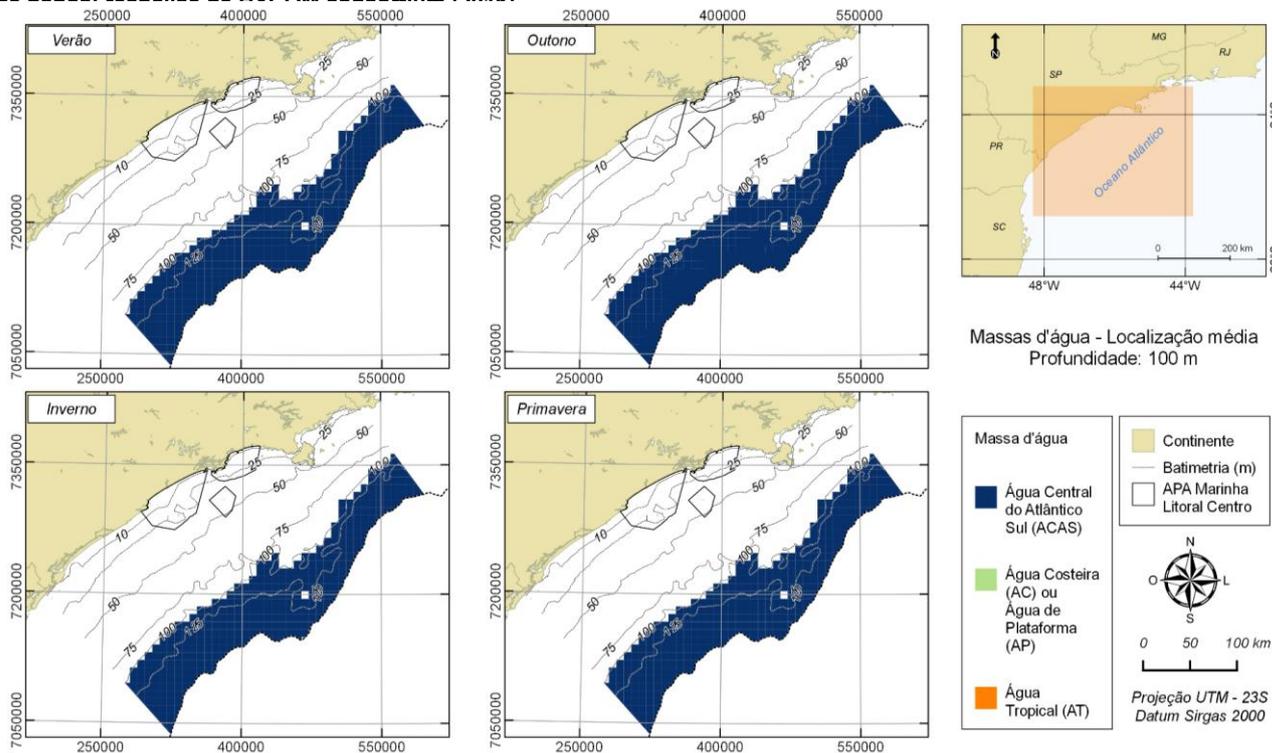


Figura 3.1.2.1.2-10 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 100 m. Painel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: perfil de batimetria do INCEM (2014).



Com foco na camada superficial da coluna d'água, foram analisados dados de temperatura medidos por satélite entre os anos de 2003 e 2015, conforme apresentado na metodologia do item 3.1.2.1. **Caracterização da Oceanografia, Geologia e Geomorfologia Marinhas.** Os valores sazonais médios, mínimos e máximos para as séries obtidas nos setores Guaíbe, Itaguaçu e Carijó estão apresentados na e na **Tabela 3.1.2.1.2-1.**

Figura 3.1.2.1.2-11 – Estatística básica da temperatura superficial da água nos setores Guaíbe, Itaguaçu, e Carijó da APAMLC. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

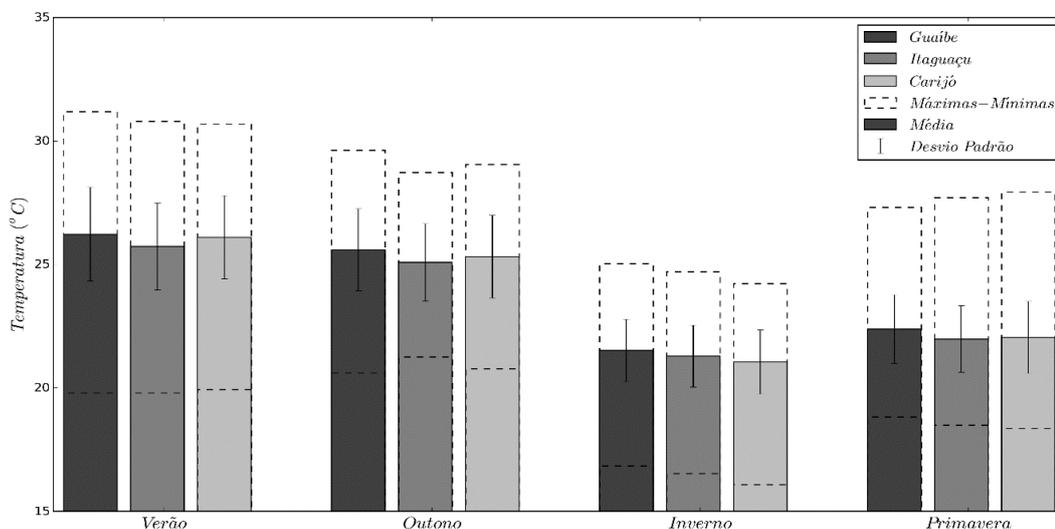


Tabela 3.1.2.1.2-1 – Estatística básica da temperatura superficial da água nos setores Guaíbe, Itaguaçu e Carijó da APAMLC. Valores em °C. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Setor	Verão			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Guaíbe	26,22	19,79	31,20	1,90
Itaguaçu	25,73	19,80	30,80	1,76
Carijó	26,11	19,94	30,70	1,69
Outono				
Guaíbe	25,60	20,61	29,63	1,66
Itaguaçu	25,09	21,25	28,73	1,57
Carijó	25,32	20,78	29,05	1,68
Inverno				
Guaíbe	21,52	16,84	25,03	1,26
Itaguaçu	21,29	16,54	24,71	1,25
Carijó	21,05	16,08	24,23	1,30
Primavera				
Guaíbe	22,38	18,82	27,31	1,39
Itaguaçu	21,98	18,49	27,70	1,35
Carijó	22,05	18,36	27,93	1,46

Os valores médios de temperatura da superfície do mar (TSM) mostram equivalência entre as estações de verão com o outono e inverno com a primavera, sendo o primeiro semestre com temperaturas mais elevadas que o segundo. Observa-se que os valores mínimos absolutos observados em período de verão e primavera são inferiores a temperatura da ACAS, indicando a ocorrência desta massa de água na superfície na APAMLC nestes períodos sazonais. Já no inverno, embora a temperatura também esteja relacionada com a faixa da ACAS, esta está associada a AC sazonal, com baixos valores de salinidade. Observa-se também que os valores de desvio padrão são maiores no verão, indicando grande variabilidade deste parâmetro durante esta estação do ano. Castro (1996) indica que na porção norte do litoral de São Paulo ocorrência da ACAS em superfície está associada principalmente a eventos remotos, principalmente a ressurgência costeira que pode ocorrer no litoral do estado do Rio de Janeiro. Eventos mais extremos poderiam atingir a região central do litoral paulista.

Analisando a série de verão e inverno, identificaram-se dois períodos destacados de ocorrência de temperaturas inferiores a 20°C em superfície na APAMLC em verão e primavera:

- Verão: 3/12/2008 a 6/12/2008
- Primavera: 26/09/2007 a 11/10/2007

A Figura 3.1.2.1.2-12 e a Figura 3.1.2.1.2-13 mostram a TSM para o dia 09/10/2007 e 04/12/2008, respectivamente. Nestes mapas é possível observar a presença de águas de temperaturas iguais ou inferiores que 20°C sobre boa parte da APAMLC, e também sobre as regiões costeiras ao norte,

evidenciando que toda esta região da PCSE é susceptível a afloramento de ACAS na superfície. Este afloramento ocorre em regiões mais ao norte a APAMLC e estas águas são advectadas para a área de estudo. Este seria uma influência remota para a presença da ACAS na superfície da APAMLC.

Este afloramento ocorre devido ao alinhamento do vento com a linha de costa. De acordo com a dinâmica clássica de Ekman, no hemisfério sul o transporte de água nas camadas superficiais da coluna de água devido ao vento se dá noventa graus à esquerda do movimento. Nesta região, os ventos de NE-E se alinham à costa e, com o deslocamento de água superficial para o largo (à esquerda do vento), a água que ocupa o fundo da PCSE, a ACAS - como mostrado anteriormente, por continuidade ascende à superfície. Este fenômeno de ressurgência é bem conhecido na costa brasileira, sendo o mais estudado o da costa de Cabo Frio (RJ), influenciado por estes mesmos ventos.

A e a mostram os vetores de vento coletados na série Itaguaçu, apresentada no item **3.1.1. Caracterização Climática e Meteorológica na Área de Estudo**, para estes períodos de ocorrência de ACAS na superfície da APAMLC. Nestas séries é possível perceber a ocorrência de ventos constante de NE por um longo período, propiciando o ajuste de tempo necessário para que ocorra o deslocamento das águas superficiais para o largo e a ACAS alcance a superfície. Vale ressaltar que o vento que caracteriza o afloramento da ACAS ocorre de forma regional, não variando significativamente na região oceânica dos setores da APAMLC, uma vez que não sofre interferência da orografia.

Figura 3.1.2.1.2-12 – Temperatura da superfície do mar para o dia 09/10/2007. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

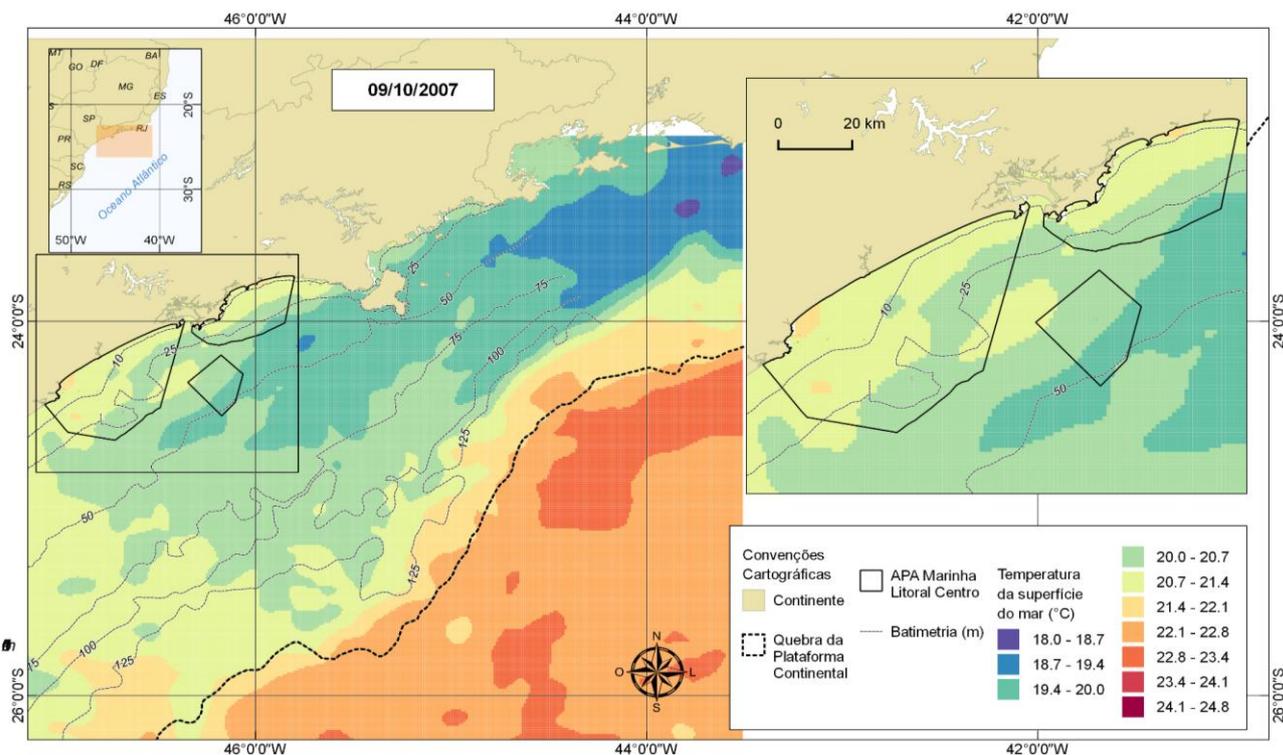


Figura 3.1.2.1.2-13 – Temperatura da superfície do mar para o dia 04/12/2008. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

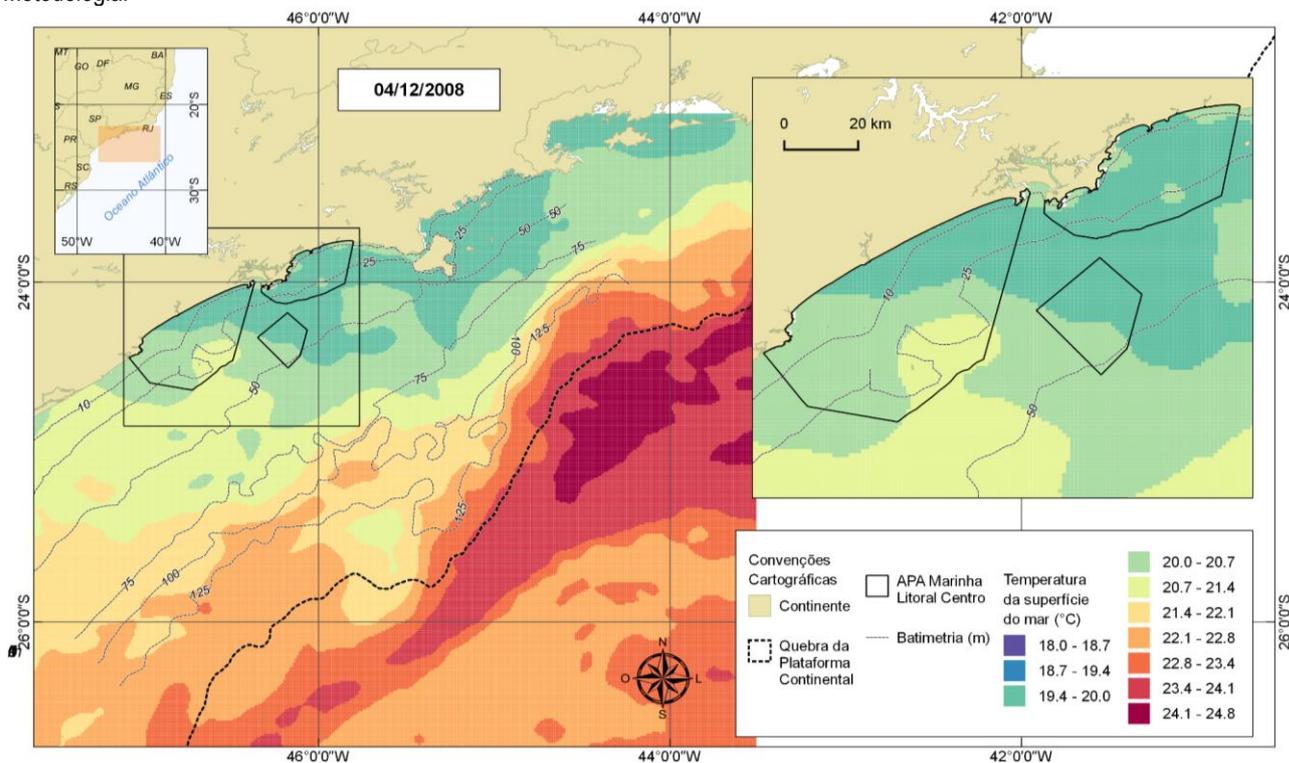


Figura 3.1.2.1.2-14 – Vetores vento para o período entre 30/09/2007 e 15/10/2007. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

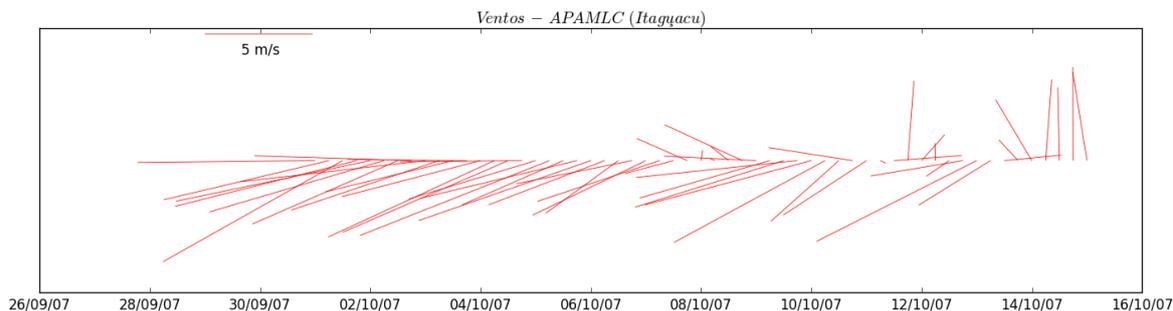
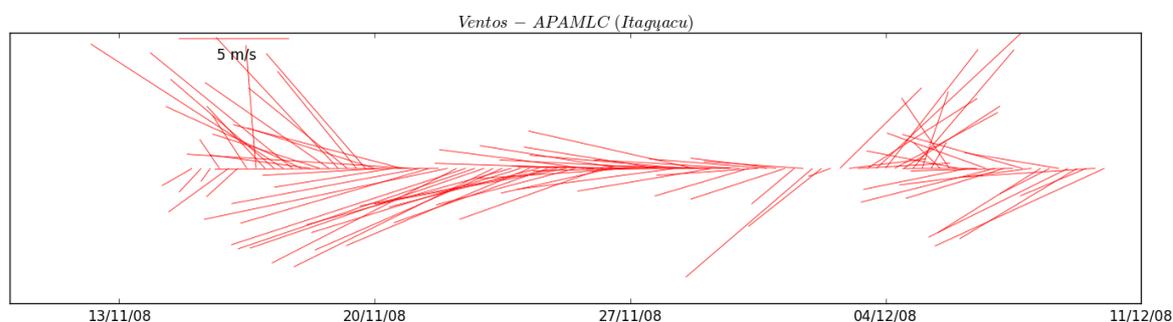


Figura 3.1.2.1.2-15 – Vetores vento para o período entre 14/11/2008 e 04/12/2008. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.



Analisando o comportamento interanual da TSM na APAMLC, a mostra as temperaturas superficiais médias, mínimas e máximas para os setores Guaíba, Itaguaçu e Carijó entre os anos de 2003 e 2015. Estes gráficos mostram que as variações entre os setores ocorrem de maneira homogênea, ou seja, os setores da APAMLC variam a temperatura ao longo do ano de forma simultânea. Devido à série de dados analisada, não há evidência de esfriamento ou aquecimento da camada superficial na região.

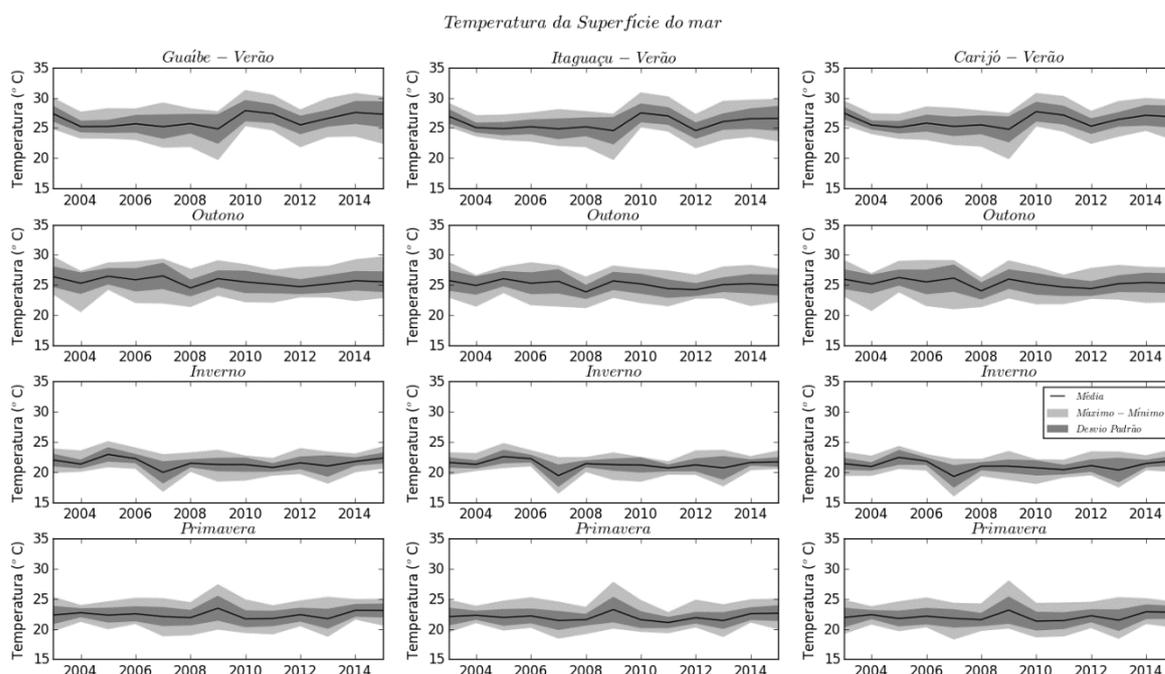
Os verões dos anos de 2010 e 2011 tiveram médias superiores aos demais anos analisados, o mesmo ocorrendo para a primavera de 2009. Já o inverno de 2007 apresentou temperaturas médias inferiores às dos demais anos. Segundo CPTEC/INPE (2016), os anos de 2009-2010 tiveram ocorrência de evento de El Niño de baixa magnitude e o ano de 2007 de forte La Niña. Entretanto, não se pode afirmar que estas tenham sido as causas de tais eventos devido a ocorrência destes fenômenos em outros anos que não refletiram mudanças da TSM na região – como por exemplo evento de baixa magnitude de El Niño nos anos de 2006-2007.

Apontar relações diretas de causalidade entre eventos climáticos de larga escala (e.g. El Niño e La Niña) e variações regionais de parâmetros oceanográficos demanda um intrincado procedimento de investigação científica, uma vez que esse tipo de teleconexão ocorre por meio de processos complexos e não-lineares da interação Oceano-Atmosfera, e que envolvem o cascadeamento de energia em diversas escalas. Ao passo que as propriedades do oceano são influenciadas pela condições atmosféricas, a evolução dos fenômenos atmosféricos, em escalas regionais ou locais, depende fortemente das condições da superfície local, como a TSM.

Tomaziello & Gandu (2013), por exemplo, conduziram uma investigação numérica para avaliar a influência da TSM na precipitação associada à zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS), uma banda de nebulosidade com orientação NW-SE que conecta a porção equatorial do noroeste brasileiro ao litoral sudeste do país. Estes autores simularam dois eventos de ZCAS, em períodos de El Niño e de La Niña, e concluíram que a quantidade de precipitação acumulada na parte oceânica da ZCAS foi maior nos experimentos com TSM mais quente.

Chaves e Nobre (2004), por sua vez, investigaram o acoplamento entre a ZCAS e a TSM do Atlântico e mostraram que a intensificação da ZCAS tende a causar abaixamento da temperatura superficial do Atlântico devido à diminuição da incidência solar na superfície oceânica (nebulosidade associada à ZCAS), causando anomalias negativas ou a desintensificação de anomalias positivas pré-existentes.

Figura 3.1.2.1.2-16 – Variação interanual da temperatura da superfície do mar na APAMLC. Painéis da esquerda para o setor Guaíba, centrais para o setor Itaguaçu e da direita para o setor Carijó. As linhas indicam as estações do ano, do verão, superiores, para a primavera, inferiores. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.



■ Correntes

Conforme descrito anteriormente, na área de estudo as correntes são influenciadas por diferentes forçantes, de acordo com a distância da costa.

A partir de dados de reanálise de Consortium Hycom (2016) de 1996 a 2012 foi possível se estabelecer o padrão médio de correntes para toda a área de estudo. A Figura 3.1.2.1.2-17 e a Figura 3.1.2.1.2-18 mostram o regime médio de corrente superficial durante as estações de verão, outono, inverno e primavera, para toda a área de estudo e com enfoque na região da APAMLC. A distribuição das correntes nas profundidades de 6 m, 10 m, 25 m, 50 m e 100 m estão apresentadas no **ANEXO 3.1-6** deste

documento. Estas figuras mostram como a variação das correntes ocorre de acordo com a distância da costa, de acordo com a compartimentação dinâmica apresentada anteriormente, estabelecida por Castro (1996).

Na borda da área de estudo, PCE, nota-se um fluxo unidirecional, para sudoeste, caracterizado pela Corrente do Brasil. Identificando com as distribuições de temperatura, salinidade e massas de água apresentadas anteriormente, nota-se que esta corrente transporta a AT, conforme descrito na literatura. Este fluxo unidirecional é observado desde as camadas superiores até as camadas mais profundas da área de estudo. Esta descrição é condizente com o descrito por Castro (1996), Souza (2000) e Moreira (1998), por exemplo.

Já entre as batimetrias de 50 m e 100 m ocorre a transição entre as correntes costeiras, da PCI, e as correntes da PCM descritas anteriormente. Nesta região, que tem domínio das correntes forçadas pelo vento, principalmente na porção sul da área de estudo ocorre a formação de vórtices devido ao cisalhamento de correntes de direções opostas – na PCM correntes fluindo para o sul e na PCI correntes fluindo para o norte. Este fato foi descrito para região ao sul por Pereira *et al.* (2008). Ao longo da coluna d'água também não é observada inversão de corrente nesta região, também condizendo Castro (1996) e Mazzini (2009), por exemplo.

Já na região da PCI as correntes apresentam correntes que não estão necessariamente associadas a distância da costa. Na região ao sul de Ilhabela as correntes superficiais têm sentido preferencial para NW, corroborando resultados observacionais de Moreira (2008), Mazzini (2009), e indicativos de Rezende (2003), Coelho (2007) e Ruffato (2012). Esta configuração indica a importância da descarga de água continental, alterando a estrutura de densidade e forçando correntes baroclínicas para norte, conforme descrito por Castro (1996). Este mesmo autor encontrou ao largo de Ubatuba nesta região da PCI correntes fluindo preferencialmente para SW, conforme apresentado aqui também por esta fonte de dados.

Figura 3.1.2.1.2-17 – Corrente superficial média para a área de estudo. Os vetores indicam a direção e as cores a intensidade, de acordo com a escala graduada. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

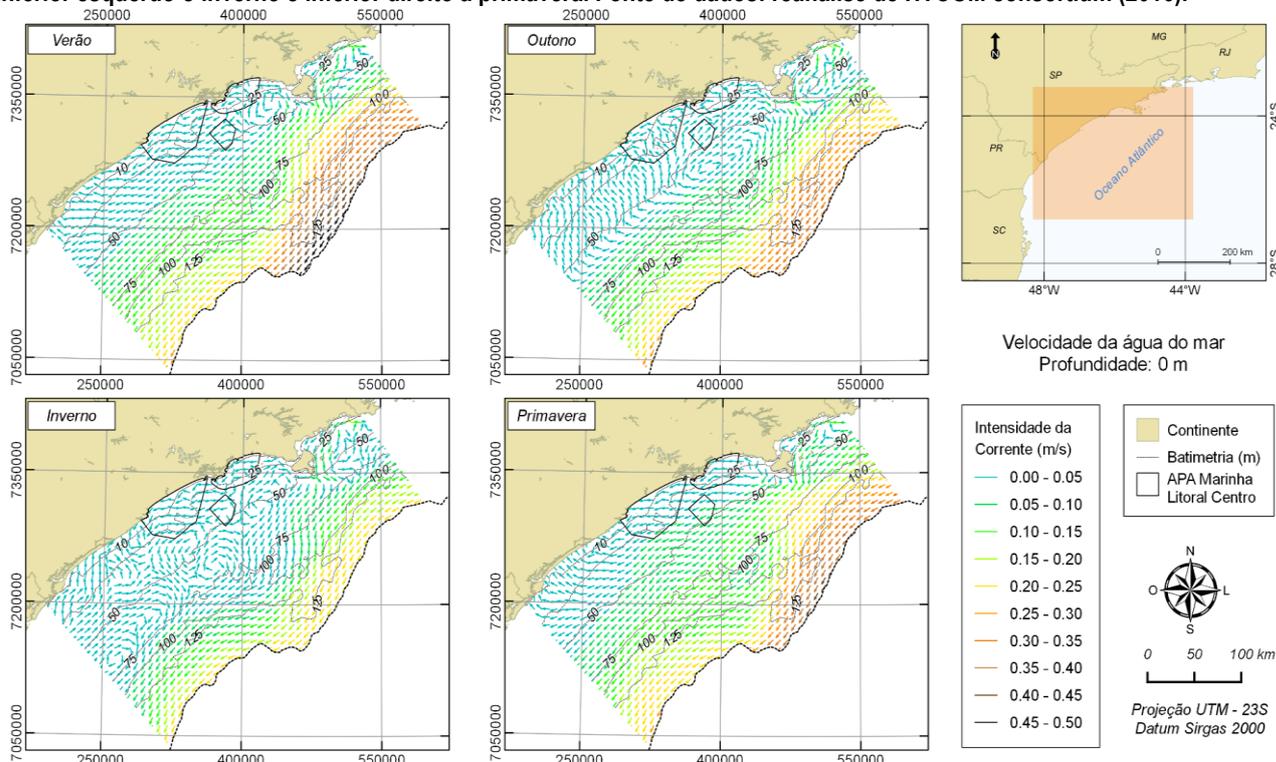
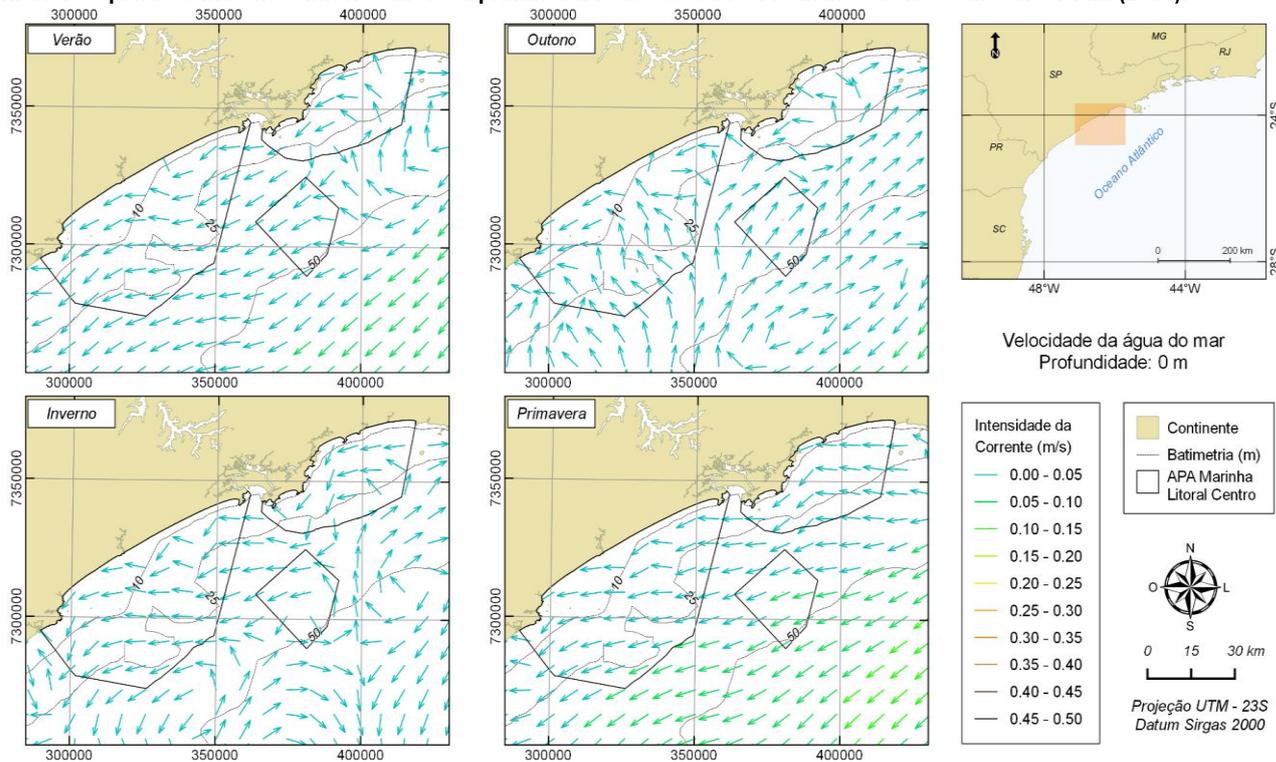


Figura 3.1.2.1.2-18 – Corrente superficial média para região da APAMLC. Os vetores indicam a direção e as cores a intensidade, de acordo com a escala graduada. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).



.]=Como descrito anteriormente, este setor da plataforma continental é fortemente influenciado pelos ventos e, na análise meteorológica descrita anteriormente, foi observado que o setor Itaguaçu é o que apresenta as maiores intensidades médias de vento.

Com enfoque nas áreas da APAMLC, que está na PCI, observa-se que os setores Guaíbe, ao norte, apresenta na primavera correntes superficiais fluindo para o sul. Já nos demais períodos ocorrem fluxos variados, com predominância para o NW na parte mais ao norte e para SW na parte mais ao sul. Esta parte da PCI é influenciada tanto por ventos quanto pelo gradiente de densidade. Já o setor Itaguaçu possui correntes superficiais médias fluindo para SW no verão, inverno e primavera, e durante o outono para NE. Este setor é o mais afastado da costa e que sofre menos influência dos gradientes de densidade, sendo regido preferencialmente pelos ventos. Já o setor Carijó possui correntes médias em superfície fluindo para NE no verão, inverno e primavera. No outono as correntes médias são alinhadas perpendicularmente a linha de costa, com a porção mais ao norte apontando para NE.

Analisando toda a série da reanálise do Hycom Consortium (2016), de 1996 a 2012, com simulações com intervalo de tempo de 3h, a **Tabela 3.1.2.1.2-2** mostra as estatísticas básicas para as correntes no ponto central de cada setor da APAMLC.

Tabela 3.1.2.1.2-2 – Estatísticas básicas das correntes no centro dos setores Guaíbe, Itaguaçu e Carijó, de acordo com a estação do ano e a profundidade. Fonte de dados: Hycom Consortium (2016).

Profundidade (m)	Guaíbe			Itaguaçu			Carijó		
	Média	Máximo	Desvio	Média	Máximo	Desvio	Média	Máximo	Desvio
Verão									
0	0,12	0,59	0,07	0,20	1,03	0,12	0,17	0,98	0,11
6	0,07	0,37	0,05	0,15	0,87	0,10	0,12	0,78	0,09
10	0,06	0,30	0,04	0,14	0,82	0,10	0,10	0,73	0,08
25	-	-	-	0,11	0,66	0,07	0,07	0,51	0,04
Outono									
0	0,11	0,50	0,06	0,17	1,15	0,11	0,15	0,90	0,10
6	0,07	0,33	0,05	0,13	0,98	0,09	0,11	0,75	0,08
10	0,05	0,22	0,03	0,12	0,93	0,09	0,08	0,73	0,06
25	-	-	-	0,10	0,57	0,07	0,06	0,33	0,04
Inverno									
0	0,10	0,55	0,07	0,16	0,97	0,12	0,14	0,87	0,10
6	0,07	0,36	0,05	0,13	0,76	0,10	0,11	0,61	0,08
10	0,06	0,33	0,04	0,12	0,74	0,09	0,09	0,58	0,07
25	-	-	-	0,10	0,55	0,06	0,07	0,37	0,04
Primavera									
0	0,12	0,61	0,08	0,20	0,93	0,14	0,17	0,83	0,12
6	0,08	0,37	0,06	0,15	0,76	0,11	0,13	0,61	0,09
10	0,07	0,34	0,05	0,14	0,73	0,11	0,12	0,57	0,08
25	-	-	-	0,11	0,48	0,07	0,07	0,34	0,05

Os valores médios de intensidade da corrente mostram cisalhamento vertical, com maiores valores nas camadas superiores e decrescendo em direção ao fundo. Em todos os setores os meses de verão e primavera são os que apresentam as maiores intensidades das correntes, em todas as profundidades. As menores intensidades são observadas no inverno. Esse fator pode estar associado à constante alternância da direção, que faz com que as correntes não tenham tempo suficiente de atingir grandes intensidades, diferente dos períodos de verão e primavera, onde os ventos são mais constantes provenientes da mesma direção.

Analisando conjuntamente as direções e intensidades, o **ANEXO 3.1-7** mostra as tabelas de frequência de ocorrência de classes de direção, com classes de intensidade, para os três setores, em todas as épocas do ano e profundidades de 0 m, 6 m, 10 m e 25 m. Já o **ANEXO 3.1-8** mostra a representação gráfica, rosa de correntes, destas tabelas.

A síntese destas tabelas e figuras pode ser representada da **Tabela 3.1.2.1.2-3** a **Tabela 3.1.2.1.2-5**, as quais apresentam as estatísticas básicas para as direções de maior frequência e para as direções de com maior intensidade média, para os setores Guaíba, Itaguaçu e Carijó, respectivamente. Os valores são separados por profundidade e estação do ano.

Tabela 3.1.2.1.2-3 – Estatísticas básicas das correntes na direção mais frequente (esquerda) e na direção com maior intensidade média (direita) para o setor Guaíba, de acordo com a profundidade e a estação do ano. Fonte de dados: Hycom Consortium (2016).

Direção mais frequente					Direção mais intensa			
	Direção	Intensidade Média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)	Direção	Intensidade média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)
0 m								
Verão	SW	0,15	0,08	0,47	NE	0,15	0,09	0,59
Outono	SW	0,13	0,06	0,41	NE	0,13	0,08	0,5
Inverno	SW	0,13	0,07	0,47	NE	0,13	0,08	0,55
Primavera	SW	0,16	0,09	0,61	SW	0,16	0,09	0,61
6 m								
Verão	SW	0,09	0,05	0,31	SW	0,09	0,05	0,31
Outono	SW	0,08	0,04	0,27	NE	0,08	0,05	0,33
Inverno	SW	0,08	0,05	0,29	NE	0,08	0,05	0,36
Primavera	SW	0,1	0,06	0,37	SW	0,1	0,06	0,37
10 m								
Verão	NE	0,07	0,04	0,3	SW	0,07	0,04	0,28
Outono	NE	0,06	0,03	0,22	NE	0,06	0,03	0,22
Inverno	SW	0,07	0,04	0,28	NE	0,07	0,04	0,33
Primavera	SW	0,09	0,05	0,34	SW	0,09	0,05	0,34

Tabela 3.1.2.1.2-4 – Estatísticas básicas das correntes na direção mais frequente (esquerda) e na direção com maior intensidade média (direita) para o setor Itaguaçu, de acordo com a profundidade e a estação do ano. Fonte de dados: Hycom Consortium (2016).

Direção mais frequente					Direção mais intensa			
	Direção	Intensidade Média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)	Direção	Intensidade média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)
0 m								
Verão	SW	0,25	0,14	0,85	NE	0,25	0,15	1,03
Outono	SW	0,19	0,1	0,62	NE	0,23	0,14	1,15
Inverno	SW	0,19	0,12	0,76	NE	0,22	0,13	0,97
Primavera	SW	0,26	0,15	0,93	SW	0,26	0,15	0,93
6 m								
Verão	NE	0,18	0,11	0,87	SW	0,2	0,12	0,7
Outono	NE	0,17	0,11	0,98	NE	0,17	0,11	0,98
Inverno	SW	0,15	0,09	0,59	NE	0,17	0,1	0,76
Primavera	SW	0,2	0,12	0,76	SW	0,2	0,12	0,76
10 m								
Verão	NE	0,17	0,1	0,82	SW	0,18	0,12	0,64
Outono	NE	0,16	0,1	0,93	NE	0,16	0,1	0,93
Inverno	SW	0,14	0,09	0,56	NE	0,16	0,1	0,74
Primavera	SW	0,19	0,12	0,73	SW	0,19	0,12	0,73
25 m								
Verão	W	0,12	0,07	0,39	E	0,14	0,09	0,6
Outono	NE	0,12	0,08	0,51	NE	0,12	0,08	0,51
Inverno	NE	0,12	0,07	0,55	NE	0,12	0,07	0,55
Primavera	W	0,12	0,06	0,43	E	0,13	0,07	0,41

Tabela 3.1.2.1.2-5 – Estatísticas básicas das correntes na direção mais frequente (esquerda) e na direção com maior intensidade média (direita) para o setor Carijó, de acordo com a profundidade e a estação do ano. Fonte de dados: Hycom Consortium (2016).

Direção mais frequente					Direção mais intensa			
	Direção	Intensidade Média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)	Direção	Intensidade média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)
0 m								
Verão	SW	0,22	0,12	0,76	NE	0,22	0,13	0,98
Outono	SW	0,17	0,09	0,56	NE	0,2	0,12	0,9
Inverno	SW	0,16	0,09	0,62	NE	0,19	0,12	0,87
Primavera	SW	0,21	0,12	0,83	SW	0,21	0,12	0,83
6 m								

Verão	SW	0,15	0,09	0,58	NE	0,15	0,09	0,78
Outono	NE	0,14	0,09	0,75	NE	0,14	0,09	0,75
Inverno	SW	0,11	0,07	0,44	NE	0,14	0,09	0,61
Primavera	SW	0,15	0,09	0,61	NE	0,15	0,09	0,61
10 m								
Verão	NE	0,13	0,08	0,73	NE	0,13	0,08	0,73
Outono	NE	0,1	0,07	0,73	NE	0,1	0,07	0,73
Inverno	SW	0,1	0,06	0,41	NE	0,12	0,08	0,58
Primavera	SW	0,14	0,08	0,57	NE	0,14	0,09	0,57
25 m								
Verão	W	0,07	0,03	0,18	E	0,08	0,05	0,24
Outono	NE	0,08	0,05	0,33	NE	0,08	0,05	0,33
Inverno	SW	0,07	0,04	0,25	NE	0,09	0,05	0,37
Primavera	W	0,07	0,03	0,21	NE	0,09	0,06	0,34

As direções mais frequentes apontadas em tais análises estatísticas mostram direções similares as correntes médias descritas anteriormente.

Para o setor Guaíbe, em todas as estações do ano a corrente superficial é mais frequente para SW, bem como as correntes de meia água. Na camada de fundo, no verão e no outono as correntes têm direção oposta - para NE.

Em Itaguaçu as correntes superficiais também possuem maior frequência de ocorrência para SW porém, em 6 e 10 m de profundidade a corrente mais frequente é para NE durante o verão e o outono. Na camada de fundo, no verão as correntes têm maior frequência de ocorrência em direção à costa (W) no verão e na primavera, enquanto que no outono e no inverno para NE (oposto à camada superficial).

Já para o setor Carijó, as correntes mais frequentes em superfície também apontam para SW, em todas as estações do ano. No verão e no outono em meia águas as correntes têm direção preferencial para NE, e a camada de fundo para W no verão, NE no outono, SW no inverno e W no verão, indicando que no inverno a coluna d'água apresenta comportamento unidirecional em toda a coluna de água.

Para as correntes com maior intensidade média na superfície, estas em geral são opostas as correntes mais frequentes (fluem para NE), com exceção da primavera. Ao longo da coluna d'água, observa-se que as correntes mais intensas no outono, inverno e primavera são as mesmas da superfície (para NE nas duas primeiras estações e para SW na primavera), enquanto que para o verão ela é oposta, indicando que a coluna apresenta comportamento bidirecional tanto na maior parte do tempo quanto nos momentos de maior intensidade. No período de inverno e primavera os ventos mais intensos que vem de S, juntamente com a maior quantidade de frentes frias, são capazes também de produzirem as correntes mais intensas para N, principalmente nas camadas superficiais. Já nos períodos de verão e outono, os ventos de N são os que produzem as maiores intensidades.

Análises de extremos – correntes

Para estes mesmos três conjuntos de dados foram realizadas análises de extremos, de acordo com a metodologia apresentada no Item **2. Metodologia** deste estudo. A **Tabela 3.1.2.1.2-6** mostra a probabilidade de ocorrência de correntes por faixas de intensidade, de acordo com a profundidade e a estação do ano, para os três setores da APAMLC.

Estes resultados mostram que o setor que apresenta maior probabilidade de ocorrência das correntes mais intensas é o Itaguaçu, seguido por Carijó e Guaíbe. Em todos os setores a estação do verão é a que apresenta maior probabilidade de presença de correntes mais intensas, seguidas pela estação de primavera.

Novamente estes valores se relacionam com as descrições de velocidade do vento. Como no verão existe a possibilidade de ventos de origem N-NE estarem presentes com maior frequência e intensidade, estes ventos possuem também a capacidade de gerar correntes mais intensas. Por outro lado, no inverno, a maior frequência de passagens de frentes frias faz com que a corrente altere de direção com mais frequência, não produzindo correntes tão intensas;

Tabela 3.1.2.1.2-6 – Probabilidade de ocorrência de correntes, de acordo com faixas de intensidade, para os setores da APAMLC. Fonte de dados: Hycom Consortium (2016).

Profundidade (m)	Guaíbe - Probabilidade de ocorrência de intensidades maiores que				Itaguaçu - Probabilidade de ocorrência de intensidades maiores que								Carijó Probabilidade de ocorrência de intensidades maiores que					
	0,1 m/s	0,2 m/s	0,3 m/s	0,4 m/s	0,1 m/s	0,2 m/s	0,3 m/s	0,4 m/s	0,5 m/s	0,6 m/s	0,8 m/s	0,1 m/s	0,2 m/s	0,3 m/s	0,4 m/s	0,5 m/s	0,6 m/s	
Verão																		
0 m	86,9	42,9	8,9	0,6	94,4	74,5	46,3	21,9	7,6	1,9	0,0	93,5	69,4	37,6	13,9	3,4	0,5	
6 m	53,7	6,4	0,1	0,0	85,8	52,3	22,2	6,5	1,3	0,2	0,0	81,7	41,0	12,0	2,0	0,2	0,0	
10 m	33,4	0,9	0,0	0,0	81,9	45,7	17,5	4,6	0,8	0,1	0,0	67,5	26,3	6,5	1,1	0,1	0,0	
25 m	-	-	-	-	74,4	28,5	5,4	0,5	0,0	0,0	0,0	43,4	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Outono																		
0 m	81,8	30,7	3,5	0,1	91,0	64,4	33,7	12,7	3,4	0,6	0,0	89,6	58,3	25,5	7,1	1,2	0,1	
6 m	47,3	3,0	0,0	0,0	79,9	41,3	13,8	3,0	0,4	0,0	0,0	75,6	30,0	5,9	0,6	0,0	0,0	
10 m	19,0	0,0	0,0	0,0	75,4	34,8	10,2	1,9	0,2	0,0	0,0	53,6	11,9	1,3	0,1	0,0	0,0	
25 m	-	-	-	-	68,2	22,2	3,5	0,3	0,0	0,0	0,0	42,1	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
Inverno																		
0 m	75,5	28,1	4,7	0,3	88,3	59,5	30,2	11,5	3,2	0,7	0,0	85,3	51,0	20,9	5,8	1,1	0,1	
6 m	48,8	5,5	0,1	0,0	78,5	40,7	14,4	3,5	0,6	0,1	0,0	72,3	27,8	5,8	0,6	0,0	0,0	
10 m	37,7	1,8	0,0	0,0	76,4	37,2	12,0	2,6	0,4	0,0	0,0	65,5	19,5	2,7	0,2	0,0	0,0	
25 m	-	-	-	-	67,1	17,8	1,7	0,1	0,0	0,0	0,0	44,1	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	
Primavera																		
0 m	85,2	44,1	11,9	1,5	93,5	73,3	46,7	23,8	9,5	3,0	0,1	91,2	65,3	35,3	14,1	4,0	0,8	
6 m	61,2	11,5	0,6	0,0	86,5	55,2	25,7	8,7	2,1	0,4	0,0	81,5	41,8	13,0	2,4	0,3	0,0	
10 m	52,3	6,1	0,1	0,0	84,4	51,0	22,2	7,0	1,6	0,3	0,0	78,0	35,9	9,6	1,5	0,1	0,0	
5 m	-	-	-	-	76,6	26,5	3,3	0,1	0,0	0,0	0,0	52,5	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	

Além da circulação provocada pelas correntes da PCI e pela maré astronômica e meteorológica, conforme apresentado anteriormente, nas proximidades da linha de costa um outro fator é determinante para a circulação: as ondas. Ondas geradas em alto mar atingem a costa, porém antes de terem contato com o assoalho marinho não provocam correntes significativas. Ou seja, as ondas possuem capacidade de gerar correntes importantes nas proximidades da linha de costa, na zona de arrebatção. Estas correntes são chamadas de corrente de deriva litorânea, e suas características na área de estudo estão apresentadas no item *Correntes* deste estudo.

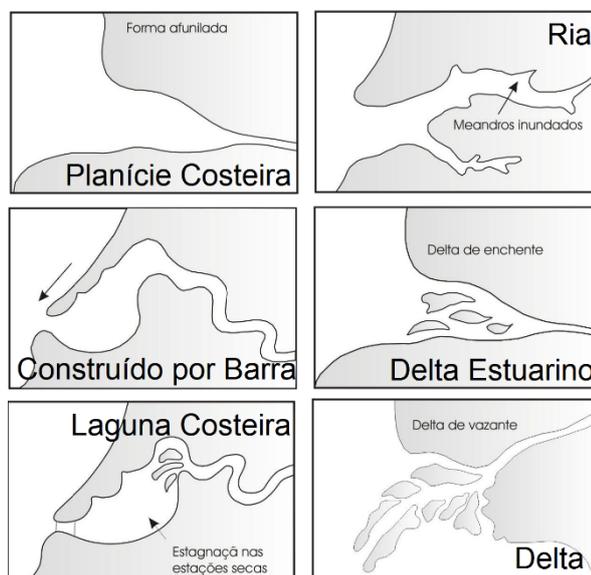
Mesmo não estando no interior da APAMLC, as desembocaduras dos rios e do estuário de Santos-São Vicente apresentam circulações importantes que devem ser descritas.

■ Circulação nos estuários

Na região de estudo ocorre a desembocadura de alguns rios – apresentados no item **Desembocaduras de rios e lagoas** deste estudo – e a circulação nesta região é influenciada diretamente pelas descargas de água doce e regime de maré. Estas regiões de desembocadura são chamadas de estuários.

Segundo a definição clássica de Cameron & Pritchard (1963), estuários são corpos d'água litorâneos, semifechados, que possuem uma livre conexão com o oceano, onde a água do mar é diluída pela água doce proveniente da drenagem continental. Pritchard (1952) propôs classificar os estuários de acordo com a sua morfologia. A mostra as classificações possíveis.

Figura 3.1.2.1.2-19 – Classificação morfológica para os estuários. Fonte: adaptado de Miranda *et al.* (2002).



Na região de estudo ocorre a presença do tipo de estuário de planície costeira. Estes estuários, que possuem conexão livre com o mar, também podem ser classificados de acordo com a sua hidrodinâmica. A descarga do rio, amplitude de maré, diferença de salinidade entre o oceano e o rio e características geométricas como largura/profundidade, são os fatores para esta classificação. Embora não muitos estudos classificando o tipo hidrodinâmico dos estuários na área de estudo, a avaliação hidrodinâmica

realizada por Parreira (2012) sugere classificação do tipo cunha salina. Segundo Miranda *et al.* (2002), este tipo de classificação ocorre em desembocaduras com presença de micromaré e vazão fluvial constante, como é o caso da região. A mostra esquematicamente em corte como ocorre a circulação neste tipo de estuário. Já a mostra em planta a variação de salinidade de acordo com a enchente e a vazante de maré neste tipo de estuário.

Figura 3.1.2.1.2-20 – Diagrama esquemático de um estuário tipo cunha salina. As setas verticais na interface entre os movimentos bidirecionais indicam o processo de mistura entre a água doce e salgada (com S sendo a Salinidade).
Fonte: adaptado de Miranda *et al.* (2002).

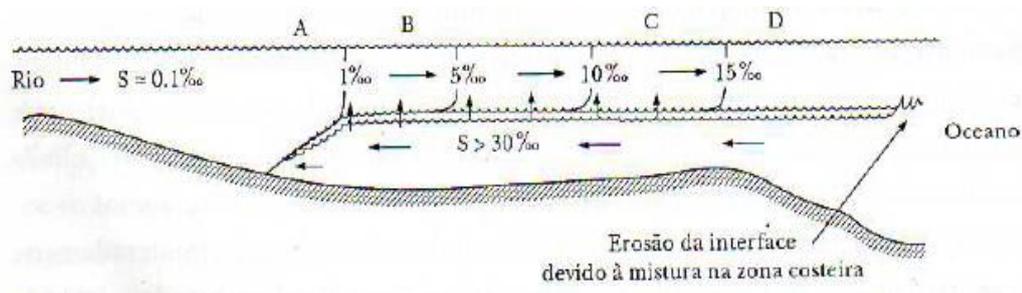
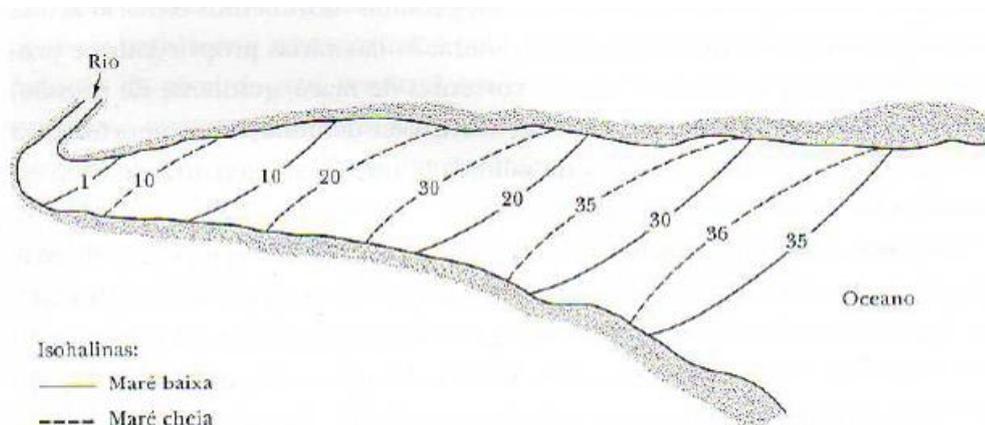


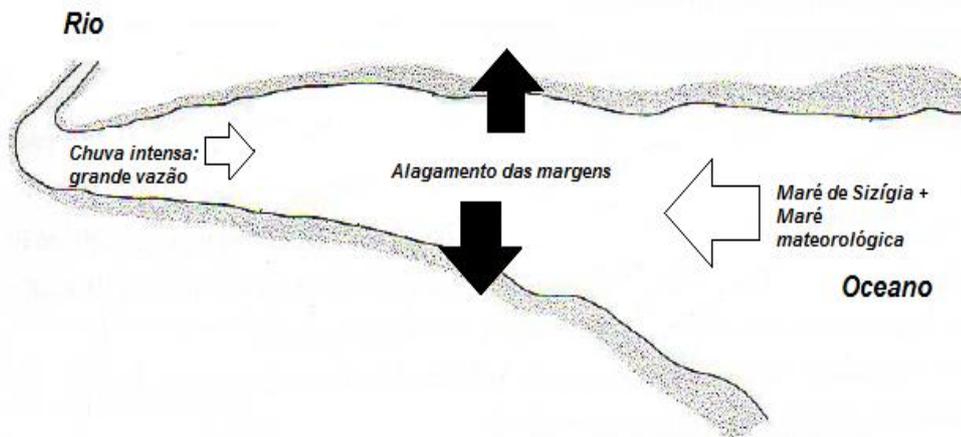
Figura 3.1.2.1.2-21 – Diagrama esquemático de um estuário. As isolinhas mostram a variação horizontal da salinidade média entre os valores S=1 e S=36 nas proximidades do rio e na região costeira adjacente, respectivamente. Fonte: adaptado de Miranda *et al.* (2002).



Através da e da é possível explicar como ocorre a circulação no estuários do tipo Planície Costeira. O rio apresenta vazão de água doce, menos densa, e esta vazão encontra com a água salgada do mar, mais densa. Em momentos de maré enchente, a água do mar avança em direção ao interior do continente. Como a água do mar é mais densa, esta avança pelas camadas mais profundas, fazendo com que a água doce, menos densa permaneça na superfície. Em momentos de maré vazante, a água do mar recua e a corrente provocada pela vazão do rio ganha intensidade. Este movimento periódico de entrada e saída da maré faz com que a região interna do estuário tenha baixa energia, favorecendo o depósito dos sedimentos finos que são carreados pelo rio, que são essenciais para a estabilização dos bosques de manguezais.

A região costeira da área de estudo sofre com a ação de ressacas que, além da presença de ondas, são acompanhadas pela maré meteorológica, que soergue o nível do mar – apresentado no item *Varição do nível do mar e ressacas* deste estudo. Estes eventos ocorrem frequentemente durante a passagem de frentes frias, que também são acompanhadas por eventos de intensas chuvas. Esta combinação de intensa chuva e ressaca na região costeira adjacente faz com que a região do estuário sofra uma pressão dupla: aumento da vazão do rio e aumento do nível do mar. Esta entrada de água por ambas as entradas do estuário faz com que ocorra um alagamento de suas margens, conforme apresentado esquematicamente na -.

Figura 3.1.2.1.2-22 – Situação de passagem de frente fria, com aumento da pluviosidade e do nível do mar, ocasionando alagamento das margens do estuário.



■ A circulação no estuário de Santos-São Vicente

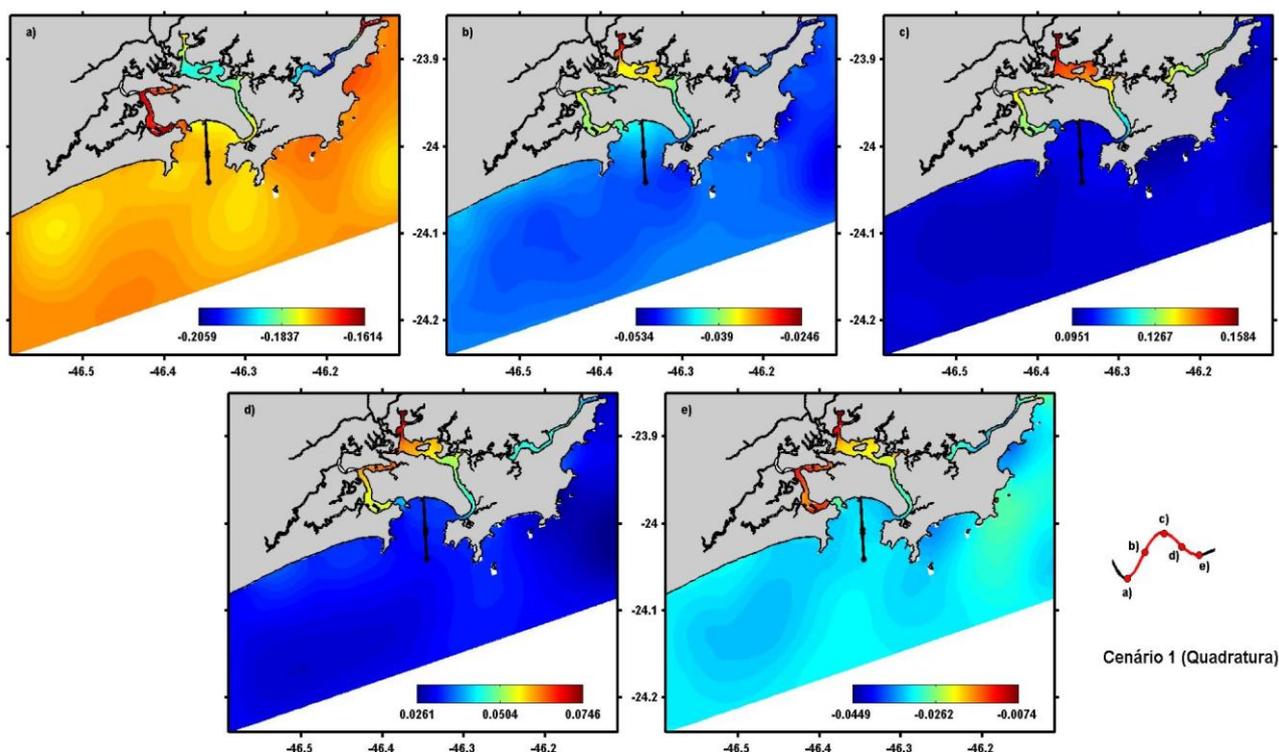
Gregório (2009) estudou numericamente a circulação no estuário de Santos São Vicente e validou o modelo com dados coletados. Na são apresentados os resultados obtidos por este autor durante um ciclo de enchente-vazante de marés de quadratura. Este autor descreve que durante o ciclo de maré de quadratura, no instante a) foram modelados em todo o sistema níveis abaixo de 0,00 m, caracterizando situação de baixa-mar. Neste instante, a região que apresenta o nível mais elevado (-0,17 m) é o Canal de São Vicente, em oposição à região central do Canal de Bertioga, que apresenta o menor nível (-0,20 m).

No instante b), que caracteriza um momento de enchente de maré, foi modelado o nível mais baixo na região ao largo (-0,05 m), enquanto a região com nível mais elevado é a região do Alto Estuário – Cubatão (-0,02 m). Importante ressaltar que o Canal de São Vicente e o Canal do Porto de Santos apresentam similaridade entre seus níveis, sugerindo propagação simultânea da onda de maré por estes canais. Situação similar à encontrada em b) foi modelada no instante c), porém com valores maiores, caracterizando o instante de preamar. No instante seguinte, d), as relações entre os níveis dos Canal de São Vicente, Canal do Porto e Canal de Bertioga mantêm-se as mesmas do instante anterior, porém com valores reduzidos, caracterizado um momento de vazante. Novamente observa-se a similaridade entre os níveis do Canal de São Vicente e Canal do Porto, confirmando a propagação simultânea da onda de maré por estes canais. Finalmente, no instante e) são modelados padrões semelhantes ao instante a), caracterizando um instante de baixamar.

Este autor também encontrou similaridades com o ciclo de maré de quadratura durante o ciclo de maré de sizígia, porém, as amplitudes são maiores. No instante de baixamar a), o mínimo modelado é de aproximadamente -1,00 m e, no instante de preamar, o valor máximo modelado é de 1,13 m.

Destaca-se que outros autores, como Harari *et al.* (2000), também afirmam que as ondas de maré se propagam simultaneamente pelos Canais do Porto, de São Vicente e de Bertioça.

Figura 3.1.2.1.2-23 – Variação do nível (m) ao longo de um ciclo de enchente-vazante em maré de quadratura, no estuário de Santos-São Vicente. Cada painel indica um instante de tempo, identificado pelo índice no canto superior esquerdo e a curva de nível em destaque. Fonte: Gregório (2009).



Analisando de forma temporal todo o ciclo de marés, os resultados de Gregório (2009) apresentaram oscilações semi-diurnas com amplitudes variando entre 0,25 m para períodos de quadratura e 1,95 para períodos de sizígia na Baía de Santos. Neste mesmo local Harari *et al.* (2000), encontrou variação da maré de 0,27 m em situação de quadratura e 1,23 m em sizígia.

Para a Baía de Santos, Gregório (2009) encontrou aspectos dinâmicos regidos fortemente pela maré, o que faz com que as descargas nas desembocaduras dos Canais de São Vicente e do Porto sejam controladas pelos instantes de baixamar e preamar, tanto em períodos de sizígia quanto de quadratura. Em instantes de baixamar, ocorre maior influência das vazões desses canais, fazendo com que as velocidades na Baía de Santos sejam maiores e que águas provenientes do Alto Estuário Santista sejam despejadas neste local. Estas águas apresentam menor densidade, quando comparadas àquelas que ocupam profundidades semelhantes da região marinha adjacente. A injeção de água pelos canais estuarinos ocasiona maior mistura da coluna de água, deixando-a mais homogênea verticalmente. Em instantes de preamar, a força do gradiente de pressão na região marinha adjacente força a entrada de águas mais densas na Baía de Santos, diminuindo o fluxo de águas estuarinas pelos Canal de São

Analisando somente esta forçante gravitacional, a partir de dados de altimetria de satélite e previsão harmônica para as marés, de acordo com a metodologia apresentada no Item 2. **Metodologia**, levando-se em consideração as componentes mais importantes (de acordo com a - M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , Q_1 , MM , M_4), a mostra a variação máxima de amplitude para a área de estudo. Este valor não se altera ao longo do ano. Para a APAMLC as variações máximas são da ordem de 1,1 a 1,2 m para os setores Guaíbe e Itaguaçu e de 1,17 a 1,30 m para o setor Carijó - estado de acordo com as variações proposta pela .

Já a porção subinercial¹ da variação do nível do mar, devido a fenômenos atmosféricos, Gregório (2014) observou grande diferença de amplitude entre os períodos de inverno e verão. Estas variações do nível do mar em escala subinercial estão fortemente associadas à passagem de frentes frias, que, como mostrado anteriormente, são mais frequentes no inverno. Segundo este mesmo autor, em Ubatuba, região ao norte da APAMLC mas que sofre com os mesmos fenômenos atmosféricos, durante o verão, 14,7% da variância do nível do mar é devido a fenômenos atmosféricos, enquanto que no inverno, este valor é de 32,4%. Estas variações do nível do mar ocorrem principalmente no sentido positivo, ou seja, além da variação da maré devido a ação gravitacional, esta variação subinercial com a passagem de frentes frias faz com que ocorra uma elevação do nível do mar, muitas vezes superior a maré prevista. Este autor mostrou ainda a grande importância de fenômenos remotos para a variação do nível do mar subinercial na região norte do estado de São Paulo, podendo chegar a contribuir com até 40% da variância. Estes fenômenos remotos se propagam em forma de Ondas de Plataforma Continental e quando associados a ondulações intensas, são comumente chamados de ressacas.

Figura 3.1.2.1.2-25 – Constantes harmônicas para o Porto de Santos. Fonte: FEMAR (2002).

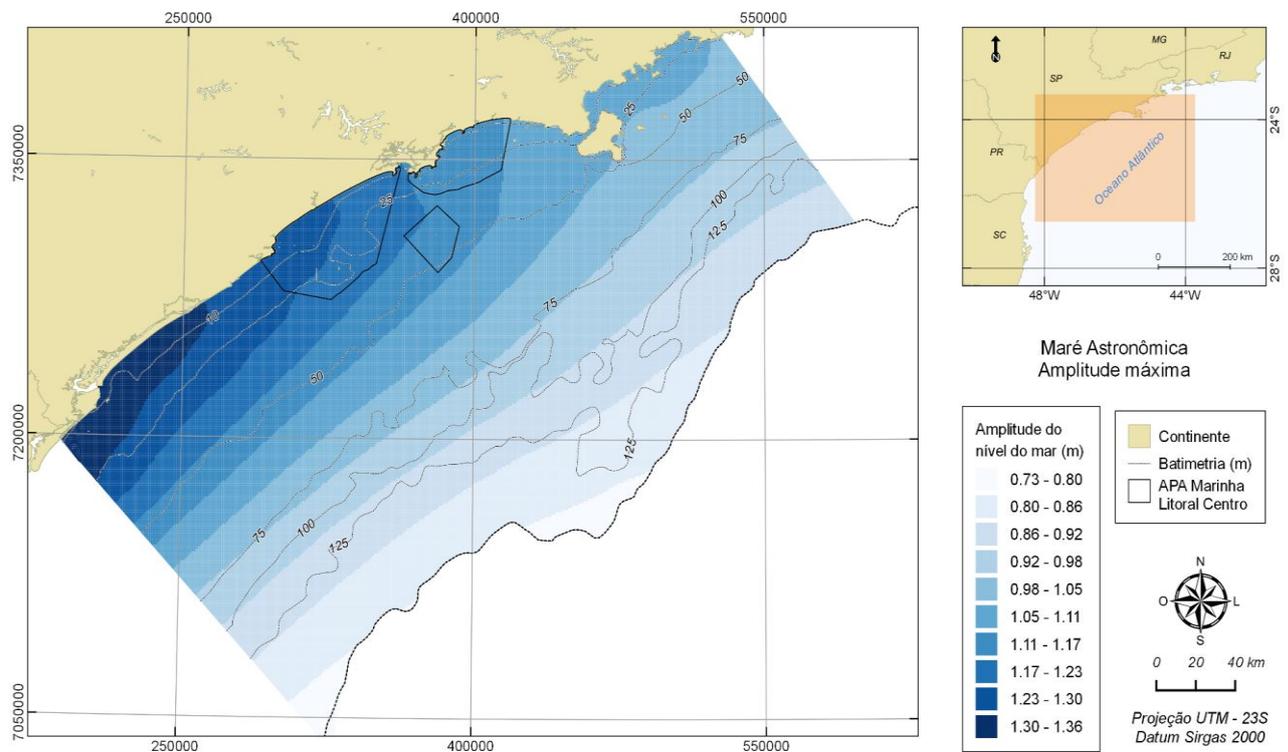
FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação : SANTOS (PORTO) – SP					
Localização : Na torre de passagem dos cabos elétricos pelo canal (Torre Grande)					
Organ. Responsável : INPH / CODESP / DHN.					
Latitude : 23° 57,3' S			Longitude : 46° 18,6' W		
Período Analisado : 01/01/56 a 23/12/56			Nº de Componentes : 32		
Análise Harmônica : Método Tidal Liverpool Institute					
Classificação : Maré de Desigualdades Diurnas					
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		II H 55 min	Nível Médio (Zo):		77 cm acima do NR.
Média das Preamares Superiores (MHHW) :		141 cm acima do NR.	Média das Preamares Inferiores (MLHW) :		130 cm acima do NR
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :		29 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) :		7 cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	10,2	025	MU ₂	2,1	122
Ssa	5,0	180	N ₂	5,4	149
Mm	4,2	289	NU ₂	0,4	139
Mf	1,7	141	M ₂	36,4	088
MTM	-	-	L ₂	1,6	037
Msf	1,5	121	T ₂	0,8	020
Q ₁	2,5	058	S ₂	22,5	091
O ₁	11,5	081	K ₂	7,4	082
M ₁	0,8	095	MO ₃	0,7	096
P ₁	2,3	136	M ₃	4,9	234
K ₁	6,3	143	MK ₃	2,5	117
J ₁	0,8	192	MN ₄	1,3	318
OO ₁	0,2	133	M ₄	2,6	355
MNS ₂	0,2	189	SN ₄	0,6	061
2N ₂	2,0	149	MS ₄	2,2	143
Referências de Nível: RN Alfândega, situada na Praça da República, no meio fio em frente ao prédio da Delegacia da Receita Federal (antiga Alfândega). RN 2 implantada na sapata da torre do lado do porto.					
Obs: Outros Períodos: 01/01/51 a 04/01/51; 14/11/59 a 15/12/59; 07/02/78 a 23/02/78; 27/02/78 a 27/03/78; 05/09/95 a 07/10/95. Existem outros períodos no INPH e na CODESP Consta das Tábuas das Marés.					

Código BNDO: 50225

¹ Subinercial: movimentos de baixa frequência. Na região de estudo são movimentos com frequência inferior a aproximadamente 40h – correntes que não são influenciadas pela maré, por exemplo.

Figura 3.1.2.1.2-26 – Amplitude máxima do nível do mar devido as forças gravitacionais. Fonte de dados: Modelo global inverso TPXO 7.2.



O termo ressaca é utilizado de forma popular para o fenômeno oceanográfico maré meteorológica (ou "storm surge" do inglês). A definição de maré meteorológica é a diferença entre a maré observada e aquela prevista pela Tábua de Marés (PUGH, 1987). As causas desse fenômeno pouco conhecido fora dos meios acadêmicos são, principalmente, as variações da pressão atmosférica e a troca de momento linear entre o vento e a água, causando assim níveis mais baixos ou mais altos que os previstos na Tábua (GMO, 2016).

A maré meteorológica é um fenômeno que ocorre com certa frequência e possui grande importância devido à sua influência sobre a navegação, pesca e processos de erosão costeira, por exemplo. O efeito conhecido como ressaca ("storm surge") geralmente está acompanhado de uma maré meteorológica intensa, e é caracterizado pelo avanço do mar em áreas normalmente não alcançadas, causando assim danos a propriedades e também provocando inundações. Embora as ondas de superfície possuam um alto poder destrutivo, as inundações associadas às marés meteorológicas podem se manter durante um intervalo de tempo muito maior, aumentando ainda mais os problemas relacionados a esse fenômeno, como por exemplo o represamento de águas de drenagem continental (GMO, 2016).

Conforme estudado por Gregório (2014), estas variações subinerciais de variação do nível do mar na costa sudeste do Brasil se propagam em forma de Ondas de Plataforma Continental, que são geradas na porção sul do Brasil, ou mais ao sul na costa da Argentina e Uruguai. Essas ondas se propagam de sul para o norte com grande comprimento de onda (aproximadamente 2000 km, segundo este autor), que faz com que em praticamente toda a costa de São Paulo as variações observadas sejam semelhantes, como mostrado na e na . O autor ressalta, no entanto, que pode haver diferenças entre a região norte e sul, uma vez que as oscilações subinerciais na região norte da PCSE estão melhor correlacionadas com a

componente do vento perpendicular à costa da região de Paranaguá-Cananéia e com a componente do vento paralelo à costa da região de Imbituba-São Francisco.

Figura 3.1.2.1.2-27 – Variação do nível do mar subinercial no verão de 2003, indicando que a variação do nível do mar é semelhante em toda a costa de São Paulo (Cananéia – sul do estado – segundo painel de baixo para cima; Ubatuba – norte do estado – terceiro painel de baixo para cima). Fonte: Gregório (2014)

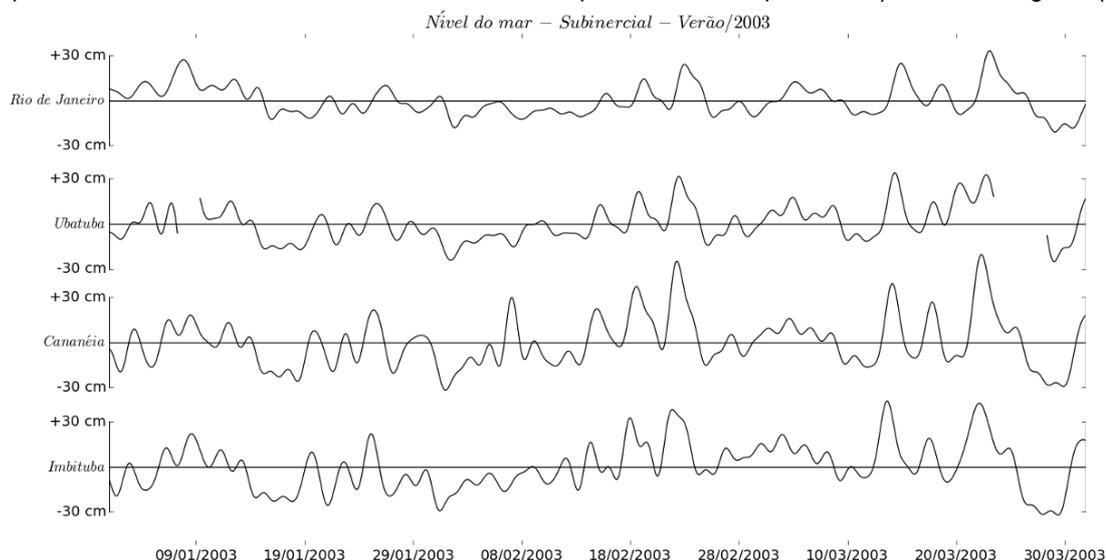
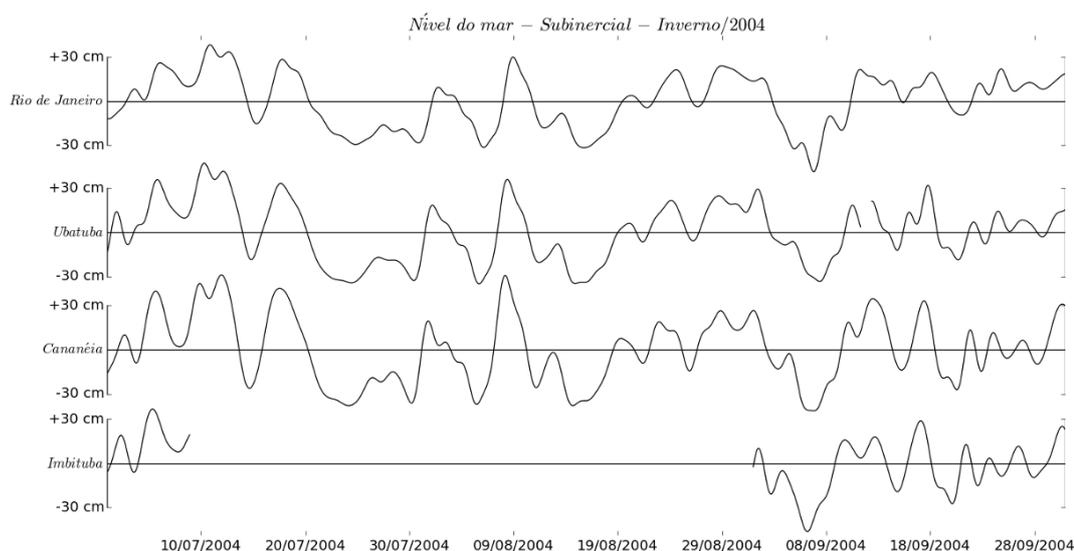


Figura 3.1.2.1.2-28 – Variação do nível do mar subinercial no inverno de 2004, indicando que a variação do nível do mar é semelhante na costa de São Paulo (Cananéia – sul do estado – segundo painel de baixo para cima; Ubatuba – norte do estado – terceiro painel de baixo para cima). Fonte: Gregório (2014)



Assim, devido à ausência de dados públicos de longo termo para a variação do nível do mar na costa da APAMLC, nesta análise serão utilizados dados coletados em Cananéia (SP). As séries total e subinercial (filtradas) estão apresentadas na Figura 3.1.2.1.2-29 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananéia entre 06/1954 (painel superior) e 06/1967 (painel inferior). As

linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Dessa maneira, para identificar eventos extremos de maré meteorológica positiva foi utilizado o critério do valor médio do nível do mar subinercial, acrescido três vezes o desvio padrão. Ou seja, os valores de nível do mar subinercial maiores que 0,63 m (valor médio do nível do mar de toda a série - 0,00 m - acrescido três vezes o desvio padrão de toda a série - 0,21 m) são classificados como sendo eventos extremos de maré subinercial positiva. Estes valores subinerciais podem ser entendidos como sendo o aumento do nível do mar com relação à previsão de maré. A **Tabela 3.1.2.1.2-7** mostra a quantidade média de eventos por ano, para cada mês, bem como a porcentagem do tempo que o nível do mar excedeu o limite extremo positivo estabelecido para o critério de eventos extremos.

Tabela 3.1.2.1.2-7 – Quantidade média e % do tempo com eventos de maré meteorológica extrema positiva (ressacas) e negativas, para a costa de São Paulo entre 1954 e 2007. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Mês	Nível médio do mar (m)	Nível máximo do mar (m)	Maré meteorológica extrema positiva	
			Quantidade média por ano	% de ocorrência de eventos extremos
Janeiro	-0,01	0,83	1	0,2
Fevereiro	0,03	0,79	3	0,4
Março	0,04	0,87	2	0,3
Abril	0,06	0,88	5	0,7
Mai	0,06	0,79	7	1,0
Junho	0,02	0,85	3	0,4
Julho	-0,02	0,92	3	0,4
Agosto	-0,03	0,80	2	0,3
Setembro	-0,04	0,72	2	0,3
Outubro	-0,04	0,70	1	0,1
Novembro	-0,03	0,83	2	0,3
Dezembro	-0,02	0,75	1	0,1

Figura 3.1.2.1.2-29 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananéia entre 06/1954 (painel superior) e 06/1967 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

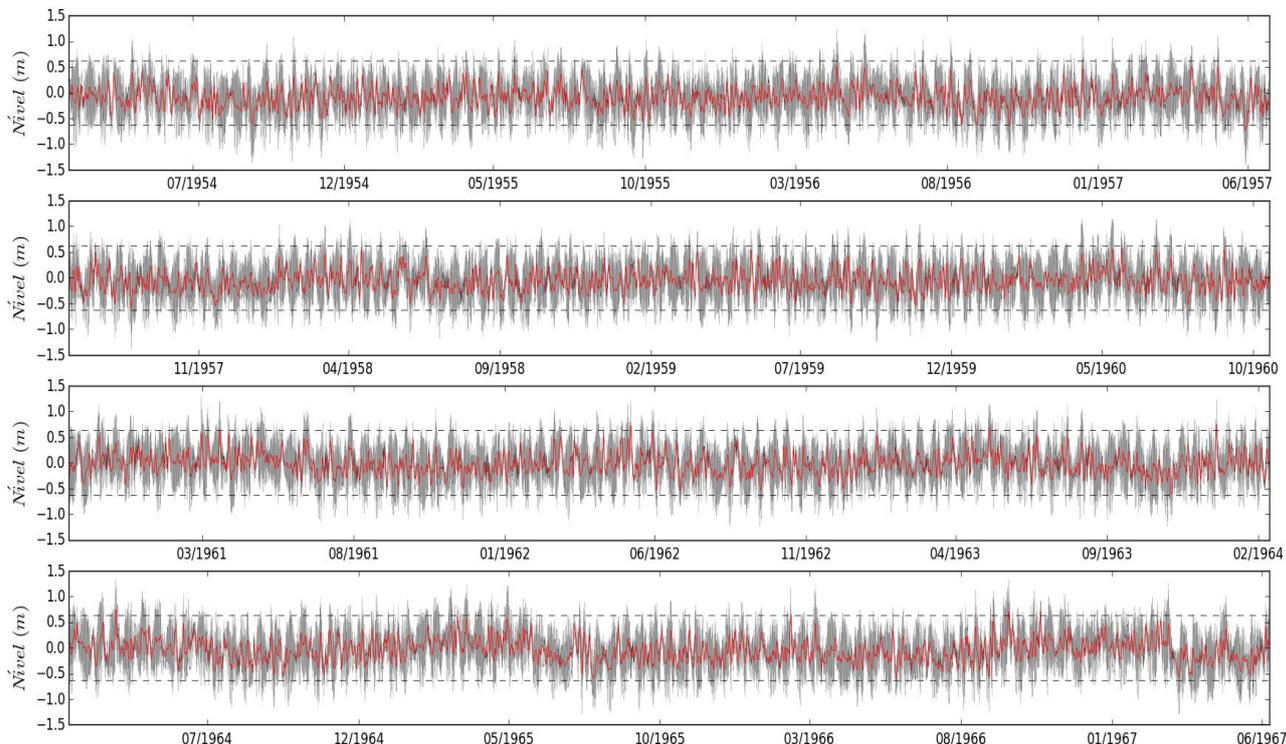


Figura 3.1.2.1.2-30 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananéia entre 06/1967 (painel superior) e 09/1980 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

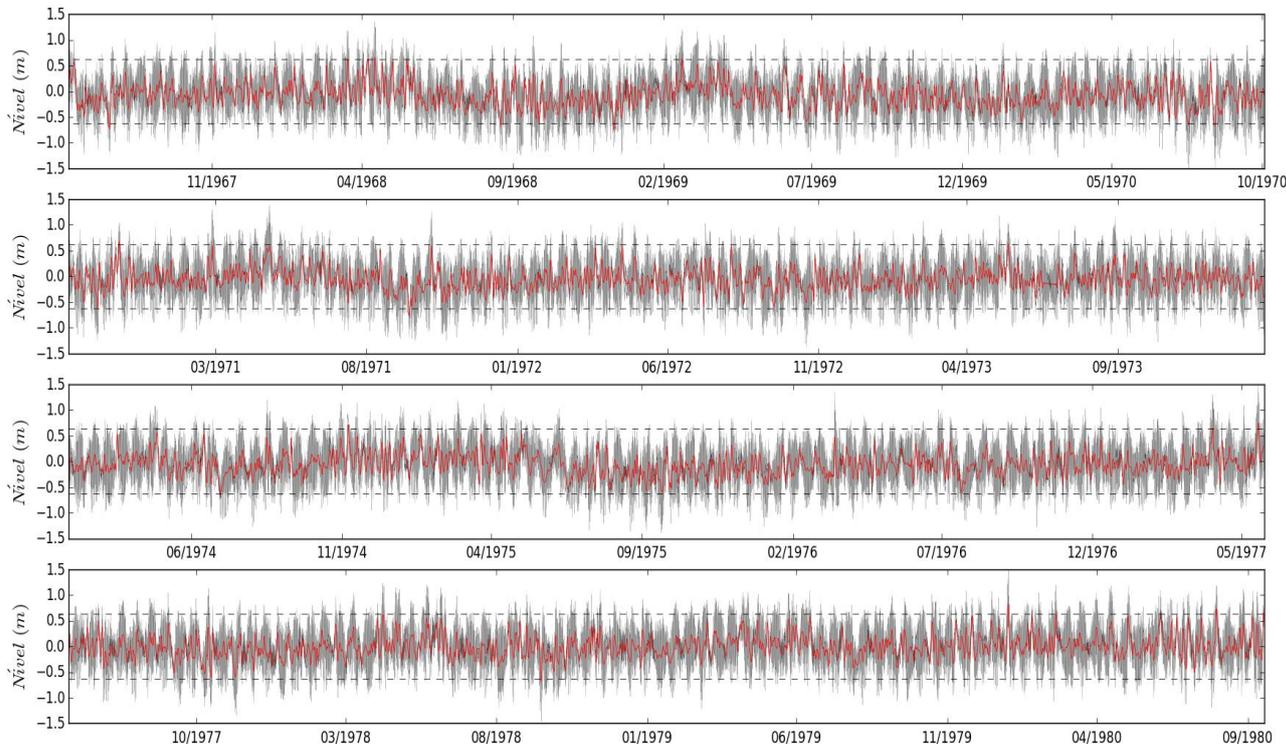


Figura 3.1.2.1.2-31 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananéia entre 09/1980 (painel superior) e 12/1993 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

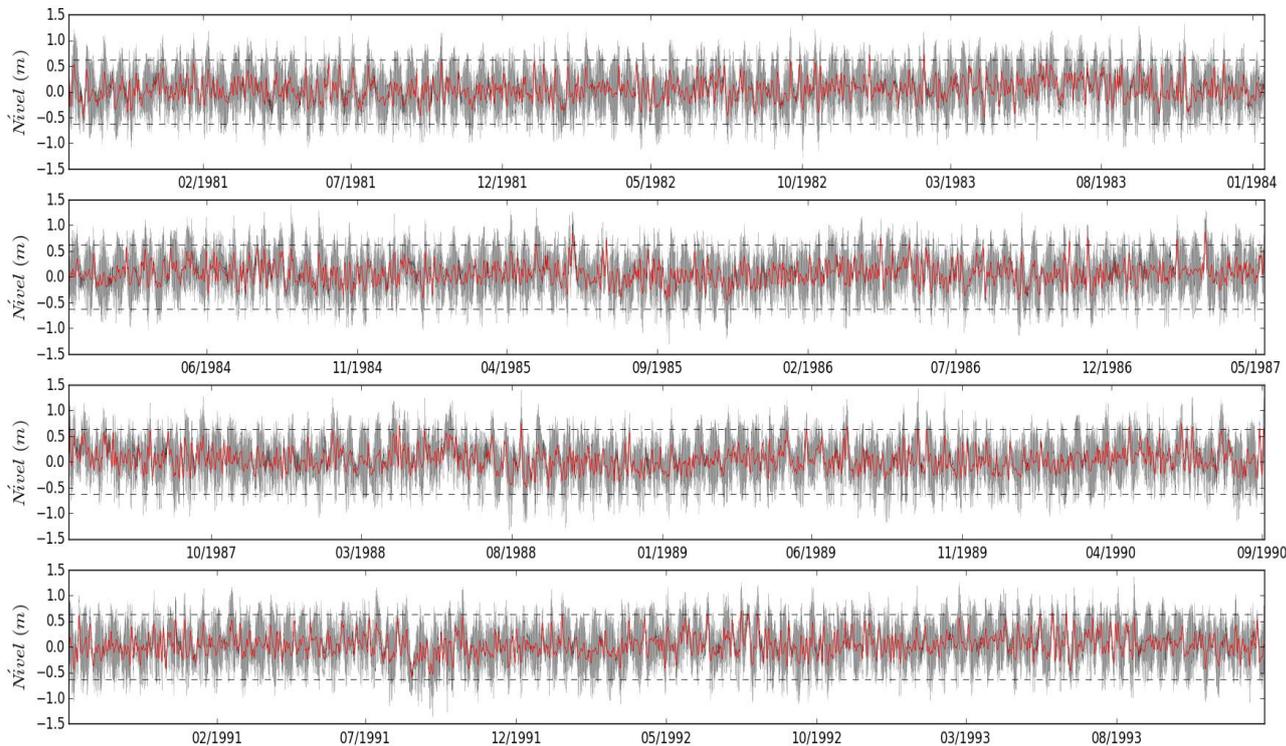
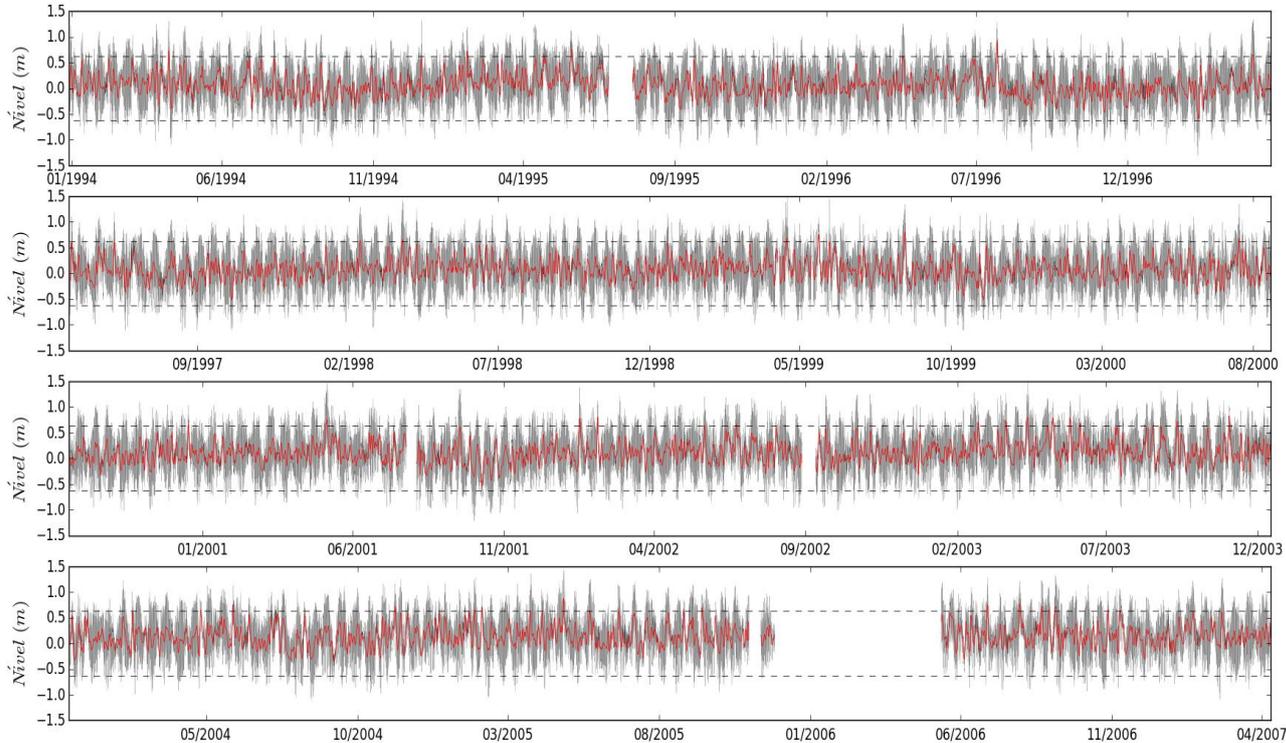
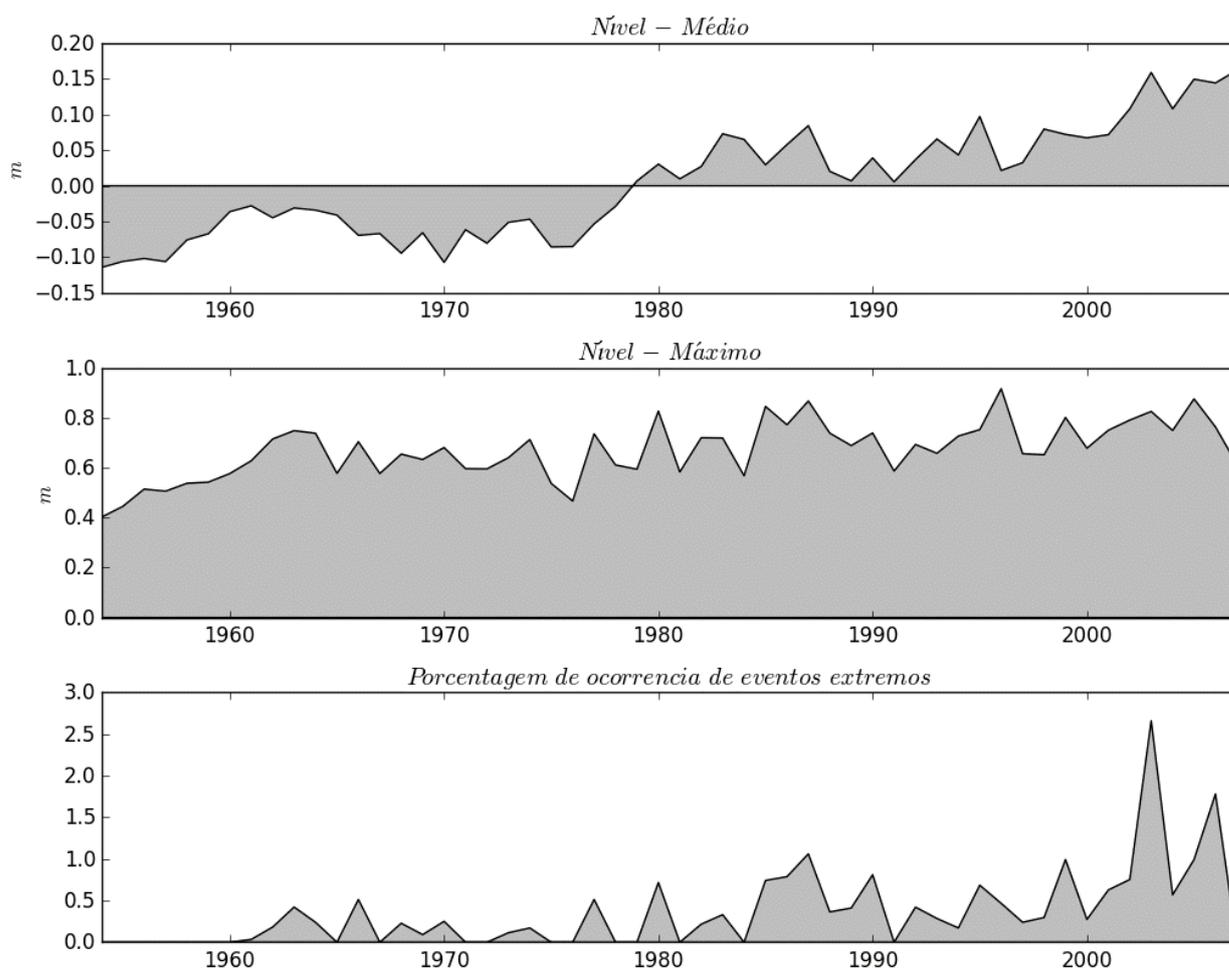


Figura 3.1.2.1.2-32 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananéia entre 01/1994 (painel superior) e 04/2007 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.



Para avaliar a variação interanual destas ressacas, na mostra o nível médio anual do mar em Cananéia ao longo da série analisada, bem como o nível máximo do mar registrado anualmente e a ocorrência de eventos extremos de elevação do nível do mar – ressacas.

Figura 3.1.2.1.2-33 – Nível médio do mar (painel superior), nível máximo registrado (painel central) e porcentagem de ocorrência de eventos extremos de elevação do nível do mar na costa de São Paulo entre 1954 e 2007. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.



A mostra que houve uma variação de aproximadamente 0,2 m no nível médio do mar em Cananéia entre os anos de 1954 e 2007 (uma média de 3 mm/ano), sendo que no ano de 1978 aproximadamente o nível do mar estava na média de toda a série analisada. Os dados mais atuais mostram nível do mar mais elevado que a média do período. A ausência de dados de longo período de marégrafos na costa brasileira dificulta a assertividade com relação ao aumento do nível médio do mar. França (1995) *apud* Mesquita (2000) indica valores médios para a costa brasileira de cerca de 4 mm por ano. Já Valentim *et al.* (2013) encontrou o valor de 2,3 mm/ano entre os anos de 1978 a 2000 numa série de nível do mar medida em Ubatuba.

Na série analisada, o nível do mar máximo registrado ao longo dos anos também tem aumentado nos dados mais recentes, contudo, se descontado o aumento médio relatado, observa-se pouca variação na severidade. Com relação a porcentagem de ocorrência de eventos extremos, observa-se que a partir do

ano de 1990 houve um crescimento, com valor máximo aproximadamente 2,5% de frequência de ocorrência de eventos extremos no ano de 2003, indicando também um aumento no número de ocorrência destes fenômenos.

Campos *et al.* (2010) estudaram também ressacas no litoral central de São Paulo com base de série de dados no Porto de Santos, entre 1950 e 1990, e encontraram resultados relativamente similares aos apresentados aqui. Neste estudo, o critério utilizado para identificação de eventos extremos foi no nível médio acrescido de duas vezes o desvio padrão, que seleciona mais eventos. Para eventos de sobre-elevação do nível do mar a ocorrência média é de 14,5 % na primavera, 13,4 % no verão, 40,2 % no outono e 30,8 % no inverno. Para o período entre 1951-1960 os autores encontraram 104 eventos, 1961-1970 119 eventos e para 1971-1980 e 1981-1990 os resultados foram 134 e 120 eventos.

■ Ondas

As ondas superficiais de gravidade são a principal e mais constante forma de transporte da energia no mar. As ondas presentes em um determinado local, próximo à costa ou em mar aberto, podem ser classificadas em vagas e marulho (CANDELLA, 1997).

Vagas (em inglês *wind-sea*) são ondas localizadas na zona de geração, ou seja, estão em processo de formação, recebendo energia do vento. O marulho (em inglês *swell*) é composto por ondas que se propagaram para fora da zona de geração (CANDELLA, 1997).

As maiores ondas que atingem a costa sul-sudeste brasileira são do tipo marulho com direções entre SW e SE, onde as principais zonas de geração estão nas tempestades ocorridas entre os paralelos 35°S e 55° S (FREIRE, 1960). Porém, é possível que ocorram algumas ondas de amplitudes significativas vindas do quadrante nordeste (SEIXAS, 1997).

Pinho (2003) propõe a classificação do estado de mar na Bacia de Campos de acordo com os sistemas meteorológicos que dominam a circulação dos ventos em cada situação. Estes cenários podem ser estendidos para área de estudo, por estar sujeita aos mesmos padrões atmosféricos. São basicamente três situações:

- a) Situação de Bom Tempo: ondulações de N, NE e E (principalmente NE), com sistema de alta pressão Anticiclone do Atlântico Sul dominante;
- b) Situação de Mau Tempo de SW: ondulações de SW e S em que há a passagem de frente fria seguida de um ciclone extratropical;
- c) Situação de Mau Tempo de SE: após a passagem de uma frente fria um anticiclone polar domina a circulação na região.

Para a análise do regime de ondas que atinge a região de estudo foram utilizados dados do modelo *WaveWatch* III da NOAA, conforme apresentado no Item **2. Metodologia**. Devido a limitações do modelo e do campo batimétrico, estes dados são válidos somente para oceano profundo, podendo ser extrapolado até aproximadamente a profundidade de 50 m.

A - e a - mostram o campo médio de altura, direção e período de pico de onda que atingem a área de estudo, até a profundidade de 50 m. Já a **Tabela 3.1.2.1.2-8** mostra os valores médios sobre o ponto APAMLC.

Tabela 3.1.2.1.2-8 – Estatística básica da altura e direção de ondas que incidem sobre o ponto APAMLC. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

	Altura				Período			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Verão	1,25	0,00	3,43	0,47	8,28	0,00	18,49	1,85
Outono	1,45	0,36	4,50	0,56	9,41	2,94	20,06	2,08
Inverno	1,52	0,43	3,97	0,59	9,71	3,38	19,14	2,15
Primavera	1,61	0,51	3,98	0,51	8,77	3,24	17,37	1,78

Os dados de altura mostram maiores valores para os períodos de inverno (1,52 m) e menores no verão (1,25 m), com valores intermediários para outono (1,45 m) e primavera (1,61 m), sendo a primavera mais similar ao campo de inverno e o outono mais similar ao verão. Para a direção, a direção de incidência em ambas as estações do ano é de SW, porém para o outono e inverno ocorre uma maior influência da direção S, enquanto que para o verão e primavera da direção W. Estas correlações entre estações do ano para a direção de incidência de ondas se observa também para os períodos das ondas incidentes. Os campos de invernos e outono são similares entre si, enquanto que os campos de verão e primavera também apresentam semelhanças. Os maiores períodos de incidência média são observados no inverno (aproximadamente 8,9 s) e os menores no verão (aproximadamente 7,7 s).

Figura 3.1.2.1.2-34 – Altura (cores) e direção (vetores) média das ondas que atingem a região de estudo. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

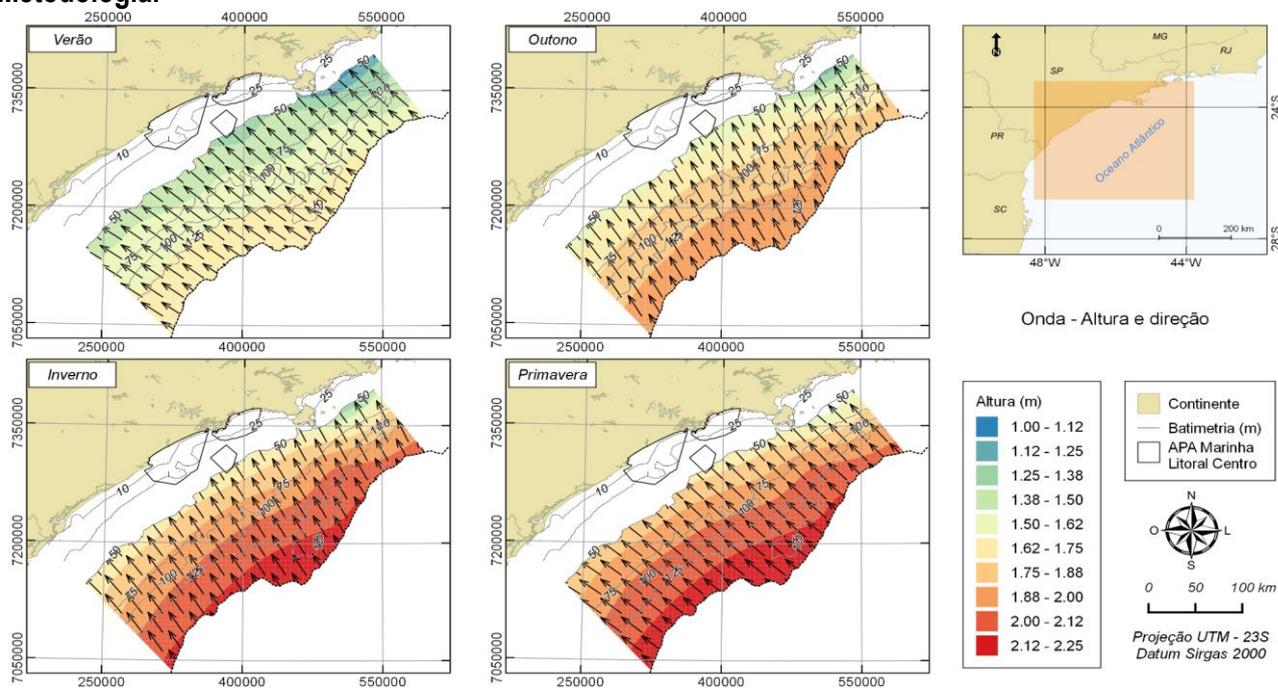
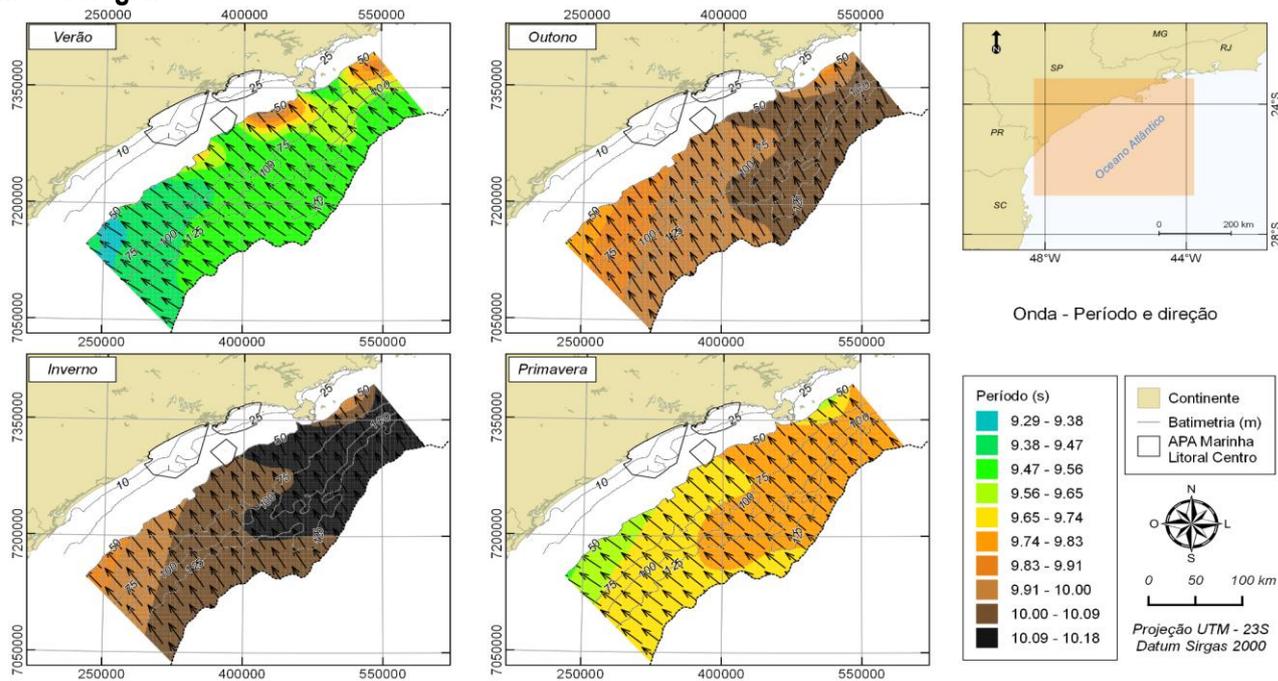


Figura 3.1.2.1.2-35 – Período (cores) e direção (vetores) média das ondas que atingem a região de estudo. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.



Analisando toda a série temporal, a e a mostram os diagramas direcionais para altura e período de onda, respectivamente, que atingem o ponto APAMLC. As tabelas de ocorrência conjunta destes dados estão disponíveis no **ANEXO 3.1-9** deste documento.

Os histogramas mostram que para o verão, outono, inverno e primavera, as direções de maior incidência de ondas são de NE (32,0 %), S (36,5%), S (30,8%) e NE (28,2%), respectivamente. Estas ondas possuem altura média de 1,81 m, 2,35 m, 2,56 m e 2,14 m, com período médio de 6,65 s, 10,14 s, 10,43 s e 6,91 s, para cada estação do ano, respectivamente - **Tabela 3.1.2.1.2-9**.

Tabela 3.1.2.1.2-9 – Estatística básica da altura e períodos de ondas de direção mais frequente sobre o ponto APAMLC.
Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Direção mais frequente								
	Altura				Período			
	Direção	Altura	Desvio	Máxima	Direção	Período	Desvio	Máxima
Verão	NE	1,81	0,53	4,02	NE	6,65	0,88	9,42
Outono	S	2,35	0,81	8,15	S	10,14	1,94	16,02
Inverno	S	2,56	0,83	6,76	S	10,43	1,88	15,78
Primavera	NE	2,14	0,64	4,94	NE	6,91	0,83	9,77

Figura 3.1.2.1.2-36 – Histograma direcional de altura de onda para a APAMLC. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

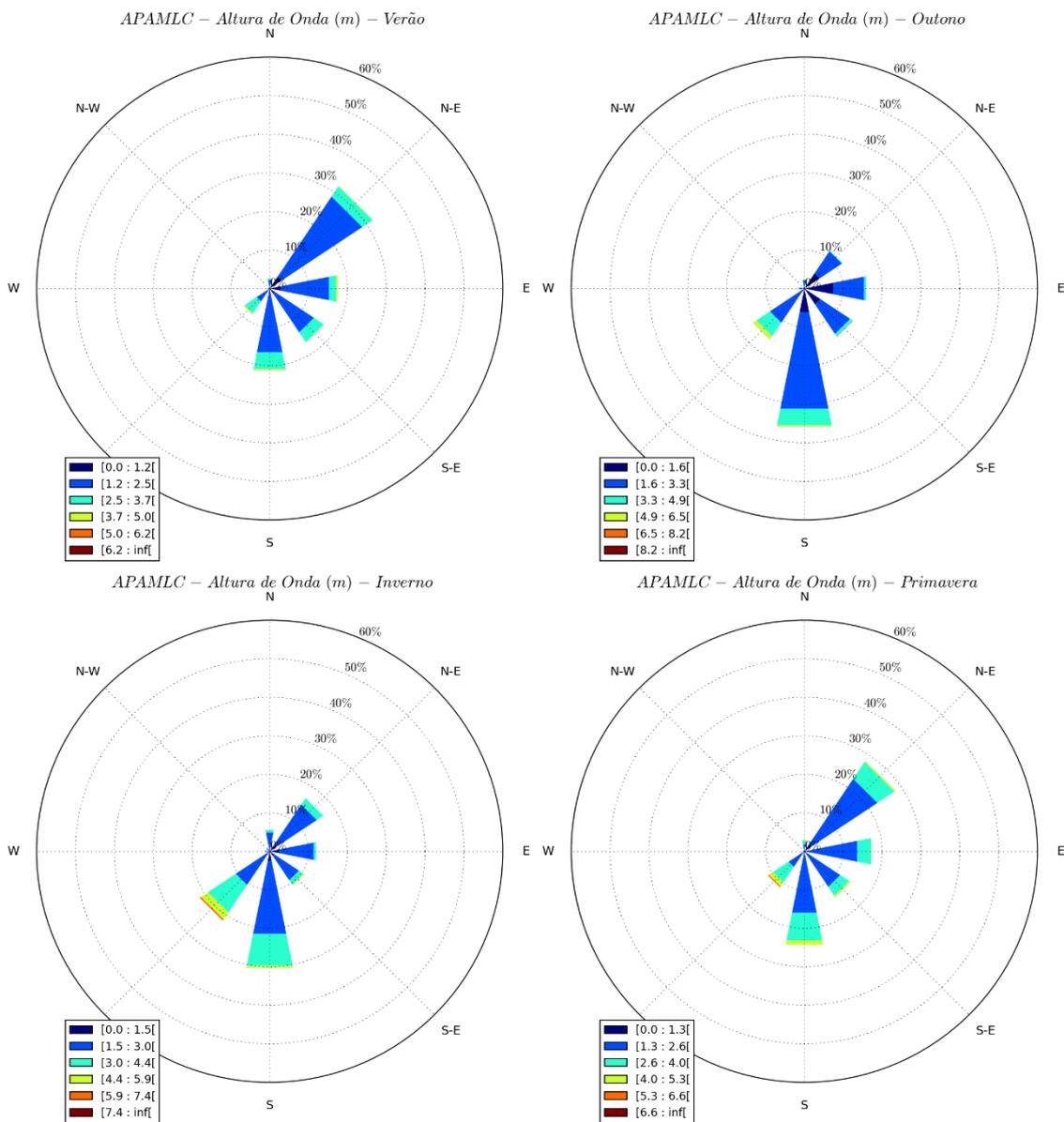
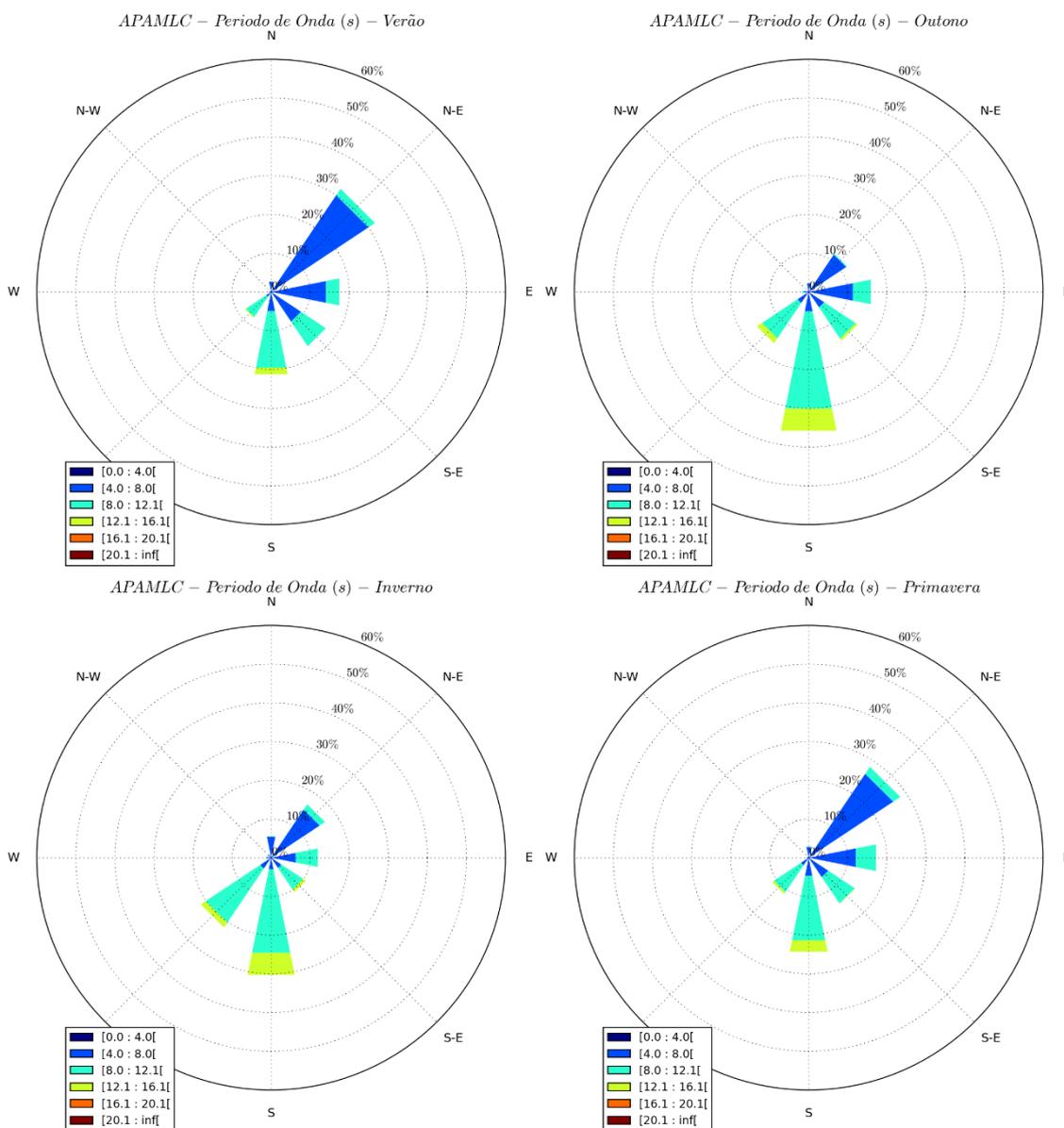


Figura 3.1.2.1.2-37 – Histograma direcional de período de onda para a APAMLC. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.



Já a **Tabela 3.1.2.1.2-10** mostra a estatística básica para as direções com maiores alturas médias e maiores períodos médios. Em todas as épocas do ano a direção que possui maior altura média é a de SW, enquanto que as ondas de direção S são as que apresentam maior período médio para outono, inverno e primavera. No verão as ondas de SW também a apresentam maior período médio. As maiores alturas e períodos nestas direções são observadas em período de inverno, e os menores no verão.

Tabela 3.1.2.1.2-10 – Estatística básica da altura de ondas de direção com maior média de altura e de período para a direção de maior período médio sobre o ponto APAMLC. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Direção maior média								
	Altura				Período			
	Direção	Altura	Desvio	Máxima	Direção	Período	Desvio	Máxima
Verão	SW	2,48	0,78	6,22	SW	9,63	1,77	14,01
Outono	SW	2,97	1,12	7,83	S	10,14	1,94	16,02
Inverno	SW	3,12	1,11	7,40	S	10,43	1,88	15,78
Primavera	SW	2,94	0,96	6,60	S	9,80	1,90	16,16

Estes resultados apresentados para as ondas relacionam-se com a literatura (PINHO, 2003, PIANCA, 2010) e indicam a forte correlação com os sistemas atmosféricos apresentados da descrição meteorológica da área de estudo.

No verão, os ventos mais frequentes de N-NE proporcionam também ondas desta direção. Já durante as estações do ano que possuem maior frequência de ocorrência de ventos das direções SW-S-SE são as estações que possuem ondas com maior frequência de ocorrência também destas direções – outono e inverno. Como a formação destas ondas é remota, vindo de regiões ao sul da América do Sul, neste caso o campo de ventos mais constante de N-NE no verão e primavera não são suficientes para criarem as ondas de maior altura média. Assim, as maiores ondas registradas para a região têm origem remota, de sul, associada, de acordo com Pinho (2003) a situações de Mau Tempo, que correspondem as passagens de frente fria sobre a área de estudo.

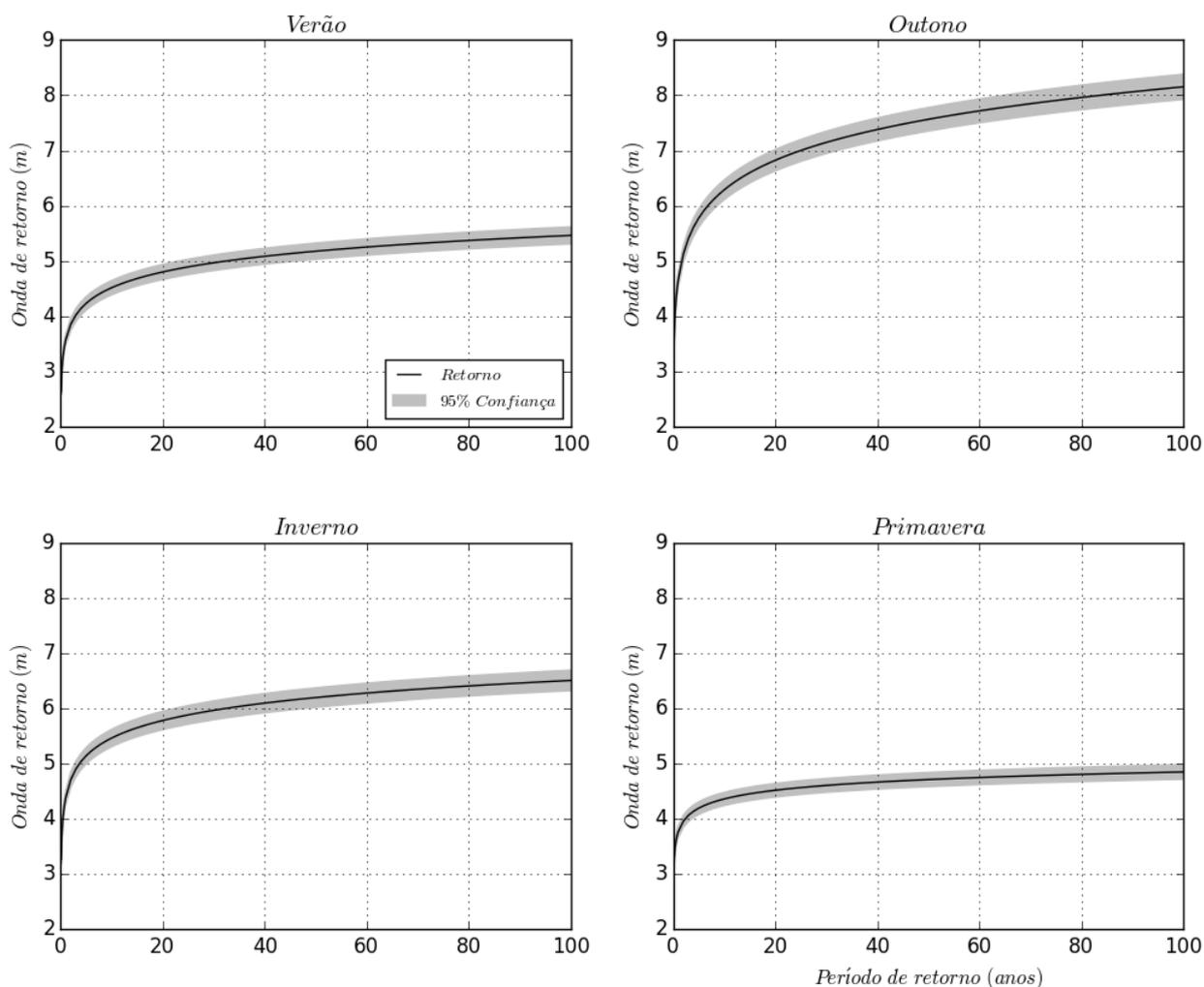
Foi realizada análise de extremos para as séries apresentadas, de acordo com a metodologia apresentada no Item 2. **Metodologia** deste documento. As probabilidades de ocorrências de ondas de acordo com classes de altura são apresentadas na **Tabela 3.1.2.1.2-11**. Estes dados mostram que para ondas de até 1,5 m o inverno apresenta maior probabilidades de ocorrência. Já pra ondas maiores que 3,5 m, as maiores probabilidades aparecem para o outono e primavera. Esses resultados mostram que durante o inverno ocorre uma maior frequência de ocorrência de ondas de maiores alturas, mas baixa probabilidade de ondas extremas isoladas, diferente do outono e primavera. Estes valores se refletem também quando analisados as alturas de retorno para períodos até 100 anos, mostrando que a onda centenária no outono é a maior em comparação as demais estações, com aproximadamente 8 m, denotando novamente a grande probabilidade de eventos extremos durante esta época do ano.

Tabela 3.1.2.1.2-11 – Probabilidade de ocorrência de ondas de acordo com intervalos de altura para o ponto APAMLC. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Estação do ano	Probabilidade de ocorrência (%) de ondas maiores que							
	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m
Verão	78,0	43,9	14,6	2,4	0,2	0,0	0,0	0,0
Outono	84,3	58,5	30,0	10,5	2,3	0,3	0,0	0,0
Primavera	87,0	63,5	35,0	13,4	3,3	0,5	0,0	0,0
Inverno	92,5	71,5	39,1	12,3	1,8	0,1	0,0	0,0

Figura 3.1.2.1.2-38 – Ondas de retorno para período máximo de 100 anos para o ponto APAMLC. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

APAMLC – Período de retorno ondas



■ **Síntese da caracterização oceanográfica**

Com relação às correntes marinhas, a dinâmica na região da APAMLC é regida pelas características da Plataforma Continental Interna da PCSE. Esse compartimento tem os movimentos regidos, transversalmente a linha de costa, pelos regimes de maré e, ao longo da linha de costa, pelo regime de vento e gradientes de densidade. Os setores Carijó e Itaguaçu apresentam correntes preferencialmente alinhadas com o vento e, desta maneira, possuem correntes predominantes para S-SW. Já o setor Guaíbe possui correntes predominantemente regidas pelo gradiente de densidade e também pelos ventos, que faz com que as correntes tenham direção preferencial para NE (na porção norte) e SW (na porção sul). Ao largo de toda a APAMLC, em profundidades entre 50 e 100 m, aproximadamente, o regime de correntes é regido pelo vento, tendo assim sentido preferencial para S-SW.

Estes setores que têm as correntes influenciadas pelo vento sofrem grande alteração na dinâmica nos momentos de passagem de frentes frias. Como este fenômeno altera a direção dos ventos de N-NE para S-SW, as correntes nestas regiões também são alteradas, tendo dessa maneira sentido oposto aos observados mais frequentemente. No setor Guaíba, as correntes que fluem para N-NE são intensificadas em momentos de passagem de frentes frias.

O setor Itaguaçu, por estar mais ao largo, foi o que teve as correntes mais intensas e as maiores probabilidades de eventos extremos.

Na região da APAMLC foram encontradas três massas de água: a Água Costeira, que é a mistura entre as águas presentes na PCSE e as águas de descargas continentais, a ACAS, que é a água que ocupa o fundo da Plataforma Continental a partir da profundidade aproximada de 50 m e é rica em nutrientes, e a Água Tropical, que é a água transportada pela Corrente do Brasil na borda da PCSE. A AC foi a que apresentou maior ocorrência e ocupa boa parte da coluna de água da APAMLC. A AT foi observada com rara frequência. Já a ACAS é observada em profundidades de 25 m por quase toda a extensão de fundo do setor Itaguaçu e na borda do setor Guaíba durante a primavera. Foram relatados também episódios de ressurgência desta água na superfície em períodos de ventos de NE persistentes, porém provenientes de regiões remotas – ao norte da área, que são transportadas pelas correntes ao longo da costa. Essa massa de água é rica em nutrientes e quando na superfície, possibilita o aumento da produção primária estimulando todo o crescimento da cadeia trófica.

Nas regiões costeiras da APAMLC onde ocorre o deságue dos rios, nas desembocaduras ocorre uma circulação característica, forçada pelo regime de marés e aporte fluvial. Em momentos de maré alta, a água oceânica adentra os rios, aumentando o nível do mar e a salinidade locais. Já em momentos de maré vazante, a corrente de maré e a corrente forçada pelo deságue do rio se somam, fazendo com que o nível do mar abaixe e as salinidades diminuam. Este regime de enchente e vazante e alteração da salinidade é muito importante para a fixação de algumas espécies animais e vegetais.

A maré na região apresenta variação máxima de aproximadamente entre 1,1 e 1,3 m, com duas marés altas e baixas por dia, e períodos de sizígia (maior amplitude) e quadratura (menor amplitude) bem marcados. Aliada a esta variação previsível devido a agentes gravitacionais, o nível do mar na região é fortemente influenciado pelas variações atmosféricas, popularmente chamadas de ressacas. Foi verificado que muitas vezes ocorrem variações no nível do mar devido a fenômenos atmosféricos maiores do que as previstas pela maré gravitacional. Estes fenômenos estão associados à passagem de frentes frias na região, e foi verificado que nas últimas décadas têm ocorrido com maior frequência e intensidade.

O regime de ondas na região também apresenta grande correlação sazonal com o vento. Em períodos de verão e primavera as ondas mais frequentes tem origem N-NE, enquanto que no outono e no inverno estas são de S-SW. A passagem de frentes frias também altera este regime, trazendo ondas de maiores alturas e períodos, sempre do quadrante S-SW.

Portanto, na questão dinâmica das correntes, nível do mar e ondas na região, em situações de tempo bom, dominância da ASAS - ventos de N-NE - as correntes nos setores Carijó e Itaguaçu fluem para sul, com ondas predominantemente de N-NE e oscilação do nível do mar de acordo com a maré. O setor Guaíba apresenta correntes superficiais para NE na porção norte e SW na porção sul. Em situação de passagem de frentes frias, onde os ventos são alterados para S-SW, as correntes nos setores Carijó e Itaguaçu alteram de sentido, fluindo também para NE, e no setor Guaíba ocorre uma intensificação das correntes na mesma direção. O regime de ondas é alterado, com maiores alturas e períodos e direção de

S-SW. Ocorre um aumento do nível do mar fazendo com que os níveis máximos sejam maiores que os previstos para a maré astronômica.

3.1.2.1.3 Qualidade da água e do sedimento

Diante das diversas pressões que o território da APAMLC está sujeito, destaca-se a alteração da qualidade da água e sedimento, afetando por consequência o meio biótico e o meio socioeconômico em seus diversos usos. Este aspecto foi fortemente citado no Diagnóstico Participativo (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014) e também nos tópicos dos meios biótico e socioeconômico do presente Diagnóstico Técnico.

As águas costeiras, muito utilizadas para recreação de contato primário e secundário, também abrigam fauna e flora importantes no ecossistema marinho. As águas próximas ao litoral são as mais produtivas do oceano, pois recebem a contribuição de nutrientes carreados pelos rios, são também as que sofrem maior pressão antrópica. Assim, o gerenciamento ambiental dos recursos costeiros a partir de uma visão integrada e sistêmica do uso e da ocupação da região costeira possibilita determinar o panorama de problemas e conflitos, visando estabelecer e desenvolver diretrizes fundamentais de gestão, que garantam à população o “direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida” (disposto no art. 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988)), de acordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05.

São encontradas nessa região áreas onde coincidem intensa urbanização, atividades de pesca, atividades portuária e industrial relevantes, e exploração turística em larga escala. A manutenção da qualidade dessas águas é imprescindível não só para garantir o lazer da população, mas também para a preservação da vida aquática e a manutenção da produtividade pesqueira.

Em geral, o quadro é problemático do ponto de vista da gestão ambiental, demandando ações de caráter corretivo, com a mediação dos "múltiplos conflitos de uso" dos espaços e recursos comuns, e de controle do impacto sobre o ambiente estuarino, decorrente de poluição e contaminação por diferentes tipos e fontes.

Para cada uso pretendido para as águas costeiras, requer-se um nível de qualidade e faz-se necessário um monitoramento específico, adequado às necessidades criadas pela atividade desenvolvida, garantindo a qualidade requerida ao uso do recurso hídrico, como também para manter sua qualidade ambiental, visando o bem-estar e a saúde da população que utiliza esse recurso.

Desde 2010 a CETESB realiza o monitoramento das águas e do sedimento do litoral paulista no âmbito do programa Rede Costeira, constituído de 62 pontos fixos de monitoramento permanente ao longo da costa do Estado de São Paulo. Com o objetivo de obter o registro histórico da evolução da qualidade ambiental do litoral, o monitoramento tanto da água quanto do sedimento é realizado com frequência pré-estabelecida e em concordância com as atividades econômicas desenvolvidas, de modo a subsidiar as tomadas de decisão de Agências Ambientais frente a possíveis alterações em cada compartimento.

Além deste programa Rede Costeira, a CETESB, desde 1968, possui a Rede de Monitoramento de Praias, com o início das amostragens limitado às praias da Baixada Santista, estendendo-se posteriormente a todo o litoral. Hoje o Programa possui 172 pontos de amostragem em praias com alta frequência de banhistas ou com a presença de adensamento urbano próximo que apresente fonte de poluição fecal, sendo 60 localizados no interior da APAMLC.

No Item 2. **Metodologia**, estão disponíveis os compostos analisados, índices de qualidade e detalhes dos pontos de análise utilizados neste diagnóstico. Na sequência, são apresentados alguns detalhes dos locais da Rede Costeira que foram analisados neste Diagnóstico:

Foz do Rio Itaguapé

A praia de Itaguapé é considerada a única praia totalmente preservada da região e é muito procurada por surfistas; enquanto o Rio Itaguapé, cuja foz é nessa praia, é bastante procurado para a prática de canoagem e também para banhos e pesca de arremesso. A praia tem aproximadamente 3,5 km de extensão de mar aberto, a vegetação é formada por mangue, restinga e Mata Atlântica. É uma região confinada entre duas áreas com ocupação urbana: São Lourenço ao Sul e Guaratuba ao norte e sofre com a pressão imobiliária. Há regiões de ocupação ao redor do rio. Com o intuito de proteger os ecossistemas locais foi criado, em dezembro de 2010, por meio do Decreto Estadual 56.500, o Parque Estadual Restinga de Bertiooga, que abriga áreas de restinga em todo o município de Bertiooga, e toda a extensão do Rio Itaguapé.

Canal de Bertiooga

O Canal de Bertiooga é o maior canal da Baixada Santista, com 24 km de extensão. Localiza-se entre o continente e a Ilha de Santo Amaro e possui duas desembocaduras: a desembocadura sul faz a ligação com o sistema estuarino de Santos e a desembocadura norte faz a ligação com o Oceano Atlântico (região também conhecida por Barra de Bertiooga). Em todo o seu percurso, o canal recebe aporte de vários rios, sendo o maior deles o Rio Itapanhaú (próximo à Barra de Bertiooga). Outros rios que deságuam no canal, são o Rio Crumahú (na Ilha de Santo Amaro) e o Rio Trindade (na porção Continental), ambos localizados junto ao Largo do Candinho, na porção central do canal, região em que este atinge até 1 km de largura e onde as correntes de maré divergentes, provenientes das duas desembocaduras, se encontram e formam um ponto de taxa de sedimentação mais intensa. O ecossistema predominante no canal é o manguezal. Há também várias marinas incluindo postos de abastecimento para embarcações. Os pontos de amostragem localizam-se na porção leste do canal entre o Largo do Candinho e a barra de Bertiooga.

Área de influência do emissário do Guarujá

A enseada do Guarujá, de geometria alongada, é um ambiente costeiro de plataforma continental aberta. Nela localiza-se o sistema de disposição oceânica dos esgotos sanitários do Guarujá composto por uma EPC (Estação de Pré Condicionamento), na qual o efluente passa por gradeamento e peneiras finas (ambos visando à remoção de sólidos), seguido pela cloração (para a eliminação dos coliformes) sendo posteriormente eliminado por meio do Emissário Submarino, localizado na praia da Enseada. Esse sistema atende a uma população de 445.858 habitantes. Este emissário é o maior em extensão do litoral paulista (4.500m) e o que atinge a maior profundidade na Baixada Santista (14m), e possui a segunda maior vazão em todo o litoral (1.447 m³/s).

Canal de Piaçaguera

O Canal de Piaçaguera faz parte do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, no alto estuário, com cerca de 5 Km de extensão até o largo do Caneu terminando na região do terminal da Alemoa, com 450m de largura. Recebe influência de vários tipos de efluentes, domésticos, industriais, além da influência das atividades portuárias. Era um canal natural que foi aprofundado na década de 60 com a finalidade de servir de acesso marítimo aos terminais portuários da Usiminas e da Fosfertil em Cubatão. É uma região

considerada crítica em termos de poluição, pois recebe efluentes industriais e passa constantemente por atividades de dragagem de aprofundamento, ressuspensando o sedimento potencialmente contaminado.

Canal de Santos

O Canal de Santos tem cerca de 13 km de extensão, com profundidade média entre 12 e 14 metros. Localiza-se a leste da Ilha de Santo Amaro, interligando a parte interna do Estuário de Santos à Baía. A principal atividade nessa área é representada pelo Porto de Santos, que ocupa mais de 7 milhões de m². O Canal recebe a drenagem dos municípios de Cubatão, Santos e Guarujá, além de influência do Canal de Bertioga. É uma área intensamente impactada pela atividade portuária e pela presença, nas adjacências, de parque industrial, além de esgotos domésticos. Para manutenção da atividade portuária, há a necessidade de dragagem periódica do canal de navegação e, dada a natureza potencialmente contaminada desse material, é necessário o monitoramento do ambiente.

Os pontos de amostragem foram selecionados com o objetivo de englobar as diversas fontes potenciais de poluição que afluem para essas águas. Na margem esquerda (Guarujá), além de terminais portuários, há também moradias de baixa renda, representada por favelas. No ponto 2 predominam as atividades portuárias e drenagem urbana. O ponto 3 foi escolhido por ser o início do Canal do Porto, próximo à saída do Canal de Bertioga.

Canal de São Vicente

O Canal de São Vicente localizado na Baixada Santista é, juntamente com o Canal de Santos, destinatário das águas provindas dos rios da região estuarina como o Cubatão, o Perequê, o Piaçaguera e o Casqueiro. O Canal recebe também as águas dos rios Santana, Mariana e Piabuçu, todos na margem direita do Canal, que se encontra em melhor estado de conservação e é composta por manguezais. Já na margem esquerda do canal, a Ilha de São Vicente é uma região densamente ocupada. O processo de ocupação nessa margem foi, em muitos locais, desordenado, com a presença de habitações do tipo palafitas, que possuem pouca ou nenhuma condição de saneamento, incrementando o canal com uma carga considerável de efluentes domésticos. Nesta mesma margem, encontra-se o Rio dos Bagres, na divisa com o município de Santos, onde desde a década de 50 existia o "Dique de Sambaiatuba" (originalmente um manguezal) que funcionou como um lixão. Atualmente, programas de habitação e de plantio de mudas de mangue vêm sendo realizados na região.

Baía de Santos - Área de influência do Emissário de Santos

A Baía de Santos tem cerca de 7 km de largura na parte central e 11 km na parte final, entre as Pontas de Itaipu a oeste e do Munduba a leste e uma profundidade média de 5 a 10 metros. A norte, é delimitada pelas praias de Santos e São Vicente. Recebe águas do estuário de Santos e São Vicente, pelas desembocaduras do canal de Santos e do canal dos Barreiros constituindo-se numa área de mistura da água do mar com as águas salobras vindas do continente. Além da poluição produzida pelo Porto de Santos e pelas indústrias da região de Cubatão, outra fonte de poluição são os esgotos domésticos lançados tanto no estuário quanto pelo emissário submarino cuja saída do efluente está localizada a 4 km da costa, no centro da baía. Todos esses fatores contribuem para que este ambiente se apresente bastante impactado.

Área de influência do Emissário de Praia Grande 1

A porcentagem de esgoto coletado no município de Praia Grande é de 70%, encaminhado para as Estações de Pré Condicionamento (EPCs) onde passam por um processo de remoção de sólidos grosseiros (peneiramento) e cloração. Após o pré-condicionamento, o esgoto é eliminado por meio dos três emissários: Subsistemas 1, 2 e 3.

O primeiro deles, o subsistema Praia Grande 1 (PG1), localizado no Canto do Forte, atende a uma população de aproximadamente 253.775 habitantes. O segundo subsistema, Praia Grande 2 (PG2) está localizado na Vila Tupy e atende a uma população de aproximadamente 348.635 habitantes. O terceiro, localizado na Vila Caiçara, atende uma população de aproximadamente 559 mil pessoas.

Área de influência da foz do Rio Itanhaém

O rio Itanhaém é formado pelas águas dos rios Preto e Branco no município de Itanhaém e é considerado um criadouro natural para peixes e aves aquáticas. Os ecossistemas envolvidos são os manguezais, com área de aproximadamente 278 ha, dos quais 30% encontra-se em área urbana, além de mata de restinga e mata atlântica. Por ser navegável, abriga inúmeras marinas. É um rio ainda bastante preservado em suas margens, contudo, sofre a pressão de áreas de expansão urbana e recebe o efluente de uma estação de tratamento de esgotos sanitários.

Área de influência da foz do Rio Preto

Distante 138 km da capital, Peruíbe é um município tipicamente turístico, com 321 km² de área entre a planície litorânea onde encontram-se as praias e as serras, entre elas, a de Serra de Peruíbe e a Serra do Mar. Há poucas áreas de manguezais no município e a vegetação predominante é a de Mata Atlântica dividida entre o Parque Estadual da Serra do Mar e a Estação Ecológica Juréia Itatins, ou seja, grande parte do município pertence a áreas sob proteção legal. O rio Preto recebe efluente de estação de tratamento de esgoto sanitário.

Uma das principais condicionantes da qualidade das águas costeiras é a disponibilidade de saneamento básico nas cidades litorâneas. De um modo geral, essas cidades não possuem infraestrutura de saneamento suficiente para atender toda sua população, em especial quando considerada a variação sazonal da ocupação. O aporte de esgotos domésticos para rios e praias é comum em muitas dessas cidades, o que afeta diretamente a qualidade das águas. A condição dos sistemas de saneamento básico existentes nos municípios costeiros constitui importante indicativo de qualidade ambiental e é um dos itens importantes para explicar a qualidade das águas costeiras.

Segundo informações CETESB (2016a), no litoral há 31 estações de tratamento de esgoto (ETEs), cujo efluente é lançado em corpos d'água na região; e 9 estações de pré-condicionamento (EPCs), cujo efluente é lançado no mar, por meio de um emissário submarino.

No litoral norte, estima-se que uma parcela de 55% da população seja servida por coleta de esgoto, dos quais 43% são tratados. Na Baixada Santista, 73% da população tem seu esgoto coletado e 15% tratado e no Litoral Sul, 63% é coletado e 63% é tratado (CETESB, 2016a). Ainda que existam redes coletoras implementadas, boa parte da população não faz a ligação. Além disso, há um grande número de pessoas vivendo em áreas irregulares, onde não é possível a instalação de equipamentos de saneamento básico.

■ Avaliação da qualidade da água costeira

Neste Item serão apresentados e discutidos os resultados das análises de qualidade de águas costeiras realizadas no âmbito do programa Rede Costeira para o Litoral Centro de São Paulo (CETESB, 2016a) para o ano de 2015. Comparação com anos anteriores são feitas no item *Conclusões sobre a qualidade da água e sedimentos*. Os índices, critérios e características dos locais utilizados nesta caracterização estão disponíveis no Item **2. Metodologia**, deste documento.

IQAC - Índice de Qualidade de Águas Costeiras

Os resultados de IQAC para a Baixada Santista de São Paulo por ponto de amostragem e a média obtida para cada área estudada são apresentados na **Tabela 3.1.2.1.3-1** (CETESB, 2016a). São apresentados, também, os parâmetros que se mostraram não conformes em cada uma delas independentemente de serem computados no índice. De um modo geral, o IQAC para a Baixada Santista de São Paulo foi negativo, com a grande maioria das amostras classificadas como Regular, Ruim ou Péssima. Existe um excesso de nutrientes em diversos pontos, além da notável presença de enterococos, o que está associado a forte presença de efluentes na região. Todos os pontos mostram alguma porcentagem de Oxigênio Dissolvido não conforme, fator associado ao nível de eutrofização da região. O Rio Itaguapé foi a única área na Baixada Santista que apresentou classificação Boa para todos os pontos de amostragem.

Tabela 3.1.2.1.3-1 – IQAC para os pontos amostrados na Baixada Santista de São Paulo. Fonte: CETESB (2016a).

Local de amostragem	Classificação - IQAC 2015				Média	(% de amostras não conformes por Parâmetro)
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3			
Rio Itaguapé	85	85	85	85	85	OD (39%); Clorofila <i>a</i> (22%)
Canal de Bertioga	65	68	71	68	68	OD (50%); COT (22%), Fósforo total (72%), Nitrogênio amoniacal total (17%), Fenóis Totais (11%)
Canal de Santos	70	72	76	73	73	OD (44%), Fósforo total (100%), Nitrogênio amoniacal total (6%), Enterococos (33%)
Canal de Piaçaguera	51	59	64	58	58	OD (83%), Fósforo total (100%), Nitrogênio Amoniacal (61%)
Canal de São Vicente	55	27	29	37	37	OD (83%), COT (44%), Fósforo total (100%), Nitrogênio amoniacal total (72%), Fenóis totais (22%), Enterococos (94%)
Emissário Guarujá	93	67	85	81	81	OD (6%), COT (6%), Enterococos (17%), Clorofila <i>a</i> (28%)
Emissário de Santos	65	40	57	54	54	OD (50%), Fósforo total (67%), Enterococos (28%), Clorofila <i>a</i> (67%)
Emissário Praia Grande	84	82	48	71	71	OD (39%), Enterococos (28%), Clorofila <i>a</i> (61%)
Rio Itanhaém	75	76	85	79	79	OD (11%), COT (39%), Clorofila <i>a</i> (33%)
Rio Preto	77	77	84	80	80	COT (50%), Nitrogênio Amoniacal (11%), Clorofila <i>a</i> (39%)
Mar Pequeno	75	82	77	78	78	COT (33%), Fósforo total (11%), Enterococos (17%), Clorofila <i>a</i> (33%)
Mar Cananéia	83	76	93	84	84	COT (39%), Fenóis totais (17%), Clorofila <i>a</i> (17%)

Legenda:

Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
≥ 95	< 95 e ≥ 80	< 80 e ≥ 65	< 65 e ≥ 45	< 45

IETC - Índice de Estado Trófico

Os pontos de amostragem para análise de eutrofização, foram avaliados em duas profundidades (superfície e meio) e classificados segundo o Índice de Estado Trófico Costeiro (IETC), para as duas campanhas realizadas em 2015. Na **Tabela 3.1.2.1.3-2** são apresentados os resultados para a Baixada Santista de São Paulo das médias das duas profundidades por ponto, a média por campanha e a média anual. Acompanhando o padrão exibido pelas classificações do IQAC, as áreas amostradas na Baixada Santista foram classificadas entre Oligotróficas e Supereutróficas, o que é um reflexo do excesso de nutrientes associado a forte presença de efluentes na região. Os altos índices de eutrofização corroboram a ocorrência de amostras com Oxigênio Dissolvido não conforme em todos os pontos amostrados.

Tabela 3.1.2.1.3-2 - Classificação dos pontos monitorados na Rede Costeira de acordo com o Estado Trófico. Fonte: CETESB (2016a).

Área de influência do Rio Itaguapé

No Rio Itaguapé foram verificadas alterações de OD em várias amostras de água o que levou a classificação de todos os pontos, conforme o IQAC, como Bom. Todos os resultados estavam próximos ao limite legal de 6,0 mg/L. Além disso houve duas ocorrências de Clorofila a acima dos valores de referência. Esses dois fatores impediram que esta área recebesse a classificação de IQAC ótimo.

As concentrações de clorofila a foram menores na 1ª campanha com o grau de trofia variando de Oligotrófico (ponto1) a Mesotrófico (pontos 2 e 3), com a média para a campanha indicando condição Mesotrófica. Na 2ª campanha todos os pontos exibiram condição Eutrófica, sugerindo uma piora na

qualidade da água. Pela média das duas campanhas este local se mostra como ambiente em processo de eutrofização, classificado, segundo o IETC, como Mesotrófico condição similar ao ano anterior.

Canal de Bertioga

No Canal de Bertioga observou-se depleção dos níveis de oxigênio dissolvido em todos os pontos no 1º semestre, e no ponto 1 no 2º semestre. Observou-se que o boro ultrapassou o limite legal (0,5 mg/L) em todas as amostras de forma significativa chegando a 3,99 mg/L no ponto 3 sendo que, em nenhum caso sua concentração ficou abaixo de 2 mg/L. No 2º semestre não foram realizadas análises de metais, mas os resultados históricos mostram que se trata de um problema recorrente. As concentrações dos indicadores de poluição fecal foram baixas em todas as amostras.

Em todos os pontos foram detectadas altas concentrações de nutrientes (COT, fósforo e nitrogênio amoniacal) em muitas amostras. Apesar das ocorrências observadas, apenas o ponto 1 foi classificado como Ruim de acordo com o IQAC. Os demais pontos foram Regulares.

Quanto à condição trófica, as concentrações de clorofila a na 1ª campanha indicaram classificações entre Oligotrófica (ponto 3) a Mesotrófica (pontos 1 e 2) com média para esta campanha como Mesotrófica para este local. Já na 2ª campanha todos os pontos e a média indicaram condição Mesotrófica. Pela média anual das duas campanhas este local foi classificado, segundo o IETC, como Mesotrófico, indicando uma melhora em relação ao ano anterior.

Canal de Piaçaguera

O canal de Piaçaguera é bastante influenciado por atividades industriais presentes na região, além de outras que no passado ainda não eram devidamente reguladas do ponto de vista ambiental. Dessa forma, apresenta alterações, em especial no sedimento onde poluentes de origem industrial tendem a se acumular. De forma semelhante, os resultados obtidos nas análises de amostras de água no canal apresentaram diversas não conformidades em relação à legislação vigente:

- Depleção de OD na maioria dos pontos;
- Boro total em todas as amostras;
- Fósforo total em todas as amostras;
- Nitrogênio amoniacal e Nitrato praticamente em todas as amostras;

Desta forma, de acordo com o IQAC, todos os pontos obtiveram a classificação Ruim.

Nos pontos 1 e 2, as concentrações de clorofila a nas duas campanhas indicaram condição Mesotrófica, e no ponto 3 Oligotrófico. A classificação pela média das campanhas foi Mesotrófico na 1ª e Oligotrófico na 2ª. Na média anual, ficou classificado como ambiente Mesotrófico, exibindo uma melhora em relação ao ano anterior.

Área de influência do emissário do Guarujá

Na 1ª campanha, a amostra do ponto 2 (superfície) apresentou concentração de coliformes termotolerantes acima de 1.000 UFC/100 mL e de enterococos acima de 100 UFC/100 mL. Na 2ª campanha, foi identificado um valor muito agudo de COT no mesmo ponto (possivelmente associado a um

erro analítico ou uma situação aguda atípica). O ponto 2 acabou sendo classificado como Regular devido a este resultado. Outras ocorrências esporádicas de concentrações de OD e Clorofila a em desacordo com os padrões orientadores fizeram com que os demais pontos fossem classificados como Bons segundo o IQAC.

Quanto à eutrofização, as concentrações de clorofila a nas duas campanhas indicaram condições Mesotróficas, com exceção do ponto 3 na 1ª campanha classificado como Eutrófico. Assim pela média anual das duas campanhas, o local foi classificado como Mesotrófico, exibindo uma pequena melhora em relação ao ano anterior.

Área de influência do emissário de Santos

Na área de influência do Emissário Submarino de Santos foram detectados níveis de oxigênio dissolvido abaixo do padrão legal nos três pontos nas amostras de fundo em ambos os semestres e nas amostras de meio no 1º semestre. Também foram observadas concentrações elevadas de nutrientes, em especial de fósforo, em todos os pontos. Foram excedidos os limites legais para o fósforo em todos os pontos e a concentração de Clorofila a, indicador de eutrofização, ultrapassou os valores orientadores em algumas ocasiões chegando a 30,59µg/L no ponto 2, no 1º semestre. Estes valores extremamente altos se repetiram em todos os pontos no 1º semestre. Verificou-se não conformidade nos dois indicadores biológicos (coliformes Termotolerantes e Enterococos) nos pontos 2 e 3 em ambos os semestres das 18 amostras para cada indicador, as concentrações de coliformes termotolerantes foram superiores a 1.000 UFC/100 mL em quatro amostras e de enterococos superaram 100 UFC/100 ml em cinco amostras. Os pontos da área foram classificados, do 1 ao 3 em Regular, Péssimo e Ruim segundo o IQAC.

Quanto ao Índice de Estado Trófico Costeiro, na 1ª campanha todos os três pontos indicaram condição Supereutrófica. Já na 2ª campanha, os pontos 1 e 2 classificaram-se como Eutróficos e o ponto 3 como Supereutrófico, e, pela média da campanha, o local foi classificado como Eutrófico. Pela média anual das duas campanhas, este local exibe indicativos de um ambiente extremamente eutrofizado classificado, segundo o IETC como Supereutrófico. Os valores extremamente elevados de clorofila a na 1ª campanha realizada em fevereiro, podem estar relacionados principalmente ao período de maior aporte de turistas a essa região. Comparado ao ano anterior, foi observada uma piora significativa em relação à eutrofização neste local.

Canal de Santos

Nas águas do Canal de Santos detectou-se depleção dos níveis de oxigênio dissolvido nos três pontos na superfície, meio e no fundo, no primeiro semestre. Já no 2º semestre as ocorrências foram esporádicas. As análises de metais foram realizadas apenas no primeiro semestre sendo que apenas o boro total superou os limites legais em todas as amostras. O ambiente é rico em nutrientes, reflexo das contribuições de efluentes domésticos e industriais de parcela considerável da baixada. O fósforo esteve acima dos limites legais em todas as amostras. Quanto ao aspecto microbiológico, considerando as duas campanhas de amostragem e 18 amostras para cada indicador, as concentrações de coliformes termotolerantes ultrapassaram 1.000 UFC/100 mL em quatro amostras. Concentrações acima de 100 UFC/100 mL de enterococos foram detectadas em seis amostras. Conforme o IQAC, todos os pontos foram classificados como Regulares, uma melhora expressiva em relação ao seu histórico.

As concentrações de clorofila a foram similares em ambas as campanhas, com a maioria das amostras indicando condição Oligotrófica, com exceção do ponto 3 na 1ª campanha e ponto 1 na 2ª campanha classificados como Mesotróficos. Considerando apenas os resultados de concentração de clorofila a, a

médias da primeira campanha (2,66 µg/L) e da segunda campanha (2,86 µg/L), e a média anual (2,76 µg/L) indicaram que este local, segundo o IETC, encontra-se em condições de baixa trofia, classificado como Oligotrófico, exibindo uma melhora significativa em relação ao ano anterior.

Canal de São Vicente

O Canal de São Vicente apresentou concentrações de OD inferiores ao padrão em todas as amostras do primeiro semestre e em todas as amostras dos pontos 2 e 3 no 2º semestre. As análises de metais realizadas apenas no primeiro semestre revelaram não conformidade em 100% dos casos apenas para o Boro. Fósforo total e nitrogênio amoniacal apresentaram não conformidade em ambos os semestres em praticamente todas as amostras, COT em quase a totalidade das amostras no primeiro semestre. Para cada indicador microbiológico foram analisadas 18 amostras, considerando as duas campanhas de amostragem. Para coliformes termotolerantes, 10 amostras superaram 1.000 UFC/100 mL e para enterococos 17 amostras superaram 100 UFC/ 100 mL. De acordo com o IQAC, o ponto 1 foi classificado como Ruim e os pontos 2 e 3 foram classificados como Péssimos.

As concentrações de clorofila a foram ligeiramente menores na 1ª campanha, porém de acordo com a média de ambas as campanhas e pela média anual, o local foi classificado como Mesotrófico. Comparado ao ano anterior, o Canal de São Vicente, exibiu melhora significativa.

Área de influência do emissário submarino da Praia Grande 1

O OD apresentou não conformidade em amostras de meio e de fundo em todos os pontos no primeiro semestre e apenas no ponto 3, no fundo, no 2º semestre. No conjunto de 18 amostras para cada indicador microbiológico, quatro apresentaram concentrações de coliformes termotolerantes acima de 1.000 UFC/100 mL e cinco superaram 100 UFC/100 mL para Enterococos, todas no ponto 3, influenciando negativamente em sua classificação. Assim, de acordo com o IQAC, os pontos 1 e 2 foram classificados como Bons e o ponto 3 foi classificado como Ruim.

As concentrações de clorofila a nos três pontos monitorados, exibiram valores maiores na 1ª campanha que variaram de Eutrófica (ponto 1) a Supereutrófica (pontos 2 e 3) sendo classificada pela média da campanha em Supereutrófica. Já na 2ª campanha todos os pontos, assim como a média da campanha foram classificados como Eutróficos. Pela média anual, trata-se de um ambiente já extremamente eutrofizado, classificado, segundo o IETC, como Supereutrófico, que exibiu uma piora quando comparado ao ano anterior.

Área de Influência do Rio Itanhaém

Na área da influência da foz do Rio Itanhaém verificou-se a ocorrência de não conformidades no OD nos pontos 1 e 2, meio, no 2º semestre. Neste mesmo semestre observou-se múltiplas ocorrências de COT. No primeiro semestre houve apenas uma ocorrência de nitrogênio nitrato ligeiramente acima dos valores orientadores. De acordo com os critérios do IQAC o ponto 1 e 2 foram classificados como Regulares enquanto o ponto 3 foi considerado Bom.

As concentrações de clorofila a (Tabela 3.2) foram menores na 1ª campanha classificando esse ambiente como Oligotrófico. Já na 2ª campanha, foram observadas concentrações maiores as quais variaram de Eutrófico (ponto 3) a Supereutrófico (pontos 1 e 2), com a média para a campanha indicando condição Supereutrófica. Pela média anual dos três pontos monitorados, este local exibe indicativos de um

ambiente já eutrofizado classificado, como Eutrófico. Comparado ao ano anterior, esse local apresentou uma piora.

Área de Influência Rio Preto

A área da influência da foz do Rio Preto apresentou ocorrências de depleção de OD nas amostras de fundo dos pontos 1 e 2 no 2º semestre. Além disso, foi identificado COT acima do padrão de qualidade em todas as amostras do 2º semestre. De acordo com o IQAC, os pontos 1 e 2 foram classificados como Regulares e o ponto 3 como Bom.

As concentrações de clorofila a na 1ª campanha variaram das condições Mesotrófica a Eutrófica classificando-se pela média como Eutrófica. Na 2ª campanha variou de Oligotrófica a Eutrófica, mas com concentrações ligeiramente menores, classificando-se pela média como Mesotrófica. Pela média anual dos três pontos monitorados, este local foi classificado como Mesotrófico. Comparado ao ano anterior, este local exibiu uma melhora sutil, porém com valor limítrofe superior desta classificação.

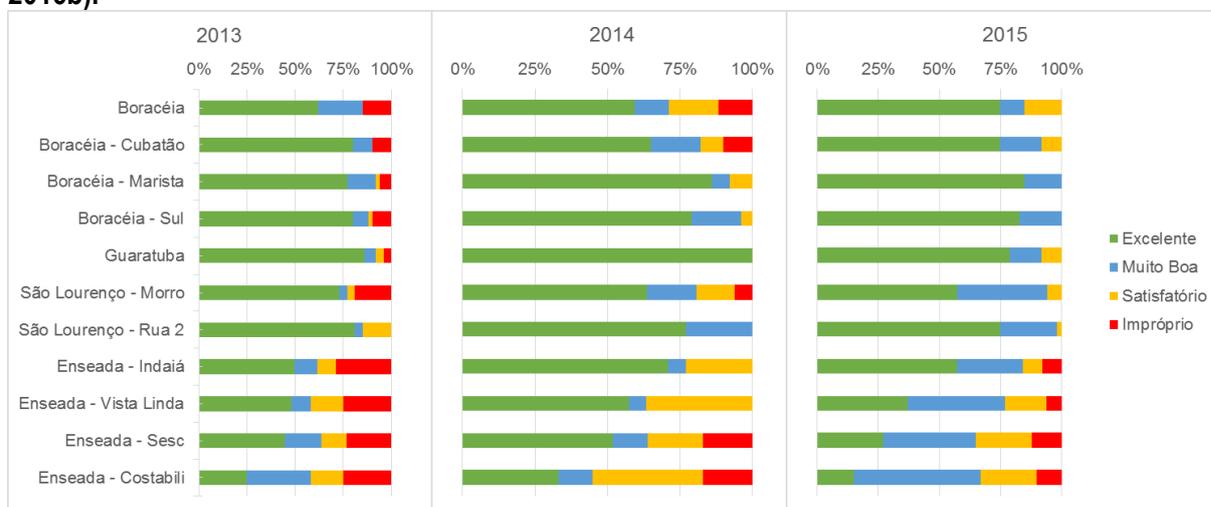
■ Avaliação da balneabilidade

Conforme apresentado no Item 2. Metodologia, para a avaliação da balneabilidade das praias na APAMLC foram utilizados dados da Rede de Monitoramento de Praias da CETESB, entre os anos de 2013 e 2015 (CETESB, 2014b, 2015b, 2016b). Para facilitar a visualização e interpretação dos resultados, são apresentados os resultados para cada município que compõe a APAMLC. Desta maneira, na sequência são apresentados os resultados destas regiões.

Bertioga

A localização das praias monitoradas pela CETESB no litoral de Bertioga estão apresentadas na . Os resultados de balneabilidade para os anos de 2013, 2014 e 2015 são apresentadas desde a Tabela 3.1.2.1.3-4 a Tabela 3.1.2.1.3-6, respectivamente. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na -.

Figura 3.1.2.1.3-1 – Representação gráfica da porcentagem de classificações de balneabilidade (de acordo com a escala de cores) para as praias de Bertioga. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).



Com exceção da praia da Enseada, as praias de Bertioga apresentam melhora dos índices de qualidade no ano de 2015, se comparado aos anos de 2013 e 2014. Em 2015 as praias de Boracéia, Guaratuba e São Lourenço não apresentaram classificação Imprópria e todos os pontos recebem classificação anual como Boa. Guaratuba foi a única praia que teve piora nos índices se comparado com 2014 (somente classificações Excelentes), entretanto todas as classificações foram Excelentes ou Muito Boas. Na praia da Enseada ocorreu piora nos índices em todos os pontos amostrados, com máximo de 12% do tempo Imprópria a localização Enseada - Sesc. Mesmo tendo piora nos índices, a classificação anual não foi alterada. Esta praia vem apresentando, desde 2013, classificações anuais Regulares.

Figura 3.1.2.1.3-2 – Localização das praias analisadas na APAMLC, no município de Bertioga, com relação à balneabilidade.

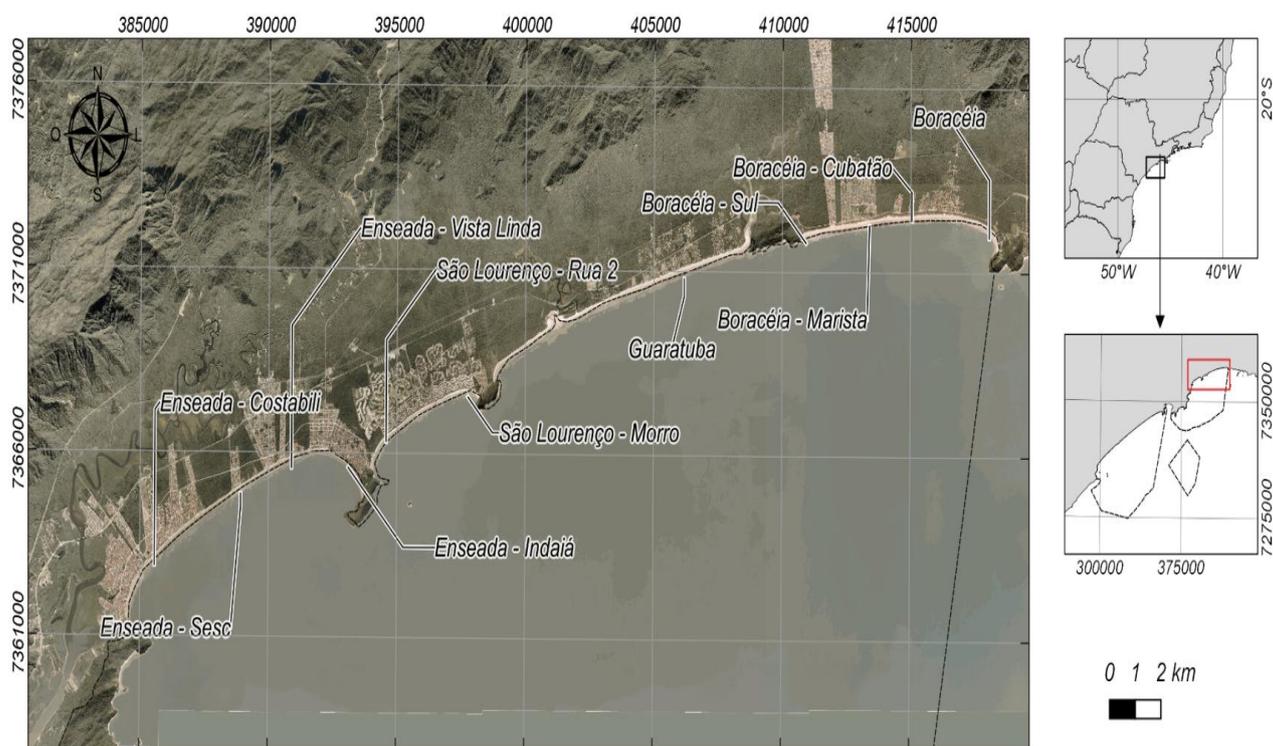


Tabela 3.1.2.1.3-4 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Bertioga no ano de 2013. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2014b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2013				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Guaíbe	Bertioga	Boracéia	62	23	0	15	REGULAR
		Boracéia - Cubatão	81	10	0	10	REGULAR
		Boracéia - Marista	77	15	2	6	REGULAR
		Boracéia - Sul	81	8	2	10	REGULAR
		Guaratuba	87	6	4	4	REGULAR
		São Lourenço - Morro	73	4	4	19	REGULAR
		São Lourenço - Rua 2	81	4	15	0	BOA
		Enseada - Indaiá	50	12	10	29	RUIM
		Enseada - Vista Linda	48	10	17	25	REGULAR
		Enseada - Sesc	44	19	13	23	REGULAR
		Enseada - Costabili	25	33	17	25	REGULAR

Tabela 3.1.2.1.3-5 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Bertioga no ano de 2014. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2015b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2014				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Guaíbe	Bertioga	Boracéia	60	12	17	12	REGULAR
		Boracéia - Cubatão	65	17	8	10	REGULAR
		Boracéia - Marista	87	6	8	0	BOA
		Boracéia - Sul	79	17	4	0	BOA
		Guaratuba	100	0	0	0	ÓTIMA
		São Lourenço - Morro	63	17	13	6	REGULAR
		São Lourenço - Rua 2	77	23	0	0	BOA
		Enseada - Indaiá	71	6	23	0	BOA
		Enseada - Vista Linda	58	6	37	0	BOA
		Enseada - Sesc	52	12	19	17	REGULAR
		Enseada - Costabili	33	12	38	17	REGULAR

Tabela 3.1.2.1.3-6 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Bertioga no ano de 2015. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2016b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2015				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Guaíbe	Bertioga	Boracéia	75	10	15	0	BOA
		Boracéia - Cubatão	75	17	8	0	BOA
		Boracéia - Marista	85	15	0	0	BOA
		Boracéia - Sul	83	17	0	0	BOA
		Guaratuba	79	13	8	0	BOA
		São Lourenço - Morro	58	37	6	0	BOA
		São Lourenço - Rua 2	75	23	2	0	BOA
		Enseada - Indaiá	58	27	8	8	REGULAR
		Enseada - Vista Linda	37	40	17	6	REGULAR
		Enseada - Sesc	27	38	23	12	REGULAR
		Enseada - Costabili	15	52	23	10	REGULAR

Guarujá

A localização das praias monitoradas pela CETESB no litoral do Guarujá estão apresentadas na . Os resultados de balneabilidade para os anos de 2013, 2014 e 2015 são apresentadas desde a **Tabela 3.1.2.1.3-7** a **Tabela 3.1.2.1.3-9**, respectivamente. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na .

Figura 3.1.2.1.3-3 – Representação gráfica da porcentagem de classificações de balneabilidade (de acordo com a escala de cores) para as praias do Guarujá. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).



As praias de Iporanga e Enseada (Av. Atlântica) apresentaram pioras nos resultados de 2015 quando comparado aos resultados dos anos de 2013 e 2014. Todas as demais localidades analisadas tiveram classificações de balneabilidade melhores que nos anos anteriores, com destaque para Pitangueiras – Puglisi, Astúrias e Tombo, que não tiveram classificações Impróprias, e tiveram classificação anual Boa, mesma classificação atribuída a Iporanga. Destaque importante para a praia do Tombo que, segundo o Instituto Ambientes em Rede, esta é única praia que recebe classificação de bandeira azul do litoral paulista (<http://www.bandeiraazul.org.br/>).

A praia de Perequê mantém-se com classificações Péssimas, tendo mais de 90% das classificações impróprias nos três anos avaliados. Esse índice para o Perequê provavelmente está associado às embarcações e o esgoto lançado na praia. Isso pode direcionar para a necessidade de saneamento do esgoto e medidas de sensibilização e educação ambiental junto aos pescadores. Possivelmente um programa específico junto aos pescadores. Já a Praia da Enseada vem alternando as classificações como Regular e Ruim, de acordo com os pontos, sendo que em 2015 o ponto pior avaliado foi o da Av. Atlântica. Este ponto este 31% do tempo com classificação imprópria. As praias de Astúrias, Tombo e Guaíba, de modo geral, tiveram melhoras, sendo a pior avaliada em 2015 a praia de Guaíba, Regular, e as demais com classificação anual Boa.

Figura 3.1.2.1.3-4 – Localização das praias analisadas na APAMLC, no município do Guarujá, com relação à balneabilidade. Fonte de dados de acordo com Item 2. Metodologia.



Tabela 3.1.2.1.3-7 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Guarujá no ano de 2013. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2014b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2013				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Guaíbe	Guarujá	Iporanga	100	0	0	0	-
		Perequê	0	0	2	98	PÉSSIMA
		Pernambuco	73	13	10	4	REGULAR
		Enseada - Pernambuco	37	38	13	12	REGULAR
		Enseada - Atlântica	40	12	17	31	RUIM
		Enseada - Chile	17	10	40	33	RUIM
		Enseada - Sta. Maria	35	23	25	17	REGULAR
		Pitangueiras - Puglisi	46	33	13	8	REGULAR
		Pitangueiras - Silvia	38	25	15	21	REGULAR
		Astúrias	37	21	27	15	REGULAR
		Tombo	81	10	4	6	REGULAR
		Guaiúba	40	29	10	21	REGULAR

Tabela 3.1.2.1.3-8 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Guarujá no ano de 2014. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2015b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2014				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Guaíbe	Guarujá	Iporanga	67	33	0	0	ÓTIMA
		Perequê	0	2	0	98	PÉSSIMA
		Pernambuco	87	0	8	6	REGULAR
		Enseada - Pernambuco	50	2	25	23	REGULAR
		Enseada - Atlântica	58	17	2	23	REGULAR
		Enseada - Chile	13	10	38	38	RUIM
		Enseada - Sta. Maria	37	29	15	19	REGULAR
		Pitangueiras - Puglisi	35	29	8	29	RUIM
		Pitangueiras - Silvia	73	0	19	8	REGULAR
		Astúrias	50	21	15	13	REGULAR
		Tombo	92	2	6	0	BOA
		Guaiúba	62	6	23	10	REGULAR

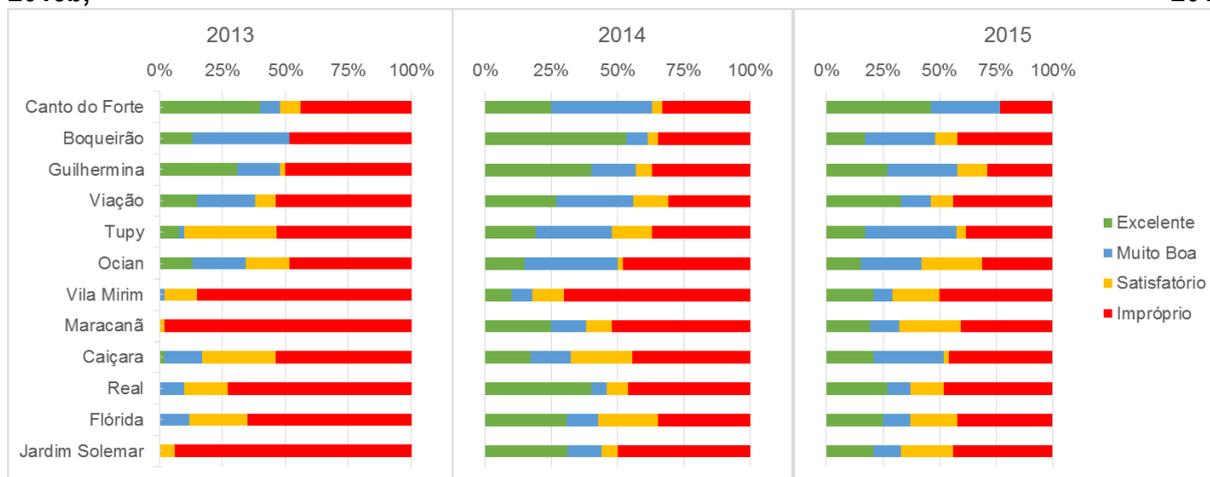
Tabela 3.1.2.1.3-9 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Guarujá no ano de 2015. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2016b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2015				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Guaibe	Guarujá	Iporanga	17	67	17	0	BOA
		Perequê	0	0	6	94	PÉSSIMA
		Pernambuco	79	19	0	2	REGULAR
		Enseada - Pernambuco	42	27	19	12	REGULAR
		Enseada - Atlântica	37	10	23	31	RUIM
		Enseada - Chile	23	25	44	8	REGULAR
		Enseada - Sta. Maria	35	17	35	13	REGULAR
		Pitangueiras - Puglisi	37	46	17	0	BOA
		Pitangueiras - Silvia	33	46	13	8	REGULAR
		Astúrias	35	27	38	0	BOA
		Tombo	85	13	2	0	BOA
		Guaiúba	44	13	40	2	REGULAR

Praia Grande

A localização das praias monitoradas pela CETESB no litoral de Praia Grande estão apresentadas na -. Os resultados de balneabilidade para os anos de 2013, 2014 e 2015 são apresentadas desde a **Tabela 3.1.2.1.3-10** a **Tabela 3.1.2.1.3-12**, respectivamente. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na -.

Figura 3.1.2.1.3-5 – Representação gráfica da porcentagem de classificações de balneabilidade (de acordo com a escala de cores) para as praias de Praia Grande. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).



As praias do município de Praia Grande de modo geral apresentam melhora na qualidade da balneabilidade, entretanto a qualidade atual não é satisfatória, indicando contaminações por esgoto de forma generalizada. A única praia que em 2015 não apresentou classificação anual Ruim ou Péssima foi a do Canto do Forte. Todas as demais praias tiveram classificação Ruim, e Vila Mirim péssima. Esse resultado é melhor que o de 2013, onde somente Ocian, Canto do Forte e Boqueirão não receberam classificação Péssima. Estas praias tiveram classificação Ruim. Com exceção da praia Canto do Forte, Viação foi a que apresentou a maior quantidade de classificações Excelentes (33%), porém foi a segunda que mais apresentou classificação Péssima (44%).

Figura 3.1.2.1.3-6 – Localização das praias analisadas na APAMLC, no município de Praia Grande, com relação à balneabilidade. Fonte de dados de acordo com Item 2. Metodologia.



Tabela 3.1.2.1.3-10 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Praia Grande no ano de 2013. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2014b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2013				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Praia Grande	Canto do Forte	40	8	8	44	RUIM
		Boqueirão	13	38	0	48	RUIM
		Guilhermina	31	17	2	50	PÉSSIMA
		Viação	15	23	8	54	PÉSSIMA
		Tupy	8	2	37	54	PÉSSIMA
		Ocian	13	21	17	48	RUIM
		Vila Mirim	0	2	13	85	PÉSSIMA
		Maracanã	0	0	2	98	PÉSSIMA
		Caiçara	2	15	29	54	PÉSSIMA
		Real	0	10	17	73	PÉSSIMA
		Flórida	0	12	23	65	PÉSSIMA
		Jardim Solemar	0	0	6	94	PÉSSIMA

Tabela 3.1.2.1.3-11 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Praia Grande no ano de 2014. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2015b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2014				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Praia Grande	Canto do Forte	25	38	4	33	RUIM
		Boqueirão	54	8	4	35	RUIM
		Guilhermina	40	17	6	37	RUIM
		Viação	27	29	13	31	RUIM
		Tupy	19	29	15	37	RUIM
		Ocian	15	35	2	48	RUIM
		Vila Mirim	10	8	12	71	PÉSSIMA
		Maracanã	25	13	10	52	PÉSSIMA
		Caiçara	17	15	23	44	RUIM
		Real	40	6	8	46	RUIM
		Flórida	31	12	23	35	RUIM
		Jardim Solemar	31	13	6	50	PÉSSIMA

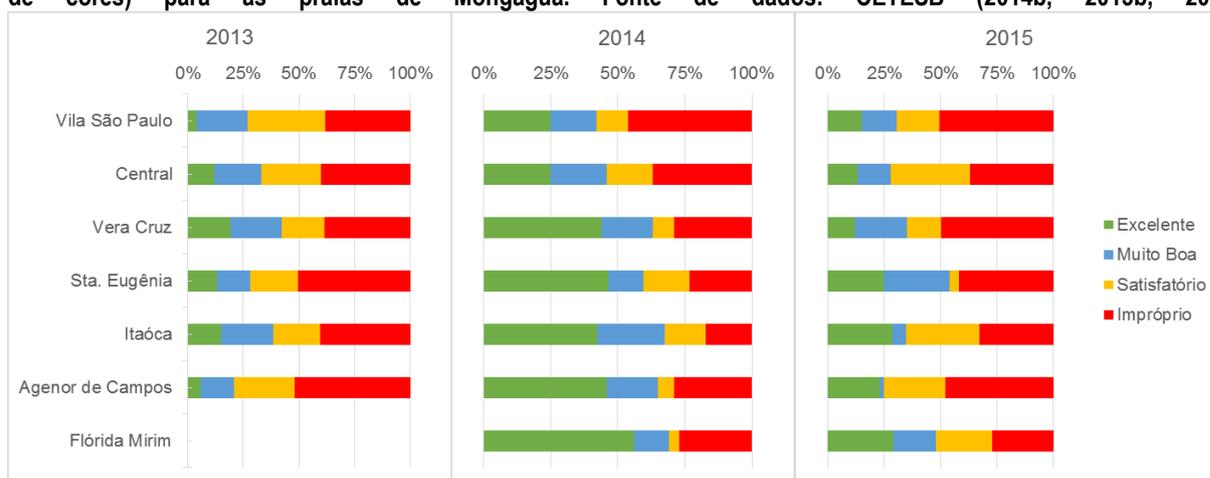
Tabela 3.1.2.1.3-12 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Praia Grande no ano de 2015. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2016b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2015				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Praia Grande	Canto do Forte	46	31	0	23	REGULAR
		Boqueirão	17	31	10	42	RUIM
		Guilhermina	27	31	13	29	RUIM
		Viação	33	13	10	44	RUIM
		Tupy	17	40	4	38	RUIM
		Ocian	15	27	27	31	RUIM
		Vila Mirim	21	8	21	50	PÉSSIMA
		Maracanã	19	13	27	40	RUIM
		Caçara	21	31	2	46	RUIM
		Real	27	10	15	48	RUIM
		Flórida	25	12	21	42	RUIM
		Jardim Solemar	21	12	23	44	RUIM

Mongaguá

A localização das praias monitoradas pela CETESB no litoral de Mongaguá estão apresentadas na -. Os resultados de balneabilidade para os anos de 2013, 2014 e 2015 são apresentadas desde a **Tabela 3.1.2.1.3-13** a **Tabela 3.1.2.1.3-15**, respectivamente. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na -.

Figura 3.1.2.1.3-7 – Representação gráfica da porcentagem de classificações de balneabilidade (de acordo com a escala de cores) para as praias de Mongaguá. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).



A balneabilidade das praias de Mongaguá no ano de 2014 teve uma ligeira melhora com relação ao ano de 2013, entretanto, em 2015 as condições voltaram a ser críticas, com todas as praias recebendo classificação anual Ruim ou Péssima. As duas praias com pior avaliação anual foram Vila São Paulo e Vera Cruz, com 50% do tempo recebendo classificação Imprópria. Nenhuma das praias avaliadas neste município teve melhora nos índices no ano de 2015 – nem aumento de classificações excelente ou diminuição das classificações Impróprias, quando comparadas ao ano de 2014. Estes resultados indicam contaminação generalizada por esgoto em toda a costa do município.

Figura 3.1.2.1.3-8 – Localização das praias analisadas na APAMLC, no município de Mongaguá, com relação à balneabilidade. Fonte de dados de acordo com Item 2. Metodologia.



Tabela 3.1.2.1.3-13 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Mongaguá no ano de 2013. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2014b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2013				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Mongaguá	Vila São Paulo	4	23	35	38	RUIM
		Central	12	21	27	40	RUIM
		Vera Cruz	19	23	19	38	RUIM
		Sta. Eugênia	13	15	21	50	PÉSSIMA
		Itaóca	15	23	21	40	RUIM
		Agenor de Campos	6	15	27	52	PÉSSIMA
		Flórida Mirim	0	0	0	0	-

Tabela 3.1.2.1.3-14 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Mongaguá no ano de 2014. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2015b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2014				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Mongaguá	Vila São Paulo	25	17	12	46	RUIM
		Central	25	21	17	37	RUIM
		Vera Cruz	44	19	8	29	RUIM
		Sta. Eugênia	46	13	17	23	REGULAR
		Itaóca	42	25	15	17	REGULAR
		Agenor de Campos	46	19	6	29	RUIM
		Flórida Mirim	56	13	4	27	RUIM

Tabela 3.1.2.1.3-15 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Mongaguá no ano de 2015. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2016b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2015				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Mongaguá	Vila São Paulo	15	15	19	50	PÉSSIMA
		Central	13	15	35	37	RUIM
		Vera Cruz	12	23	15	50	PÉSSIMA
		Sta. Eugênia	25	29	4	42	RUIM
		Itaóca	29	6	33	33	RUIM
		Agenor de Campos	23	2	27	48	RUIM
		Flórida Mirim	29	19	25	27	RUIM

Itanhaém

A localização das praias monitoradas pela CETESB no litoral de Itanhaém estão apresentadas na . Os resultados de balneabilidade para os anos de 2013, 2014 e 2015 são apresentadas desde a **Tabela 3.1.2.1.3-16** a **Tabela 3.1.2.1.3-18**, respectivamente. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na -.

Figura 3.1.2.1.3-9 – Representação gráfica da porcentagem de classificações de balneabilidade (de acordo com a escala de cores) para as praias de Itanhaém. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).



As classificações anuais de balneabilidade das praias nos municípios de Itanhaém vêm sofrendo discreta melhora ao longo dos três anos avaliados. Em 2014 e 2015 todas as praias tiveram avaliação anual Regular, diferente do ano de 2013, onde somente a praia dos Pescadores não teve classificação anual Ruim ou Péssima. Entretanto, todas as praias receberam no mínimo em 2% do tempo classificação imprópria em 2015 (Campos Elísios e Pescadores). As praias que receberam a maior quantidade de classificações Excelente foram as de Balneário Gaivota e Balneário Regina – 52%. Já a praia do centro foi a que teve a menor quantidade de classificações Excelentes (10%) e a que recebeu, junto com Suarão – AFPESP (Associação dos Funcionários Públicos do Estado de São Paulo), maior quantidade de classificações Impróprias (19%).

Figura 3.1.2.1.3-10 – Localização das praias analisadas na APAMLC, no município de Itanhaém, com relação à balneabilidade. Fonte de dados de acordo com Item 2. Metodologia.

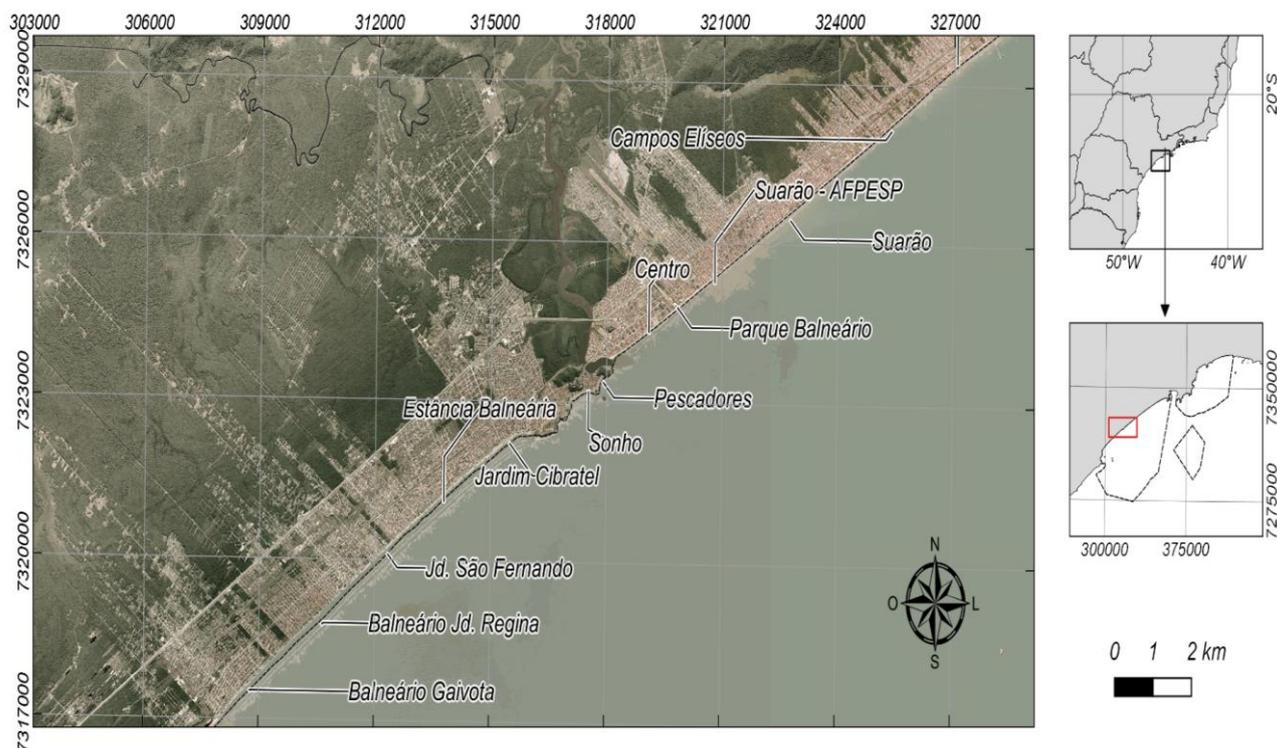


Tabela 3.1.2.1.3-16 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Itanhaém no ano de 2013. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2014b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2013				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Itanhaém	Campos Elíseos	8	21	40	31	RUIM
		Suarão	15	15	37	33	RUIM
		Suarão - AFPEP	0	0	0	0	-
		Parque Balneário	17	25	27	31	RUIM
		Centro	2	23	21	54	PÉSSIMA
		Pescadores	23	27	29	21	REGULAR
		Sonho	15	31	27	27	RUIM
		Jardim Cibratel	31	13	23	33	RUIM
		Estância Balneária	40	10	13	37	RUIM
		Jd. São Fernando	25	0	29	46	RUIM
		Balneário Jd. Regina	33	17	17	33	RUIM
		Balneário Gaivota	37	12	19	33	RUIM

Tabela 3.1.2.1.3-17 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Itanhaém no ano de 2014. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2015b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2014				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Itanhaém	Campos Elíseos	58	19	6	17	REGULAR
		Suarão	46	19	10	25	REGULAR
		Suarão - AFPEP	25	31	21	23	REGULAR
		Parque Balneário	42	17	31	10	REGULAR
		Centro	21	42	13	23	REGULAR
		Pescadores	52	21	13	13	REGULAR
		Sonho	54	21	19	6	REGULAR
		Jardim Cibratel	60	25	12	4	REGULAR
		Estância Balneária	50	23	15	12	REGULAR
		Jd. São Fernando	50	23	12	15	REGULAR
		Balneário Jd. Regina	38	31	10	21	REGULAR
		Balneário Gaivota	33	38	12	17	REGULAR

Tabela 3.1.2.1.3-18 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Itanhaém no ano de 2015. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2016b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2015				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Itanhaém	Campos Elíseos	29	31	38	2	REGULAR
		Suarão	27	35	25	13	REGULAR
		Suarão - AFPEP	31	31	19	19	REGULAR
		Parque Balneário	17	33	37	13	REGULAR
		Centro	10	21	50	19	REGULAR
		Pescadores	25	52	21	2	REGULAR
		Sonho	27	37	33	4	REGULAR
		Jardim Cibratel	44	31	8	17	REGULAR
		Estância Balneária	38	35	15	12	REGULAR
		Jd. São Fernando	46	27	15	12	REGULAR
		Balneário Jd. Regina	52	12	25	12	REGULAR
		Balneário Gaivota	52	19	23	6	REGULAR

Peruíbe

A localização das praias monitoradas pela CETESB no litoral de Peruíbe estão apresentadas na . Os resultados de balneabilidade para os anos de 2013, 2014 e 2015 são apresentadas desde a **Tabela 3.1.2.1.3-19** a **Tabela 3.1.2.1.3-21**, respectivamente. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na -.

Figura 3.1.2.1.3-11 – Representação gráfica da porcentagem de classificações de balneabilidade (de acordo com a escala de cores) para as praias de Peruíbe. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).



Com exceção da praia João Batista, todas as demais praias do município de Peruíbe tiveram melhora nos índices de qualidade de água no ano de 2015, quando comparado aos anos de 2013 e 2014. Entretanto, todas as praias apresentaram índices Impróprios de no mínimo 10% (Parque Turístico). As praias de João Batista e São João foram as praias que receberam a maior quantidade de classificações Impróprias (38% e 33%), e tiveram classificação anual Ruim. Todas as demais praias tiveram classificação anual Média. A praia com a maior quantidade de classificações Excelentes foi a do Guaraú, com 54%.

Figura 3.1.2.1.3-12 – Localização das praias analisadas na APAMLC, no município de Peruíbe, com relação à balneabilidade. Fonte de dados de acordo com Item 2. Metodologia.

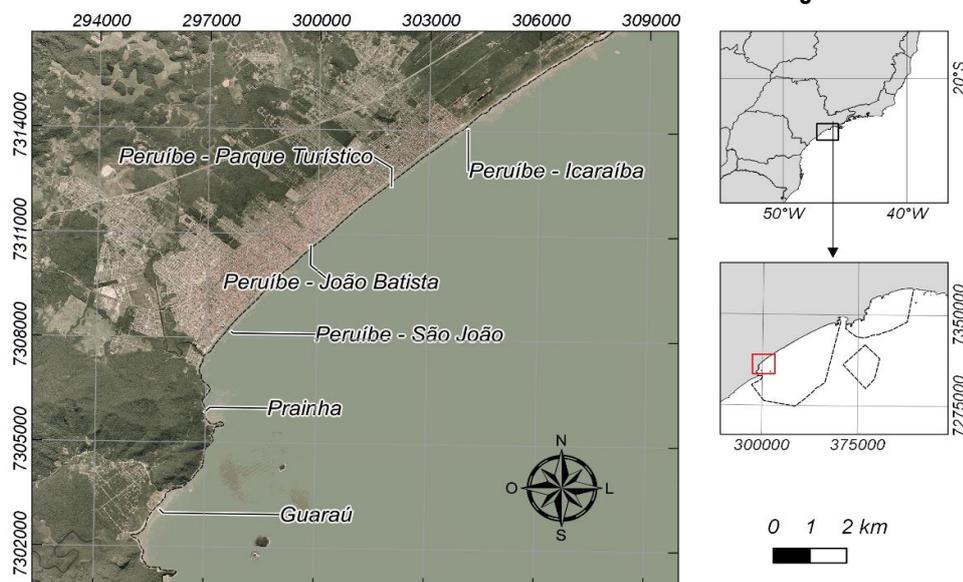


Tabela 3.1.2.1.3-19 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Peruíbe no ano de 2013. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2014b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2013				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Peruíbe	Peruíbe - Icaraíba	13	33	17	37	RUIM
		Peruíbe - Parque Turístico	4	25	25	46	RUIM
		Peruíbe - João Batista	8	6	48	38	RUIM
		Peruíbe - São João	8	8	48	37	RUIM
		Prainha	25	13	37	25	REGULAR
		Guaraú	50	12	25	13	REGULAR

Tabela 3.1.2.1.3-20 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Peruíbe no ano de 2014. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2015b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2014				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Peruíbe	Peruíbe - Icaraíba	46	8	15	31	RUIM
		Peruíbe - Parque Turístico	48	12	6	35	RUIM
		Peruíbe - João Batista	29	19	27	25	REGULAR
		Peruíbe - São João	17	17	21	44	RUIM
		Prainha	27	23	15	35	RUIM
		Guaraú	60	10	19	12	REGULAR

Tabela 3.1.2.1.3-21 – Avaliação da balneabilidade das praias do município de Peruíbe no ano de 2015. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2016b).

Setor da APAMLC	Município	Praia	2015				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Carijó	Peruíbe	Peruíbe - Icaraíba	38	19	29	13	REGULAR
		Peruíbe - Parque Turístico	37	29	25	10	REGULAR
		Peruíbe - João Batista	25	23	13	38	RUIM
		Peruíbe - São João	25	13	29	33	RUIM
		Prainha	52	19	17	12	REGULAR
		Guaraú	54	23	0	23	REGULAR

■ Avaliação da qualidade do sedimento

Nas amostras de sedimento foram avaliados aspectos de suas características física, química, ecotoxicológica e microbiológica, de acordo com os critérios apresentados no Item 2. **Metodologia**, com como os locais analisados. Na sequência são apresentados os resultados obtidos nas duas campanhas (1° e 2° semestres) de 2015 e, ao final do documento, são analisados os resultados comparativamente com anos anteriores de coleta.

A **Tabela 3.1.2.1.3-22** apresenta a classificação química estabelecida de acordo com os critérios canadenses (CCME, 1999). Essa classificação química do sedimento leva em consideração os resultados dos parâmetros das duas campanhas de amostragens do ano de 2015 (1° e 2° semestres).

Tabela 3.1.2.1.3-22 - Qualidade dos sedimentos nas áreas costeiras da Baixada Santista de São Paulo monitoradas em 2015 de acordo com as substâncias químicas. Fonte: CETESB (2016a).

A **Tabela 3.1.2.1.3-23** mostra a classificação dos sedimentos das áreas monitoradas da Baixada Santista de São Paulo com os ensaios ecotoxicológicos. A partir de 2015, no ensaio agudo, foi utilizada a espécie *Grandidierella bonnieroides*. Este ensaio foi realizado nas duas campanhas e o ensaio crônico com *Lytechinus variegatus* apenas na 2ª campanha. Nesta tabela também é apresentada a classificação final por campanha uma vez que, no caso de resultados divergentes entre os ensaios de toxicidade crônica e aguda, para um mesmo ponto, é adotada a classificação mais restritiva para expressar a qualidade do sedimento nesta região, visando à proteção das comunidades mais sensíveis.

Tabela 3.1.2.1.3-23 - Qualidade ecotoxicológica dos sedimentos nas duas campanhas em 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Regiões	2015	Primeira Campanha			Segunda Campanha									
		Área	Classificação = (Toxicidade Aguda ²)			Toxicidade Crônica ¹			Toxicidade Aguda ²			Classificação		
			Pontos	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Baixada Santista	Rio Itaguapé	*	*	*										
	Canal da Bertioga													
	Emissário do Guarujá													
	Emissário de Santos													
	Canal de Santos													
	Canal de São Vicente													
	Canal de Piaçaguera													
	Emissário de Praia Grande 1													
	Rio Itanhaém	*	*	*										
	Rio Preto	*	*	*										

Critérios Ecotoxicológicos:

	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima	
Não Tóxico ^(a)		71 - 80%	51 - 70%	26 - 50%	< 25%	¹ (% de larvas normais - <i>L. variegatus</i>)
		-	-	< 50% ^(b)	≥ 50%	² (% de mortalidade - <i>L. plumulosus</i>)

^(a) não apresenta diferença significativa em relação ao controle

^(b) mortalidade inferior a 50% com diferença significativa em relação ao controle

* amostra não analisada

A Tabela 3.1.2.1.3-24 mostra a classificação do sedimento de acordo com critérios microbiológicos. Para isso foram utilizados dois indicadores de contaminação fecal: coliformes termotolerantes, que indicam contaminação fecal recente, e os *Clostridium perfringens*, que indicam contaminação fecal remota.

O estudo de Pinto (2010) encontrou níveis elevados de indicadores fecais em amostras de água, areia úmida e areia seca região da Baixada Santista devido a contaminação por fontes de esgotos, sendo sua presença nessas matrizes superior a 95%, com positividade maior nas amostras de areia seca. A frequência da *P. aeruginosa* foi de 75% considerando-se as três matrizes, com maior positividade nas amostras de água. Para *Staphylococcus coagulase (+)* a frequência foi de aproximadamente 30% nas três matrizes ambientais, sendo maior nas amostras de areia seca. *C. albicans* foi encontrada somente em amostras de água, com frequência de 21,2%. Ainda segundo a autora, há exposição dos banhistas a microrganismos pelo contato e pela ingestão de areias de praia, porém não há estudos que confirmem esse risco.

Tabela 3.1.2.1.3-24 - Classificação dos pontos monitorados na Rede Costeira na Baixada Santista de São Paulo de acordo com o critério microbiológico. Fonte: CETESB (2016a).

Campanha 1 - 2015						
Ponto	1		2		3	
	coliformes termotolerantes (NMP/100g)	<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100g)	coliformes termotolerantes (NMP/100g)	<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100g)	coliformes termotolerantes (NMP/100g)	<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100g)
Rio Itaguapé	18	4.900	18	7.000	18	79.000
Canal da Bertiooga	790	1.700.000	330	1.300.000	490	130.000
Emissário do Guarujá	230	170.000	2.300	140.000	1.300	330.000
Emissário de Santos	1.700	230.000	7.900	28.000	330	170.000
Canal de Santos	3.300	700.000	2.200	460.000	790	170.000
Canal de São Vicente	3.300	23.000	1.300	79.000	7.900	110.000
Canal de Piaçaguera	3.300	79.000	1.300	230.000	45	790.000
Emissário de Praia Grande	45	33.000	220	110.000	1.100	22.000
Rio Itanhaém	40	2.300	130	49.000	40	330
Rio Peruibe	68	7.900	18	13.000	330	79.000
Campanha 2 - 2015						
Ponto	1		2		3	
	coliformes termotolerantes (NMP/100g)	<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100g)	coliformes termotolerantes (NMP/100g)	<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100g)	coliformes termotolerantes (NMP/100g)	<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100g)
Rio Itaguapé	18	110	18	330	20	940
Canal da Bertiooga	490	280.000	330	170.000	230	49.000
Emissário do Guarujá	18	33.000	1.700	230.000	310	92.000
Emissário de Santos	18	1.100.000	110	4.900.000	7.900	700.000
Canal de Santos	1.700	700.000	790	2.300.000	790	940.000
Canal de São Vicente	2.200	140.000	330	79.000	2.200	170.000
Canal de Piaçaguera	490	280.000	790	700.000	3.300	330.000
Emissário de Praia Grande	45	330.000	33.000	260.000	1.100	140.000
Rio Itanhaém	20	2.300	68	2.200	18	40
Rio Peruibe	130	7.900	260	13.000	20	13.000

* análise não realizada

Legenda:

Categoria	CTt (NMP/100g)	<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100g)
ÓTIMA	≤ 200	≤ 10.000
BOA	≤ 500	≤ 50.000
REGULAR	≤ 1000	≤ 100.000
RUIM	≤ 10.000	≤ 500.000
PÉSSIMA	> 10.000	> 500.000

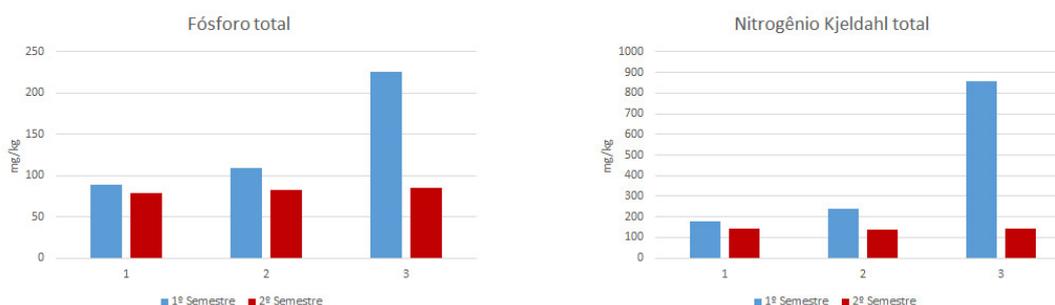
Área de influência do Rio Itaguapé

O potencial redox dos três pontos é positivo ou ligeiramente negativo, com granulometria predominantemente arenosa. Há presença um pouco elevada tanto de fósforo quanto de nitrogênio Kjeldahl total (NKT) na 1ª campanha do ponto 3, aparentemente uma ocorrência pontual (Figura 3.1.2.1.3-13). Conforme observado, as ocorrências de metais observadas em 2014 foram atípicas e não se repetiram em 2015. Com base no critério de classificação química dos sedimentos, os três pontos foram classificados como Ótimos.

Com base no critério microbiológico, todos os pontos foram classificados como Ótimos para coliformes termotolerantes. Para *C. perfringens* o cenário foi igual, exceto para o ponto 3, no 1º semestre, que foi classificado como Regular.

Com relação aos ensaios ecotoxicológicos do sedimento realizados apenas na 2ª campanha, tanto o ensaio crônico como o agudo indicaram a Boa qualidade do sedimento da região, que foi classificado como Ótimo.

Figura 3.1.2.1.3-13 - Concentração de fósforo total e nitrogênio *Kjeldahl* total nos sedimentos da área de influência do Rio Itaguapé nas duas campanhas de 2015.



Canal de Bertioqa

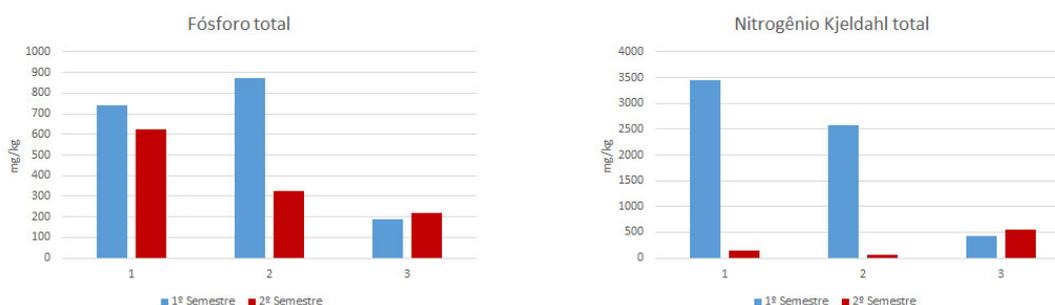
Os sedimentos do ponto 1, localizado no Largo do Candinho que tem influência do estuário de Santos, apresentaram granulometria fina com maior fração de silte enquanto, que ponto 3, próximo ao rio Itapanhaú e ao mar na boca leste do canal, e submetido a correntes mais intensas apresenta granulometria arenosa. O largo do Candinho é uma área onde ocorre o encontro das águas sendo, portanto, uma área deposicional, por esse motivo possui características bastante diversas dos outros dois pontos.

Os resultados de potencial redox foram negativos nas duas campanhas indicando decomposição anaeróbia de matéria orgânica nos pontos 1 e 2. O ponto 3 apresentou resultados significativamente menores (numericamente), mas ainda negativos. Quanto aos nutrientes, foi possível observar concentrações elevadas de fósforo, NKT e COT nos pontos 1 e 2 no 1º semestre (**Figura 3.1.2.1.3-14**). Não é possível inferir porque a concentração foi muito menor no 2º semestre em alguns casos. Com base no critério de classificação química dos sedimentos, os pontos 2 e 3 foram classificados como Ótimos e o ponto 1 como Bom devido à presença de cromo. Alguns poucos HPAs foram quantificados muito próximos ao limite de quantificação, novamente evidenciando que a área parece estar passando por um processo gradativo de recuperação em relação a contaminantes químicos.

No critério microbiológico, as densidades de coliformes termotolerantes classificaram os pontos com Bons, exceto o ponto 1, na 1ª campanha, que foi classificado como Regular. Quanto ao *C. perfringens*, os pontos foram classificados como Ruins e Péssimos, apenas o ponto 3, na 2ª campanha, foi classificado como Bom. As amostras dos pontos classificadas como Péssimos alcançaram valores da ordem de 106 NMP/100g.

Os ensaios agudos realizados nas duas campanhas de amostragem de sedimento indicaram qualidade Ótima para os três pontos analisados, apesar da presença de cobre, zinco e fluoranteno no ponto 3 e de arsênio nos três pontos, provavelmente não disponíveis para causar efeitos tóxicos sobre os organismos-teste.

Figura 3.1.2.1.3-14 - Concentração de fósforo total e nitrogênio *Kjeldahl* total nos sedimentos da área de influência do Canal de Bertiooga nas duas campanhas de 2015.



Canal de Piaçaguera

O sedimento apresentou diversas ocorrências de substâncias que excederam os valores de referência. Embora sua granulometria tenha se apresentado mais grossa este ano, a fração de finos ainda é significativa mesmo sem ultrapassar a marca dos 50%, contribuindo para o acúmulo de nutrientes, resultando em potenciais redox bastante negativos em geral. O canal apresentou alta concentração de todos os nutrientes com destaque para o fósforo e o NKT que apresentaram valores acima dos 3000 mg/kg e 2000 mg/kg, respectivamente, sendo os valores do 1º semestre significativamente maiores do que no 2º semestre (Figura 3.1.2.1.3-15).

Quase todos os metais apareceram em concentrações ligeiramente superiores ao ISQG à exceção do cádmio e com destaque para o zinco, o que afetou significativamente a qualidade no ponto 1. Óleos e graxas apresentaram concentrações altas, por vezes superando os 200 mg/kg no ponto 2. Os HPAs foram detectados sistematicamente nos pontos do canal com destaque para o ponto 1 onde superaram os valores de referência de ISQG (efeito limiar), uma melhoria em relação aos anos anteriores, nos quais foram superados os valores de TEL (efeito severo). Dentre os HPAs, o Benzo(a)pireno foi o que apresentou as maiores concentrações.

Essa contaminação pode ser antiga, pois as atividades normais do local como o tráfego de navios podem estar ressuspensando substâncias dispostas em épocas em que não havia controle ambiental rigoroso. Verifica-se que, conforme é depositado sedimento novo no local e as atividades de dragagem de manutenção removem os sedimentos históricos mais contaminados, a ocorrência de contaminantes químicos diminui. Desta forma, com base nos critérios de classificação química dos sedimentos o ponto 1 foi classificado como Regular e os pontos 2 e 3 foram classificados como Bons.

No critério microbiológico, considerando o grupo dos coliformes termotolerantes, na 1ª campanha, os pontos 1 e 2 foram classificados como Ruins e o 3 como Ótimo. Na 2ª campanha os pontos foram classificados como Bom, Regular e Ruim, respectivamente. As densidades de *C. perfringens* classificaram as amostras como Ruins e Péssimas, exceto o ponto 1, 1ª campanha, que foi classificado como Regular.

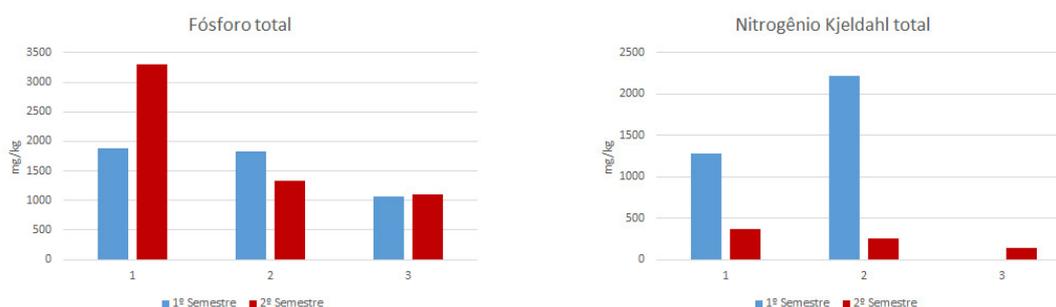
Com relação à avaliação ecotoxicológica das amostras de sedimento do Canal de Piaçaguera, os ensaios realizados na 1ª campanha (agudo) e na 2ª campanha (agudo e crônico) indicaram qualidade Ótima. Apesar da diversidade de HPAs e metais acima do ISQG nas duas campanhas, esses contaminantes não estavam biodisponíveis para causar efeito tóxico aos organismos teste.

Devido aos vários contaminantes presentes e níveis de concentrações observados, e sua importância no contexto da Baixada Santista, uma eventual movimentação da camada de sedimento dessa região, com

sua ressuspensão, pode aumentar a probabilidade de ocorrência de efeitos deletérios nas comunidades biológicas.

Parreira (2012) realizou simulações numéricas da dispersão de poluentes em pontos dentro e fora do canal de Piaçaguera estimar as concentrações de poluentes e as áreas atingidas entre os anos de 2000 e 2010, apontando o comprometimento da qualidade ambiental da região devido a teores acentuados de poluentes diversos e de fontes difusas, destacando-se as industriais e dos terminais portuários. Segundo a autora, o rio Piaçaguera contribuiu com o maior número de poluentes e mais elevada concentração dos mesmos. A baixa hidrodinâmica do Canal de Piaçaguera promove o menor espalhamento de poluentes nessa área.

Figura 3.1.2.1.3-15 - Concentração de fósforo total e nitrogênio *Kjeldahl* total nos sedimentos da área de influência do Canal de Piaçaguera nas duas campanhas de 2015.



Área de influência do emissário do Guarujá

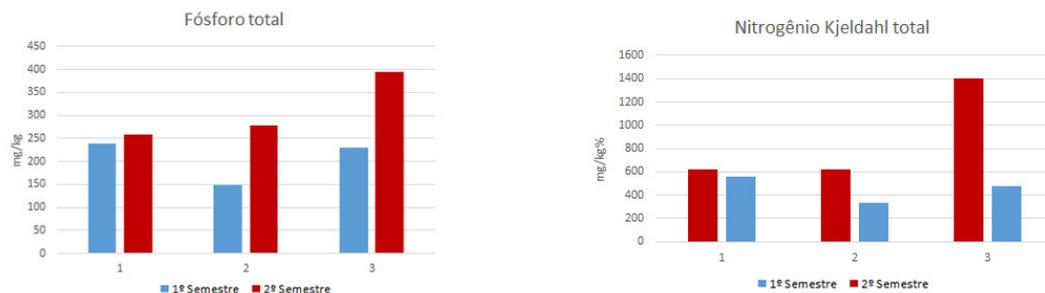
O sedimento na área de influência do emissário do Guarujá apresentou valores negativos de potencial redox para os três pontos apesar da granulometria ser mais arenosa. Quanto aos nutrientes, foram encontrados valores ligeiramente mais elevados que o esperado para a área de fósforo total e nitrogênio *Kjeldahl* também devido à influência de matéria orgânica advinda do emissário (**Figura 3.1.2.1.3-16**). Conforme os critérios de classificação química do sedimento, todos os pontos foram classificados como ótimos.

No critério microbiológico, as densidades de coliformes termotolerantes classificaram o ponto 1 como Bom e os pontos 2 e 3 como Ruins, na 1ª campanha. Na 2ª campanha os pontos foram classificados como Ótimo, Ruim e Bom, respectivamente. As densidades de *C. perfringens* classificaram as três amostras da 1ª campanha como Ruins e na 2ª campanha como Boa, Ruim e Regular, respectivamente.

Com relação à avaliação ecotoxicológica das amostras do sedimento dessa região, os ensaios agudos realizados nas duas campanhas indicaram qualidade Ótima. Por outro lado, o ensaio crônico realizado na 2ª campanha indicou qualidade Ótima (ponto 1), Ruim (ponto 2) e Regular (ponto 3).

Ferreira (2015) realizou um estudo numérico (modelo hidrodinâmico e de dispersão) para avaliar a influência do emissário do Guarujá sobre a qualidade das praias do município. Segundo o autor, o emissário submarino apresenta baixo impacto sobre a qualidade ambiental das praias do Guarujá. Além disso, o autor aponta a forte influência da variabilidade da pluviosidade e do aumento da população na alta temporada sobre a concentração dos poluentes lançados pelo emissário do Guarujá e efluentes da região e o impacto resultante na qualidade ambiental das praias da região.

Figura 3.1.2.1.3-16 - Concentração de fósforo total e nitrogênio *Kjeldahl* total nos sedimentos da área de influência do emissário do Guarujá nas duas campanhas de 2015.



Área de influência do emissário de Santos

No sedimento predomina a granulometria arenosa, com a maioria dos valores entre 70 e 80%. A concentração de nutrientes também foi alta para o NKT, e significativamente maiores em relação ao ano anterior (**Figura 3.1.2.1.3-17**). Contudo, o fósforo manteve a tendência de declínio, evidenciando os benefícios da eliminação do componente em alguns produtos de limpeza há alguns anos. O potencial redox foi fortemente negativo com valores geralmente abaixo de -200 confirmando a presença elevada de matéria orgânica. Foi identificado um HPA no sedimento (Fluoranteno), próximo ao limite de quantificação. A presença do HPA não foi suficiente para reduzir a classificação dos sedimentos da área que foram classificados como Ótimos nos três pontos.

No critério microbiológico, as densidades de coliformes termotolerantes classificaram os pontos 1 e 2 como Ruins e do ponto 3 como Bom, no 1º semestre. No 2º semestre as amostras dos pontos 1 e 2 foram classificadas como Ótimas e do ponto 3 como Ruim. Quanto ao *C. perfringens*, as amostras foram classificadas como Ruins e Péssimas, exceto o ponto 2 que foi classificado como Bom na 1ª campanha. Duas amostras classificadas como Péssimas alcançaram a ordem de 106 NMP/100g.

Na avaliação ecotoxicológica do sedimento dessa região, os ensaios agudos realizados nas duas campanhas indicaram qualidade Ótima, embora tenha sido verificada a presença de As acima do ISQG no ponto 3, 1ª campanha. Por outro lado, o ensaio crônico realizado na 2ª campanha indicou qualidade Péssima nos 3 pontos. Nessas amostras foram encontradas concentrações de amônia não ionizada (0,08 mg/L nos pontos 1 e 3 e 0,07 mg/L no ponto 2) acima do limite de sensibilidade estabelecido para *L. variegatus*. Em concentrações acima de 0,05 mg/L esta variável pode ser avaliada como um possível contaminante, em função da composição dos efluentes domésticos na região.

A ocorrência de concentrações de HPAs mesmo abaixo do ISQG, mas muito próximos desse limite, além de metais observados no monitoramento a partir de 2010, pode causar efeitos subletais e, ao longo do tempo, provocar problemas nas comunidades existentes na região. Devido a isso, em caso de movimentação da camada de sedimento, a sua ressuspensão poderá aumentar a probabilidade de ocorrência de efeitos deletérios nas comunidades biológicas.

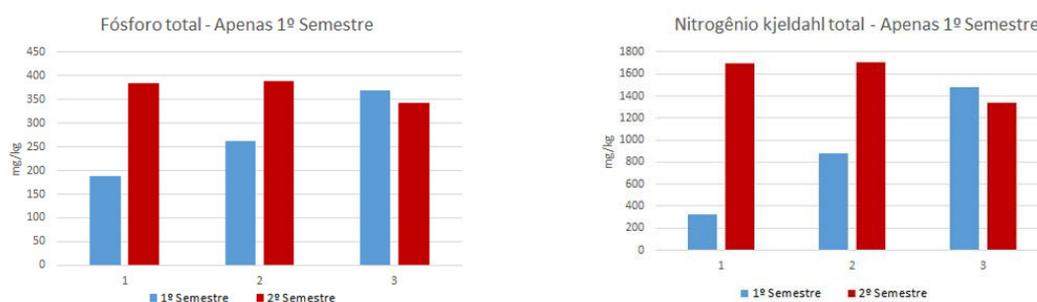
Mandaji (2008) avaliou a presença de diversos elementos no sedimento nas proximidades do emissário de Santos. Segundo a autora, o Cobalto e Enxofre ultrapassaram os limites de referência utilizados. O Bário exibiu sempre concentrações elevadas nas análises realizadas. A distribuição dos elementos Cu, Zn, Cr, Mn e Ni, sempre exibiu maiores concentrações no período de maior pluviosidade. Esses resultados corroboram para a indicação que alguns desses elementos químicos (Cu, Zn, Cr, Mn e Ni) devem provir

de materiais intemperizados de rochas do entorno e que outros elementos (Co e S) possuem uma contribuição antropogênica sobre os sedimentos depositados pelo emissário.

O estudo de Siqueira et al. (2005) apontou um valor acentuado de mercúrio (Hg) na saída do emissário submarino de Santos ($0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$), mostrando a influência do emissário como fonte de Hg para os compartimento bióticos e abióticos na baía de Santos.

Hortellani et al. (2008) realizaram uma avaliação da contaminação por metais pesados dos sedimentos do estuário de Santos e São Vicente e na região de influência do emissário de Santos. Foi observado que próximo aos difusores do emissário ocorreu aumento nos níveis de mercúrio (Hg) com o decorrer do tempo, com magnitude de cerca de 30% entre o inverno de 1999 ($0,10 \pm 0,03 \mu\text{g g}^{-1}$) e verão de 2000 ($0,13 \pm 0,05 \mu\text{g g}^{-1}$). Segundos os autores, o aumento pode estar ligado ao aumento nos lançamentos de efluentes devido associado ao aumento da população flutuante de Santos e São Vicente no verão, bem como às variações na temperatura e pluviosidade locais.

Figura 3.1.2.1.3-17 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da área de influência do emissário de Santos nas duas campanhas de 2015.



Canal de Santos

Os sedimentos de todos os pontos apresentaram granulometria eminentemente fina (acima de 50% de finos) com maior peso da fração de argila. Os pontos 1 e 2 apresentaram frações de materiais mais grossos mais elevadas do que os demais por estarem em pontos de trânsito de embarcações e de maior influência das correntes de forma que a variabilidade de sua granulometria tende a ser maior. Os resultados de potencial redox foram todos negativos demonstrando ambiente redutor e grande presença de nutrientes. Verificou-se concentração de NKT e fósforo significativas com valores próximos 1.000 mg/kg e 500 mg/kg respectivamente mas menores do que no ano anterior (**Figura 3.1.2.1.3-18**). Os demais nutrientes também apresentam concentrações elevadas, em especial do COT que excedeu os 3% em algumas ocasiões.

No aspecto microbiológico, as densidades de coliformes termotolerantes classificaram as amostras como Regulares e Ruins. Quanto ao *C. perfringens*, as amostras foram classificadas como Ruins e Péssimas. Ressalta-se que a amostra do ponto 2, na 2ª campanha, teve densidade que alcançou a grandeza de 106 NMP/100g.

Na avaliação ecotoxicológica, o sedimento da região do Canal de Santos não apresentou toxicidade aguda nas duas campanhas de amostragem para os três pontos analisados, bem como no ensaio crônico, realizado apenas na 2ª amostragem. Todas as amostras foram classificadas na faixa de qualidade Ótima,

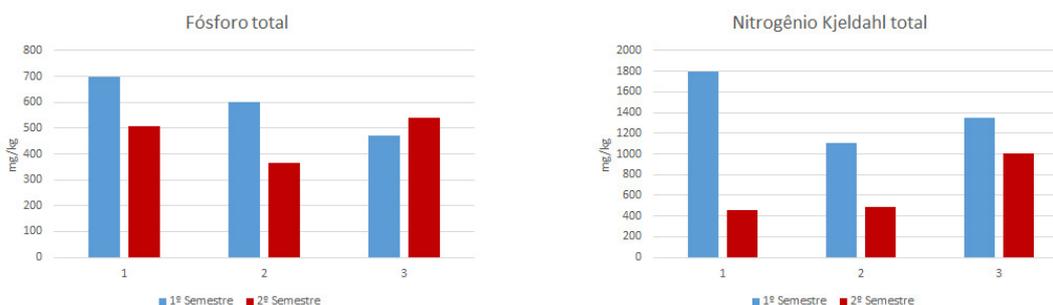
apesar da presença de metais e diversos HPAs nos pontos 2 e 3 acima do ISQG, já mencionados anteriormente. Além desses contaminantes também se observou a presença de amônia (0,05 mg/L) no ponto 2, em concentração considerada como provável interferente em ensaios com sedimento para o organismo-teste *L. variegatus*. Apesar de todas essas considerações, a ausência de toxicidade indicou que provavelmente não estavam biodisponíveis para causar efeito tóxico nos organismos teste.

A fragilidade dessa região se verifica pela ocorrência de concentrações de HPAs mesmo abaixo do ISQG, mas muito próximos desse limite, além de metais observados no monitoramento a partir de 2010, que podem causar efeitos subletais aos organismos existentes na região. Dessa forma, devido ao histórico de contaminação dessa região, a movimentação da camada de sedimento do Canal de Santos, com sua ressuspensão, deve ser criteriosamente avaliada, pois pode aumentar a probabilidade de ocorrência de efeitos deletérios nas comunidades biológicas.

Observou-se que as concentrações de cobre total excederam o ISQG no ponto 2 no 2º semestre. No mesmo período, diversos HPAs excederam este valor orientador no mesmo local com destaque para o Fenantreno que chegou a 295µg/kg. Com base no critério de classificação química dos sedimentos os pontos 1 e 3 foram classificados como Bons e o ponto 2 como Regular.

Um aspecto importante relacionado ao Canal de Santos é a realização de dragagens periódicas para a manutenção da profundidade do canal, garantindo a circulação de embarcações de grande porte. O material dragado é lançado na região do Polígono de Disposição Oceânica da Dragagem (PDO), ao largo da costa Santista. Torres (2007) realizou um estudo na região apontando, além da esperada contaminação do sedimento na região do PDO e aumento da turbidez da água, a contaminação do sedimento no interior do setor Guaíbe da APAMLC, ultrapassando os limites deletérios para a biota local.

Figura 3.1.2.1.3-18 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da área de influência do Canal de Santos nas duas campanhas de 2015.



Canal de São Vicente

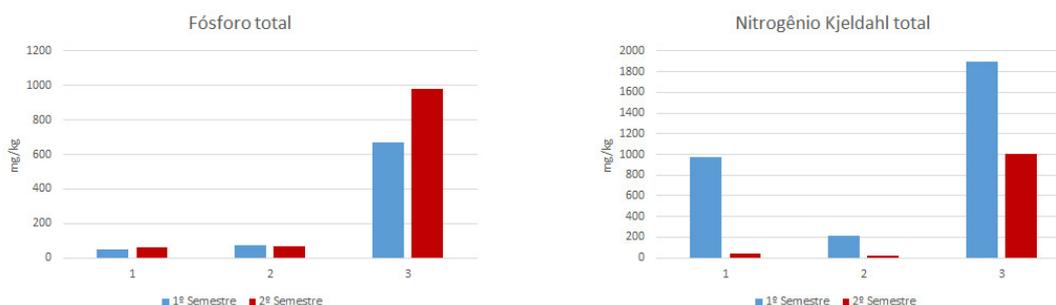
O sedimento do Canal de São Vicente mostrou granulometria arenosa nos pontos 1 e 2 e argilosa no ponto 3 em ambas as campanhas. Apresentou também potencial redox negativo em todos os pontos. O ponto 3 apresentou as maiores concentrações de nutrientes com o NKT próximo a 2.000 mg/kg e fósforo com mais de 1.000 mg/kg no 2º semestre (Figura 3.1.2.1.3-19). O ponto 3 apresentou concentração de diversas substâncias como metais e HPAs em ambos os semestres, mas em geral mantiveram-se abaixo dos níveis de referência. Na 2ª campanha quantificou-se chumbo, cobre e cromo ligeiramente acima de ISQG. Nota-se que os resultados este ano foram significativamente melhores do que no ano anterior corroborando a justificativa apresentada no relatório anterior de que as altas concentrações observadas naquele ano se tratavam de ocorrências isoladas.

No critério microbiológico, as densidades de coliformes termotolerantes classificaram as amostras como Ruins, exceto o ponto 2, na 2ª campanha, que foi classificado como Bom. Com relação ao *C. perfringens*, as amostras foram classificadas como Regulares e Ruins, sendo o ponto 1, 1ª campanha, classificado como Bom. O ponto 3 apresentou granulometria argilosa que naturalmente retém mais substâncias e se localiza próximo às influências do município de Cubatão e em área mais densamente povoada o que pode explicar sua qualidade inferior aos demais pontos. Apesar disso, os resultados permitiram classificar esse sedimento, quanto aos parâmetros químicos, como Ótimo nos pontos 1 e 2 e Bom no ponto 3.

Na avaliação ecotoxicológica, o sedimento da região do Canal de São Vicente não apresentou toxicidade aguda nas duas campanhas de amostragem para os três pontos analisados, sendo classificados na faixa de qualidade Ótima. Essa classificação se repetiu nos ensaios crônicos para esses pontos na 2ª campanha. Salienta-se que a presença de As, Pb, Cu e Cr no ponto 3, 2ª campanha não causaram efeito tóxico provavelmente porque não estavam biodisponíveis.

A ocorrência de concentrações de HPAs mesmo abaixo do ISQG, mas muito próximos desse limite, além de metais observados no monitoramento a partir de 2010, pode causar efeitos subletais aos organismos existentes na região. Dessa forma, a movimentação da camada de sedimento do Canal de São Vicente, com sua ressuspensão, deve ser criteriosamente avaliada, pois pode aumentar a probabilidade de ocorrência de efeitos deletérios nas comunidades biológicas.

Figura 3.1.2.1.3-19 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da área de influência do Canal de São Vicente nas duas campanhas de 2015.



Área de influência do emissário submarino da Praia Grande 1

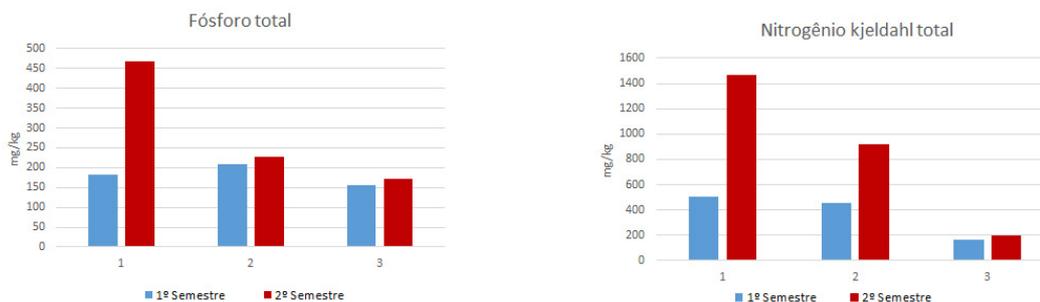
Todas as amostras de sedimento possuem potencial redox ligeiramente negativo em virtude da grande contribuição de matéria orgânica advinda do emissário. Dada a composição predominantemente arenosa o acúmulo de matéria orgânica acaba sendo relativamente pequeno. Não foram verificadas ocorrências de outras substâncias em níveis acima dos valores de referência (Figura 3.1.2.1.3-20). Desta forma, todos os pontos foram classificados como Ótimos.

Com relação ao aspecto microbiológico, as densidades de coliformes termotolerantes classificaram o sedimento do ponto 1 como Ótimo e do ponto 3 como Ruim, em ambos semestres; com variação no ponto 2 que foi classificado como Bom e Péssimo, respectivamente. Quanto aos *C. perfringens*, os sedimentos dos pontos 1 e 3 foram classificados como Bons na 1ª campanha e os outros foram classificadas como Ruins.

Na avaliação ecotoxicológica, o sedimento da região do emissário da Praia Grande 1 não apresentou toxicidade aguda nas duas campanhas de amostragem para os três pontos analisados, sendo

classificados na faixa de qualidade Ótima. Essa classificação se repetiu nos ensaios crônicos para esses pontos na 2ª campanha, embora tenha sido detectada a presença de As acima do ISQG no ponto 1.

Figura 3.1.2.1.3-20 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da área de influência do emissário de Praia Grande 1 nas duas campanhas de 2015.



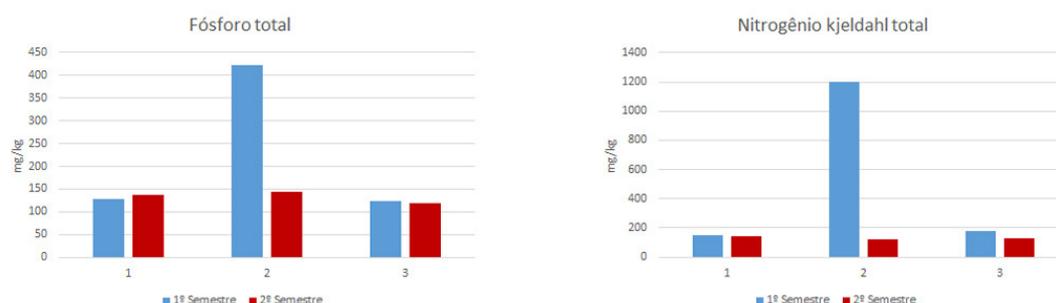
Área de Influência do Rio Itanhaém

O sedimento apresentou potencial redox positivo em todos os pontos apesar da granulometria predominantemente fina verificada no ponto 2, no primeiro semestre. Em geral não foram detectadas substâncias em concentrações relevantes. Destaca-se as concentrações de NKT e fósforo para o ponto 2 na 1ª campanha, acima de 1.000 e de 400 mg/kg respectivamente, relativamente elevadas mas possíveis dada a influência do rio no local e a granulometria mais fina encontrada neste ponto na campanha em questão (Figura 3.1.2.1.3-21). Com base no critério de classificação química dos sedimentos, os três pontos foram classificados como Ótimos.

Quanto ao aspecto microbiológico, as densidades de coliformes termotolerantes foram baixas, classificando as amostras como Ótimas em ambas as campanhas. Para o indicador *C. perfringens*, as amostras foram classificadas como Ótimas, exceto a amostra do ponto 2, 1ª campanha, que foi classificada como Boa.

Na avaliação ecotoxicológica dos sedimentos analisados apenas na 2ª campanha, os ensaios agudos apresentaram qualidade Ótima para os três pontos. Por outro lado, os ensaios crônicos indicaram qualidade Regular para esse ambiente, sendo observadas concentrações de As acima do ISQG no ponto 2, nesta campanha. O trabalho de Carmo *et al.*, (2004) encontrou concentrações elevadas de As no sedimento da região (chegando a ultrapassar valores de TEL) e nos tecidos de caranguejos. Os autores sugerem que a contaminação tenha origem em um lixão nas proximidades.

Figura 3.1.2.1.3-21 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da área de influência do Rio Itanhaém nas duas campanhas de 2015.



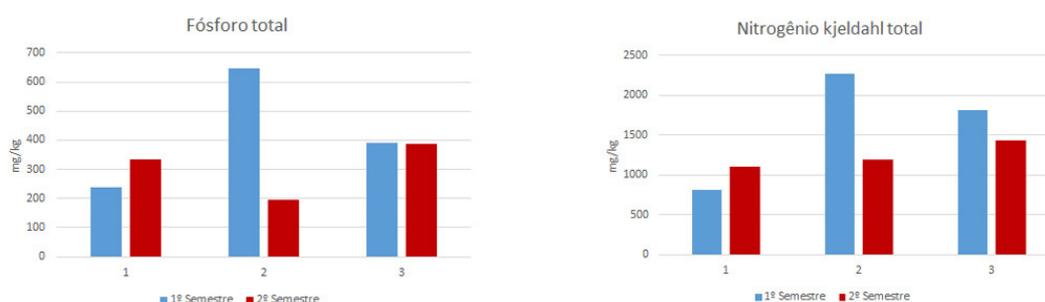
Área de Influência Rio Preto

As amostras de sedimento apresentaram granulometria predominantemente arenosa, exceto pelo ponto 2 no 1º semestre. O potencial redox verificado foi negativo. Destacam-se os valores elevados de NKT no 1º semestre nos pontos 1 e 2 chegando a ultrapassar os 2000mg/kg (**Figura 3.1.2.1.3-22**). Em geral as concentrações têm se mantido mais elevadas sem, no entanto, ultrapassar os valores de referência. Com base no critério químico dos sedimentos, os três pontos foram classificados como Ótimos.

Quanto ao aspecto microbiológico, as densidades de coliformes termotolerantes foram baixas, classificando as amostras como Ótimas e Boas em ambas as campanhas. Para o indicador *C. perfringens*, as amostras foram classificadas como Ótimas e Boas, exceto a amostra do ponto 3, 1ª campanha, que foi classificada como Regular.

Nesta região, a avaliação ecotoxicológica do sedimento foi efetuada apenas na 2ª campanha e os ensaios agudos apresentaram qualidade Ótima para os três pontos. Por outro lado, os ensaios crônicos indicaram qualidade Regular para esse ambiente, sendo observadas concentrações de As acima do ISQG nos pontos 1 e 3 nesta campanha.

Figura 3.1.2.1.3-22 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da área de influência do Rio Preto nas duas campanhas de 2015.



■ Histórico de acidentes ambientais

Os acidentes que propiciam alteração da qualidade da água e do sedimento estão associados a vazamentos de produtos químicos e óleos variados (combustível, diesel, bunker, petróleo, entre outros). Estes vazamentos podem ocorrer diretamente no oceano, mar ou estuário como por exemplo em embarcações, marinas, terminais, portos, postos de combustível flutuantes, gasodutos, ou acidentes em gasodutos e em terra que, com a descarga em corpos aquosos, os poluentes chegam ao meio marinho.

Focando no Terminal Portuário de Santos, Poffo (2007) realizou um grande levantamento dos acidentes entre 1980 e 2005. Esta autora levantou um total de 424 acidentes. Estes acidentes foram relacionados cronologicamente, em uma listagem contendo informações sobre data da ocorrência, nome do navio ou número do registro conforme cadastrado na CETESB, volume vazado e recolhido, tipo de produto envolvido, fonte e causa do vazamento, bem como áreas atingidas. CETESB (2012) também cita que na década de 1930, começaram as operações com petróleo e derivados no Porto de Santos, com a inauguração dos terminais da Ilha Barnabé. Na década de 1950, como o canal de navegação do Porto de Santos só tinha capacidade para receber navios de até 25 mil toneladas, os petroleiros maiores (até 85 mil toneladas) dirigiam-se ao Canal de São Sebastião, onde era feita a operação de transbordo para navios

menores, os quais rumavam para Santos. Este procedimento prosseguiu até outubro de 1968, quando foi inaugurado o Terminal Aquaviário de São Sebastião. O primeiro registro encontrado sobre um acidente ambiental data da década de 1950 e até o final da década de 1970 há poucas informações a respeito. O procedimento de registrar esses acidentes anualmente foi adotado pela CETESB a partir de 1980. O **Quadro 3.1.2.1.3-1** mostra os principais acidentes citados por estes autores.

Quadro 3.1.2.1.3-1 – Principais acidentes ambientais que atingiram o compartimento água na Baixada Santista de São Paulo.

Data do Acidente	Causas	Consequências	Fonte
Janeiro-51	Petroleiro Cerro Gordo, descarregava derivados de petróleo na Ilha Barnabé (Santos), quando pegou fogo.	Petroleiro foi levado ao meio do canal por segurança	CETESB (2012)
Janeiro-67	Explosão no navio cargueiro Austral quando descarregavam sacos de salitre	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	CETESB (2012)
Setembro-69	Petroleiro Guaporé incendiou-se no Porto de Santos	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	CETESB (2012)
Janeiro-74	Incêndio no navio cargueiro Ais Georgius, atracado nos Armazéns 30/31 do Porto de Santos.	Combustão espontânea do nitrato de sódio - incêndio demorou três dias para ser controlado - ainda há partes submersas do navio no canal	CETESB (2012)
Julho-74	Explosão em tanque de armazenamento - Ilha Barnabé - 3.150 L de tolueno	Morte de um operador, ferimentos em outros e vazamento para o estuário	CETESB (2012)
Maio-80	Refinaria Presidente Bernardes Cubatão - RPBC – Quantia não estimada	Vazamento no interior do terminal e quantia não estimada de óleo combustível no estuário, afetando inclusive atingindo bosques de mangue situado às margens desta instalação – 11 dias de combate	Poffo (2007)
outubro-83	Rompimento Duto OSBAT – 2.500 ton de petróleo	Regiões afetadas: rios Itapanhaú, Siriri, todo o Canal de Bertioga até o Canal de São Sebastião. Manguezal de Bertioga seriamente afetado, 32 km de praia entre Bertioga e Ilhabela.	Poffo (2007)
fevereiro-84	Rompimento de duto entre RPBC e Terminal Alemoa – 500 m ³ de gasolina	Maré alta levou gasolinas as habitações de palafitas – incêndio de grandes proporções.	Poffo (2007)
junho-84	Acidente em carregamento de barcaça – 20 m ³	Manchas de óleo atingiram bosques de mangue nas imediações do terminal.	Poffo (2007)
setembro-84	Corrosão gasoduto - vazamento gasolina Jardim Casqueiro	Vazamento nas imediações da Av. Bandeirantes, próximo ao Jardim Casqueiro	Poffo (2007)
setembro-84	Barcaça Gisela pier da Alemoa – 550 m ³ óleo combustível	Atingiu todo o Canal de Santos, canal de Bertioga, incluindo rios Diana, Sandi e do Meio – área de monitoramento para o acidente de oleoduto em 1983	Poffo (2007)
1985	Navio pier de Alemoa – 25 ton. GLP	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
1986	Acidente em carregamento de navio – 160 m ³	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)

1986	Navio COSIPA – 10 m ³	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
fevereiro-86	Barcaça Ais Georgius – 140 m ³ de óleo combustível	Espalhamento pelo estuário, atingindo praias de Santos e vários bosques de mangue na região.	Poffo (2007)
1987	Acidente em carregamento de navio – 12 m ³	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
agosto-87	Rompimento do duto entre RPBC e Terminal Alemoa – 20 m ³ de óleo combustível marítimo	Rápida mobilização técnica conseguiu reter o produto todo junto à fonte evitando a poluição do estuário	Poffo (2007)
1988	Navio Barcaça – 23 m ³	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
1989	Colisão navio Ro-Ro com barcaça – 7,4 m ³ óleo combustível marítimo	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
1989	Colisão navio com Pedra de Tefé – 10 m ³	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
setembro-89	Acidente durante descarregamento de navio – 15 m ³ de sebo	Produto atingiu o estuário e impactou diretamente o bosque de mangue situado às margens do terminal	Poffo (2007)
1990	Falha operacional Alemoa – 265 m ³ de óleo combustível	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
fevereiro-90	Rompimento válvula de dreno – 25 m ³ de gasolina	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
março-90	Acidente bombeio de navio – soda cáustica (volume não estimado)	Produto atingindo o estuário	Poffo (2007)
agosto-90	Tanques Alemoa – volume não estimado de gás GLP	Vazamento no estuário – substância inflamável, insolúvel, volátil, que flutua e “ferve” na água	Poffo (2007)
outubro-91	Incêndio provocado por raio – vazamento de acrilonitrila	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
1992	Abastecimento de navio – 100 m ³ de óleo combustível marítimo	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
março-94	N/T Norma – 700 L de óleo diesel	Atingiu o estuário a partir do Rio Casqueiro – até a vila dos pescadores em Cubatão	Poffo (2007)
1995	Fissura casco de navio terminal do Guarujá – 32 m ³ de estireno	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
1996	Acidente durante descarregamento de navio – 7 m ³ de acetato de vinila	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
1998	Colisão entre navios Elisabeth Rickmers e Smyrni – 70 m ³ de óleo combustível marítimo	Espalhamento por todo o estuário e Baía de Santos – estruturas artificiais do porto, ponta da Praia, costões rochosos em Santos e Guarujá, toda a orla de Santos e parte de São Vicente até a Ilha Porchat. Manguezais afetado – próximo ao TECON e mais levemente no Rio Santo Amaro	Poffo (2007)
setembro-98	Acidente durante carregamento de caminhão tanque – 156 m ³ de	Queima de 300 m ³ de manguezal remanescente na Ilha Barnabé	Poffo (2007)

	diciclopentadieno		
dezembro-98	N/T Nacional Alemoa – 7 m ³ de acetato de vinila	Atingiu estuários no píer da Ilha Barnabé – mortandade de peixes e aves	Poffo (2007)
1999	Acidente durante descarregamento de navio – 5 m ³ de solvente	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
abril-99	Acidente durante carregamento de caminhão tanque Ilha Barnabé – 24 m ³ de solvente	Queima de mangue vizinho, poluição atmosférica e contaminação do estuário pela drenagem do terminal	Poffo (2007)
outubro-99	Rompimento oleoduto Cais do Sobó – 22,6 m ³ óleo Boscan	Não há informações sobre impactos ambientais gerados	Poffo (2007)
2001	Fissura em casco de barcaça – Alemoa – 23 m ³ de óleo combustível marítimo	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
2001	Colisão de dois pesqueiros – 43 m ³ de óleo diesel marítimo	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
janeiro-01	Terminal Guarujá – vazamento 400 L praguicida	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
junho-01	Liberção de tanque de armazenamento na Alemoa – 3,3 m ³ de soda cáustica	Produto não chegou a atingir o estuário	Poffo (2007)
julho-02	Libra Terminais – vazamento 800 L de etalanamina	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
março-04	Terminal da Santos Brasil – Volume não estimado de Ácido Fluorídrico	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
2006	Dreno interno do Terminal RPBC – 300 m ³ de gasóleo	Não há informações sobre impactos ambientais gerados.	Poffo (2007)
setembro-06	Isotank Tecondi – 19 m ³ de Dimetilamino	Líquido escorreu sobre o cais em direção ao estuário, formando nuvens de gás e se espalhando por toda a área – gás liquefeito, inflamável, sem coloração, com odor de amônia, que em contato com a água flutua e “ferve”	Poffo (2007)

Poffo (2007) mostrou que ocorreu oscilação no número de registros, citando que entre 1990 e 1997 houve uma queda acentuada e, a partir de 1998, o número de registros voltou a aumentar - . A autora associa este aumento com o desenvolvimento regional industrial do país, particularmente no Estado de São Paulo, gerando maior movimentação de mercadorias na área portuária, procedimentos rotineiros de ocorrência, identificação de fontes de vazamento e legislação federal.

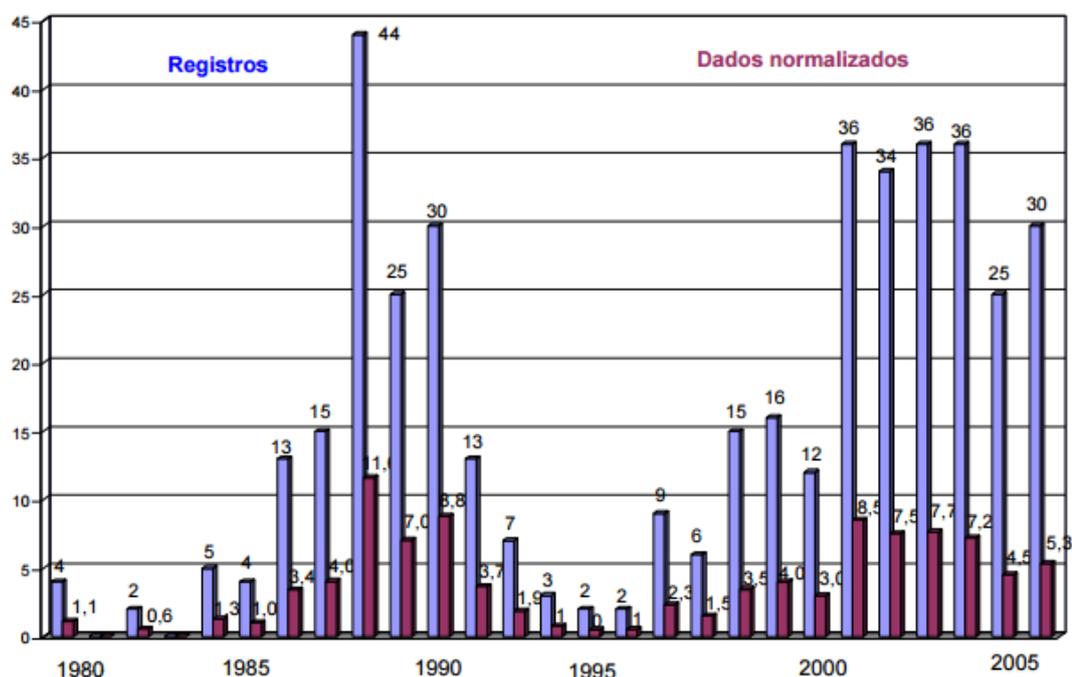


Figura 3.1.2.1.3-23 – Distribuição anual total e normalizada de registros de acidentes na região portuária de Santos. Fonte: Poffo (2007).

Já a CETESB disponibiliza em seu website (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>) todas as emergências atendidas pelas agências ambientais. Considerando os acidentes que ocorreram na baixada santista e que atingiram o meio água (não existe diferenciação entre água doce, salobra ou salgada), o **ANEXO 3.1-9** mostra os 244 acidentes registrados, entre 1998 e 08/2016. Destes 244 acidentes, 146 ocorreram no município de Santos, 44 em Cubatão, 30 no Guarujá, 10 em São Vicente, 5 em Itanhaém, 5 em Bertioga, 3 na Praia Grande e 1 em Mongaguá – -.

Analisando estes acidentes ao longo do tempo - - identifica-se uma média aproximada de 13 acidentes por ano, com máximo de 22 em 2010 e zero em 2003. Não há informações na fonte se não foram registrados acidentes este ano ou se a agência não os relatou. Já para as causas dos acidentes - - cerca de 30% (73) foram ocasionados em transporte Aquaviário. A segunda causa mais frequente - - 18% (44) - - são os acidentes em transporte rodoviário. Destacam-se também as manchas órfãs (15% - 36), das quais não foi possível se identificar a fonte. Já com relação às quantidades vazadas - - cerca de 47% (115) dos acidentes não tiveram estimativas. Em volume, 18% dos acidentes tiveram menos de 50 L de vazamento. Já os acidentes com vazamento por peso representam cerca de 3% do total (8).

Para os compostos vazados - **ANEXO 3.1-9** - as maiores representatividades são: 16% óleo diesel (39), 10% óleo diesel combustível marítimo; 9% óleo diesel marítimo; 6% resíduos oleosos e 5% óleo combustível

Figura 3.1.2.1.3-24 – Quantidades de acidentes por município, que ocorreram na Baixada Santista e atingiram a água. Fonte de dados: CETESB (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>).

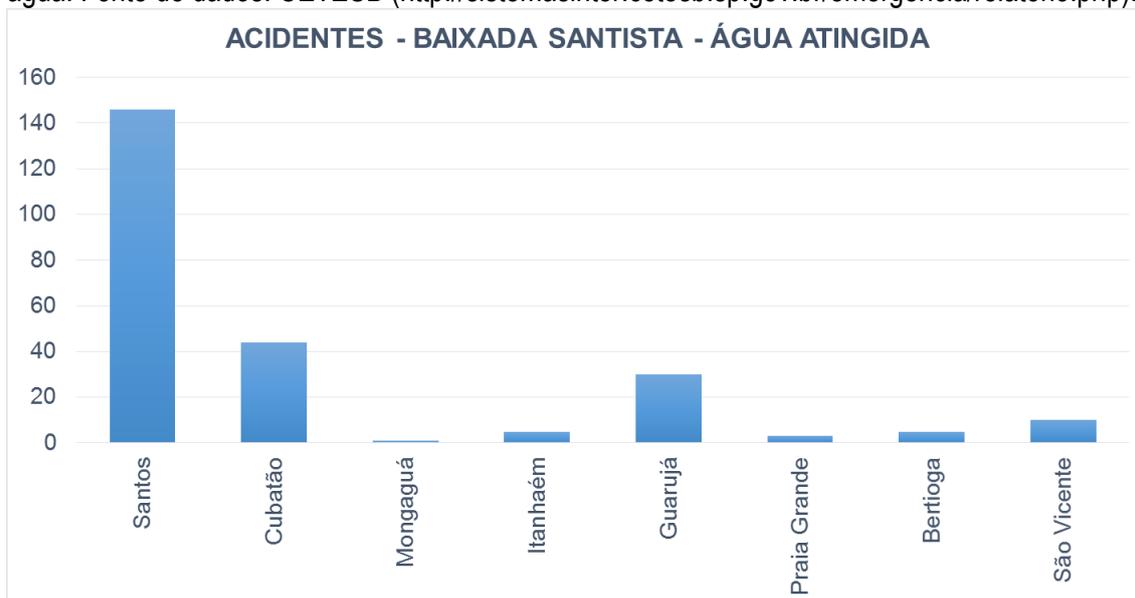


Figura 3.1.2.1.3-25 – Quantidades de acidentes por ano, que ocorreram na Baixada Santista e atingiram a água. Fonte de dados: CETESB (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>). * Ano de 2016 até 31/08/2016.

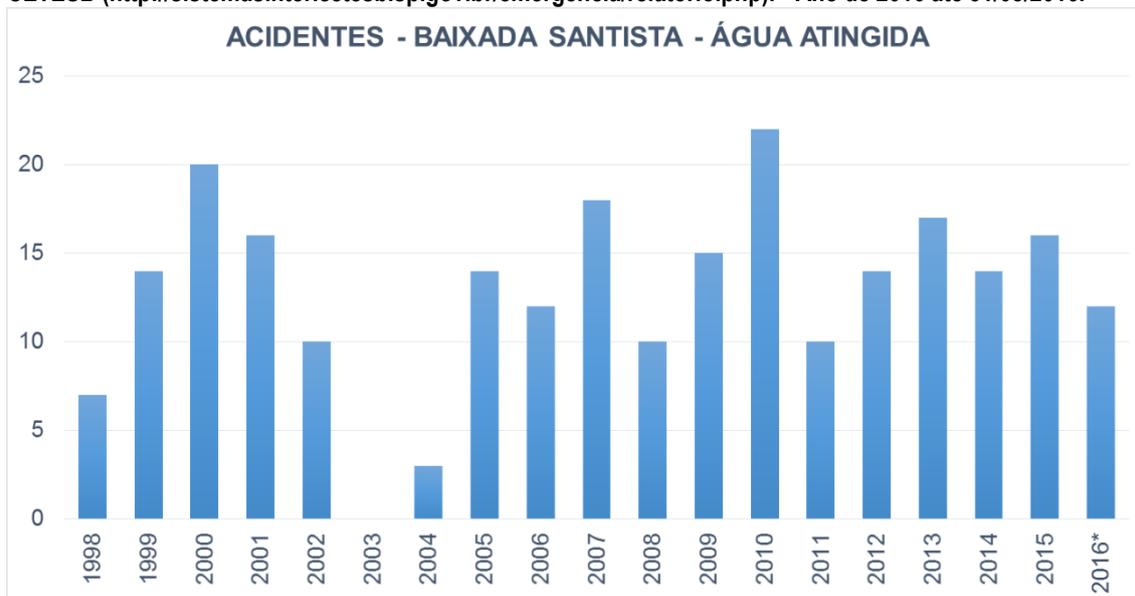


Figura 3.1.2.1.3-26 – Quantidades de acidentes por atividade, que ocorreram na Baixada Santista e atingiram a água.
Fonte de dados: CETESB (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>).

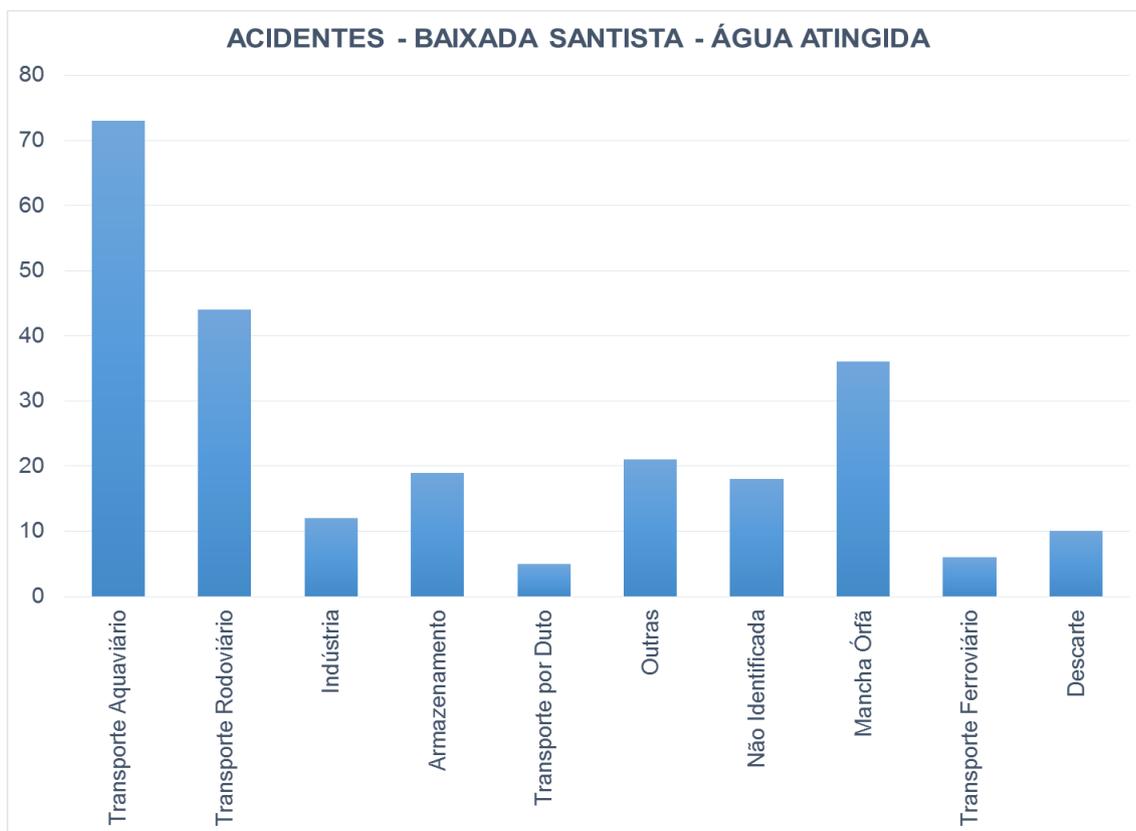
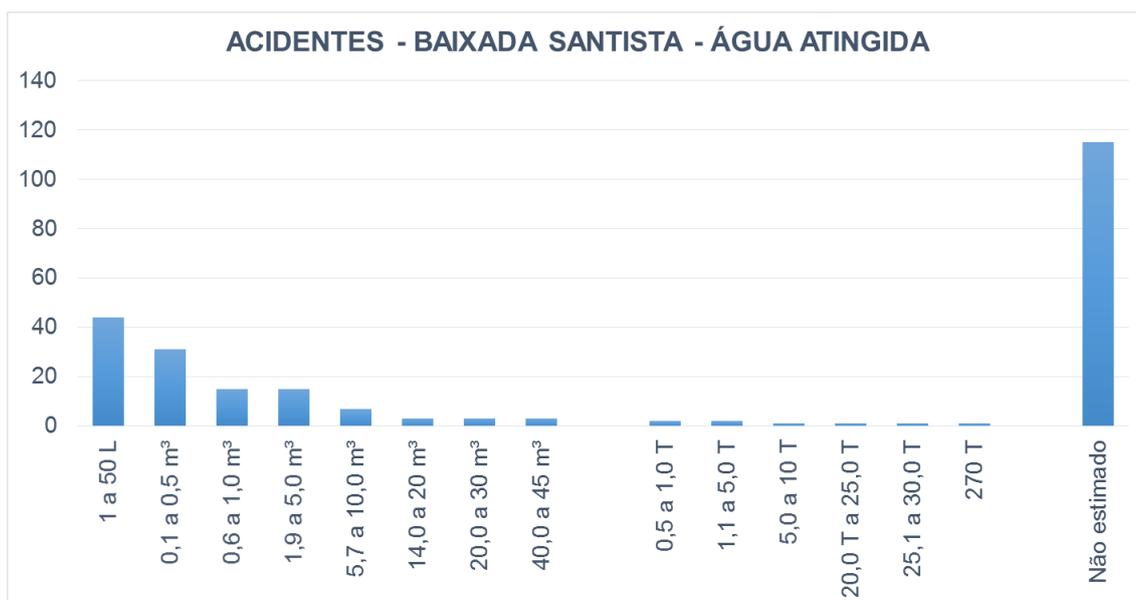


Figura 3.1.2.1.3-27 – Quantidades de acidentes por volume ou peso, que ocorreram na Baixada Santista e atingiram a água. Fonte de dados: CETESB (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>).

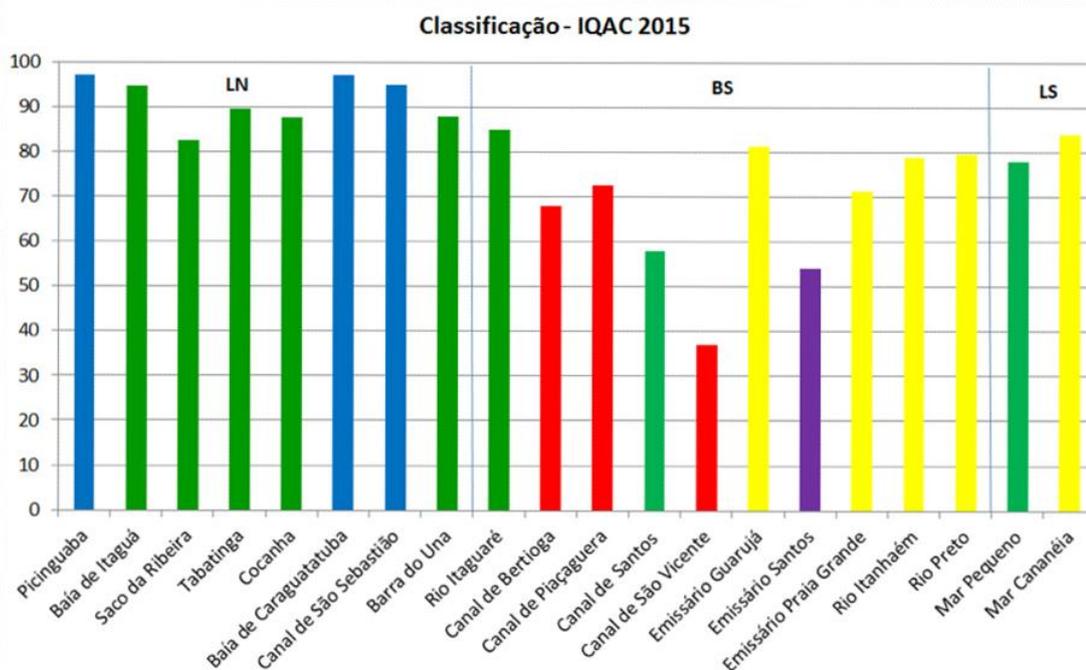


■ **Conclusões sobre a qualidade da água e sedimentos**

Qualidade da Água

Os resultados do monitoramento do programa Rede Costeira da CESTEB mostram que a Baixada Santista do Estado de São Paulo apresenta os piores índices de qualidade ambiental ao longo de toda a costa paulista. A área classificada com o maior IQAC no monitoramento realizado em 2015 foram o Rio Itaguapé, considerada Boa. O gráfico da mostra os IQACs para o Litoral Norte (LN), a Baixada Santista (BS) e o Litoral Sul (LS). Nota-se claramente a concentração dos IQACs mais baixos nas áreas monitoradas na Baixada Santista, em especial o Emissário de Santos, Canal de São Vicente, Canal de Piaçaguera e Canal de Bertioga.

Figura 3.1.2.1.3-28 - Classificação média das áreas pelo IQAC em 2015: Litoral Norte (LN), Baixada Santista (BS) e Litoral Sul (LS). As cores representam a classificação do IQAC: **Ótima**, **Boa**, **Regular**, **Ruim** e **Péssima**. Fonte: CETESB (2016a).

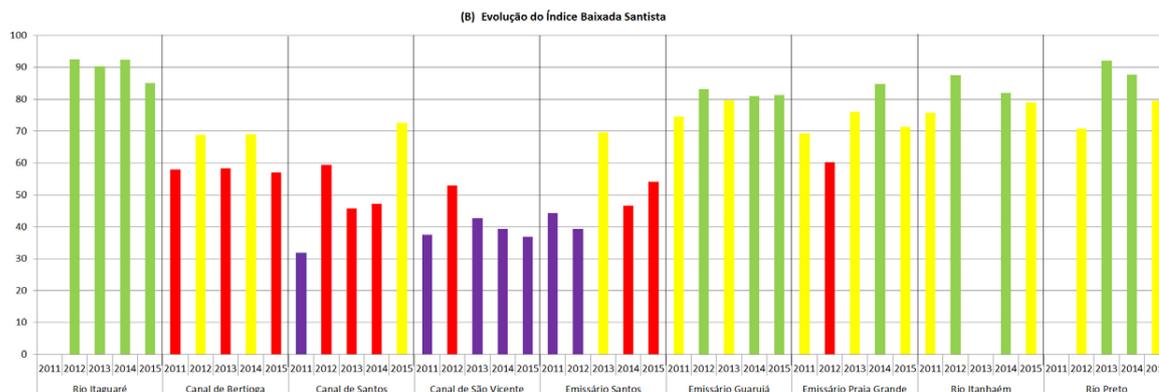


Outro ponto a ser analisado é a evolução temporal do IQAC médio na costa. De um modo geral, as áreas monitoradas na Baixada Santista apresentaram uma melhora do IQAC médio desde 2011.

A variação temporal dos índices de qualidade da água da Baixada Santista não apresenta um padrão semelhante para todas as áreas monitoradas - . O Rio Itaguapé manteve índices mais elevados, mas apresentou uma piora desde 2014. O Canal de Bertioga mantém um padrão oscilatório interanual, variando entre Regular e Ruim. O Canal de Santos apresentou uma melhora desde 2011, passando de Péssimo para Regular. Contudo essa região foi impactada durante décadas e merece atenção, uma vez que a qualidade da água está sujeita a ressuspensão do sedimento potencialmente contaminado. O Canal de São Vicente vem apresentando uma queda na qualidade da água, classificada como Péssima nos últimos 3 anos. O Emissário de Santos apresentou uma melhora em 2013, seguida de dois anos

consecutivos com classificação Ruim. O Emissário do Guarujá vem mantendo uma classificação Boa desde 2014. O Emissário de Praia Grande 1, Rio Itanhaém e Rio Preto apresentaram melhoras entre 2011 e 2014, alcançando a classificação Boa, mas receberam classificação Regular no monitoramento de 2015.

Figura 3.1.2.1.3-29 - Evolução do IQAC médio de 2011 a 2015 na Baixada Santista do Estado de São Paulo. Fonte: CETESB (2016a).



De um modo geral, o grau de eutrofização da região costeira em 2015 exibiu condições de baixa e média trofia. Em 32% das amostras de superfície na primeira campanha e do meio da coluna d'água na segunda campanha foi possível observar indicativos de ambientes já eutrofizados (Eutróficos e Supereutróficos).

Na primeira campanha, a Baixada Santista apresentou dois locais com classificações Supereutróficas: Emissário de Santos e Emissário de Praia Grande 1. Eles contribuíram para o total das porcentagens dessa classe nas duas profundidades, indicando ambientes extremamente eutrofizados. Os dois locais classificados como Eutróficos foram o Emissário do Guarujá e o Rio Preto. No ponto 1 (superfície) do Emissário de Praia Grande 1, cuja concentração de clorofila a ficou abaixo do limite de quantificação, classificando-o como Oligotrófico, é possível inferir a ocorrência de alguma interferência na amostra pela avaliação da elevada concentração de feofitina a, mas que provavelmente, na ausência de interferência, essa amostra também seria classificada como Supereutrófica.

Na segunda campanha, a Baixada Santista apresentou seis locais com amostras classificadas de Eutróficas a Supereutróficas: Rio Itaguapé, Emissário do Guarujá e Rio Preto (Eutrófica), Emissário de Santos, Praia Grande 1 e Rio Itanhaém (Eutróficas e Supereutróficas).

É possível observar que em ambas as campanhas as porcentagens das classes tróficas foram similares diferindo apenas em relação às porcentagens de amostras indicativas de ambiente eutrofizados nas duas profundidades de coletas, ou seja, na primeira campanha as amostras de meio da coluna d'água indicaram um ambiente menos eutrofizado, resultado da maior incidência de luminosidade na superfície, favorecendo o estabelecimento da comunidade fitoplânctônica.

Na segunda campanha houve um aumento das classes Eutrófica e Supereutrófica, indicativas de ambiente eutrofizado, nas amostras do meio da coluna d'água quando comparado às amostras de superfície, sendo a principal contribuição dada pelo Rio Itaguapé e Emissário do Guarujá na Baixada Santista.

A **Tabela 3.1.2.1.3-25** apresenta as concentrações médias anuais da clorofila a e as tendências da qualidade das águas, em relação à eutrofização, nas áreas monitoradas da Baixada Santista em que há resultados do IETC para o período de 2011 a 2015. Para a avaliação da tendência foi utilizada a função linha de tendência estatística Linear, considerando-se como significativo o valor do Coeficiente de Variação (R^2) a partir de 0,5.

Na Baixada Santista com nove áreas monitoradas, em 89% das áreas não foram observadas alterações significativas, apenas a área de influência do Emissário de Praia Grande 1 exibiu piora significativa, e essa piora vem ocorrendo desde 2011 quando ainda apresentava a condição Oligotrófica, indicativa de ambiente de baixa trofia, para Supereutrófico em 2015, ambiente considerado extremamente eutrofizado. Apesar de não exibir tendência de piora quando considerado os últimos cinco anos, tanto a área de influência do Emissário de Santos quanto o rio Itanhaém apresentaram piora em relação ao ano anterior tendo sido classificados como Supereutrófico e Eutrófico, respectivamente, considerados já eutrofizados. As áreas de influência dos Emissários de Santos e de Praia Grande 1 merecem atenção, pois atingiram em 2015 a condição Supereutrófica.

Tabela 3.1.2.1.3-25 - Concentração média anual da clorofila a e as tendências da qualidade das águas de acordo com o IETC entre 2011 e 2015. Fonte: CETESB (2016a).

	Local	2011	2012	2013	2014	2015	Tendência
BAIXADA SANTISTA	Rio Itaguapé	1,39	1,05	0,87	1,70	2,06	N.S.
	*Canal de Bertioga	3,57	4,01	4,60	13,51	4,73	N.S.
	Emiss. Do Guarujá	2,21	3,74	2,33	3,71	2,15	N.S.
	*Canal de Santos	3,00	2,08	2,00	14,80	2,64	N.S.
	Emiss. Santos	8,20	10,83	6,55	2,88	13,51	N.S.
	*Canal de São Vicente	5,93	4,42	4,65	11,01	4,88	N.S.
	Emiss. Praia Grande -1	0,79	2,44	1,73	2,80	5,34	P
	Rio Itanhaém	4,94	2,58	3,19	2,22	4,74	N.S.
	Rio Preto	1,76	4,08	3,03	2,79	2,49	N.S.

P = Piora M = Melhora N.S. = Não Significativo

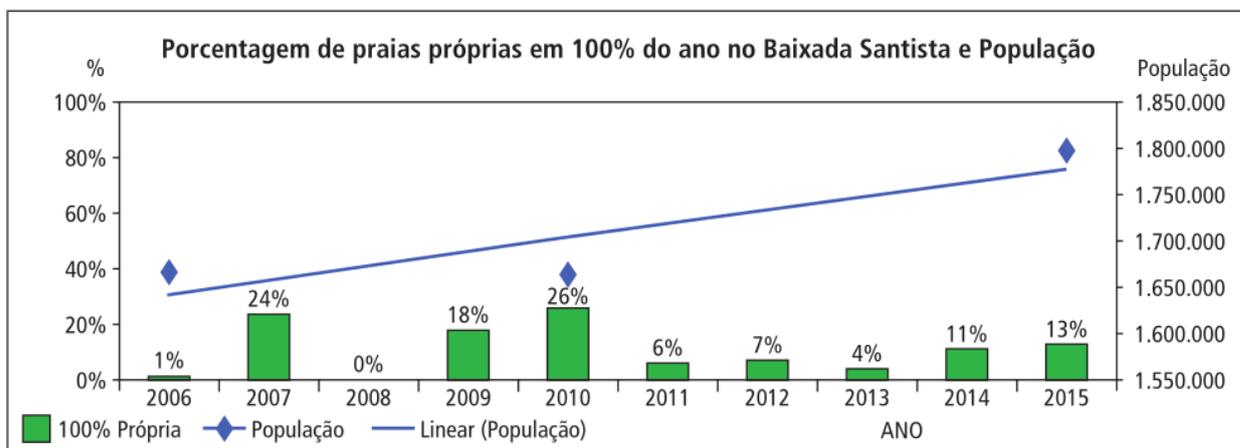
* Ambientes de águas salobras

A qualidade microbiológica das águas costeiras apresenta um padrão espacial bem definido com concentrações de coliformes termotolerantes e enterococos crescentes do norte à área de influência do Emissário Submarino de Praia Grande 1, decrescendo no extremo sul do Estado. Para ambos os indicadores de contaminação fecal as maiores médias geométricas das concentrações (UFC/100 mL), considerando os três pontos de amostragem, foram verificadas na área de influência do Emissário Submarino de Santos, Canal de Santos, Canal de São Vicente e Canal de Piaçaguera.

Com relação a balneabilidade das praias no interior da APAMLC e, de acordo com CETESB (2016b), na Baixada Santista, constatou-se um aumento de praias Próprias o ano todo de 11% para 13%, comparado os resultados de 2014 com 2015, contudo, não houve praias ótimas. Também se verificou diminuição das praias Ruins de 39 para 29%, com aumento das praias Péssimas de 10 para 19%. As praias regulares se mantiveram em cerca de 40%.

De acordo com CETESB (2016b), com relação a evolução histórica dos índices de Balneabilidade na Baixada Santista, registrou-se piores condições de balneabilidade de 2011 a 2013 com valores abaixo de 10%, embora com índices melhores que 2006 e 2008. Essa condição melhorou em 2014 e 2015 com índices de 11 e 13% respectivamente - .

Figura 3.1.2.1.3-30 – Evolução da porcentagem de praias com 100% de condição própria ao longo dos anos para a baixada santista, com relação ao crescimento populacional. Fonte: CETESB (2016b).



Analisando-se a porcentagem de praias impróprias com o regime de chuvas no ano de 2015 - e, observa-se pico de praias Impróprias em fevereiro, mas sendo reduzidas de abril até final de setembro. Nos gráficos de chuvas por UGRHI é possível observar que a média anual esteve abaixo da média histórica. Na baixada santista o segundo semestre teve quantidade de chuva reduzida o que resultou em baixa porcentagem de praias impróprias. No entanto, em alguns meses choveu um pouco acima da média. No final de janeiro registraram-se altos índices pluviométricos o que explica o pico de praias impróprias em 01 de fevereiro. Chuvas intensas comprometem a qualidade das praias, uma vez que carrega para o mar a água dos cursos d'água e canais pluviais que podem estar contaminadas com esgotos sanitários ou mesmo com cargas difusas (CETESB, 2016b)

Figura 3.1.2.1.3-31 – Porcentagem semanal de praias Impróprias em 2015 – Baixada Santista. Fonte: CETESB (2016b).

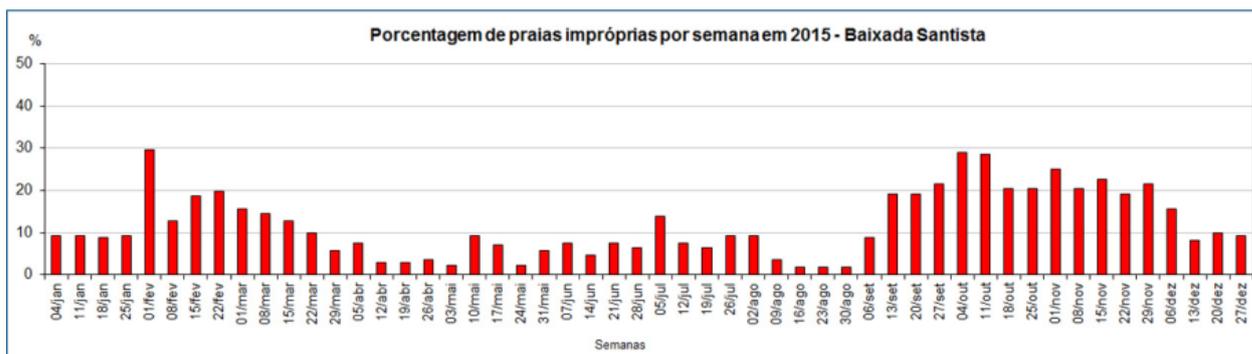
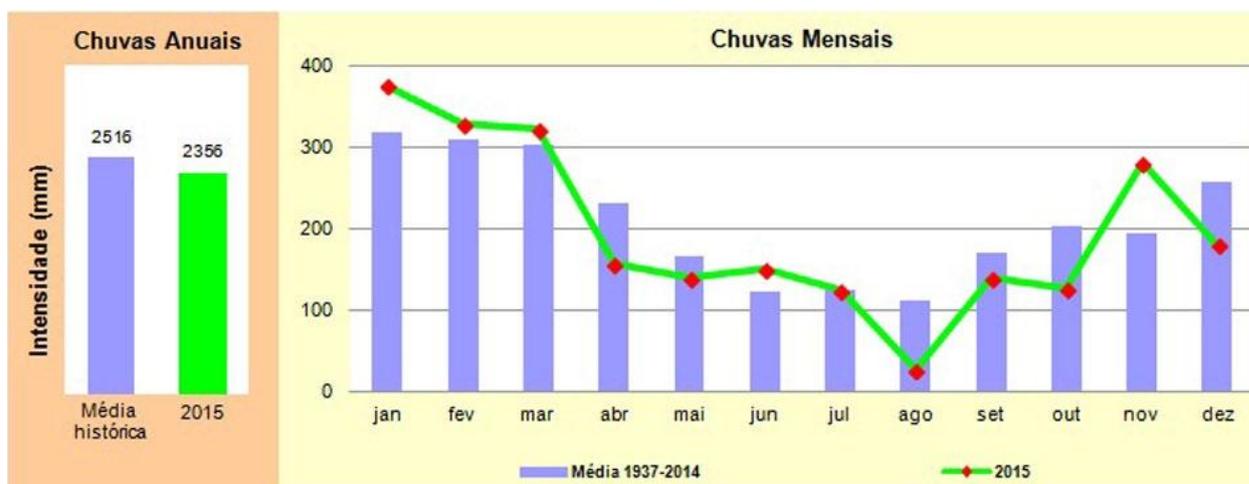


Figura 3.1.2.1.3-32 – Comparação dos totais mensais de chuvas de 2015 e média histórica da UGRHI 7. Fonte: CETESB (2016b).



Assim, CETESB (2016b), concluiu que, da mesma forma que em 2014, a melhoria das condições das praias em 2015 de uma forma geral, se deve principalmente à condição de estiagem observada na maior parte desse ano, embora em menores proporções. Apesar dos programas de investimento visando à universalização dos serviços de saneamento no litoral, nos últimos anos tem se verificado grande variação nos índices de balneabilidade. A grande influência das chuvas na qualidade das praias é sempre evidenciada em aumentos significativos do número de praias impróprias registrados ao longo do ano.

Esses resultados mostram que a qualidade das praias é uma questão bastante complexa com muitos fatores intervenientes. A infraestrutura de saneamento básico é um parâmetro fundamental no controle da poluição fecal, sendo que a ampliação da coleta e do tratamento dos esgotos reflete positivamente nas condições de balneabilidade. Contudo, áreas sem cobertura de rede coletora, muitas vezes por serem de ocupação irregular, lançamentos clandestinos de esgotos em cursos de água e a poluição difusa, todos eles agravados pela ocorrência de chuvas, podem comprometer o uso recreacional dessas águas (CETESB, 2016b).

Mesmo com estas interferências anuais que dependem do regime hídrico, ao longo de uma série histórica de dez anos de classificação da qualidade anual das praias é possível observar que a maioria das praias que estão inseridas na APAMLC apresentam problemas crônicos de Balneabilidade, principalmente as localizadas na porção central – praia Grande e Mongaguá e Santos e São Vicente (estes dois últimos estão fora da APAMLC mas influenciam diretamente). Da Tabela 3.1.2.1.3-26 a Tabela 3.1.2.1.3-33 são apresentados os índices para os últimos 10 anos para estes municípios. Destacam-se positivamente as praias de Bertioga e Guarujá (com exceção da praia do Perequê) e Itanhaém. Esta última vem apresentando qualidade regular nos últimos dois anos em todo o município.

Tabela 3.1.2.1.3-26 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de Bertiooga que estão inseridas na APAMLC. Fonte: adaptado de CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO									
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
BERTIOGA										
Boracéia - C. Marista	REGULAR	BOA	REGULAR	BOA	BOA	REGULAR	BOA	REGULAR	BOA	BOA
Boracéia	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA	REGULAR	BOA	REGULAR	BOA	BOA
Guaratuba	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA	REGULAR	ÓTIMA	REGULAR	ÓTIMA	BOA
São Lourenço - Junto ao morro	BOA	BOA	REGULAR	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA
São Lourenço - Rua 2	REGULAR	BOA	REGULAR	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA	BOA
Enseada - Indaiá	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	BOA	REGULAR
Enseada - Vista Linda	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR
Enseada - Colônia do Sesc	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
Enseada - R. Rafael Costabili	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR

LEGENDA:
 ÓTIMA
 BOA
 REGULAR
 RUIM
 PÉSSIMA

Tabela 3.1.2.1.3-27 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de Guarujá que estão inseridas na APAMLC. Fonte: adaptado de CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO										
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	
GUARUJÁ											
Iporanga									ÓTIMA	ÓTIMA	BOA
Perequê	PÉSSIMA										
Pernambuco	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	
Enseada - Estr. Pernambuco	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	
Enseada - Av. Atlântica	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	
Enseada - R. Chile	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	REGULAR	
Enseada - Av. Santa Maria	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	
Pitangueiras - Av. Puglisi	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	BOA	
Pitangueiras - R. Silvia Valadão	REGULAR	BOA	REGULAR	BOA	BOA	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	
Astúrias	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	BOA	RUIM	REGULAR	REGULAR	BOA	
Tombo	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA	
Guaiúba	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	

LEGENDA:
 ÓTIMA
 BOA
 REGULAR
 RUIM
 PÉSSIMA

Tabela 3.1.2.1.3-28 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de Santos . Fonte: adaptado de CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO									
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
SANTOS										
Ponta da Praia	PÉSSIMA	RUIM	PÉSSIMA	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA	RUIM	PÉSSIMA
Aparecida	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM
Embaré	RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	RUIM	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA
Boqueirão	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA
Gonzaga	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA
José Menino - R. Olavo Bilac	RUIM	RUIM	PÉSSIMA							
José Menino - R. Fred. Ozanan	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	RUIM	PÉSSIMA	PÉSSIMA	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM

LEGENDA:
 ÓTIMA
 BOA
 REGULAR
 RUIM
 PÉSSIMA

Tabela 3.1.2.1.3-29 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de São Vicente. Fonte: adaptado de CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO									
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
SÃO VICENTE										
Praia da Divisa	RUIM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA	RUIM	PÉSSIMA	RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMA
Itararé - Posto 2	REGULAR	REGULAR	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	REGULAR	RUIM
Praia da Ilha Porchat	REGULAR									
Milionários	PÉSSIMA									
Gonzaguinha	PÉSSIMA									
Prainha (Av. Santino Brito)					PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA	PÉSSIMA

LEGENDA:
 ÓTIMA (Azul)
 BOA (Verde)
 REGULAR (Amarelo)
 RUIM (Laranja)
 PÉSSIMA (Vermelho)

Tabela 3.1.2.1.3-30 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de Praia Grande que estão inseridas na APAMLC. Fonte: adaptado de CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO									
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PRAIA GRANDE										
Canto do Forte	RUIM	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	RUIM	REGULAR	RUIM
Boqueirão	RUIM	REGULAR	RUIM	REGULAR	RUIM	REGULAR	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM
Guilhermina	PÉSSIMA	RUIM	RUIM	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	PÉSSIMA	RUIM	RUIM
Aviação	RUIM	REGULAR	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	RUIM	RUIM
Vila Tupi	PÉSSIMA	RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	PÉSSIMA	REGULAR	PÉSSIMA	RUIM	RUIM
Ocian	PÉSSIMA	REGULAR	RUIM							
Vila Mirim	PÉSSIMA	RUIM	PÉSSIMA							
Maracanã	PÉSSIMA	RUIM	PÉSSIMA							
Vila Caiçara	PÉSSIMA	REGULAR	RUIM							
Real	PÉSSIMA	RUIM	PÉSSIMA							
Florida	PÉSSIMA	RUIM	PÉSSIMA	PÉSSIMA	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM
Jardim Solemar	PÉSSIMA	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA						

LEGENDA:
 ÓTIMA (Azul)
 BOA (Verde)
 REGULAR (Amarelo)
 RUIM (Laranja)
 PÉSSIMA (Vermelho)

Tabela 3.1.2.1.3-31 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de Mongaguá que estão inseridas na APAMLC. Fonte: adaptado de CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO									
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
MONGAGUÁ										
Itapoã	RUIM	REGULAR	RUIM	REGULAR	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMA
Central	RUIM	REGULAR	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	REGULAR	RUIM	RUIM	RUIM
Vera Cruz	RUIM	REGULAR	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	REGULAR	RUIM	RUIM	PÉSSIMA
Santa Eugênia	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	REGULAR	RUIM
Itaóca	RUIM	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM
Agenor de Campos	RUIM	RUIM	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	PÉSSIMA	RUIM	RUIM
Flórida Mirim									RUIM	RUIM

LEGENDA:
 ÓTIMA (Azul)
 BOA (Verde)
 REGULAR (Amarelo)
 RUIM (Laranja)
 PÉSSIMA (Vermelho)

Tabela 3.1.2.1.3-32 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de Itanhaém que estão inseridas na APAMLC. Fonte: adaptado de CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO									
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ITANHAÉM										
Campos Eliseos	REGULAR	RUIM	RUIM	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR
Jardim Suarão	REGULAR	RUIM	REGULAR							
Suarão - AFPEP	REGULAR									
Parque Balneário	RUIM	REGULAR	RUIM	REGULAR						
Centro	RUIM	REGULAR	RUIM	RUIM	RUIM	REGULAR	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA	REGULAR
Praia dos Pescadores	RUIM	BOA	REGULAR							
Sonho	REGULAR	RUIM	REGULAR							
Jardim Cibratel	REGULAR	RUIM	REGULAR							
Estância Balneária	REGULAR	RUIM	REGULAR							
Jardim São Fernando	REGULAR	RUIM	REGULAR							
Balneário Jd. Regina	REGULAR	RUIM	REGULAR							
Balneário Gaivota	RUIM	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR

LEGENDA:
■ ÓTIMA
■ BOA
■ REGULAR
■ RUIM
■ PÉSSIMA

Tabela 3.1.2.1.3-33 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de Peruíbe que estão inseridas na APAMLC. Fonte: adaptado de CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO									
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PERUÍBE										
Peruíbe - R. Icaraíba	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	RUIM
Peruíbe - R. das Orquídeas	RUIM	REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	RUIM	REGULAR
Peruíbe - Bal. S. João Batista	RUIM	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	RUIM
Peruíbe - Av. S. João	RUIM	REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM
Prainha	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR
Guaraú	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR

LEGENDA:
■ ÓTIMA
■ BOA
■ REGULAR
■ RUIM
■ PÉSSIMA

Qualidade do Sedimento

A classificação dos sedimentos do litoral paulista sem os metais mostrou que mais de 90% das áreas possui sedimentos de qualidade Ótima ou Boa. Mas dentro desse cenário, o Emissário de Santos apresentou um pico de concentração de níquel (83,0 mg/kg) que ocasionou a classificação do ponto como Péssima. Nos canais de Santos e de Piaçaguera foram identificados HPAs em consonância com o histórico das áreas classificando os pontos 2 e 1 como regulares respectivamente.

Assim como em 2014, as maiores concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) foram observadas no Canal de Bertioga, Canal de Santos, Canal de São Vicente e Canal de Piaçaguera. Os valores médios nesses canais variam entre 2,1% e 3,67%, consideradas concentrações elevadas. O canal de Bertioga que atingiu valores superiores a 6% no ponto 1, nas duas campanhas em comportamento similar ao ano anterior. O Canal de Piaçaguera também apresentou resultado acima de 4% em diferentes ocasiões. Além da contribuição de esgoto doméstico, os valores encontrados no ponto 1 do Canal de Bertioga se

justificam também por ser uma área com elevadas taxas de sedimentação com a presença de manguezais que naturalmente se caracterizam por valores mais elevados.

Os maiores valores de concentrações de Nitrogênio (NKT) foram encontrados nos canais de Santos, Bertioga e Piaçaguera com médias dos três pontos em torno de 1500 mg/kg no primeiro semestre. As maiores concentrações apareceram na Baixada Santista nos Canais de Santos, Bertioga e São Vicente e no entorno dos emissários de Santos e Guarujá, evidenciando o impacto das atividades humanas nesses casos. Um padrão semelhante foi encontrado para as concentrações de Fósforo Total.

A concentração dos componentes analisados funciona como um indicador da qualidade ambiental da região e a presença dos mesmos no ambiente não necessariamente representam um risco direto, uma vez que podem ou não causar um efeito deletério para o ser humano e outros organismos. Nutrientes como o COT, por exemplo, não são considerados contaminantes e podem, inclusive, ter origem natural. Por outro lado, metais pesados podem sofrer bioacumulação ao passo que HPAs podem estar associados a alterações fisiológicas de organismos marinhos, mas aqui atuam indicadores de diferentes fontes de poluição.

Em relação aos testes de ecotoxicidade do sedimento, os organismos apresentam diferenças na sensibilidade em função dos mecanismos de ação dos contaminantes. Assim, a utilização de dois tipos de ensaios para a avaliação ecotoxicológica pode gerar resultados divergentes para uma mesma amostra. Nestes casos, com o objetivo de proteger as espécies mais sensíveis, foi utilizado o diagnóstico mais restritivo para classificar cada região.

A partir da classificação anual obtida para 2015, observou-se que 5 áreas apresentaram classificação Ótima: Rio Itaguapé, Canal de Santos, Canal de São Vicente, Canal de Piaçaguera e Emissário de Praia Grande 1. Rio Preto, Rio Itanhaém e Emissário do Guarujá apresentaram classificação média Regular. O Emissário de Santos apresentou classificação Péssima nos 3 pontos. Considerando que o sedimento é uma matriz heterogênea, é esperado que ocorram variações ao longo dos anos. Mas as mudanças observadas no Rio Preto e no Rio Itanhaém merecem especial atenção, uma vez que pode indicar um aumento no aporte de poluição de origem continental – **Tabela 3.1.2.1.3-34**.

Tabela 3.1.2.1.3-34 - Classificação ecotoxicológica dos sedimentos costeiros da Baixada Santista do Estado de São Paulo entre de 2011 e 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Regiões	Área	Pontos	2011			2012			2013			2014			2015		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Baixada Santista	Rio Itaguapé		Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Péssima	Péssima	Péssima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima
	Canal da Bertioga		Ruim	Regular	Regular	Péssima	Regular	Péssima	Ótima	Regular	Péssima	Péssima	Péssima	Ruim	Regular	Boa	Ótima
	Emissário do Guarujá		Ruim	Ruim	Ruim	Ótima	Ruim	Regular									
	Emissário de Santos		Péssima														
	Canal de Santos		Péssima	Ótima	Péssima	Ótima	Ótima	Ótima	Regular	Ótima	Péssima	Ruim	Péssima	Ruim	Ótima	Ótima	Ótima
	Canal de Santos (pto 4)		*	*	*	*	*	*	*	*	*	Ruim	*	*	*	*	*
	Canal de São Vicente		Ótima	Regular	Ótima	Ótima	Ótima	Péssima	Ótima	Ótima	Ruim	Ótima	Péssima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima
	Canal Piaçaguera		*	*	*	*	*	*	*	*	*	Péssima	Péssima	*	Ótima	Ótima	Ótima
	Emissário de Praia Grande 1		Regular	Regular	Regular	Ótima	Ótima	Ótima	Ruim	Ruim	Ruim	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima
	Rio Itanhaém		Regular	Regular	Regular	Ótima	Ótima	Ótima	Regular	Regular	Regular	Ótima	Ótima	Ótima	Regular	Regular	Regular
	Rio Preto		Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Regular	Regular	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Regular	Regular	Regular
Litoral Sul	Mar Pequeno		Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Boa	Boa	Boa	Péssima	Péssima	Ótima	Regular	Péssima	
	Mar de Cananéia		Ótima	Ótima	Ótima	Péssima	Péssima	Péssima	Ruim	Ótima	Péssima	Ótima	Regular	Ótima	Regular	Ótima	
% de pontos amostrais que não apresentaram toxicidade/ano			48%			61%			45%			48%			53%		

Critérios Ecotoxicológicos: Ótima (azul) Boa (verde) Regular (amarelo) Ruim (vermelho) Péssima (roxo)
* amostra não analisada

A apresentação do percentual de amostras que não apresentaram efeito tóxico para cada ano de monitoramento (Tabela 3.1.2.1.3-35), nas 3 grandes regiões (Litoral Norte e Sul e Baixada Santista), permite verificar que: na Baixada Santista a porcentagem de pontos amostrais com ausência de toxicidade apresentou uma queda de 20% em relação ao ano anterior interrompendo o sutil aumento nos últimos 3 anos de monitoramento. É necessário ressaltar que em algumas regiões da Baixada Santista têm sido registradas elevadas concentrações de contaminantes no sedimento ao longo dos cinco anos de monitoramento da Rede Costeira. Embora nem sempre disponíveis para causar efeito tóxico aos organismos-teste, sabe-se que os sedimentos são importantes fontes de contaminação tanto para bioacumulação por organismos bentônicos, como da coluna d'água, especialmente quando ressuspensos devido às atividades de navegação e de dragagem.

Tabela 3.1.2.1.3-35 - Percentual de pontos amostrais nas três grandes regiões costeiras que não apresentaram toxicidade nos ensaios com sedimento entre 2011 e 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Região	Ano (%)	2011	2012	2013	2014	2015
Litoral Norte		58	50	53	62,5	50
Baixada Santista		33	80	35	40	43
Litoral Sul		100	50	50	25	50

A qualidade microbiológica dos sedimentos foi atribuída de acordo com as concentrações dos indicadores de contaminação fecal: coliformes termotolerantes (contaminação atual - fezes humanas e animais) e *C. perfringens* (contaminação remota). Foram encontradas concentrações acima de 100.000 NMP/100g *C. perfringens* na área de influência de Emissário Submarino do Guarujá na primeira campanha; no Canal de São Vicente e a área de influência do Emissário Submarino de Praia Grande I na segunda campanha; e

no Canal de Bertioga, na área de influência do Emissário Submarino de Santos, no Canal de Santos e Canal de Piaçaguera em ambas as campanhas de amostragem. Na área de influência do Emissário Submarino de Santos e no Canal de Santos a concentração atingiu a ordem de 106 NMP/100g na segunda campanha de amostragem.

De um modo geral, os índices avaliados mostraram uma qualidade ambiental inferior na porção central da Baixada Santista, principalmente na região do estuário e baía de Santos, fora do território da APAMLC, tanto para qualidade da água e sedimento, quanto para a balneabilidade.

Enquanto os pontos amostrados na região do estuário de Santos obtiveram classificação de Péssima a Regular para qualidade da água, as regiões mais afastadas, sob a influência dos rios Itanhaém e Preto ao sul e Itaguapé ao norte, foram classificadas como Boa ou Regular. O mesmo foi observado para o emissário do Guarujá, o que sugere que ocorra uma dispersão eficaz do efluente na coluna d'água.

Um padrão muito semelhante é observado para a qualidade do sedimento, onde o interior do estuário e baía de Santos apresentaram as piores classificações, nesse caso também observadas para a área de influência dos emissários do Guarujá e Praia Grande. Aqui é importante ressaltar a capacidade do sedimento de atuar como um verdadeiro depósito de poluentes, armazenando diferentes tipos de contaminantes por tempo prolongado.

Para a balneabilidade o padrão é novamente observado. Enquanto as praias de Santos, São Vicente e Praia Grande apresentaram classificação majoritariamente Ruim ou Péssima, as praias de Bertioga, Guarujá, Itanhaém e Peruíbe receberam classificação variando entre Regular e Boa, com eventos de classificação Ótima.

Como citado anteriormente, a balneabilidade é particularmente afetada pela variabilidade do regime pluviométrico regional, uma vez que intensificação das chuvas promove o aumento do transporte de esgotos pelos rios da região para a região costeira. Curiosamente, a Baixada Santista dispõe da melhor rede de coleta de esgotos da Sabesp, mas ainda assim apresenta os piores índices de balneabilidade e qualidade de água e sedimento, evidenciando o impacto da atividade industrial e da operação do Porto de Santos.

Para sintetizar as informações obtidas pelo monitoramento da Baixada Santista de São Paulo, são apresentados mapas com as classificações de qualidade da água e do sedimento referentes ao ano de 2015, considerando todos os parâmetros analisados - - a **Figura 3.1.2.1.3-37**.

Figura 3.1.2.1.3-33 - Mapa com o Índice de Qualidade de Água Costeira 2015 - Baixada Santista (porção central). Fonte: CETESB (2016a)

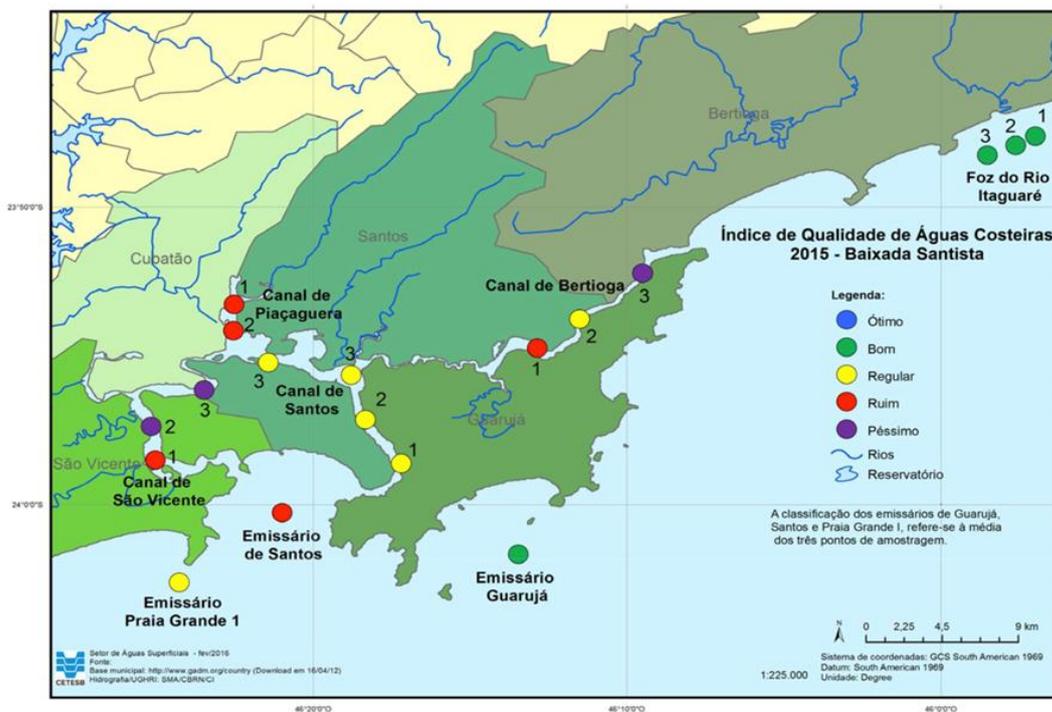


Figura 3.1.2.1.3-34 - Mapa com o Índice de Qualidade de Água Costeira 2015 - Baixada Santista (porção sul). Fonte: CETESB (2016a).



Figura 3.1.2.1.3-35 Mapa com o Índice de Qualidade de Sedimento da Rede Costeira 2015 - Baixada Santista (porção central). Fonte: CETESB (2016a)

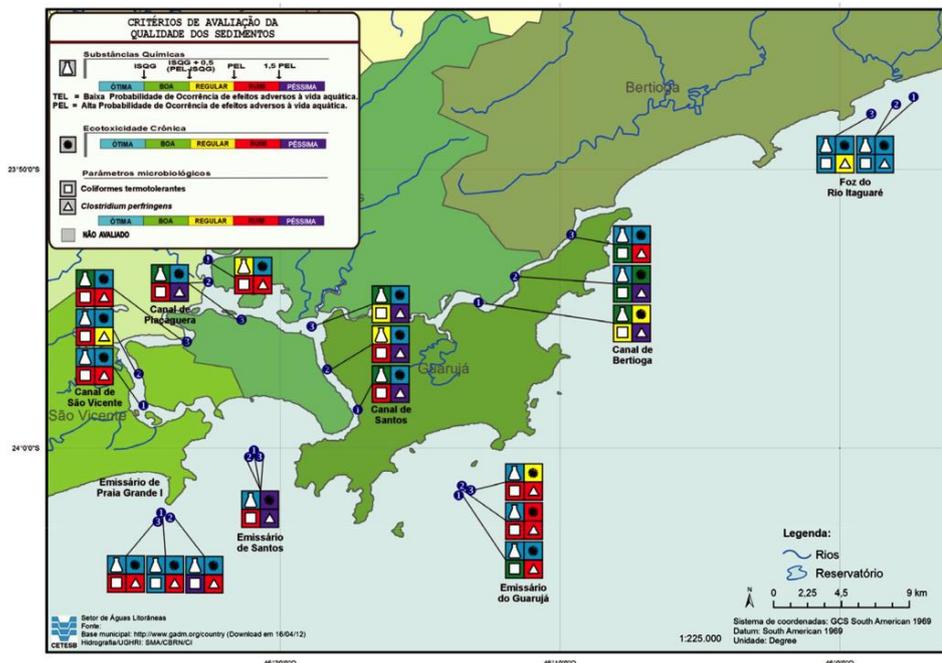
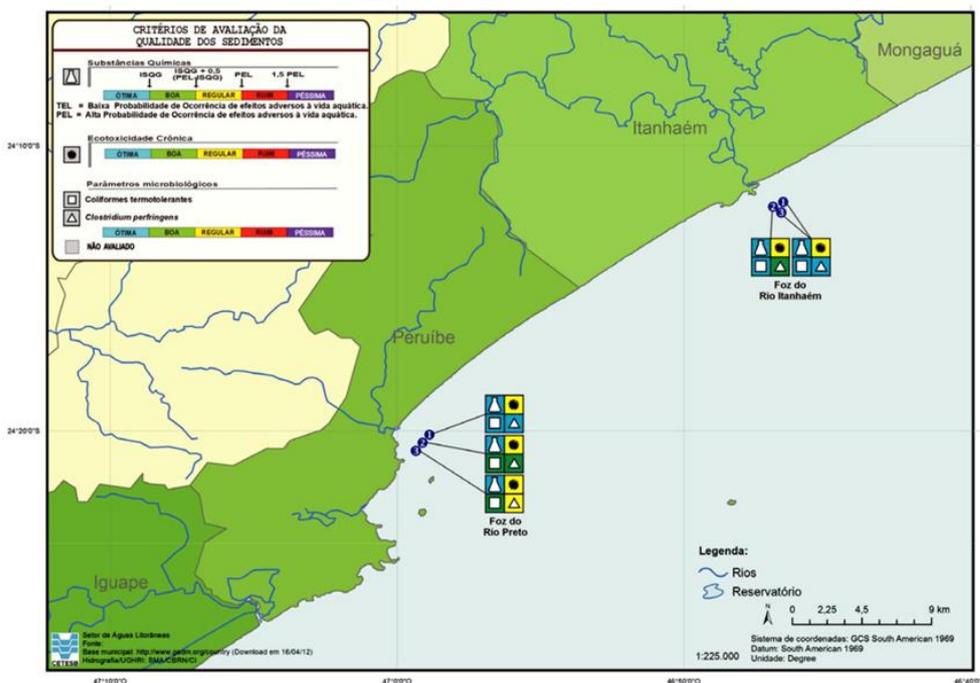


Figura 3.1.2.1.3-36 - Mapa com o Índice de Qualidade de Sedimento da Rede Costeira 2015 - Baixada Santista (porção sul). Fonte: CETESB (2016a).



3.1.2.1.4 Ameaças diretas e indiretas, fragilidades e sensibilidade

Neste item é apresentada a sensibilidade diagnosticada para a área, dentro da temática dos itens anteriores. A partir da descrição desta sensibilidade, são identificadas as ameaças diretas e indiretas para estas propriedades.

Desta maneira, com relação ao item **3.1.1. Caracterização Climática e Meteorológica na Área de Estudo**, foi identificado que o regime pluviométrico pode apresentar eventos de grande precipitação, principalmente durante o verão. Estes eventos de grande pluviosidade aumentam a vazão dos rios, podendo ocasionar alagamentos de suas margens. Margens de rios que sofreram desmatamento podem ser erodidas e regiões com ausência de saneamento básico podem ter seus esgotos liberados de forma direta no ambiente, devido ao aumento do nível do lençol freático. No item **Áreas Críticas** são detalhados os locais que apresentaram esse tipo de problema.

Foi diagnosticado também que os ventos possuem maior frequência de ocorrência de direções N-NE - estas estão relacionadas ao tempo bom. Entretanto, em momentos de passagem de frentes frias – que são mais frequentes durante o inverno e outono, o vento inverte de sentido, tendo origem S-SW.

A **Caracterização Geológica e Geomorfológica Marinha** destacou na região diversas bocas de rios, áreas pantanosas e com influência da maré, que possuem baixo hidrodinamismo e são classificadas como de alta sensibilidade.

Além destes locais protegidos, foram identificadas no interior da APAMLC 30 ilhas e lajes que se encontram emersas, sendo a maior parte no setor Guaíbe. O Setor Itaguaçu é o entorno imediato do Parque Estadual Marinho Laje de Santos. Além destes corpos emersos, foram identificados também 10 outros corpos submersos – lajes e parcéis, sendo um no setor Guaíbe, cinco no setor Carijó e quatro ao redor da Laje de Santos. Todos estes locais apresentam uma de suas faces também protegida pelo baixo hidrodinamismo sendo, portanto, regiões de alta sensibilidade para os parâmetros físicos - destacando-se a Laje da Conceição na costa de Itanhaém e a Ilha da Moela, na costa do Guarujá.

Também foram descritos dois tipos de ambientes suscetíveis a ações erosivas e deposicionais: arcos praias e desembocaduras de rios (associados a barras, planícies de maré e manguezais). As desembocaduras estão distribuídas ao longo dos setores Guaíbe e Carijó. O setor Carijó possui praias longas, enquanto que boa parte do setor Guaíbe apresenta arcos praias de extensões reduzidas, com presença de pontões rochosos nas extremidades.

Com relação às massas de água, correntes e ondas na região, foi diagnosticado que, durante o verão e a primavera, profundidades maiores que 25 m na borda externa do Setor Guaíbe e no setor Itaguaçu são ocupadas pela Água Central do Atlântico Sul - ACAS, podendo ocorrer episódios de ressurgência em superfície. Essa massa de água possui grande quantidade de nutrientes e é importante para toda a cadeia trófica, merecendo, assim, destaque com relação ao aspecto da sensibilidade das regiões em que esses eventos ocorrem.

As correntes, segundo levantado, adquirem maior intensidade à medida que aumenta a distância da costa, sendo que nos setores Carijó e Itaguaçu apresentam direção correlacionada com o vento – durante tempo bom se deslocam para SW e durante a passagem de frentes frias, para NE. Como durante o outono e o inverno há maior frequência de ocorrência de passagens de frentes frias, nesta época do ano as correntes para NE são também mais frequentes. Já o setor Guaíbe é influenciado pelas descargas de água doce do sistema estuarino de Santos-São Vicente, com correntes apontando preferencialmente para NE. Estas

correntes são mais intensas no outono e no inverno, quando há maior frequência de passagens de frentes frias.

Regime semelhante foi observado para as ondas: origem do quadrante NE durante períodos de tempo bom e, durante episódios de passagem de frentes frias, aumento da altura, período e direção proveniente de S-SW.

A dispersão de poluentes nas águas da APAMLC está intimamente ligada aos regimes meteorológico e oceanográfico da região. Conforme detalha CETESB (2016b), a região sofre com a deficiência da cobertura da rede coletora de esgotos em determinadas áreas, onde, muitas vezes, por conta da ocupação irregular, são realizados lançamentos clandestinos em cursos de água que irão desaguar no oceano. Em momentos de precipitação, a vazão dos rios aumenta, transportando estes contaminantes para a região costeira. Assim, é preciso novamente ressaltar os dois principais fatores que influenciam as chuvas na região: a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as frentes frias. A ZCAS provoca chuvas intensas na região, por diversos dias, principalmente durante o verão, mas não altera o regime de correntes na região costeira. Já as frentes frias, além de provocarem chuvas nos momentos de sua passagem, também alteram as correntes da região costeira, tornando-as mais intensas, conforme apresentado neste diagnóstico. Gregório (2009), estudando diversos cenários ambientais e tipos de lançamento para o Emissário Submarino de Santos, mostrou que, em momentos de passagem de frentes frias, as correntes na região costeira são mais intensas, favorecendo a dispersão dos poluentes.

Portanto, conforme apresentado no item de Qualidade de Água e Sedimentos - balneabilidade, o pico de praias impróprias na região ocorre justamente durante o verão - época que ocorre a maior quantidade de chuvas devido à ZCAS. Ou seja, nessa época do ano, durante as chuvas, os poluentes presentes nos cursos d'água são carregados para a região costeira, que se mantém com o regime regular de correntes, não propiciando a dispersão. Já durante o inverno, as chuvas provocadas pela passagem de frentes frias também carregam os poluentes para a região costeira, entretanto, nestes momentos esta região possui uma hidrodinâmica com correntes mais intensas, que favorece a dispersão de poluentes. Assim, nesta época do ano a balneabilidade das praias é mais favorável do que durante o verão. Outro fator agravante para a época do verão é o aumento da população flutuante, que acaba aumentando a pressão sobre o esgotamento sanitário e agravando a situação onde este é deficitário.

Com relação à qualidade da água, além destes locais citados anteriormente, que têm sensibilidade destacada, deve-se ressaltar que a região possui histórico de acidentes ambientais, principalmente relacionados a vazamento de óleo e químicos. Assim, toda a região estuarina de Santos-São Vicente, incluindo as desembocaduras que deságuam na APAMLC, possui tal histórico e merece destaque devido à sua maior vulnerabilidade a esse tipo de ameaça.

Sintetizando as fragilidades e sensibilidades diagnosticadas para o meio físico marinho, o **Mapa de Sensibilidade Ambiental do Meio Físico Marinho** apresenta as discussões aqui citadas.

A partir da apresentação destes locais com fragilidade e sensibilidade destacada, é importante destacar as suas ameaças diretas e indiretas. As principais ameaças estão relacionadas à dinâmica sedimentar da linha de costa, bem como alteração da qualidade de água e sedimento.

Souza *et al.* (2005) e Souza (2009a,b) apresentaram as principais ameaças diretas, naturais e antrópicas, à dinâmica sedimentar na linha de costa - **Quadro 3.1.2.1.4-1**. Dentre as ameaças naturais apontadas, a autora destaca aquelas relacionadas a:

- Transporte litorâneo;
- Morfologia da praia – relacionada a suscetibilidade às ondas;
- Aporte natural de sedimentos;
- Fisiografia costeira;
- Alterações climáticas.

Com exceção do último tópico, o item de **Caracterização Geológica e Geomorfológica Marinha** apresentou estas características para a região, que, assim, compõem o **Mapa de ameaças à dinâmica sedimentar na APAMLC**. A questão de alterações climáticas é tratada no item **Cenários Futuros** relacionado a este tema. Já para causas antrópicas, esta autora destaca as principais causas presentes na região da APAMLC como aquelas relacionadas a:

- Urbanização da orla;
- Estruturas rígidas e flexíveis – dutos;
- Estruturas artificiais na linha de costa;
- Operações de dragagem.

Assim, destaca-se a crescente urbanização da região costeira e margens fluviais, expansão da rede viária, a presença do gasoduto que liga a Plataforma de Merluza e a Refinaria Presidente Bernardes (RPBC) em Cubatão, diversos píeres, molhes e quebra-mares ao longo da costa e operações de dragagem no Porto de Santos que, mesmo fora da APAMLC, pode ser destacado. Estas informações também são apresentadas no **Mapa de ameaças à dinâmica sedimentar na APAMLC** que apresenta as ameaças diretas para o regime erosivo-deposicional na APAMLC.

Quadro 3.1.2.1.4-1 – Causas naturais e antrópicas da erosão costeira no Brasil (SOUZA *et al.*, 2005; SOUZA, 2009a,b).

CAUSAS NATURAIS				CAUSAS ANTRÓPICAS	
1	Dinâmica de circulação costeira: presença de zonas de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea em determinados locais mais ou menos fixos da linha de costa (efeito “foco estável”).	7	Inversões na deriva litorânea resultante causada por fenômenos climáticos-meteorológicos intensos: sistemas frontais, ciclones extratropicais e a atuação intensa do “ <i>El Nino/ENSO</i> ”.	14	Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação da pós-praia.
2	Morfodinâmica praias: praias intermediárias têm maior mobilidade e suscetibilidade à erosão costeira, seguidas das reflexivas de alta energia, dissipativas de alta energia, reflexivas de baixa energia, dissipativas de baixa energia e ultradissipativas.	8	Elevações do nível relativo do mar de curto período devido a efeitos combinados da atuação de sistemas frontais e ciclones extratropicais, marés astronômicas de sizígia e elevações sazonais do NM, resultando nos mesmos processos da elevação de NM de longo período.	15	Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa: espigões, molhes de pedra, enrocamentos, píeres, quebra-mares, muros, anteparos em pedra etc., para “proteção costeira” ou contenção/mitigação de processos erosivos costeiros ou outros fins; canais de drenagem artificiais.
3	Aporte sedimentar atual naturalmente ineficiente ou ausência de fontes de areias.	9	Efeitos atuais da elevação do nível relativo do mar durante o último século, em taxas de até 30 cm: forte erosão com retrogradação da linha de costa.	16	Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas artificiais, devido à interrupção de células de deriva litorânea e formação de pequenas células.
4	Fisiografia Costeira: irregularidades na linha de costa (mudanças bruscas na orientação, promontórios rochosos e cabos inconsolidados) dispersando as correntes e sedimentos para o largo; praias que recebem maior impacto de ondas de maior energia.	10	Efeitos secundários da elevação de nível do mar de longo período: Regra de Bruun e migração do perfil praias rumo ao continente.	17	Retirada de areia de praia por: mineração e/ou limpeza pública, resultando em déficit sedimentar na praia e/ou praias vizinhas.
5	Presença de amplas zonas de transporte ou trânsito de sedimentos (<i>by-pass</i>), contribuindo para a não permanência dos sedimentos em certos segmentos de praia.	11	Evolução quaternária das planícies costeiras: balanço sedimentar de longo prazo negativo e dinâmica e circulação costeira atuante na época.	18	Mineração de areias fluviais e desassoreamento de desembocaduras; dragagens em canais de maré e na plataforma continental: diminuição/perda das fontes de sedimentos para as praias.
6	Armadilhas de sedimentos e migração lateral: desembocaduras fluviais ou canais de maré; efeito “molhe hidráulico”; depósitos de sobrelevagem; obstáculos fora da praia (barras arenosas, ilhas, parcéis, arenitos de praia e recifes).	12	Balanço sedimentar atual negativo originado por processos naturais individuais ou combinados.	19	Conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais/ e lagunares, pântanos e áreas inundadas) provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira (perda de fontes de sedimentos).
		13	Fatores Tectônicos: subsidências e soerguimentos da planície costeira.	20	Balanço sedimentar atual negativo decorrente de intervenções antrópicas.

Já para qualidade de água e sedimento, as ameaças naturais se limitam às desembocaduras dos rios e canais do sistema estuarino de Santos-São Vicente, que podem carrear sedimentos e águas com propriedades diferentes daquelas encontradas no meio marinho. Com relação às alterações antrópicas, as fontes são diversas, destacando-se:

- Urbanização – toda a região sofre com a ocupação irregular em suas margens, onde não há ligações com a rede de saneamento pública, sendo os esgotos gerados lançados diretamente no estuário;
- Terminais Portuários - destacando-se o Terminal Portuário de Santos;
- Marinas, portos e atracadouros – destaque para a região no interior do Canal de Bertioga;
- *Ferry-boat* que liga os municípios de Santos e Guarujá e de Bertioga e Guarujá;
- Locais com possibilidade de acidentes e vazamento de produtos químicos, incluindo combustível e óleos: Indústrias Químicas localizadas na região do Canal do Porto de Santos, a RPBC no alto estuário Santista, rodovias (que principalmente na porção norte do setor Guaíbe são muito próximas aos corpos hídricos, com registros de acidentes), gasodutos, oleodutos e rotas de navios;
- Emissários submarinos, destacando-se os de Guarujá, Praia Grande 1, 2 e 3, que estão localizados no interior da APAMLC, além do emissário de Santos, que está na Baía de Santos, nas imediações da APAMLC;
- Destacam-se ainda outras fontes indiretas na região como a presença de alguns lixões na região (em especial o da Alemoa e um no canal de Bertioga-Itapanhaú), que podem apresentar introdução de choroume nas águas do estuário;
- Operações de dragagem no Canal do Porto de Santos, que podem disponibilizar contaminantes dos sedimentos para a coluna d'água.

Além destes vetores diretos e indiretos, a poluição associada ao tráfego marinho, que é intenso na região, principalmente por navios de grande porte, deve ser destacada. Somada aos riscos de ocorrência de acidentes, a poluição efetivamente gerada pelas embarcações é significativa. Considerando as resoluções MARPOL e a Nota Técnica IBAMA 01/11 – apresentadas no item **11. Legislação** deste documento –, embarcações de grande porte terão os efluentes sanitários e águas servidas lançadas entre 3 e 12 milhas náuticas da costa após passagem por sistema de tratamento. Sem tratamento, o descarte só ocorrerá após 12 milhas náuticas da costa, desde que a embarcação esteja em movimento. Entretanto, este limite de 12 milhas náuticas coincide com a área da APAMLC, principalmente com o setor Itaguaçu. Assim, essas embarcações, mesmo respeitando a legislação, podem fazer este tipo de lançamento no interior do território da APAMLC, com potenciais impactos ambientais negativos para a a biota da UC.

Outro agravante com relação às embarcações é a questão da água oleosa, ou água do tanque de SLOP, que são águas de lavagem e da casa de máquinas que devem ser tratadas antes do lançamento. As legislações MARPOL e Nota Técnica IBAMA 01/11 – apresentadas no item **11. Legislação** deste documento – delimitam o tratamento que estas águas devem sofrer, mas não legislam sobre os locais de lançamento. Assim, embarcações em trânsito sobre a APAMLC podem fazer lançamentos de água oleosa, desde que os parâmetros estejam enquadrados.

Existem ainda relatos de lixo no setor Itaguaçu, local da Laje de Santos, que pode ter sido levado por correntes marinhas ou lançado por embarcações durante as rotas de navegação.

Todas estas ameaças à qualidade ambiental estão expostas no **Mapa de ameaças à qualidade de água e sedimento na APAMLC**.

Além dos empreendimentos em terra e nos arredores da APAMLC, destacam-se também as plataformas de Mexilhão, Merluza e as demais plataformas no Polo Pré-Sal (**Mapa de atividades de Petróleo e Gás**), mais distantes da APAMLC, mas que, como toda a indústria de petróleo, traz consigo a possibilidade de acidentes com vazamento de óleo e derivados. Acidentes com grandes volumes de óleo nestes campos, principalmente em situação de tempo ruim – frentes frias – poderiam atingir a região da APAMLC, conforme apresentado anteriormente.

3.1.2.1.5 Áreas críticas

Apresentadas a sensibilidade ambiental regional e as ameaças diretas e indiretas, este item mostra as áreas críticas levantadas por este diagnóstico técnico e com base no Diagnóstico Participativo (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014).

Nos itens de **Caracterização Oceanográfica, Geológica e Geomorfológica Marinha**, foram identificadas áreas com grande vulnerabilidade aos processos de alteração sedimentar. Foram elencados quatro pontos ao longo das praias da APAMLC que apresentam algum tipo de alteração:

- Praia de Peruíbe, entre o Rio Peruíbe e o Morro do Paranambuco – pequena progradação com contribuição de material proveniente do Rio Piaçaguera;
- Morro do Paranambuco – Praia Pocinho – acúmulo de material sedimentar devido a interferência na deriva litorânea e material proveniente do Rio Itanhaém;
- Plataforma Marítima de Mongaguá – pequenos pontos de assoreamento nos arredores dos pilares, especialmente durante passagens de frentes frias;
- Ponta de Itaipu – divisa entre Praia Grande e São Vicente – ponto de assoreamento devido à deriva litorânea.

Além destes pontos ao longo das praias, foram diagnosticados problemas também nas desembocaduras de alguns rios:

- Rio Itaguapé – alteração do meandramento do rio, possivelmente causado por variações naturais;
- Canal de Bertioiga – assoreamento da margem esquerda;
- Rio do Peixe (ou Perequê) – assoreamento da foz com progradação de cordão arenoso;
- Rio Mongaguá – erosão costeira devido à intervenção antrópica;
- Rio Itanhaém – Assoreamento da foz;
- Rio Piaçaguera – erosão e alteração do meandramento;

- Rio Peruíbe – Erosão e avanço do mar sobre as margens;
- Rio Guaraú – enrocamento provocando assoreamento, erosão e progradação.

Souza (2009) também citou as praias com risco de erosão classificado como Alto ou Muito Alto:

- Guaratuba – Bertioga
- Itaguapé – Bertioga
- São Lourenço – Bertioga
- Perequê – Guarujá
- Pernambuco/Mar Casado – Guarujá
- Enseada – Guarujá
- Pitangueiras – Guarujá
- Astúrias – Guarujá
- Praia Grande – Praia Grande
- Itanhaém – Itanhaém
- Peruíbe – Peruíbe
- Guaraú – Peruíbe

Souza (2009) relacionou muitos desses riscos de erosão com processos naturais que vêm se intensificando nos últimos anos, como eventos de ressacas extremas. Este tema é tratado no item **Cenários Futuros**.

Ainda relacionada ao aumento do nível do mar e alterações climáticas – discutidas no item **Cenários Futuros** -, deve-se levar em consideração a sensibilidade das praias dissipativas, com pouca declividade, onde pequenos incrementos no nível do mar resultam em um grande avanço na horizontal. Destaque para as praias ao sul da cidade de Santos, que apresentam estas condições: Praia Grande, Itanhaém, Peruíbe e Guaraú.

Outro ponto crítico que ocorre no interior na APAMLC é o descarte do material dragado do Porto de Santos. A área de bota-fora encontra-se dentro do setor Guaíbe, nas proximidades do limite sul da Ilha de Santo Amaro – Guarujá. Esta região corresponde a uma área de 1 milha náutica x 1 milha náutica (1852 m x 1852 m) que constantemente recebe os sedimentos dragados da região portuária (PORTO DE SANTOS, 2009).

Todos estes locais listados estão presentes no **Mapa de Áreas Críticas da Dinâmica Sedimentar na APAMLC**.

Com relação aos locais críticos quanto à qualidade de água e sedimentos, destacam-se inicialmente os resultados obtidos para a balneabilidade, relacionados a problemas de saneamento e lançamentos de esgoto. A partir da classificação para o ano de 2015, bem como para a série histórica recente, é possível observar que a maioria das praias que estão inseridas na APAMLC apresenta problemas crônicos de balneabilidade, principalmente as localizadas na porção central – Praia Grande e Mongaguá, e Santos e São Vicente (estes dois últimos estão fora da APAMLC, mas influenciam diretamente). As únicas praias que se destacam positivamente são as praias de Bertioga e Guarujá (com exceção da praia do Perequê) e de Itanhaém. Esta última vem apresentando qualidade regular nos últimos dois anos em todo o município e também merece atenção.

Já para as contaminações não relacionadas somente à balneabilidade de praias, observou-se que a área de influência do Emissário do Guarujá foi classificada como Regular devido à presença de coliformes e enterococos. O sedimento nesta região também apresentou coliformes, o que está claramente ligado à ação deste emissário de esgotos. A região no entorno de outro emissário presente na área da APAMLC, o Emissário de Praia Grande 1, também está contaminada por coliformes, e a área foi classificada como Supereutrófica, com considerável piora comparada aos anos anteriores. Embora não se tenha monitoramento nas áreas de influência dos outros emissários de Praia Grande, estas também podem estar com problemas relativos à qualidade de água e sedimentos.

Outro ponto de atenção no interior da APAMLC são as áreas de influência de descargas de alguns rios, como o Itaguapé, Itanhaém e Preto (Peruíbe). O primeiro apresentou melhora na qualidade da água e manteve a classificação Mesotrófica. O sedimento manteve a classificação Ótima, mas a presença de um ponto Regular chama a atenção para a necessidade do monitoramento. Já a região afetada pelo Rio Itanhaém se mostrou levemente contaminada, portanto crítica, exibindo concentrações maiores do que o esperado para Carbono Orgânico Total. Houve piora na condição trófica, considerada Supereutrofizada. O sedimento não exibe contaminação significativa, mas a condição da água demanda atenção. Um quadro semelhante é observado na área de influência do Rio Preto.

As áreas de influência do deságue dos canais estuarinos de Santos na Baía de Santos e no Canal de Bertioga são também outras áreas críticas. O Canal de Bertioga vem sofrendo uma leve melhora da condição trófica, mas a qualidade foi considerada Regular devido à depleção de oxigênio dissolvido. O sedimento também apresenta leve melhora, mas ainda foi detectada a presença de HPAs (contaminação por óleo), e um ponto com grande ocorrência de coliformes, sugerindo atenção para o risco de contaminação por esgoto doméstico.

Para os canais que desaguam na Baía de Santos, a situação também é crítica, sendo o pior deles o Canal de São Vicente. Este local recebeu classificação Péssima para água, devido à presença de nutrientes e coliformes. Apesar da melhora na condição trófica, esse canal ainda demanda atenção devido à contaminação do sedimento por nutrientes, coliformes e HPAs. A região do Canal de Santos foi classificada como Regular, por conta da depleção de oxigênio dissolvido e da presença de nutrientes e coliformes. O sedimento ainda exibe a herança de contaminação das atividades industriais estuário acima, apresentando contaminação por metais e HPAs, bem como coliformes e nutrientes. Na região mais interna do sistema estuarino de Santos, no Canal de Piaçaguera, ainda existem indícios de contaminação por detritos industriais e domésticos, com altas concentrações de Boro, Fósforo e NKT. O sedimento segue muito contaminado, tendo sido detectados óleos e graxas e HPAs. Já na própria Baía de Santos está localizado o Emissário de Santos, cuja região de entorno apresentou depleção de OD e altas concentrações de nutrientes e coliformes na água, classificada como Péssima. O ambiente é Supereutrófico e o sedimento apresenta coliformes e HPAs.

Ou seja, toda esta região de Canais e Baía de Santos, com diversos problemas relativos ao Porto e terminais portuários, necessita de atenção especial pela baixa qualidade ambiental das águas e sedimentos.

Por fim, o local de descarte do material dragado no Porto de Santos (área de bota-fora), que se encontra dentro do setor Guaíbe, nas proximidades do limite sul da Ilha de Santo Amaro – Guarujá, também é uma área crítica para a qualidade de água e sedimento. Está sendo observado que, com o passar dos anos, a qualidade do sedimento dragado vem melhorando, contudo é uma região que demanda atenção especial, por conta do histórico de disposição de sedimentos contaminados (PORTO DE SANTOS, 2009).

Todos estes locais listados estão presentes no **Mapa de Áreas Críticas para a Qualidade de Água e Sedimentos na APAMLC**.

3.1.2.1.6 Cenários futuros

Sobre cenários futuros para a região, destacam-se:

- Continuidade da dragagem do Porto de Santos, com possibilidade de aumento da profundidade para o recebimento de navios com maior calado. Esse fator acarreta duas pressões indiretas: a primeira, pela remobilização de um sedimento antigo e contaminado, contaminando também a coluna d'água na região do Canal de Santos e constituindo uma ameaça indireta à APAMLC; a segunda, associada à intensificação dos efeitos de entrada de frentes frias, ressacas e outros eventos extremos devido à retirada da cobertura sedimentar que teria o potencial para amortecer tais efeitos. Uma pressão direta ligada ao aumento do volume descartado na região de bota-fora no interior da APAMLC.
- Aumento da produtividade dos campos de petróleo da região do Pré-Sal da Bacia de Santos demanda uma maior quantidade de embarcações e mão de obra para apoio e suprimento e, naturalmente, a região do porto de Santos atua como fornecedora desses serviços. Como observado desde o anúncio da existência do campo do Pré-Sal, essa demanda por mão-de-obra promove o êxodo para o litoral, e conseqüentemente, aumento da população sem a infraestrutura adequada, impactando a qualidade ambiental da região. Além disso, o aumento do tráfego de embarcações também pode ocasionar incremento da poluição típica desta atividade. Por fim, o aumento pela demanda de serviços, o número de veículos automóveis (carros e caminhões) aumenta consideravelmente, gerando impactos indiretos na qualidade ambiental da região, devido à poluição atmosférica, resíduos de óleo de motor, etc.
- Esforços do poder público para ampliação da rede coletora e de tratamento de esgoto – conforme descrito por CETESB (2016b), apesar dos programas de investimento visando à universalização dos serviços de saneamento no litoral, nos últimos anos tem-se verificado grande variação nos índices de balneabilidade. A forte influência das chuvas na qualidade das praias é sempre evidenciada por aumentos significativos do número de praias impróprias, indicando que a qualidade das praias é uma questão bastante complexa, com muitos fatores interferentes. A infraestrutura de saneamento básico é um parâmetro fundamental no controle da poluição fecal, sendo que a ampliação da coleta e do tratamento adequado dos esgotos refletirá positivamente nas condições de balneabilidade. Contudo, áreas sem cobertura de rede coletora, muitas vezes por serem de ocupação irregular, continuarão sofrendo com lançamentos clandestinos de esgotos em cursos de água e com a poluição difusa, agravados pela ocorrência de chuvas, que podem comprometer o uso recreacional dessas águas;

- A porção centro-norte do setor Guaíba, na Ilha de Santo Amaro – Guarujá, não está coberta pela Rede Costeira da CETESB. A comunidade da Prainha Branca (inserida na AME Ponta da Armação) por exemplo, não possui estruturas de saneamento básico. Essa é a área com a melhor qualidade na região, mas poderá sofrer com a influência da descarga do Canal de Bertiooga. A implementação de saneamento básico se apresenta, portanto, como uma demanda de extrema importância para aquela região, levando em consideração a manutenção da qualidade dos serviços ambientais ofertados.

Outros problemas que vêm afligindo parte da população e tomadores de decisão estão relacionados aos impactos ocasionados pelas alterações climáticas.

Desde os primórdios, a distribuição da população humana esteve fortemente associada às zonas costeiras, devido, particularmente, à disponibilidade de recursos naturais e à biodiversidade inerentes a esses ambientes. Contudo, o crescimento dessa ocupação costeira pode, em muitos casos, ser acompanhado do aumento da vulnerabilidade e dos riscos a que tais ambientes estão sujeitos.

Aspectos sociais e ambientais são analisados em estudos como o de Zanetti *et al.* (2016), que apresentou um novo “Índice de Vulnerabilidade Socioambiental para Áreas Costeiras”, aplicado à cidade de Santos-SP, para avaliar a vulnerabilidade das regiões costeiras no contexto de mudanças climáticas. Os autores sugerem que cerca de 70% da área do município de Santos seja considerada altamente vulnerável aos impactos das mudanças climáticas, especialmente à elevação do nível do mar e inundações. De maneira semelhante, estudos como o de Souza (2009; 2010; 2012) apontam a elevação do nível do mar, possivelmente associada às mudanças climáticas, como um dos principais fatores de risco para o litoral paulista.

A interpretação desses resultados deve ser realizada com muita cautela pela população e, principalmente, pelos tomadores de decisão. Via de regra, esses estudos se baseiam em projeções climáticas futuras geradas por modelos numéricos, que representam, de fato, ferramentas muito poderosas para investigações climáticas.

A necessidade de cuidado na utilização desses resultados reside na compreensão do conceito de projeção climática. De maneira muito simplificada, as projeções climáticas são estudos de probabilidade. Elas apresentam diversos resultados com alguma probabilidade de ocorrer frente aos diferentes cenários utilizados para calcular tais projeções. Um cenário de aumento nas concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, por exemplo, gera aumento na probabilidade numérica de ocorrência de ressacas em determinadas regiões devido ao aquecimento do planeta.

Deve-se, ainda, considerar a diferença entre tempo e clima. Enquanto o primeiro se refere às condições observadas num dado local e momento, o segundo está ligado a um padrão médio com escala espaço-temporal bem maior. As condições de tempo num determinado local não configuram um bom indicativo de tendências globais, do mesmo modo que tendências globais não implicam, necessariamente, em variações locais da mesma ordem de magnitude.

A resposta à elevação média global do nível do mar depende da variabilidade local do nível do mar e dos efeitos das atividades humanas nessa região. Por exemplo, enquanto a tendência global mostra uma elevação do nível do mar nas últimas décadas, a região equatorial do Oceano Pacífico sofreu uma diminuição de 45 cm nas médias mensais de nível do mar durante quase um ano entre 1997 e 1998, devido a uma alternância entre os eventos de El Niño para La Niña (DONNER, 2012).

O desenvolvimento costeiro, acompanhado de programas de controle de erosão, drenagem de áreas emersas e manejo de inundações, vem crescendo paralelamente à elevação do nível do mar. Da mesma maneira que a alteração da cobertura do solo em grandes cidades impacta a temperatura e a umidade do ar localmente (formando-se as chamadas ilhas de calor), as modificações antrópicas na costa podem alterar a magnitude e a frequência das inundações, bem como a própria fisiografia da costa, pela alteração da hidrodinâmica local e do balanço sedimentar. Cria-se, portanto, um paralelo geomorfológico costeiro análogo às ilhas de calor.

Assim, é importante considerar a variabilidade natural e a contribuição antrópica para a modificação da linha de costa antes de simplesmente se atribuir essas alterações à elevação do nível do mar, bem como diferenciar as observações das projeções numéricas. Torna-se possível, então, o desenvolvimento de políticas de manejo mais precisas e adequadas para cada ambiente costeiro, sem causar um alarde infundado na população e evitando a pressão do ceticismo em relação às mudanças climáticas e seus reais impactos na costa.

3.1.2.1.7 Indicadores de monitoramento

Para além da rede de monitoramento existente da CETESB, tanto para qualidade de água e sedimento como para balneabilidade das praias, existe pouca informação sobre esses aspectos em outras localidades, especialmente na porção centro-norte do setor Guaibe, na Ilha de Santo Amaro. Seria importante a implementação de um monitoramento da qualidade de água e sedimento, de forma rotativa, para avaliar a qualidade ambiental ao longo de toda a APAMLC e AMEs da região (visto que a APAMLC recebe contribuições da contaminação provinda dos sistemas estuarino da região), principalmente quanto ao impacto do aumento do tráfego de embarcações pela região (tanto de pequeno quanto de grande porte). Com um monitoramento rotativo, os custos operacionais seriam reduzidos e seria realizado um diagnóstico relativo às fontes difusas ou remotas de poluição na área. Neste monitoramento seria importante, minimamente, a análise de teor de óleos e graxas, metais pesados e de parâmetros indicadores de contaminação por esgotos.

As áreas de bota-fora de material dragado (atuais e futuras) dentro da APAMLC também demandam monitoramento constante (e não só antes, durante e imediatamente após a atividade de dragagem) em relação ao impacto dos crescentes volumes dispostos sobre a dinâmica sedimentar e sobre a qualidade da água e dos sedimentos, por conta da potencial disponibilização de contaminantes associados aos sedimentos. Ainda, é importante a devida fiscalização se o material está sendo descartado dentro dos limites pré-estabelecidos, evitando descartes no trajeto entre a área dragada e os locais de bota-fora.

Outra demanda importante para a região está relacionada aos impactos provocados pelas alterações climáticas. Conforme explanado no item **Cenários Futuros**, é importante diferenciar as pressões exercidas localmente daquelas atribuídas a alterações climáticas, sendo que a melhor maneira de se obter essa quantificação é a partir de monitoramentos de longo período. Para a região central do Estado de São Paulo não estão disponíveis, de maneira pública, longas séries de elevação do nível do mar. Já para as séries de dados de ondas a situação é mais dramática, com total ausência de dados públicos coletados e pouquíssimos registros produzidos em âmbito científico. Seria importante a instalação de equipamentos – ou convênio com instituições que possuem estas medições, conforme indicado no item **Potencialidades e Oportunidades** -, para obtenção de dados de nível do mar e ondas na região, de maneira contínua, a fim de avaliar estes parâmetros em longo período.

Ainda, relacionado ao mesmo tema, é importante o monitoramento dos arcos praias já identificados com problemas de erosão, e que possuem alta vulnerabilidade, além das desembocaduras dos rios que apresentam também problemas com processos erosivos e deposicionais. A identificação de origem e destino dos sedimentos é de grande importância nestes casos. Assim, sugere-se o monitoramento do perfil praias dos locais assinalados como críticos ou com alta vulnerabilidade, além do monitoramento da ocupação das margens de rios e remoção da mata ciliar, que contribuem para o carreamento de sedimentos e posterior assoreamento de desembocaduras.

3.1.2.1.8 Lacunas do conhecimento

Conforme destacado no item anterior, existe uma lacuna de conhecimento com relação a longas séries temporais que poderiam identificar a importância de fenômenos locais e climáticos sobre as alterações observadas na APAMLC.

Outra lacuna importante na região relaciona-se ao tema da qualidade de água e sedimento, tendo sido identificada escassez de dados em regiões fora da área abrangida pelo monitoramento sistematizado que vem sendo executado pela CETESB. Conforme descrito anteriormente, um monitoramento principalmente na porção centro-norte do setor Guaíbe, na Ilha de Santo Amaro – Guarujá poderia acrescentar conhecimento para a região, além de indicar possíveis fontes difusas ou remotas de contaminação.

Ainda, com o aumento do volume de sedimento proveniente das operações de dragagem, não se tem conhecimento da real capacidade de suporte das regiões de bota-fora. E não se dispõe de um monitoramento constante dessas áreas, tanto para qualidade de água quanto para a qualidade do sedimento.

3.1.2.1.9 Potencialidades e oportunidades

Na região destaca-se a presença de centros de excelência em pesquisa, como o Instituto de Pesca, Universidade Federal de São Paulo e possibilidade de abertura de campus da Universidade de São Paulo relacionado à Oceanografia. A proposta de monitoramento rotativo de qualidade de água e sedimento para locais não atendidos e até mesmo para locais atendidos pelo monitoramento operacional da CETESB poderia ser viabilizada através de convênio com estas instituições de pesquisa, que trabalham com seus alunos em atividades de campo. Disciplinas regulares poderiam coletar água e sedimentos em locais discutidos com a Fundação Florestal e os resultados serviriam tanto para a questão didática quanto para o viés de monitoramento proposto. Nesse caso, seria de vital importância o estabelecimento de padrões de controle de qualidade de coleta e análise, estabelecidos em conjunto entre a Fundação Florestal e as instituições, para tornarem os dados válidos e confiáveis.

Ainda no âmbito das parcerias com instituições de ensino superior (IES), é importante ressaltar que o monitoramento dos perfis praias, não apenas nas áreas críticas, já é realizado em algumas iniciativas dentro de universidades da região, como UNIMONTE e UNISANTA que contam com disciplinas de morfodinâmica de praias. Além disso, a qualidade da água e do sedimento na região do PDO também já foi analisada por instituições de pesquisa, a exemplo da UNESP/CLP, que conta com trabalhos publicados nessa temática.

Outra possibilidade está associada às empresas de mergulho que viajam rotineiramente à Laje de Santos – setor Itaguaçu. A sugestão seria criar uma ficha descritiva de indícios de poluição na área, que tais agências de mergulho preencheriam a cada visita e enviariam à Fundação Florestal. Esse tipo de parceria reduziria os custos relativos a transporte de equipes técnicas na região e engajariam a comunidade diretamente interessada na sua preservação.

Outra potencialidade é a criação de um Banco de Dados Ambientais da APAMLC que pudesse reunir todas essas informações que potencialmente úteis para a gestão da UC e para as pesquisas científicas na região.

Além disso, a Praticagem do Porto de Santos possui uma série de equipamentos oceanográficos instalados nas imediações da região portuária, monitorando nível do mar, ondas e correntes. Entretanto, estes dados não são públicos e algum tipo de convênio com esta instituição poderia ser firmado para que a Fundação Florestal obtivesse acesso a estes dados e os utilizasse como ferramenta de gestão.

3.1.2.1.10 Contribuição para planejamento das UCs

A rica biodiversidade do Litoral Centro de São Paulo, base de pesquisa e conservação dos recursos naturais da região, coloca a região sob permanente pressão de desenvolvimento econômico, principalmente devido à importância das atividades do Porto de Santos e, mais recentemente, à divulgação das reservas do Pré-Sal da Bacia de Santos.

Ainda que os limites territoriais da APAMLC não compreendam a maior parte das áreas mais impactadas do Litoral Centro, é fundamental a atuação da UC no ordenamento do uso e ocupação do solo nesta região, criando mecanismos de desenvolvimento sustentável que acompanhem os reflexos negativos da ação antrópica e garantam a conservação da biodiversidade e possibilitem a preservação dos bens públicos de interesse comum, especialmente dos recursos naturais e culturais.

A partir das informações apresentadas neste documento, destacamos, inicialmente, a região centro norte do setor Guaíbe como sendo a porção relativamente mais sensível e preservada da APAMLC e que merece atenção especial no planejamento da APAMLC, principalmente frente à crescente degradação do Canal de Bertioga.

De maneira semelhante, como apontado nos Indicadores de Monitoramento, faz-se necessário o desenvolvimento de ações de monitoramento das AMEs no escopo do planejamento de gestão da UC, devido ao aporte potencial de contaminantes pelo sistema estuarino da região.

A AME Ponta da Armação, em particular, deve ser considerada como um ponto que merece atenção especial para o planejamento dos trabalhos desenvolvidos pela UC, por ser um dos maiores exemplares de conservação da Mata Atlântica na região, bem como pelos serviços ambientais ofertados, como a estabilização da linha de costa, a estabilização das encostas pela mata preservada e a proteção da biodiversidade. Essa região sofre com as constantes ameaças pelos empreendimentos imobiliários na região, além de carecer de serviços como saneamento básico adequado.

Devido ao aumento no número de embarcações na região, tanto de pequeno quanto de grande porte, seria imprescindível a ampliação de campanhas de sensibilização e incentivo de boas práticas e o apoio à fiscalização com relação ao descarte de resíduos e à possível liberação de poluentes no ambiente.

Ainda no âmbito da ocupação do litoral e utilização dos recursos hídricos, sugere-se que o planejamento da APAMLC considere com bastante atenção a gestão e preservação dos manguezais e rios da região, visto a crescente pressão de ocupação sobre esses ambientes por marinas e estruturas de apoio náutico, moradias irregulares, além de estruturas portuárias.

Outra demanda importante seria com relação à pressão sobre órgãos reguladores para estabelecimento de regras mais rígidas para lançamento de água oleosa e efluentes sanitários em regiões de preservação ambiental.

E, por fim, é importante apoiar a campanhas de conscientização com relação à questão do ligamento dos sistemas de esgoto domésticos à rede coletora pública, em locais em que esta esteja disponível, e principalmente, pressionar os órgão competentes no sentido de realizarem esse ligamento dos esgoto doméstico a rede pública. Dentro desse contexto, é muito importante que a APAMLC converse também com as instituições responsáveis pelo saneamento ambiental no sentido de ampliar o sistema de captação e monitoramento dessa rede para regiões como a comunidade da Prainha Branca, que não possui estruturas de saneamento básico.

Bibliografia

ALMEIDA, F. F. M. D. System of continental rifts bordering Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 48, p. 15-26, 1976.

AMADO FILHO, G. M. Subtidal benthic marine algae of the marine state park of Laje de Santos (São Paulo, Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 54, n. 4, p. 225-234, 2006.

AMOR, C. C. Intrusões da água Central do Atlântico Sul sobre a plataforma continental situada entre a Ilha de São Sebastião (SP) e o Cabo de São Tomé. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 2004.

BALBINO, F. Ressaca faz Porto ter prejuízo de R\$ 3,5 milhões. *A Tribuna.com.br*. Disponível em: <http://www.atribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/porto&mar/ressaca-faz-porto-ter-prejuizo-de-r-35-milhoes/>. Acesso: 26 de novembro de 2016.

BERBEL, G. B. D. Estudo do fósforo sedimentar e de suas especiações químicas em dois sistemas costeiros e Plataforma Continental Sudeste (Brasil) e Baía do Almirantado (região antártica) considerando suas relações biogeoquímicas. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2008.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Organização de Alexandre de Moraes. 16.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

BRITO, D. D.; MILANELLI, J. C. C.; RIEDEL, P. S.; WIECZOREK, A. Sensibilidade do litoral paulista a derramamentos de petróleo - um atlas em escala de detalhe. 1a edição Rio Claro, SP. UNESP. 2014.

BRODTKORB, P. A.; JOHANNESSON, P.; LINDGREN, G.; RYCHLIK, I.; RYDÉN, J.; SJÖ, E. WAFO-a Matlab toolbox for analysis of random waves and loads. In: The Tenth International Offshore and Polar Engineering Conference. International Society of Offshore and Polar Engineers. 2000.

BUZATO, E. Avaliação de impactos ambientais no município de Ubatuba: uma proposta a partir dos geindicadores. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2012.

CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W. Estuaries, p. 306-324. In M. N. Hill [ed.], *The sea*, v. 2. Interscience, New York, N.Y. 1963.

CAMPOS, R. M.; CAMARGO, R. D.; HARARI, J. Caracterização de eventos extremos do nível do mar em Santos e sua correspondência com as reanálises do modelo do NCEP no sudoeste do Atlântico Sul. *Rev. bras. meteorol.* São Paulo, v. 25, n. 2, p. 175-184, 2010.

CANDELLA, R. N. Estudo de casos de ondas no Atlântico Sul através de modelagem numérica. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1997.

CARMO, C. V. D., MARTINS, L. M. D. P., ABESSA, D. M. D. S., & CRESPO, M. L. L. Contaminação química, toxicidade de sedimentos hídricos e acúmulo de metais em caranguejos de manguezais de Itanhaém. *Mundo saúde (Impr.)*, 28(4), 450-455. 2004.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *Journal of Climate*, v. 17, n. 1, p. 88-108, 2004.

CASARIN, D. P.; KOUSKY, V. E. Anomalias de precipitação no Sul do Brasil e variações na circulação atmosférica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 1, n. 2, p. 83-90, 1986.

CASTRO, B. D.; LORENZZETTI, J. A.; SILVEIRA, I. D.; MIRANDA, L. D. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil, p. 11-120. 2006.

CASTRO, B. M. Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo. Tese Livre-Docente, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1996.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B.; MIYAO, S. Y. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Bolm Inst. oceanogr*, S Paulo, v. 35, n. 2, p. 135-151, 1987.

CASTRO, B. M.; LEE, T. N. Wind-forced sea level variability on the southeast Brazilian shelf. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 100, n. C8, p. 16045-16056, 1995.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, M. A. F. S.; SILVA, M. G. A. J. Tempo e Clima no Brasil. 463p. Oficina de Textos, São Paulo - SP. 2009.

CAZZOLI Y GOYA, S.; TESSLER, M. G. Variações morfológicas espaço-temporais entre as praias de Cibratel e Itanhaém-Suarão, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 48, n. 2, p. 151-166, 2000.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas – Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Disponível em: <http://www.cepagri.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>. Último acesso em 08/2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo - 2013. Parte 2 – Qualidade das Águas Superficiais. São Paulo, SP. 2014a.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo - 2013. São Paulo, SP. 2014b.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo - 2014. Parte 2 – Qualidade das Águas Superficiais. São Paulo, SP. 2015a.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo - 2014. São Paulo, SP. 2015b.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo - 2015. Parte 2 – Qualidade das Águas Superficiais. São Paulo, SP. 2016a.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo - 2015. São Paulo, SP. 2016b.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Histórico das principais ocorrências no litoral de São Paulo (1950 a 2010). 2012. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/53/2013/12/Principais-ocorrencias-litoral-paulista.pdf>. Acesso em 09/2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Operação "Vergina II". CETESB, São Paulo, SP, 39p.+anexos. 2001.

CHAPIN, F. S.; WALKER, B. H.; HOBBS, R. J.; HOOPER, D. U.; LAWTON, J. H.; SALA, O. E.; TILMAN, D. Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science*, v. 277, n. 5325, p. 500-504. 1997.

CHAVES, R. R.; NOBRE, P. Interaction between sea surface temperature over the South Atlantic Ocean and the South Atlantic Convergence Zone. *Geophysical Research Letters*, v. 31, L03204, fev. 2004.

COELHO, A. L. Resposta da Plataforma Continental Sudeste a ventos sazonais e sinóticos de verão: estudos numéricos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2008.

CONAMA, Resolução. 357, de 17 de Março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, v. 357, 2005.

CPTEC/INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2016. Disponível em <http://enos.cptec.inpe.br/>. Último acesso em 08/2016.

DE CAROLI, A.; GREGÓRIO, H.; PEREIRA, A. Avaliação de bancos batimétricos globais na região sul-sudeste do Brasil e implementação de nova base batimétrica, in: 'XXIII Semana Nacional de Oceanografia', Itanhaém - SP. 2010.

DEFFONTAINES, P. Regiões e paisagens do Estado de São Paulo. Primeiro esboço de divisão regional. *Geografia*, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 117-160, 1935.

DONNER, S. Sea level rise and the ongoing Battle of Tarawa. *Eos*, v. 93, n. 17, 2012.

EMILSON, I. The shelf and coastal waters off Southern Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. São Paulo, 17(2): 101-112. 1961.

FAIRBRIDGE, R. W. The Encyclopedia of Geomorphology. Encyclopedia of Earth Sciences Series, Vol. III. Dowden, Hutchinson and Ross. Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. 1295pp, 1968.

FARINACCO, A. Alterações relacionadas à ação antrópica na dinâmica dos processos costeiros nas planícies de Praia Grande/Mongaguá e Enseada de Caraguatatuba, SP. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FERREIRA, F. R. Análise da qualidade ambiental das praias do Guarujá (SP) através da avaliação de lançamentos pontuais de esgotos – emissário submarino do Guarujá, canais artificiais e rios da praia do Perequê. Dissertação Mestrado, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo. 2015.

FISHER, R. A; TIPPETT, L. H. C. Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample. In: *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*. Cambridge University Press. p. 180-190. 1928.

FOLONI-NETO, H. As massas de água na Bacia de Campos, RJ. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 2010.

FONTES, R. F. C. As correntes no canal de São Sebastião. São Paulo, São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Master's thesis, 159pp, 1995.

FREIRE, J. L. Um Ciclone Extra-Tropical do Atlântico Sul. In: Anais Hidrográficos, tomo XVIII, pp. 235-260, Rio de Janeiro, RJ. 1960.

FÚLFARO, V. J.; COIMBRA, A. M. As praias do litoral paulista. In: Congresso Brasileiro de Geologia. p. 253-255. 1972.

FÚLFARO, V. J.; PONÇANO, W. L. Sedimentação atual do estuário e baía de Santos: um modelo geológico aplicado a projetos de expansão da zona portuária. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro: ABGE. p. 67-90.1976.

FUNDESPA/PETROBRAS. Programa de Ação Participativa para a pesca - PAP. Sistema de Produção e Escoamento de Gás e Condensado no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos. 2016.

GALLO, M. N.; VINZON, S. B. Estudo numérico do escoamento em planícies de marés do canal Norte (estuário do rio Amazonas). RIBAGUA-Revista Iberoamericana del Agua, v. 2, n. 1, p. 38-50, 2015.

GALLO, M. N.; VINZON, S. B. Estudo numérico do escoamento em planícies de marés do canal Norte (estuário do rio Amazonas). RIBAGUA-Revista Iberoamericana del Agua, v. 2, n. 1, p. 38-50, 2015.

GHERARDI, D. F. M.; CABRAL, A. P.; KLEIN, A.; MUEHE, D.; NOERNBERG, M.; TESSLER, M.; SARTOR, S. M. Mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo da bacia marítima de Santos. Braz. J. Aquat. Sci. Technol, v. 12, n. 2, p. 11-31. 2008.

GIANNINI, P. C. F. Sedimentação quaternária na planície costeira de Peruíbe-Itanhaém (SP). São Paulo, 234p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade de São Paulo, 1987.

GMO. Grupo de Modelagem Oceânica - Agitação Marítima - ondas na superfície do mar. 2016. Disponível: <http://www.surge.iag.usp.br/entenda.html>. Último acesso em 09/2016.

GOLDEN, J. H. The Life Cycle of Florida Keys' Waterspout. Journal of Applied Meteorology, vol. 13, p. 676-692. 1974.

GOYA, S. C.; TESSLER, M. G. Variações morfológicas espaço-temporais entre as praias de Cibratel e Itanhaém-Suarão, Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Oceanografia, v. 48, n. 2, p. 151-166, 2000.

GREGORIO, H. P. Oscilações Subinerciais na Plataforma Continental Sudeste: Estudos Numéricos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2014.

GREGORIO, H. P. Modelagem numérica da dispersão da pluma do emissário submarino de Santos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2009.

HARARI, J.; CAMARGO, R. Modelagem numérica da região costeira de Santos (SP): circulação de maré. Revista Brasileira de Oceanografia, v. 46, n. 2, p. 135-156, 1998.

HARARI, J.; CAMARGO, R.; CACCIARI, P. L. Resultados da modelagem numérica hidrodinâmica em simulações tridimensionais das correntes de maré na Baixada Santista. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 2, p. 71-87, 2000.

HORTELLANI, M. A.; SARKIS, F. E. S.; ABESSA, D. M. S.; SOUSA, E. C. P. M. Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos-São Vicente. *Química Nova*, v. 31, n. 1, p. 10, 2008.

HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R.; WOOD, E. F. Estimation of the generalized extreme-value distribution by the method of probability-weighted moments. *Technometrics*, v. 27, n. 3, p. 251-261, 1985.

JACOBSEN, E. E.; SCHWARTZ, M. L. The use of geomorphic indicators to determine the direction of net shore-drift. *Shore & Beach*, v.49, p. 38-43, 1981.

KOMAR, P. D. *Handbook of Coastal Processes and Erosion* (4th edition). CRC Press, 297p. 1991.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Die klimate der Erde*. Wall-map 150cmx200cm, Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der erde*. Gotha: verlag justus perthes. Wall-map 150cmx200cm, 1928.

LAMPARELLI, C. C.; MOURA, D. O; LOPES, C. F.; RODRIGUES, F.; MILANELLI, J. C. C.; VINCENT, R. C. *Ecosistemas costeiros do estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB: Secretaria de Estado do Meio Ambiente: Páginas e Letras, 1998.

LASS, H. U.; MOHRHOLZ, V. On the interaction between the subtropical gyre and the Subtropical Cell on the shelf of the SE Atlantic. *Journal of Marine Systems*, v. 74, n. 1, p. 1-43, 2008.

LOPES, C. F.; POFFO, I. R. F.; HADDAD, E. Atendimento emergencial ao derrame de óleo ocorrido em São Sebastião (SP), provocado pelo navio "Vergina II". *Revista Meio Ambiente Industrial*, n°29, p. 76-83. 2001.

LOPES, E. A. *Formações Florestais de Planície Costeira e Baixa Encosta e sua relação com o substrato geológico das Bacias dos Rios Itaguapé e Guaratuba*. Tese de Doutorado. Instituto de Botânica da Secretaria de Meio Ambiente de SP. 2007.

LUEDEMANN, E. F. Contribuição ao estudo das correntes de superfície sobre a plataforma continental do Estado de São Paulo, Brasil (Lat. 24°00'S-25°10'S até Long. 45°40'W). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 28, n. 2, p. 47-53, 1979.

MACHADO, A. C. P.; DA CUNHA, C. M. L.; SATO, S. E. Alterações Na Morfodinâmica Decorrentes Da Atuação Antrópica – Uma Análise Do Setor Noroeste De Itanhaém/Sp. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 5, p. 80-90, 2016.

MANDAJI, D. *Emissário Submarino De Santos: Contribuição Nos Sedimentos De Fundo Para Al, Mg, K, Ca, Fe, Ti, Na, Si, Ba, Cu, Zn, Cr, Mn, Co, Ni e S*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 2008.

- MARIANO, L. S.; CERRONE, B. N.; FRAGOSO, M. R.; SANTOS, N. G. Evidências da Intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na Baía de Guanabara (RJ, Brasil). Anais do Congresso Brasileiro de Oceanografia. Rio de Janeiro - RJ. 2012.
- MARINE, N. R. G. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, p. 1-5, 1999.
- MARINO, M. V. Caracterização morfossedimentar da plataforma continental interna da enseada dos Ingleses-SC, como apoio a arqueologia subaquática. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2006.
- MARQUES, G. M. Avaliação do campo de toxicidade gerado pelo emissário de Santos/São Vicente através de modelo ecotoxicológico acoplado a modelos hidrodinâmico e de dispersão. Trabalho de Graduação - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 2006.
- MASSELINK, G.; SHORT, A. D. The effect of the tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. Journal of Coastal Research, Florida, v.9, n° 3, p. 785-800. 1993.
- MATSUURA, Y. A study of surface currents in the spawning area of Brazilian sardine. Boletim do Instituto Oceanográfico, v. 24, p. 31-44, 1975.
- MAZZINI, P. L. F. Correntes subinerciais na plataforma continental interna entre Peruíbe e São Sebastião: observações. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2009.
- MESQUITA, A. R. Sea level variations along the Brazilian coast: a short review. Brazilian Symposium on Sandy Beaches. Itajaí/SC. 2000.
- MESQUITA, A. R. Sea-level variations along the Brazilian Coast: A short review. Journal of Coastal Research, p. 21-31, 2000.
- MINERAL/PETROBRAS. Estudo de Impacto Ambiental do Projeto Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos - Etapa 2. 2014.
- MIRANDA, L. B. Análise de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) a Ilha de São Sebastião (SP). Livre Docência. Universidade de São Paulo, 1982.
- MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. Princípios de oceanografia física de estuários. EDUSP, São Paulo, v. 1, 2002.
- MIRANDA, L. B.; KATSURAGAWA, M. Estrutura térmica na região sudeste do Brasil (outubro/novembro de 1988). Publicação esp. Inst. Oceanogr., S Paulo, v. 8, p. 1-14, 1991.
- MIRANDA, L. B. Forma da correlação TS de massas de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP), Brasil. Boletim do Instituto Oceanográfico, v. 33, n. 2, p. 105-119, 1985.
- MODENESI, M. C.; TESSLER, M. G.; CRUZ, O.; COIMBRA, A. M. Influence of marine and continental processes on the dynamics of a sand-ridge at the mouth of the Maçaguçu river (Caraguatubá-SP): preliminary conditions. Boletim do Instituto Oceanográfico, v. 32, n. 1, p. 77-81. 1983.

- MOREIRA, M. H. R. Circulação na Plataforma Interna do Litoral Norte do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998.
- MOSER, G. A. O.; GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F. Biological and oceanographic upwelling indicators at Cabo Frio (RJ). *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 45, n. 1-2, p. 11-23, 1997.
- NEVES, T. Dossiê de gerenciamento do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos, São Paulo. São Paulo: Instituto Florestal, Secretaria do Meio Ambiente, v. 1, p. 2, 1997.
- NODA, E. K. State-of-the-art of littoral drift measurements. *Shore & Beach*, v. 39, p. 35-41, 1971.
- NOAA. The sea breeze. 2016. Disponível em: <http://oceanservice.noaa.gov/education/yos/resource/JetStream/ocean/seabreezes.htm>. Último acesso em 08/2016.
- PARMEZANI, J. M.; RIBEIRO, G. E.; RAPHAEL, J.; VADLAMUDI, B. R.; GUEDES, R. L. Associação entre ZCAS e a ocorrência de El Niño e La Niña. *Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia*. 1998.
- PARREIRA, C. N. Avaliação da hidrodinâmica e da poluição no Canal de Piaçaguera, no Estuário de Santos-São Vicente (SP), a partir de informações ambientais e modelagem numérica. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2012.
- PAWLOWICZ, R.; BEARDSLEY, B.; LENTZ, S. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Computers & Geosciences*, v. 28, n. 8, p. 929-937, 2002.
- PEREIRA, G. C.; EBECKEN, N. F. F. Knowledge discovering for coastal waters classification. *Expert Systems with Applications*, v. 36, n. 4, p. 8604-8609, 2009.
- PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. *Geologia do Brasil: fanerozóico*. T. A. Queiroz, Editor, 1983.
- PINHO, U. F. Caracterização dos estados de mar na Bacia de Campos. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, M. Sc., Engenharia Oceânica, 2003.
- PINTO, Karla Cristiane. **Avaliação sanitária das águas e areias de praias da Baixada Santista, São Paulo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Saúde Ambiental. 2010.
- POFFO, I. R. F. Gerenciamento de riscos socioambientais no complexo portuário de Santos na ótica ecossistêmica. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2007.
- PONÇANO, W. L.; TESSLER, M. G.; FREITAS, C. D.; MAHIQUES, M. M. Tendências regionais de transporte de sedimentos arenosos ao longo das praias paulistas. *Revista da Universidade de Guarulhos, Geociencias*, IV (6), v. 102, p. 115. 1999.
- PORTO DE SANTOS. Planos de dragagem e disposição do Porto de Santos. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/4AF25552/PlanoDisposiDragagem.pdf> Último acesso em 08/2016.
- PRITCHARD, D. W. Estuarine hydrography. *Advances in Geophysics*, v. 1, p. 243-280, 1952.

- PUGH, D. T. Tides, surges and mean sea-level: a handbook for engineers and scientists. Wiley, Chichester, 472pp. 1987.
- QUADROS, M. F. L. Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. São José dos Campos: INPE. 97p. Dissertação Mestrado. 1994.
- REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. Relationship between the southern annular mode and southern hemisphere atmospheric systems. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n. 1, p. 48-55, 2009.
- REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. Relationship between the southern annular mode and southern hemisphere atmospheric systems. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n. 1, p. 48-55, 2009.
- REZENDE, J. H. M. Intrusões da água central do atlântico sul na plataforma continental sudeste durante o verão. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 2003.
- RIBEIRO, J. P. N.; MATSUMOTO, R. S.; TAKAO, L. K.; LIMA, M. I. S. Plant zonation in a tropical irregular estuary: can large occurrence zones be explained by a tradeoff model? *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 3, p. 511-516. 2015.
- RIBEIRO, J. P. N. Fatores Condicionantes da Flora Marginal e Aquática do Estuário do Rio Massaguaçu (Caraguatatuba-SP). 2010. Dissertação mestrado, Universidade Federal de São Carlos, 2007.
- RIBEIRO, J. P. N.; SAGGIO, A.; LIMA, M. I. S. The effects of artificial sandbar breaching on the macrophyte communities of an intermittently open estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 121, p. 33-39, 2013.
- RODRIGUES, M. L. G; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 22, n. 2, p. 135-151, 2004.
- ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.
- RUFFATO, D. G. Marés barotrópica e baroclínica na porção norte da Plataforma Continental Sudeste. Monografia de Graduação. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 109p. 2007.
- RUFFATO, D. G. Circulação na Plataforma Continental Interna e Média do Estado de São Paulo durante o verão: estudos numéricos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2012.
- SANTOS, L. C. M.; CUNHA-LIGNON, M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Ocupação antrópica na zona costeira de São Paulo: alteração da paisagem em torno do Canal da Bertioga (Baixada Santista, Brasil). *Oceanografia e Mudanças Globais; III Simpósio Brasileiro de Oceanografia*, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (ISBN 978-85-98729-24-4), p. 599-605, 2008.
- SARTORELLO, R. Ilhas do litoral norte do estado de São Paulo: paisagem e conservação. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2010.
- SEIXAS, N. A. B. Clima de ondas na Bacia de Campos: Análise de dados e proposta de parametrização. 1997.

SETZER, J. Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo. Editado pela Comissão interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1966.

SIQUEIRA, G. W., BRAGA, E. D. S., PEREIRA, S. D. F. P., & SILVA, E. D. Distribuição do mercúrio em sedimentos de fundo no Estuário de Santos SP/Brasil. *Rem: Revista Escola de Minas*, 58(4), 309-316, 2005.

SHORT, A. D. Three dimensional beach stage model. *Journal of Geology*, v. 87, nº 5, p.553-571, 1979.

SHORT, A. D. Beaches. In: A.D. Short (ed). *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley and Sons, p. 3-20. 1999.

SILVA DIAS, P. L. A Zona de Convergência do Atlântico Sul. IV Curso de Interpretação de Imagens e Análise Meteorológica. 1997.

SILVA DIAS, P. L.; ETCHICHURY, P.; SCOLAR, J.; PEREIRA FILHO, A. J.; SATYAMURTI, P.; SILVA DIAS, M. A. F.; GRAMMELSBACHER, E. As chuvas de março de 1991 na região de São Paulo. *Climanálise*, v. 6, n. 5, p. 44-59. 1991.

SILVA, M. P. Caracterização Físico-Química das Massas de Água da Bacia de Santos durante o Projeto COROAS: Verão e Inverno de 1993. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 135 pp. 1995.

SMA/SP. Ilhas do litoral paulista São Paulo. Divisão de Reservas e Parques Estaduais/Universidade de São Paulo. Divisão de Reservas e Parques Estaduais, Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado; Universidade de São Paulo Departamento de Geografia. Projeto Ilhas do Litoral Paulista. São Paulo Secretaria do Meio Ambiente: 1989.

SOUZA, C. D. G.; SOUZA FILHO, P. W. M.; ESTEVES, L. S.; VITAL, H.; DILLENBURG, S. R.; PATCHINEELAM, S. M.; ADDAD, J. E. Praias arenosas e erosão costeira. *Quaternário do Brasil*, 130-152. 2005.

SOUZA, C. R. G. As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2v. 1997.

SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K. Coastal erosion and beach morphodynamics along the state of São Paulo (SE Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.68, p. 405-424, 1996.

SOUZA, C. R. Praias oceânicas do Estado de São Paulo (Brasil): síntese dos conhecimentos sobre morfodinâmica, sedimentologia, transporte costeiro e erosão costeira. *Revista do Departamento de Geografia*, p. 308-371, 2012.

SOUZA, C. R.; LUNA, G. C. Variação da linha de costa e balanço sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (Litoral Norte de São Paulo, Brasil). *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 10, n. 2, p. 179-199, 2010.

SOUZA, C. R.; LUNA, G. Taxas de retrogradação e balanço sedimentar em praias sob risco muito alto de erosão no município de Ubatuba (Litoral Norte de São Paulo) *Shoreline recession rates and sedimentary*

budget in beaches under very high risk of erosion in Ubatuba County (São Paulo Northern Coast). *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 1, n. 1, p. 25-41, 2009.

SOUZA, C. R.; SOUZA, A.; ROSA, E. Avaliação histórica da ocorrência de ressacas na Baixada Santista. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Natal, RN. 2013.

SOUZA, M. C. A. A corrente do Brasil ao largo de Santos: medições diretas. Dissertação de mestrado em Ciências, área de Oceanografia Física-Universidade de São Paulo. São Paulo. 2000.

SOUZA, M. C. A. A Corrente do Brasil ao largo de Santos: medições diretas. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 2000.

STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A. The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 97, n. C6, p. 9507-9520, 1992.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense (Quaternary marine formations of the State of São Paulo and southern Rio de Janeiro). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, São Paulo, 1978. São Paulo, SBG/IGUSP, Special Publication, no 1, 55p. 1978.

SUGUIO, K. Quaternary marine formations of the State of São Paulo and southern Rio de Janeiro. Brazilian National Working Group for the IGCP-Project 61, 1978.

SUGUIO, K. Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro?). Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, São Paulo. 300 pp. 2001.

TAGGART, B. E.; SCHWARTZ, M. L. Net shore-drift direction determination: a systematic approach. *Journal Shoreline Management*, v. 3, nº 4, p. 285-309, 1988.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Y.; YOSHIKAWA, P. S.; HURTADO, S. N. Erosão e Progradação do Litoral do Estado de São Paulo. In: Muehe, D. (Org.). Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro. 1ª edição, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 297-346. 2006.

TOMAZIELLO, A. C. N., & GANDU, A. W. Impact of sea surface temperature in the simulation of South Atlantic Convergence Zone. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28(3), 291-304, 2013.

TORRES, R. J. Efeitos da dragagem sobre a qualidade de sedimentos contaminados do Canal do Porto de Santos: biodisponibilidade e toxicidade de metais e compostos orgânicos persistentes. Tese de Doutorado. Universidade Federal De São Carlos. 2007.

TREWARTHA, G. T. An introduction to climate. Third Edition. International Student Edition. 1954.

USACE - U.S. Army Corps of Engineers. Longshore Sediment Transport. In: U.S. Army Corps of Engineers. Coastal Engineering Manual. Manual no EM 1110-2-1100, Part III, Chapter 2. Washington, DC., 2003.

VALENTIM, S. S.; BERNARDES, M. E. C.; DOTTORI, M.; CORTEZI, M. Low-frequency physical variations in the coastal zone of Ubatuba, northern coast of São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 61, n. 3, p. 187-193. 2013.

- VELOSO, V. G.; NEVES, G. Praias arenosas. In: PEREIRA, R. C.; GOMES, A. S. (Eds.). *Biologia Marinha*, 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. p. 339-359. 2009.
- VIEITAS, C. F. Análise ambiental das ilhas da região de Ubatuba (SP) e proposta de manejo para a ilha do Mar Virado. Análise ambiental das ilhas da região de Ubatuba (SP) e proposta de manejo para a Ilha do Mar Virado, 1995.
- WALM/PETROBRAS. Estudos de usos e conflitos da Laje da Conceição – Itanhaém – SP. Relatório Técnico Final. 2012.
- WALTERS, R. A.; HESTON, C. Removing tidal-period variations from time-series data using low-pass digital filters. *Journal of Physical Oceanography*, v. 12, n. 1, p. 112-115, 1982.
- WEIBULL, W. Wide applicability. *Journal of applied mechanics*, v. 103, p. 293-297, 1951.
- WITT O'BRIEN'S BRASIL. Projeto de Proteção e Limpeza da Costa. 2015. Disponível em: http://dados.marem-br.com.br/dados/fichas_de_praias/04.SP.05.Itanhaem_Ilhas.Laje%20da%20Conceicao.pdf. Último acesso em 09/2016.
- WRIGHT, L. D.; CHAPPELL, J.; THOM, B. G.; BRADSHAW, M. P.; COWELL, P. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southern Australia. *Marine Geology*, v. 32, p.105-140. 1979.
- ZANETTI, V. B; DE SOUSA JUNIOR, W. C.; DE FREITAS, D. M. A Climate Change Vulnerability Index and Case Study in a Brazilian Coastal City. *Sustainability*, v. 8, n. 8, p. 811, 2016.
- ZEMBRUSKI, S. G. Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes REMAC, PROJETO. Geomorfologia da margem continental brasileira a das áreas oceânicas adjacentes (relatório final). Rio de Janeiro. CENPES/DINTEP, 1979.