

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 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.

Ao sul da Ilha de São Sebastião, 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.

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 APAMLS está localizada na porção sul do litoral paulista, delimitada pela divisa dos municípios de Peruíbe e Iguape (ao norte) e pela divisa entre os Estados de São Paulo e Paraná (ao sul), compreendendo toda a região costeira dos municípios de Cananeia, Ilha Comprida e Iguape (Figura 3.1.2.1.1-1 a Figura 3.1.2.1.1-5). A APAMLS apresenta um setor único, o Maratayama, que abrange as praias, costões rochosos e ilhas existentes entre a faixa da preamar máxima até os 25 m de profundidade.

Na parte continental adjacente à porção sul da APAMLS está localizado o Complexo Estuarino Lagunar de Cananeia, Iguape e Paranaguá (Lagamar): uma das mais importantes áreas úmidas da costa brasileira em termos de biodiversidade e produtividade natural. Este é reconhecido nacional e

internacionalmente como terceiro ecossistema mais produtivo do Atlântico Sul, devido às suas características ambientais estarem muito bem preservadas, sendo considerado como Reserva da Biosfera da Mata Atlântica em 1993 (UNESCO, 2005), bem como Sítio do Patrimônio Mundial Natural, do conhecimento científico e da preservação de valores humanos e do saber tradicional com vistas a modelos de desenvolvimento sustentado (UNESCO, 1999).

A ARIE do Guará está inserida no Lagamar, e esta Unidade de Conservação (UC) faz parte de um mosaico de UCs no entorno da APAMLS, voltadas à conservação da biodiversidade e ao uso sustentável dos recursos naturais, em especial, da preservação dos numerosos manguezais da região.

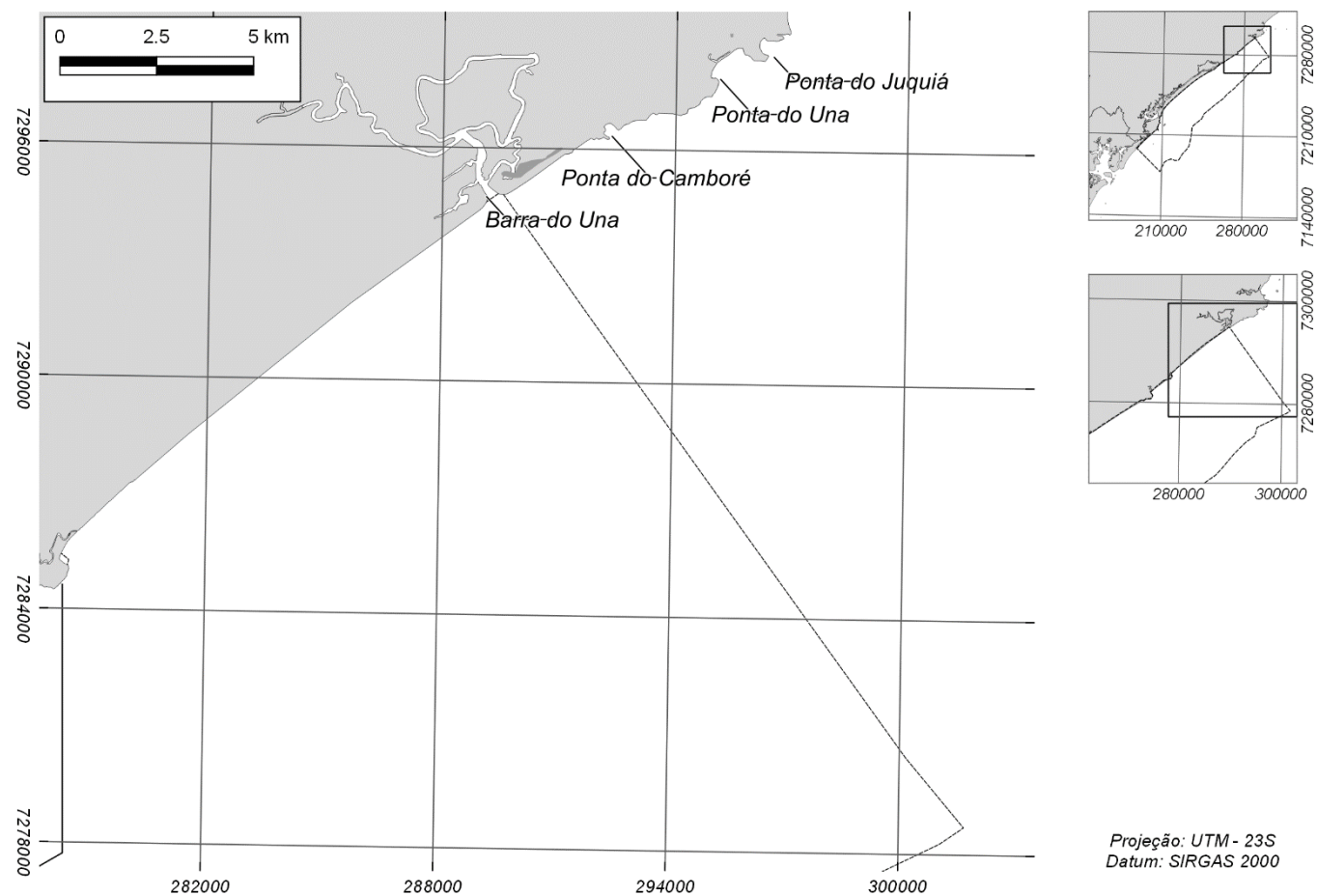


Figura 3.1.2.1.1-1 – Configuração da linha de costa – presença de Baías, Pontas e Enseadas, ao norte da APAMLS. Fonte de acordo com Item 2. Metodologia.

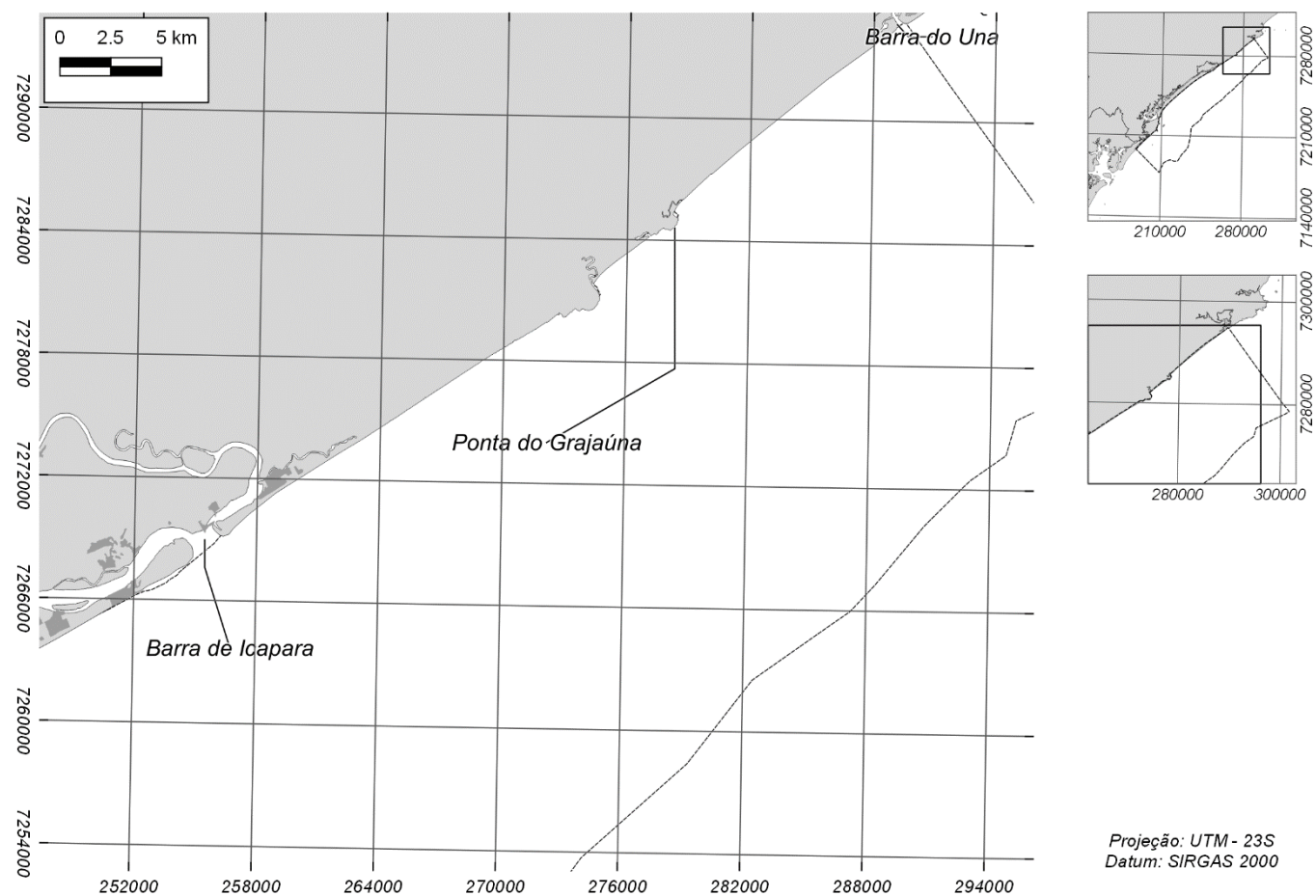


Figura 3.1.2.1.1-2 – Configuração da linha de costa – presença de Baías, Pontas e Enseadas, na porção norte da APAMLS. Fonte de acordo com Item 2. Metodologia.

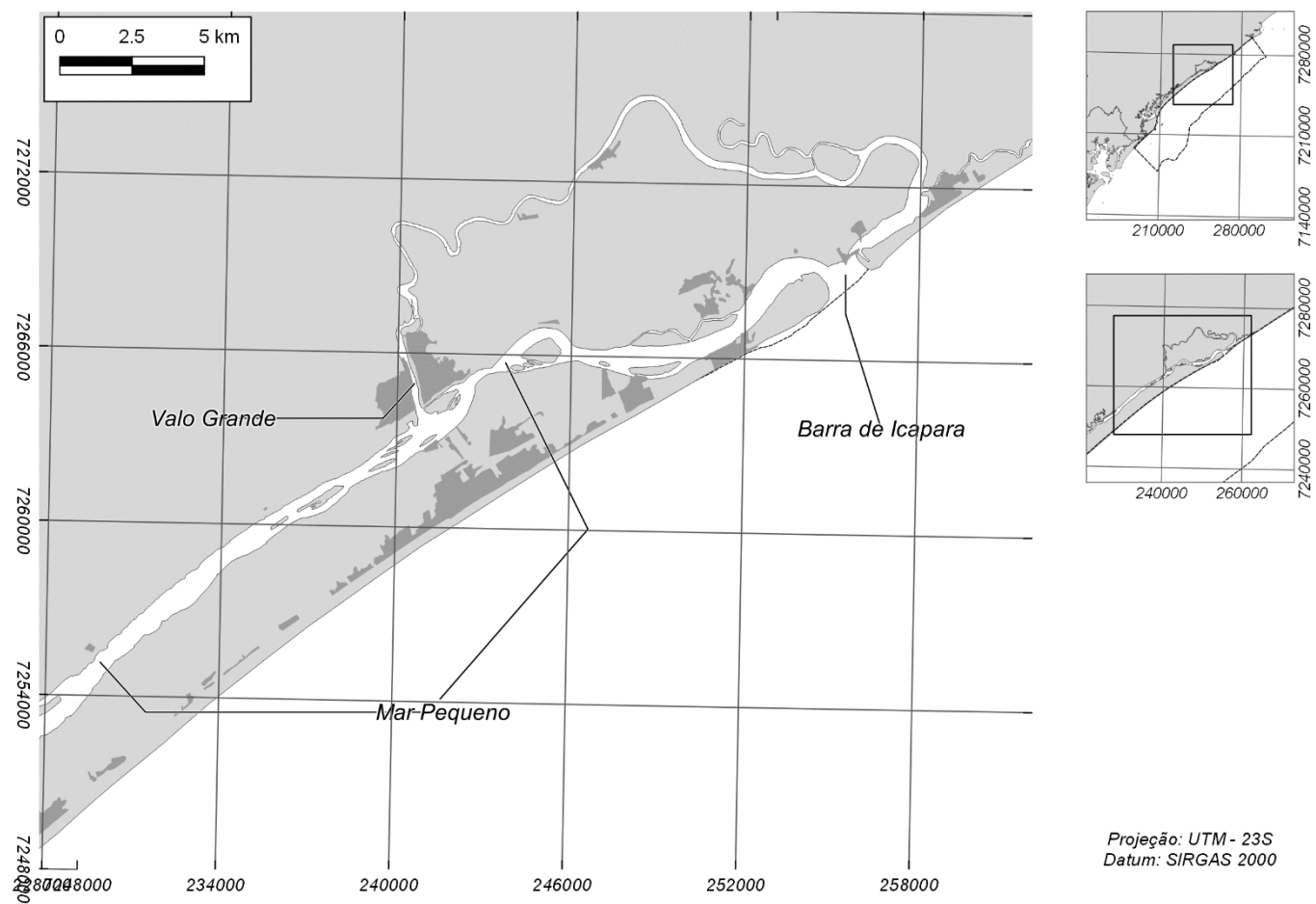


Figura 3.1.2.1.1-3 – Configuração da linha de costa – presença de Baías, Pontas e Enseadas, na porção centro-norte da APAMLS. Fonte de acordo com Item 2. Metodologia.

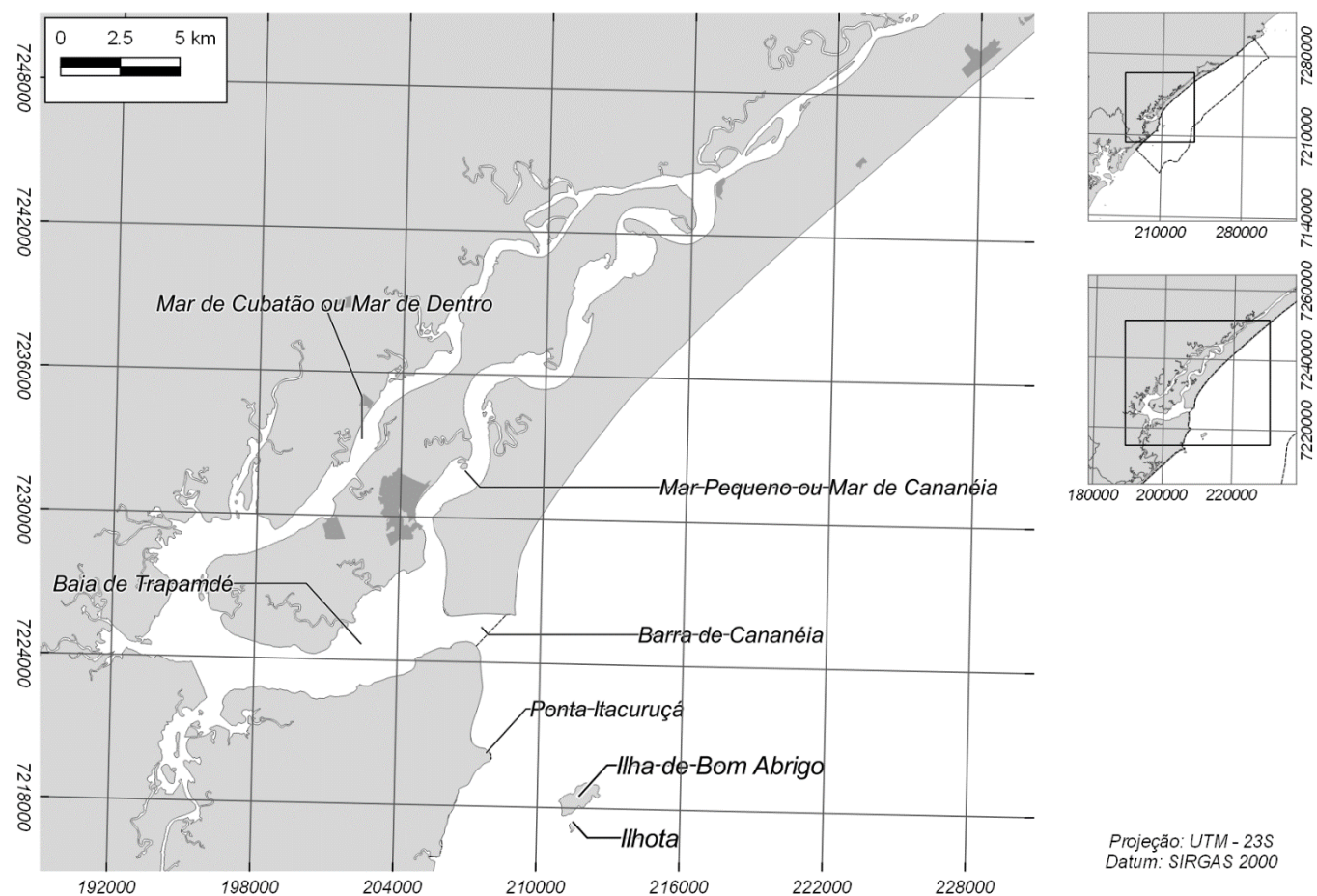


Figura 3.1.2.1.1-4 – Configuração da linha de costa – presença de Baías, Pontas e Enseadas, na porção centro-sul da APAMLS. Fonte de acordo com Item 2. Metodologia.

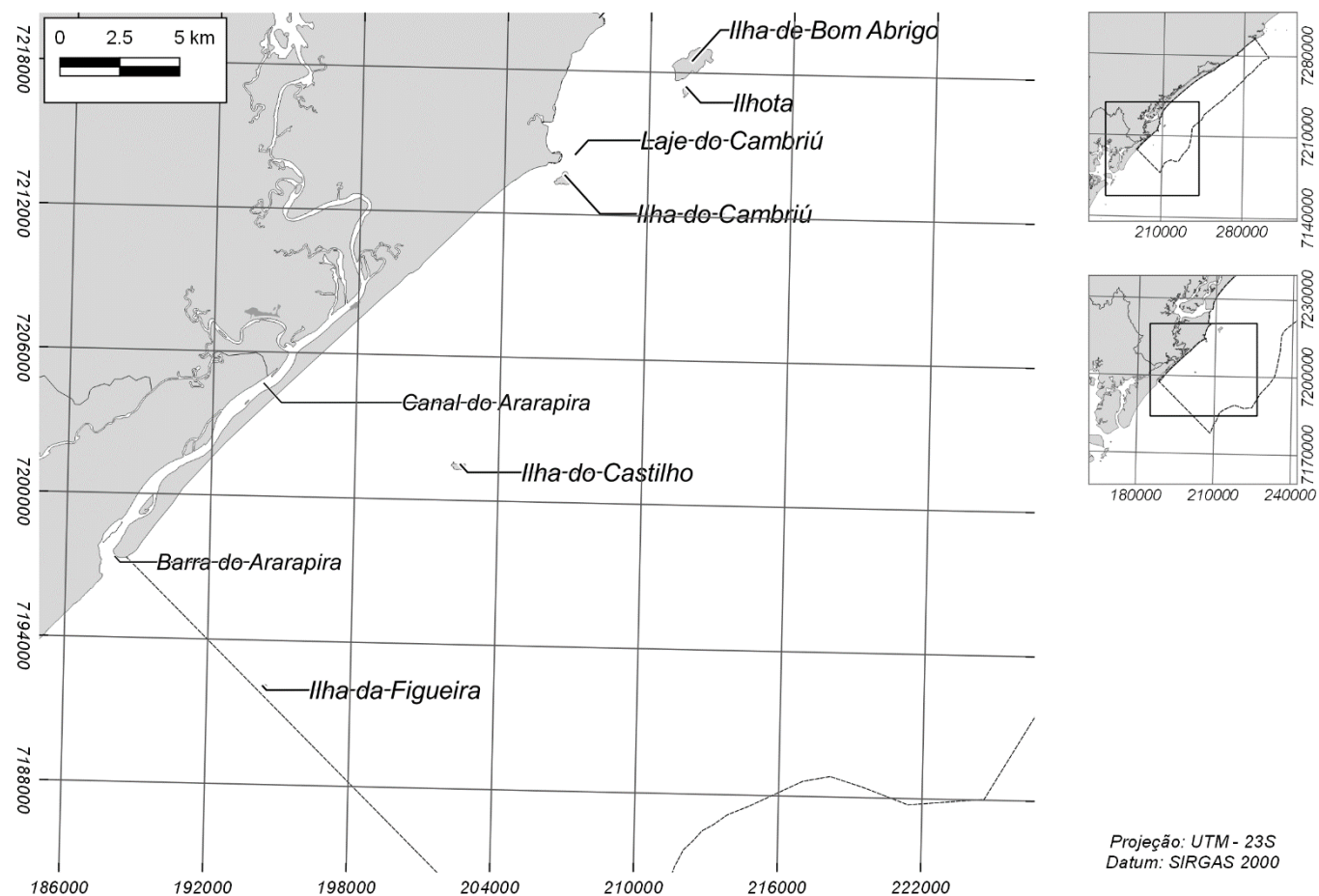


Figura 3.1.2.1.1-5 – Configuração da linha de costa – presença de Baías, Pontas e Enseadas, na porção sul da APAMLS. Fonte de acordo com Item 2. Metodologia.

■ 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.

Por conta da sua história geológica de formação, o Litoral Sul apresenta uma quantidade muito menor de costões rochosos (ocorrência restrita a apenas 2% da linha de costa; BRITO *et al.* (2014), se comparado ao Litoral Norte, onde ocorrem cerca de 75% dessas formações. 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, 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). São 426,7 km de costa arenosa. A contagem de praias varia de acordo com autores, porém a costa paulista apresenta cerca de 292 praias (GHERARDI *et al.*, 2008), sendo 19 praias extensas, contínuas e retilíneas localizadas no setor Maratayama da APAMLS – nas grandes planícies costeiras do Litoral Sul.

Esta fisiografia costeira estende-se perpendicularmente à linha de costa, desde o nível de baixa-mar médio, até a zona de vegetação terrestre permanente, com dunas e falésias, divididas em: ante praia, que representa a zona de surfe; estrâncio, a região entre marés; e pós-praia, que recebe apenas os borrifos das ondas (VELOSO & NEVES, 2009).

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).

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 relativa mais baixa energia de ondas (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: Cananeia a Praia Grande, Santos a Bertioga, Bertioga a Toque-

Toque, Toque-Toque a Tabatinga e Tabatinga a Picinguaba. Esta compartimentação considerou ainda os indicadores de tendências resultantes de deriva litorânea que representam 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 entre marés 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 às 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 quatro principais fisiografias: praias arenosas, costões rochosos (incluindo estruturas artificiais), manguezais (englobando delta, barra, margem de rios e banhados) e planícies de marés, a Figura 3.1.2.1.1-6 mostra a composição do Litoral Sul. Da Figura 3.1.2.1.1-7 a Figura 3.1.2.1.1-9 são apresentadas as fisiografias costeiras para os municípios de Iguape, Ilha Comprida e Cananeia, respectivamente. As características observadas, que são:

- Considerando todo o Litoral Sul, a maior parte é composta por Manguezais; delta, barra e margem de rios; banhados (67%), seguido por planícies de maré (20%), praias arenosas (11%) e costões rochosos (2%).
- O predomínio de manguezais ocorre em todos os municípios, sendo 64% em Iguape, 57% em Ilha Comprida e 69% em Cananeia.
- Os municípios com maior porcentagem da feição fisiográfica costeira formada por praias arenosas são Iguape (26%) e Ilha Comprida (33,5%). As distribuições de planícies de maré não ultrapassam 10% em ambos os municípios.
- Em Cananeia esse padrão se inverte com 24% de planícies de maré e apenas 5% de praias arenosas.

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 mostrados somente as feições fisiográficas na linha de costa. Detalhes sobre os ecossistemas são apresentadas no Meio Biótico deste documento.

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

	Litoral Sul	Iguape	Ilha Comprida	Cananeia
Praias arenosas	11	26	33,5	5
Costões rochosos; estruturas artificiais.	2	4	0,5	2
Manguezais; delta, barra e margem de rios; banhados.	67	64	57	69
Planícies de maré	20	6	9	24

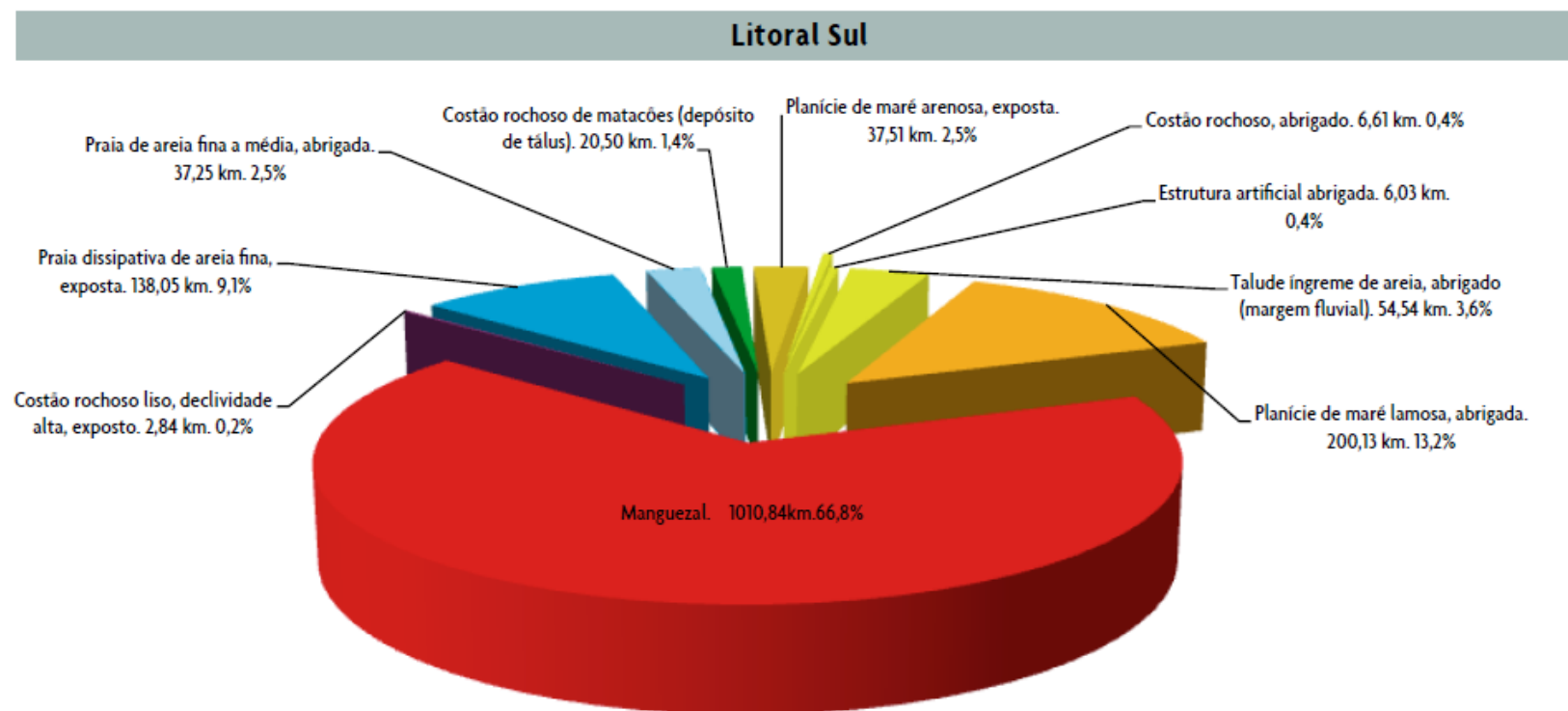


Figura 3.1.2.1.1-6 – Distribuição da fisiografia costeira no Litoral Sul. Fonte: Brito *et al.* (2014).

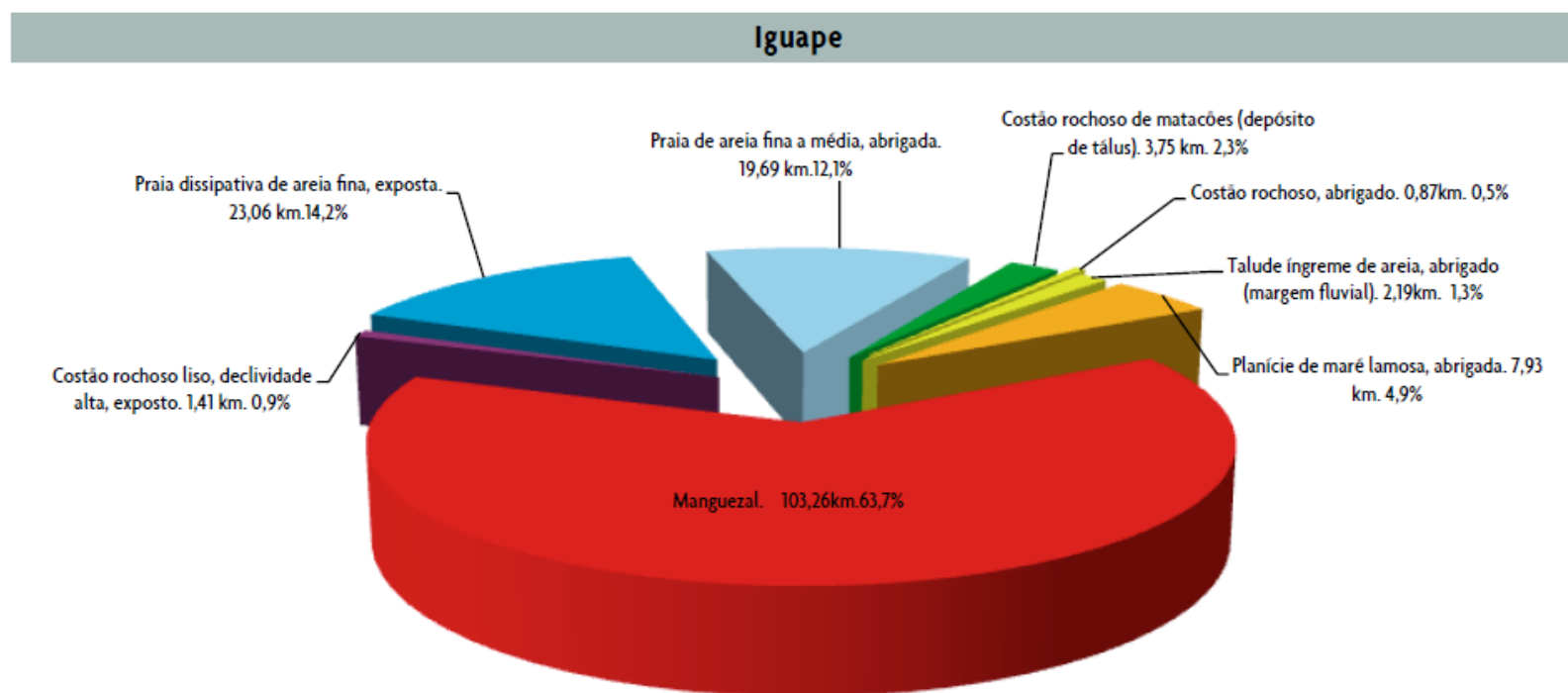


Figura 3.1.2.1.1-7 – Distribuição da fisiografia costeira no município de Iguape. Fonte: Brito *et al.* (2014).

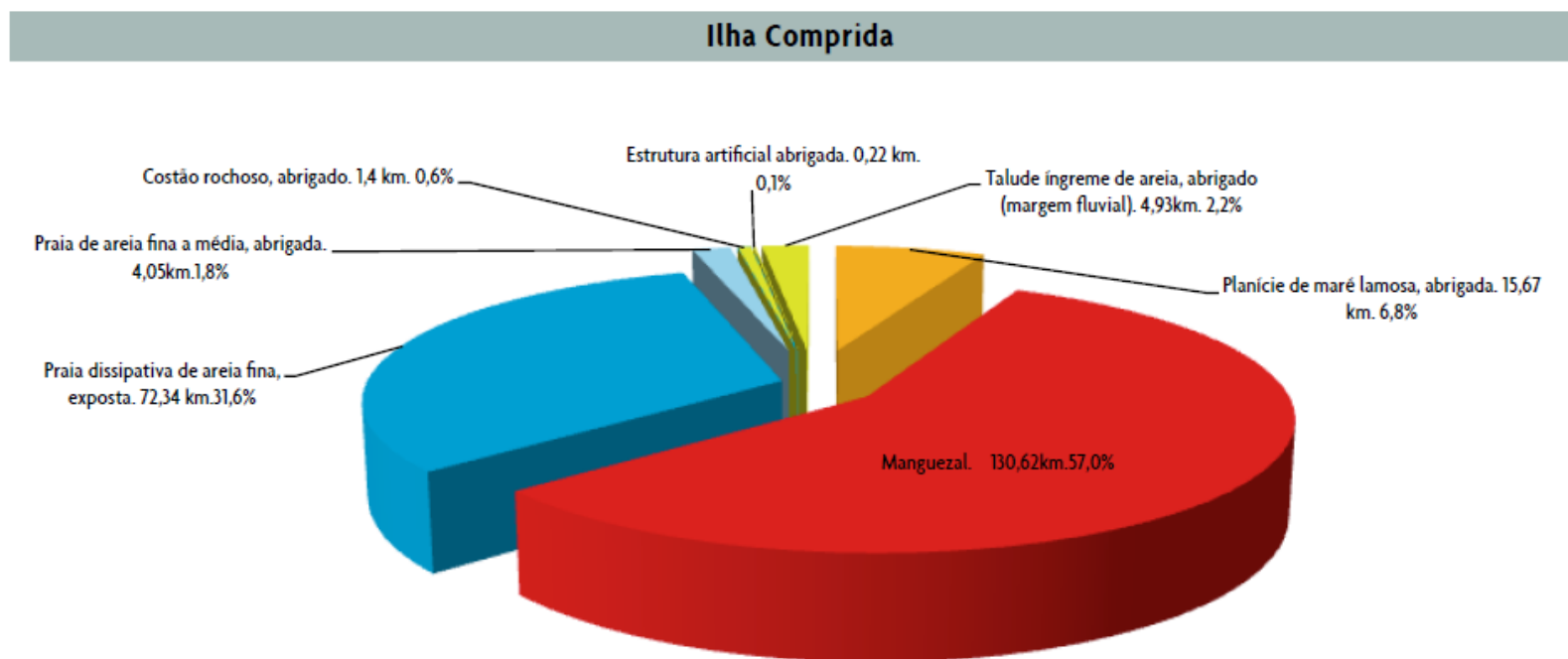


Figura 3.1.2.1.1-8 – Distribuição da fisiografia costeira no município de Ilha Comprida. Fonte: Brito *et al.* (2014).

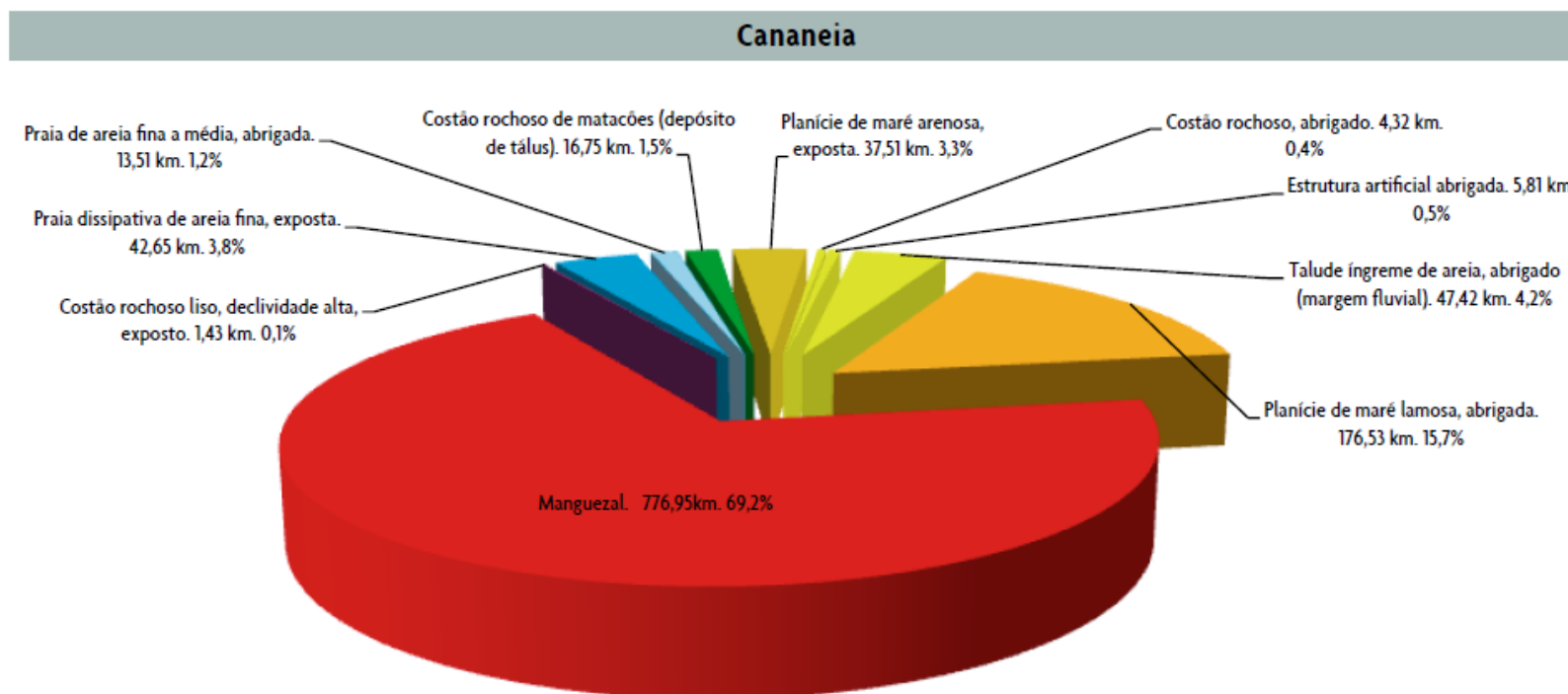


Figura 3.1.2.1.1-9 – Distribuição da fisiografia costeira no município de Cananeia. Fonte: Brito *et al.* (2014).

■ **Corpos insulares**

Devido à sua história geológica, o litoral do Estado de São Paulo apresenta uma grande quantidade de ilhas - cerca de 135 ilhas, ilhotes e lajes, importantes redutos de biodiversidade (BRITO *et al.*, 2014), sendo que a maior concentração dessas ilhas ocorre no Litoral Norte. O Litoral Sul do Estado de São Paulo apresenta poucas de ilhas, num total de seis ilhas ou lajes. Há duas Áreas de Manejo Especial (AME) no município de Cananeia com finalidade de proteção da biodiversidade, o combate às atividades predatórias, o controle da poluição e a sustentação da produtividade pesqueira na área da APAMLS:

- Ilha do Bom Abrigo
- Ilha da Figueira-Sul

Há ainda outras duas ilhas estão inseridas no território da APAMLS: a Ilha do Castilho e a Ilha do Cambriú. Essas pertencem à Estação Ecológica dos Tupiniquins, Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral, prevalecendo sobre elas os regramentos mais restritivos, específicos desta UC.

Na

Figura 3.1.2.1.1-10 são identificadas as ilhas e lajes localizadas no interior do setor Maratayama da APAMLS. No **ANEXO 3.1-3** são apresentadas as coordenadas, ecossistemas predominantes, fisiografias, usos e algumas outras informações sobre os corpos emersos identificados, incluindo fotografias. Na porção norte da APAMLS se encontram dois parcéis/lajes submersos

- Parcel do Una – 5,8 m de profundidade, localizado nas coordenadas 292687m x 7284997m (LAT x LON – UTM – 23S – Datum Sirgas 2000);
- Laje dos Moleques – 3,8 m de profundidade, localizado nas coordenadas 208773 m x 7220315 m (LAT x LON – UTM – 23S – Datum Sirgas 2000).

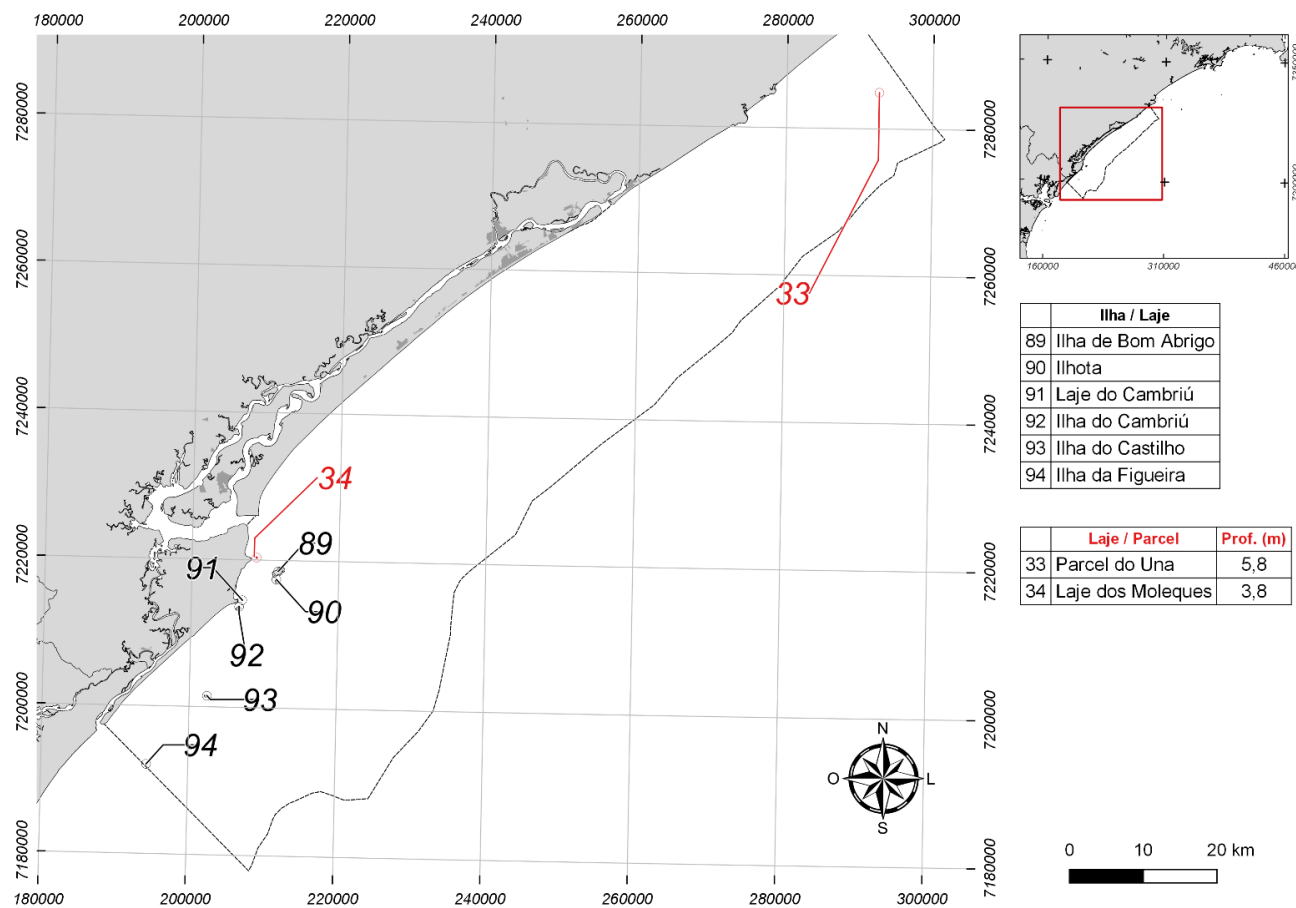


Figura 3.1.2.1.1-10 – Ilhas, lajes e parcéis diagnosticados para a APAMLS. Nomes das localidades aparecem no quadro de legenda. Fonte de dados de acordo com Item 2. Metodologia.

■ Características do fundo marinho: batimetria e composição

A Plataforma Continental Sudeste (PCSE) se estende ao longo do Embaimento 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 Embaimento 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 Embaimento, 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 Embaimento 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 m, 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, 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 m (TESSLER *et al.*, 2006) - Figura 3.1.2.1.1-11.

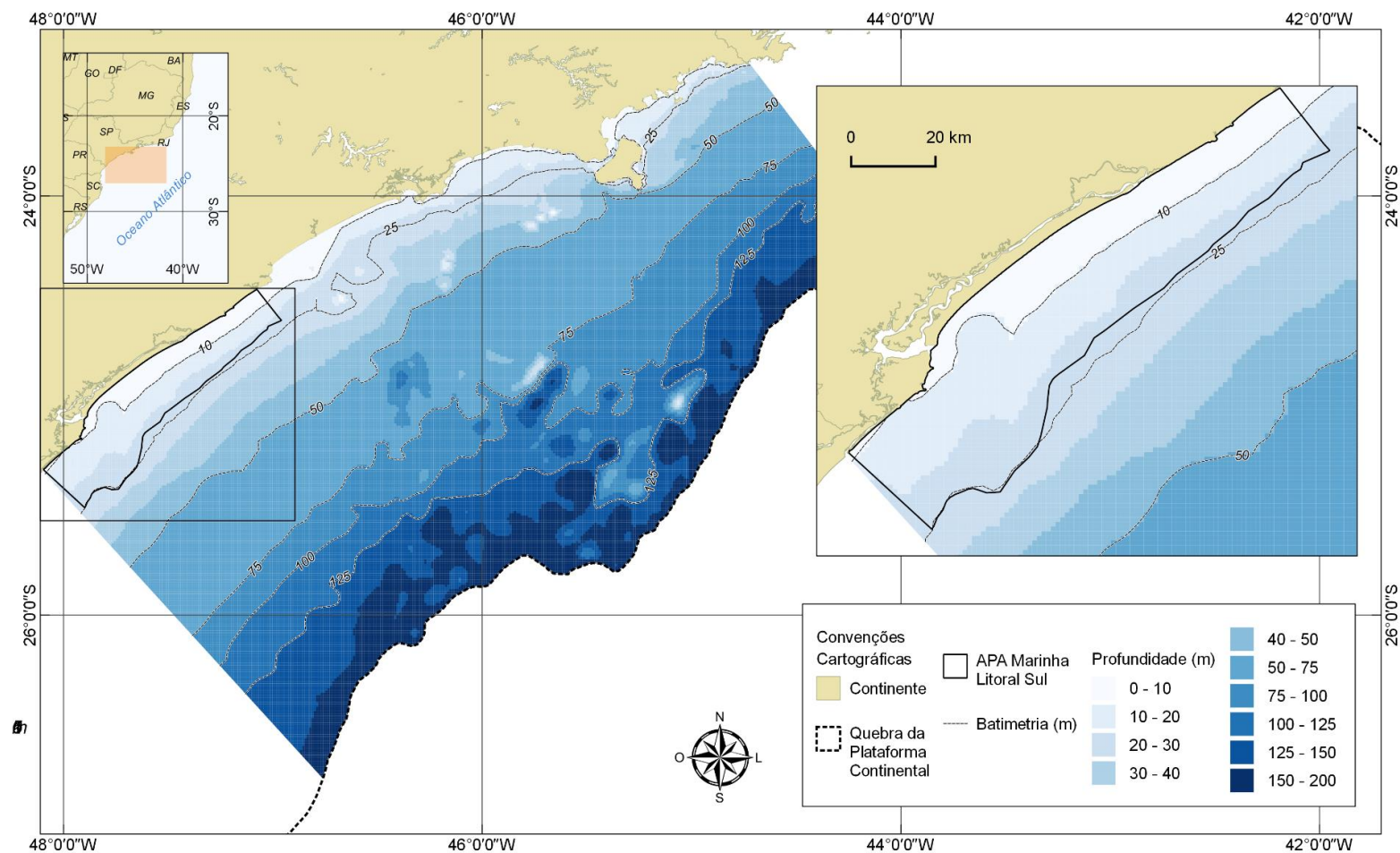


Figura 3.1.2.1.1-11 – Mapa batimétrico da plataforma continental do Estado de São Paulo, evidenciando a região da APAMLS. Fonte de dados: De Caroli *et al.* (2010).

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 Cananeia, 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 APAMLS está localizada na porção mais rasa da plataforma, limitada pela isóbata de 25 m - Figura 3.1.2.1.1-11.

Como apontado por Souza (2012), a Serra de Paranapiacaba se encontra até muitas dezenas de quilômetros afastada da linha de costa no Litoral Sul; as praias são longas e abertas para o oceano, com rara presença de ilhas e as planícies costeiras amplas, exibindo um grande sistema estuarino-lagunar associado à maior bacia hidrográfica do litoral (Rio Ribeira de Iguape).

Toda a região compreendida pelo setor Maratayama da APAMLS apresenta sedimento arenoso, com teor de areia superior a 90%.

A Figura 3.1.2.1.1-12 exibe a distribuição espacial do teor de areia (%) na plataforma continental sudeste, com foco na porção sul. No interior do setor Maratayama há apenas dois pontos de deposição de frações mais finas, com teor de areia próximo a 50%, localizados na porção norte da Ilha Comprida. Essa deposição está provavelmente associada à desembocadura do Rio Ribeira de Iguape/Mar Pequeno.

A Figura 3.1.2.1.1-13 apresenta a distribuição do teor de lama (%) para a plataforma continental de São Paulo, com foco na APAMLS. A contribuição de lama no sedimento da APAMLS não atinge 10%, à exceção de um ponto à frente da desembocadura do Rio Ribeira de Iguape/Mar Pequeno, onde há um pouco que atinge cerca de 30% de contribuição de lama.

A Figura 3.1.2.1.1-14 apresenta o mapa de distribuição do teor de argila (%) para a plataforma continental de São Paulo, com foco na APAMLS. De maneira geral, a APAMLS exibe uma contribuição muito baixa de argila, abaixo dos 10%, à exceção da região adjacente à desembocadura do Rio Ribeira de Iguape/Mar Pequeno, onde o sedimento atinge cerca de 30% de contribuição de argila.

A Figura 3.1.2.1.1-15 apresenta o mapa de distribuição do teor de silte (%) para a plataforma continental de São Paulo, com foco na APAMLS. De maneira geral, os setores da APAMLS exibem uma contribuição muito baixa de silte, havendo apenas uma região que atinge 30% na desembocadura do Rio Ribeira de Iguape.

A Figura 3.1.2.1.1-16 apresenta a distribuição do teor de carbonato (%) para a plataforma continental de São Paulo, com foco na APAMLS. A maior parte do sedimento da APAMLS não apresenta teor de carbonato superior a 10%, exceto por dois pontos com cerca de 20%.

A Figura 3.1.2.1.1-17 exibe o mapa textural do sedimento da plataforma continental de São Paulo, consistente com a literatura de referência. A APAMLS apresenta sedimento predominantemente arenoso, como apontado por Zembruscki (1979).

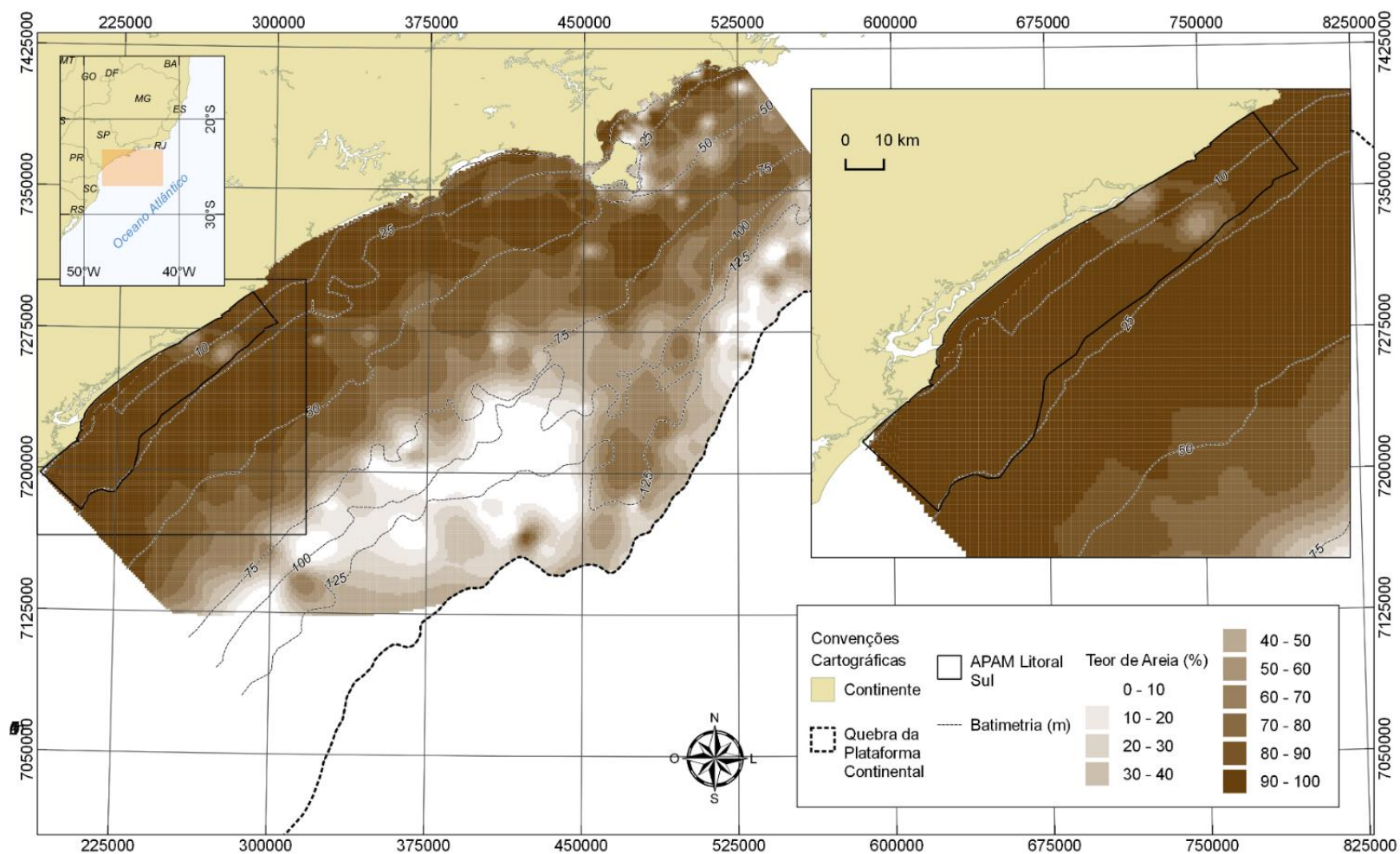


Figura 3.1.2.1.1-12 – Mapa da distribuição espacial do teor de areia (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLS. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP.

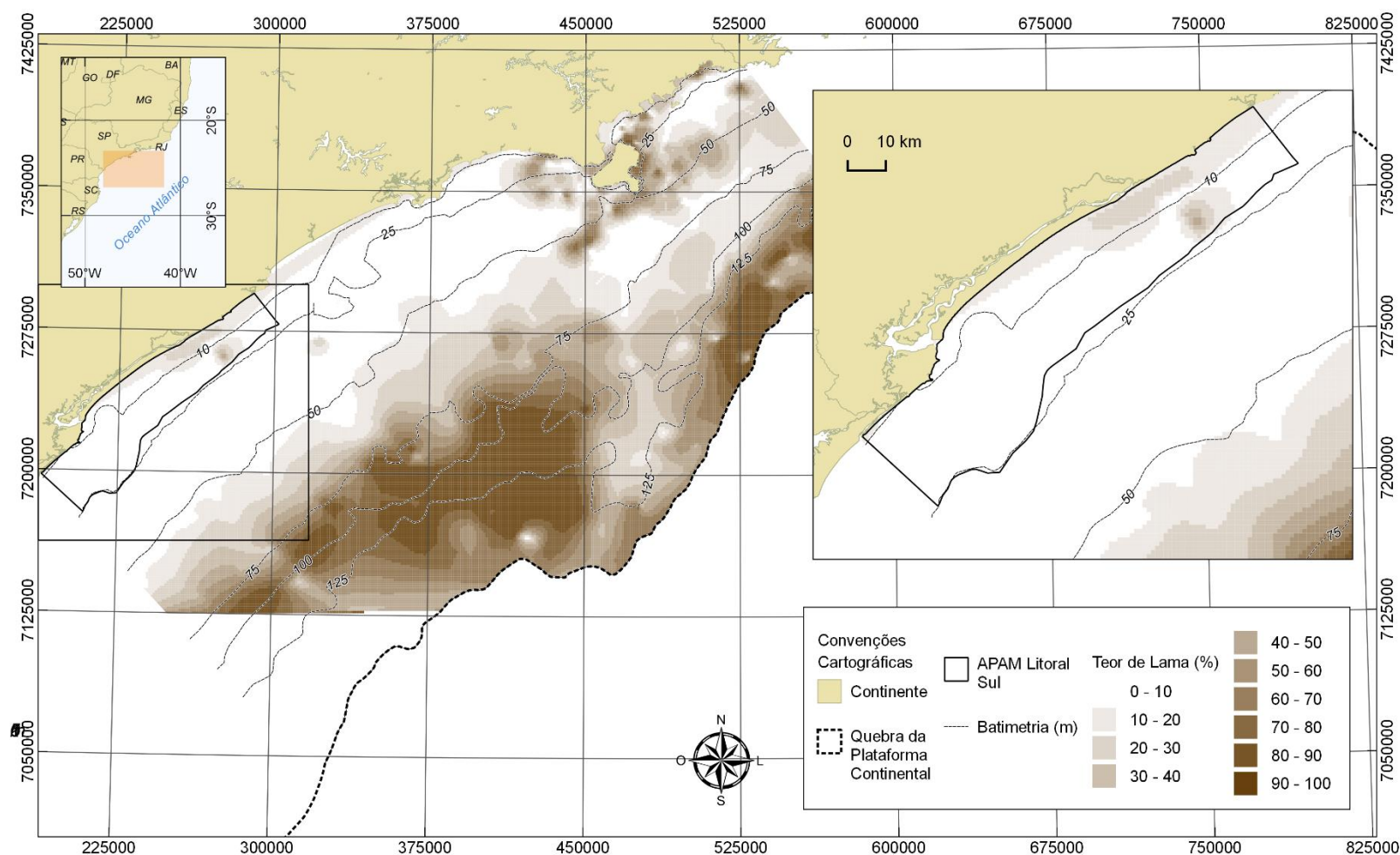


Figura 3.1.2.1.1-13 – Mapa da distribuição espacial do teor de lama (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLS. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP

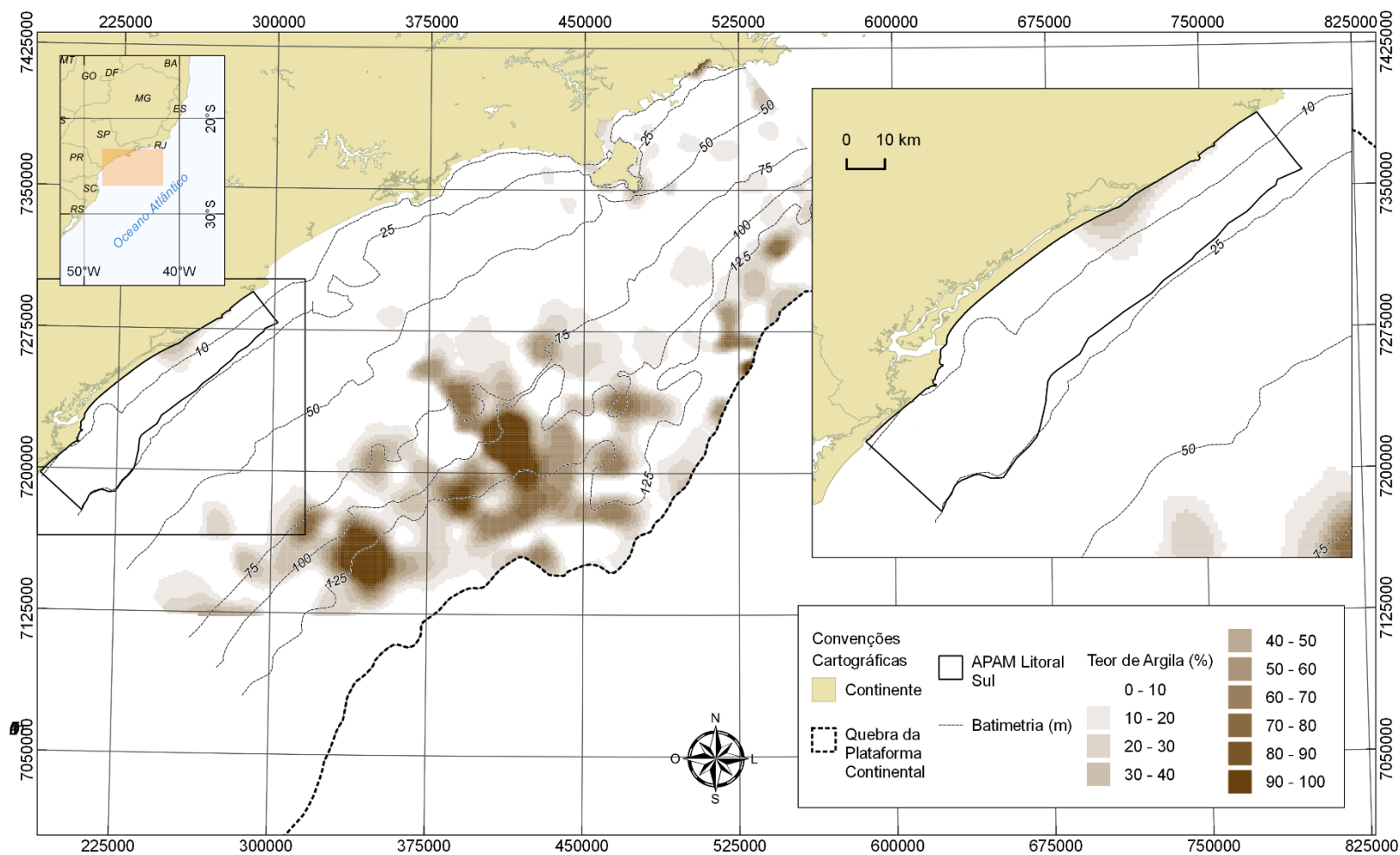


Figura 3.1.2.1.1-14 – Mapa da distribuição espacial do teor de argila (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLS. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP.

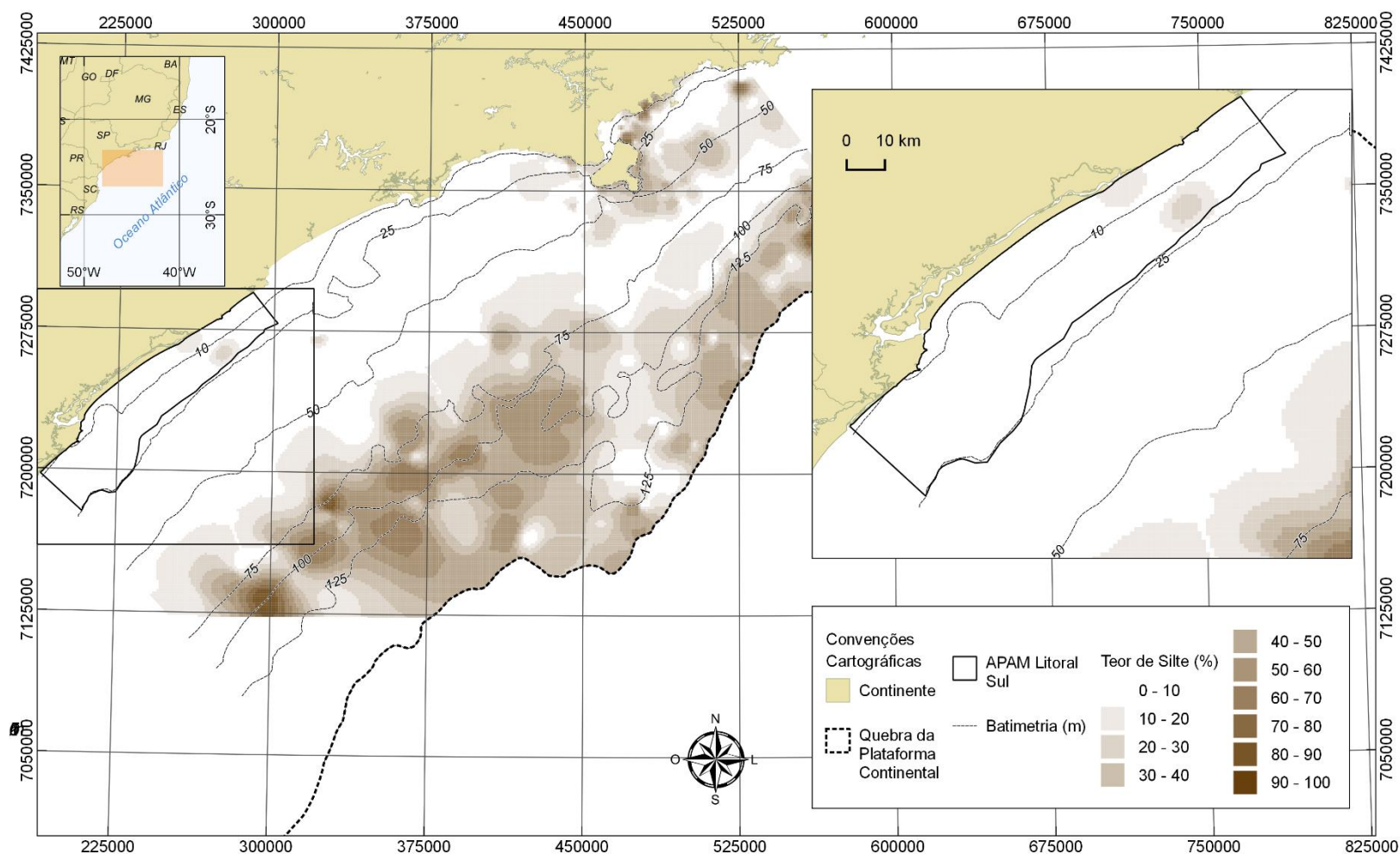


Figura 3.1.2.1.1-15 – Mapa da distribuição espacial do teor de silte (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLS. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP.

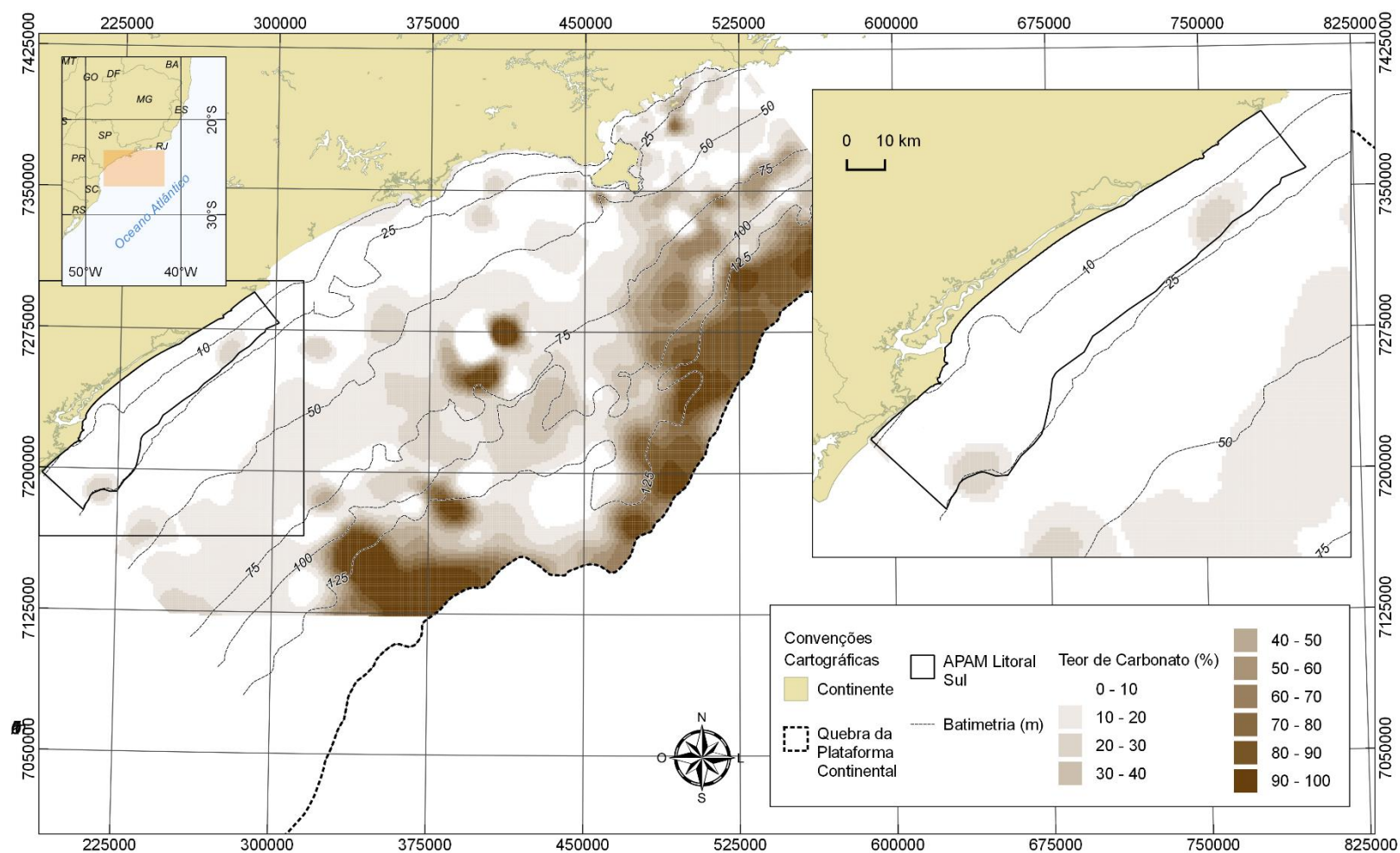


Figura 3.1.2.1.1-16 – Mapa da distribuição espacial do teor de carbonato (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLS. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP.

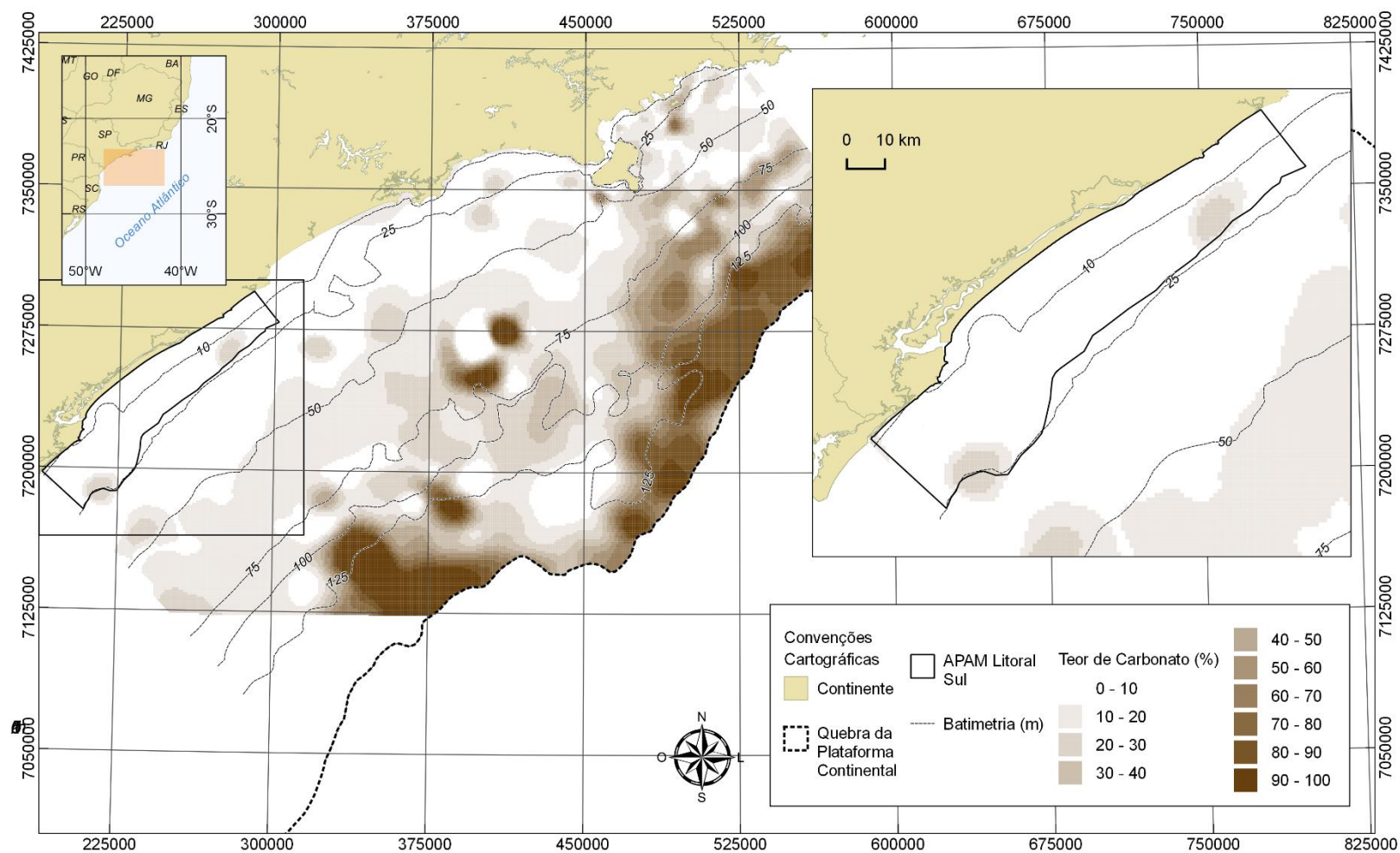


Figura 3.1.2.1.1-17 – Mapa textural da plataforma continental do Estado de São Paulo, com detalhamento na região da APAMLS. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP.

■ Progradação e erosão costeira

Diante da relevância do tema, associado às mudanças climáticas, para a gestão da APAMLS, foi dada atenção especial ao mesmo neste Diagnóstico, ponto abordado também como relevante no Diagnóstico Participativo (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014). Este tema está conectado com os temas detalhando as fragilidades geotécnicas e áreas de risco do presente Diagnóstico do meio físico.

O ângulo de incidência das ondas na praia determina 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, pois promove o retrabalhamento e distribuição dos sedimentos ao longo da costa (TAGGART e SCHWARTZ, 1988; KOMAR, 1991).

A Figura 3.1.2.1.1-18 apresenta a variação sazonal da distribuição da deriva potencial no litoral sul, calculada por Silva (2014). Ainda que exista uma predominância na deriva litorânea para NE, observam-se importantes inversões sazonais para SW, que desempenham papel fundamental no balanço sedimentado de toda a região, em especial na Ponta da Praia da Ilha Comprida, que vem sofrendo um processo de progradação desde, pelo menos, o final do século XIX (TESSLER & MAHIQUES, 1993).

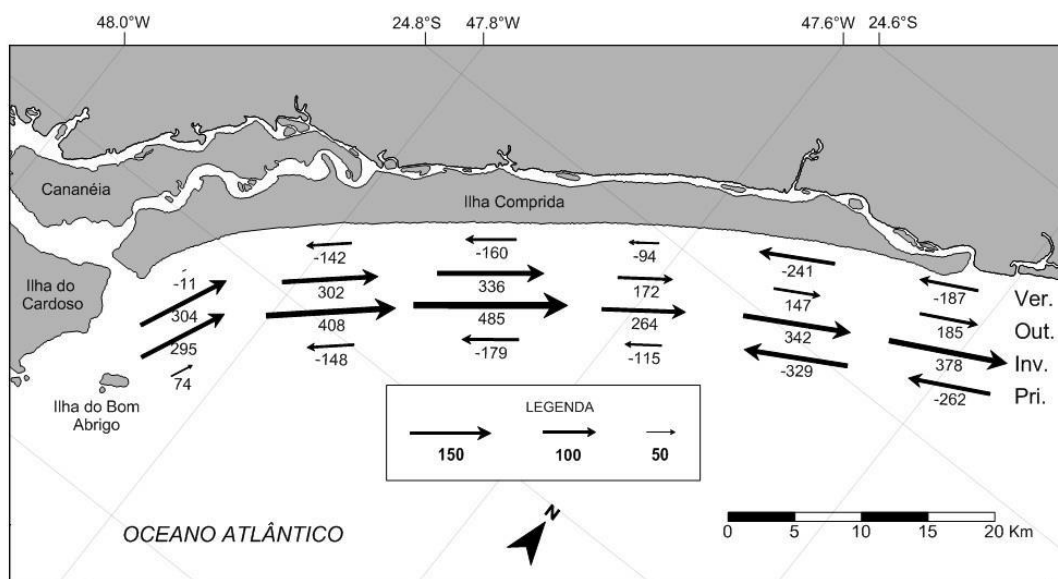


Figura 3.1.2.1.1-18 - Mapa com a direção preferencial sazonal das correntes de deriva litorânea potencial no Litoral Sul – valores adimensionais. Fonte: SILVA (2014).

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 à zero) haverá o equilíbrio do sistema praial.

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 praial, 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 praial, essa situação é decorrente de diversos mecanismos e fenômenos que podem ser atribuídos a processos naturais e fatores antrópicos (SOUZA & SUGUIO, 1996; SOUZA, 1997).

De maneira geral, o Litoral Sul apresenta praias dissipativas de alta energia e de orientação NE-SW, portanto abertas para os sistemas de ondas de maior energia provenientes de S-SSE. As planícies costeiras e a plataforma continental são amplas e de baixos gradientes topográficos. Estão presentes os arcos praias mais extensos do litoral paulista, formando dois segmentos retilíneos e quase ininterruptos com cerca de 70 km de extensão cada. O sedimento das praias é bem selecionado, predominantemente composto por areia fina ou muito fina (SOUZA, 2012).

É possível observar a presença de paleodunas e dunas bem desenvolvidas, como na Ilha Comprida, onde os depósitos eólicos que compõem o sistema praia-duna ocorrem principalmente como franjas de areia eólica e dunas frontais exibindo morfologias em cordão, terraço, rampa e nebkas (GUEDES, 2009). Esses depósitos estão associados com o crescimento mais moderno da ilha devido aos mecanismos de deriva litorânea, com sentido predominante para NE no setor centro-norte da ilha, e com sentido inverso na sua extremidade sul (GUEDES, 2009).

Evolução da Ilha Comprida

Suguio & Martin (1978) apresentaram um modelo para evolução geológica da Ilha Comprida durante o Holoceno. Após o primeiro estágio de nível do mar (5500 AP), período o qual apenas a região do Morrete estava emersa, a ilha cresceu em direção a NE. Tal crescimento é percebido através de cristas praias ao longo da porção mais interna da ilha atual. Durante um pequeno evento transgressivo (3500 AP), as cristas foram parcialmente erodidas, seguidas da construção das cristas praias externas atuais.

Guedes et al. (2011) propuseram outro modelo de evolução para a Ilha Comprida, baseados em cinco fases distintas de evolução (Figura 3.1.2.1.1-19).

Os autores apontam que a ilha começou como uma barreira transgressiva do Holoceno há 6000 anos antes do último máximo do nível relativo do mar. Após essa fase inicial, houve uma progradação até 5000 A.P., com rápido crescimento tanto longitudinal quanto transversal, pela adição de cordões litorâneos. Entre 5000 e 1900 A.P., a evolução se deu de maneira branda, com

baixa engorda transversal e longitudinal (5,2 a 6,9 metros/ano). A partir de 1900 A.P. até aproximadamente 500 A.P., um processo de engorda transversal de toda a ilha se estabelece, devido ao bloqueio longitudinal da ilha na porção NE, devido à presença dos morros próximos a Iguape.

Depois de um relativo período de estabilidade entre 500 e 200 A.P., devido provavelmente às variações no regime de ventos e ondas, a ilha vence o obstáculo natural e volta a apresentar um crescimento longitudinal acelerado para NE, sendo tal situação presente até os dias atuais. Os autores ainda sugerem a intensificação deste processo após a abertura do canal artificial do Valo Grande e o aumento da capacidade de retenção de sedimentos devido ao efeito de molhe hidráulico

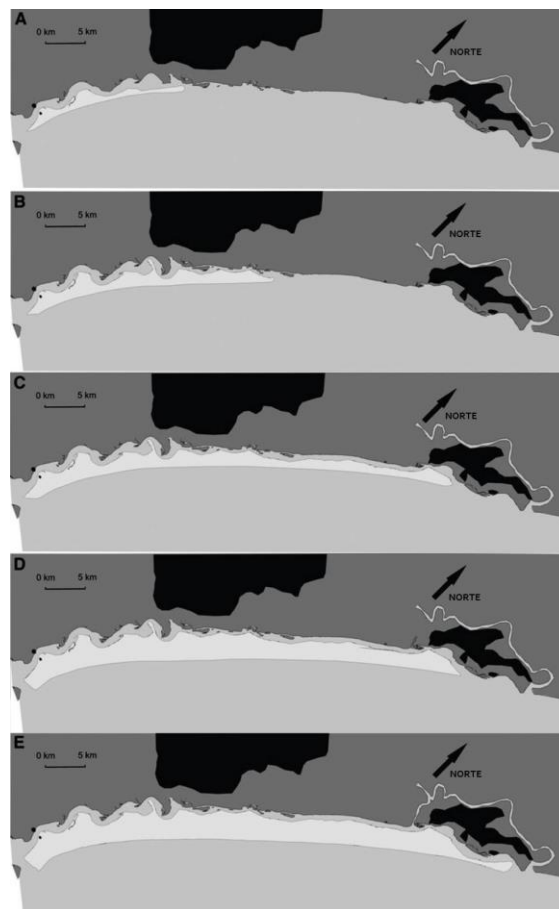


Figura 3.1.2.1.1-19 - Modelo evolutivo para a ilha proposto por Guedes et al. (2011), com cinco estágios de crescimento relacionados com variações do nível do mar relativo ao quaternário. A: Primeira fase (6000 AP); B: Segunda fase (5000AP); C: Terceira fase (1900 AP), D: Quarta fase (200 AP); E: Quinta fase (Presente). Fonte: Guedes et al. (2011).

Dependendo das condições meteorológicas e das diferenças na energia de ondas, as praias podem assumir temporariamente estados morfodinâmicos intermediários (SOUZA, 1997), como também destacado por Marquez (2007) para a porção sul da Praia da Ilha Comprida.

Por outro lado, a erosão acelerada nos segmentos centro-sul das praias da Ilha Comprida e da Juréia, tem provocado nesses locais a modificação permanente do estado morfodinâmico da praia, passando a predominar o intermediário (SOUZA, 1997; NASCIMENTO Jr. 2006; BENTZ, 2004).

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 3.1.2.1.1-1** mostra a classificação para as praias que estão localizadas no interior da APAMLS. Os valores variam de muito baixo a muito alto.

Quadro 3.1.2.1.1-1 – Risco de erosão costeira para as praias localizadas no interior da APAMLS. Fonte: Souza (2009)

Praia	Município	Risco de erosão
Una	Iguape/Peruíbe	Médio
Itacolomi	Iguape	Muito Alto
Rio Verde	Iguape	Médio
Juréia	Iguape	Muito Alto
Leste	Iguape	Muito Alto
Ilha Comprida	Ilha Comprida	Muito Alto
Cambriú	Cananeia	Baixo
Ararapira	Cananeia	Alto

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.

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. Esse aumento 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 reestabelecimento do equilíbrio.

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 (Figura 3.1.2.1.1-20):

- 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 no compartimento mais ao sul da costa (Ilha do Cardoso – Serra do Itatins), onde se encontra o setor Maratayama da APAMLS.

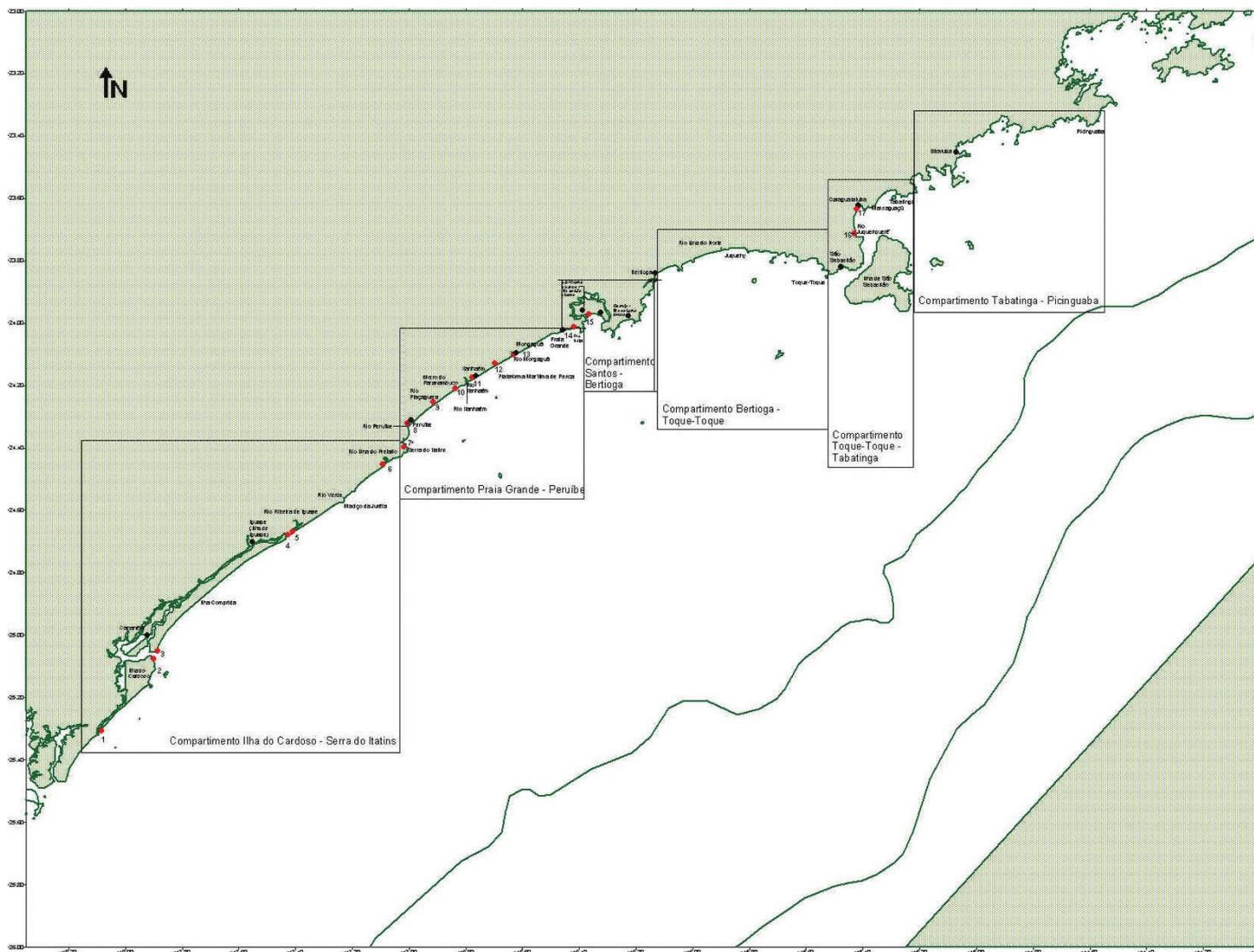


Figura 3.1.2.1.1-20 – Compartilhamento do litoral paulista com base no seu estado morfodinâmico, segundo Tessler *et al.* (2006).

Compartimento Ilha do Cardoso - Serra do Itatins

Este compartimento compreende o Sistema Cananeia-Iguape e os setores Barra do Ribeira - Maciço da Juréia e Rio Verde - Barra do Una, que estão situados na Planície Costeira Cananeia-Iguape. Este compartimento engloba ainda a planície do Guaraú que está encaixada na Serra do Itatins.

A configuração geográfica do Sistema Cananeia-Iguape é representada por quatro ilhas (Cardoso, Comprida, Cananeia e Iguape) separadas entre si por sistemas de canais e rios (canal de Ararapira; baía de Trapandé; mares de Cubatão, Cananeia e Pequeno/ Iguape; Valo Grande e rio Ribeira de Iguape) que se comunicam com o oceano por desembocaduras denominadas, do sul para norte: Ararapira, Cananeia, Icapara e Ribeira de Iguape sendo esta última a foz do rio principal desta região e mesmo do litoral paulista.

Os setores Barra do Ribeira - Maciço da Juréia e Rio Verde - Barra do Una estão situados a norte da foz do Ribeira de Iguape e são separados entre si pelo Maciço da Juréia. A principal drenagem destes setores é o Rio Una do Prelado, localizado no setor Rio Verde-Barra do Una, na Estação Ecológica Juréia-Itatins.

A média do total pluviométrico anual deste compartimento fica em torno de 2000 mm, com invernos mais secos. A área compreendida entre os maciços da Juréia e a serra dos Itatins forma um conjunto de grande pluviosidade (média de 3000 mm) que decresce em direção à Iguape e volta a aumentar até Cananeia, com total anual em torno de 2.500 mm.

As praias apresentam características dissipativas, sendo extensas, planas, compostas por areias finas a muito finas e com larga zona de arrebentação. Neste compartimento as praias são, em geral, estáveis, regidas por uma resultante geral do transporte sedimentar rumo nordeste. Os segmentos praias em desequilíbrio estão em localizados nas ligações do Sistema Cananeia-Iguape com o mar, ou seja, nas desembocaduras de Ararapira, Cananeia, Icapara e foz do rio Ribeira de Iguape. Estes trechos de praia são tidos como muito instáveis, apresentando modificações morfodinâmicas em pequeno espaço de tempo.

A nordeste da Praia da Juréia, o predomínio de sentido da deriva litorânea retoma o rumo nordeste. A foz do rio Una do Prelado causa alteração nas correntes costeiras, porém em menor proporção do que o Ribeira de Iguape. Estas praias também são consideradas estáveis com exceção do trecho próximo à desembocadura do Rio Una do Prelado.

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. Os autores identificaram 19 pontos de instabilidade ao longo da costa do Estado de São Paulo.

Corroborando os estudos de Tessler *et al.* (2006), foram analisadas imagens de satélite ao longo da linha de costa da APAMLS, para avaliar a evolução sedimentar das desembocaduras dos rios e lagoas no interior da APAMLS. Assim como apontado por Tessler *et al.* (2006), foram identificadas 4 regiões de desembocaduras que vêm sofrendo processos de erosivo-deposicionais. Essas regiões

são detalhadas a seguir. As imagens de desembocaduras que não apresentaram alterações significativas estão disponíveis no **ANEXO 3.1-4**.

Desembocadura do Canal de Ararapira

O canal de Ararapira é um dos canais pertencentes ao sistema Iguape – Cananeia que separam a Ilha do Cardoso do continente na porção sul do litoral paulista. Este canal é separado do mar aberto por um esporão arenoso (conhecido localmente como Praia de Ararapira), com cerca de 18 km de comprimento, direção NE, ancorado na Ilha do Cardoso (Tessler & Mahiques, 1993).

Os trabalhos de Tessler (1988), Tessler & Mahiques (1993) e Mihály (1997) apontaram para esta região, a ocorrência do crescimento da praia de Ararapira rumo SW. Em primeira análise, esse crescimento sugere a existência de uma corrente de deriva litorânea predominante para SW, quando de fato esta deriva tem rumo resultante NE. Segundo Tessler *et al.* (2006) o sedimento seria armazenado junto à margem mais a sul da desembocadura, criando nesta um pequeno esporão. Este barramento seria causado pela ação de molhe hidráulico criado pela saída do canal de Ararapira, sobretudo em épocas de maior pluviosidade ou de aprisionamento de água dentro do sistema lagunar. O canal de Ararapira teria um regime muito similar ao existente no ambiente fluvial sendo, entretanto controlado pela ação das marés (sobretudo a vazante que tem direção predominante SW). Esta espécie de regime fluvial cria na porção interna do canal, margens convexas (de deposição) e côncavas (de erosão;) - Figura 3.1.2.1.1-21.

O material sedimentar que seria responsável pelo aumento do esporão arenoso proviria da margem côncava do canal, sendo retrabalhado e em seguida depositado ou diretamente nas margens convexas ou em bancos arenosos associados a estas margens.

Angulo *et al.* (2009) avaliaram os processos erosivo-deposicionais ao longo do Mar de Ararapira e apontaram a possibilidade da formação de uma nova barra no estreitamento do esporão do Ararapira, próximo à vila da Enseada da Baleia, em um período de poucos anos (entre 2012 e 2016). Segundo os autores, esse evento causaria o assoreamento da barra atual, forte erosão na costa oceânica próxima à mesma e progradação equivalente à erosão nas costas oceânicas próximas à nova barra. Haveria assim, importantes transformações na configuração e características do estuário e das costas próximas à atual e à nova barra, com implicações para os moradores das vilas próximas, na administração das unidades de conservação do Parque Nacional do Superagui e do Parque Estadual da Ilha do Cardoso.

A Figura 3.1.2.1.1-22 mostra a evolução da Barra de Ararapira entre 2013 e 2016 por imagens de satélite. Observa-se a clara progradação da porção sul da Ilha do Cardoso para SW, bem como os processos de erosão na porção interna e o assoreamento na desembocadura, como apontado por Angulo *et al.* (2009). Contudo, as imagens de satélite da mesma figura mostram que a previsão de rompimento da barra de Ararapira e formação de uma nova desembocadura do Mar de Ararapira não havia se concretizado até julho de 2016. Entretanto, em comunicação pessoal, a FF informou em novembro de 2016 que os eventos de ressacas recentes aumentaram os processos erosivos e o cordão arenoso apresentava reduzida largura, estando em iminência de rompimento.

Souza (2015) relatou as variações que vem ocorrendo no esporão arenoso próximo a enseada da Baleia, no monitoramento realizado desde julho de 2007. Os principais resultados observados pela autora se encontram no **Quadro 3.1.2.1.1-2**

Quadro 3.1.2.1.1-2 – Principais fases de variação temporal dos processos sedimentares no esporão arenoso próximo a enseada da Baleia. Fonte: Souza (2015)

PERÍODO	Nº MESES	EROSÃO LAGUNAR (m)	LARGURA ESPORÃO (m)	PROGRADAÇÃO LINHA DE COSTA (m)	TX EROSÃO		TX ESPORÃO		TX COSTA	
					m/mês	m/ano	m/mês	m/ano	m/mês	m/ano
JUL/07-DEZ/10	41	4,00	3,00	7,00	0,10	1,17	0,07	0,88	0,17	2,05
DEZ/10-JAN/12	13	1,60	-1,10	0,50	0,12	1,48	-0,08	-1,02	0,04	0,46
JAN/12-JAN/14	24	3,50	1,10	4,60	0,15	1,75	0,05	0,55	0,19	2,30
JAN/14-SET/14	8	0,70	-0,70	0,00	0,09	1,05	-0,09	-1,05	0,00	0,00
SET/14-MAI/15	8	0,60	2,10	2,70	0,08	0,90	0,26	3,15	0,34	4,05
Média ponderada		1,49	0,63	2,11	0,11	1,37	0,02	0,28	0,15	1,65

Souza (2015) indica as seguintes conclusões sobre os resultados obtidos (Quadro 3.1.2.1.1-2):

- A taxa de erosão da margem lagunar cresceu progressivamente entre julho/2007 e janeiro/2014, passando de 0,10 para 0,15 m/mês ou 1,17 para 1,75 m/ano, portanto a uma razão de 1,5. Entre janeiro/2014 e maio/2015 as taxas erosivas despencaram para 0,09-0,08 m/mês ou 1,05-0,90 m/ano, à razão de 1,7.
- A taxa de variação da margem oceânica apresentou padrão cíclico com intercalação de pulsos deposicionais e de estabilidade (ou erosivos sob balanço sedimentar positivo), de forma a não apresentar situações resultantes de recuo da linha de costa. Durante as fases de progradação as taxas variaram de 0,17 a 0,34 m/mês ou 2,05 a 4,05 m/ano, portanto a uma razão de 2,0 (dobro). Durante as fases de estabilidade (ou erosivas sob balanço sedimentar positivo), as taxas foram nulas ou quase nulas, de 0,0 a 0,07 m/mês ou 0,0 a 0,86 m/ano.
- A largura do esporão arenoso também seguiu uma tendência oscilatória, sendo que durante os pulsos de progradação da margem oceânica ela variou de 0,07 a 0,26 m/mês ou 0,88 a 3,15 m/ano, portanto a uma razão de 3,6. Durante os períodos de estabilidade (ou erosivos sob balanço sedimentar positivo) da costa oceânica, as taxas foram negativas (-0,13 a -0,04 m/mês ou -1,6 a -0,51 m/ano, a uma razão de 3,2), as com pouca redução da largura.
- No cômputo dos 8 anos, a taxa média de erosão (0,11 m/mês ou 1,37 m/ano) se apresentou pouco menor do que a taxa média de progradação da linha de costa (0,14 m/mês ou 1,65 m/ano).

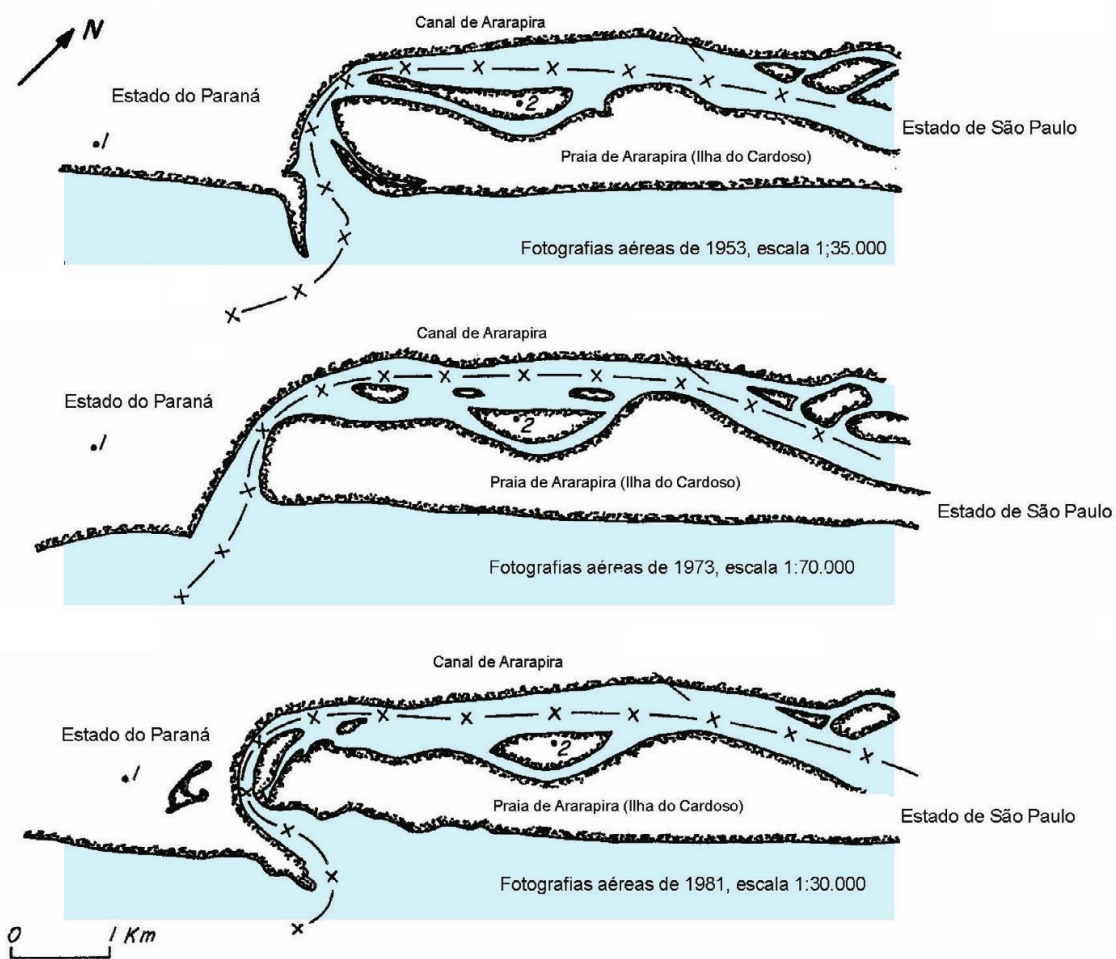


Figura 3.1.2.1.1-21 – Instabilidade no processo sedimentar verificado na Barra de Arapira. Fonte: Tessler & Mahiques (1993).

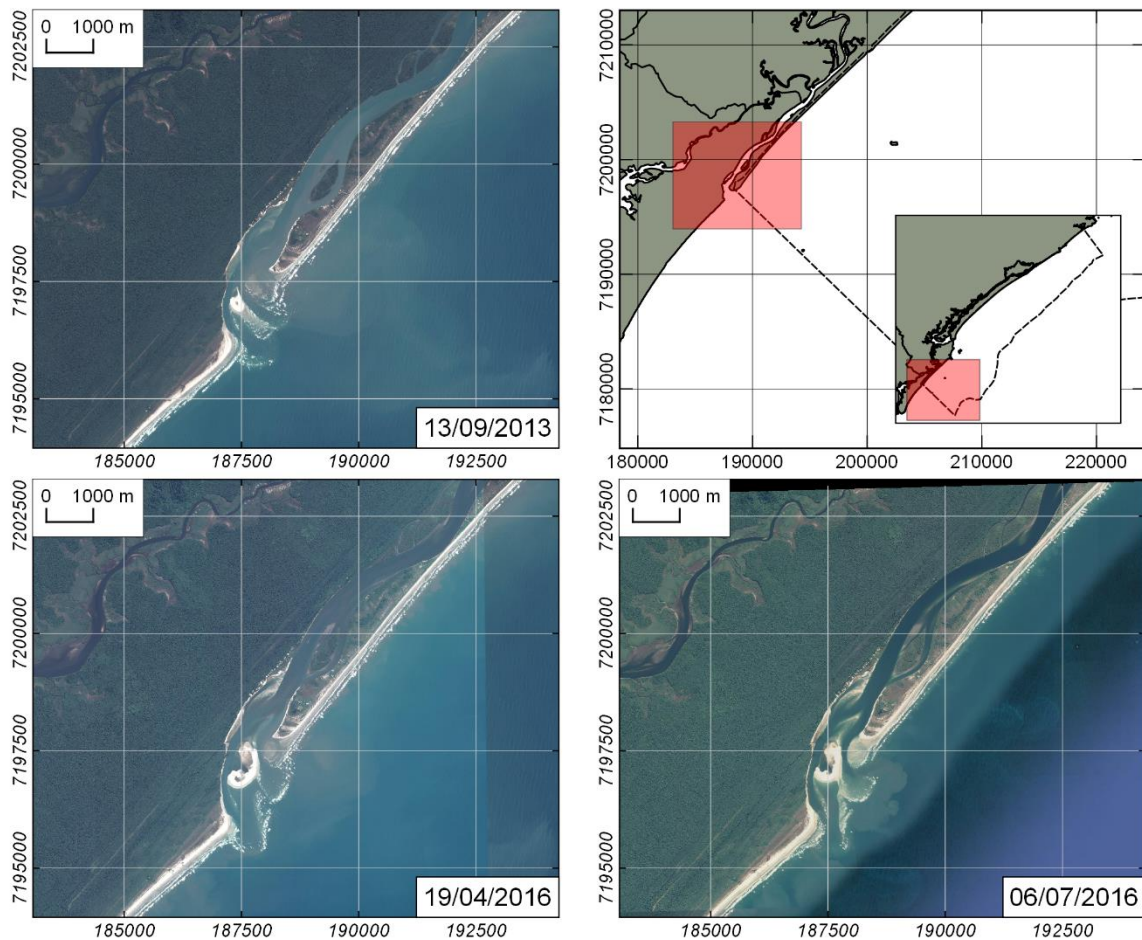


Figura 3.1.2.1.1-22 – Evolução da dinâmica sedimentar da Barra de Arapira. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

Desembocadura da Barra de Cananeia

A barra de Cananeia é a desembocadura do sistema Iguape – Cananeia que separa as Ilhas do Cardoso da Ilha Comprida. A ilha do Cardoso neste ponto tem a presença de afloramento do Embasamento Cristalino e praias de pequena extensão e largura. Já a Ilha Comprida é a maior ilha marítima do estado de São Paulo, possuindo cerca de 100 km de extensão e largura variável, com orientação NE. Na barra de Cananeia, Tessler *et al.* (1990) mostrou uma tendência muito generalizada de avanço da porção leste da ilha do Cardoso e erosão na porção oeste da Ilha Comprida - Figura 3.1.2.1.1-23. O sentido de deriva resultante é para NE, o que faz com que os sedimentos provenientes de sul sejam retidos, pelo mesmo processo de molhe hidráulico verificado na saída do canal de Arapira, na ilha do Cardoso. A interação entre variações na maré (regimes de enchente e vazante) e ação de ondas e correntes litorâneas faz com que se formem bancos arenosos, que crescem até um limite de agradação máximo quando os mesmos processos que os formaram, passam a destruí-los. A corrente litorânea distribui a carga sedimentar (sedimentos erodidos na parte interna do sistema lagunar e da plataforma interna e submersos) ao longo da praia de Fora, na Ilha Comprida. Tessler (1988) sugere a existência de uma alternância de processos erosionais/deposicionais, ou seja, ação de uma dinâmica *onshore* – *offshore* nesta praia com a eventual formação de bancos submersos na Ponta de Fora (extremo sul da Ilha Comprida), o

que difere de Souza (1997) que aponta um sentido de transporte NE único para toda a Ilha Comprida.

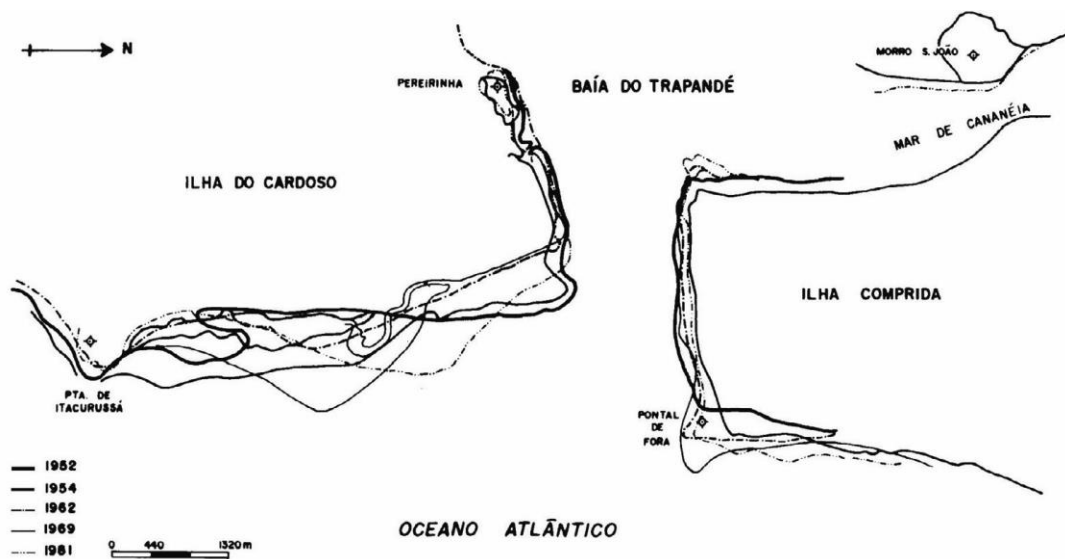


Figura 3.1.2.1.1-23 – Instabilidade na morfologia das extremidades das ilhas do Cardoso e Comprida na Barra de Cananeia. Fonte: Tessler *et al.* (1990).

Desembocadura do Rio Ribeira de Iguape / Barra de Icapara

A Barra de Icapara divide as ilhas Comprida e Iguape. A Ilha Comprida é caracterizada neste local por um pontal arenoso em processo de agradação, pelo menos desde o final do século XIX. Este crescimento se mantém no rumo geral da ilha exceto pela extremidade que apresenta uma rotação para norte. Em contrapartida, a Ilha de Iguape apresenta um processo erosivo acentuado. Ambos os processos ocorrem em situação muito semelhante àquela que existe na barra de Arapira (TESSLER & MAHIQUES, 1993). Segundo estes autores, o que diferencia ambos os canais é justamente a direção do fluxo de maré vazante que, nesta barra, predomina para o rumo NE (concordando com a direção de crescimento da Ilha Comprida). Geobrás (1966) apontou crescimento na Ilha Comprida da ordem de 35m/ano e um recuo na Ilha de Iguape de aproximadamente 32 m/ano. A dinâmica local na desembocadura associada a progradação da Ilha Comprida e erosão da Ilha de Iguape resultou na erosão da antiga praia do Leste, hoje restrita a uma pequena faixa de areia. Em preamar, antigas casas são alcançadas pelo mar.

A ação conjunta do deságue da desembocadura da Barra de Icapara (um molhe hidráulico reforçado pela criação do Valo Grande) e de ondas incidentes no local barram a tendência regional de transporte sedimentar para NE - Figura 3.1.2.1.1-24 - e criam bancos arenosos submersos defronte à Ilha Comprida e, também, paralelos à mesma (TESSLER & MAHIQUES, 1993).

Próximo à cidade de Iguape (SP), situa-se o canal artificial do Valo Grande, que liga a calha original do rio Ribeira de Iguape à região do Mar Pequeno, no litoral sul paulista. Este canal foi escavado em 1852 com a finalidade de facilitar o transporte da carga e escoamento dos produtos do Vale do Ribeira entre o porto do Ribeira e o porto de Iguape. Sua largura inicial era de 4,40 m sendo que

após 130 anos, esta largura atingia 235 m e profundidade máxima de 7 m. O Rio Ribeira de Iguape adotou o valo como seu leito principal, escavando e carreando grandes volumes de material em suspensão e sedimentos para o Mar Pequeno, destruindo, por erosão de suas margens, parte da cidade de Iguape e assoreando seu porto. Com o Valo Grande aberto, a barra do Ribeira de Iguape evoluía de maneira não regular, parecendo avançar e retroceder ciclicamente em torno de uma posição média. O Mar Pequeno encontrava-se bastante assoreado, principalmente em frente à Iguape, embora este assoreamento fosse mais lento na década de 60 do que no passado, quando se formaram os bancos arenosos.

O Valo Grande foi fechado em agosto de 1978 e as águas do rio foram desviadas para a calha original. Esta situação perdurou até 1983 quando as enchentes do Ribeira destruíram as obras de fechamento do Valo Grande. A partir desta data, o rio Ribeira de Iguape voltou a desaguar diretamente no Mar Pequeno, impactando a circulação costeira, deriva litorânea e os processos sedimentares associados.

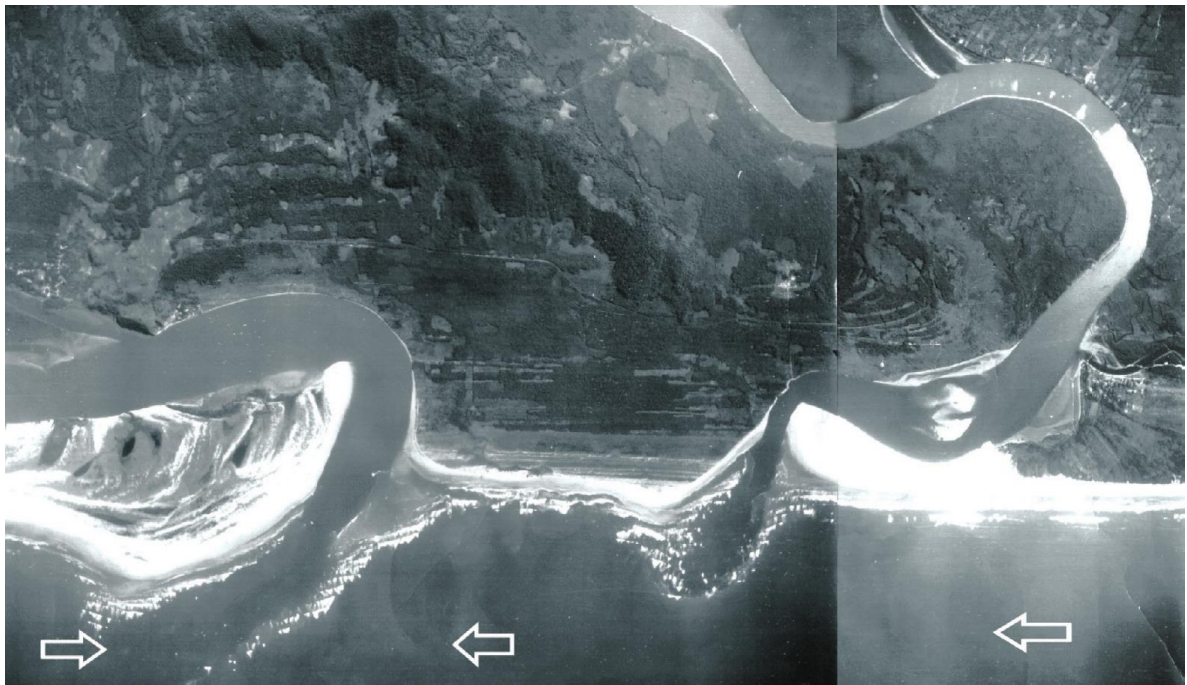


Figura 3.1.2.1.1-24 - Sentido de deriva preferencial na região entre a Ilha Comprida e a foz do Rio Ribeira de Iguape. Fonte: Tessler et al. (2006).

A foz do rio Ribeira de Iguape se separa da barra de Icapara por um pequeno trecho de cordões arenosos e impacta diretamente a circulação local das correntes costeiras. A deriva litorânea na Ilha Comprida tem sentido preferencial rumo NE até a Barra de Icapara. Na foz do Ribeira de Iguape, mas a interação da desembocadura fluvial com o mar causa a inversão local da deriva litorânea para SW na região adjacente à foz e também na Praia da Juréia, que se localiza a norte da desembocadura do Ribeira de Iguape (PONÇANO, 1976). Tessler & Mahiques (1993) apontaram a existência de um esporão arenoso, que obstrui parcialmente a desembocadura do rio, e o cíclico rompimento do mesmo. O rompimento estaria relacionado à ação de marés de sizígia excepcionalmente fortes junto a grandes descargas fluviais. O sentido de crescimento deste

esporão teria rumo SW, acompanhando a resultante das correntes costeiras neste ponto do litoral (GEOBRAS, 1966). Contudo, há controvérsias em relação ao sentido de crescimento deste esporão arenoso. IPT (1994) acredita não haver um sentido predominante de crescimento para toda a região adjacente à desembocadura do rio.

Yoshikawa (2001) apontou a tendência de fechamento em forma de golfo, formato este explicado pelo represamento de água causado pela passagem de frentes frias e pela deposição nas margens do rio em condições de pós-frontal.

Souza (1997) sugere que esta região pode ser considerada como passagem de sedimentos entre a praia da Juréia e a Ilha Comprida, estando sujeita à ação das desembocaduras do rio Ribeira de Iguape e da Barra de Icapara. A movimentação de sedimentos, segundo a autora, obedece a pequenas células de deriva para NE no verão e SW no inverno.

Ponçano *et al.* (1995) afirma que a erosão na porção sudoeste da Praia da Juréia foi resultante da retirada de um campo de dunas que representava uma barreira natural. Este estudo mostra, na barra do Ribeira de Iguape e adjacências, áreas preferenciais de erosão e deposição (Figura 3.1.2.1.1-25).

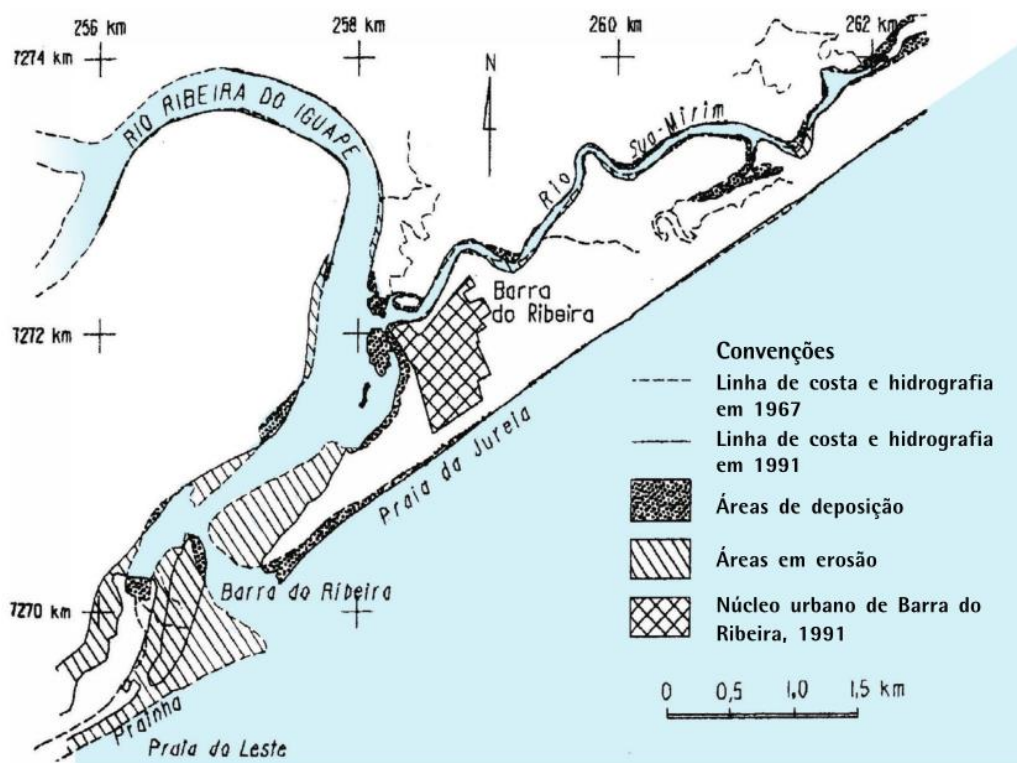


Figura 3.1.2.1.1-25 - Áreas preferenciais de sedimentação na barra do Rio Ribeira de Iguape. Fonte: Ponçano *et al.* (1995)

A Figura 3.1.2.1.1-26 mostra a evolução da linha de costa na região da desembocadura norte do Lagamar entre 2001 e 2013, onde se observam os processos de erosão e aggradação descritos acima. Através desses dados foi possível calcular a taxa de crescimento da Ilha Comprida nos

intervalos descritos. Entre 2001 e 2010 a taxa de crescimento da ilha foi de aproximadamente 7,76 ha/ano. Considerando o período total, 2001 – 2013, essa taxa cai para 6,67 ha/ano, o que sugere uma desintensificação desse processo no final do registro. Corroborando esse cômputo, a taxa de acreção da Ilha Comprida entre 2010 e 2013 foi de aproximadamente 3,47 ha/ano.

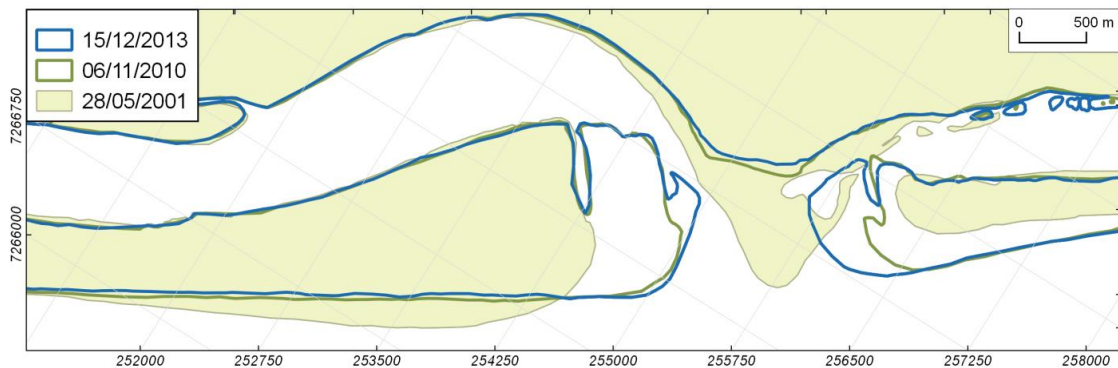


Figura 3.1.2.1.1-26 – Evolução da desembocadura norte do Lagamar entre 2001 (área sombreada) e 2013 (linha azul). A linha verde representa a configuração da linha de costa em 2010. Fonte de dados: digitalização de imagens de DigitalGlobe via Google Earth Pro.

As imagens de satélite evidenciam o padrão de variação proposto por Tessler *et al.* (2006). Observa-se que entre os anos de 1962 e 2013 a geomorfologia da desembocadura norte do Lagamar mudou muito. No caso da Ilha Comprida, os processos de erosão e progradação, fundamentais para o desenvolvimento da fisiografia atual da ilha, continuam atuando e promovendo a alteração da linha de costa. A **Figura 3.1.2.1.1-27** mostra a evolução da Ponta da Praia desde 1962, quando a taxa de acreção dessa porção da Ilha Comprida estava acentuada.

No início da década de 1960 a desembocadura do Mar Pequeno ocupava uma posição a SW da sua posição atual, com leito mais estreito e um meandramento mais acentuado. A Barra de Icapara apresentava maior extensão zonal e se projetava mais para sul, em direção ao oceano. Em 2001, a morfologia da região já se apresentava bem alterada. A Ponta da Praia crescera no sentido NE, o leito do Mar Pequeno estava mais largo e com meandramento mais suave e a Barra de Icapara se transformara num pontão, mas ainda separava a Ilha Comprida da Ilha de Iguape, ambas apresentando um crescimento convergente.

Em 2010, o cenário continuava se alterando. A Ilha Comprida avançou mais em direção a Ilha de Iguape. A face oceânica da Ponta da Praia sofreu um processo de erosão, deixando a linha de costa mais retilínea. Um processo de erosão muito importante pode ser observado na Barra de Icapara, que se apresenta muito recuada em comparação a 1962.

A imagem do painel superior mostra que, em 2013, os processos de erosão e progradação mantiveram a mesma tendência. As ilhas Comprida e Iguape se aproximaram mais devido aos processos de acreção dos cordões arenosos de ambas as ilhas, enquanto a linha de costa da Barra de Icapara recuou devido aos processos de erosão. A face oceânica da porção norte da Ilha Comprida continuou sendo erodida.

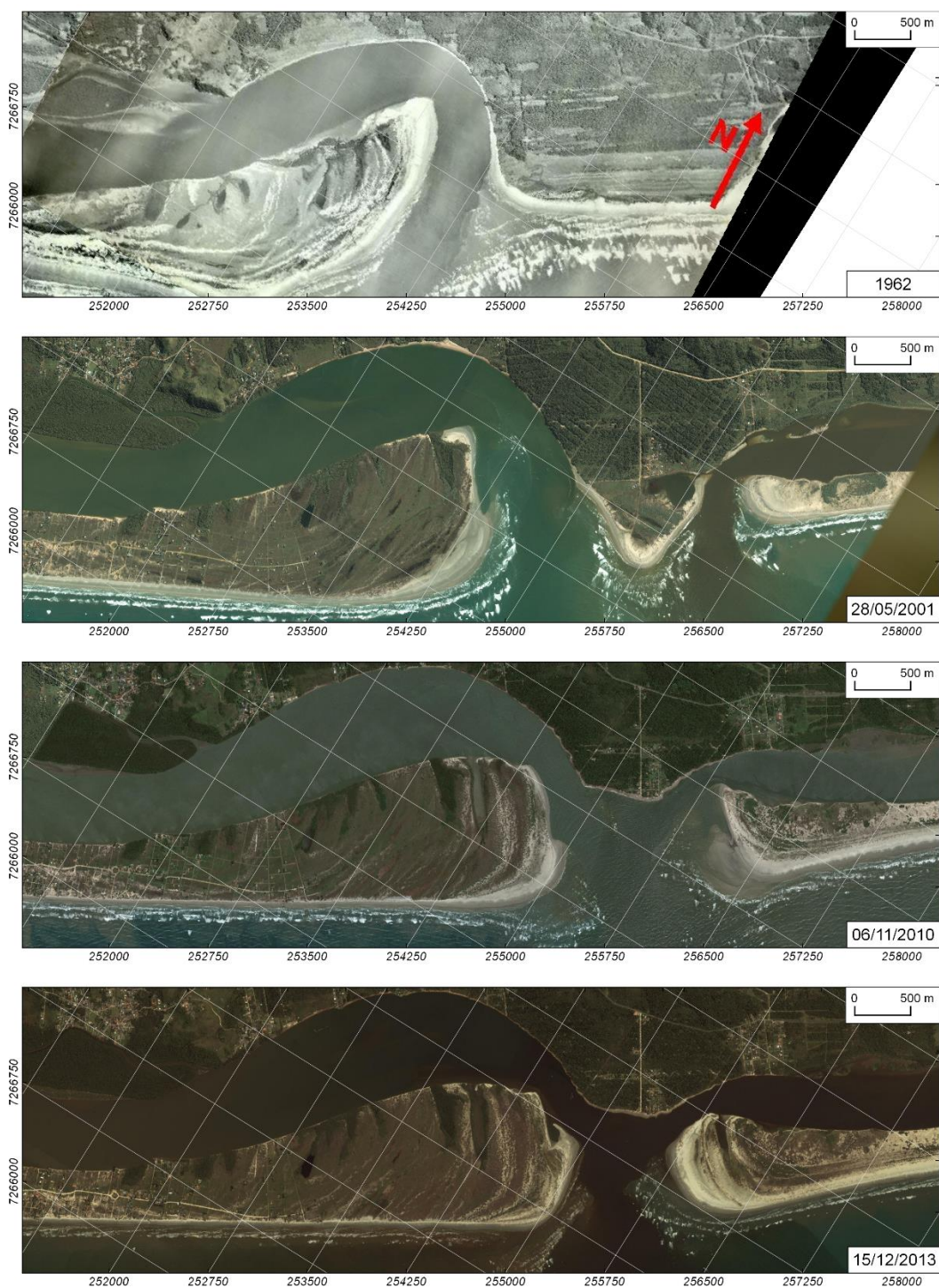


Figura 3.1.2.1.1-27 – Evolução da desembocadura do Mar Pequeno e da Ponta da Praia da Ilha Comprida. Fonte de dados (2001 a 2013): DigitalGlobe via Google Earth Pro. Fonte da imagem de 1962: Nascimento Jr. (2006).

Desembocadura do Rio Una do Prelado

O Rio Una do Prelado corresponde à maior rede de drenagem da região da Juréia e é a mais importante bacia de captação dos diversos rios que descem a vertente atlântica da Serra do Itatins. Percorre aproximadamente 4,4 km, desde a restinga situada na porção interna da praia da Juréia,

circundando o Maciço da Juréia e, seguindo pela planície, até a sua foz na praia da Barra do Una. Suas margens são majoritariamente dominadas por mangues e sua profundidade média é em torno de 3 m.

Por volta de 1958, houve a abertura de um canal no baixo curso do rio com a finalidade de encurtar um percurso de cerca de 10 km na navegação. Este canal, que possuía cerca de 50 m de largura, cortou um cordão praial, criando uma ilha denominada Ilha do Ameixal. A abertura deste canal (atualmente com 400 m de largura) trouxe modificações para o Rio Una.

O novo canal passou a ser o leito preferencial do rio, promovendo o assoreamento de áreas de mangue e da própria barra do rio, modificando a morfologia do estuário na foz. Por ocasião da maré vazante, o rio torna-se extremamente raso, impossibilitando a navegação até de pequenos botes.

Menezes (1994) estudou características sedimentológicas e hidrológicas do Rio Una e afirmou que, na Volta Morta (antigo leito preferencial), estaria havendo a deposição predominante de silte, enquanto o sedimento do restante do leito do rio é predominante composto por areia fina a muito fina. Os teores de CaCO_3 (de até 17%) e matéria orgânica (10 a 12%) na Volta Morta são mais altos que no restante do curso do rio, que apresenta valores de 4% em média para os dois parâmetros. A matéria orgânica encontrada na Volta Morta é, em geral, depositada “in situ”. Os minerais pesados encontrados por todo o leito do rio são oriundos da Serra da Juréia, onde nascem alguns dos afluentes da margem direita do Rio Una.

Menezes (1994) chamou a atenção, ainda, quanto a pouca atuação das correntes de fundo na remoção dos sedimentos finos, sobretudo na foz do rio. A maré é bastante atuante no leito do rio por pelo menos 5 km, a partir da foz.

A praia da Barra do Una apresenta areia fina e bem selecionada, deriva litorânea rumo NE e pode ser classificada como uma praia dissipativa. As modificações impostas ao rio Una do Prelado estão causando agradação da mesma, fato este observado pelos técnicos da EEJI e moradores (Figura 3.1.2.1.1-28). Estas modificações estão causando ainda uma pequena inversão no transporte local de sedimentos (rumo SW) na praia que fica à esquerda do rio.

Menezes (1994) relata que, segundo informações dos moradores locais, a erosão é acentuada na praia da Juréia onde a destruição do Cemitério do Prelado é uma das maiores evidências deste processo. A autora aponta a necessidade de conscientização dos moradores locais sobre a não fixação de moradias e demais serviços em áreas muito próximas ao mar.

As imagens de satélite da **Figura 3.1.2.1.1-29** mostram a evolução da desembocadura do Rio Una do Prelado entre 2002 e 2015. A comparação dessas imagens com a fotografia aérea de 1962 () evidencia o quanto a geomorfologia local se alterou nas últimas décadas. Confirmando os processos descritos por Tessler *et al.* (2006), observa-se um importante processo de erosão nas duas margens da desembocadura do Rio Una do Prelado, associado ao avanço do mar e alargamento do canal nesse ponto. Além disso, ocorre a progradação do cordão arenoso da praia da Juréia em direção ao interior do sistema. Por fim, esse processo é acompanhado pela erosão da margem oposta ao cordão arenoso e do assoreamento da desembocadura, que segundo Tessler *et al.* (2006), impede a entrada de embarcações no canal durante a maré baixa.

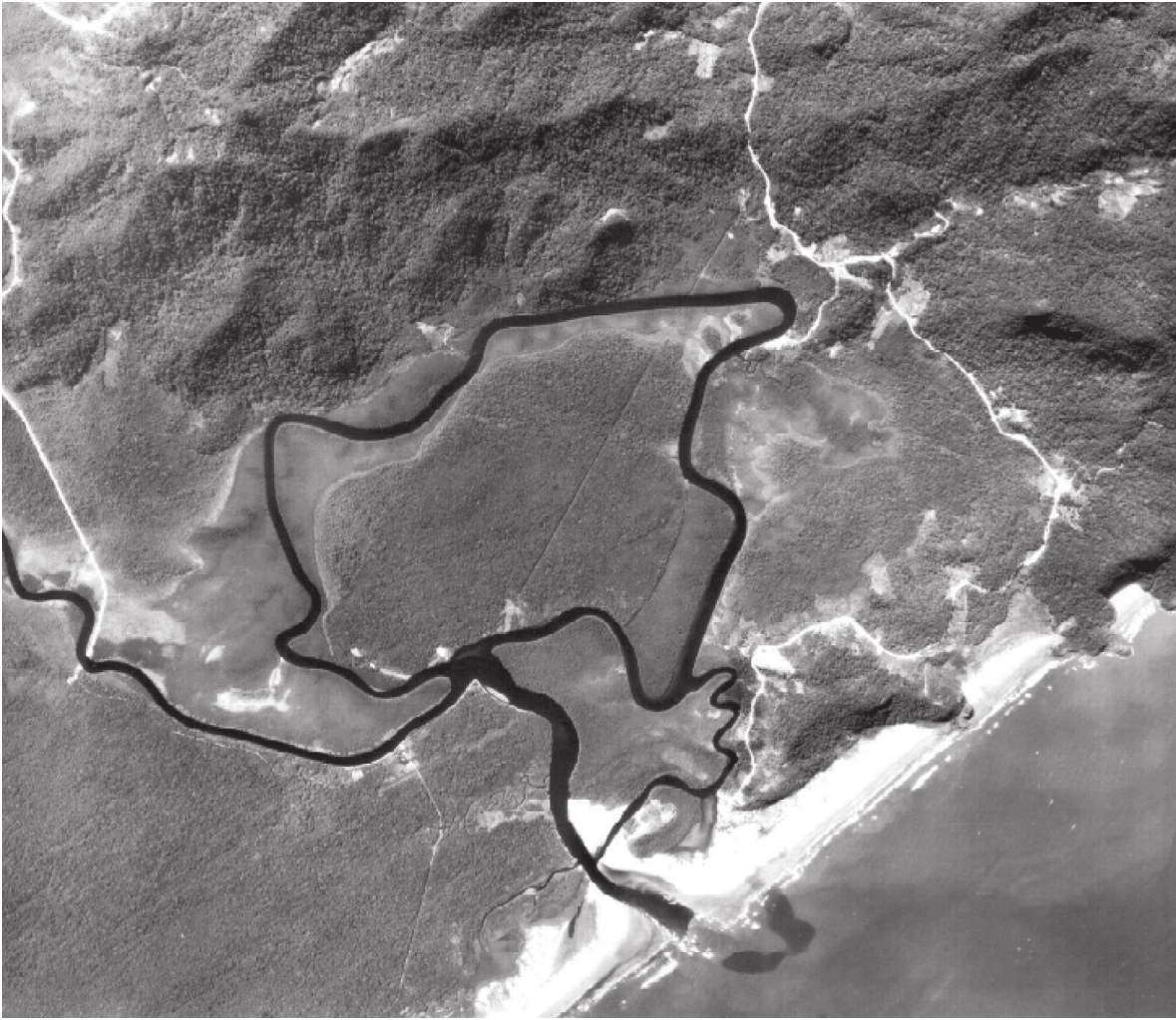


Figura 3.1.2.1.1-28 - Desembocadura do rio Una do Prelado em 1962. A abertura de um canal originalmente de 50 m de largura originou a Volta Morta (antigo curso do rio) e a Ilha do Ameixal, localizadas no centro desta fotografia aérea. Fonte: Tessler *et al.* (2006)

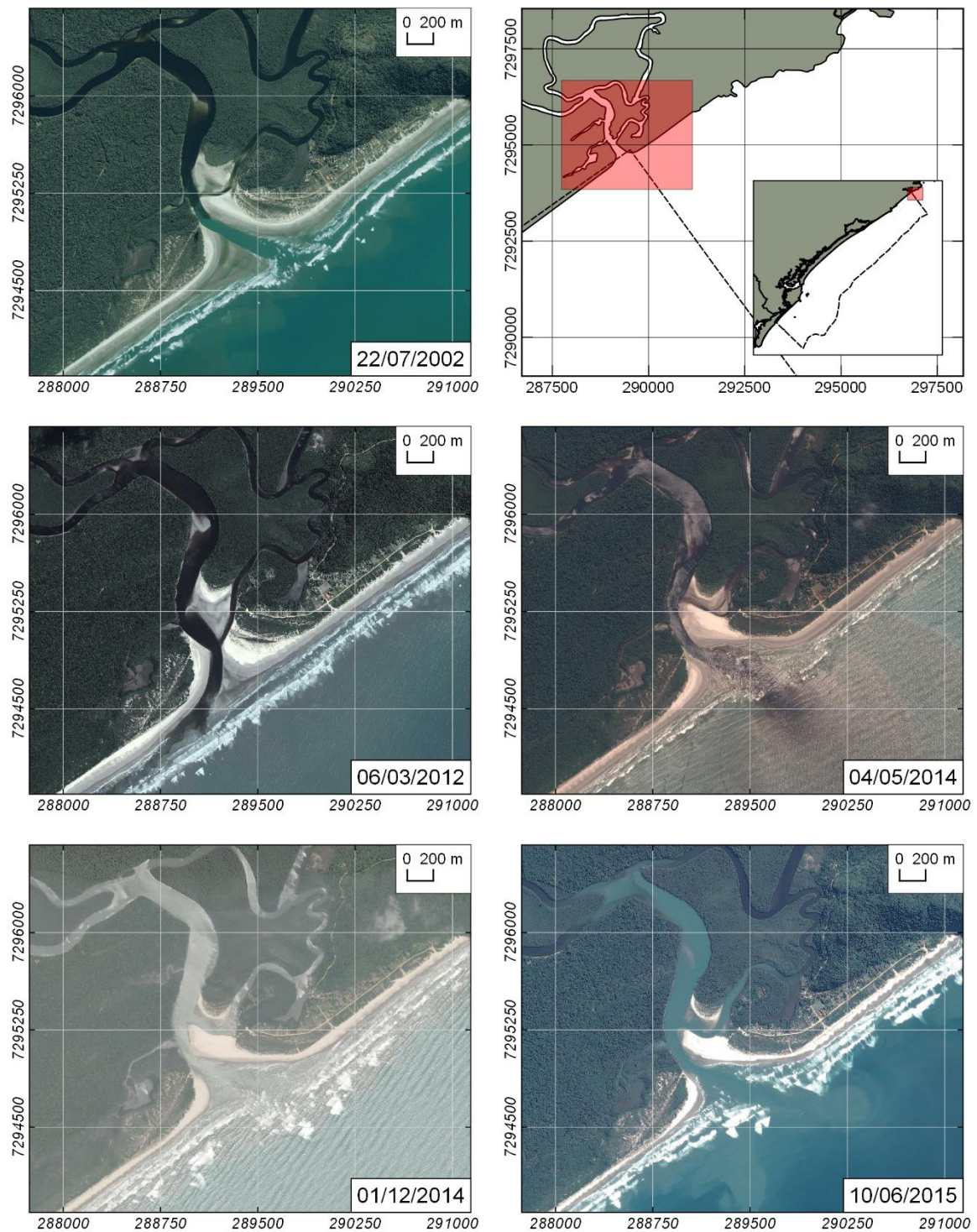


Figura 3.1.2.1.1-29 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Una do Prelado. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

■ Síntese da caracterização da geologia marinha

O litoral sul do Estado de São Paulo apresenta uma linha de costa retilínea, orientada predominantemente na direção NE-SW, com rara presença de ilhas. Compreende planícies sedimentares quaternárias 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.

A APAMLS é delimitada pela divisa dos municípios de Peruíbe e Iguape (ao norte) e pela divisa entre os Estados de São Paulo e Paraná (ao sul), compreendendo toda a região costeira dos municípios de Cananeia, Ilha Comprida e Iguape. A APAMLS apresenta um setor único, o Maratayama, que abrange as praias, costões rochosos e ilhas existentes entre a faixa da preamar máxima até os 25 m de profundidade.

Na parte continental adjacente à porção sul da APAMLS está localizado o Complexo Estuarino Lagunar de Cananeia, Iguape e Paranaguá (Lagamar): uma das mais importantes áreas úmidas da costa brasileira em termos de biodiversidade e produtividade natural. O Lagamar está inserido no território da ARIE Guará, que faz parte de um mosaico de Unidades de Conservação no entorno da APAMLS.

Nas grandes planícies costeiras do Litoral Sul existem praias extensas, contínuas e retilíneas localizadas no setor Maratayama. São praias com areias finas a muito finas e bem selecionadas.

Há seis ilhas ou lajes emersas (ou que ficam emersas em certos momentos) identificadas na área da APAMLS: Ilha de Bom Abrigo, Ilhota, Laje do Cambriú, Ilha do Cambriú, Ilha do Castilho, Ilha da Figueira; e ainda a Laje dos Moleques e o Parcel do Uma, que são submersos durante todo o tempo. Das ilhas identificadas, duas são Áreas de Manejo Especial: a Ilha do Bom Abrigo e Ilha da Figueira-Sul. A Ilha do Castilho e a Ilha do Cambriú pertencem à Estação Ecológica dos Tupiniquins, uma Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral.

A batimetria da APAMLS se estende desde a linha de costa até a profundidade de 25 m de profundidade, limite do setor Maratayama. O sedimento é predominantemente arenoso (teor de areia superior a 90%). Há uma pequena região associada à desembocadura do Rio Ribeira de Iguape onde ocorre uma contribuição ligeiramente maior de sedimentos finos, alcançando 30% de argila e lama.

O Lagamar é formado pelas ilhas do Cardoso, Comprida, Cananeia e Iguape separadas entre si por sistemas de canais e que se comunicam com o oceano pelas desembocaduras: Ararapira, Cananeia, Icapara e Ribeira de Iguape, sendo esta última a foz do rio principal desta região e mesmo do litoral paulista.

As praias apresentam características dissipativas, sendo extensas, planas, compostas por areias finas a muito finas e com larga zona de arrebenção. As praias são, em geral, estáveis, regidas por uma resultante geral do transporte sedimentar rumo nordeste. Os segmentos praias em desequilíbrio estão em localizados nas desembocaduras do Lagamar. Estes trechos de praia são tidos como muito instáveis, apresentando modificações morfodinâmicas em pequeno espaço de tempo.

No diagnóstico geológico e geomorfológico foram identificadas áreas com grande vulnerabilidade aos processos erosivos. Souza (2009) citou as praias com risco de erosão classificados como Muito Alto:

- Itacolomi – Iguape;
- Juréia – Iguape;
- Leste – Iguape;
- Ilha Comprida – Ilha Comprida.

Além das praias, foram identificadas regiões de desembocaduras de rios na linha de costa do setor Maratayama da APAMLS que já estão sofrendo algum tipo de processo de modificação geomorfológica por conta de alterações no balanço sedimentar:

- Barra do Una do Prelado – Erosão, Progradação, Assoreamento;
- Barra de Icapara – Progradação, Erosão;
- Barra do Ribeira de Iguape – Progradação;
- Praia de Leste – Erosão;
- Barra de Cananeia Progradação – Erosão;
- Barra de Ararapira Progradação – Assoreamento, Erosão.

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 até a quebra da plataforma continental.

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. A 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, Cananeia 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 PCS, 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 Figura 3.1.2.1.2-1 mostra esquematicamente a posição da compartimentação da PCSE e suas principais forçantes para os movimentos das correntes.

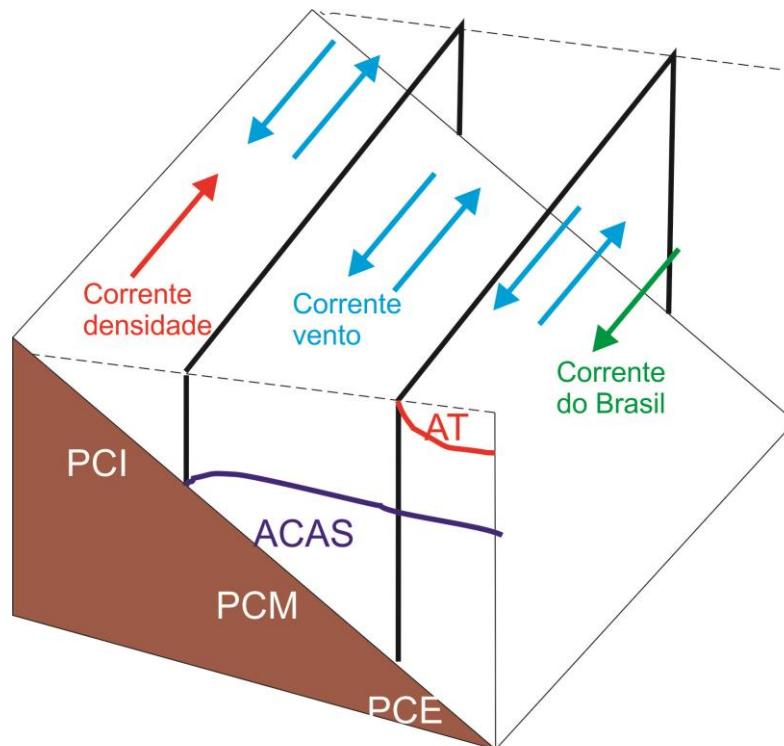


Figura 3.1.2.1.2-1 – Esquema da compartimentação dinâmica da Plataforma Continental Sudeste. PCI: plataforma continental interna; PCM: plataforma continental média; PCE: plataforma continental externa; ACAS: Água Central do Atlântico Sul; AT: Água Tropical. A seta vermelha indica corrente gerada por 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 Foloni 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 vento 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 - Figura 3.1.2.1.2-2. 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 o setor da APAMLS, a Figura 3.1.2.1.2-3 apresenta 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).

Estes diagramas T-S mostram que na APAMLS são observadas raríssimas presença da AT. Com relação a ACAS, esta aparece no verão em profundidade maiores que 25 m. Para o inverno e primavera são observadas águas frias no topo da coluna d'água, mas não estão associadas a intrusão da ACAS, e sim a águas frias provenientes da região sul do Brasil, como destacado por Pereira *et al.* (2008).

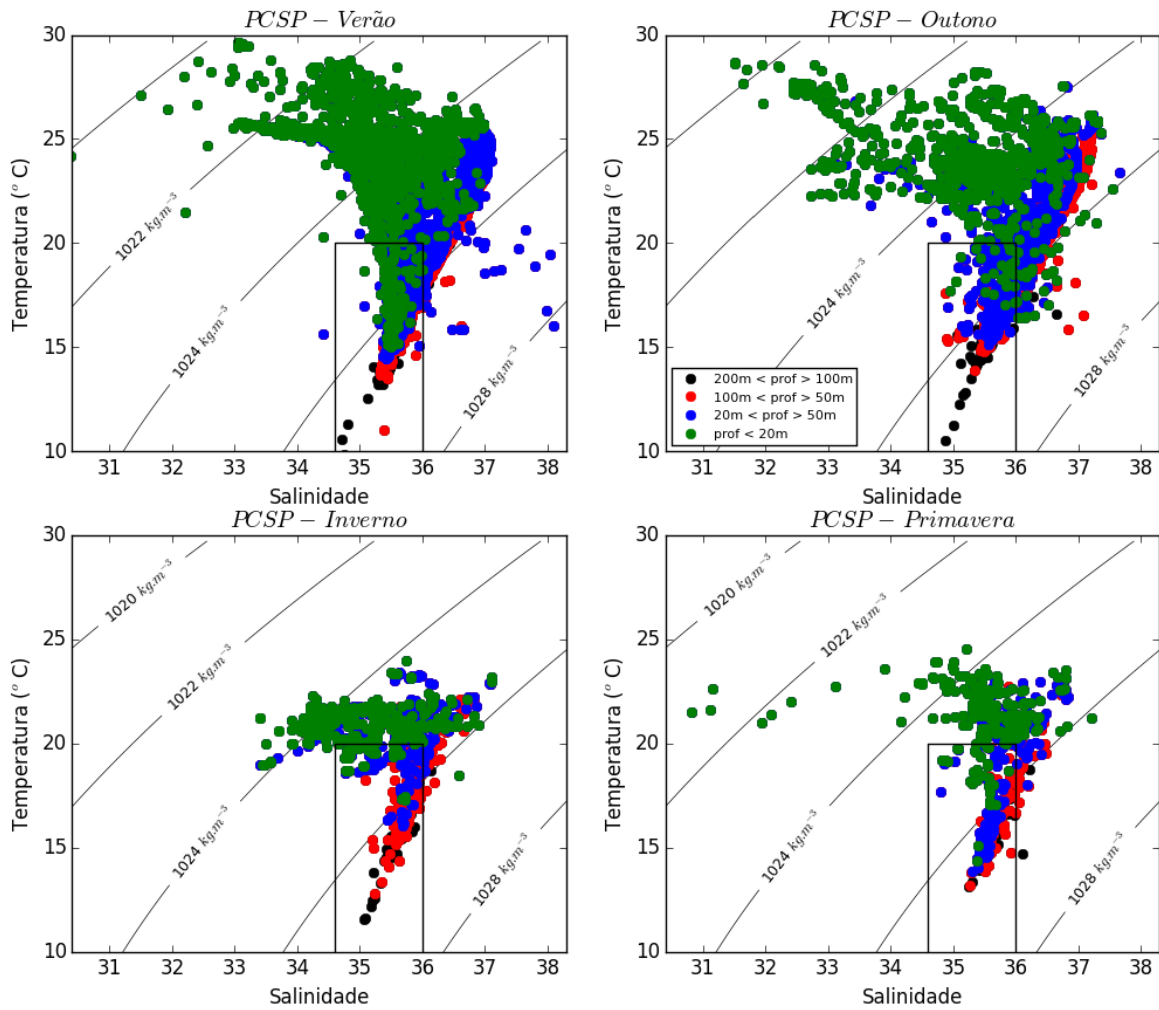


Figura 3.1.2.1.2-2 – Diagramas TS para a PCSE durante o verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). O quadrado com bordas pretas indica os limites termohalinos da massa de água ACAS. Fonte de dados: Banco Nacional de Dados Oceanográficos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

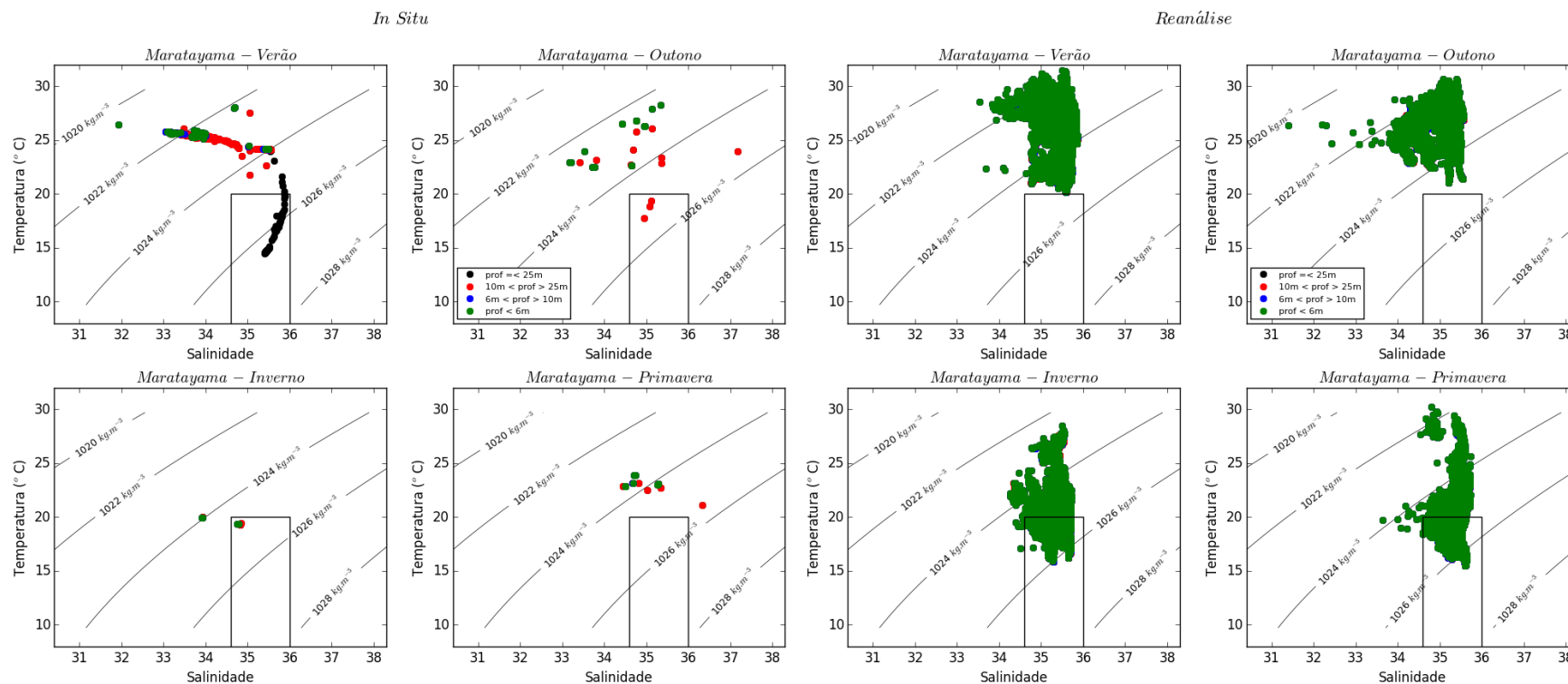


Figura 3.1.2.1.2-3 – Diagramas TS para o setor Maratayama durante o verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). O quadrado com bordas pretas indica os limites termohalinos da massa de água ACAS. Os painéis da esquerda têm como fonte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

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.

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 3.1.2.1.2-4 a Figura 3.1.2.1.2-8 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 APAMLS 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 na porção norte da PCSE, mas não nas proximidades da APAMLS. Em profundidades superiores a 50 m todo o fundo da área de estudo é tomado pela ACAS.

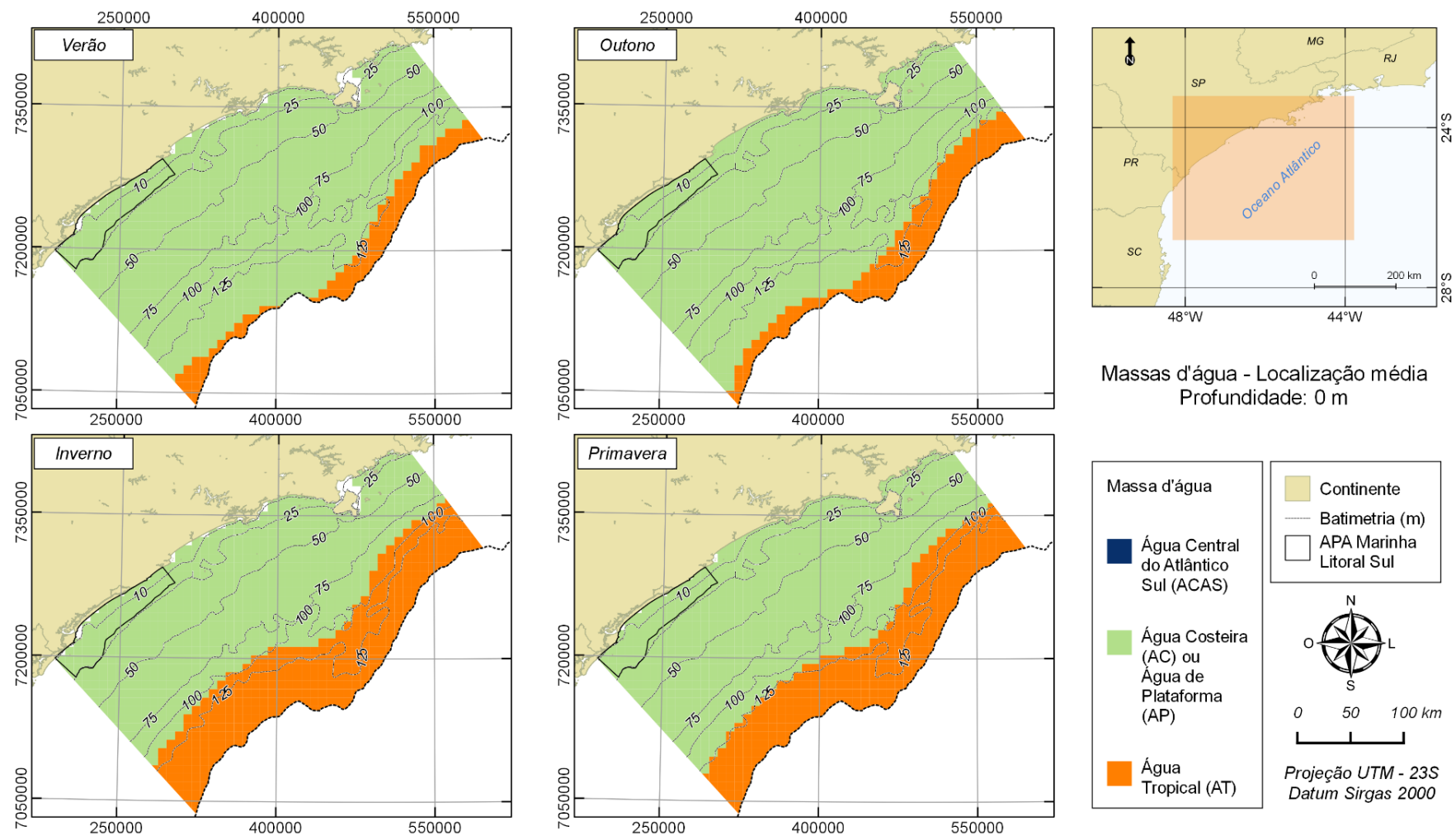


Figura 3.1.2.1.2-4 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 0 m. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de *Hycom Consortium* (2016).

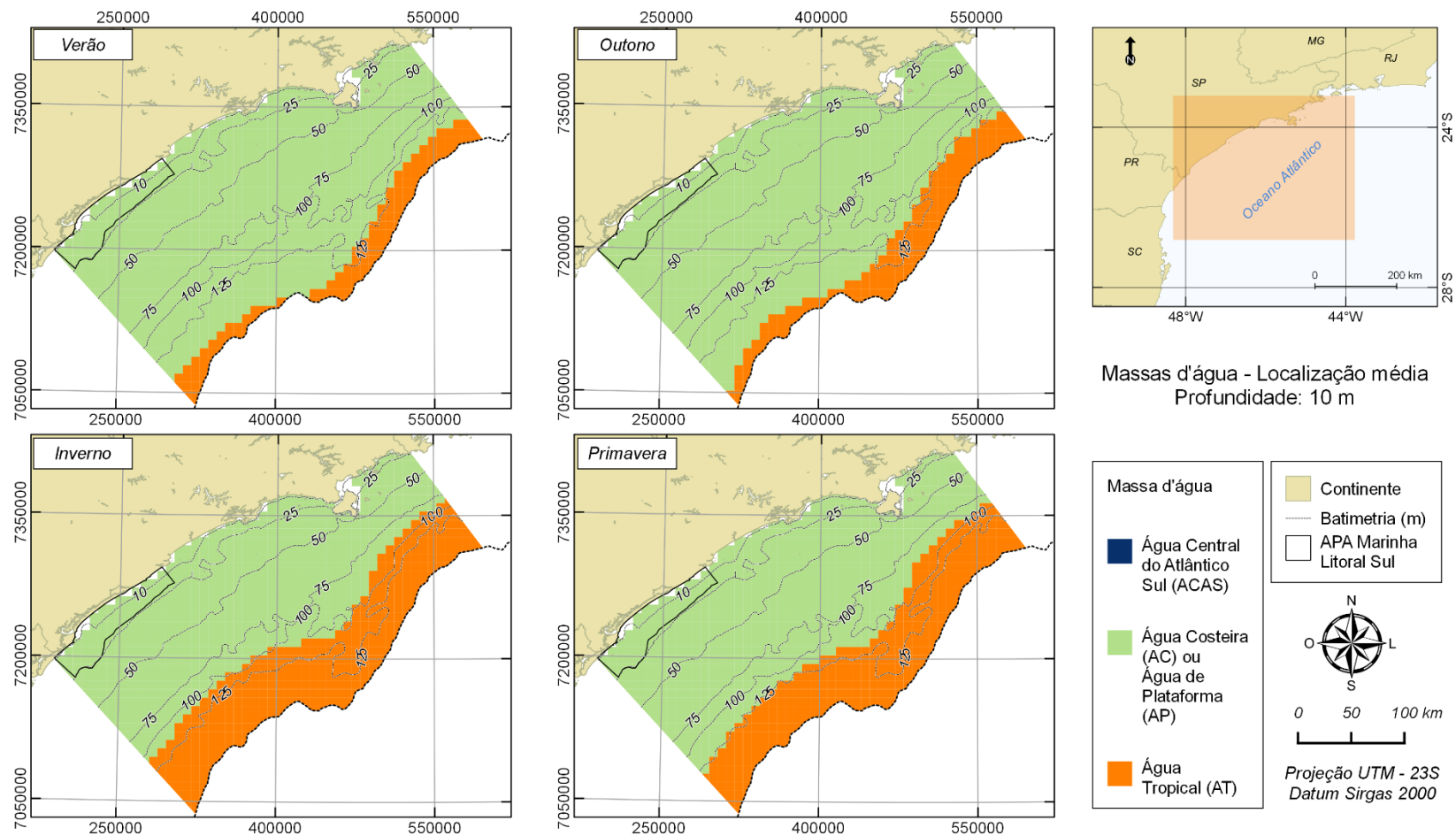


Figura 3.1.2.1.2-5 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 10 m. Painel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de *Hycom Consortium* (2016).

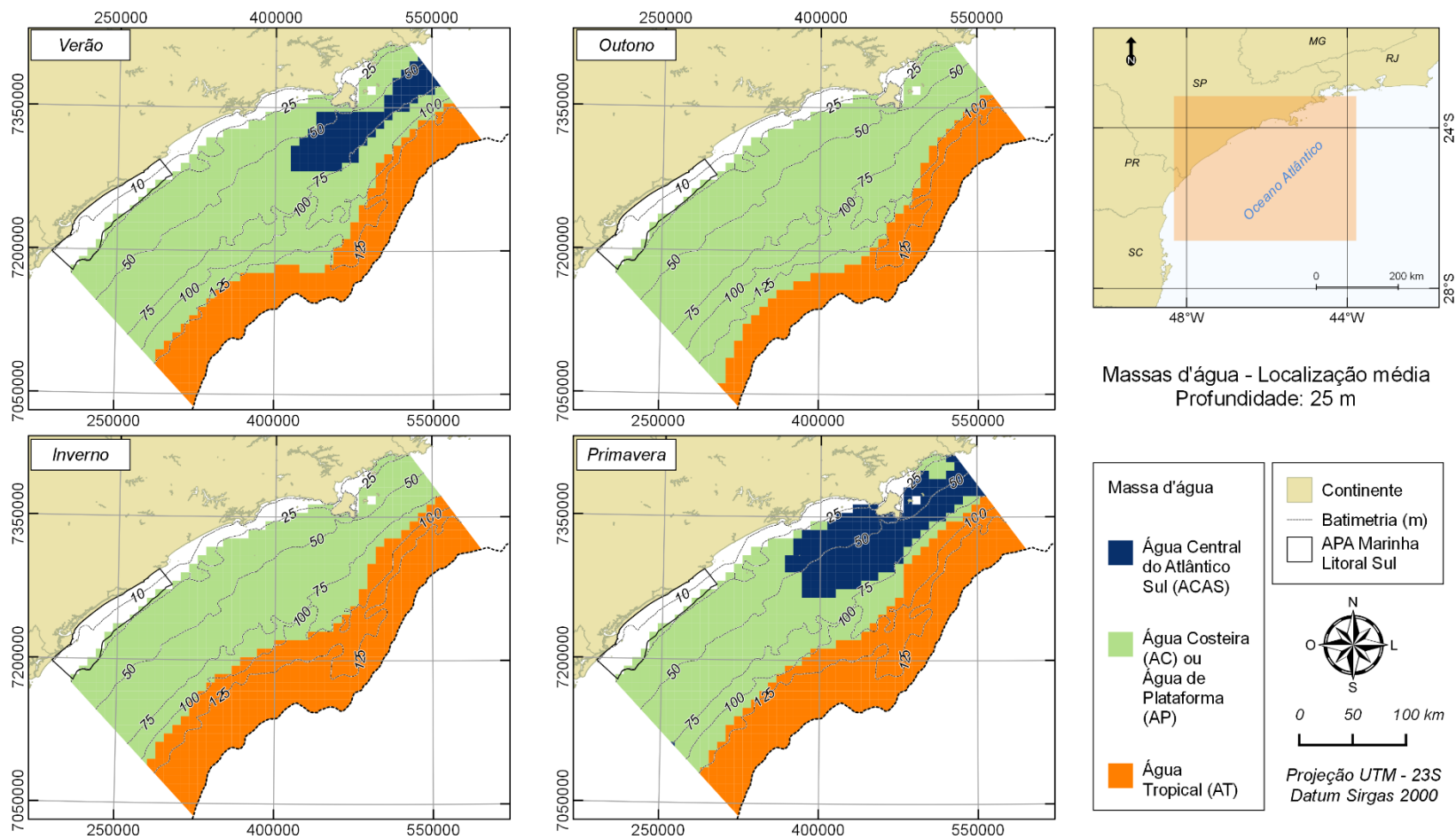


Figura 3.1.2.1.2-6 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 25 m. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de *Hycom Consortium* (2016).

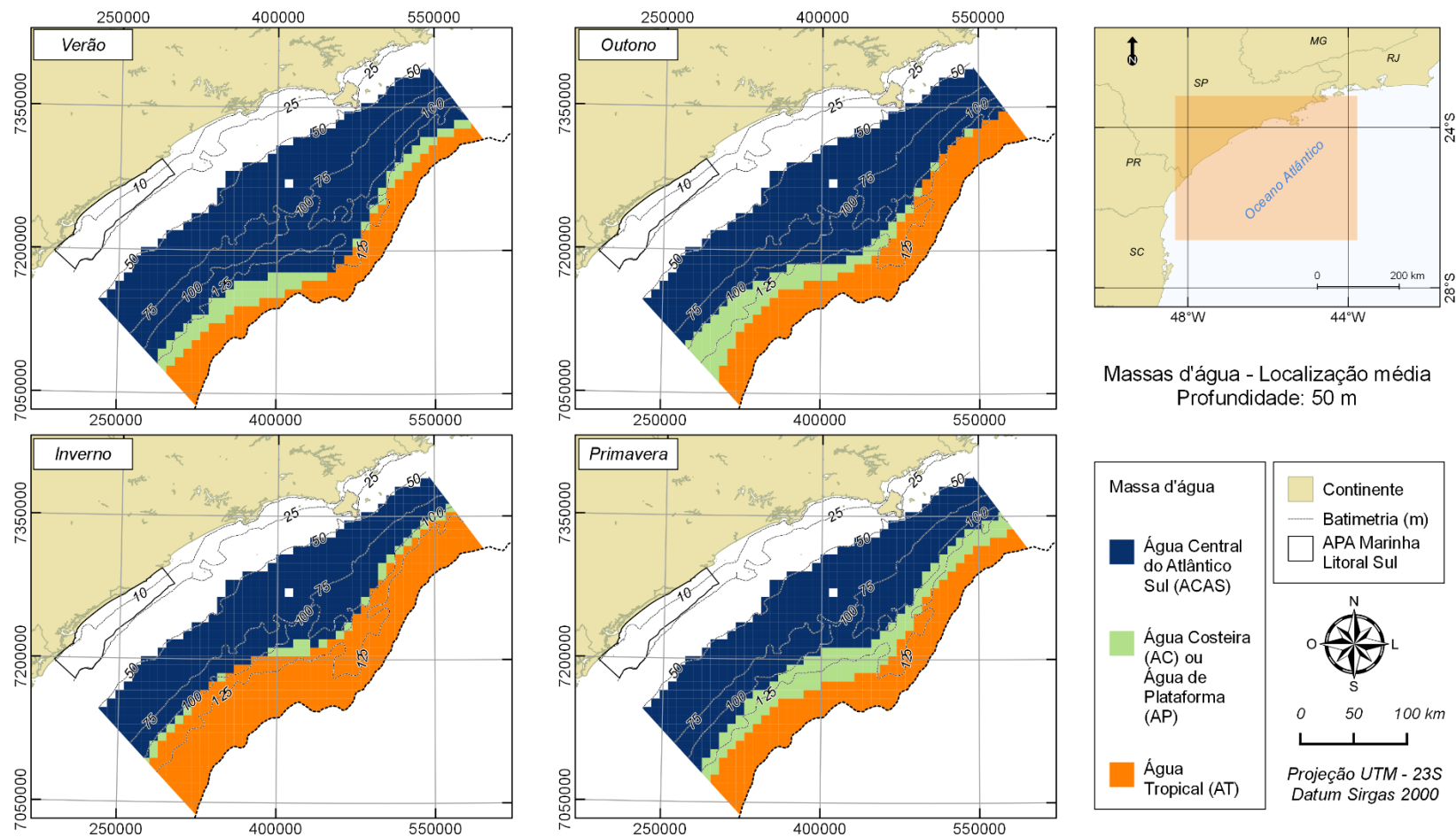


Figura 3.1.2.1.2-7 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 50 m. Painel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de *Hycom Consortium* (2016).

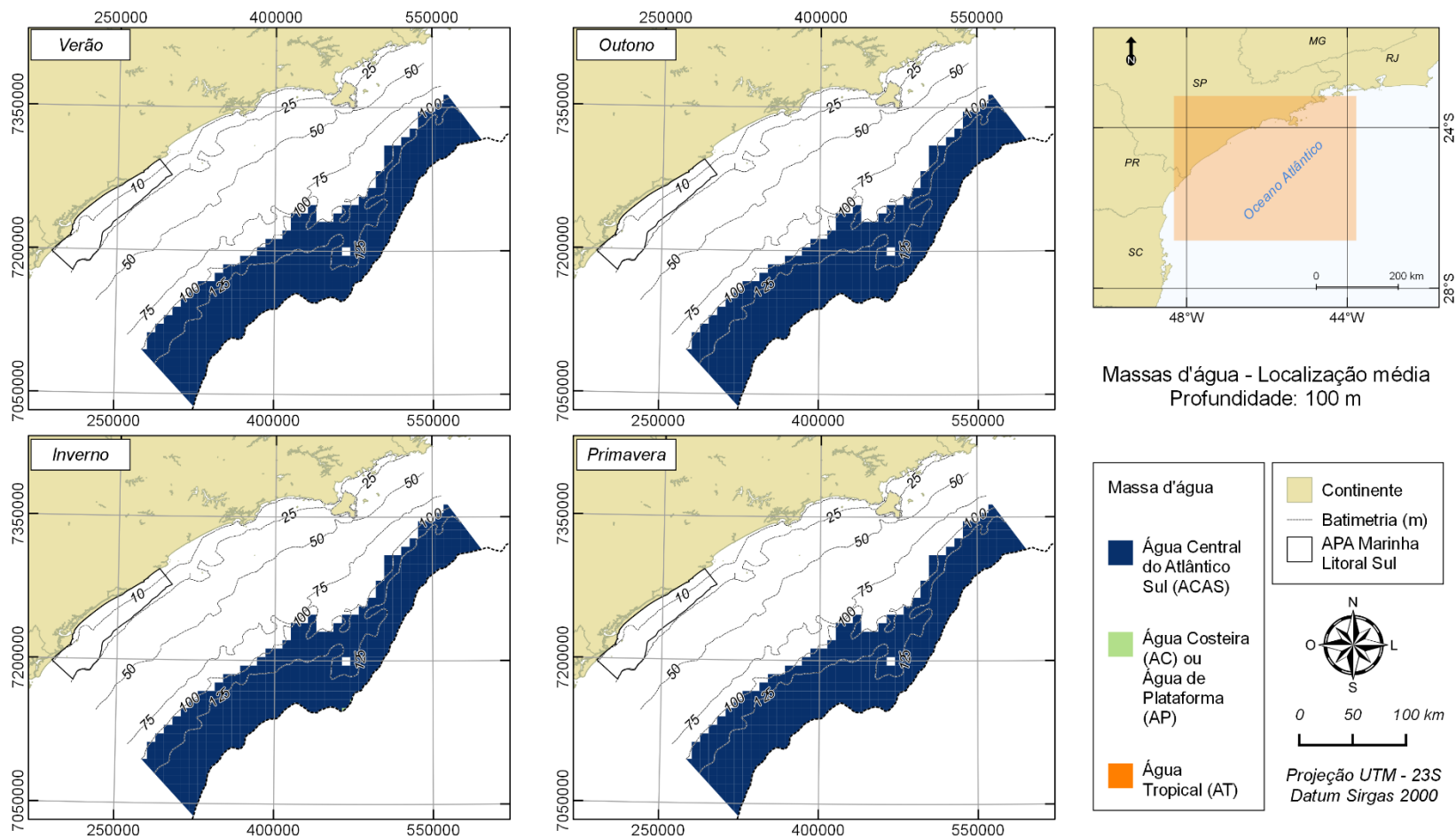


Figura 3.1.2.1.2-8 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 100 m. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de *Hycom Consortium* (2016).

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 2. **Metodologia**. Os valores sazonais médios, mínimos e máximos para as séries obtidas no setor Maratayama estão apresentados na Figura 3.1.2.1.2-9 e na **Tabela 3.1.2.1.2-1**

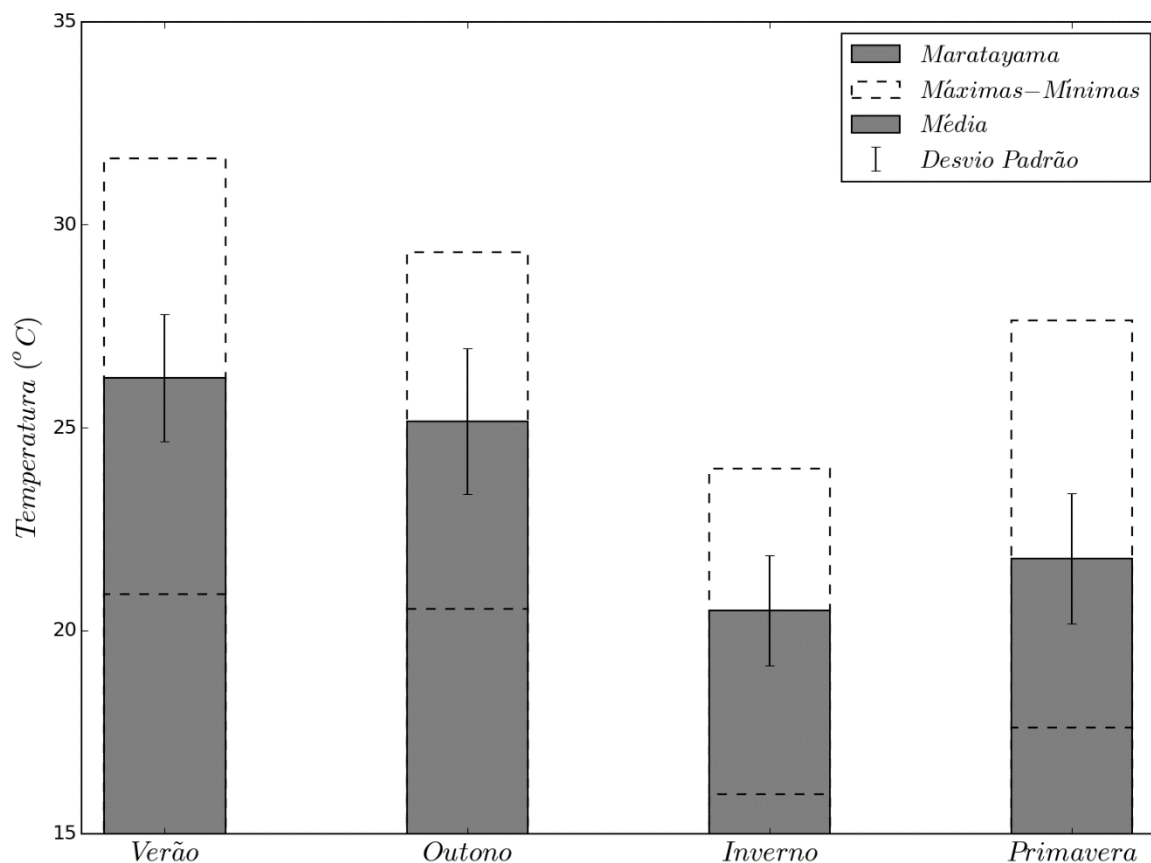


Figura 3.1.2.1.2-9 – Estatística básica da temperatura superficial da água no setor Maratayama da APAMLS.
Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Tabela 3.1.2.1.2-1 – Estatística básica da temperatura superficial da água setor Maratayama da APAMLS. Valores em °C. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Setor	Verão			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Maratayama	26,23	20,90	31,63	1,57
Outono				
Maratayama	25,16	20,54	29,32	1,79
Inverno				
Maratayama	20,50	15,96	23,99	1,35
Primavera				

Setor	Verão			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Maratayama	21,77	17,60	27,64	1,61

Os valores médios de temperatura da superfície do mar 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 superiores ao da temperatura da ACAS, evidenciando que esta massa de água não é encontrada na superfície na região. 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. Analisando toda a série, a menor temperatura observada na APAMLS ocorreu em 08/08/2007, e a Figura 3.1.2.1.2-10 mostra essa distribuição. Neste momento fica evidenciado o gradiente de temperatura sobre a região, com águas frias provenientes do sul do Brasil, não estando dessa maneira correlacionada à ressurgência da ACAS.

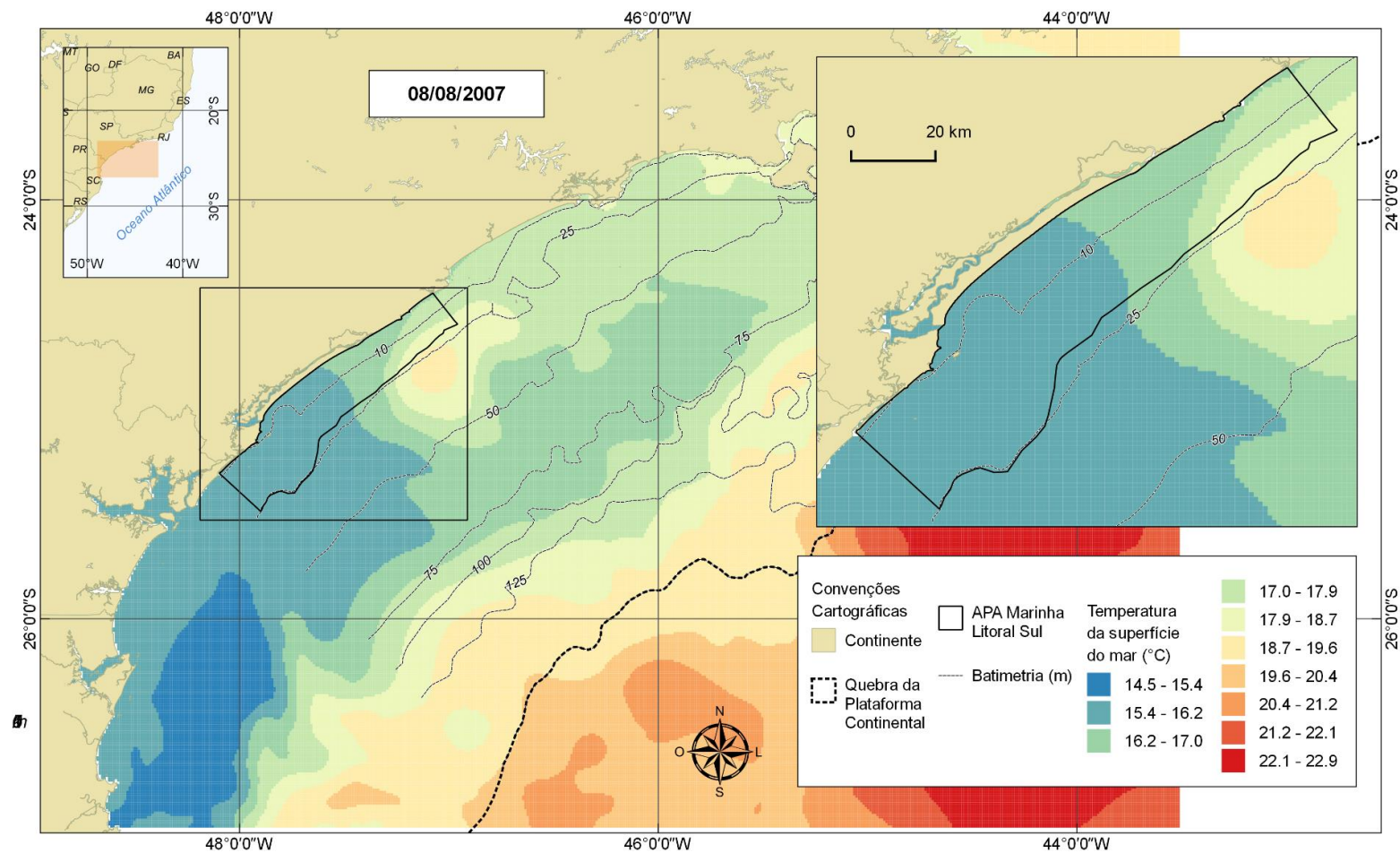


Figura 3.1.2.1.2-10 – Temperatura da superfície do mar para o dia 09/10/2007. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Analisando o comportamento interanual da temperatura da superfície do mar na APAMLS, a **Figura 3.1.2.1.2-11** mostra as temperaturas superficiais médias, mínimas e máximas para o setor Maratayama entre os anos de 2003 e 2015. Devido à relativa curta série 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. Segundo CPTEC/INPE (2016), os anos de 2009-2010 tiveram ocorrência de evento de El Niño de baixa magnitude. 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 temperatura da superfície do mar na região – como por exemplo evento de baixa magnitude de El Niño nos anos de 2006-2007.

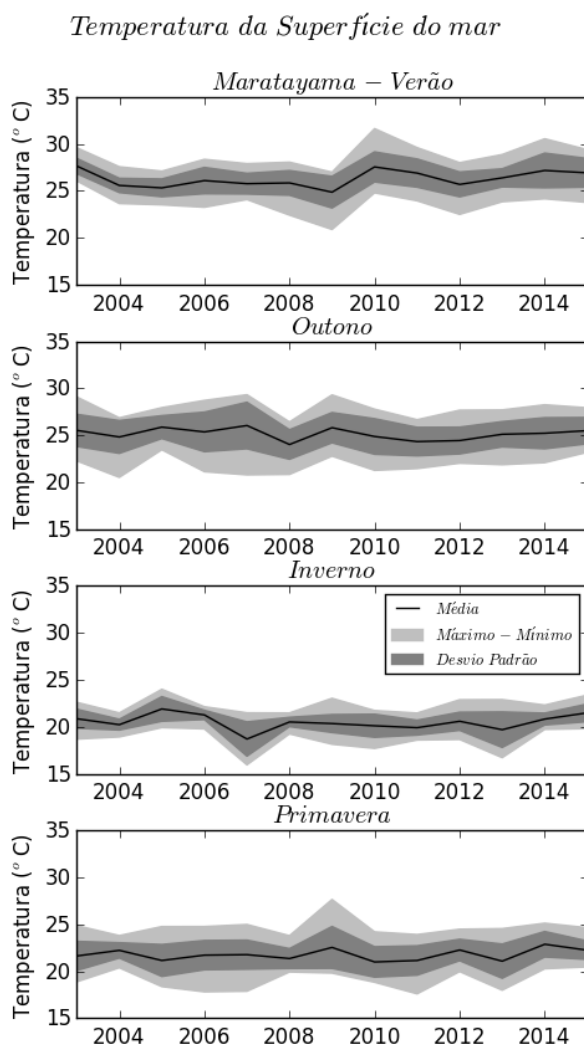


Figura 3.1.2.1.2-11 – Variação interanual da temperatura da superfície do mar na APAMLS. As linhas indicam as estações do ano, do verão, superiores, para a primavera, inferiores. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

■ Correntes

Conforme descrito anteriormente, as correntes na área de estudo 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 3.1.2.1.2-12 e a **Figura 3.1.2.1.2-13** 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 APAMLS. As distribuições 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 (2008), 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 apresenta 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.

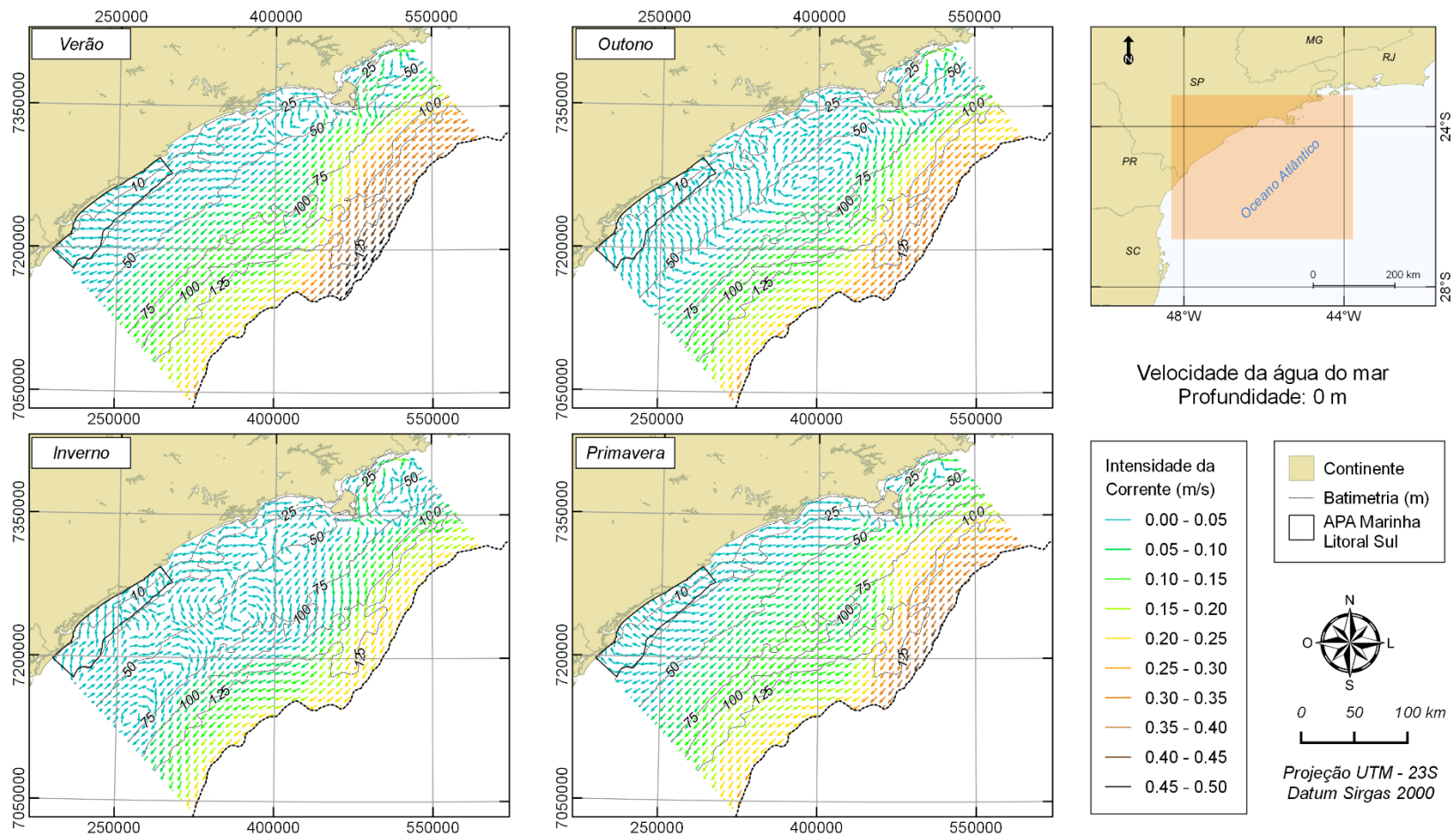


Figura 3.1.2.1.2-12 – Corrente superficial média para a área de estudo. Os vetores indicam a direção e as cores a intensidade, de acordo com a escala graduada. Painel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de *Hycom Consortium* (2016).

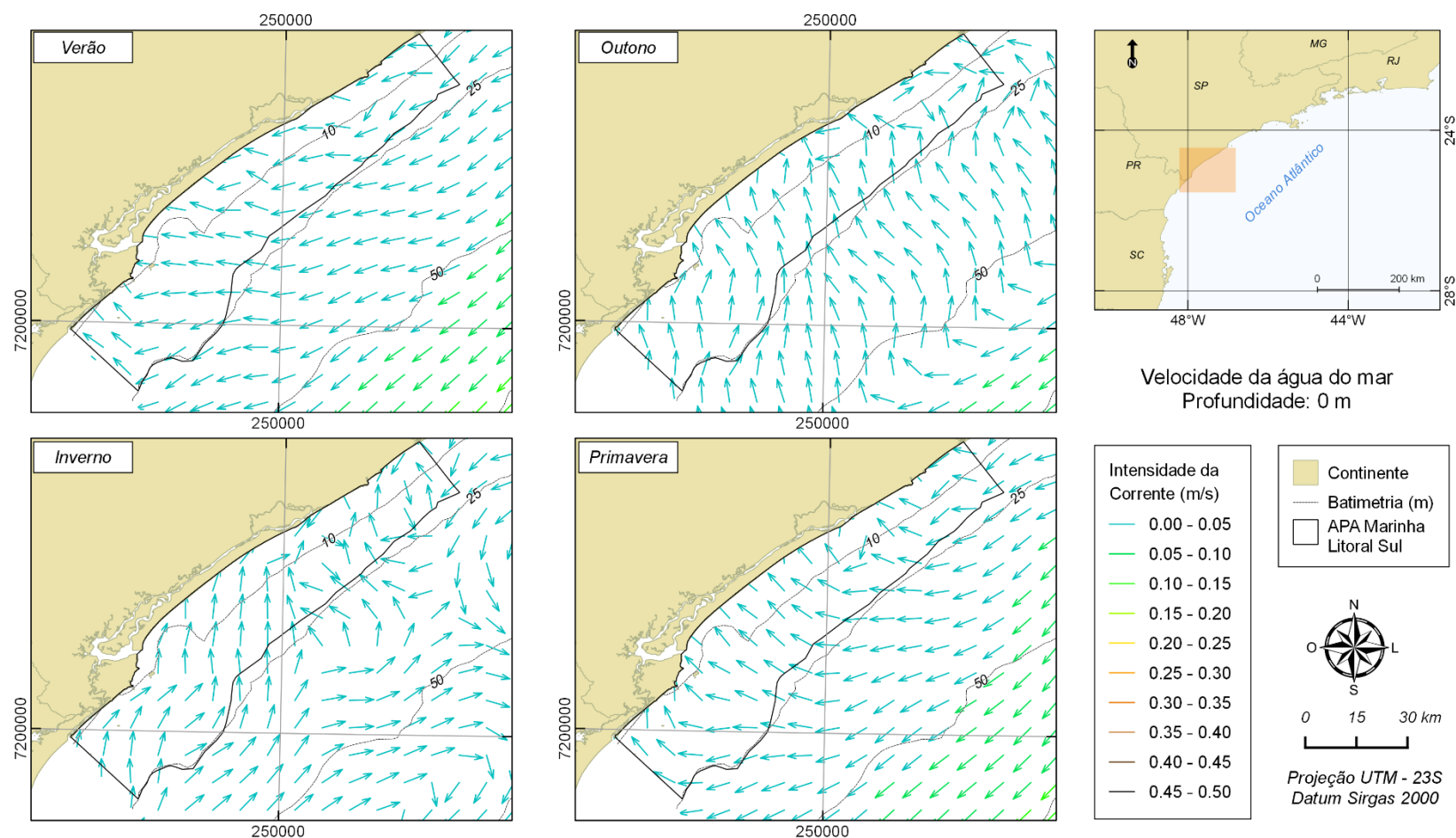


Figura 3.1.2.1.2-13 – Corrente superficial média para região da APAMLS. Os vetores indicam a direção e as cores a intensidade, de acordo com a escala graduada. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de *Hycom Consortium* (2016).

Com enfoque nas áreas da APAMLS, que está na PCI, observa-se que no verão as correntes superficiais têm direção média para sul e, no inverno, direção oposta. No outono e primavera as correntes possuem direção média em direção a linha de costa. Porém, ao se analisar a corrente mais frequente, **Tabela 3.1.2.1.2-2**, observa-se que durante todo o ano ela aponta para sudoeste, em todas as profundidades. Já a corrente que apresenta a intensidade média mais alta é a corrente que vai para nordeste, também em todos os meses do ano. Importante notar em todos os meses do ano as direções mais frequentes e de maior intensidade média apontam para a mesma direção em toda a coluna d'água. Esta direção mais frequente está nitidamente ligada ao vento mais frequente da região, regido pela ASAS. Já as correntes mais intensas estão relacionadas aos instantes de passagem de frente fria pela região, onde os ventos são alterados e sopram de sul para o norte. 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.

Tabela 3.1.2.1.2-2 – Estatísticas básicas das correntes na direção mais frequente (esquerda) e na direção com maior intensidade média (direita) para a APAMLS, 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	0,19	0,10	0,74	NE	0,22	0,15	1,10
Outono	SW	0,15	0,08	0,63	NE	0,20	0,14	0,96
Inverno	SW	0,14	0,08	0,65	NE	0,20	0,13	1,02
Primavera	SW	0,18	0,10	0,70	NE	0,22	0,14	1,12
6 m								
Verão	SW	0,12	0,07	0,31	NE	0,14	0,1	0,78
Outono	SW	0,10	0,06	0,27	NE	0,13	0,1	0,68
Inverno	SW	0,10	0,06	0,29	NE	0,14	0,09	0,69
Primavera	SW	0,13	0,07	0,37	NE	0,15	0,1	0,77
10 m								
Verão	SW	0,09	0,06	0,43	NE	0,12	0,08	0,5
Outono	SW	0,07	0,04	0,26	NE	0,1	0,07	0,46
Inverno	SW	0,09	0,05	0,38	NE	0,12	0,08	0,63
Primavera	SW	0,12	0,07	0,47	NE	0,14	0,09	0,72

Analisando toda a série da reanálise do *Hycom Consortium* (2016), de 1996 a 2012, com simulações com intervalo de tempo de 3h, a **Tabela 3.1.2.1.2-3** mostra as estatísticas básicas para as correntes somente com relação à intensidade das correntes.

Tabela 3.1.2.1.2-3 – Estatísticas básicas das correntes no centro do setor Maratayama, de acordo com a estação do ano e a profundidade. Fonte de dados: *Hycom Consortium* (2016).

Profundidade (m)	Maratayama		
	Média	Máximo	Desvio
Verão			
0	0,17	0,00	1,10
6	0,11	0,00	0,78
10	0,09	0,00	0,50
Outono			
0	0,15	0,00	0,96
6	0,10	0,00	0,68
10	0,07	0,00	0,46
Inverno			
0	0,14	0,00	1,02
6	0,10	0,00	0,69
10	0,09	0,00	0,63
Primavera			
0	0,16	0,00	1,12
6	0,12	0,00	0,77
10	0,11	0,00	0,72

Os valores médios de intensidade da corrente mostram cisalhamento vertical, com maiores valores nas camadas superiores e decrescendo em direção ao fundo. O verão e a primavera são as estações 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.

Análises de extremos – correntes

Para este conjunto de dados foram realizadas análises de extremos, de acordo com a metodologia apresentada no Item **2. Metodologia** deste estudo. A **Tabela 3.1.2.1.2-4** mostra a probabilidade de ocorrência de correntes por faixas de intensidade, de acordo com a profundidade e a estação do ano, para a APAMLS.

Estes resultados mostram que 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 3.1.2.1.2-4 – Probabilidade de ocorrência de correntes, de acordo com faixas de intensidade, para a APAMLS. Fonte de dados: Hycom Consortium (2016).

Profundidade (m)	Probabilidade de ocorrência de intensidades maiores que					
	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	91,1	65,2	35,3	14,2	4,1	0,9
6 m	77,3	36,0	10,2	1,7	0,2	0,0
10 m	61,3	17,3	2,5	0,2	0,0	0,0
Outono						
0 m	86,5	55,7	26,7	9,5	2,5	0,5
6 m	71,1	28,4	6,7	1,0	0,1	0,0
10 m	50,6	8,2	0,5	0,0	0,0	0,0
Inverno						
0 m	83,9	51,5	23,6	8,1	2,1	0,4
6 m	72,0	29,1	6,9	1,0	0,1	0,0
10 m	65,2	20,2	3,2	0,3	0,0	0,0
Primavera						
0 m	90,2	63,5	33,9	13,5	4,0	0,9
6 m	79,8	39,2	11,6	2,0	0,2	0,0
10 m	75,4	32,4	7,9	1,1	0,1	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 arrebentação. Estas correntes são chamadas de corrente de deriva litorânea, e suas características na área de estudo estão apresentadas na caracterização geológica desse estudo.

■ Circulação nos estuários

Na região de estudo ocorre a desembocadura de alguns rios e a circulação nesta região é influenciada diretamente pelas descargas de água doce e regime de maré. Destaque para a região do estuário de Cananeia-Iguape, que está fora da APAMLS, mas suas descargas continentais influenciam a região. 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 Figura 3.1.2.1.2-14 mostra as classificações possíveis.

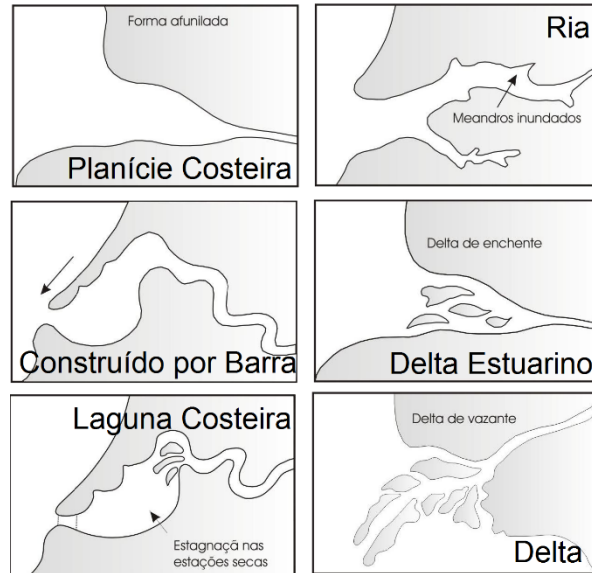


Figura 3.1.2.1.2-14 – Classificação morfológica para os estuários. Fonte: adaptado de Miranda *et al.* (2002).

Na região de estudo ocorre a presença do tipo de estuário de planície costeira e construídos por barra. 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. Na área de estudo os estuários apresentem 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 Figura 3.1.2.1.2-15 mostra esquematicamente em corte como ocorre a circulação neste tipo de estuário. Já a Figura 3.1.2.1.2-16 mostra em planta a variação de salinidade de acordo com a enchente e a vazante de maré neste tipo de estuário.

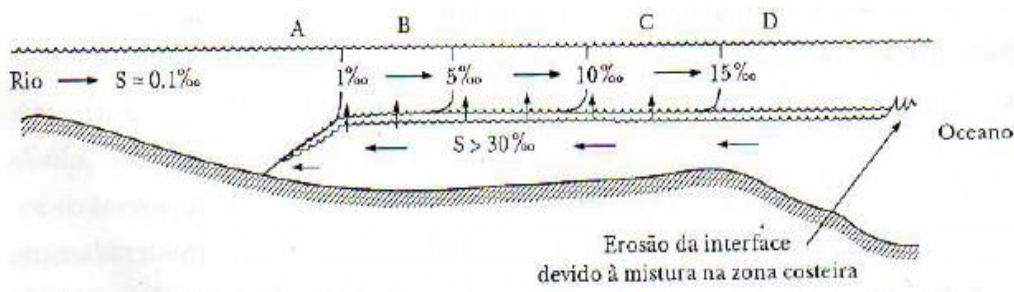


Figura 3.1.2.1.2-15 – Diagrama esquemático de um estuário tipo cunha salina. As setas verticais na interface entre os movimentos bidirecionais indicam o processo de mistura entre a água doce e salgada. Fonte: adaptado de Miranda *et al.* (2002).

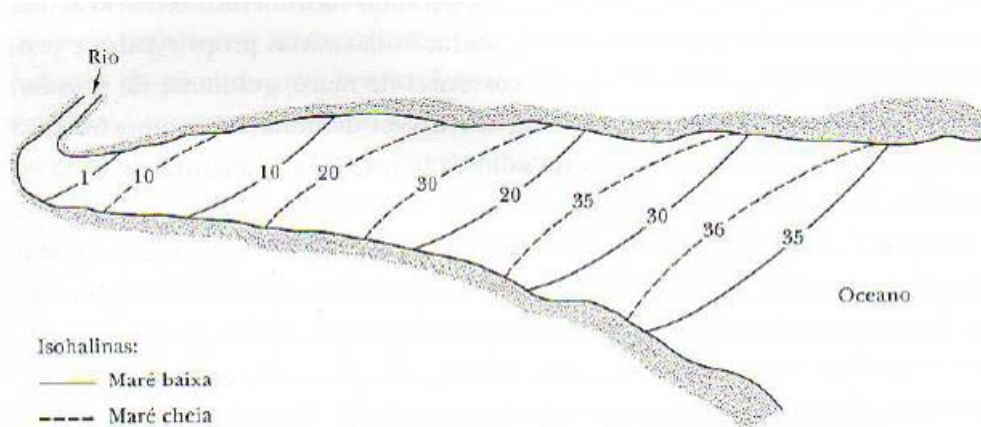


Figura 3.1.2.1.2-16 – Diagrama esquemático de um estuário. As isolinhas mostram a variação horizontal da salinidade média entre os valores $S=1$ e $S=36$ nas proximidades do rio e na região costeira adjacente, respectivamente. Fonte: adaptado de Miranda *et al.* (2002).

Através da **Figura 3.1.2.1.2-15** e da **Figura 3.1.2.1.2-16** 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, por exemplo.

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. 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 3.1.2.1.2-17**.

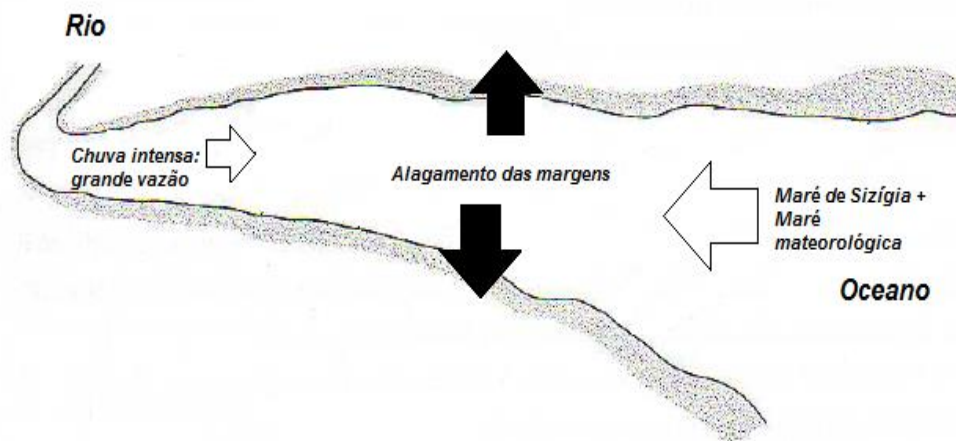


Figura 3.1.2.1.2-17 – Situação de passagem de frente fria, com aumento da pluviosidade e do nível do mar, ocasionando alagamento das margens do estuário. Fonte: adaptado de Miranda *et al.* (2002).

■ A circulação no sistema estuarino-lagunar Cananeia-Iguape

Além da distribuição de temperatura, salinidade e correntes na Plataforma Continental Adjacente, é importante destacar como estas propriedades ocorrem na região do sistema estuarino-lagunar de Cananeia Iguape, adjacente à APAMLS e que influencia diretamente esta. O Sistema Cananeia-Iguape é separado do oceano pela Ilha Comprida, que possui aproximadamente 70 km de extensão. Na porção sul se localiza a Ilha de Cananeia, separada do continente por um canal denominado Mar de Cubatão e da Ilha Comprida por um outro canal - Mar de Cananeia (TESSLER & SOUZA, 1998). Já a porção norte, existe apenas um único canal de separação entre o continente e a Ilha Comprida, denominado de Mar Pequeno, com largura variando entre 1 e 3 km, com profundidades médias ao redor de 6 m atingindo um máximo de 12 m (TESSLER & SOUZA, 1998). Nos extremos sul e norte da Ilha Comprida existem duas desembocaduras lagunares: de Cananeia, ao sul, e de Icapara, ao norte - Figura 3.1.2.1.2-18.

O complexo estuarino-lagunar de Cananeia-Iguape é classificado como sendo construído por barra, conforme apresentado na Figura 3.1.2.1.2-14. Além deste critério morfológico, os estuários podem ser classificados de acordo com a sua hidrodinâmica e, Miyao (1977), Miyao *et al.* (1986) e diversos outros autores, estudaram a distribuição de propriedades físicas e da circulação durante vários ciclos de maré no Mar de Cananeia, classificando a região como do tipo parcialmente misturada, de acordo com o critério de estratificação da salinidade.

Para esta região é importante contextualizar o histórico da alteração do aporte fluvial. Até o ano de 1841, a água do mar que entrava no sistema estuarino-lagunar de Cananeia-Iguape era diluída pela precipitação total e, principalmente, pela água doce drenada para o seu interior pelos rios Taquari, Mandina, das Minas, Itapitangui e pequenos canais de maré (BONETTI FILHO & MIRANDA, 1977). Entretanto, nesse ano, foi concluída a construção de um canal artificial relativamente estreito para interligar o Rio Ribeira de Iguape ao Mar Pequeno, nas proximidades da cidade de Iguape. Esse canal, que facilitou o transporte de mercadorias do interior para o litoral na época colonial, passou a

representar no início uma pequena fonte adicional de água doce para esse sistema estuarino. Como esse canal foi construído em solo pouco resistente à erosão, a sua largura foi aumentando gradativamente ao longo dos anos (BÉRGAMO, 2000).

Depois de algumas décadas, fim do século XIX, esse canal passou a ser denominado Valo Grande – localização na Figura 3.1.2.1.2-18. Nessa época o canal atingiu larguras maiores do que 100 m e profundidade acima de 10 m, continuando sempre os desbarrancamentos das margens com a destruição das primeiras casas da cidade (GEOBRÁS, 1966). Logo, a descarga de água doce no sistema estuarino-lagunar de Cananeia-Iguape, além da variação sazonal dos processos de precipitação e evapo-transpiração naturais, foi aumentando gradativamente com o aporte de água do Rio Ribeira de Iguape através desse canal (BÉRGAMO, 2001).

Essa situação persistiu até o fechamento do Valo Grande com uma barragem, cuja construção foi concluída em agosto de 1978. Em consequência, houve novamente uma alteração da descarga de água doce no sistema estuarino, com a diminuição drástica do fluxo do Valo Grande, voltando à que existia antes desta intervenção. Sob essa nova condição, uma bacia hidrográfica com cerca de 1.339 km² (MISHIMA *et al.*, 1985), voltou a ser responsável pela descarga da maior parte da água doce no sistema.

Em fevereiro de 1995, intensas chivas ocorridas no Vale do Ribeira ocasionaram o rompimento da barragem do valo Grande, permitindo novamente o aporte de águas do Rio Ribeira de Iguape para o Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia-Iguape, modificando mais uma vez o fluxo de água doce nesse sistema estuarino (BÉRGAMO, 2001).

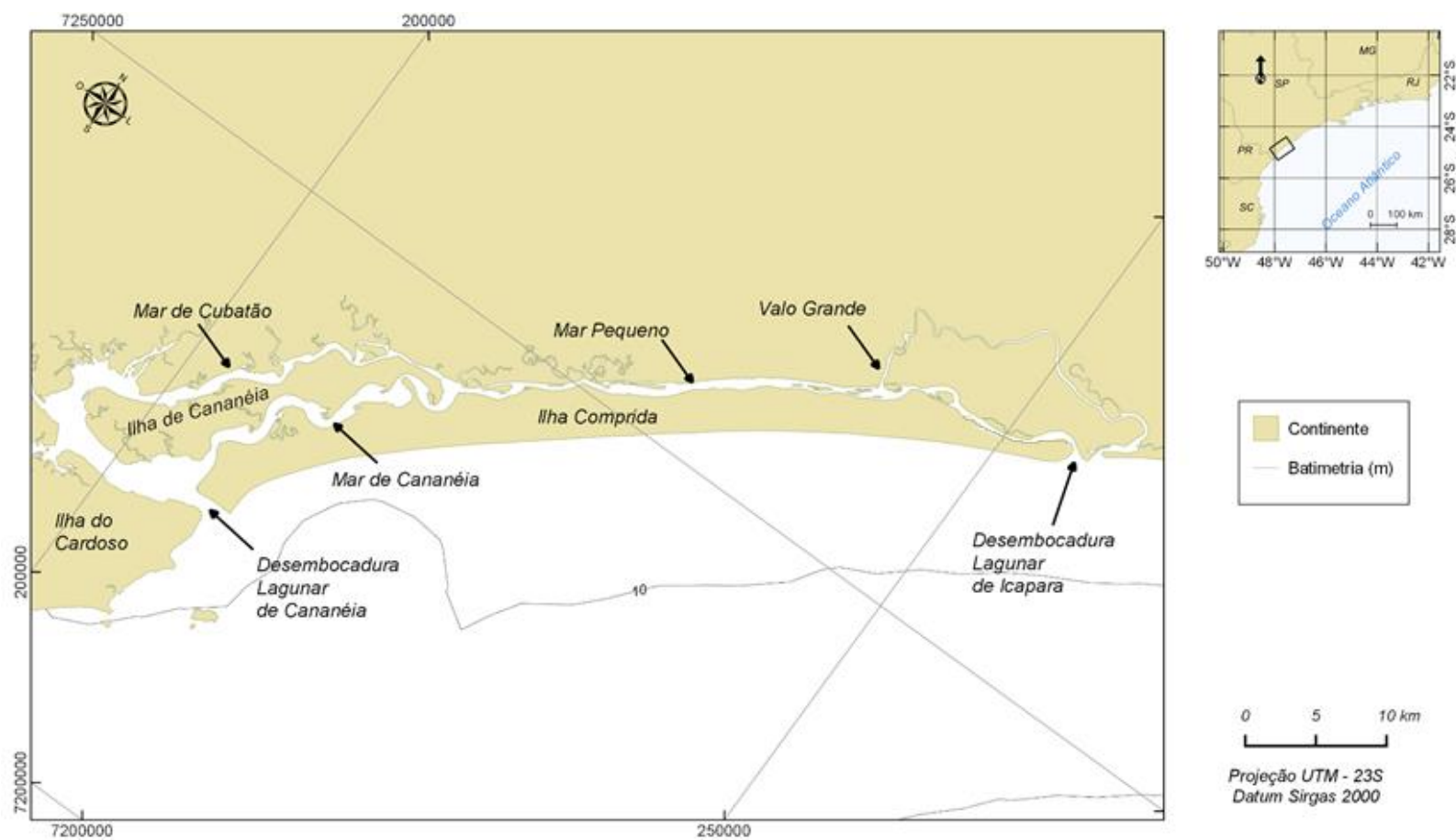


Figura 3.1.2.1.2-18 – Sistema estuarino- laguna de Cananeia-Iguape. Fonte: baseado em Tessler & Souza (1998).

Desde 2010 a CETESB realiza o monitoramento das águas e 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 - semestralmente, sendo que três destes pontos estão dispostos no Mar Pequeno. O Ponto 1 localiza-se ao norte do Valo Grande, em direção à desembocadura de Icapara, e o ponto 2 na desembocadura do Valo Grande no Mar Pequeno. Mais informações sobre a localização destes pontos podem ser obtidas item **2. Metodologia**, correspondente a Qualidade de Água e Sedimento. Dentre as coletas realizadas nestes pontos, CETESB realiza medições de temperatura e salinidade da água. A Figura 3.1.2.1.2-19 e a Figura 3.1.2.1.2-20 mostram a variação vertical de temperatura e salinidade, respectivamente, para os anos de 2013 a 2015, semestralmente, no Ponto 1 e Ponto 2 descritos anteriormente.

Estes valores mostram que na região no Mar Pequeno a temperatura da água é praticamente homogênea ao longo da coluna d'água, com menores valores durante os meses frios e maiores valores para os meses quentes. Além disso, mostra pouca variação horizontal pois, as temperaturas registradas no Ponto 1 e as registradas na desembocadura do Valo Grande (Ponto 2), são praticamente as mesmas.

Já para a salinidade, existe estratificação horizontal e vertical. Analisando ao longo da coluna d'água, nas proximidades da Barra de Icapara (Ponto 1), são observados maiores valores de salinidade nas proximidades do fundo, enquanto que na superfície os valores são muito baixos, menores que 10. Ressalta-se que esta estratificação vertical também não é muito elevada, visto que os valores de salinidade de fundo também são, com exceção a medição do dia 14/08/2015, inferiores a 15. Já para os pontos na desembocadura do Valo Grande, os valores de salinidade são praticamente 0 em toda a coluna d'água, com exceção das medições dos dias 06/08/2014 e 26/08/2015. Jaworski & Eichler (2005) encontraram valores de salinidade da ordem de 18,5 em superfície e 25,9 na desembocadura Laguna de Caipara, mostrando que mesmo na conexão com o oceano a água doce proveniente do Rio Ribeira de Iguape continua exercendo grande importância. Esses resultados mostram a estratificação horizontal que ocorre desde a desembocadura no oceano, com valores na ordem de 25 no fundo a 0 na desembocadura do Valo Grande, e de na ordem de 18 a 0 em superfície, desde a desembocadura no oceano até a desembocadura do Valo Grande.

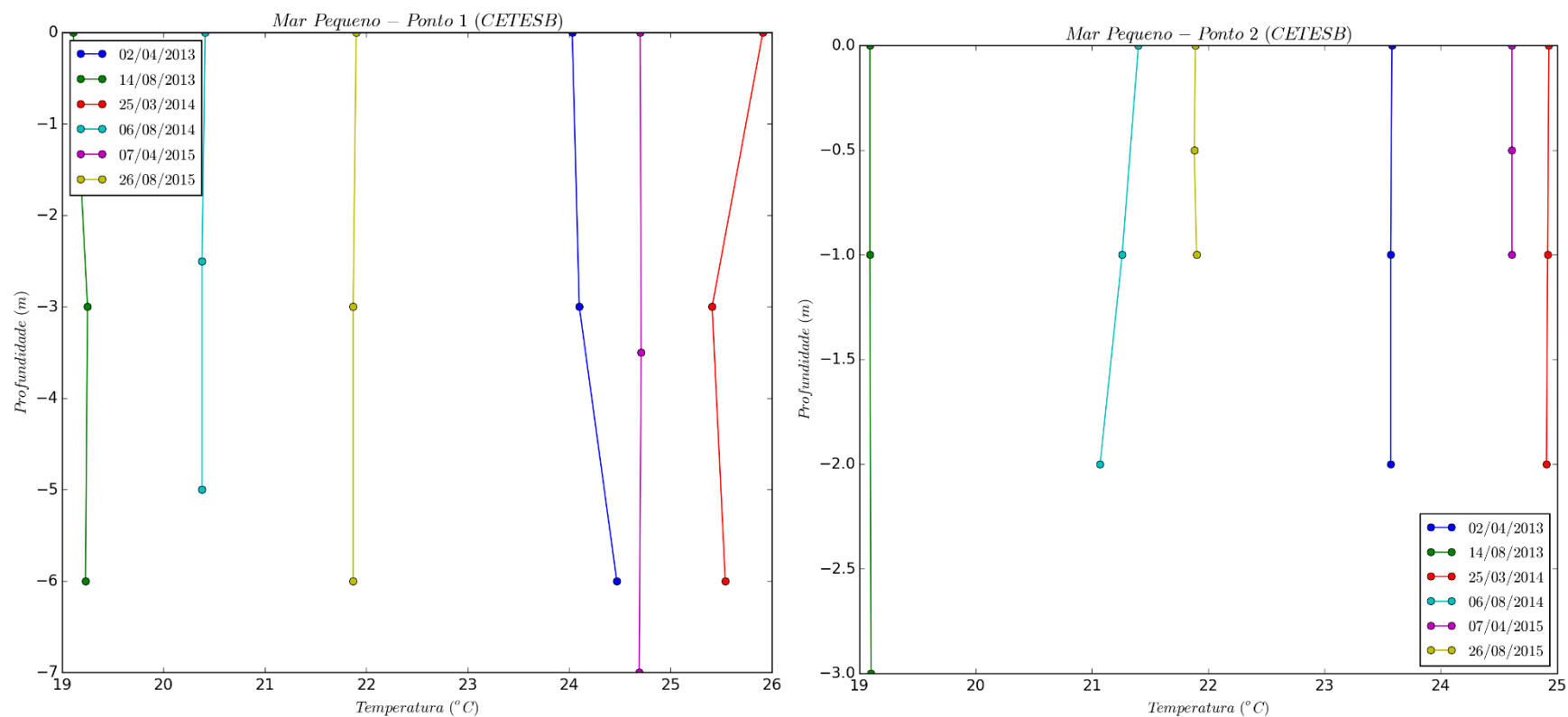


Figura 3.1.2.1.2-19 – Variação vertical e temporal da temperatura da água do mar pequeno na desembocadura do valo Grande (painel da direita) e em ponto entre a desembocadura do Valo grande e a Barra de Icapara. Fonte de dados: CETESB (2014a), CETESB (2015a), CETESB (2016a).

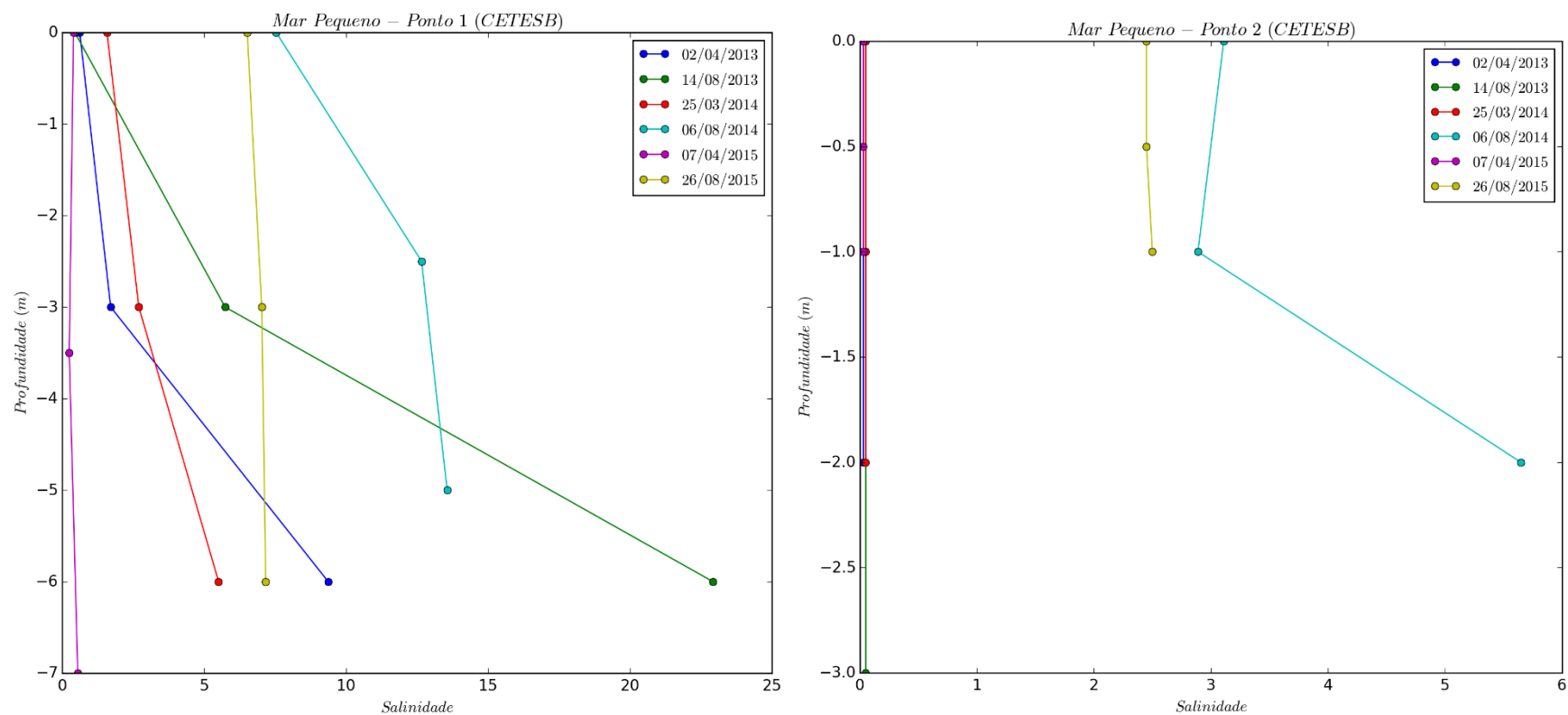


Figura 3.1.2.1.2-20 – Variação vertical e temporal da salinidade da água do mar pequeno na desembocadura do valo Grande (painel da direita) e em ponto entre a desembocadura do Valo grande e a Barra de Icapara. Fonte de dados: CETESB (2014a), CETESB (2015a), CETESB (2016a).

Estes valores de temperatura e salinidade na região do Mar Pequeno não são estáticos pois, a influência da maré nestes canais é marcante. Os dados apresentados estão indexados com datas, mas não com horários, o que dificulta a análise com relação ao instante da maré no momento em que ocorreram as coletas. Em momentos de maré enchente, Tessler (1981) mostrou que a água salgada, mais densa, adentra no sistema estuarino pelos canais lagunares pelas camadas próximas ao fundo – o que ocasiona uma diminuição na intensidade das correntes devido à “competição” entre a corrente gerada pela maré em direção ao rio e a corrente gerada pela descarga fluvial, em direção ao oceano. Já em instante de maré vazante ocorre o oposto, um aumento da intensidade das correntes, pois a corrente de maré flui em direção ao oceano, mesma direção do fluxo fluvial. Nestes instantes a água doce proveniente dos rios são dominantes na região, deixando o sistema com valores ainda mais baixos de salinidade. Tessler (1981) apresentou esquematicamente os fluxos de entrada e saída de água do complexo estuarino-lagunar de Cananeia-Iguape, disponíveis na Figura 3.1.2.1.2-21 para momentos de enchente e Figura 3.1.2.1.2-22 para momentos de vazante. Para a região do Mar Pequeno a corrente de enchente no fundo tem magnitude próxima a 0,6 m/s, enquanto que a corrente de vazante no fundo tem 0,7 m/s. Para a superfície, este mesmo autor encontrou valores máximos de 0,7 m/s e 0,8 m/s, para momentos de enchente e vazante, respectivamente.

Portanto, nota-se que com a abertura do Valo Grande, a região Mar Pequeno tornou-se praticamente uma extensão do Rio Ribeira de Iguape, com baixíssimos valores de salinidade, como apresentados anteriormente. Em momentos de maré cheia são observados maiores valores próximos ao fundo, mas ainda muito baixos se considerado a região costeira adjacente.

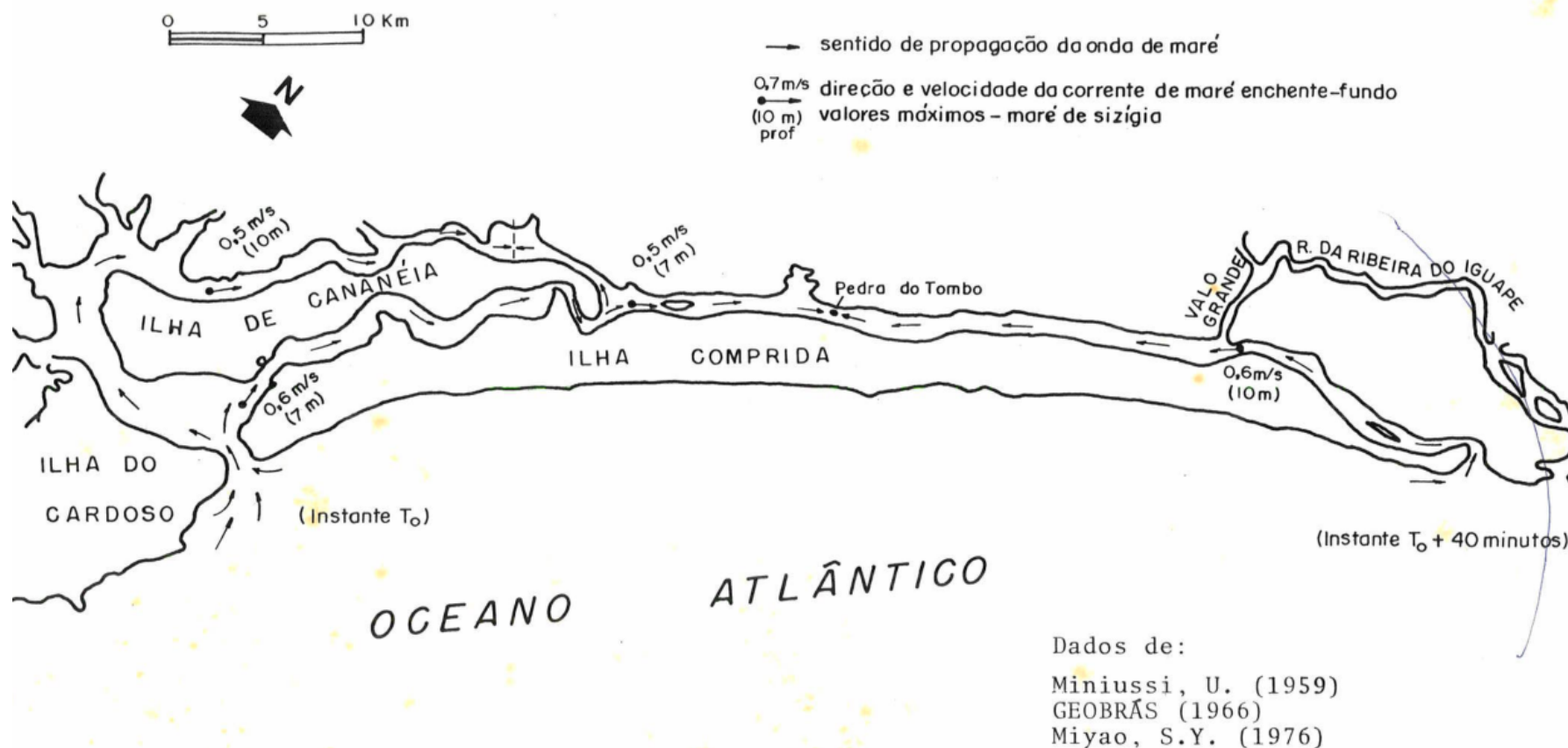


Figura 3.1.2.1.2-21 – Esquema geral de propagação da onda de maré (preamar) na região laguna de Cananeia-Iguape. Direção e velocidade de corrente de maré enchente (fundo). Fonte: Tessler (1981).



Figura 3.1.2.1.2-22 – Esquema geral de propagação da onda de maré (baixa-mar) na região laguna de Cananeia-Iguape. Direção e velocidade de corrente de maré vazante (fundo). Fonte: Tessler (1981).

■ Variação do nível do mar e ressacas

As variações do nível do mar na costa do Brasil possuem duas componentes mais significativas: as variações provocadas pela maré astronômica e a variação causada pela variação no campo atmosférico.

Gregório (2014) analisou dados extensos coletados em Cananeia e em Ubatuba, ao norte e na APAMLS, e encontrou estas duas forçantes e mostrou que as marés nesta região são semidiurnas (duas marés cheias e duas marés baixas por dia), fortemente marcadas por período de sizígia e quadratura com amplitudes máximas de 1,2 m e 0,8 m, respectivamente. Para a forçante gravitacional, a **Figura 3.1.2.1.2-23** mostra as constantes harmônicas para a região da APAMLS, tendo como referência o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo em Cananeia.

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 **Figura 3.1.2.1.2-23** – M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , Q_1 , MM , $M4$), a mostra a variação máxima de amplitude para a área de estudo. Este valor não se altera ao longo do ano. Para a APAMLS as variações máximas são da ordem de 1,1 a 1,3 m - estado de acordo com as variações proposta pela Figura 3.1.2.1.2-24.

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. Em Ubatuba, região ao norte da APAMLS, 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 à 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.

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.

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

Nome da Estação :		CANANÉIA – SP			
Localização :		No trapiche da estação de pesquisa da USP			
Organ. Responsável :		Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo - IOUSP			
Latitude :		25° 01,0' S	Longitude : 47° 55,5' W		
Período Analisado :		1978	Nº de Componentes : 176		
Análise Harmônica :		Método Almirante Santos Franco			
Classificação :		Maré de Desigualdades Diurnas			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		III H 02 min	Nível Médio (Zo): 71 cm acima do NR		
Média das Preamares Superiores (MHHW) :		132 cm acima do NR.	Média das Preamares Inferiores (MLHW) : 130 cm acima do NR		
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :		23 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) : 2 cm acima do NR.		
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	5,7	027	MU ₂	2,3	152
Ssa	5,3	097	N ₂	5,6	162
Mm	-	-	NU ₂	0,7	151
Mf	-	-	M ₂	36,6	092
MTM	4,7	153	L ₂	2,3	102
Msf	-	-	T ₂	0,5	103
Q ₁	3,1	061	S ₂	23,7	094
O ₁	11,0	082	K ₂	7,6	085
M ₁	0,8	317	MO ₃	5,3	022
P ₁	2,3	147	M ₃	8,1	234
K ₁	6,5	145	MK ₃	2,7	138
J ₁	-	-	MN ₄	3,4	157
OO ₁	-	-	M ₄	7,0	208
MNS ₂	-	-	SN ₄	-	-
2N ₂	1,9	155	MS ₄	3,5	314
Referências de Nível: Nas dependências da estação de pesquisa oceanográfica da IOUSP.					
Obs: 1- Existem dados no IOUSP para o período de 1954 a 1967 e análises de longo período de 1969 a 1974. 2- Valores extraídos de informações diretas e do relatório interno do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (II): 1-14, 1983 dos professores Afranio Mesquita e Joseph Harari. 3- Estação do Programa GLOSS					

Código BNDO: NC

Figura 3.1.2.1.2-23 – Constantes harmônicas para a base do Instituto Oceanográfico da USP em Cananeia.
Fonte: FEMAR (2002).

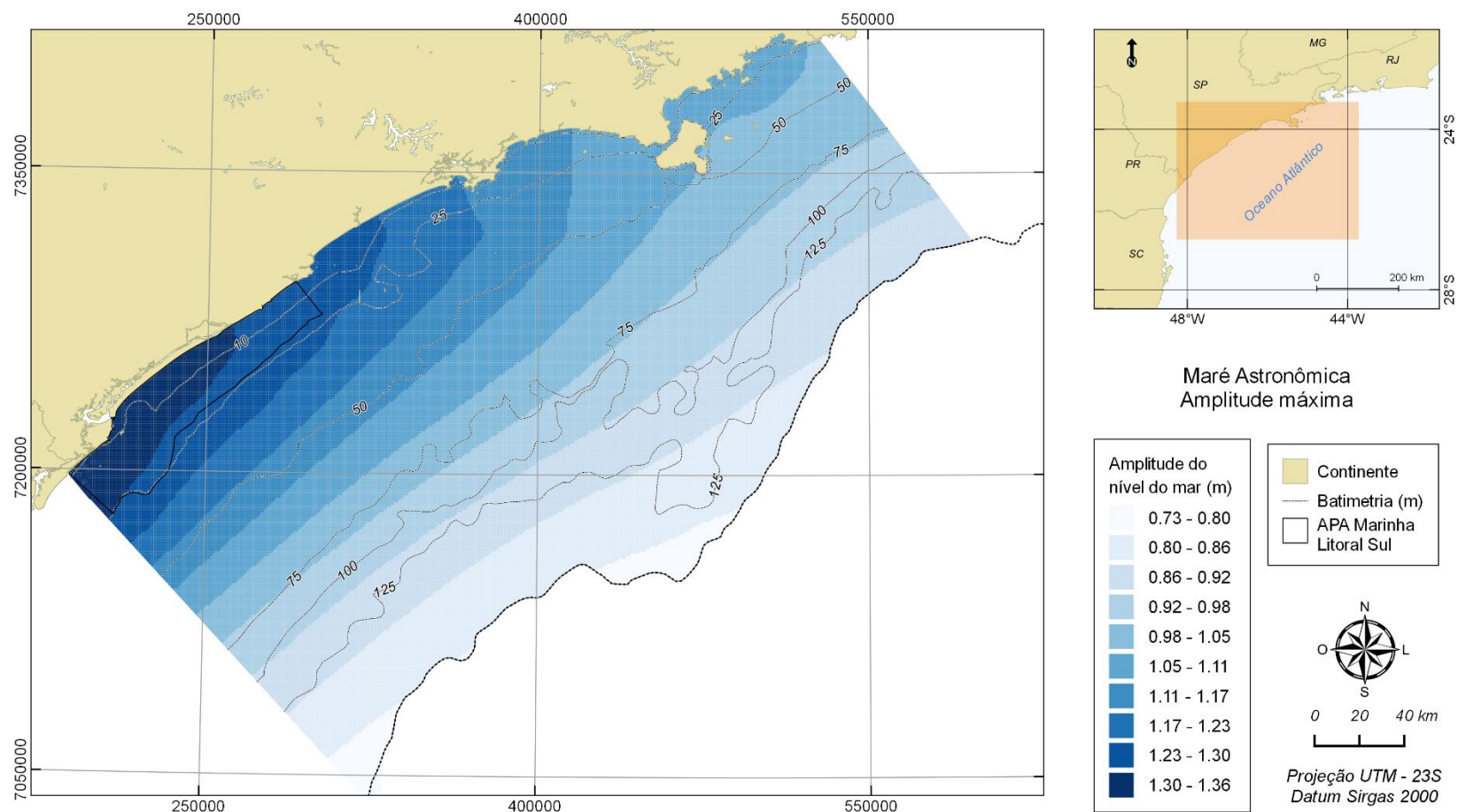


Figura 3.1.2.1.2-24 – Amplitude máxima do nível do mar devido as forças gravitacionais. Fonte de dados: Modelo global inverso TPXO 7.2.

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 (frequências inferiores a aproximadamente 40 h para a região) 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 Figura 3.1.2.1.2-25 e na Figura 3.1.2.1.2-26.

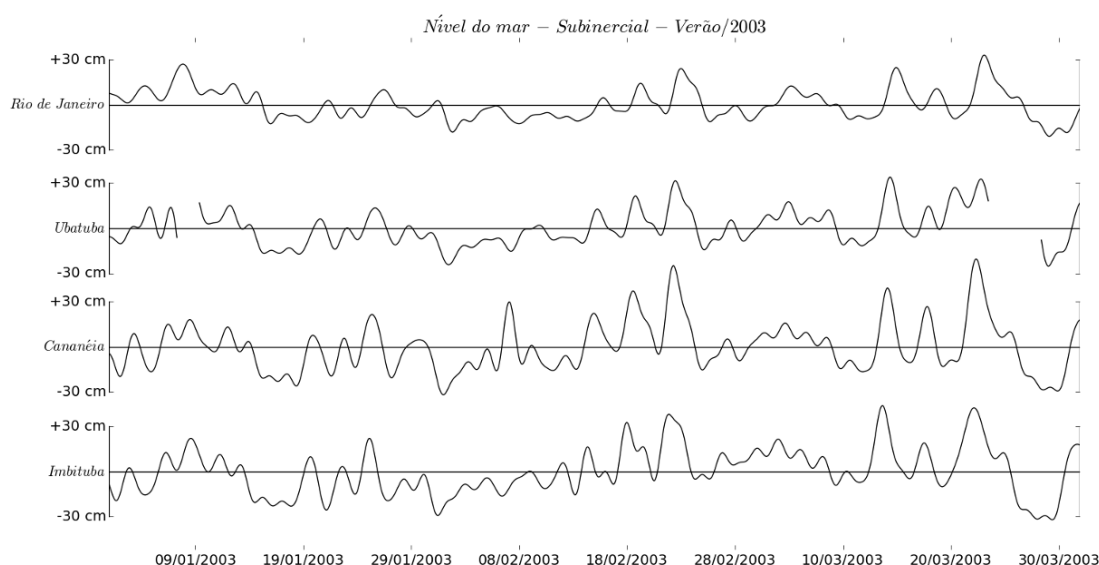


Figura 3.1.2.1.2-25 – Variação do nível do mar subinercial no verão de 2003, indicando que a variação do nível do mar é semelhante em toda a costa de São Paulo (Cananeia – sul do estado – segundo painel de baixo para cima; Ubatuba – norte do estado – terceiro painel de baixo para cima). Fonte: Gregório (2014)

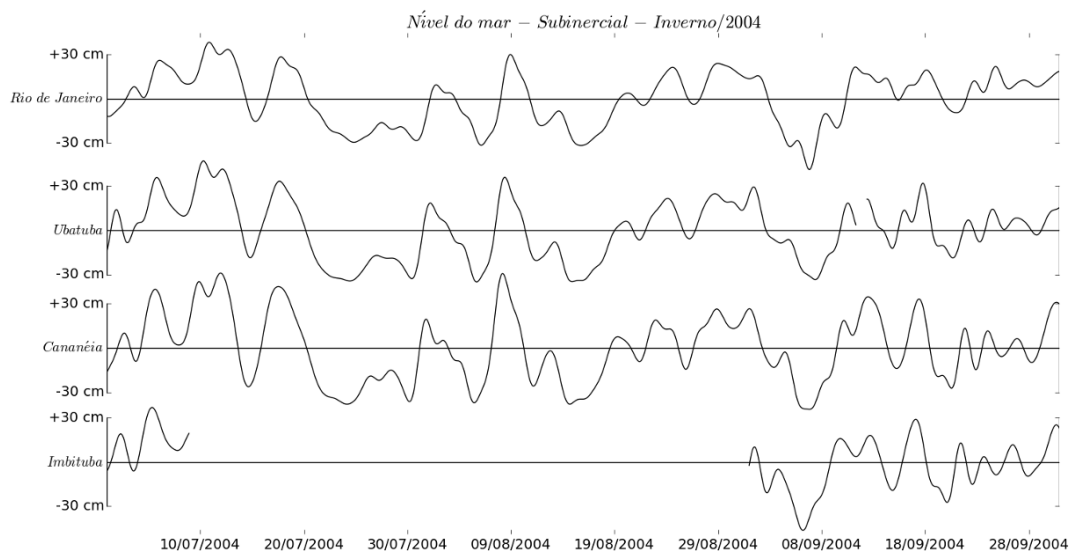


Figura 3.1.2.1.2-26 – Variação do nível do mar subinercial no inverno de 2004, indicando que a variação do nível do mar é semelhante na costa de São Paulo (Cananeia – sul do estado – segundo painel de baixo para cima; Ubatuba – norte do estado – terceiro painel de baixo para cima). Fonte: Gregório (2014)

Assim, nesta análise serão utilizados dados coletados em Cananeia (SP). As séries totais e subinercial (filtradas) estão apresentadas da Figura 3.1.2.1.2-27 a Figura 3.1.2.1.2-30.

Dessa maneira, para identificar eventos extremos de maré meteorológica positiva e negativa 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 3.1.2.1.2-5 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 3.1.2.1.2-5 – 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

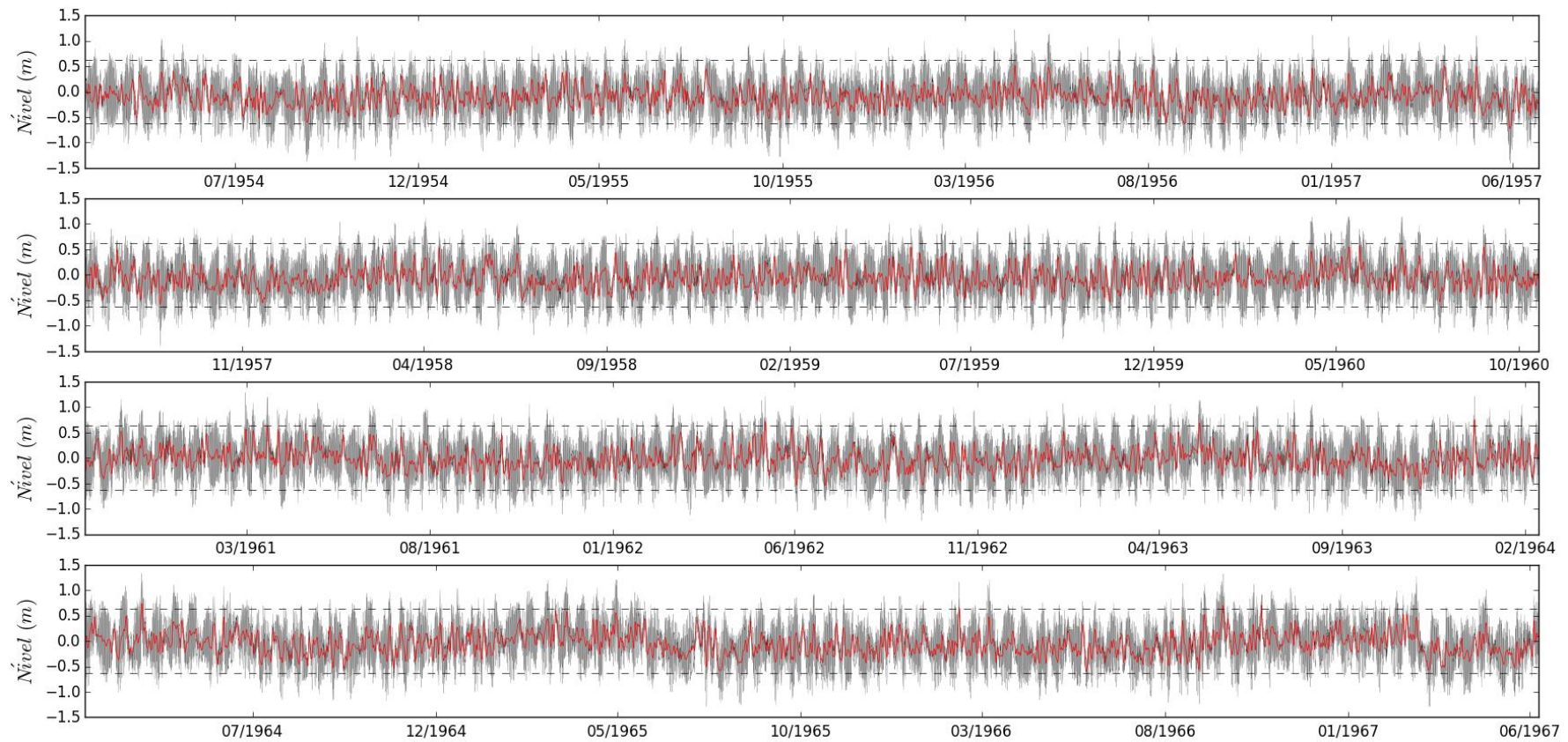


Figura 3.1.2.1.2-27 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananeia entre 07/1954 (painel superior) e 06/1967 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

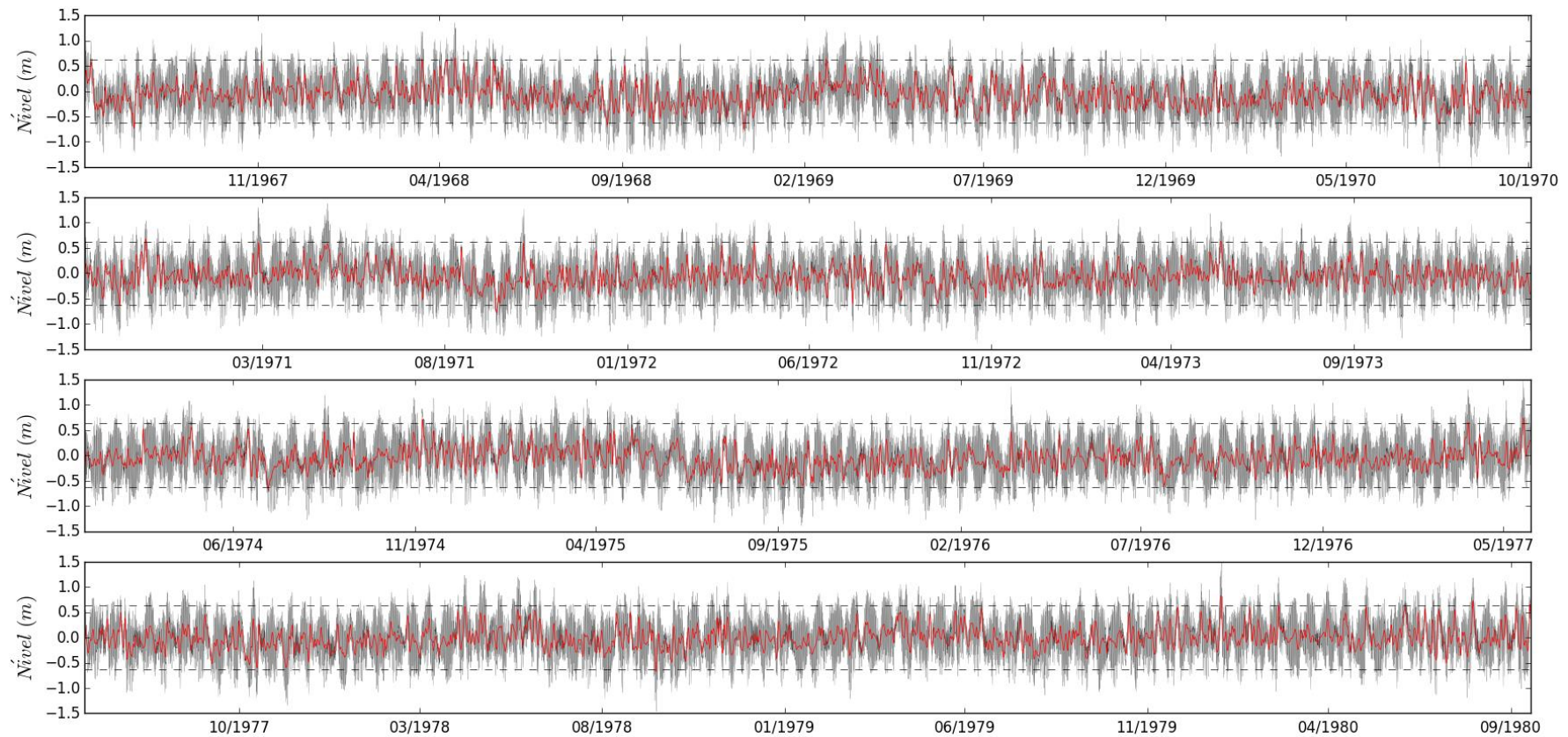


Figura 3.1.2.1.2-28 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananeia entre 06/1967 (painel superior) e 09/1980 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

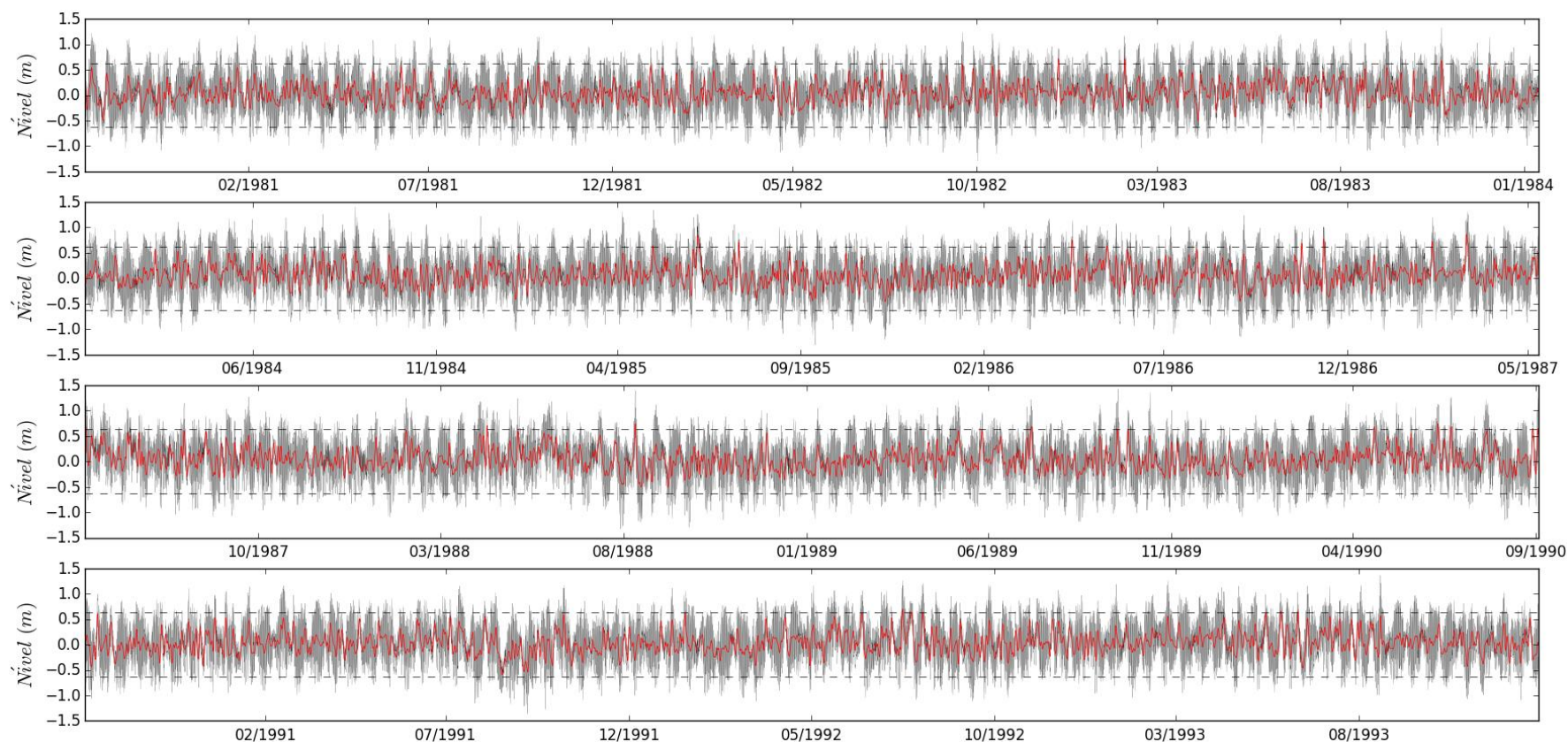


Figura 3.1.2.1.2-29 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananeia entre 09/1980 (painel superior) e 12/1993 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

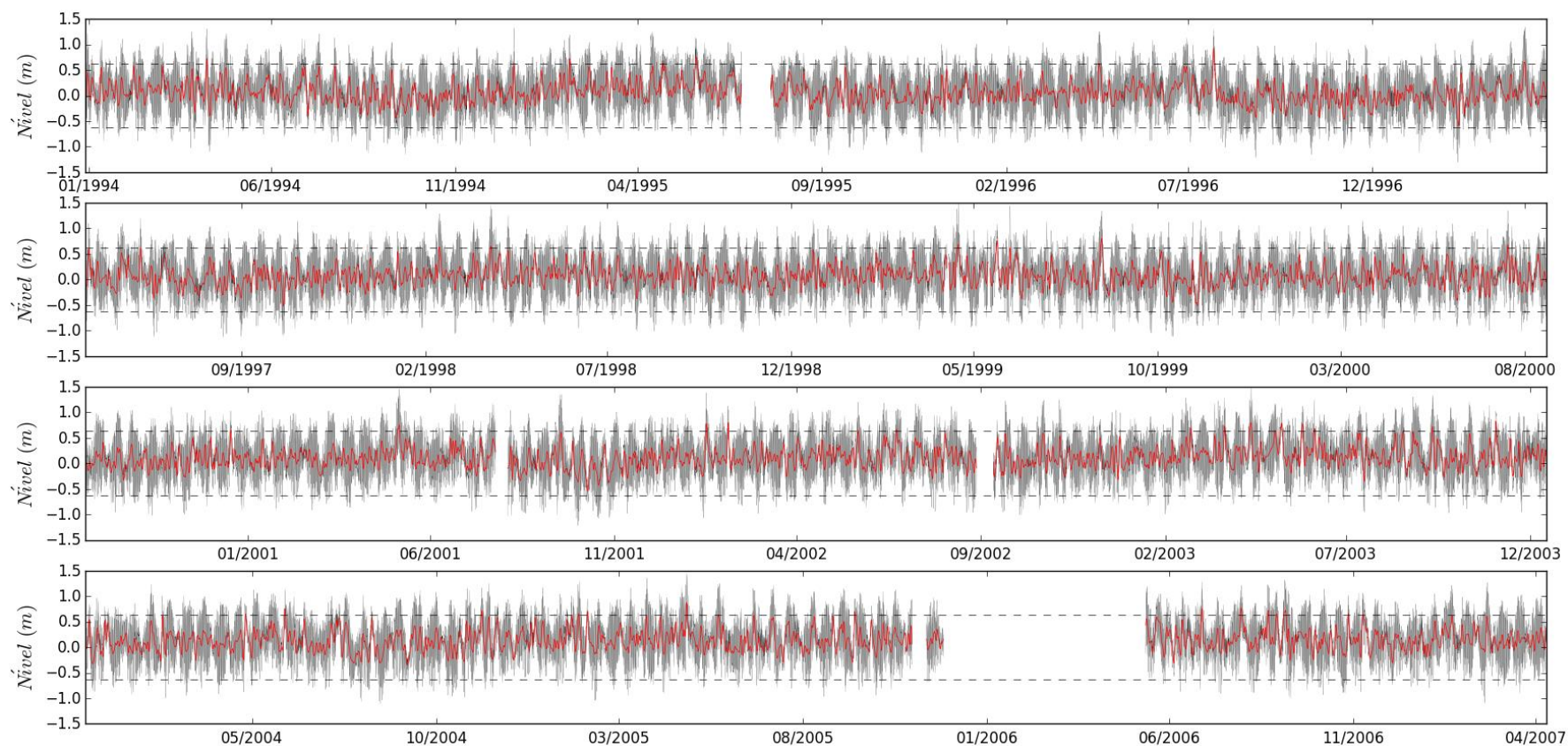


Figura 3.1.2.1.2-30 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananeia entre 01/1994 (painel superior) e 04/2007 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Para avaliar a variação interanual destas ressacas, a Figura 3.1.2.1.2-31 mostra o nível médio anual do mar em Cananeia 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.

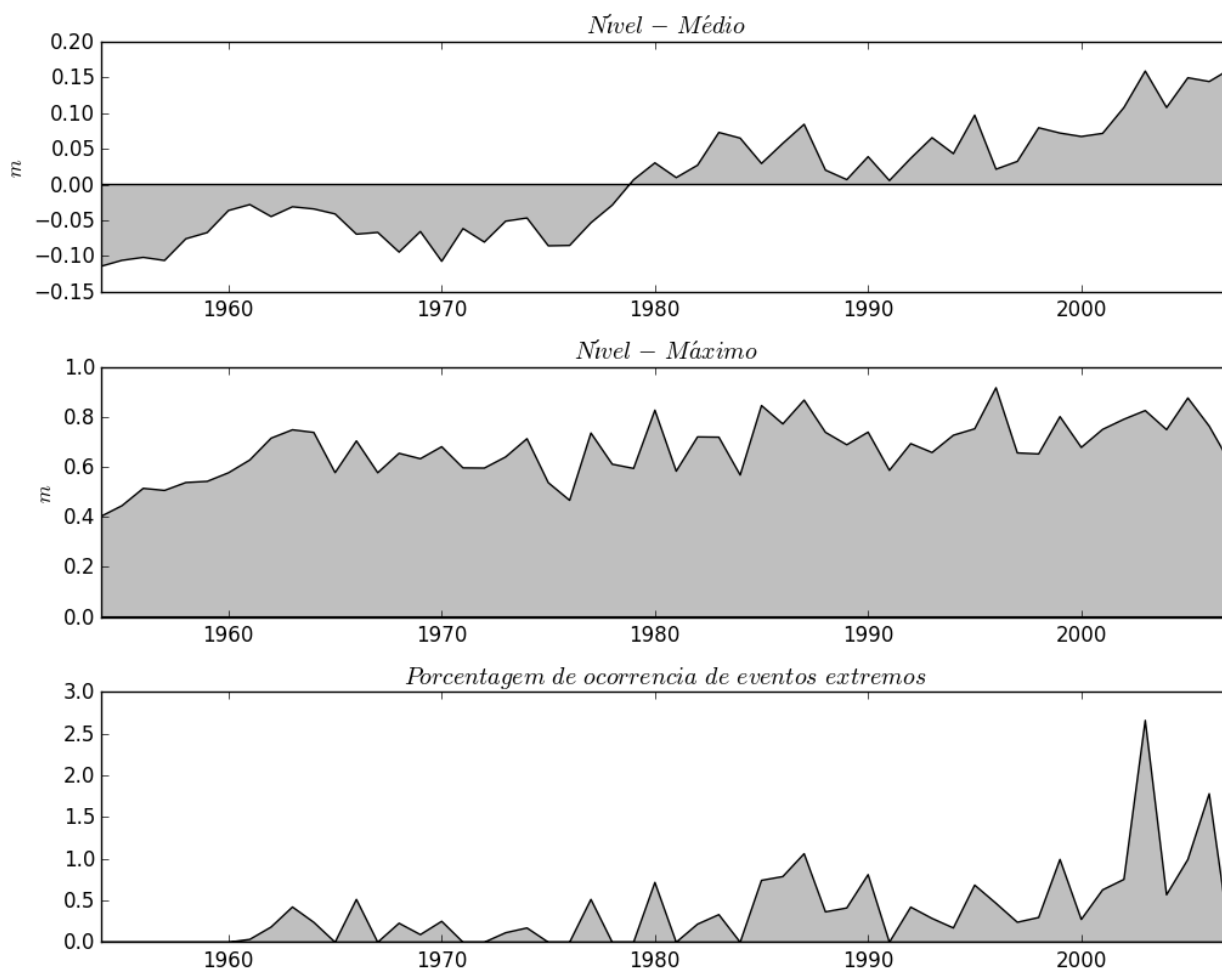


Figura 3.1.2.1.2-31 – Nível médio do mar (painel superior), nível máximo registrado (painel central) e porcentagem de ocorrência de eventos extremos de elevação do nível do mar na costa de São Paulo entre 1954 e 2007. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

A Figura 3.1.2.1.2-31 mostra que houve uma variação de aproximadamente 0,2 m no nível médio do mar em Cananeia 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 mareógrafos 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 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 crescente, 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 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 Figura 3.1.2.1.2-32 e a Figura 3.1.2.1.2-33 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 3.1.2.1.2-6** mostra os valores médios sobre o ponto APAMLS.

Tabela 3.1.2.1.2-6 – Estatística básica da altura e direção de ondas que incidem sobre o ponto APAMLS. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

	Altura				Período			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Verão	1,10	0,00	3,56	0,41	7,60	0,00	17,77	1,78
Outono	1,20	0,33	3,60	0,46	8,71	2,56	16,94	2,27
Inverno	1,20	0,29	3,23	0,46	9,09	3,31	19,05	2,34
Primavera	1,35	0,36	3,17	0,41	8,25	3,73	17,07	1,83

Os dados de altura mostram maiores valores para os períodos de primavera (1,35 m) e menores no verão (1,10 m), com valores intermediários para outono e inverno (1,20 m). Para a direção, a média 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 9,1 s) e os menores no verão (aproximadamente 7,6 s).

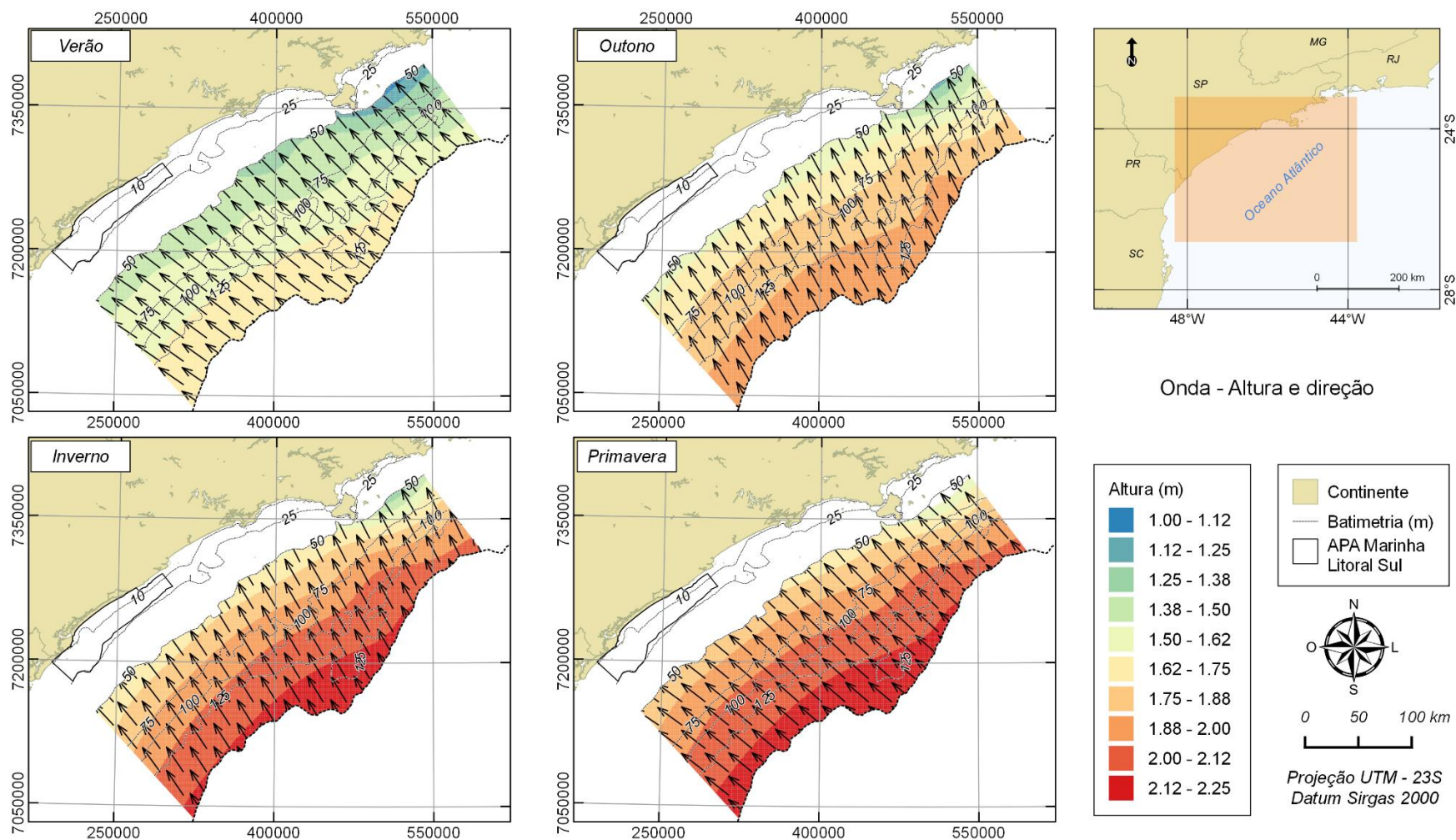


Figura 3.1.2.1.2-32 – Altura (cores) e direção (vetores) média das ondas que atingem a região de estudo. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Diagnóstico Técnico - Produto 2
Meio Físico - APAMLS

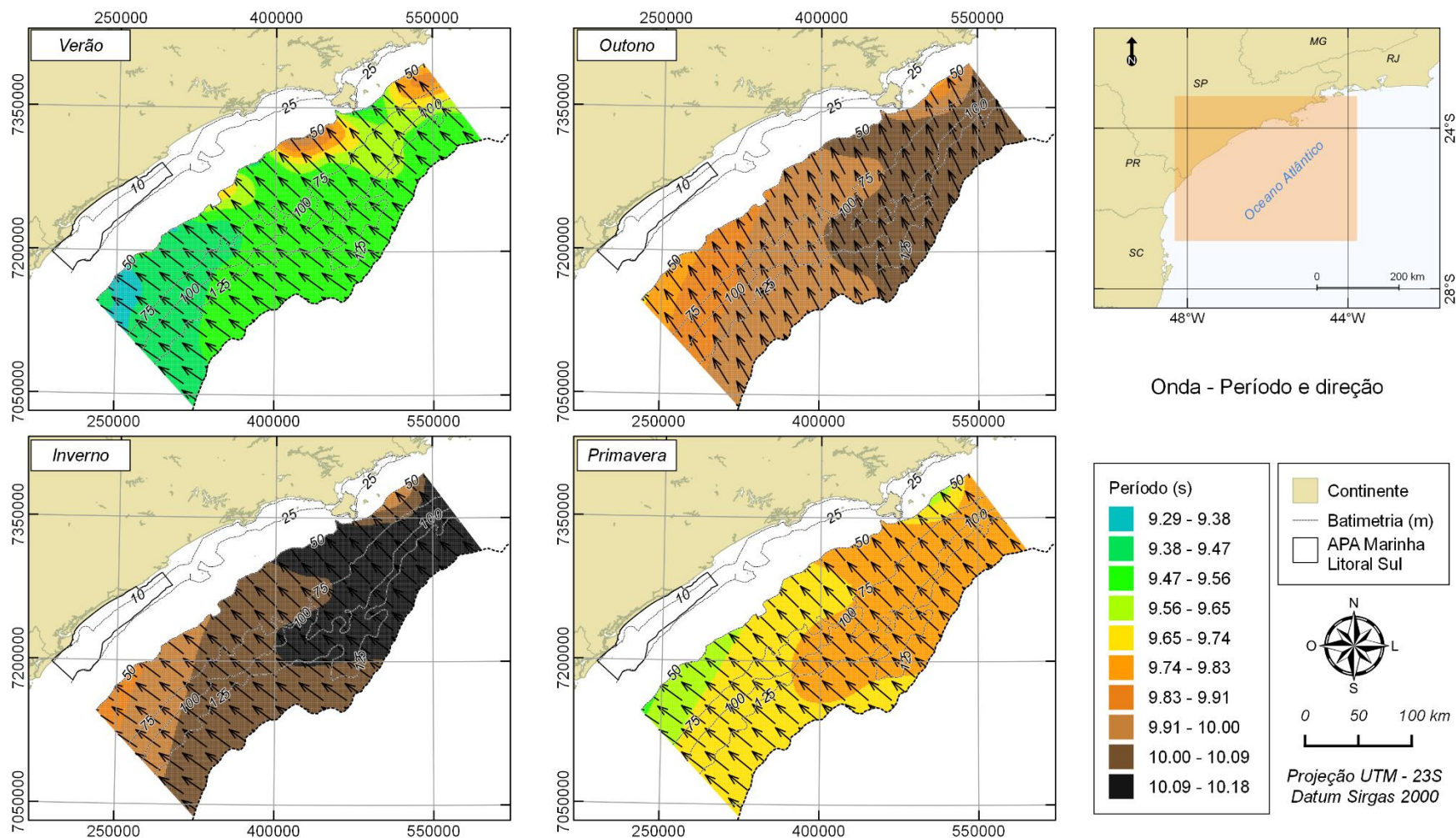


Figura 3.1.2.1.2-33 – Período (cores) e direção (vetores) média das ondas que atingem a região de estudo. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Analisando toda a série temporal, da **Figura 3.1.2.1.2-34** a **Figura 3.1.2.1.2-37** são mostrados os diagramas direcionais para altura e período de onda, respectivamente, que atingem o ponto APAMLS. 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 (29,2 %), S (34,8%), S (28,7%) e NE (26,4%), respectivamente. Estas ondas possuem altura média de 1,78 m, 2,42 m, 2,66 m e 2,13 m, com período médio de 6,69 s, 10,14 s, 10,39 s e 6,99 s, para cada estação do ano, respectivamente - **Tabela 3.1.2.1.2-7**.

Tabela 3.1.2.1.2-7 – Estatística básica da altura e períodos de ondas de direção mais frequente sobre o ponto APAMLS. 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, 78	0, 54	4, 06	NE	6,69	0,92	9,53
Outono	S	2, 42	0, 85	8, 16	S	10,1	1,88	15,96
Inverno	S	2, 66	0, 85	7, 08	S	10,39	1,83	15,67
Primavera	NE	2, 13	0, 67	5, 19	NE	6,96	0,91	9,82

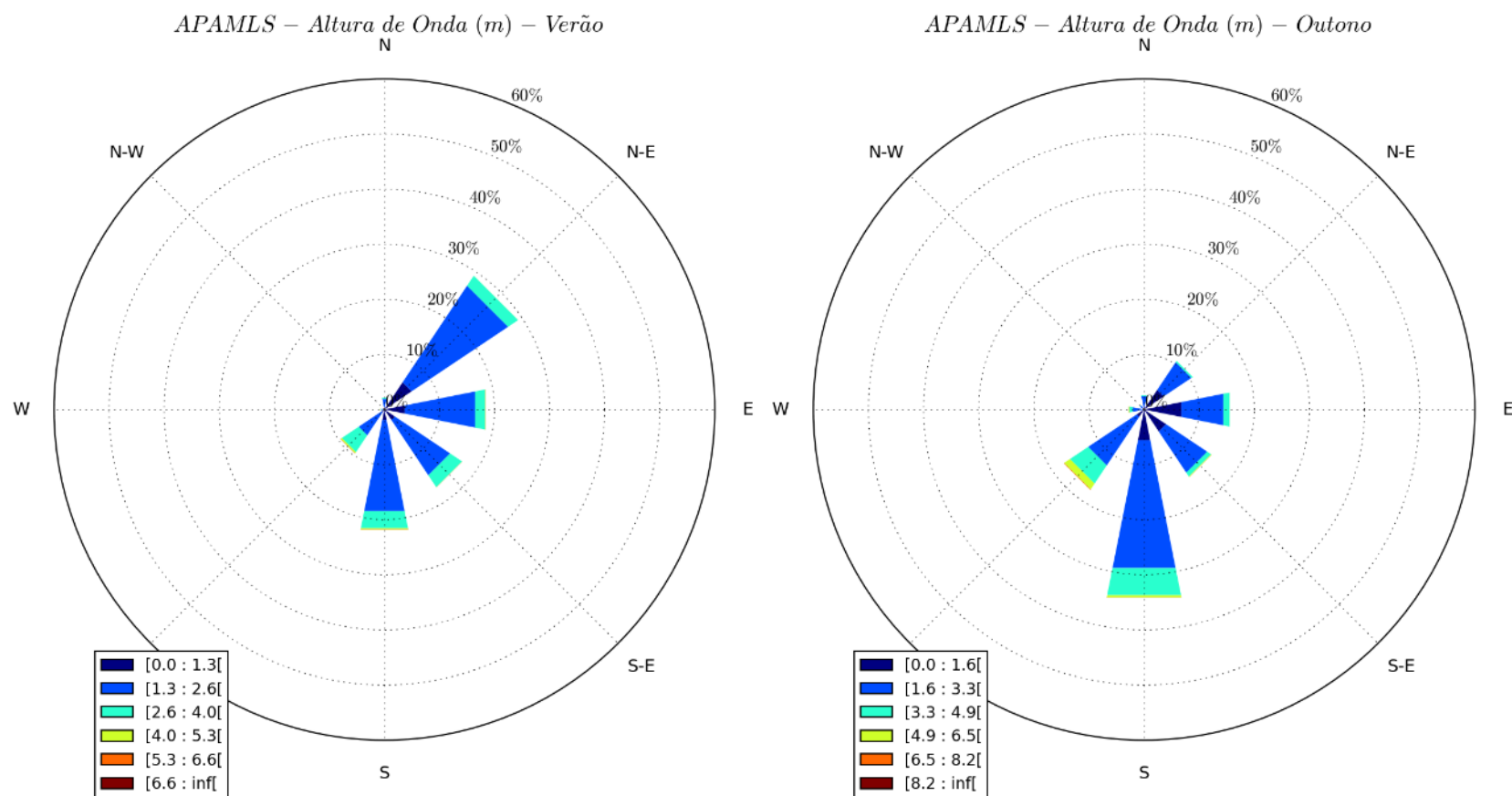


Figura 3.1.2.1.2-34 – Histograma direcional de altura de onda para a APAMLS. O painel superior esquerdo corresponde ao verão e o direito a primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

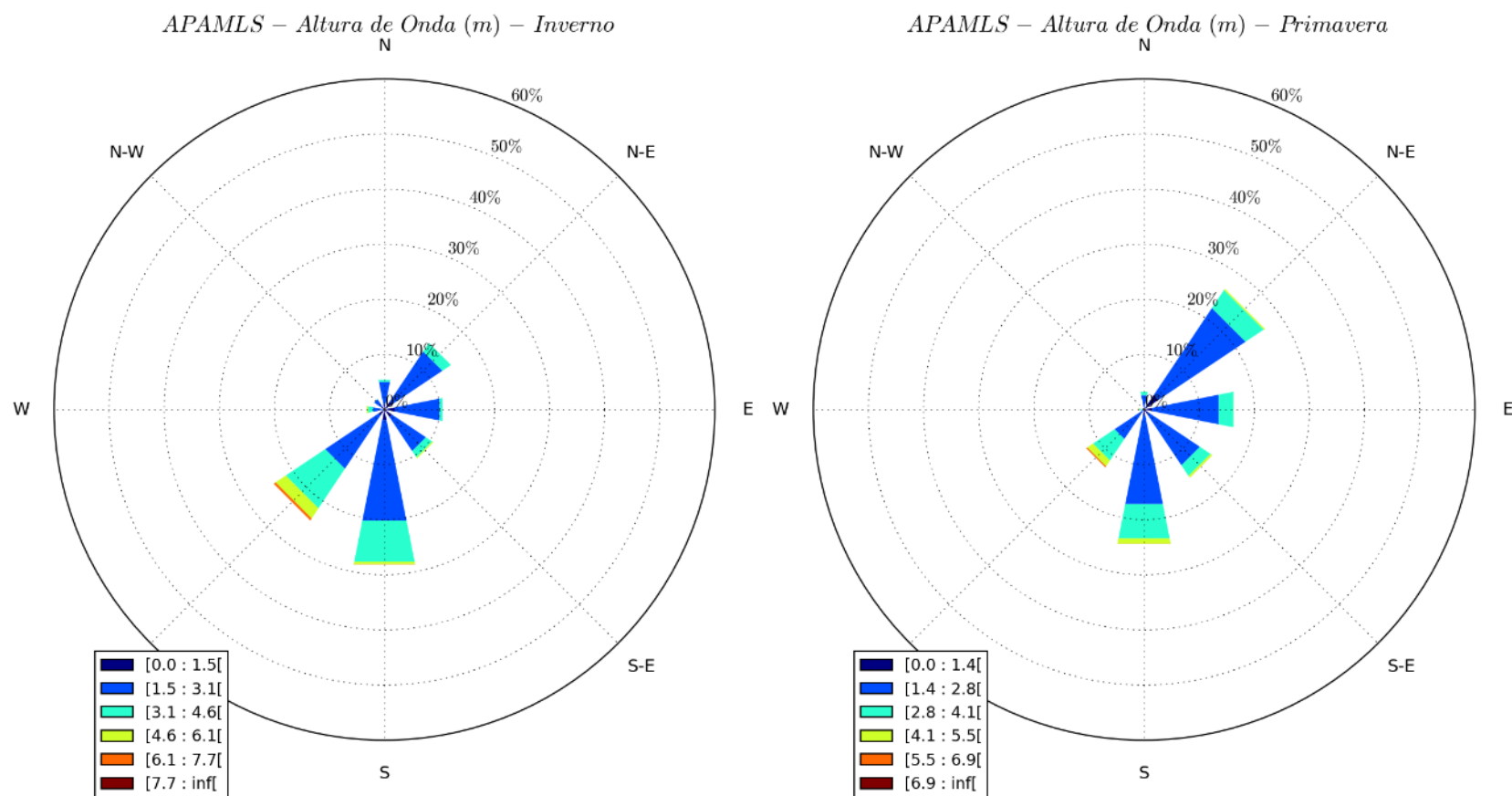


Figura 3.1.2.1.2-35 – Histograma direcional de altura de onda para a APAMLS. O painel superior esquerdo corresponde ao inverno e o direito a primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

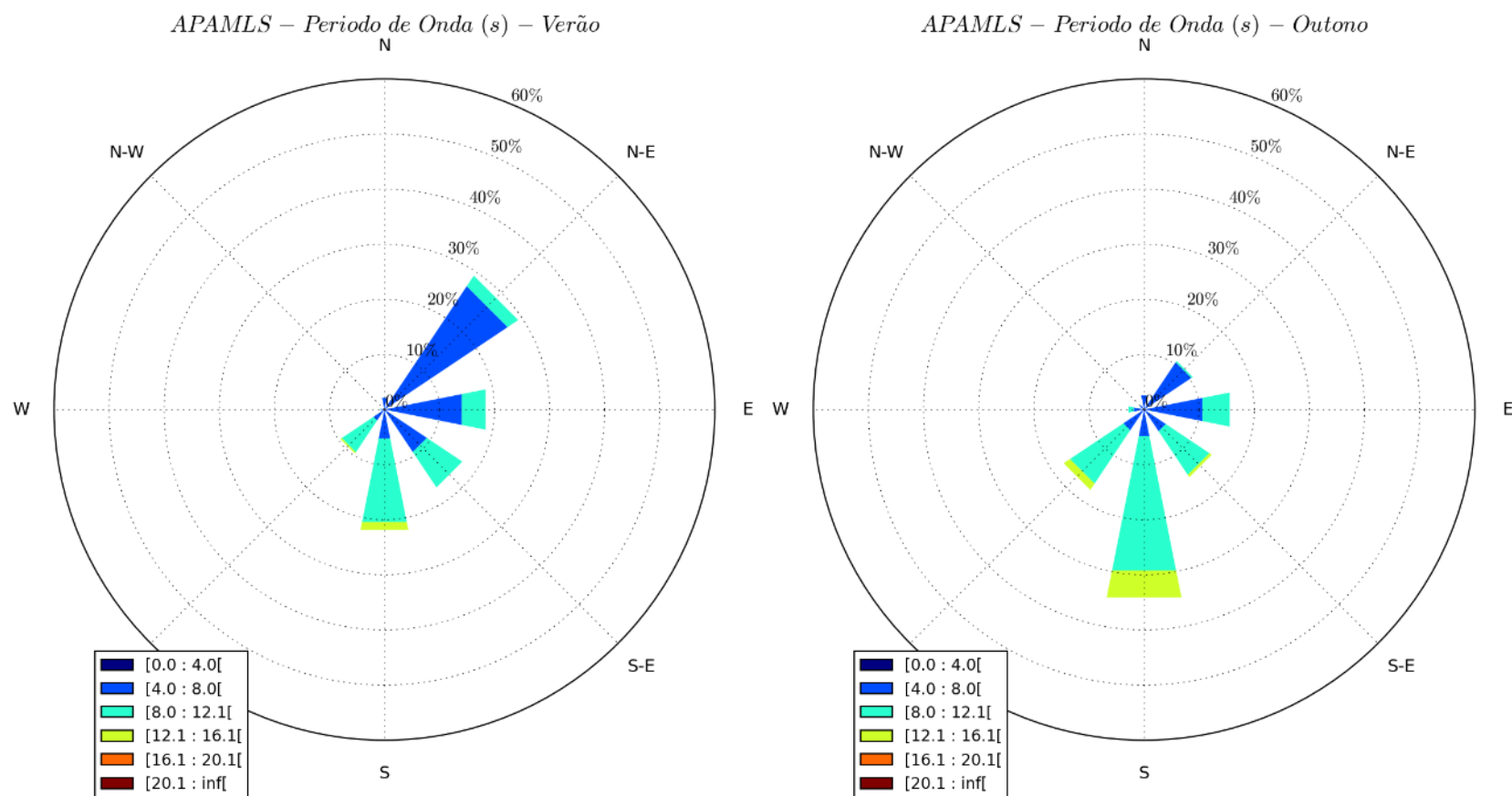


Figura 3.1.2.1.2-36 – Histograma direcional de período de onda para a APAMLS. O painel esquerdo corresponde ao verão e o direito ao outono. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

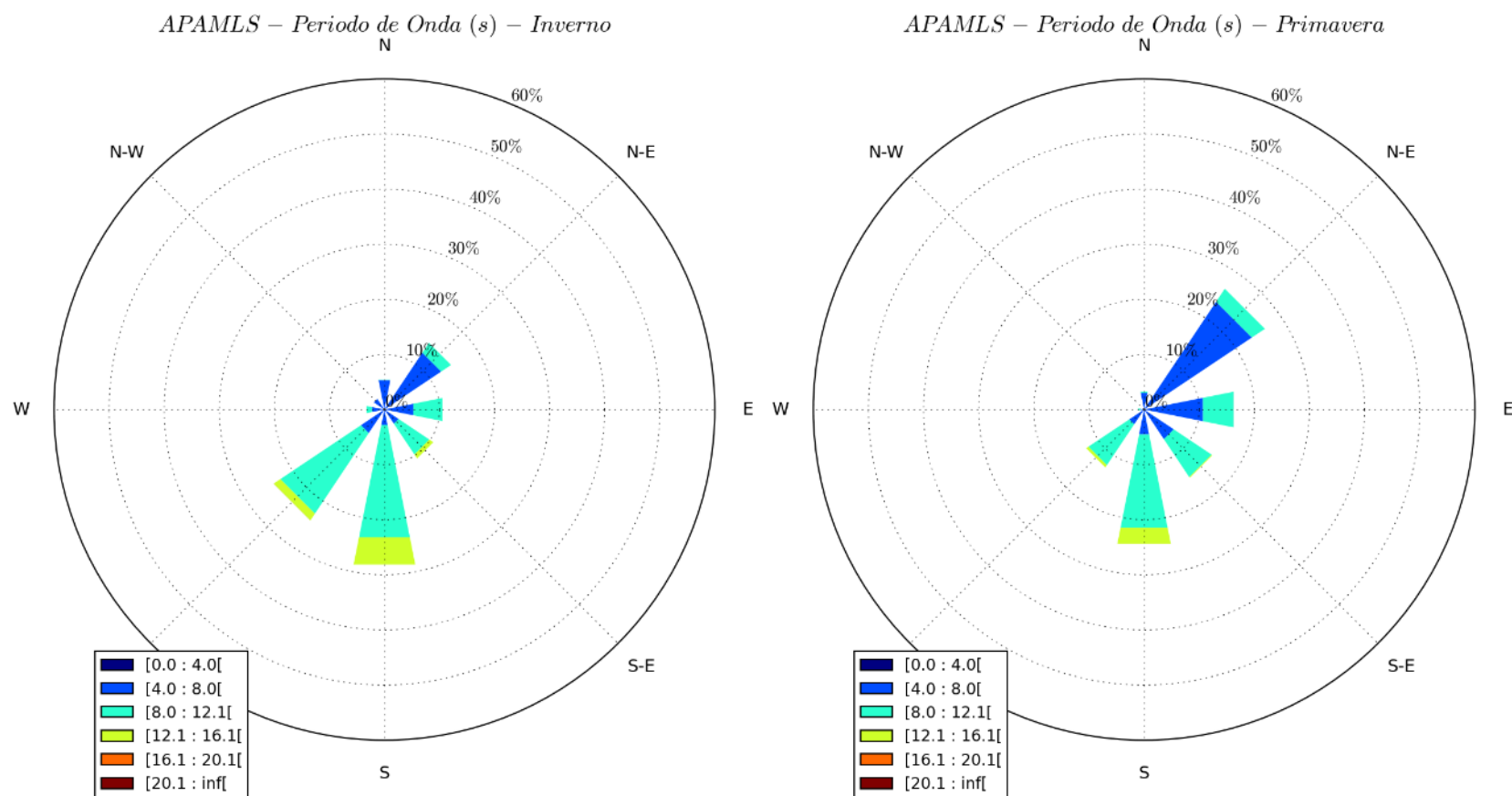


Figura 3.1.2.1.2-37 – Histograma direcional de período de onda para a APAMLS. O painel esquerdo corresponde ao inverno e o direito a primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Já a **Tabela 3.1.2.1.2-8** 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. As maiores alturas e períodos nestas direções são observados em período de inverno, e os menores no verão.

Tabela 3.1.2.1.2-8 – 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 APAMLS. 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	2,49	0, 85	6, 61	S	9,38	1,85	16,99
Outono	SW	2,92	1, 17	7, 98	S	10,10	1,88	15,96
Inverno	SW	3,13	1, 18	7, 65	S	10,39	1,83	15,67
Primavera	SW	3,13	1, 29	6, 71	S	9,75	1,92	16,13

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 3.1.2.1.2-9. Estes dados mostram que para ondas de até 1,5 m o inverno apresenta maior probabilidade 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 - Figura 3.1.2.1.2-38. Estes resultados 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 3.1.2.1.2-9 – Probabilidade de ocorrência de ondas de acordo com intervalos de altura para o ponto APAMLS.
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

APAMLS – Período de retorno ondas

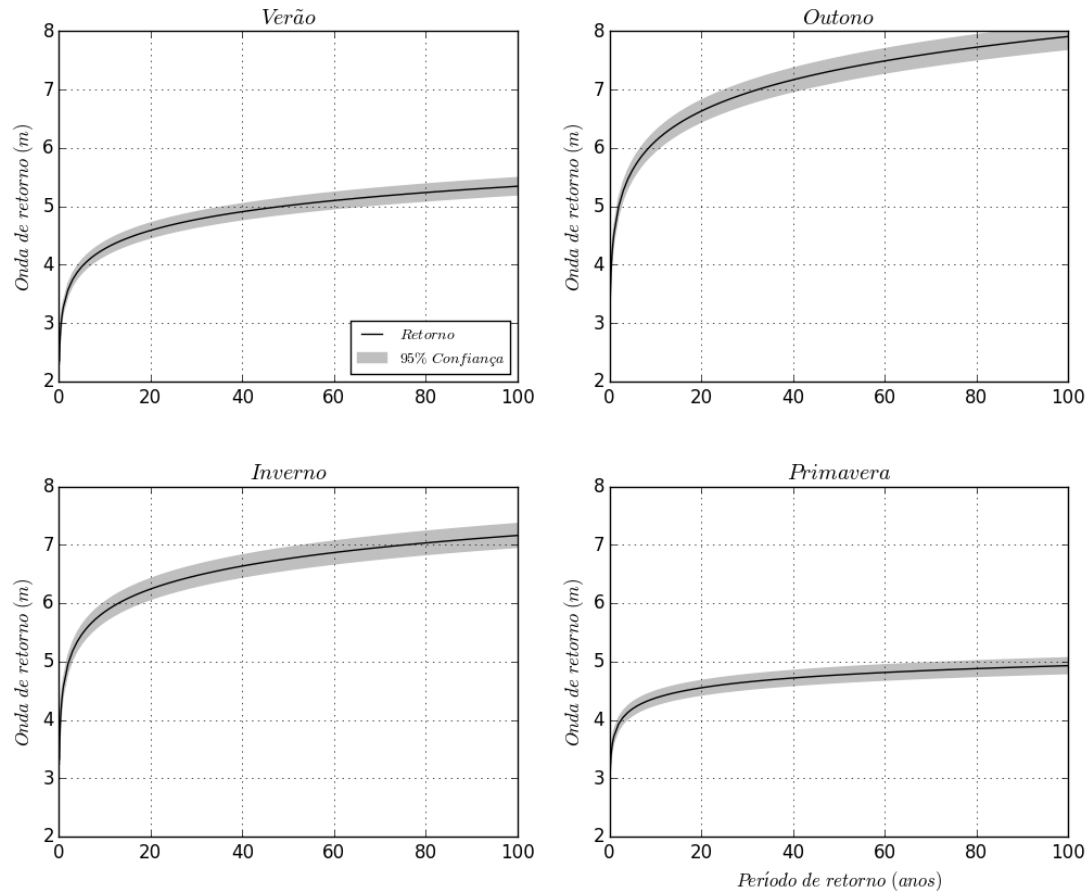


Figura 3.1.2.1.2-38 – Ondas de retorno para período máximo de 100 anos para o ponto APAMLS. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera.
Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

■ Síntese da caracterização da oceanografia física

Com relação às correntes marinhas, a dinâmica na região da APAMLS 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. As correntes na região da APAMLS possuem direção preferencial para S-SW. Ao largo de toda a APAMLS, em profundidades entre 50 e 100 m, aproximadamente, o regime de correntes é regido pelo vento, tendo assim sentido preferencial para S-SW.

As correntes na região 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.

Na região da APAMLS foram encontradas principalmente a massa de água Água Costeira, que é a mistura entre as águas presentes na PCSE e as águas de descargas continentais. Durante o inverno principalmente é observada a introdução de águas mais frias provenientes da região mais ao sul que, por serem provenientes da mistura com descargas continentais possuem grande quantidade de nutrientes dissolvidos.

Nas regiões costeiras da APAMLS 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 1,4 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 fluem para sul, com ondas predominantemente de N-NE e oscilação do nível do mar de acordo com a maré. Em situação de passagem de frentes frias, onde os ventos são alterados para S-SW, as correntes alteram de sentido, fluindo também para NE. 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

As águas costeiras são as mais produtivas do oceano, pois recebem a contribuição de nutrientes carreados pelos rios, e como resultado, abrigam fauna e flora importantes no ecossistema marinho. Ao mesmo tempo, essas águas são muito utilizadas para recreação de contato primário e secundário, em especial 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. Nesse contexto, cada uso pretendido para as águas costeiras demanda um nível de qualidade e um monitoramento específico, adequado às necessidades criadas pela atividade desenvolvida.

Desde 2010 a CETESB realiza o monitoramento das águas e 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.

No Item **2. Metodologia**, estão disponíveis os compostos analisados na água e no sedimento, índices de qualidade e detalhes dos pontos de análise utilizados neste diagnóstico. O monitoramento da Rede Costeira ocorre na porção interior das duas desembocaduras do Lagamar; ao norte no Mar Pequeno e ao sul no Mar De Cananeia, onde boa parte das comunidades depende do mar para seu sustento (pesca, extrativismo ou turismo). Desse modo, alterações da qualidade do mar ou estuário podem trazer graves consequências econômico-sociais para a região.

■ Avaliação da qualidade da água costeira

Nesta seção serão apresentados os resultados e discutidos os resultados das análises de qualidade de águas e sedimentos realizadas no âmbito do programa Rede Costeira para Litoral Sul de São Paulo (CETESB, 2016^a) para o ano de 2015. Comparação com anos anteriores são feitas no item *Conclusões sobre qualidade de 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 o Litoral Sul de São Paulo por ponto de amostragem e a média obtida para cada área estudada são apresentados na Figura 3.1.2.1.3-1 e 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, a região do Mar Pequeno foi

classificada com um Índice de Qualidade da Água Costeira (IQAC) Regular, com amostras apresentando diversos parâmetros não conformes: Carbono Orgânico Total (COT), Fósforo total, Enterococos e Clorofila a. O Mar de Cananéia, por sua vez, obteve classificação Boa, mas também apresentou não conformidades: COT, Fenóis totais e Clorofila a.

Tabela 3.1.2.1.3-1 – Índice de Qualidade da Água Costeira para os pontos amostrados no Litoral Sul de São Paulo (CETESB, 2016a).

Classificação - IQAC 2015					(% de amostras não conformes por Parâmetro)
Local de amostragem	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Média	
Mar Pequeno	75	82	77	78	COT (33%), Fósforo total (11%), Enterococos (17%), Clorofila a (33%)
Mar Cananéia	83	76	93	84	COT (39%), Fenóis totais (17%), Clorofila a (17%)

Legenda:

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

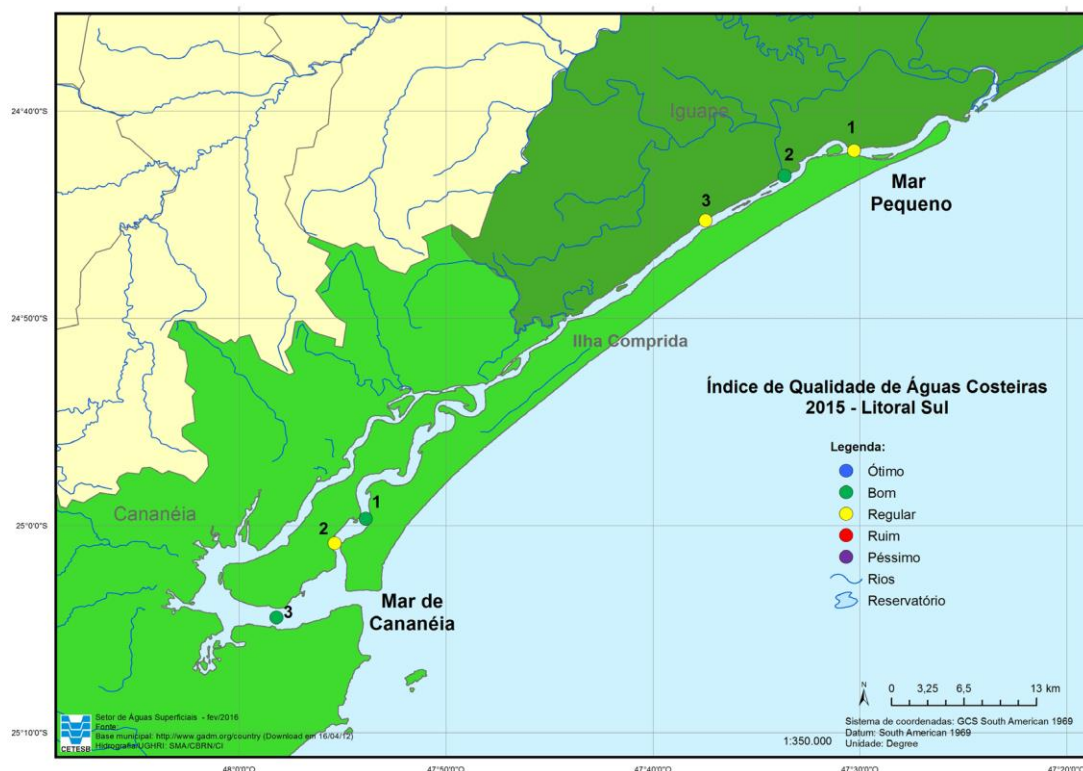


Figura 3.1.2.1.3-1 - Mapa com o Índice de Qualidade de Água Costeira 2015 – Litoral Sul. Fonte: CETESB (2016a).

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 Litoral Sul de São Paulo das médias das duas profundidades por ponto, a média por campanha e a média anual.

O Mar pequeno apresentou características opostas nas duas campanhas, o que pode evidenciar a sazonalidade associada à ocupação de temporada na região. A primeira campanha obteve IETC elevado, sendo o ambiente considerado Oligotrófico. A segunda campanha, em contrapartida, resultou em numa classificação do ambiente como Supereutrófico.

O Mar de Cananeia também apresentou variações entre as campanhas, porém, com menor amplitude. Na primeira campanha a região foi classificada como Eutrófica. Na segunda campanha houve uma leve melhora, com a classificação do ambiente como Mesotrófico.

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

Local	Ponto	1ª CAMPANHA				2ª CAMPANHA				MÉDIA ANUAL
		1	2	3	MÉDIA	1	2	3	MÉDIA	
*Mar Pequeno		2,45	0,62	5,73	2,93	59,04	45,71	23,13	42,63	22,78
*Mar de Cananéia		26,73	11,18	6,09	14,67	7,19	5,76	4,20	5,72	10,19

* Ambiente de águas salobras

Estado Trófico	Mar Clorofila <i>a</i> µg/L	Estuário Clorofila <i>a</i> µg/L
Oligotrófico	CL<1,00	CL<3
Mesotrófico	1,00<CL<2,50	3<CL<10
Eutrófico	2,50<CL<5,00	10<CL<30
Supereutrófico	CL>5	CL>30

Mar Pequeno

Nas águas do Mar Pequeno foram identificadas não conformidades de alguns metais cujos ensaios foram realizados apenas no 1º semestre. O alumínio dissolvido superou o padrão legal em todas as amostras, assim como o ferro dissolvido. O fósforo total esteve acima do limite legal em apenas duas amostras este ano. Já o COT superou esses limites em todas as amostras dos pontos 1 e 3 no 1º semestre.

Quanto aos indicadores de contaminação fecal, três amostras apresentaram concentrações de enterococos acima de 100 UFC/100 mL na 1ª campanha. De acordo com o IQAC, o ponto 2 foi classificado como Bom e os demais Regulares.

As concentrações de Clorofila *a* na 1ª campanha foram menores, variando de Oligotrófico (pontos 1 e 2) a Mesotrófico (ponto 3), com a média da campanha indicando um ambiente com Boa qualidade da água, classificado como Oligotrófico. Já na 2ª campanha observou-se uma significativa piora no ambiente que variou de Eutrófico (ponto 3) a Supereutrófico (pontos 1 e 2) tendo a média da campanha classificado o local como Supereutrófico. Pela média anual dos três pontos, este local foi considerado um ambiente

eutrofizado sendo classificado, como Eutrófico. Comparado ao ano anterior, este local exibiu uma piora significativa.

Mar de Cananeia

No Mar de Cananeia detectou-se boro em todas as amostras superando o padrão legal no 1º semestre, quando foram feitas as análises de metais. As concentrações de COT superaram o limite legal na maioria das amostras do 1º semestre. As concentrações dos indicadores de poluição fecal foram baixas em ambas as campanhas. Conforme o IQAC, o ponto 2 foi classificado como Regular e os demais foram classificados como Bons.

As concentrações de Clorofila a na 1ª campanha foram maiores com valores variando da condição Mesotrófica (ponto 3) a Eutrófica (pontos 1 e 2), com a média para a 1ª campanha indicando condição Eutrófica. Na 2ª campanha todos os pontos e a média classificaram o local como Mesotrófico. Pela média anual, a classificação pelo IETC foi de condição Eutrófica indicativo de um ambiente já eutrofizado. Comparado ao ano anterior o Mar de Cananeia exibiu piora significativa.

■ Avaliação da balneabilidade

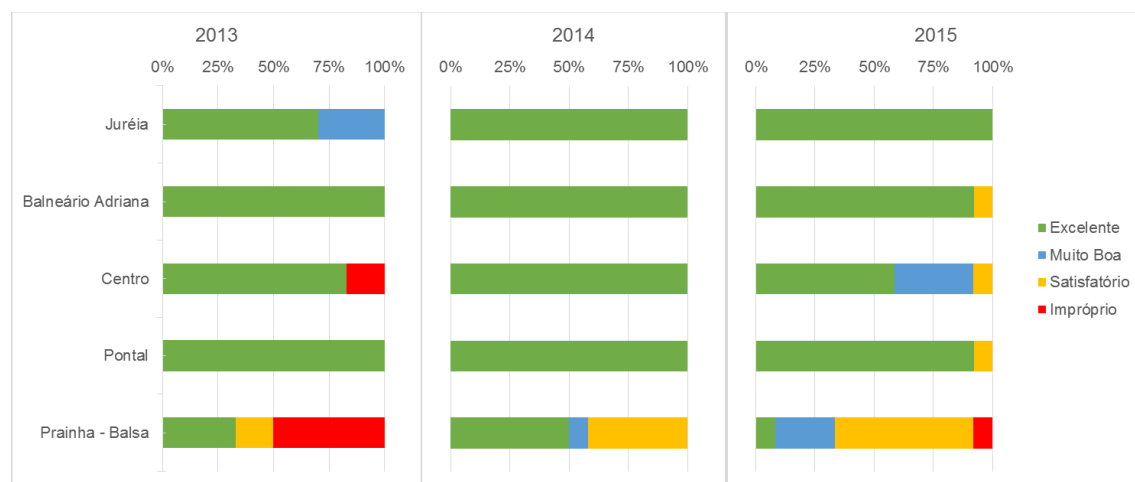
Conforme apresentado no Item **2. Metodologia**, para a avaliação da balneabilidade das praias na APAMLS foram utilizados dados da Rede de Monitoramento de Praias da CETESB, entre os anos de 2013 e 2015 (CETESB, 2014b, 2015b, 2016b).

A localização das praias monitoradas pela CETESB nesta porção do litoral estão apresentadas na Figura 3.1.2.1.3-2, juntamente com a classificação anual para o ano de 2015. Os resultados de balneabilidade para os anos de 2013, 2014 e 2015 são apresentadas desde a **Tabela 3.1.2.1.3-3** a **Tabela 3.1.2.1.3-5**, respectivamente. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na Figura 3.1.2.1.3-3.



Figura 3.1.2.1.3-2 – Localização e classificação anual das praias analisadas na APAMLS, com relação à balneabilidade do ano de 2015. Fonte de dados: CETESB (2016b).

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 de Bertioga. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).



As praias monitoradas pela CETESB no Litoral Sul de São Paulo apresentaram, para o ano de 2015, classificações anuais Ótimas, Boas e na Prainha-Balsa, em Ilha Comprida, Regular. Este último local foi o único que teve classificação imprópria durante 8% do ano. Este resultado é melhor do que o do ano de 2013, quando 50% das classificações foram impróprias, porém pior que do ano de 2014, quando não foram obtidas classificações impróprias. Os outros três locais monitorados no município de Ilha Comprida também tiveram resultados piores que os do ano de 2013. Todos estes três locais tiveram classificação Satisfatória em 8% das avaliações, sendo que no Centro 33 % das classificações foram Muito Boa. Para os dois outros pontos todas as demais classificações foram excelentes. Fato positivo para a Praia do Centro é que este local teve classificação imprópria em 13% dos monitoramentos em 2013, porém esteve com condições próprias durante todo o período de 2014 e 2015.

Tabela 3.1.2.1.3-3 – Avaliação da balneabilidade das praias na APAMLS no ano de 2013. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2014b).

Setor da APAMLS	Município	Praia	2013				
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	Class. Anual
Maraytama	Iguape	Juréia	70	30	0	0	BOA
	Ilha Comprida	Balneário Adriana	100	0	0	0	BOA
		Centro	83	0	0	17	REGULAR
		Pontal	100	0	0	0	ÓTIMA
		Prainha - Balsa	33	0	17	50	RUIM

Tabela 3.1.2.1.3-4 – Avaliação da balneabilidade das praias na APAMLS no ano de 2014. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2015b).

Setor da APAMLS	Município	Praia	2014				
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	Class. Anual
Maraytama	Iguape	Juréia	100	0	0	0	ÓTIMA
	Ilha Comprida	Balneário Adriana	100	0	0	0	ÓTIMA
		Centro	100	0	0	0	ÓTIMA
		Pontal	100	0	0	0	ÓTIMA
		Prainha - Balsa	50	8	42	0	BOA

Tabela 3.1.2.1.3-5 – Avaliação da balneabilidade das praias na APAMLS no ano de 2015. Os números indicam a porcentagem de amostras com tal classificação. Fonte: CETESB (2016b).

Setor da APAMLS	Município	Praia	2015				Class. Anual
			Excelente	Muito Boa	Satisfatório	Impróprio	
Maraytama	Iguape	Juréia	100	0	0	0	ÓTIMA
	Ilha Comprida	Balneário Adriana	92	0	8	0	BOA
		Centro	58	33	8	0	BOA
		Pontal	92	0	8	0	ÓTIMA
		Prainha - Balsa	8	25	58	8	REGULAR

Qualidade dos sedimentos

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 (1º e 2º semestres) de 2015 e, ao final do documento, são analisados os resultados comparativamente com anos anteriores de coleta.

A **Tabela 3.1.2.1.3-6** e a Figura 3.1.2.1.3-4 apresentam a classificação química estabelecida para os pontos do Litoral Sul de acordo com os critérios canadenses (CCME, 1999). Essa classificação química do sedimento leva em consideração os resultados dos parâmetros das duas campanhas de amostragem. Tanto o Mar Pequeno quanto o Mar de Cananeia apresentaram sedimento classificado com qualidade Ótima para substâncias químicas.

Tabela 3.1.2.1.3-6 - Qualidade dos sedimentos nas áreas costeiras monitoradas em 2015 de acordo com as substâncias químicas. Fonte: CETESB (2016a).

Regiões	Índice de Qualidade dos Sedimentos			
	Local de amostragem	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Litoral Sul	Mar Cananéia			
	Mar Pequeno			

Critério Substâncias Químicas: ■ Ótimo ■ Bom ■ Regular ■ Ruim ■ Péssimo

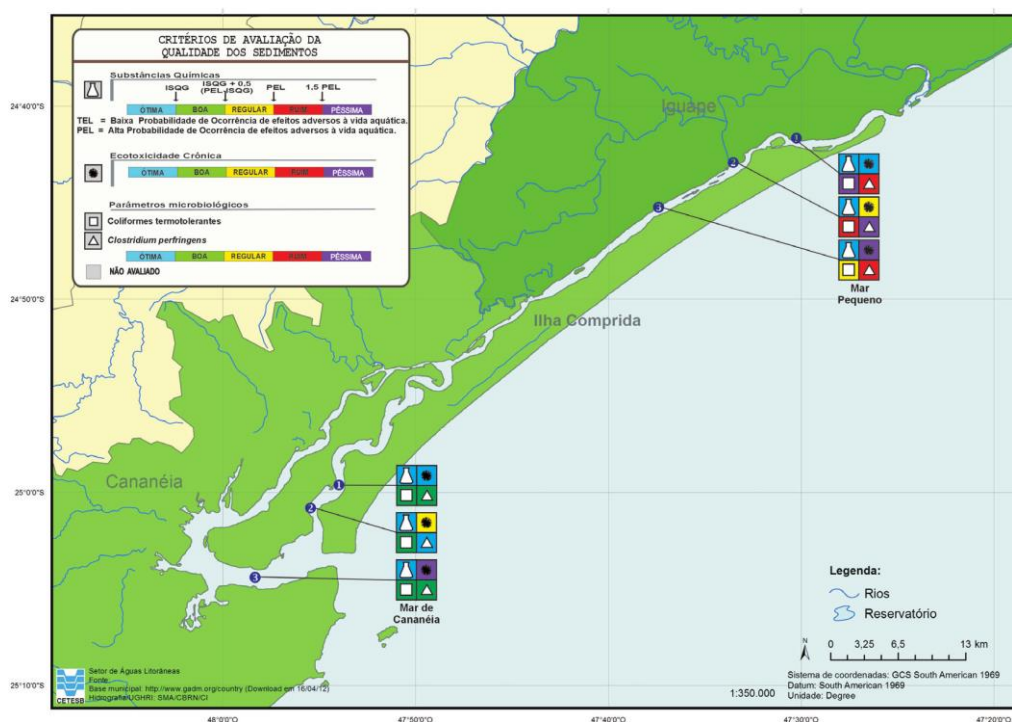


Figura 3.1.2.1.3-4 - Mapa com a avaliação da qualidade dos sedimentos 2015 – Litoral Sul. Fonte: CETESB (2016a).

A Tabela 3.1.2.1.3-7 mostra a classificação dos sedimentos das áreas monitoradas do Litoral Sul 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 3.1.2.1.3-7 - Qualidade ecotoxicológica dos sedimentos nas duas campanhas em 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Regiões	2015	Primeira Campanha			Segunda Campanha								
		Classificação = (Toxicidade Aguda ²)			Toxicidade Crônica ¹			Toxicidade Aguda ²			Classificação		
	Área / Pontos	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Litoral Sul	Mar Pequeno												
	Mar de Cananéia												

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 **Tabela 3.1.2.1.3-8** 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 Mar Pequeno apresentou contaminação pelos dois tipos de coliformes e recebeu classificação Ruim ou Péssima em pelo menos uma das campanhas para cada ponto. Isso evidencia a contaminação a qual a região está sujeita, muito provavelmente resultante do descarte de esgoto na porção norte do Lagamar. Já o Mar de Cananéia apresentou concentrações menores de coliformes e obteve classificação Boa ou Ótima em todos os pontos amostrados.

Tabela 3.1.2.1.3-8 - Classificação dos pontos monitorados na Rede Costeira de acordo com o critério microbiológico – Primeira e segunda campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Campanha 1 - 2015		1		2		3	
Ponto		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)
Mar Pequeno		13.000	330.000	230	1.300.000	790	49.000
Mar de Cananéia		490	22.000	490	2.700	490	3.300
Campanha 2 - 2015		1		2		3	
Ponto		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)
Mar Pequeno		2.800	35.000	1.300	17.000	130	130.000
Mar de Cananéia		330	13.000	18	2.600	45	17.000

* 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

Mar Pequeno

A análise granulométrica apontou sedimento predominantemente arenoso. Os valores de potencial redox foram negativos, indicando ambiente com decomposição anaeróbia de matéria orgânica típico de áreas estuarinas. As concentrações de nutrientes não ultrapassaram os valores orientadores. Com base no critério de classificação química dos sedimentos, os três pontos foram classificados como Ótimos.

Com base na poluição fecal, as densidades de coliformes termotolerantes classificaram as amostras do primeiro semestre como Péssima, Boa e Regular, respectivamente. No 2º semestre as amostras dos pontos 1 e 2 foram classificadas como Ruins e do ponto 3 como Boa. As densidades de *Clostridium perfringens* classificaram as amostras do primeiro semestre como Ruim, Péssima e Boa. Já no 2º semestre as amostras dos pontos 1 e 2 foram classificadas como Boas e do ponto 3 como Ruim.

Os testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento do Mar Pequeno, realizados na 1ª campanha, apresentaram qualidade Ótima nos pontos 1 e 2 e Péssima no ponto 3. Já na 2ª campanha observou-se uma melhor qualidade do sedimento do ponto 3, avaliado nesse tipo de ensaio, uma vez que os 3 pontos apresentaram qualidade Ótima. No ensaio crônico os pontos 1 e 3 também apresentaram qualidade Ótima enquanto o ponto 2 apresentou qualidade Regular. Salienta-se que a amostra do ponto 3 na 2ª campanha

apresentou concentração de chumbo (Pb) acima do ISQG, provavelmente não biodisponível para causar efeito tóxico sobre os organismos-teste.

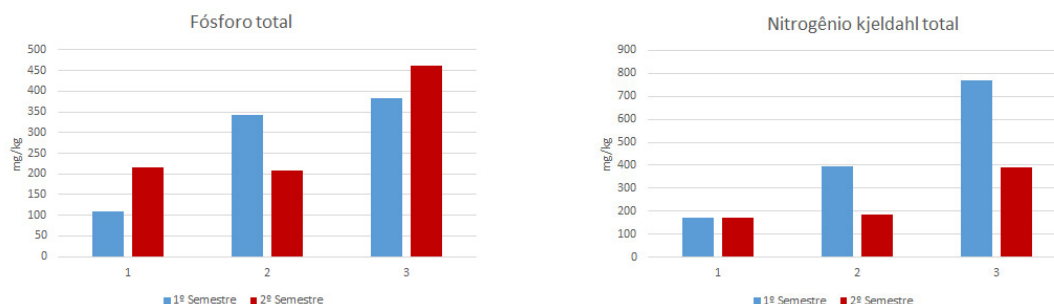


Figura 3.1.2.1.3-5 - Concentração de fósforo total e nitrogênio *Kjeldahl* total nos sedimentos da área do Mar Pequeno nas duas campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Mar de Cananeia

A análise granulométrica indicou predominância da fração de areia. Mesmo assim, os valores de potencial redox indicam ambiente redutor com decomposição anaeróbia de matéria orgânica típica de ambientes estuarinos. A

apresenta as concentrações de nutrientes, com destaque para o valor mais elevado encontrado no 2º semestre no ponto 1. Com base no critério de classificação química dos sedimentos, os três pontos foram classificados como Ótimos.

Com base nos aspectos microbiológicos, as amostras do Mar de Cananeia foram classificadas como Ótimas e Boas tanto para coliformes termotolerantes quanto para *Clostridium perfringens*, em ambos os semestres.

Na avaliação ecotoxicológica, realizada nas duas campanhas, observou-se qualidade Ótima para o ensaio agudo nos três pontos amostrais. Já no ensaio crônico realizado apenas na 2ª campanha, os pontos 1 e 3 também apresentaram qualidade Ótima enquanto o ponto 2 apresentou qualidade Regular.

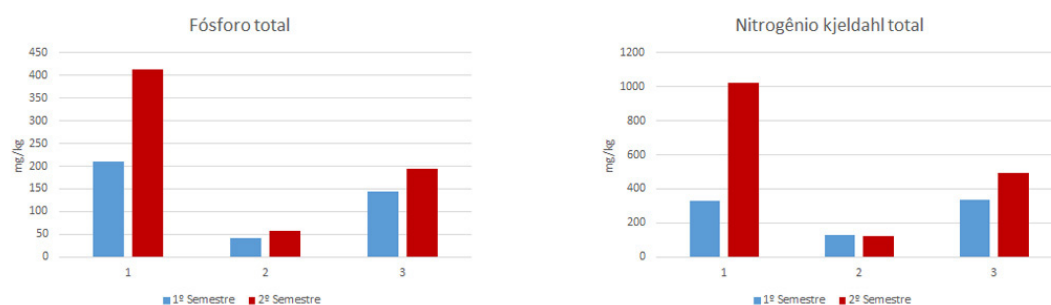


Figura 3.1.2.1.3-6 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da área do Mar de Cananeia nas duas campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

■ Conclusões sobre a qualidade da água e sedimentos

Os resultados do monitoramento do programa Rede Costeira da CESTEB mostram que o Litoral Sul do Estado de São Paulo apresenta índices intermediários de qualidade ambiental se comparado ao Litoral Norte (com índices elevados) e ao Litoral Centro (com os piores índices da costa paulista). O gráfico da Figura 3.1.2.1.3-7 a concentração dos IQACs em todos os pontos monitorados em 2015.

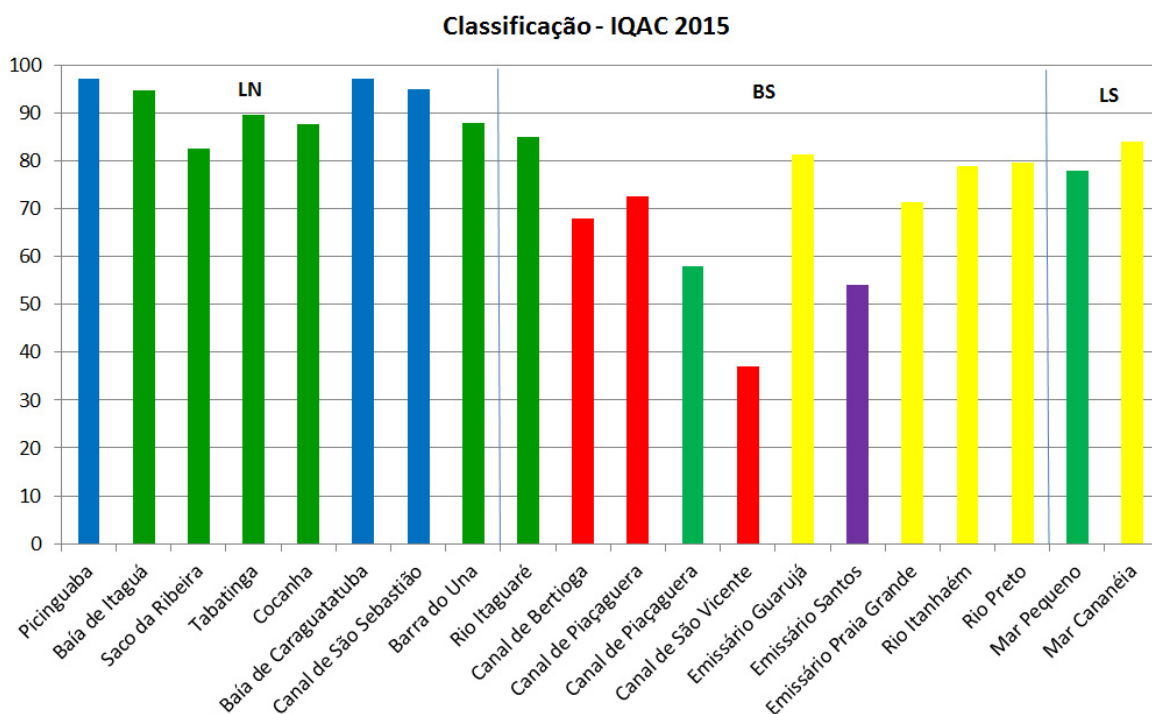


Figura 3.1.2.1.3-7 - Classificação média das áreas pelo IQAC em 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Outro ponto a ser analisado é a evolução temporal do IQAC médio - Figura 3.1.2.1.3-8. As duas áreas apresentaram uma melhora do IQAC médio desde 2011. O Mar Pequeno passou de Ruim em 2011 para

Regular nos anos seguinte, em uma tendência ascendente até 2015. O Mar de Cananeia passou de uma classificação Regular em 2011 e 2012 para uma classificação Boa regular entre 2013 e 2015.

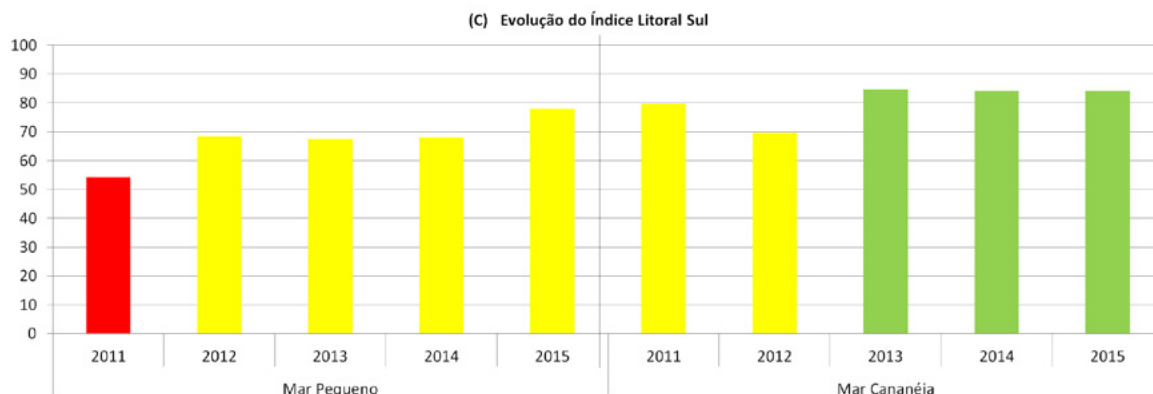


Figura 3.1.2.1.3-8 - Evolução do IQAC médio de 2011 a 2015 no Litoral Sul do Estado de São Paulo. Fonte: CETESB (2016a).

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).

No litoral sul, somente o Mar de Cananeia exibiu amostras classificadas como Eutróficas, na primeira campanha. Na segunda campanha, somente o Mar Pequeno exibiu amostras classificadas como 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 fitoplanctônica.

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 Mar Pequeno no Litoral Sul.

A **Tabela 3.1.2.1.3-9** apresenta as concentrações médias anuais da Clorofila a e as tendências da qualidade das águas, em relação à eutrofização, nas áreas monitoradas do Litoral Sul 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 região do Litoral Sul as duas áreas monitoradas não apresentaram alterações significativas em relação aos cinco últimos anos, porém ambas pioraram em relação ao ano anterior atingindo condição Eutrófica, indicativa de ambiente já eutrofizado com elevadas concentrações de Clorofila a.

Tabela 3.1.2.1.3-9 - 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
LITORAL SUL	*Mar Pequeno	5,42	17,52	5,86	7,69	22,78	N.S.
	*Mar de Cananéia	7,26	5,91	6,72	4,83	10,19	N.S.

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

* Ambientes de águas salobras

Com relação a balneabilidade das praias no Litoral Sul, de acordo com CETESB (2016b), as condições de balneabilidade estão menos favoráveis a partir de 2006 que foi o ano mais crítico, mas ainda apresentam, de forma geral, praias com boa qualidade - **Tabela 3.1.2.1.3-10**.

Tabela 3.1.2.1.3-10 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município do Litoral Sul. Fonte: adaptado de CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO									
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
IGUAPE										
Juréia										
ILHA COMPRIDA										
Balneário Adriana										
Centro										
Pontal - Boqueirão Sul										
Prainha - Balsa										

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.

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 nos ensaios ecotoxicológicos, observou-se que o Mar Pequeno apresentou uma piora significativa ao longo dos anos de monitoramento, passando de uma classificação Ótima em 2011 e 2012 para Péssima em 2014 e 2015 (ponto 3). O Mar de Cananeia apresentou uma queda brusca na classificação do sedimento logo no início do monitoramento, passando de Ótima em 2011 para Péssima em 2012. Os anos seguintes observaram uma melhora, mas em 2014 ainda se observou um ponto com classificação Péssima. Essas variações apontam para a sensibilidade do sistema ao aumento no aporte de poluição de origem continental e reforçam a necessidade do monitoramento constante dessas regiões – **Tabela 3.1.2.1.3-11**.

Tabela 3.1.2.1.3-11 - Classificação ecotoxicológica dos sedimentos costeiros da Baixada Santista do Estado de São Paulo entre de 2011 e 2015. 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
Litoral Sul	Mar Pequeno															
	Mar de Cananéia															
% de pontos amostrais que não apresentaram toxicidade/ano		48%			61%			45%			48%			53%		

Critérios Ecotoxicológicos: ■ Ótima ■ Boa ■ Regular ■ Ruim ■ Péssima

* amostra não analisada

A apresentação do percentual de amostras que não apresentaram efeito tóxico para cada ano de monitoramento (**Tabela 3.1.2.1.3-12**), nas 3 grandes regiões (Litoral Norte, Baixada Santista e Litoral Sul), permite verificar que a porcentagem de pontos amostrais com ausência de toxicidade apresentou um aumento no Litoral Sul em relação ao ano interior, porém mantendo-se muito abaixo dos 100% observados em 2011. Embora os contaminantes nem sempre estejam 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 3.1.2.1.3-12 - Percentual de pontos amostrais nas três grandes regiões costeiras que não apresentaram toxicidade nos ensaios com sedimento entre 2011 e 2015. CETESB (2016b).

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 *Clostridium perfringens* (contaminação remota).

Foram encontradas concentrações acima de 100.000 NMP/100g de *Clostridium perfringens* na área do Mar Pequeno na primeira campanha; a mesma campanha obteve valores acima de 1.000 NMP/100g de coliformes termotolerantes também para o Mar Pequeno.

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 que os ventos possuem maior frequência de ocorrência de direções proveniente de N-NE - 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 ocorrência de planícies de maré, que possuem baixo hidrodinamismo e são classificadas como tendo alta sensibilidade.

Além destes locais protegidos, foram identificadas no interior da APAMLS 6 ilhas e lajes que se encontram emersas e dois parciais/lajes submerso. Todos estes locais apresentam uma de suas faces protegida pelo baixo hidrodinamismo, sendo, portanto, regiões de alta sensibilidade para os parâmetros físicos, destacando-se a Ilha do Bom Abrigo (AME).

Também foi diagnosticado que a maioria das desembocaduras de rios na região apresenta problemas erosivo-deposicionais, bem como os cordões arenosos. Estas áreas, portanto, possuem sensibilidade destacada.

Na Barra de Icapara e foz do Rio Ribeira de Iguape foram identificadas frações de sedimentos finos (silte e argila). Estes tipos de sedimento retêm facilmente poluentes e, portanto, estas também são áreas que devem ser salientadas.

Com relação às massas de água, correntes e ondas na região, foi descrito que, principalmente durante o inverno, a região da APAMLS é ocupada por águas frias provenientes do sul do Brasil, que têm grande influência de água de descarga continental dos estuários de Paranaguá (PR), São Francisco do Sul (SC) e, algumas vezes, da Lagoa dos Patos (RS) e Rio da Prata (Argentina) (PEREIRA *et al.*, 2008). Estas águas, por serem caracterizadas como de descarga continental, possuem baixa salinidade, relativamente às demais águas da PCSE, e possuem grande concentração de nutrientes.

As correntes, segundo levantado, adquirem maior intensidade à medida que aumenta a distância da costa, sendo que as correntes 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 inverno e outono há maior frequência de ocorrência de passagens de frentes frias, nesta época do ano as correntes para NE são também mais frequentes.

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.

Sintetizando as fragilidades e sensibilidades diagnosticadas para o meio físico marinho, o **Mapa de Sensibilidade do Meio Físico Marinho na APAMLS** representa as discussões aqui levantadas.

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

Com relação às ameaças, 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 susceptibilidade as ondas;
- Aporte natural de sedimentos;
- Fisiografia costeira;
- Alterações climáticas.

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

- Urbanização da orla;
- Estruturas artificiais na linha de costa;

Assim, destaca-se a crescente urbanização da região costeira e margens fluviais, expansão da rede viária e a presença de diversos píeres, molhes e quebra-mares ao longo da costa, principalmente no interior do Mar Pequeno. Estas informações também são apresentadas no **Mapa de ameaças a qualidade da água e do sedimento e à dinâmica sedimentar na APAMLS** que mostra as ameaças diretas para o regime erosivo-deposicional na APAMLS.

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 praial: 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, quebramares, 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 praial 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 sobrelavagem; 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 a qualidade de água e sedimento, as ameaças naturais se limitam às desembocaduras dos rios e canais do sistema estuarino-lagunar de Cananeia-Iguape, 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 – ocupação costeira desordenada ou sazonal;
- Marinas, portos e atracadouros – destaque para a região no interior do Mar Pequeno e do Valo Grande, no município de Ribeira de Iguape;
- Balsas com travessias que ligam os municípios de Cananeia e Ilha Comprida e as áreas insular e continental de Cananeia, além da travessia entre Iguape e a Barraa do Ribeira;
- Destacam-se ainda outras fontes indiretas na região, como a presença de agricultura no vale do Rio Ribeira de Iguape, que introduz resíduos de pesticidas e agrotóxicos no meio, os quais são carreados pelos rios para o Mar Pequeno.

Além destes vetores diretos e indiretos, a poluição associada ao tráfego marinho, que é intenso na região, principalmente por navios de grande porte que viajam entre os Portos de Santos e Paranaguá em águas mais profundas, e por embarcações de pesca e turismo em águas mais costeiras, deve ser destacada. Além do aumento dos riscos da ocorrência de acidentes, a poluição associada ao tráfego marinho 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 as 12 milhas náuticas da costa, desde que a embarcação esteja em movimento.

Outro agravante em 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 – determinam o tratamento que estas águas devem sofrer, mas não legislam sobre os locais de lançamento. Assim, embarcações em trânsito sobre a APAMLS podem fazer lançamentos de água oleosa, desde que os parâmetros estejam enquadrados.

Todas estas ameaças à qualidade estão expostas no **Mapa de ameaças a qualidade da água e do sedimento e à dinâmica sedimentar na APAMLS**.

Além dos empreendimentos em terra e nos arredores da APAMLS, destacam-se também as plataformas de Baúna e Pirababa os demais empreendimentos no Polo Pré-Sal (**Mapa de Grande Empreendimentos de Petróleo**), mais distantes da APAMLS, mas que, como toda a indústria de petróleo, trazem 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 APAMLS, conforme se pode observar na **Figura 3.1.2.1.4-1**, que mostra uma probabilidade aproximada de 20% de toque na costa em caso de acidente de pior caso no inverno proveniente do conjunto de empreendimentos Etapa 2 de exploração e produção da Petrobras no Pré-Sal da Bacia de Santos.

Diagnóstico Técnico - Produto 2
Meio Físico - APAMLS

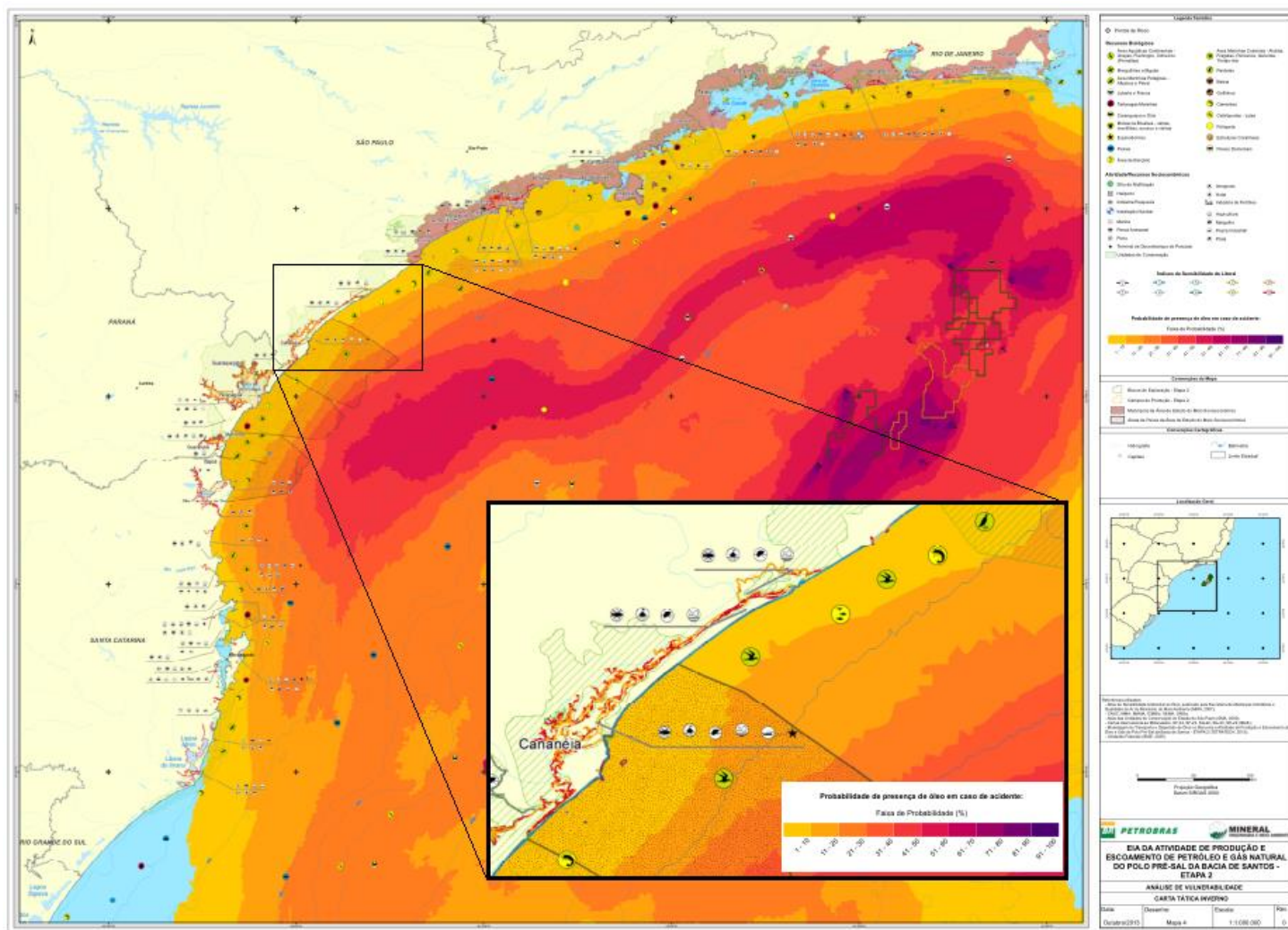


Figura 3.1.2.1.4-1 – Probabilidade máxima de presença de óleo em superfície para vazamentos de pior caso no inverno provenientes do conjunto de empreendimentos Etapa 2 de exploração e produção da Petrobras no Campo Pré-Sal da Bacia de Santos. Adaptado de MINERAL/PETROBRAS (2014).

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 erosivos. Foram elencados seis pontos ao longo do litoral da APAMLS que apresentam algum tipo de alteração:

- Barra do Una do Prelado - Erosão, Progradação, Assoreamento;
- Barra de Icapara - Progradação, Erosão;
- Barra do Ribeira de Iguape – Progradação;
- Praia de Leste (Iguape) – Erosão;
- Barra de Cananeia - Progradação, Erosão;
- Barra de Ararapira - Progradação, Assoreamento, Erosão.

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

- Itacolomi – Iguape
- Juréia – Iguape
- Ilha Comprida – Ilha Comprida

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

Sobre o aumento do nível do mar, 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. Essa é exatamente a configuração geral de todas as praias do Litoral Sul de São Paulo.

Todos estes locais listados estão presentes no **Mapa de áreas críticas a qualidade da água e do sedimento e à dinâmica sedimentar na APAMLS**.

Com relação aos locais críticos quanto à qualidade de água e sedimentos, destacam-se a região urbanizada do município de Ilha Comprida e a região da Prainha, de onde sai a balsa que faz a travessia entre Cananeia e Ilha Comprida, sendo que a primeira localidade está efetivamente na área da APAMLS. Os cuidados com esgotos e galerias fluviais devem ser priorizados nestes locais, principalmente porque a Praia do Centro, em Ilha Comprida, já apresentou condições impróprias de balneabilidade e a Prainha teve classificação anual Regular em 2015 para a balneabilidade.

Já na região do Mar Pequeno, em Iguape, que desagua na APAMLS, observou-se a presença de enterococos nas águas, o que sugere a contaminação por esgoto doméstico. Além disso, o ambiente foi classificado como Supereutrófico, apresentando uma queda significativa da qualidade da água, classificada como Regular. O sedimento do Mar Pequeno apresenta qualidade Péssima, tendo sido detectada a presença de coliformes fecais de origem remota e origem local, toxicidade crônica e qualidade Regular. Nesta região ainda foram encontrados indícios de contaminação e do impacto da agricultura nos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape. Foi reportada a presença de pesticidas (resíduos de carbofurano), associada à utilização de agrotóxicos na agricultura da região, cuja concentração é maior em períodos de grande pluviosidade devido à lixiviação do solo. Assim, tanto essa região do Mar Pequeno quanto a região de deságue na APAMLS são consideradas áreas críticas.

Já na extremidade sul, na desembocadura do Mar de Cananeia, as condições são melhores, com classificação de qualidade média da água sendo Boa, sem a presença de enterococos, mas com águas já eutrofizadas – principalmente devido ao grande aporte de matéria orgânica proporcionada pela carga fluvial na região, não sendo esta, portanto, uma área crítica.

Todos estes locais listados estão presentes no **Mapa de áreas críticas a qualidade da água e do sedimento e à dinâmica sedimentar na APAMLS**.

3.1.2.1.6 Cenários futuros

Sobre cenários futuros para a região, destacam-se:

- Em termos de erosão e progradação da costa, a região da APAMLS apresenta algumas localidades bem ativas, com destaque para a porção nordeste da Ilha Comprida (Barra de Icapara, que separa a Ilha Comprida de Iguape). Neste local existe um pontal arenoso em processo de agradação, pelo menos desde o final do século XIX, e este diagnóstico encontrou uma taxa de agradação de 3,47 ha/ano entre os anos de 2010 e 2013. Dessa maneira, por se tratar de um processo natural, espera-se que esta região continue com agradação ao longo dos anos, estendendo a região praial na porção norte da Ilha Comprida;
- Próximo à cidade de Iguape (SP), situa-se o canal artificial do Valo Grande, que liga a calha original do rio Ribeira de Iguape à região do Mar Pequeno. Esta alteração, ao mesmo tempo que introduziu água doce na região do Mar Pequeno, faz com que a calha original do rio Ribeira de Iguape deixe de receber água, fazendo com que a região sofra processo de assoreamento mais elevado. Esse processo, portanto, intensifica a entrada de água doce na região da APAMLS. Esta água doce, proveniente do Rio Ribeira de Iguape, está atualmente com presença de poluentes, o que agrava a situação. Com relação à cenários futuros, esta situação pode apresentar duas problemáticas importantes; (1) caso o Valo Grande seja fechado novamente, ocorrerá diminuição da introdução de água doce no Mar Pequeno e consequentemente na região oceânica adjacente, onde se encontra a APAMLS o que, em termos físicos, altera a densidade da água do mar e influencia as correntes provocadas por este parâmetro. Esta alteração de fluxo pode alterar também a dinâmica sedimentar, tanto do “antigo” canal do Rio Ribeira de Iguape, quanto em toda a região mar Pequeno, em especial na barra de Icapara. As alterações provocadas na dinâmica sedimentar serão causadas tanto pela alteração do fluxo de água quanto pela disponibilidade de sedimentos em suspensão; (2) Os poluentes que hoje atingem a região do mar Pequeno, devido ao uso indiscriminado de agrotóxico em regiões agrícolas as margens do Rio Ribeira de Iguape, seriam desviados para a calha original deste rio na altura do município de Iguape, trazendo novos problemas ambientais. Esta questão do uso de

agrotóxicos na região é de importante sensibilidade e importância, que precisa ter atenção especial quanto ao monitoramento de qualidade de água e sedimento para acompanhamento se a situação ao longo do tempo está se agravando;

- Foram realizados no passado estudos de viabilidade técnica para implantação de um terminal portuário na região de Cananeia-Iguape (POLI, 2003). Essa implantação demandaria dragagem no Canal de Cananeia para aprofundá-lo até aproximadamente 12,5 m, sendo que essa região apresenta atualmente profundidade de cerca de 5,0 m. A efetiva dragagem da região para esse ou qualquer outro fim necessitará de estudos técnicos atualizados, que considerem a potencial alteração da dinâmica sedimentar na região - que já possui problemas quanto a esse aspecto, conforme apresentado anteriormente. Além disso, haverá necessidade de análise da qualidade dos sedimentos a serem dragados, devido à questão da disponibilização de contaminantes na coluna d'água e da escolha dos locais de disposição do sedimento (bota-fora). Também há possibilidade de execução de dragagem na Barra de Cananeia para permitir a entrada de barcos de maior calado, segundo informação da gestão da APAMLS. Além dos impactos já apontados, se isso se confirmar, poderá haver uma intensificação do tráfego de embarcações na barra e região interna do estuário, o que acarretará um aumento da poluição liberada pelas mesmas no ambiente.
- Um dos problemas mais graves que vem se apresentando na área da APAMLS nos últimos anos se refere a possibilidade de rompimento do cordão arenoso nas proximidades da enseada da Baleia. Souza (2015) estabeleceu projeções para os processos de erosão da margem lagunar e progradação da margem oceânica, com base na análise sequencial dos eventos (medidas de médio termo) e na evolução histórica a partir de 2007 (longo termo) dos 8 anos de monitoramento na região. A autora conclui que todos os resultados asseguram que o esporão arenoso não se romperá na área do monitoramento, desde que sejam mantidas, no mínimo, as tendências dos últimos 8 anos, em especial a manutenção da progradação da linha de costa oceânica a taxas superiores à da erosão lagunar. Se, por ventura, as taxas de progradação da linha de costa e de erosão lagunar se igualarem, então a área começará a ficar cada vez mais suscetível ao rompimento, sendo que o risco aumentará com o passar dos anos. Entretanto, se a progradação da linha de costa cessar, o risco de rompimento se elevará na proporção do aumento da taxa de erosão. Neste sentido, por exemplo, se a progradação da linha de costa cessasse em 2015, duas tendências poderiam ocorrer: 1) estabilização da linha de costa devido ao balanço sedimentar muito positivo - o esporão se romperia, no mínimo, até o final de 2023 e, no máximo, até o final de 2029 (se for mantida a taxa média histórica); 2) erosão da linha de costa - então o risco das ressacas atingirem a laguna aumentaria muito a partir de 2019, e isto, por si, só poderia provocar o rompimento do esporão arenoso em 2020-2021. Destaque importante é dado pela autora em caso de rompimento do esporão: a Vila da Enseada da Baleia (comunidade) e a Vila Rápida entrarão em estado de risco muito alto, pois a erosão lateral do esporão será muito forte, tanto para SW quanto para NE. Dependendo das condições meteorológico-oceanográficas, a erosão poderia atingir esses locais em horas. Em comunicação pessoal, a FF informou em novembro de 2016 que os eventos de ressacas recentes aumentaram os processos erosivos e o cordão arenoso apresentava reduzida largura, estando em iminência de rompimento.

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 e 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 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 área abrangida pela rede de monitoramento existente da CETESB, tanto para qualidade da água como para balneabilidade das praias, existe pouca informação sobre esses aspectos em outras localidades da APAMLS. Devido ao histórico antigo e recente de contaminação do Mar Pequeno devido ao Valo Grande, fica evidenciada a necessidade de monitoramento das águas no interior da APAMLS, preferencialmente nas desembocaduras do Mar Pequeno em Iguape, do Mar de Cananeia (identificação se ocorre perda de qualidade) e ao longo da costa urbanizada de Ilha Comprida, a fim de se obter a avaliação de possíveis introduções de poluentes nestas localidades.

Seria importante um monitoramento da qualidade da água e sedimento, de forma rotativa, para avaliar a qualidade ambiental ao longo de toda a APAMLS, principalmente quanto ao impacto do aumento do tráfego de embarcações pela região (tanto de pequeno quanto de grande porte), associado a atividades de Exploração de Petróleo e Gás na Bacia de Santos, além do transporte de carga entre os Portos de Santos e Paranaguá, da pesca e do turismo náutico. 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 do teor de óleos e graxas, metais pesados e parâmetros indicadores de contaminação por esgotos.

Outra demanda importante para a região está relacionada aos impactos provocados pelas alterações climáticas. Conforme explanado no item de **Cenários Futuros**, é importante diferenciar as pressões exercidas localmente daquelas atribuídas a alterações climáticas, sendo que a melhor maneira de obter essa quantificação é a partir de monitoramentos de longo período. Na região, o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo monitora o nível do mar há um longo tempo, e estes dados são públicos por fazerem parte do programa *Global Sea Level Observing System*. Já para séries de dados de ondas, a situação é crítica, com total ausência de dados públicos coletados e pouquíssimos registros produzidos em âmbito científico. Seria importante a instalação de ondógrafo – ou convênio com instituições que possuem estas medições, conforme indicado no item **Potencialidades e Oportunidades** -, para obtenção de dados de ondas na região, de maneira contínua, a fim de se avaliar este parâmetro em longo período.

Ainda, relacionado ao mesmo tema, é importante o monitoramento dos locais já identificados com problemas de erosão, progradação e assoreamento e que possuem alta vulnerabilidade. A identificação de origem e destino dos sedimentos é de grande importância nestes casos. Assim, sugere-se o monitoramento do perfil praiar dos locais assinalados como críticos ou com alta vulnerabilidade, além de monitoramento da ocupação das margens de rios e remoção da mata ciliar, o que contribui 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 às longas séries temporais que podem identificar a importância de fenômenos locais e climáticos sobre as alterações observadas na APAMLS.

Outra lacuna importante na região relaciona-se ao tema da qualidade de água e sedimento, tendo sido identificada escassez de dados em regiões fora do monitoramento sistematizado que vem sendo executado pela CETESB. Conforme descrito anteriormente, há carência de um monitoramento que abranja, principalmente, as desembocaduras dos canais estuarinos e que possa acrescentar conhecimento para a região, além de identificar possíveis fontes difusas ou remotas de contaminação.

3.1.2.1.9 Potencialidades e oportunidades

Na região destaca-se a presença de centros de excelência em pesquisa, como o Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Sul do Instituto de Pesca, a base sul do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), ambos em Cananeia, e a Universidade Estadual Paulista Mesquita Filho (UNESP), em Registro. A proposta de monitoramento rotativo de qualidade de água e sedimento para locais não atendidos pelo monitoramento sistemático da CETESB poderia ser relacionada a 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.

3.1.2.1.10 Contribuição para o planejamento das UCs

A região onde se encontra a APAMLS é a mais preservada do litoral paulista. Observa-se que na região nos últimos anos houve incrementos de população e estímulo ao turismo, principalmente no município de Ilha Comprida. Dessa maneira, é importante, juntamente com a APA da Ilha Comprida, a construção de um zoneamento adequado e de ações que visem evitar e mitigar os impactos da urbanização desordenada que forçosamente implica em problemas com saneamento básico na região.

3.1.2.2 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.

ANGULO, R. J.; DE SOUZA, M. C.; MULLER, M. E. Previsão e consequências da abertura de uma nova barra no Mar do Arapira, Paraná-São Paulo, Brasil. Quaternary and Environmental Geosciences, v. 1, n. 2, p. 67-75, 2009.

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.

BENTZ, D. Os cordões litorâneos da planície de Una-Juréia, municípios de Peruíbe e Iguape-SP. 2004. 108f. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2004.

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.

BÉRGAMO, A. L. Características da hidrografia, circulação e transporte de sal: Barra de Cananeia, Sul do mar de Cananeia e Baía do Trapandé. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 2000.

BONETTI FILHO, J.; DE MIRANDA, L. B. Estimativa da descarga de água doce no sistema estuarino-lagunar de Cananeia-Iguape. Ver. Bras. Oceanogr., 45 (1/2):89-94. 1997.

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 ed. 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 geoindicadores. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2012.

CAMERON, W. M.; PITCHARD, 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.

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.; 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.

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.

CAVALCANTI, I. F. Tempo e clima no Brasil. Oficina de textos. 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.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, Technical Report. In: Canadian environmental Quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. 2001.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas – Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. 2016. 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.

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.

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.

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.

FEMAR. Fundação Estudos do Mar - Catálogo de estações maregráficas brasileiras. 2002.

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. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 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.

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.

GEOBRAS. Complexo Valo Grande – Mar Pequeno – Rio Ribeira de Iguape. Relatório para o Serviço do Vale do Ribeira – SAEE, São Paulo, 2 vols. 1966.

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.

GUEDES, C. C. F. Evolução Sedimentar Quaternária da Ilha Comprida, Estado de São Paulo. 2009. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.

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.

JAWORSKI, K.S.; EICHLER, B.B. Distribuição espacial de *arcellaceans* (tecamebas) no sistema estuarino lagunar Cananeia-Iguape e a relação desta microfauna com os fatores abióticos. In: CONGRESSO DA ABEQUA, Guarapari. Anais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (Abequa). 2005.

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.

KUHLMANN, M. L.; LAMPARELLI, M.; WATANABE, H. M.; ARAÚJO, R. P. A. Aplicação da tríade na avaliação da qualidade de sedimentos em redes de monitoramento. São Paulo: CETESB. 107p. 2007.

LAMPARELLI, C. C.; MOURA, D. O.; LOPES, C. F.; RODRIGUES, F.; MILANELLI, J. C. C.; VINCENT, R. C. Ecossistemas 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, nº29, p. 76-83. 2001.

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.

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.

MARQUEZ, M. R. K. Morfodinâmica de um segmento da Praia da Ilha Comprida, Litoral Sul do Estado de São Paulo. 2007. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

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.

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). Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo. 1982.

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.

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.

MISHIMA, M.; YAMANAKA, N.; PEREIRA, O. M.; SOARES, F. D. C.; SINQUE, C.; AKABOSHI, S.; JACBOSEN, O. Hidrografia do Complexo Estuarino-Lagunar de Cananeia (25°S; 048°W) São Paulo, Brasil. I Salinidade e Temperatura (1973 a 1980). Bolm Inst. De Pesca, 12(3):109-121. 1985.

- MIYAO, S. Y. Contribuição ao estudo da Oceanografia Física da região de Cananeia (lat 25°S; long 048°W). Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 87p. 1977.
- MIYAO, S. Y.; NISHIHARA, L.; SARTI, C. C. Características Físicas e Químicas do Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia-Iguape. Bolm. Inst. Oceanográfico, São Paulo, 34 (único): 23-36. 1986.
- 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 Maçaguaçu river (Caraguatububa-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.
- NASCIMENTO JR, D. R. Morfologia e Sedimentologia ao Longo do sistema Praia-Duna Frontal de Ilha Comprida, SP. 2006. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.
- 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.
- NOOA. 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.; GUDDES, R. L. Associação entre ZCAS e a ocorrência de El Niño e La Niña. Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia. 1998.
- 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.
- PEREIRA, M. D.; SCHETTINI, C. A. F.; OMACHI, C. Y. Caracterização de feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais. Rev. Bras. Geof., São Paulo, v. 27, n. 1, p. 81-93. 2009.
- PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. Geologia do Brasil: Fanerozóico. T. A. Queiroz, Editor. 1983.
- PIANCA, C.; MAZZINI, P. L. F.; SIEGLE, E. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. Braz. j. oceanogr., São Paulo, v. 58, n. 1, p. 53-70. 2010.
- PINHO, U. F. Caracterização dos estados de mar na Bacia de Campos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Engenharia Oceânica. 2003.

POLI - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Análise de viabilidade técnica e econômica da implantação de um terminal portuário na região de Cananeia-Iguape. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. 2003. Disponível em: http://www.ipinamericas.org/sites/ba_viejo/downloads/XX/3E/VIABILIDADE.pdf. Último acesso em 09/2016.

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. Fatores Condicionantes Da Flora Marginal E Aquática Do Estuário Do Rio Massaguaçu (Caraguatatuba-SP). 2010. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos. 2007.

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.; 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. D. S.; CAMARGO, M. B. P. D.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. D. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. Bragantia, p. 711-720. 2007.

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.

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.

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. 1989. 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. 1997. 2v. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 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, Universidade de São Paulo. 2000.

SOUZA, C.R.G.. Laudo técnico em resposta ao Ofício no 003/2015 – gco / Ref. IC no 049/08 – GAEMA-VR, encaminhado à Fundação Florestal, mas com citação ao Laudo Técnico sobre a erosão do esporão arenoso, elaborado em 2012 (Processo IG: 11.824/2011). São Paulo: Instituto Geológico, 2015, 31p. 2015

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. 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.; 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. Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro?). *Paulo's Comunicação e Artes Gráficas*, São Paulo. 300 p. 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. Sedimentação atual na região lagunar de Cananeia-Iguape, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 1982.

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.

TESSLER, M. G.; SOUZA, L. A. P. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananeia-Iguape, SP. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 46, n. 1, p. 69-83. 1998.

TREWARTHA, G. T. An introduction to climate. Third Edition. International Student Edition. 1954.

UNESCO. World Heritage Nomination – IUCN Technical Evaluation Atlantic Forests (southeast) Brazil. UNESCO 1-8p. 1999.

UNESCO. World Network of Biosphere Reserves – SC/EES – June 2005. The MAB Program. 19 pp. 2005.

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.

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.

WHO. Guidelines for safe recreational water environments. Geneva. v. 1: Coastal and fresh waters. 2003. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe1/en/. Último acesso em 09/2006.

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.