

MEIO FÍSICO MARINHO

3.1.2.1 CARACTERIZAÇÃO DA OCEANOGRAFIA, GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA MARINHAS

3.1.2.1.1 Caracterização Geológica e Geomorfológica Marinha

■ Configuração da linha de costa e características do fundo marinho

Neste item são descritas as configurações da linha de costa, de acordo com a sua morfologia, e a distribuição da batimetria, com detalhes sobre o fundo marinho. Inicialmente são apresentadas as informações para a Plataforma Continental Sudeste (PCSE), passando para a Plataforma Continental de São Paulo (PCSP) e, finalizando, na porção norte do litoral paulista, onde localiza-se a APAMLN. Neste item não são tratadas as características das areias nas feições praias. Este tema é abordado no item *Progradação e erosão praias e costeiras* deste documento.

Plataforma Continental Sudeste

A PCSE se estende ao longo do Embaiamento de São Paulo. Esta feição é uma reentrância em forma de um arco côncavo que se estende desde o litoral central do estado de SC (Cabo de Santa Marta) ao litoral central do RJ (Cabo Frio), por aproximadamente 1100 km (Cazzoli y Goya, 2011; Gregório, 2014) - **Figura 3.1.2.1.1-1**. Zembruski *et al.* (1972) *apud* Cazzoli y Goya (2011) cita que a largura máxima da PCSE é observada na altura de Santos, com 230 km de extensão, e a mínima, em Cabo Frio, com 50 km. A profundidade da quebra da PCSE varia entre as isóbatas de 40 a 200 m, sendo que o intervalo mais comum se situa entre 140 – 160 m.

Zembruski (1979) *apud* Cazzoli y Goya (2011) definiu para o Embaiamento de São Paulo, a compartimentação da plataforma continental baseada nas mudanças de declividade da mesma. Estes compartimentos foram denominados plataforma interna (até aproximadamente as isóbatas de 50/70 m), plataforma média (entre 70 e 100 m) e plataforma externa (de 100 m até a quebra da plataforma). Entretanto, é importante destacar que, de 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, 2011).

Cazzoli y Goya (2011) diz que a cobertura sedimentar desta plataforma continental foi bastante estudada durante a década de 70 por diversos autores (Zembrusky *et al.*, 1972, Martins *et al.*, 1972, Miliman, 1975, 1976, 1978 e Kowsmann e Costa, 1979), através de diversos projetos como Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e do talude do Sul do Brasil (REMAC) e Geomar. Na sequência deste item é apresentado em detalhes as variações batimétricas e de composição do fundo marinho primeiramente para a PCSP e, na sequência, com foco na área da APAMLN.

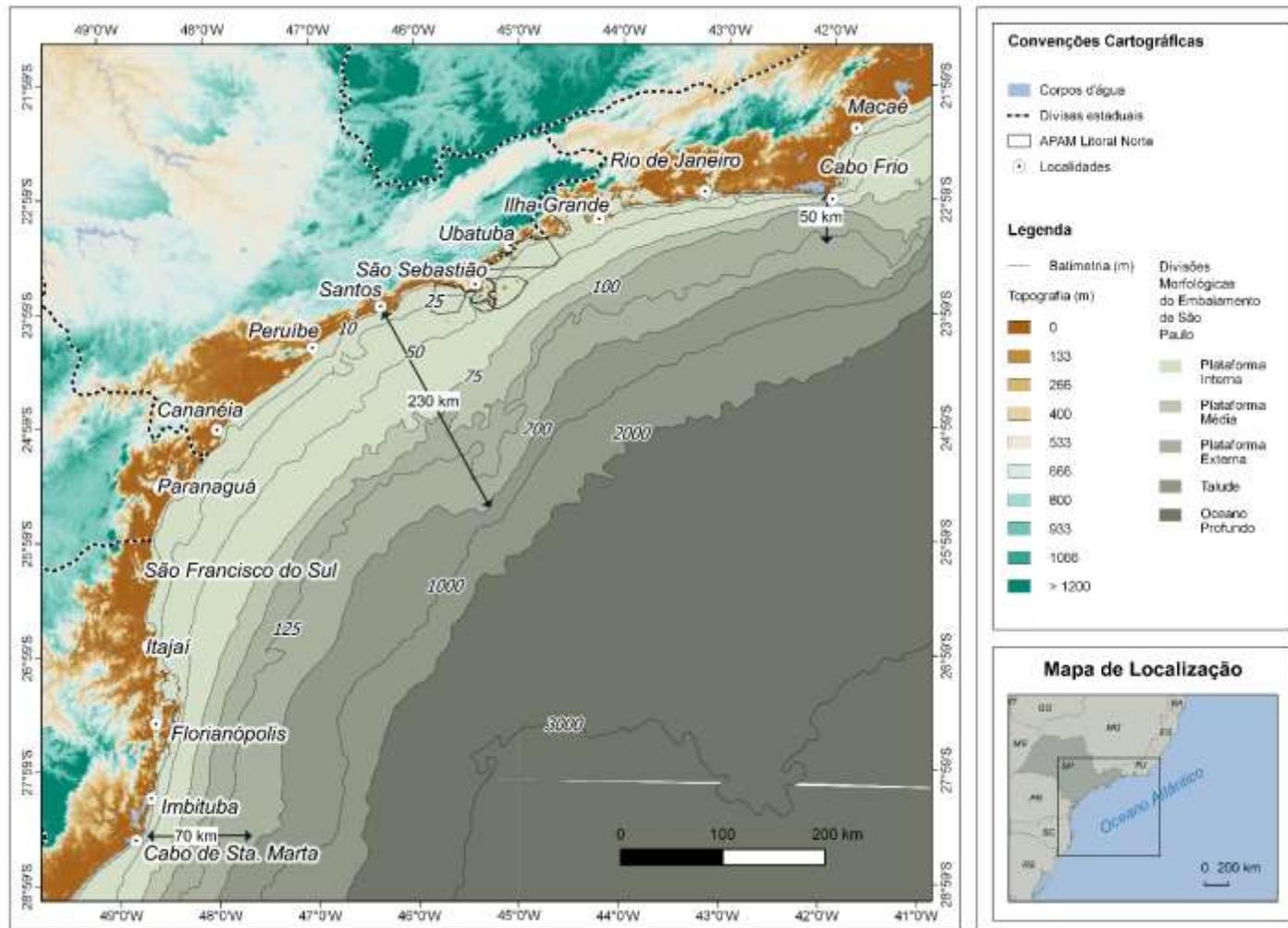


Figura 3.1.2.1.1-1 – Geomorfologia do Embaixamento de São Paulo, enfatizando a topografia e compartimentos morfológicos da batimetria – plataforma continental, talude e oceano profundo. Fonte de dados topográficos: *Shuttle Radar Topography Mission*. Fonte de dados batimétricos: de Caroli et al. (2010).

Plataforma Continental de São Paulo – litoral paulista

Deffontaines (1935) reconheceu duas regiões bem definidas do litoral paulista: a costa oeste (à oeste da Ilha de São Sebastião), com características de costa retilínea – englobando os municípios de São Sebastião, Bertioga, Guarujá, Santos, Cubatão, São Vicente, Praia Grande, Itanhaém, Mongaguá Peruíbe, Iguape, Ilha Comprida e Cananéia - e a costa leste (à leste da Ilha de São Sebastião), com característica de costa recortada e com maior ocorrência de ilhas – englobando os municípios de Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba. Importante destacar que a Ilha de São Sebastião é o nome da principal ilha do arquipélago da Ilhabela e onde se localiza o município de mesmo nome.

Já Fúlfaro e Coimbra (1972) propuseram a compartimentalização do litoral paulista em setor norte, situado entre a divisa com o Estado do Rio de Janeiro e a Ponta da Boracéia (Bertioga) – englobando os municípios de Bertioga, São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba - e setor sul, da Ponta da Boracéia até a divisa com o Paraná – englobando os municípios de Bertioga, Guarujá, Santos, Cubatão, São Vicente, Praia Grande, Itanhaém, Mongaguá Peruíbe, Iguape, Ilha Comprida e Cananéia.

No setor sul paulista definido por Fúlfaro e Coimbra (1972), 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. É possível observar esta configuração na **Figura 3.1.2.1.1-1**. Já o setor norte paulista, definido pelos mesmos autores, este 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 e praias de bolso (*pocket beaches*) com comprimentos variando de 2 a 4 km, bem como a maior ocorrência de ilhas (SOUZA, 2012). Tanto a proximidade da Serra do Mar quanto o recorte da linha de costa nesta porção do litoral paulista pode ser observada na **Figura 3.1.2.1.1-1**.

O mapa batimétrico da PCSP mostra o gradiente de profundidade mais intenso e maior declividade na porção norte, associada a maior proximidade da quebra da plataforma à costa nessa região - **Figura 3.1.2.1.1-2**. Quanto as isóbatas, na porção sul estas estão distribuídas paralelamente à linha de costa, até a região próxima a 100 m de profundidade. Na porção 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 3.1.2.1.1-3**. A configuração das isóbatas indica a existência de vários canais e vales submarinos formados durante eventos regressivos, com o nível do mar mais baixo do que o atual, que cortam a plataforma continental, destacando-se os canais Cananéia, Queimada Grande e São Sebastião (ZEMBRUSCKI, 1979).

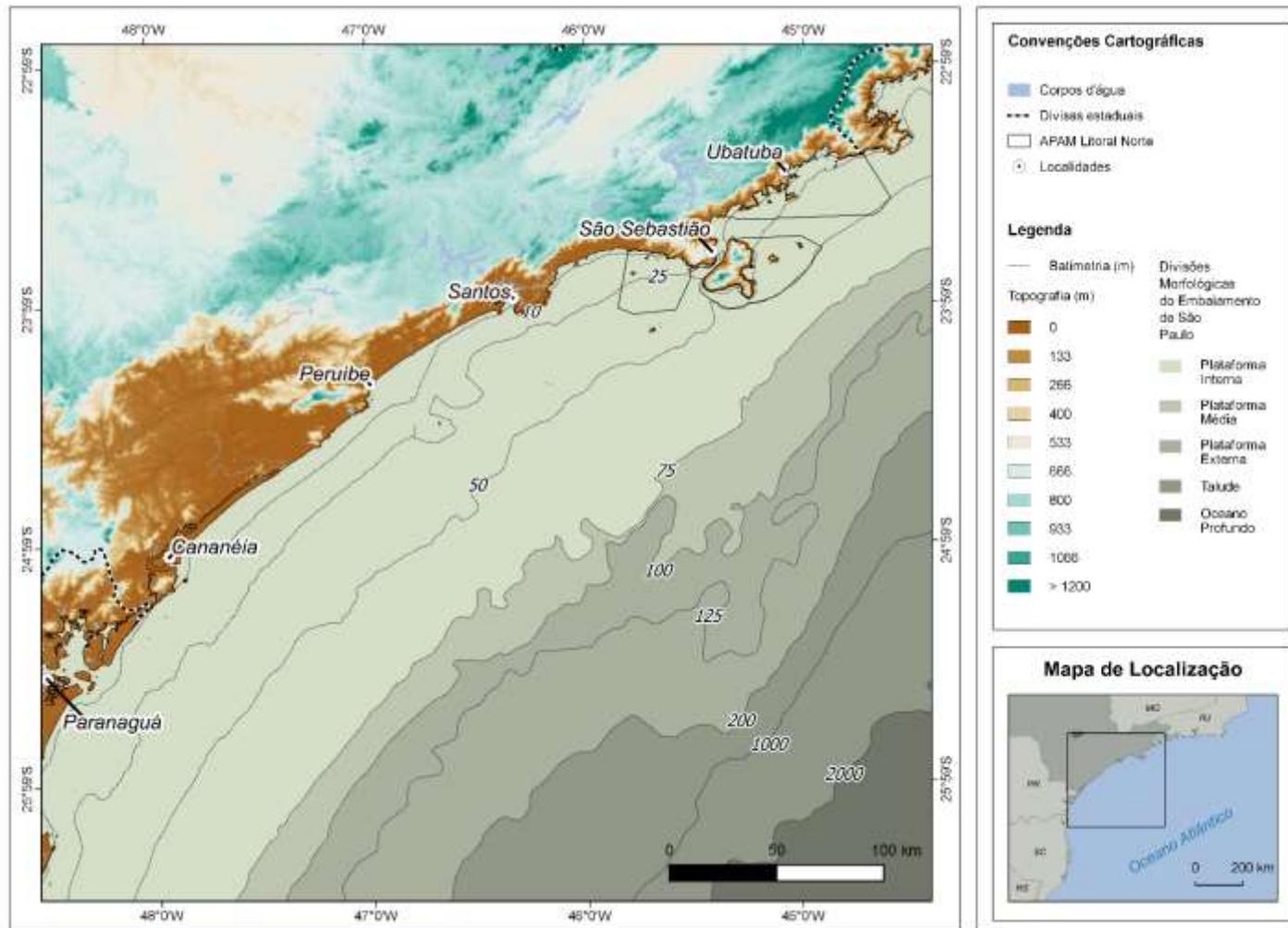


Figura 3.1.2.1.1-2 – Geomorfologia da Plataforma Continental de São Paulo, enfatizando a topografia e compartimentos morfológicos da batimetria – plataforma continental, talude e oceano profundo. Fonte de dados topográficos: *Shuttle Radar Topography Mission*. Fonte de dados batimétricos: de Caroli et al. (2010).

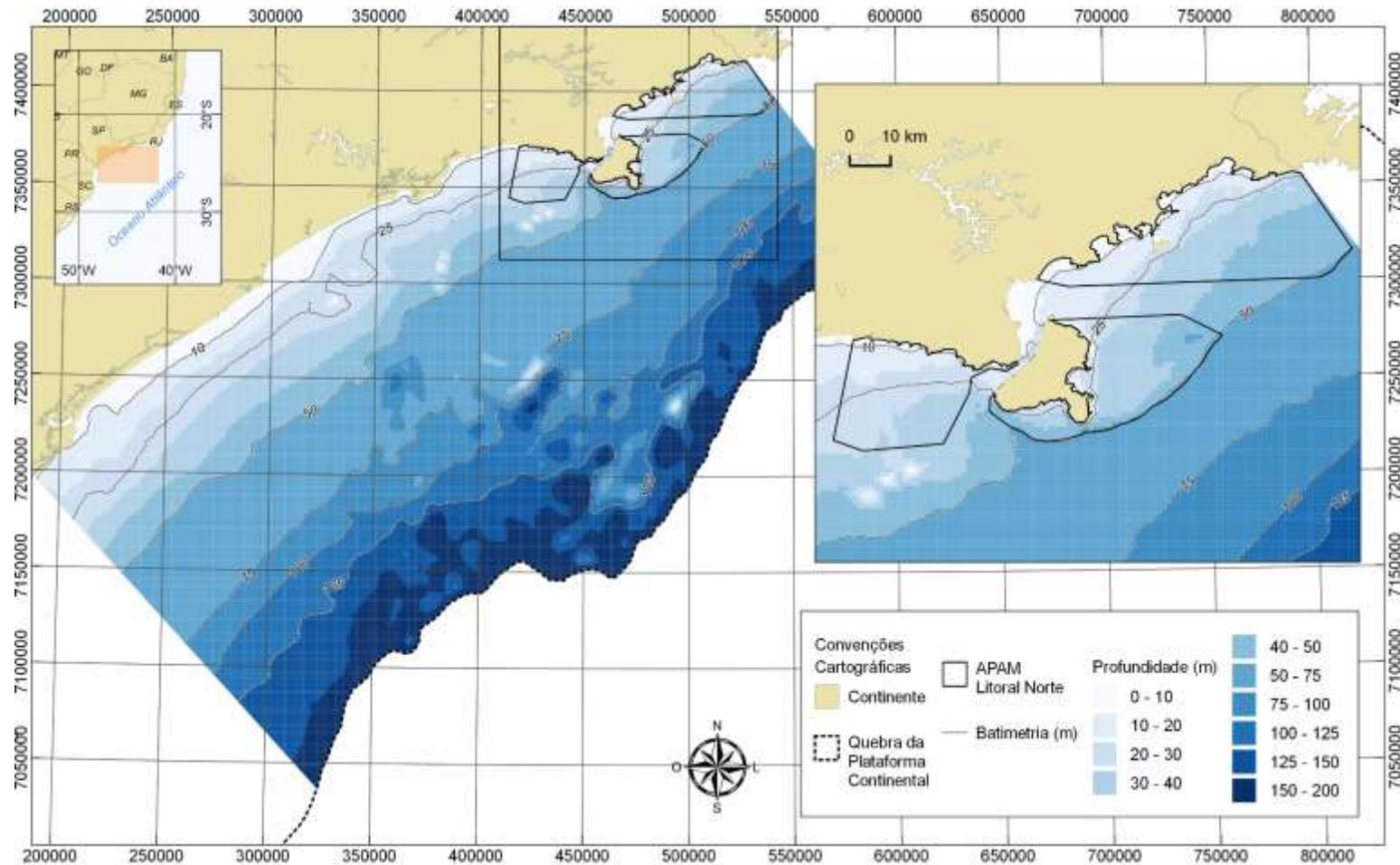


Figura 3.1.2.1.1-3 – Mapa batimétrico da plataforma continental do Estado de São Paulo, evidenciando a região da APAMLN. Fonte de dados: de Caroli *et al.* (2010).

A **Figura 3.1.2.1.1-4**, **Figura 3.1.2.1.1-5** e **Figura 3.1.2.1.1-6** mostram a distribuição espacial dos três principais constituintes do fundo marinho na PCSP: areia, lama e carbonatos, respectivamente. As distribuições das frações da lama (silte e argila) estão apresentadas no **Anexo 3.1-2** deste documento. Estas distribuições mostram maiores contribuições da fração grossa (areia) próximo à costa, ao longo de toda a plataforma. As maiores contribuições de lama são encontradas no sedimento da plataforma abaixo dos 75 m de profundidade. O padrão de distribuição é complementar à distribuição de areia, com maior participação da fração fina ocorrendo em pontos de menor teor de areia. A distribuição de lama segue o padrão descrito por Zemruski (1979) e está associada ao aporte continental de rios e à dinâmica marinha do litoral norte de São Paulo, que, devido ao recorte da costa, possibilita a deposição da fração fina próximo à linha de costa, o que não é observado no litoral sul.

Com foco nesta porção mais fina do sedimento, contribuições significativas de silte e argila são encontradas a partir da isóbata de 75 m e alguns pontos ao norte da Ilha de São Sebastião, resultante da dinâmica de circulação da plataforma, que possibilita a deposição das frações mais finas na porção mais afastada da costa. Estas regiões com frações mais finas são de vital importância em termos de gestão, visto que neste tipo de sedimento que ocorre a maior tendência de retenção de poluentes. Caso este tipo de sedimento sofra perturbação, por exemplo pela movimentação de barcos, estes poluentes serão disponibilizados para a coluna d'água podendo afetar a biota.

Para os sedimentos carbonáticos, segundo Petri (1983), na região externa da PCSP estes são constituídos, predominantemente, por areia de recifes algais. Nos locais onde as fácies terrígenas se alargam, o desaparecimento das areias algais é quase total. O mapa de distribuição do teor de carbonato mostra contribuições mais significativas abaixo dos 100 m de profundidade, ultrapassando 90% abaixo da isóbata de 125 m.

A **Figura 3.1.2.1.1-7** exibe o mapa textural do sedimento da PCSP, resumindo as distribuições descritas. De um modo geral, o sedimento da plataforma interna é composto principalmente por areia. Na porção sul da plataforma, a isóbata de 75 m é marcada pela predominância de areia síltica. A região mais profunda e distante da costa é dominada por sedimentos mais finos, como silte argiloso e silte arenoso.

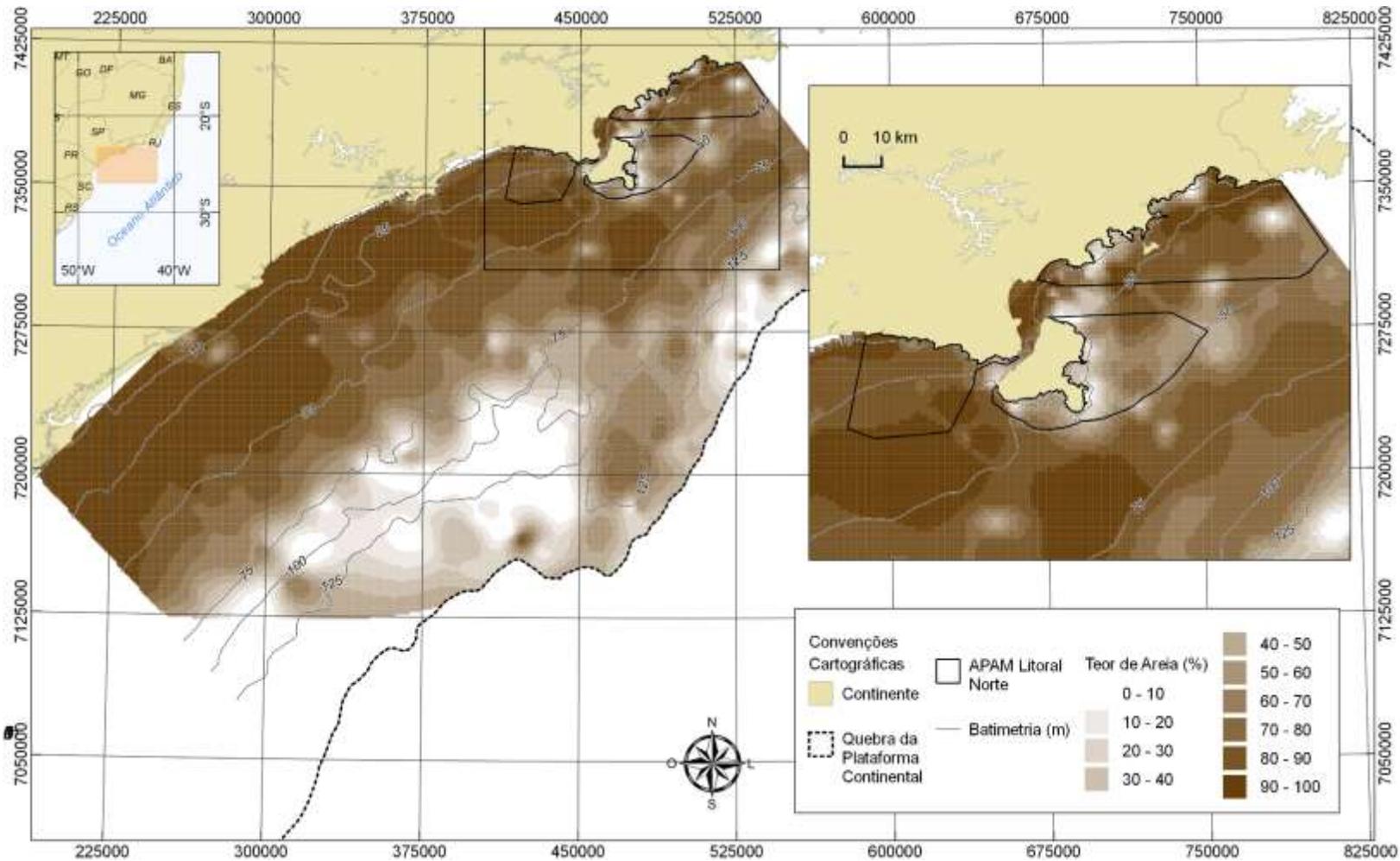


Figura 3.1.2.1.1-4 – Mapa da distribuição espacial do teor de areia (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLN. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP.

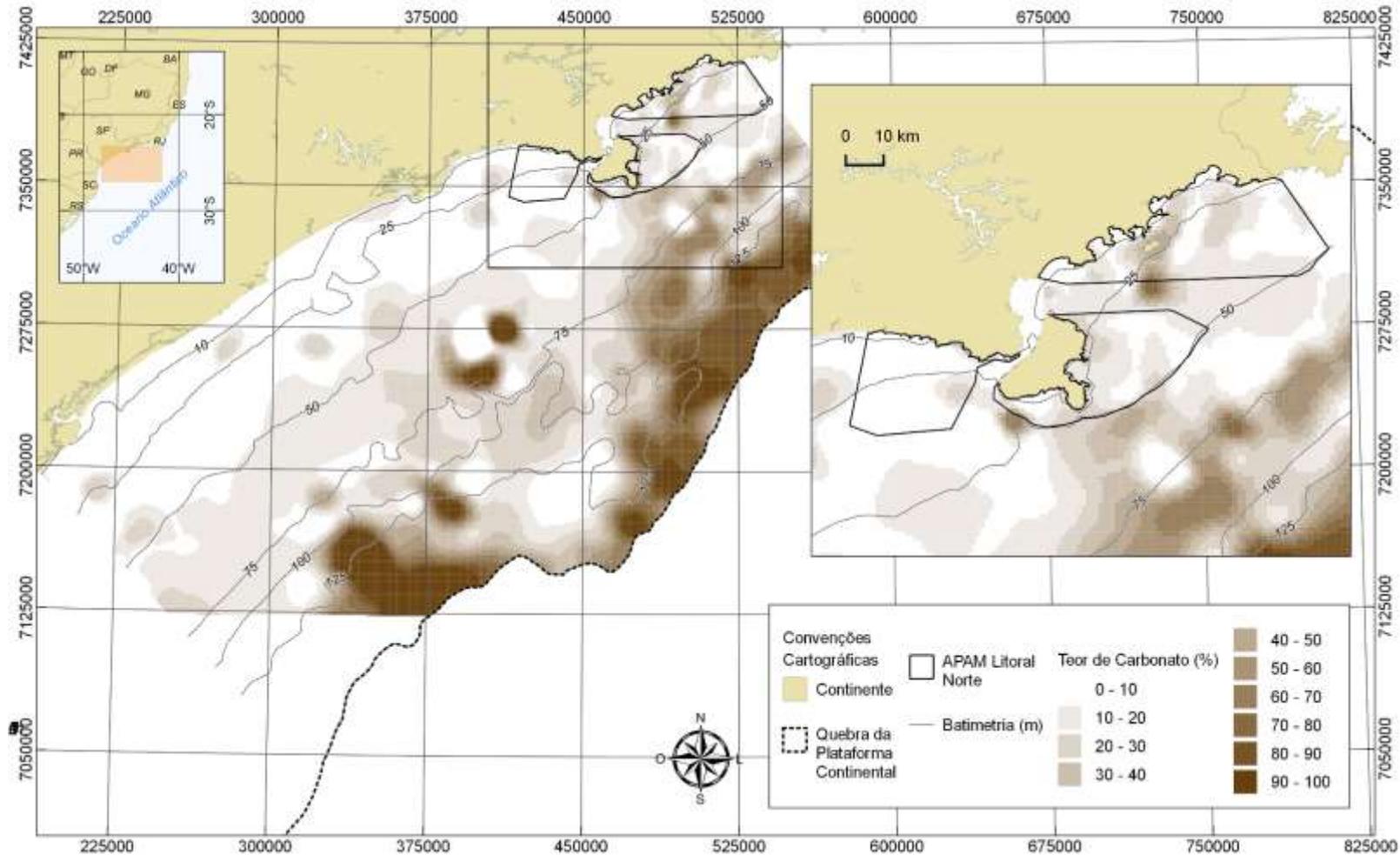


Figura 3.1.2.1.1-6 – Mapa da distribuição espacial do teor de carbonato (%) na plataforma continental do Estado de São Paulo, com foco na APAMLN. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP.

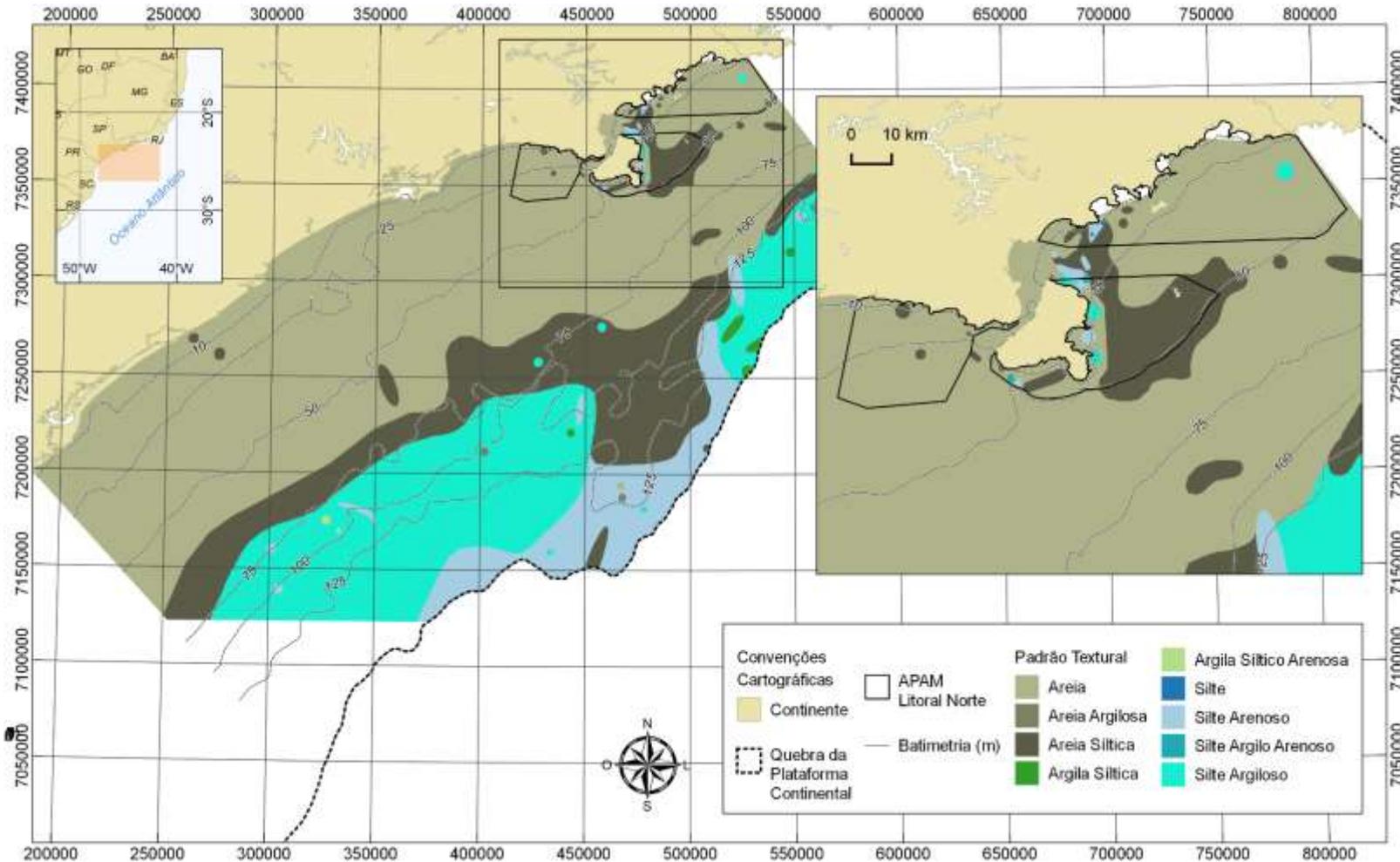


Figura 3.1.2.1.1-7 – Mapa textural da plataforma continental do Estado de São Paulo, com detalhamento na região da APAMLN. Fonte de dados: Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP.

Litoral norte de São Paulo - APAMLN

A APAMLN localiza-se no litoral norte paulista e, conforme já destacado anteriormente, esta porção do litoral é caracterizada por uma linha de costa recortada, com a presença de diversas baías, enseadas, sacos, pontas rochosas que avançam em direção ao mar e praias de bolso. No **Anexo 3.1-3** são apresentadas as localizações de baías, sacos, enseadas e pontas ao longo da APAMLN. Segundo Mahiques (1992) *apud* Rodrigues *et al.* (2002), tanto a conformação batimétrica das enseadas desta região, como a topografia das áreas emersas adjacentes, seriam indicativos de uma origem ligada à erosão remontante da Serra do Mar e a paleodrenagens desenvolvidas durante o máximo regressivo de 18.000 anos A. P. (antes do presente), sendo os pontões cristalinos que individualizam as enseadas, bem como as ilhas, lajes e parcéis presentes na área, testemunhos dos interflúvios do passado.

Com relação a batimetria, a APAMLN está localizada na porção mais rasa da plataforma, com limite máximo na isóbata de 50 m (com exceção do setor Ypautiba, cuja profundidade é de 40 m). Desta profundidade máxima até as proximidades das ilhas e regiões costeiras, as linhas batimétricas se encontram relativamente alinhadas a linha de costa - **Figura 3.1.2.1.1-3**.

Para a configuração batimétrica mais próxima a linha de costa e ao redor das ilhas, no setor Cunhambebe, de norte para o sul, temos as seguintes características principais:

- Na região do Saco do Camburi, as isóbatas são paralelas à linha de costa e, neste saco, as isóbatas ajustem-se a forma de arco convexo, com profundidade máxima de 10 m entre a Ponta das Couves e a Ponta do Camburi, conforme pode-se observar no **Anexo 3.1-4**;
- Para a região da Bacia de Picinguaba e Enseada do Ubatumirim, Rodrigues *et al.* (2002) descrevem que a Enseada de Ubatumirim apresenta duas porções com características diferenciadas: a porção externa (trecho entre a ilha Rapada e a Laje Grande), apresentando isóbatas com espaçamento regular e padrão serrilhado, tendendo a uma disposição em semiarco; e a partir do treco entre as ilhas do Promirim e dos Porcos Pequena, onde a disposição das isóbatas em relação à linha de costa se modifica, tanto próximo à Ilha do Prumirim, onde ocorre um aumento na declividade da superfície de fundo, como em direção à praia de Puruba, com espaçamento regular, e apresentando, próximo ao limite NE da praia, junto à ponta do Arpoador, uma feição semelhante a um canal, que avança enseada adentro, possivelmente relacionada à dinâmica fluvial do rio Puruba, representativa de um paleocanal formado em períodos de nível médio do mar mais baixo que o atual – **Anexo 3.1-4**. Estes autores indicam também que a Enseada de Picinguaba apresenta, em suas porções mais externas, um padrão irregular de distribuição das isóbatas, sendo condicionadas pela presença de vários parcéis e lajes cristalinas, além de sofrer a influência direta das ilhas das Couves e Comprida. Próximo a linha de costa, as isóbatas apresentam uma distribuição aproximadamente paralela à praia da Fazenda, com espaçamento regular, porém com maior declividade em relação à área correspondente na enseada de Ubatumirim;
- Com relação as Enseadas de Ubatuba, das Toninhas, do Flamengo, da Fortaleza e do Mar Virado, Mahiques (1995) diz que cada uma apresenta características fisiográficas distintas, em termos de forma e de orientação de suas desembocaduras. Este autor descreve que as enseadas do Mar Virado e da Fortaleza têm suas desembocaduras largas, voltadas para SSE. A desembocadura da Enseada do Flamengo é a mais estreita que sua porção interna e voltada para sul Devido à presença da Ilha Anchieta e da Ilha do Mar Virado, a Enseada do Flamengo

coloca-se como a mais abrigada da penetração de ondas de S, SW e E. A Enseada das Toninhas constitui, isoladamente, a maior unidade fisiográfica da área; consiste num recurvamento da linha de costa, em forma de "C", com abertura voltada francamente para leste. A Enseada de Ubatuba, também com desembocadura voltada para leste, e apresenta um grande estrangulamento, formado por projeções do embasamento cristalino; que a dividem, em uma parte mais externa, com profundidades superiores a 10 m, e uma mais interna, marcadamente mais rasa – **Anexo 3.1-4**. Mahiques (1995) descreve ainda que a feição mais importante da área é a presença do Boqueirão da Ilha Anchieta, depressão alongada na direção WSW-ENE, localizada no estreito que separa a Ilha Anchieta do continente, com profundidade máxima de 35 m. Para as demais configurações da batimetria, este autor indica que a configuração da isóbata de 10 m, que marca a desembocadura das enseadas, apresenta um padrão serrilhado nas enseadas do Mar Virado e da Fortaleza e, nas demais desembocaduras, este padrão não é observável e o perfil batimétrico apresenta-se assimétrico, sendo que as maiores profundidades ocorrem nos extremos meridionais de cada desembocadura.

- Para a porção sul do setor Cunhambebe, no arco praiado de Massaguaçu, as isolinhas batimétricas se alinham a linha de costa, com exceção da zona de sombra provocada pela Ilha do Tamanduá. Como descrito por Rogacheski (2010), a Ilha de Tamanduá condiciona as isobatimétricas a partir de 10 m, formando uma região mais rasa nesta porção norte do arco praiado, quando comparado a parte sul – **Anexo 3.1-4**.

Com relação ao setor Maembipe, que compreende o litoral do município de Ilhabela voltado para oceano, este é o setor da APAMLN mais próximo da quebra da plataforma. Nesta região as isolinhas se alinham de acordo com a configuração da linha de costa da Ilha de São Sebastião, com suas pontas, destacando-se duas baías: de Castelhanos (E) e das Anchovas (SW). A batimetria nestas baías varia desde 30 m em suas entradas, convertendo-se em formato côncavo até a linha de costa – **Anexo 3.1-4**. Destaca-se também as regiões no entorno das Ilhas dos Búzios e Vitória, com zonas de sombra (à oeste e norte, respectivamente), que apresentam menores profundidades que as demais regiões do entorno.

Já para o setor Ypautiba, as isobatimétricas se alinham a linha de costa até a profundidade aproximada de 30 m. Na porção leste, as profundidades inferiores se alinham ao Canal de São Sebastião, aumentando a declividade. Já na porção central e oeste deste setor, são observadas a presença de algumas ilhas, como a de Toque-toque e do Montão de Trigo, que fazem com que as isobatimétricas se ajustem aos seus contornos. Na região das Ilhas e Ilha das Couves, a isolinha de 10 m se destaca perpendicularmente a linha de costa, englobando este arquipélago – **Anexo 3.1-4**.

Com relação a composição do fundo marinho ao longo da APAMLN, o litoral norte segue um padrão geral semelhante ao observado para a PCSE como um todo, com predominância de areias na porção costeira e siltes na região mais profunda. Contudo, a complexidade geomorfológica do litoral norte possibilita a deposição de frações finas ao norte da Ilha de São Sebastião, como apontado por Zemruscki (1979). Ypautiba e Cunhambebe exibem predominância de sedimento arenoso, com pontos isolados de deposição de sedimentos mais finos, com descrição detalhada na sequência. O setor Maembipe, por outro lado, exibe o padrão descrito por Zemruscki (1979), com predominância de areia siltica e alguns pontos de deposição de siltes próximos a Ilha de São Sebastião.

Para a porção norte do setor Cunhambebe, Rodrigues *et al.* (2002) mostra que a distribuição da porcentagem das frações areia e argila (**Figura 3.1.2.1.1-8**) nas enseadas apresenta uma tendência geral de diminuição gradual da porcentagem de areia para o interior de ambas. Na enseada de Ubatumirim este fato é mais evidente. Por outro lado, ocorrem núcleos isolados, tais como, próximo à Ponta de Ubatumirim e na região frontal às praias do Meio e Puruba, onde ocorrem sedimentos com maior porcentagem de lama (em torno de 40%), porém os teores de argila são em torno de 5%, indicando o predomínio de silte nas frações finas. Estes autores descrevem ainda que na porção interna da enseada, na face da ilha Redonda voltada para a linha de costa, esta tendência se inverte, ocorrendo sedimentos com mais de 90% de areia, associados à formação de um cone de sedimentação, gerado pelos processos de difração de ondas e perda de energia. Os autores descrevem que na enseada de Picinguaba, destaca-se um núcleo sob influência das ilhas das Couves e Comprida, onde os sedimentos têm seu teor em areia diminuído gradualmente, até 21% em peso. Este domínio é limitado por uma faixa francamente arenosa, que se estende a partir do canal entre a ilha Comprida e a Ponta da Cruz, para as porções centrais da enseada. A medida em que se aproxima da linha de costa, na porção interna leste da enseada, o teor de areia diminui gradativamente. Nas proximidades da Praia da Fazenda, porém esta tendência se inverte, ocorrendo um aumento na porcentagem de areia dos sedimentos, em função da influência do aporte fluvial. Os autores mostram também que nas porções externas às enseadas, o predomínio é de sedimentos francamente arenosos, ocorrendo um núcleo com mais de 90% de areia, entre a Laje Grande e a Ilha Rapada, sendo que, apenas na área entre a ponta do Respingador e a Ponta Grossa, constata-se a ocorrência de teores menores que 80% de areia. Nesta região norte do setor Cunhambebe não foram obtidos estudos que descrevem os sedimentos na região da Enseada do Camburi.

Para a região central do setor Cunhambebe, Mahiques (1995) afirma que sob o ponto de vista da granulometria, os sedimentos apresentam-se como um verdadeiro mosaico, no qual ocorrem frações de areia muito fina e silte, argila e frações arenosas mais grossas. Ocorrem, também, sedimentos grossos, areias médias e grossas, quase sempre localizados junto a costões rochosos. Entretanto, este autor diz que pode-se observar, como um padrão geral da área, o predomínio da sedimentação siltosa e arenosa muito fina. O mapa de distribuição de sedimentos segundo o diâmetro médio apresentado por este autor (**Figura 3.1.2.1.1-9**), revela heterogeneidade na distribuição granulométrica, sendo que as enseadas de Ubatuba e do Flamengo apresentam, dentro de si uma maior variabilidade sedimentológicas. Já as enseadas do Mar Virado e da Fortaleza e a Enseada das Toninhas apresentam maior homogeneidade em sua distribuição. Para este autor, o mapa de distribuição da razão argila/silte (**Figura 3.1.2.1.1-11**) revela uma notável diferença entre as enseadas do Mar Virado e Fortaleza do restante da área. Nessas enseadas observa-se uma homogeneidade quase total no padrão de sedimentação com relação a este parâmetro. Os valores da razão argila/silte acham-se totalmente abaixo de 0,40. Esta mesma característica é observável, também, na porção norte da Baía das Toninhas. Nas enseadas do Flamengo, Ubatuba e ao sul da Baía das Toninhas, observa-se um padrão mais complexo, com valores da razão argila/silte frequentemente superiores a 0,40. Os maiores valores observados encontram-se na porção interna da Enseada do Flamengo e junto ao Boqueirão da Ilha Anchieta.

Na porção sul do setor Cunhambebe, Rogacheski (2010) mostra que a região de sombra da Ilha do Tamanduá, porção norte do arco praiado de Massaguaçu, apresenta sedimentos clásticos com predomínio de areia (93,44%), seguido por lama (6,56 %) e carbonato de cálcio (6,28%). Para a porção mais exposta deste arco praiado, também ocorre predomínio de areia, sendo 95,54% para a região até a profundidade de 7 m e 88,00% para a região entre 7 e 12 m de profundidade. Para a região adjacente as ilhotas em frente a Cocanha, este autor encontrou amostras de sedimentos bioclásticos com predomínio de areia (62,70%), com maiores valores de carbonato de cálcio na área

próxima à ilha Cucaína Pequena (27,70%) quando comparado a porção entre a Ilhota Cucaína e a linha de costa (16,30%) - **Figura 3.1.2.1.1-10**.

Para os demais setores da APAMLN – Maembipe e Ypautiba – as descrições detalhadas das características dos sedimentos superfícies são mais escassas. Os resultados apresentados por Barcelos e Furtado (1999) permitem diferenciar a área da Plataforma Continental Interna nestes setores da APAMLN em duas porções, limitadas pela Ilha de São Sebastião. A porção sul, que se estende de noroeste para sudoeste da ilha, onde há o domínio de areias muito fina, caracteriza-se pela baixa ocorrência de argila. Já a porção norte, estes autores indicam que a Ilha cria uma área abrigada, com baixa movimentação junto ao fundo, aumentando a contribuição das frações mais finas - **Figura 3.1.2.1.1-11**.

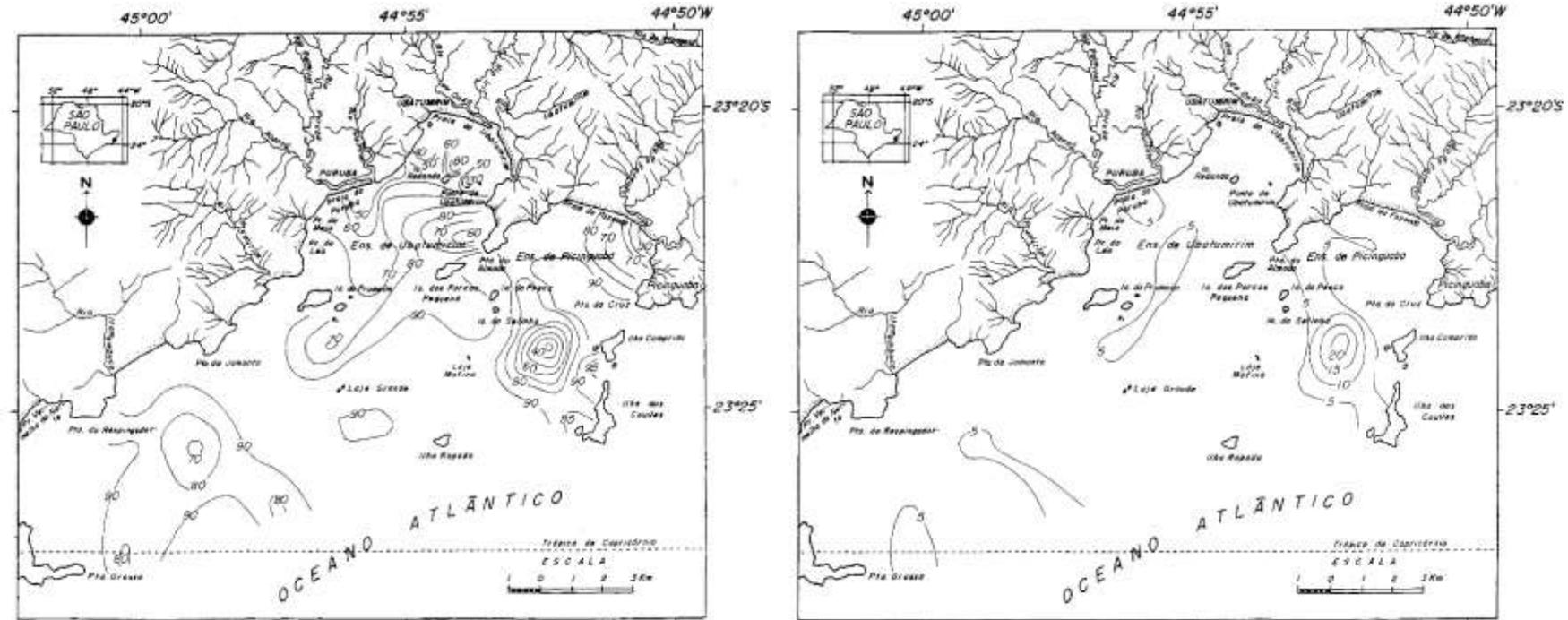


Figura 3.1.2.1.1-8 – Mapa de distribuição das porcentagens de areia (painel da esquerda) e de argila (painel da direita) dos sedimentos superficiais de fundo na porção norte do setor Cunhambebe da APAMLN. Fonte: Rodrigues *et al.* (2002).

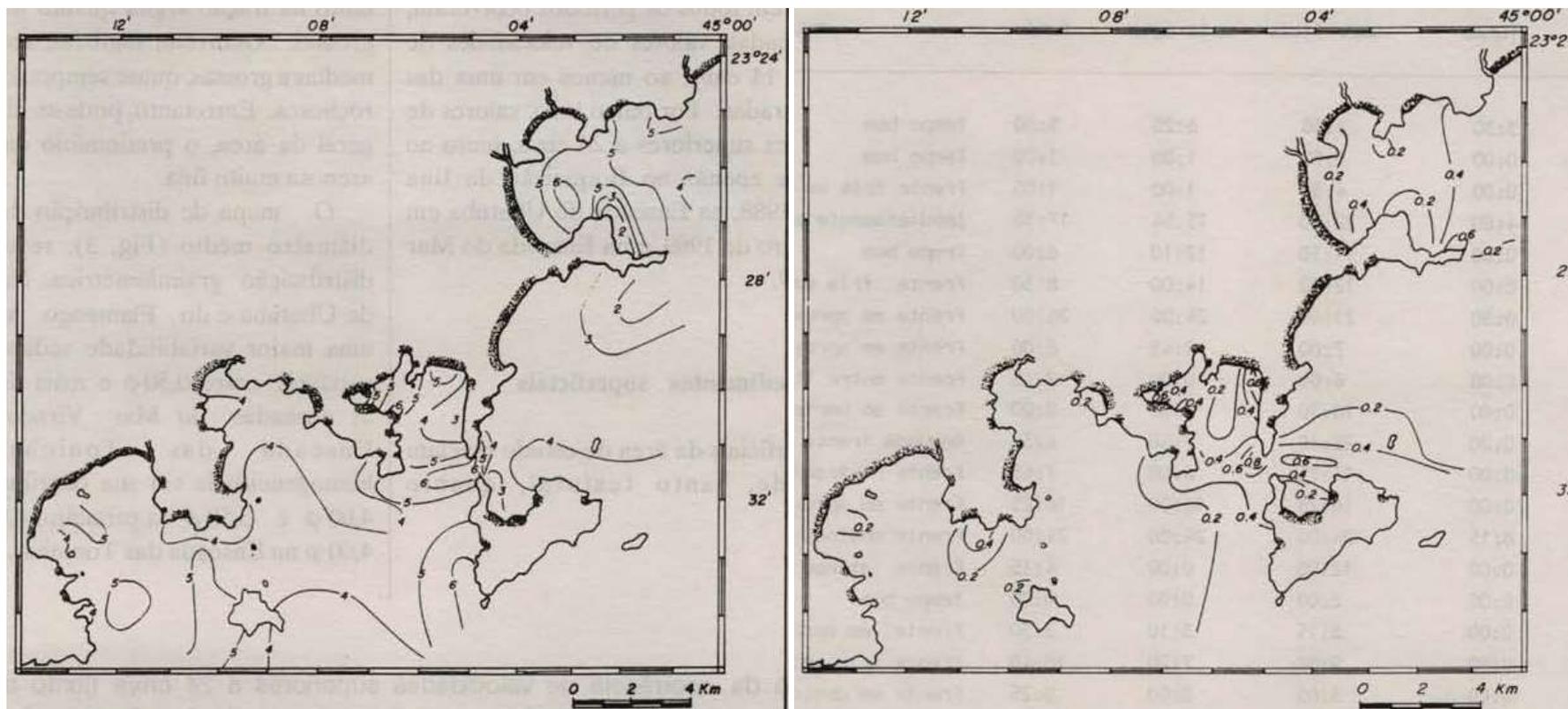


Figura 3.1.2.1.1-9 – Distribuição dos sedimentos superficiais segundo o diâmetro médio (painel da esquerda) e segundo a razão teor argila / teor silte. Fonte: Mahiques (1995).

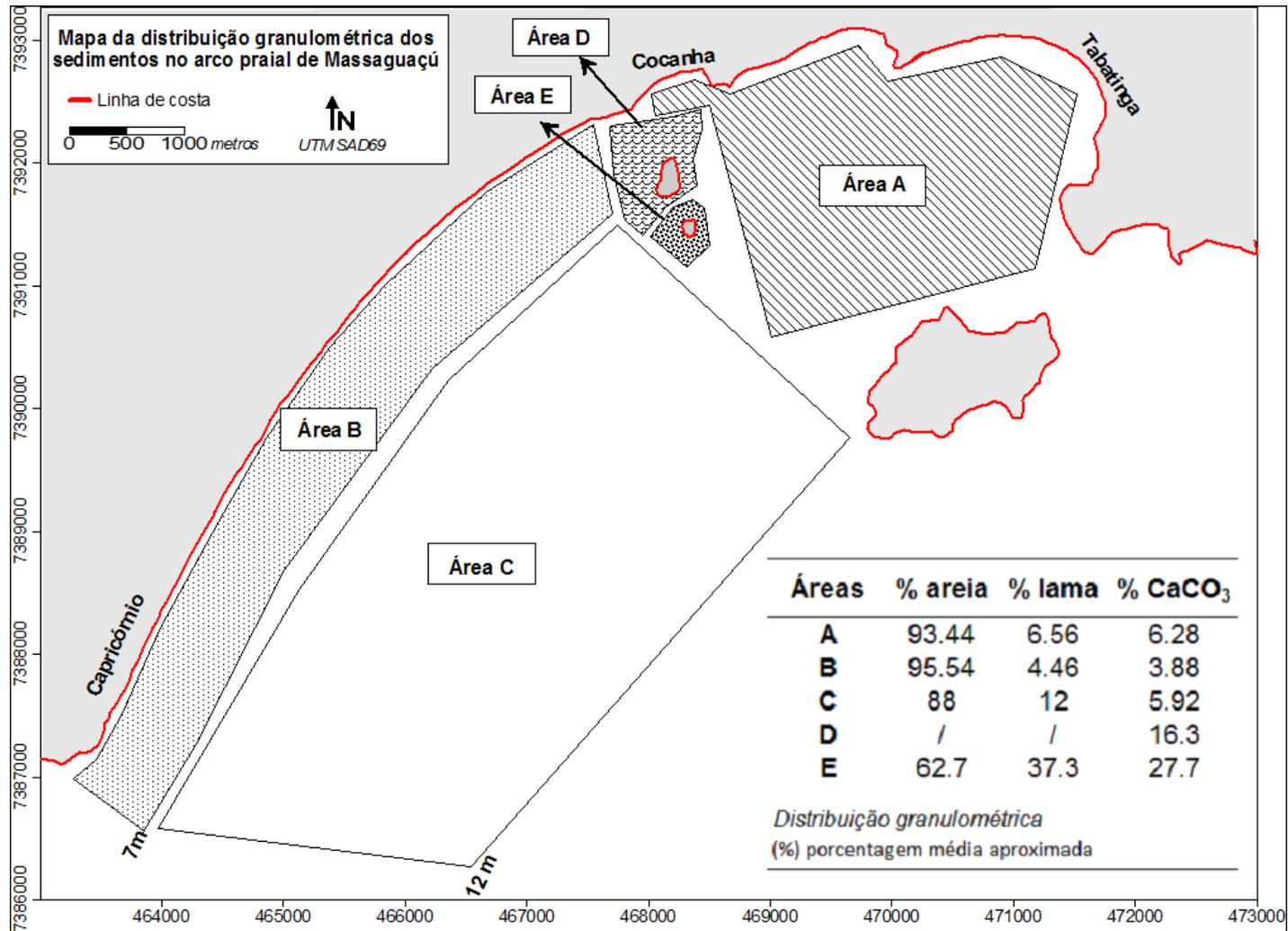


Figura 3.1.2.1.1-10 – Distribuição dos sedimentos superficiais na porção sul do setor Cunhambebe da APAMLN. Fonte: Rogachski (2010).

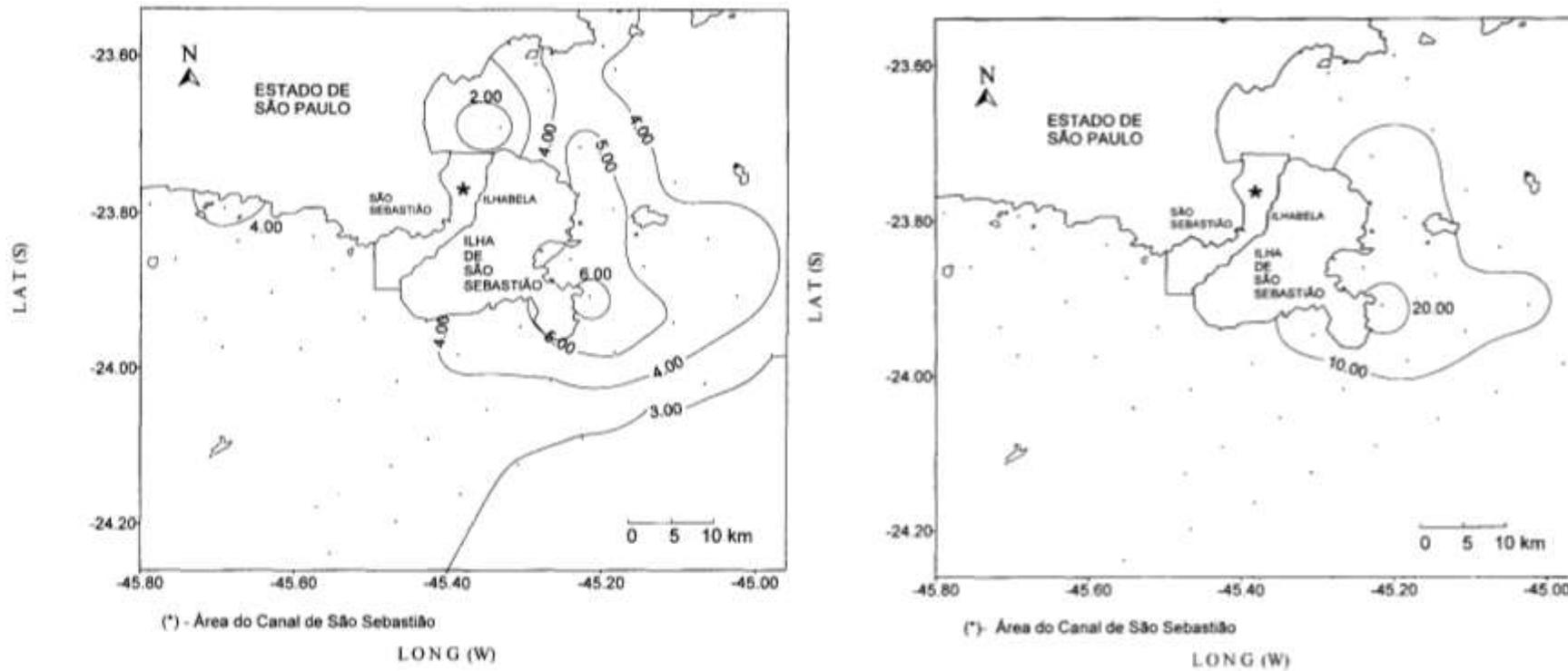


Figura 3.1.2.1.1-11 – Distribuição dos sedimentos superficiais segundo o diâmetro médio (painel da esquerda) e segundo o teor argila (painel da direita). Fonte: Barcellos e Furtado (1999).

■ Fisiografia da linha de costa

Este item aborda as características físicas da linha de costa, descrevendo as fisionomias presentes ao longo da linha de costa. Inicialmente é apresentada a descrição para o litoral paulista e, na sequência, é dada ênfase para o litoral norte paulista, onde está localizada a APAMLN. Importante destacar que aqui neste item são apresentadas somente as feições fisiográficas ao longo da linha de costa. Detalhes individuais de cada um dos ecossistemas costeiros são apresentados no Meio Biótico deste documento.

Litoral paulista

Com seus 407 km 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, bancos de lama, planícies de maré e restingas (BRITO *et al.*, 2014) - **Figura 3.1.2.1.1-12.**

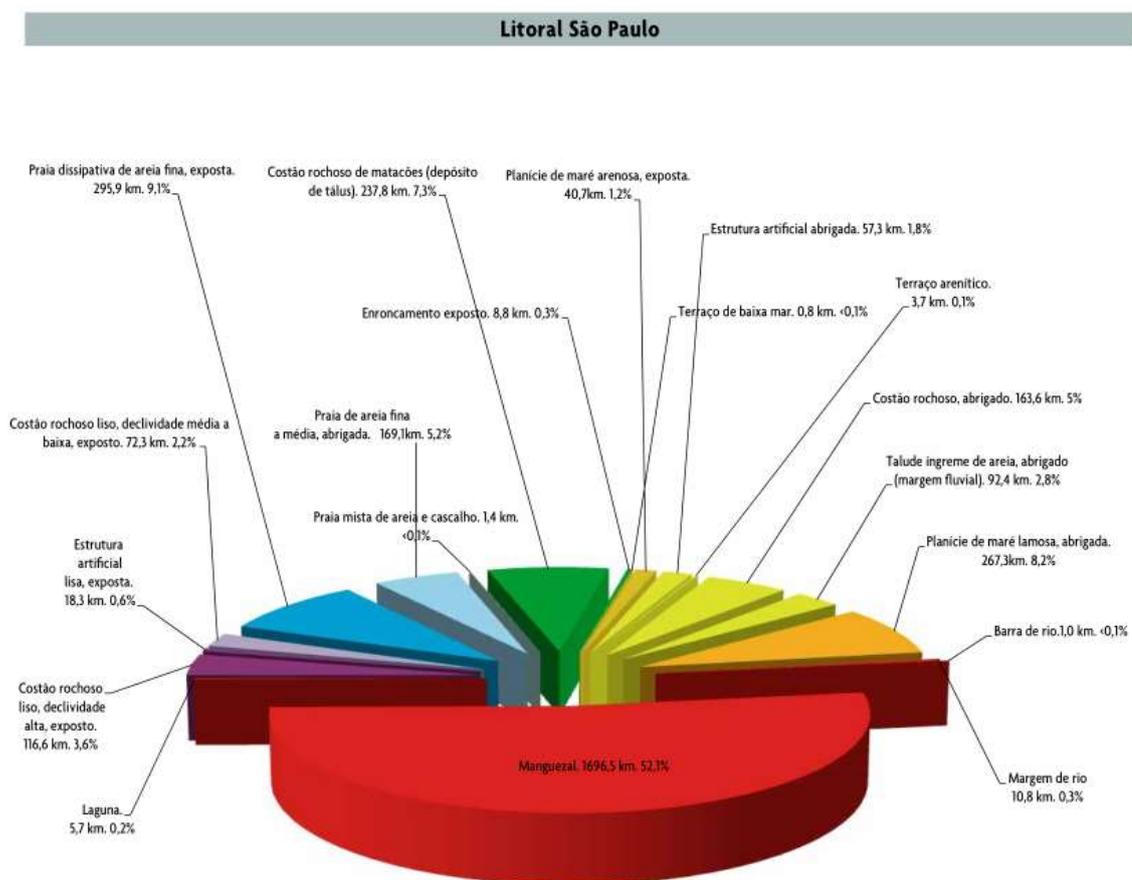


Figura 3.1.2.1.1-12 – Composição da fisiografia da linha de costa no Litoral de São Paulo. Fonte: Brito *et al.* (2014).

Dentre estas feições costeiras na costa de São Paulo, as mais afetadas pela movimentação das areias são as praias (TESSLER *et al.* 2006). A contagem de praias varia de acordo com autores, porém a quantidade aproximada é de cerca de 292 praias (GHERARDI *et al.*, 2008). De acordo com a **Figura 3.1.2.1.1-12**, no litoral de São Paulo as praias expostas, abrigadas e mistas de areia e cascalho correspondem a aproximadamente 14,4% da linha de costa (466,4 km não lineares). 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. Os ambientes praias são divididos em: antepraia, que representa a zona de surfe; estirâncio, a região entremarés; 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). Para o litoral paulista, 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 menor 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: Cananéia a Praia Grande, Santos a Bertioga, Bertioga a Toque-Toque, Toque-Toque a Tabatinga e Tabatinga a Picinguaba. Esta compartimentação considerou ainda os indicativos de tendências resultantes de deriva litorânea 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). Maiores detalhes sobre as classificações das praias, bem como a distribuição sedimentar sobre elas é apresentada no item *Progradação e erosão praial e costeira* na sequência deste documento.

Com relação aos costões rochosos, Suguio (2001) definiu “costa rochosa” como sendo o afloramento de rochas cristalinas, encontrado em locais onde 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 cerca de 288 costões rochosos ou trechos de costões rochosos. De acordo com a **Figura 3.1.2.1.1-12**, os costões rochosos, matacões e enrocamentos, expostos e abrigados, correspondem a cerca de 18,5% da linha de costa (aproximadamente 602,8 km não lineares).

Os organismos que habitam os costões rochosos necessitam de adaptações especiais para viverem nessas áreas tão agitadas e sob a influência diária dos ciclos de maré, ondas, ventos e correntes. Assim, sua distribuição se dá em faixas horizontais distintas em toda a extensão vertical do costão, sendo cada faixa conhecida por zona, divididas em infralitoral, mesolitoral e supralitoral (Coutinho, 1995 *apud* Vilano e Souza, 2011). Embora a zonação de espécies segundo um gradiente ambiental não seja uma propriedade exclusiva dos costões rochosos, nestes ambientes ela é particularmente precisa e espacialmente condensada (Coutinho, 2002 *apud* Vilano e Souza, 2011). Assim, cada costão possui uma zonação própria, cuja abundância das populações está relacionada à adaptação

das espécies às condições ambientais locais, como diferentes latitudes, níveis de maré e exposição ao ar.

As estruturas artificiais também provêm substrato consolidado para fixação de organismos e possuem zonação semelhante à descrita para os costões rochosos. De acordo com a **Figura 3.1.2.1.1-12**, no litoral paulista, aproximadamente 2,4% da linha de costa (75,6 km não lineares) possui estruturas artificiais, abrigadas ou expostas.

Outra fisiografia marcante no litoral paulista são as zonas pantanosas com vegetação acima d'água, que inclui os ecossistemas manguezal e marisma. As características assinaladas para estes ecossistemas indicam: (1) ambientes de baixa energia, substrato plano, lamoso a arenoso, sendo mais comuns os substratos muito orgânicos lamosos; (2) declive geralmente muito baixo, menor que três graus (zona entremarés tende a ser extensa); e (3) sedimento saturado com água, com baixa permeabilidade, a não ser pela presença de orifícios feitos por animais, sedimentos moles de baixíssima trafegabilidade (BRITO *et al.*, 2014). De acordo com a **Figura 3.1.2.1.1-12**, cerca de 55,5% da linha de costa paulista (1806 km não lineares) apresenta margens fluviais, barras de rio, manguezais ou laguna. Nos trópicos, como a costa paulista, os 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).

Kathiresan (2003), citando autores como Woodroffe (1992), Wolanski *et al.* (1992), Wolanski (1994, 1995) e Furukawa *et al.* (1997), diz que uma das mais importantes funções ambientais dos bosques de manguezais é prover mecanismos de contenção de sedimento, sendo um importante sorvedouro de material em suspensão. O material em suspensão, que na maioria das vezes tem como fonte a descarga fluvial e material ressuspenso por correntes e ondas, é trapeado pelas árvores de mangue pelo complexo sistema de raízes aéreas, que funcionam como construtores de terreno. Ou seja, o sedimento que está em suspensão no sistema estuarino acaba sofrendo deposição no entorno das raízes dos bosques de mangue, devido a turbulência formada por esta barreira física, formando-se ali um substrato.

Bird & Barson (1977) registraram valores de taxa de sedimentação em áreas de mangues em torno de 1 mm/ano a 8 mm/ano. Porém é importante o destaque feito por Woodroffe (1992), que cita que as florestas de mangue são também resultado da sedimentação de áreas protegidas e, os bosques de mangue na verdade aceleram os processos de sedimentação. Ou seja, bosques de mangues só se estabelecem em ambientes protegidos, que apresentam certa sedimentação e, uma vez estabelecido o bosque, este auxilia e acelera o processo de sedimentação que ocorre na região.

Kathiresan (2003) desenvolveu um estudo então inédito no Estuário Vellar, na Índia, medindo velocidade de correntes, material em suspensão e taxa de deposição de sedimentos ao longo do estuário, em áreas com presença e ausência de bosques de mangue. Este autor encontrou menores velocidades, maior quantidade de sedimento em suspensão e maior taxa de deposição nos locais com a presença de mangues. Este autor notou ainda que bosques do gênero *Avicennia* podem trapear cerca de 25% do sedimento carregado durante a maré alta e, bosques do gênero *Rhizophora*, aproximadamente 20%. O autor atribuiu esta diferença entre as espécies tanto pelas diferenças de abrangência espacial das raízes aéreas, quanto dos locais onde os bosques estão instalados, onde a *Rhizophora* estava localizada em local com correntes mais intensas.

Assim, conforme concluído por Furukawa & Wolanski (1996), além de toda a importância ecológica atribuída aos manguezais, para toda a cadeia trófica marinha, os bosques de manguezais também possuem grande importância com relação ao efeito físico. A remoção de mangues pode aumentar a turbidez da água, o que pode diminuir a produtividade primária. Além disso, como qualquer outra mata ciliar, os bosques de mangue assumem um importante papel na proteção do solo principalmente contra os processos erosivos superficiais. A cobertura vegetal reduz a quantidade de energia que chega ao solo durante uma chuva, subidas de maré e impactos de ondas. O sistema radicular atua mecanicamente penetrando nas camadas do solo, contribuindo para a sua estruturação. Contudo, é importante destacar que este ecossistema embora proteja as encostas contra as ondas, ele também é sensível contra elas. Perillo (1995) cita que os bosques expostos a ação de ondas podem sofrer erosão ao redor das raízes, causando sua exposição e prejudicando o assentamento de sedimentos. Estas ondas também dificultam a fixação dos propágulos no sedimento, o que desfavorece a fixação e renovação do bosque. Este autor cita também estudos que, tanto ondas causadas por tempestades quanto aquelas geradas pelo deslocamento de embarcações, podem ser maléficas para este ambiente.

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 baixamar. De acordo com a **Figura 3.1.2.1.1-12**, cerca de 9,4% da linha de costa do litoral paulista (308,8 km não lineares) é ocupado por planícies de maré, abrigadas e expostas, e terraços de baixamar. 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).

Litoral norte paulista – APAMLN

De acordo com o apresentado por Brito *et al.*, (2014) - **Figura 3.1.2.1.1-12** - a maior parte da linha de costa do litoral norte paulista é composta por costões rochosos (64%), seguido por praias arenosas (20%), manguezais; delta, barra e margem de rios; banhados (11%), estruturas artificiais (3%) e Planícies de maré (2%). A distribuição destas feições em cada um dos municípios que fazem parte desta região é apresentada na **Tabela 3.1.2.1.1-1** e da **Figura 3.1.2.1.1-14** a **Figura 3.1.2.1.1-17**. As principais características observadas são:

- As maiores concentrações relativas de costões rochosos são observadas em Ilhabela (90%), São Sebastião (62%) e Ubatuba (52%);
- O município com maior porcentagem relativa da feição fisiográfica costeira formada por praias arenosas é Caraguatatuba (64%);
- A maior porcentagem relativa de manguezais; delta, barra e margem de rios; banhados, com relação à porcentagem total, é observada no município de Ubatuba (24%).

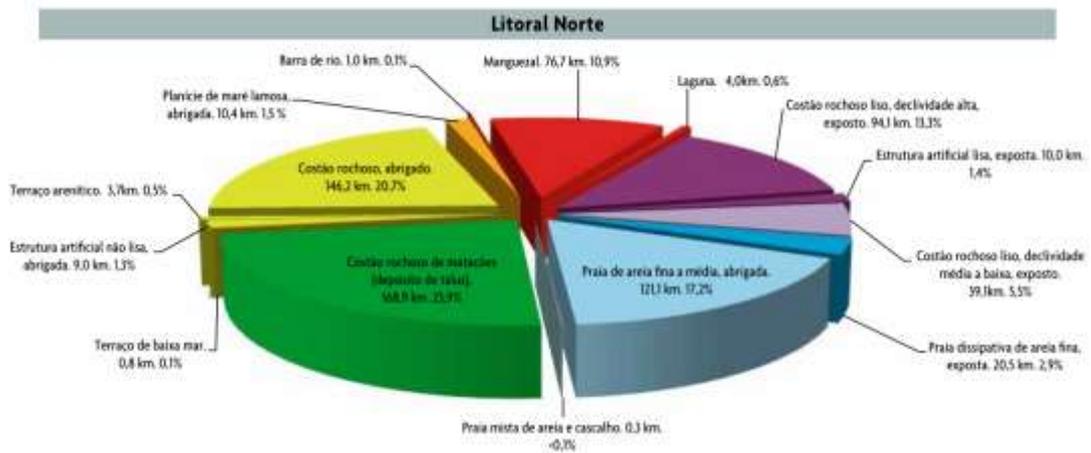


Figura 3.1.2.1.1-13 – Composição da fisiografia da linha de costa no Litoral Norte de São Paulo. Fonte: Brito *et al.* (2014).

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

	Litoral Norte	Ubatuba	Caraguatatuba	Ilhabela	São Sebastião
Praias arenosas	20 %	20 %	64 %	7 %	28 %
Costões rochosos	64 %	52 %	30 %	90 %	62 %
Estruturas artificiais	3 %	2 %	~0 % (mais detalhes na Figura 3.1.2.1.1-15)	3 %	6 %
Manguezais; delta, barra e margem de rios; banhados	11 %	24 %	6 %	~0 % (mais detalhes na Figura 3.1.2.1.1-16)	2 %
Planícies de maré	2 %	2 %	0 %	~0 % (mais detalhes na Figura 3.1.2.1.1-16)	2 %

O Anexo 3.1-5 deste documento mostra a linha de costa detalhada da APAMLN, indicando a presença de tais fisiografias costeiras com os nomes das localidades.

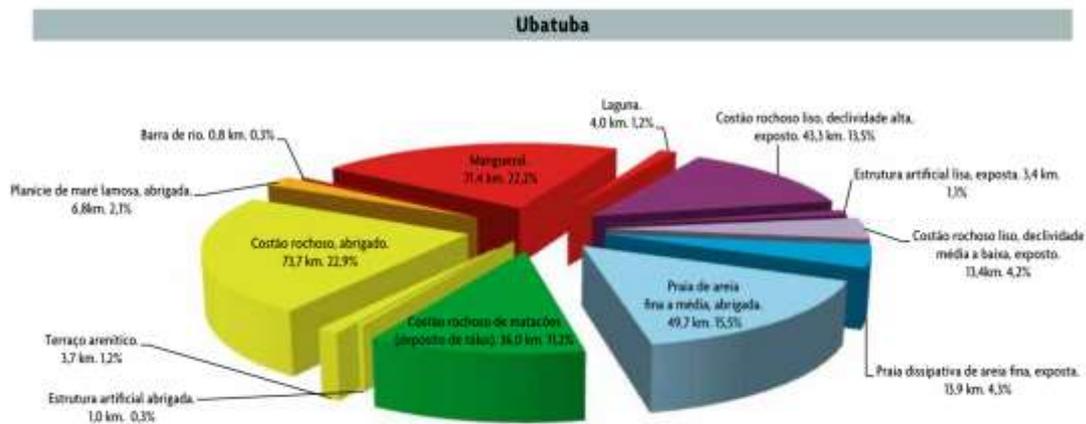


Figura 3.1.2.1.1-14 – Composição da fisiografia da linha de costa do município de Ubatuba.
Fonte: Brito *et al.* (2014).



Figura 3.1.2.1.1-15 – Composição da fisiografia da linha de costa do município de Caraguatatuba.
Fonte: Brito *et al.* (2014).

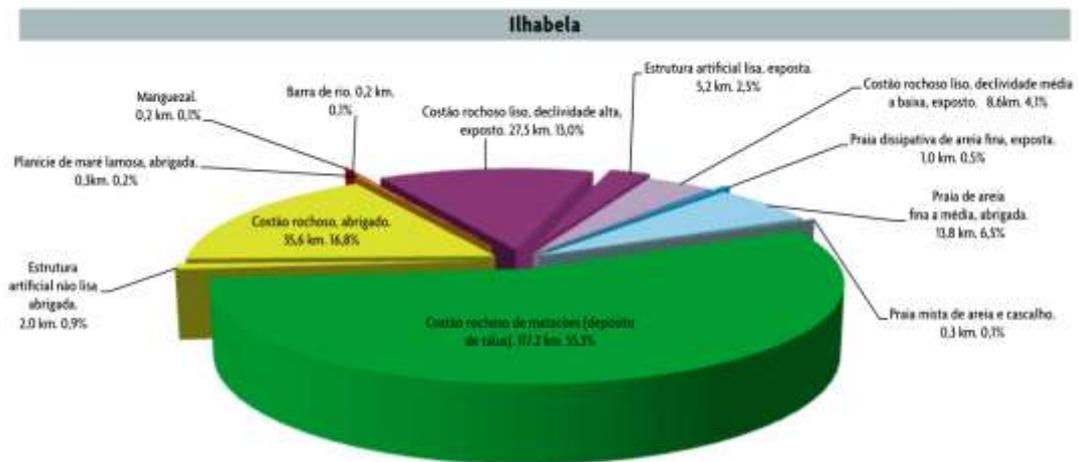


Figura 3.1.2.1.1-16 – Composição da fisiografia da linha de costa do município de Ilhabela. Fonte: Brito *et al.* (2014).

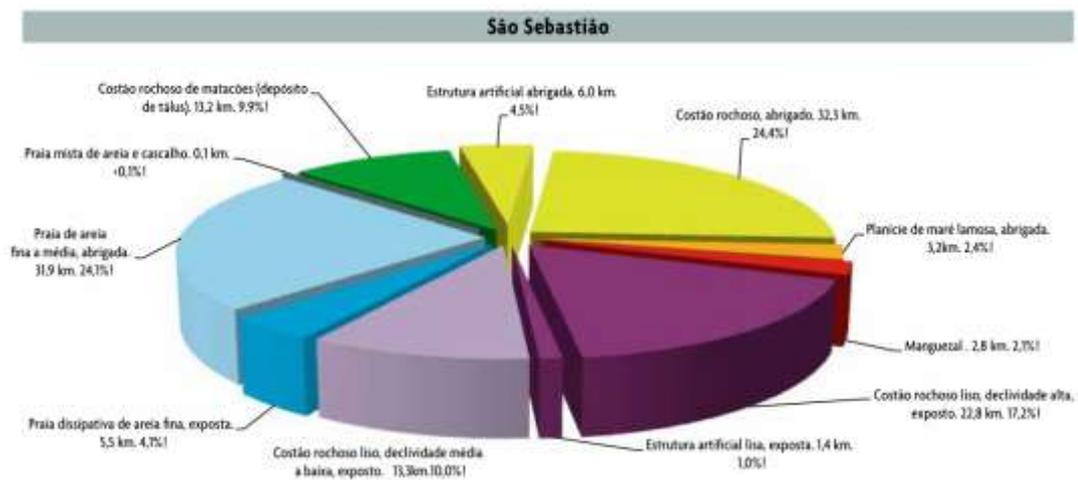


Figura 3.1.2.1.1-17 – Composição da fisiografia da linha de costa do município de São Sebastião. Fonte: Brito *et al.* (2014).

■ Corpos insulares

Litoral Paulista e Litoral norte paulista – APAMLN

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). Sartorello (2010) descreve que em todo o litoral norte de São Paulo estão localizadas 61 ilhas continentais. Entretanto, neste diagnóstico, com o auxílio de Ortofotos de Emplasa - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A, para os anos de 2010 e 2011, imagens de satélite de Digital Globe, disponíveis através de Google Earth Pro, Projeto de Proteção e Limpeza da Costa (PPLC – www.pplc.com.br) e cartas náuticas da Marinha do Brasil (detalhes no item 2. Metodologia), no interior da APAMLN foram identificadas 61 Ilhas ou lajes que se encontram

emersas, sendo 34 no setor Cunhambebe, 13 no setor Maembipe e 14 no setor Ypautiba. Além destes corpos emersos, foram identificados também 22 outros corpos submersos – lajes e parcéis - sendo 20 no setor Cunhambebe, um no setor Maembipe e um no setor Ypautiba. Dessa maneira, aqui neste estudo foram diagnosticados 83 ilhas, lajes e parcéis, emersos e submersos. No **Anexo 3.1-6** são apresentados em mapas as localizações destas ilhas, lajes e parcéis que estão no território da APAMLN.

O **Anexo 3.1-7** apresenta as coordenadas, ecossistemas predominantes, fisionomias e algumas outras informações sobre os 61 corpos emersos identificados, incluindo fotografias. O **Quadro 3.1.2.1.1-1** mostra a localização e profundidade das lajes e parcéis submersos identificados na APAMLN.

Quadro 3.1.2.1.1-1 – Parcéis e lajes submersas identificados na APAMLN. Coordenadas UTM – 23S – Datum Sirgas 2000. Fonte de dados: Cartas Náuticas da Marinha do Brasil – 1634, 1635, 1641,1642, 1643, 1644, 1645.

Identificação	Leste - Oeste (m)	Norte - Sul (m)	Localidade	Profundidade (m)
1	524615	7410684	Parcel do Camburi	10,2
2	514273	7412569	Parcel do Miguel	8,7
3	514519	7409035	Laje do Assovio	4,8
4	513155	7408342	Parcel do Meio	14,0
5	511726	7406764	Parcel Grande da Rapada	16,0
6	510074	7408946	Parcel da Rapada	11,6
7	508851	7416032	Lajinha	1,9
8	494602	7406120	Laje Tapuá	0,6
9	498158	7405903	Laje Patineiros	4,3
10	498286	7405271	Laje João Borges	3,3
11	495120	7398099	Parcelzinho	3,0
12	496017	7396312	Laje Catimbau	2,7
13	497471	7395644	Laje do Forno	5,9
14	483522	7396340	Laje do Cedro	1,2
15	484620	7396263	Laje Perdida	1,6
16	485735	7393808	Parcel de Dentro	10,6
17	486894	7392834	Parcel de Fora	11,7
18	478514	7394991	Laje do Pulso	3,0
19	479150	7394030	Laje Minke	4,1
20	464435	7387980	Laje Massaguaçu	0,3
21	472722	7374645	Laje da Fome	5,1
22	444251	7364258	Parcel do Sakay	8,1

Diversos autores detalharam algumas ilhas do litoral paulista (SMA/SP, 1989, VIEITAS, 1995, SARTORELLO, 2010). Sartorello (2010) realizou o trabalho mais detalhado, e selecionou 8 ilhas no

interior da APAMLN, apoiando-se em dois critérios: ilhas com tamanho, forma e isolamento diferenciados e viabilidade logística para a realização dos trabalhos de campo. As oito ilhas selecionadas por este autor para detalhamento são:

- Ilha do Prumirim, Ilha dos Porcos Pequena, Ilha Comprida e Ilha das Couves – na Enseada de Picinguaba – setor Cunhambebe da APAMLN;
- Ilha do Mar Virado e Ilha Maranduba – Enseada do Mar Virado – setor Cunhambebe da APAMLN;
- Ilha do Tamanduá (setor Cunhambebe da APAMLN) e Ilha da Vitória (setor Maembipe da APAMLN).

Na sequência são apresentadas algumas características físicas destas ilhas destacadas, de acordo com Sartorello (2001):

Ilha do Prumirim

Área total de 30 ha e está a cerca de 600 m da costa. Possui um morrote de 119 m, formado por um pequeno topo de morro de estrutura granitoide e um pequeno esporão na ilha na direção S-SW. Possui praia arenosa e costão rochoso. Apresenta embasamento granito-gnáissico, com costões apresentando pequena esfoliação e relevo declivoso com solos muito rasos. A face Sul da ilha forma uma cela rochosa (SARTORELLO, 2010).

Ilha dos Porcos Pequena

Área total de 23 ha e está a aproximadamente 700 m da costa. Tem 90% da costa constituída por costão rochoso e 10% por praia arenosa. 90% da ilha apresentam cobertura vegetal (SARTORELLO, 2010).

Ilha Comprida

Tem uma área de 33 ha e está a aproximadamente 700 m da costa; tem 90% de formação rochosa em sua costa e 10% de formação arenosa (SARTORELLO, 2010).

Ilha das Couves

Tem uma área de 58 ha e está a aproximadamente 2.300 m da costa; tem 80% de formação rochosa em sua costa e 20% de formação arenosa (SARTORELLO, 2010).

Ilha do Mar Virado

Tem área de 119 ha fica a cerca de 2.000 m da costa. Não possui praia, apenas costão rochoso. Apresenta na face mais abrigada duas pequenas ilhotas cobertas por uma mata baixa e bem aberta. A litologia da ilha é composta por gnaisses porfíblásticos. Há solo muito raso sobre terreno pedregoso com seixos de sílica com tamanho aproximado de 0,5 a 1,0 cm. Há um sítio arqueológico (Sambaqui) com idade estimada de 1000 anos (SARTORELLO, 2010).

Ilha Maranduba

Tem área de 6 ha e fica 350 m distante da costa. Apresenta praia arenosa e costão rochoso. A ilha é um pequeno topo de morro no meio de uma planície arenosa da praia da Maranduba e apresenta uma fisionomia de antigo morro isolado da Serra do Mar. 80% da costa da ilha são do tipo rochoso e 20% formados por praias arenosas (SARTORELLO, 2010).

Ilha do Tamanduá

Tem cerca de 111 ha e fica a 540 m da costa. Em sua tipologia costeira se verifica praia arenosa e costão rochoso, sendo 80% de sua costa formada por rochas e 20% por praias arenosas (SARTORELLO, 2010).

Ilha da Vitória

Tem cerca de 191 há e está a mais de 30 km da costa, possui forma irregular alongada direcionada NW-SE, dividida em duas porções por um istmo de 200 m de largura. Juntamente as ilhotas dos Pescadores e das Cabras, compõe Complexo Vitória, pertence ao Parque Estadual da Ilhabela. O maciço alcalino do Complexo Vitória é constituído por um corpo sienítico principal, de forma circular e com diâmetro aproximado de 3 km. Todo o entorno é formado por costões de matacões (SARTORELLO, 2010).

Conforme destacado anteriormente, o **Anexo 3.1-7** apresenta características para todos os corpos emersos diagnosticados para a APAMLN.

■ Progradação e erosão praial e costeira

Diante da relevância do tema, associado às mudanças climáticas, para a gestão da APAMLN, 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 que detalham as fragilidades geotécnicas e áreas de risco do presente Diagnóstico do meio físico.

Previamente a descrição das áreas de progradação e erosão costeira, faz-se necessária a apresentação de alguns conceitos importantes. Na sequência são apresentadas as classificações morfodinâmicas das praias do litoral paulista, bem como os principais estudos que apontam áreas de progradação ou erosão ao longo deste litoral e principais conclusões encontradas. Após, para a área do litoral norte paulista – APAMLN, são descritas as principais características para estes processos ao longo deste litoral e os locais diagnosticados com problemas relacionados a progradação e erosão praial e costeira.

Definições

Short (1979, 1999) e Wright *et al.* (1979) estabeleceram uma classificação morfodinâmica para as praias da Austrália, sugerindo seis estágios (**Figura 3.1.2.1.1-18**): dissipativo, reflexivo (ou refletivo) e quatro estágios intermediários (banco e cava longitudinais, banco e praia rítmicos, banco transversal e corrente de retorno, crista e canal/terraço de maré baixa).

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

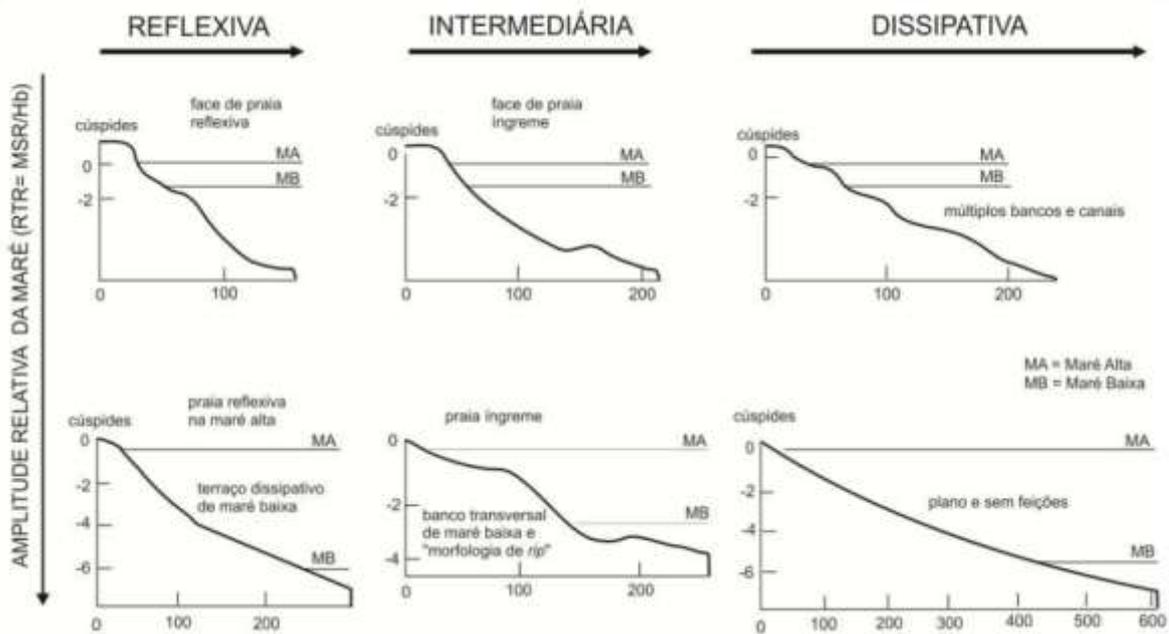


Figura 3.1.2.1.1-18 – Classificação dos estados morfodinâmicos de praias definidos por Short (1999).

Fonte: SOUZA *et al.* (2005).

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

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

Dentre estas correntes costeiras, a componente paralela à praia - corrente de deriva litorânea - é a mais importante. Ela é o principal agente de movimentação, retrabalhamento e distribuição dos sedimentos ao longo da costa, com resultante no sentido no qual a maioria dos sedimentos se move durante um longo período de tempo, independente de variações eventuais. A deriva litorânea é produto de duas componentes vetoriais, a deriva costeira, que atua na zona de surfe e tem sentido paralelo à praia, e à deriva praiar, que atua na faixa entre marés e face da praia (TAGGART e SCHWARTZ, 1988; KOMAR, 1991).

Cada setor de costa com um determinado sentido de deriva litorânea resultante forma uma “célula de circulação costeira” (NODA, 1971; JACOBSEN e SCHAWARTZ, 1981; TAGGART e SCHWARTZ, 1988). Cada célula consiste de três zonas: (a) zona de erosão, onde se origina a corrente (barlamar) e há maior energia de ondas; (b) zona de transporte, através da qual os sedimentos são transferidos ao longo da costa; e (c) zona de deposição ou acumulação, onde a corrente termina (sotamar), havendo diminuição de energia das ondas. Uma célula de circulação costeira varia desde poucas dezenas de metros até quilômetros de distância (TAGGART e SCHWARTZ, 1988).

A deriva litorânea resultante corresponde à somatória das células obtidas em cada arco ou segmento praiar. Quando duas células estão presentes, lado a lado, duas situações podem ocorrer: (i) convergência de correntes (zona de sotamar de duas células), onde haverá intensa acumulação de sedimentos; (ii) divergência de correntes (zona de barlamar de duas células), onde o processo erosivo será acentuado. Quando duas células de deriva litorânea se encontram ou a terminação da célula se dá na extremidade da praia, há a geração de outra componente, transversal à linha de costa, a corrente de retorno. Esta é responsável pelo transporte de sedimentos para fora da praia e também é uma das principais causas de afogamentos nas praias (SOUZA, 2012).

Ou seja, a composição destas correntes costeiras varia de acordo com a incidência de ondas na praia e sua geomorfologia (condicionantes geológicos-geomorfológicos, meteorológicos/climáticos, oceanográficos). Além disso, SOUZA (1997, 2009) também cita que processos hidrológicos (descarga de rios) e intervenções antrópicas podem alterar estas correntes costeiras que transportam os sedimentos.

Estas correntes geram zonas de erosão, deposição e transporte que ocorrem em uma praia e o resultado do conjunto destes processos 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. 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 praiar (SOUZA, 2012).

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 e, assim, o fenômeno passa a ser denominado de erosão praiar, quando se refere somente às praias, ou erosão costeira, quando atinge também promontórios, costões rochosos e falésias. (SOUZA *et al.*, 2005)

Litoral paulista

Conforme descrito no item de *Configuração da linha de costa e características do fundo marinho*, a fisiografia costeira paulista apresenta comportamento bastante distinto entre os setores sul e norte, sendo que no Litoral Sul a Serrania Costeira (Serra de Paranapiacaba) se encontra até muitas dezenas de quilômetros afastada da linha de costa, tornando as praias longas e abertas para o oceano. Já em direção à Baixada Santista até o Litoral Norte, a Serra do Mar vai paulatinamente se aproximando da linha de costa e assumindo amplitudes topográficas maiores, sendo formadas planícies costeiras cada vez mais restritas, linha de costa mais recortada, formando enseadas e baías, e as praias menores e mais abrigadas, assumindo tipos como praias de enseada (*headland-bay beaches*) e praias de bolso (*pocket beaches*) (SOUZA, 2012). Assim, esta distribuição de norte para o sul no litoral paulista afeta a classificação morfodinâmica das praias.

Souza (2012) realizou um grande levantamento bibliográfico e concluiu que o litoral paulista apresenta todos os estados morfodinâmicos de praias. Analisando 90 arcos praias, esta autora observou que predominam as praias dissipativas de baixa energia com tendências intermediárias, seguidas pelas praias intermediárias com tendências reflexivas de alta energia, mistas, dissipativas de baixa energia e reflexivas de baixa energia. Analisando de sul para o norte os arcos praias do litoral paulista, de acordo com a análise feita por Souza (2012), as principais características são:

- Praias dos municípios de Cananéia, Ilha Comprida, Iguape, Peruíbe, Itanhaém, Mongaguá e Praia Grande: dissipativas de alta energia e de orientação NE-SW, portanto abertas para os sistemas de ondas de maior energia provenientes de S-SSE. A autora destaca que no limite entre os municípios de Iguape e Peruíbe está encaixado em uma irregularidade da linha de costa formada pela presença do Maciço da Juréia-Itatins, são observadas praias do tipo embaçadas ou de enseada, de morfodinâmica intermediária, ora com tendências dissipativas de alta energia (Praia do Una) e de baixa energia (praias do Guarauá-Guarauzinho e do Arpoador), ora com tendências reflexivas (praias do Itacolomi e do Rio Verde);
- Altura dos municípios de São Vicente, Santos e Guarujá: a linha de costa muda radicalmente de direção, formando um grande embaçamento costeiro de orientação N-S representado pelas baías de Santos e de São Vicente, onde as planícies costeiras são estreitas e as praias seguem orientações gerais EW e possuem morfodinâmica predominante dissipativa de baixa energia. No Guarujá, a maior parte das praias tem orientação NE-SW e apresenta estados intermediários com tendências dissipativas, onde praias de bolso, com tendências reflexivas também estão presentes (praias do Tombo, de São Pedro e do Góes – esta última mista entre os estados reflexivo e dissipativo de baixa energia);
- Litoral dos municípios de Bertioga e de São Sebastião até a entrada do Canal de São Sebastião: caracterizado pela presença de uma planície costeira estreita, porém praticamente contínua, que vai ficando cada vez menor em direção ao canal. A linha de costa é interrompida por morros isolados do embasamento e orientada segundo a direção geral ENE-WSE. Em Bertioga as praias são geralmente do tipo praia de enseada, de morfodinâmica dissipativa com tendências intermediárias, mas se tornam mais reflexivas e de alta energia em São Sebastião;

- Praias no Canal de São Sebastião: A presença da Ilha de São Sebastião e do Canal de São Sebastião (municípios de São Sebastião e Ilhabela) resultou na formação de praias de muito baixa hidrodinâmica de ondas. As planícies costeiras são quase inexistentes e a plataforma continental é estreita e inclinada, formando perfis praias com comportamento morfodinâmico singular - pós-praia e estirâncio com feições de praia reflexiva de baixa energia, e face litorânea com características de praias dissipativas de baixa. Assim, o estado morfodinâmico dominante das praias é classificado como “misto”, porém não se encaixa nos modelos morfodinâmicos clássicos, devido ao fato dessas praias de enseada, praticamente sem planície costeira, serem semi-controladas geologicamente pelo embasamento ígneo-metamórfico circundante.
- Praias do extremo norte de Caraguatatuba, Caraguatatuba e Ubatuba: linha de costa é caracterizada pela presença de reentrâncias bem marcadas, formando grandes enseadas e pequenas baías. Com exceção da planície costeira de Caraguatatuba, as demais são pouco desenvolvidas e encaixadas em pequenos anfiteatros, gerando assim praias de enseada e de bolso, pequenas e de vários tipos morfodinâmicos, sendo mais comuns as praias dissipativas e reflexivas de baixa energia (praias ao fundo de baías) e as praias intermediárias com tendências dissipativas e reflexivas de alta energia (praias abertas para SE). Praias dissipativas de baixa energia também estão presentes (praias de orientação NW-SE). Outra característica deste setor é a presença de praias cujo estado morfodinâmico varia no mesmo arco praias (praias de orientação N-S e NE-SW), a exemplo das praias de Caraguatatuba, Massaguaçu, Itamambuca e Vermelha do Norte. Na Praia de Caraguatatuba, por exemplo, o estado morfodinâmico varia de dissipativo de baixa energia ao norte, para reflexivo de baixa energia na porção central, até ultradissipativo ao sul.

Desta maneira Souza (2012) destaca que, em síntese, nas porções sul e centro-sul do litoral paulista predominam as praias dissipativas. Rumo ao norte, as praias vão se tornando intermediárias a dissipativas e intermediárias a reflexivas até a entrada do Canal de São Sebastião, onde as praias não têm estado morfodinâmico definido segundo os modelos clássicos. A costa norte do Estado é dominada por enseadas e baías, com praias cujos estados morfodinâmicos variam entre as praias e até dentro do mesmo arco praias, predominando os intermediários a dissipativos e os reflexivos a intermediários (SOUZA, 2012). Ou sejam em termos gerais, de sul para norte do litoral paulista aumenta a refletividade das praias, enquanto a dissipatividade diminui. Isso é consequência da variabilidade da fisiografia costeira, que implica na mudança de forma e direção da linha de costa, bem como na sua orientação em relação ao ataque das ondas mais energéticas ligadas aos sistemas frontais e ciclones extratropicais (SSW-S-SSE).

Neste longo trabalho de caracterização da morfodinâmica das praias do litoral paulista, Souza (2012), a partir da classificação de risco que relaciona 11 indicadores de erosão (propostos por Souza, 1997; Souza e Suguio, 1996) e a sua distribuição espacial, concluiu que:

- Cerca de 33% das praias paulistas estão em risco Muito Alto (MA) de erosão, 19% em risco Alto (A), 29% em risco Médio (M), 17% em risco Baixo (B) e apenas 2% estão sob risco Muito Baixo (MB);
- No Litoral Norte: MA = 22,5%; A = 24%; M = 28%; B = 22,5%; MB = 3%
- Na Baixada Santista: MA = 52%; A = 13%; M = 22%; B = 13%; MB = 0%

- Litoral Sul: MA = 50%; A = 12,5%; M = 25%; B = 12,5%; MB = 0%.

Já Tessler *et al.* (2006) realizaram um estudo de erosão e progradação do litoral paulista, compreendendo toda a região entre a Ilha do Cardoso (sul) e Picinguaba (norte). Os autores detectaram ao longo de todo o litoral paulista 19 pontos localizados de instabilidade no processo sedimentar, destacando que, em geral, estes desequilíbrios estão ligados ou a obstáculos naturais que barram à deriva costeira de sedimentos ou então (mais comumente) a obras realizadas ou nas praias ou nos rios maiores que deságuam nas mesmas.

Litoral norte paulista – APAMLN

Tessler *et al.* (2006) descreveu as principais características do litoral paulista que regem os processos erosivos deposicionais ao longo desta costa. Aqui, apresentamos as descrições resumidas deste estudo para o trecho correspondente à APAMLN.

As praias localizadas entre Bertioiga e Barra do Una (São Sebastião) possuem características dissipativas a intermediárias, com areias finas e micáceas (com a presença do mineral mica). De um modo geral podem ser consideradas estáveis em relação a processos erosivos ou acrescionais, exceto em pontos específicos próximos de molhes e marinas. Nesta região ocorre uma rápida sobreposição dos processos erosivos e construtivos, sem domínio de um em relação ao outro, exceto em períodos onde haja um pequeno intervalo entre as passagens de sistemas frontais ou quando ocorrem simultaneamente eventos de maré de sizígia e passagem de sistema frontal. O trecho entre Juquehy e Toque-Toque apresenta praias de pequenas dimensões com estados morfodinâmicos distintos.

No trecho entre as Praias de Toque-Toque (São Sebastião) e Tabatinga (Caraguatatuba), região dominada pela Ilha e o Canal de São Sebastião, a bacia de drenagem principal é a do rio Juqueriquerê, que banha uma área de 382 km². O grande diferencial meteorológico deste compartimento é a existência de um bolsão menos chuvoso no eixo Serra do Juqueriquerê - Ilha de São Sebastião – Enseada de Caraguatatuba, que é explicado pela posição a sotavento das serras que a circundam. Este bolsão possui média pluviométrica anual bem mais reduzida, em torno de 1700 mm. O Diagnóstico Meteorológico deste documento indicou valores de 2025 mm na porção sul do município de Ubatuba. Neste trecho, os locais que estão dentro do território da APAMLN é o trecho entre a Praia de Toque-Toque e Grande (São Sebastião) – setor Ypautiba, as praias expostas ao oceano, existentes na ilha de São Sebastião que estão dentro do setor Maembipe da APAMLN, a porção sul da Enseada de Caraguatatuba e o arco praias de Massaguaçu. O trecho entre a Praia de Toque-Toque e Grande de um modo geral pode ser considerado estável em relação a processos erosivos ou acrescionais. As praias expostas ao oceano na Ilha de São Sebastião são inclinadas, pequenas (a maior possui aproximadamente 2 km de extensão – Praia de Castelhanos), com muita proximidade de serras e ilhotas. Já a porção mais a sul da planície costeira de Caraguatatuba, é caracterizada pelo resguardo da ação de ondas, imposto pela presença da ilha de São Sebastião, que propiciou a formação de uma planície de maré. Ao norte desta planície de maré, junto à foz do rio Juqueriquerê, a praia pode ser descrita como plana, extensa, com características morfodinâmicas intermediárias, areia muito fina e escura e vegetação de mangue. Este trecho mais próximo da desembocadura do rio apresenta um processo contínuo de erosão. Já na Praia de Massaguaçu, ao sul, um segmento fluvial tem sua foz fechada por sedimentos arenosos grossos a muito grossos, depositados pela intensa ação das ondas. A feição barreira é elevada, com alta declividade tanto para a face marinha como para a face do lago que se forma a retaguarda, sendo continuamente atacada por sistemas de ondas com mais de 2 m, que

após refração na área marinha próxima, incidem diretamente sobre a feição arenosa barreira. A porção praial localizada mais a NE do arco praial, especialmente a que se localiza entre uma foz fluvial e o paredão rochoso que separa a enseada de Massaguaçu do segmento costeiro seguinte, apresenta uma baixa declividade, embate de sistemas de ondas incidentes bastante amortecidos e períodos de acreção sedimentar significativos no perfil praial.

Rumando para o norte, iniciando em Tabatinga (Caraguatatuba), as praias apresentam-se em forma de bolso, localizadas em baías e enseadas, com características morfodinâmicas variadas, com numerosas ilhas. A área costeira deste compartimento é bastante comprimida pelas vertentes da Serra do Mar e esporões que avançam e adentram ao mar. As drenagens não são significativas neste trecho do litoral paulista. A plataforma continental interna é mais inclinada que nos demais compartimentos, conforme apresentado no item *Configuração da linha de costa e características do fundo marinho*. Em termos meteorológicos, este compartimento diferencia-se do trecho entre as Praias de Toque-Toque (São Sebastião) e Tabatinga (Caraguatatuba) pela sua alta média pluviométrica anual, que oscila entre 2.000 e 2.500 mm. As vertentes da Serra do Mar, pelo efeito orográfico e ao fato de se posicionarem em direção conflitante com as correntes atmosféricas de sul e sudeste, recebem nítido aumento de pluviosidade, superiores a 3.000 mm. Devido à geometria desta linha de costa, as praias são menos sujeitas à ação de deriva litorânea sendo a remobilização dos sedimentos feita por dinâmica *onshore-offshore* e correntes locais.

Concluindo a descrição dos fatores que regem os processos erosivos deposicionais ao longo da costa da APAMLN, conforme destacado anteriormente, estes são resultantes principalmente das correntes de deriva litorânea. De um modo geral, estas correntes litorâneas no litoral norte de São Paulo fluem para NE com retroflexões pontuais (SOUZA, 1997). A **Figura 3.1.2.1.1-19** mostra o mapa com o padrão geral das correntes de deriva litorânea nos setores da APAMLN.

Souza (2012) 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, cujo **Quadro 3.1.2.1.1-1** mostra a classificação obtida pela autora para as praias que estão localizadas no interior da APAMLN. Os valores variam de muito baixo a muito alto. As praias ao norte da Ilha de São Sebastião apresentam maior risco se comparadas às praias ao sul da ilha.

Quadro 3.1.2.1.1-2 – Risco de erosão costeira para as praias localizadas no interior da APAMLN. Fonte: Souza (2012)

Praia	Município	Risco à erosão Costeira
Fazenda - Bicas	Ubatuba	Alto
Almada	Ubatuba	Médio
Brava da Almada	Ubatuba	Baixo
Ubatumirim	Ubatuba	Muito Alto
Puruba	Ubatuba	Médio
Prumirim	Ubatuba	Médio
Félix	Ubatuba	Alto
Itamambuca	Ubatuba	Alto
Vermelha do Norte	Ubatuba	Médio

Praia	Município	Risco à erosão Costeira
Barra Seca	Ubatuba	Muito Alto
Perequê-Açu	Ubatuba	Alto
Iperoig	Ubatuba	Alto
Itaguá	Ubatuba	Muito Alto
Vermelha do Sul	Ubatuba	Baixo
Tenório	Ubatuba	Alto
Praia Grande	Ubatuba	Muito Alto
Toninhas	Ubatuba	Alto
Enseada	Ubatuba	Baixo
Lázaro	Ubatuba	Médio
Domingas Dias	Ubatuba	Baixo
Dura	Ubatuba	Médio
Vermelha da Fortaleza	Ubatuba	Baixo
Fortaleza	Ubatuba	Muito Alto
Lagoinha	Ubatuba	Alto
Sapê	Ubatuba	Médio
Maranduba	Ubatuba	Muito Alto
Caçandoca	Caraguatatuba	Baixo
Tabatinga	Caraguatatuba	Muito Alto
Mocooca	Caraguatatuba	Médio
Massaguaçu	Caraguatatuba	Muito Alto
Martim de Sá	Caraguatatuba	Médio
Caraguatatuba	Caraguatatuba	Muito Alto
Enseada	São Sebastião	Muito Alto
Cigarras	São Sebastião	Baixo
Curral	Ilhabela	Alto
Praia Grande	Ilhabela	Baixo
Perequê	Ilhabela	Muito Alto
Barreiros	Ilhabela	Médio
Armação	Ilhabela	Baixo
São Francisco	São Sebastião	Muito Alto
Pontal da Cruz	São Sebastião	Muito Alto
Cidade	São Sebastião	Alto
Conchas	São Sebastião	Alto
Balneário	São Sebastião	Alto
Barequeçaba	São Sebastião	Alto

Praia	Município	Risco à erosão Costeira
Guaecá	São Sebastião	Médio
Toque Toque Pequeno	São Sebastião	Muito Baixo
Santiago	São Sebastião	Muito Baixo
Maresias	São Sebastião	Médio
Boiçucanga	São Sebastião	Médio
Camburizinho	São Sebastião	Baixo
Cambury	São Sebastião	Baixo
Baleia	São Sebastião	Médio
Sahy	São Sebastião	Médio
Juquehy	São Sebastião	Médio
Uma	São Sebastião	Alto
Juréia	São Sebastião	Baixo
Boracéia	São Sebastião	Baixo

Além de potenciais riscos à erosão costeira, ao longo da costa da APAMLN foram diagnosticados arcos praias e outros pontos isolados que já estão em processo de erosão ou progradação praias ou costeira. Na sequência deste documento, são apresentados tais locais diagnosticados.

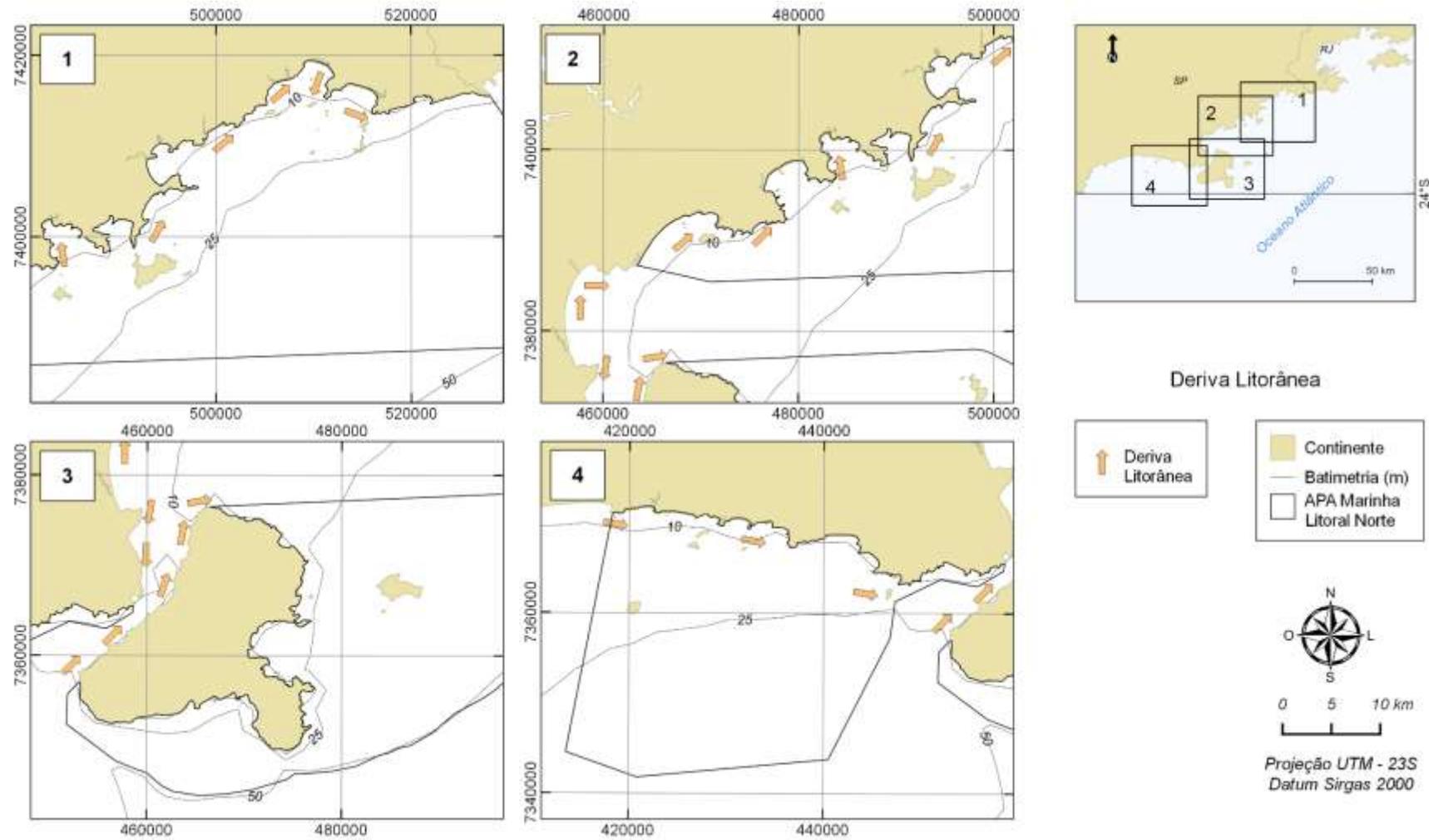


Figura 3.1.2.1.1-19 – Mapa com a direção preferencial das correntes de deriva litorânea na região da APAMLN. Fonte de dados: Souza (1997).

Arcos praiais com processos erosivos e/ou deposicionais

O arco praial é um dos ambientes costeiros mais sensíveis aos processos de erosão e progradação (SOUZA, 2012). Nesse tópico são apresentadas as regiões identificadas no litoral norte paulista, na área da APAMLN, onde ocorrem processos erosionais ou deposicionais significativos:

- Praias Massaguaçu e Tabatinga, em Caraguatatuba.
- Praias Ubatimirim, Barra Seca, Grande e Maranduba, em Ubatuba;

Praia de Massaguaçu – Caraguatatuba

Os estudos de Tessler *et al.* (2006) e Souza e Luna (2010) apontaram a Praia de Massaguaçu em Caraguatatuba como um ponto vulnerável a erosão. A praia é caracterizada de maneira geral como uma praia de tombo, de elevado grau de declividade da face praial e margeada por uma plataforma de baixa declividade em sua área marinha contígua (TESSLER *et al.*, 2006).

Segundo Tessler *et al.* (2006), ao longo dos últimos anos, a praia perdeu mais de 30 m da faixa arenosa, chegando a atingir as bases do acostamento da rodovia BR-101. Segundo estes autores as causas da amplificação deste processo erosivo ainda não puderam ser determinadas, não sendo inclusive descartadas as possibilidades de serem devidas a fenômenos naturais, ou mesmo de indução por atividade humana, seja por retirada significativa de areia da região praial ou pela construção de obras de saneamento e/ou escoamento pluvial que incidiram diretamente sob o prisma praial.

Segundo Souza e Luna (2010), as variações nas áreas e volumes do arco praial de Massaguaçu demonstram perdas graduais e significativas - **Figura 3.1.2.1.1-20**. No período de 1962-1977, a Praia de Massaguaçu teve sua área reduzida em cerca de (-)13% - **Figura 3.1.2.1.1-21** – enquanto que no período de 1977-2001, a redução em área foi de 19,2%. Comparando 1962 e 2001, a taxa de redução de área em Massaguaçu foi de quase 30%. Consequentemente, após quatro décadas de erosão gradual, o balanço sedimentar na Praia de Massaguaçu resultou na perda total de volume de areia da ordem de -487.901,30 m³. As autoras defendem que a erosão observada na Praia de Massaguaçu, com evidências mais acentuadas no setor centro-sul da praia, como a destruição progressiva da rodovia BR-101, deva sua origem a processos essencialmente naturais e de escala decadal, relacionados à dinâmica de circulação costeira, aos efeitos das mudanças climáticas e até à elevação do nível do mar no último século. Ressaltam também que intervenções antrópicas mais recentes, entre 2000 e até a metade dessa década, como a colocação de blocos e anteparos de pedra naquele local, somente têm contribuído para o aumento do processo erosivo e sua ampliação para áreas vizinhas da praia. Desde 2008, com parte dos blocos já soterrados e a outra parte removida, têm sido empilhados, no local, dezenas de sacos de propileno preenchidos com areia (da própria praia), como mais uma tentativa ineficaz para impedir a continuidade do processo erosivo. As autoras recomendam a realocação do eixo de rolagem da estrada mais para o interior da planície costeira, bem como a manutenção de uma larga faixa de proteção entre a praia e a nova pista, que deverá ser recuperada e recomposta com vegetação nativa.

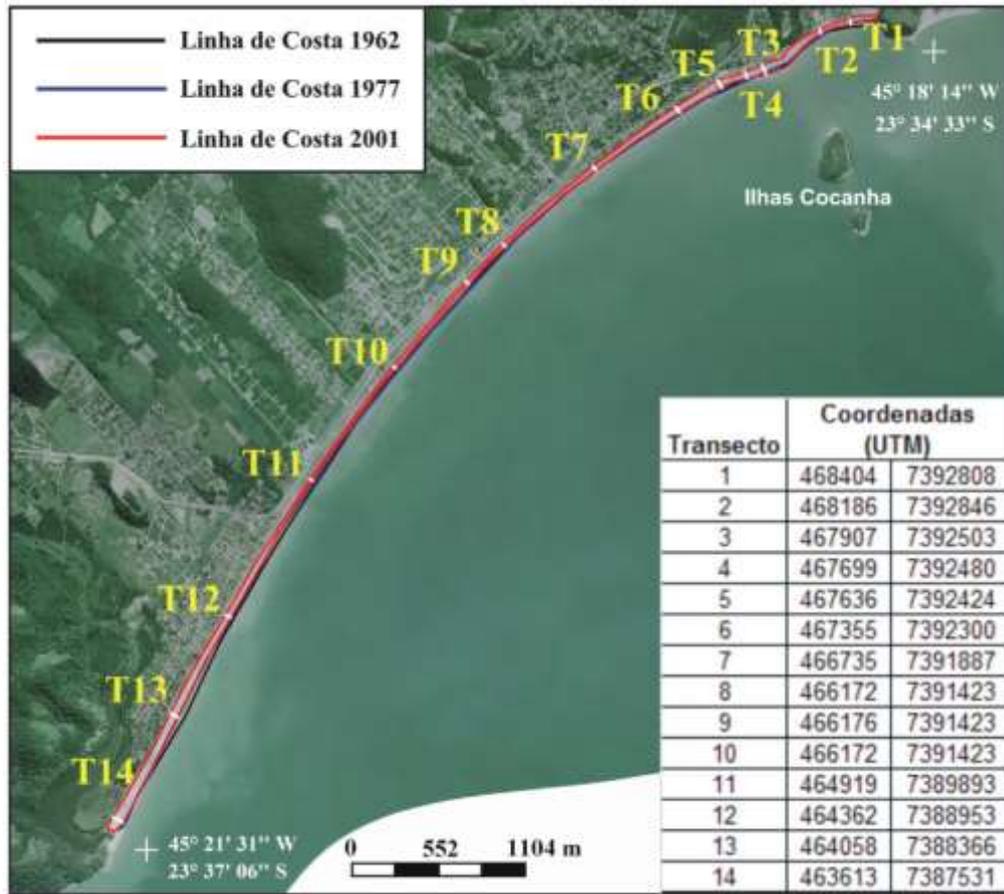


Figura 3.1.2.1.1-20 - Variação da linha de costa (polígono praias) na Praia de Massaguaçu para os anos de 1962, 1977 e 2001. Fonte: Souza e Luna (2010).

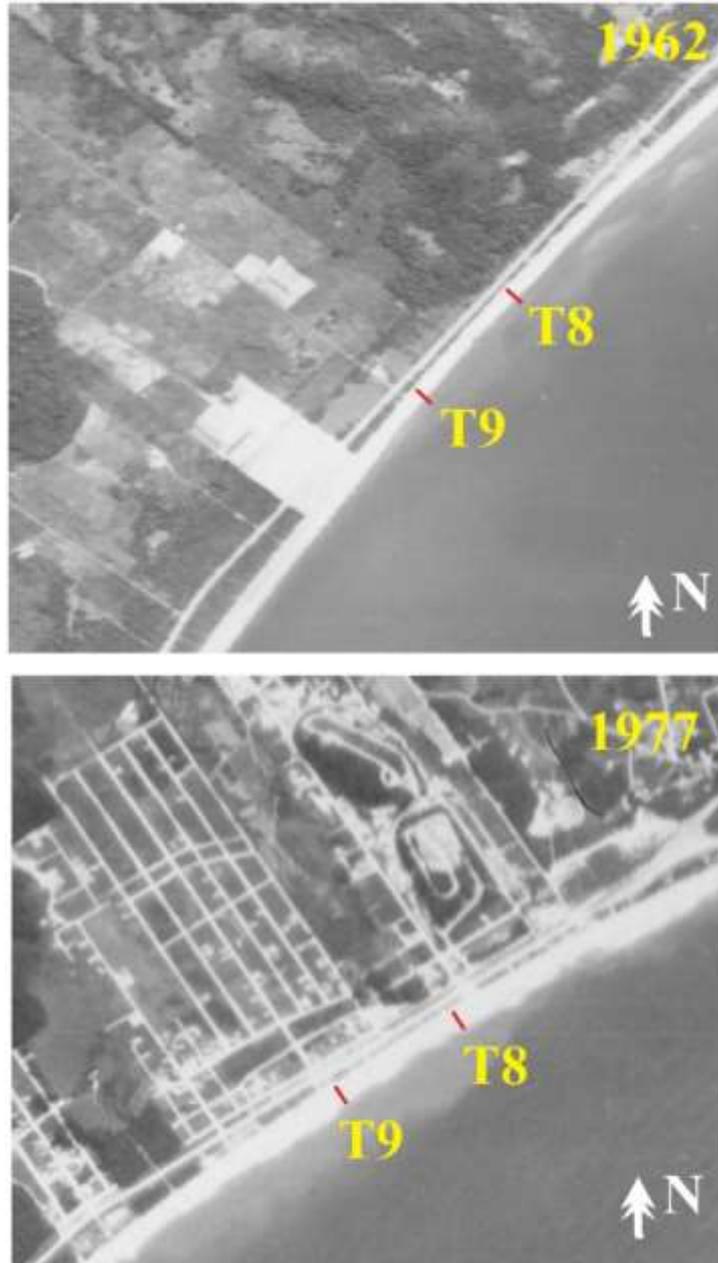


Figura 3.1.2.1.1-21 - Detalhes das fotografias aéreas de 1962 e 1977, mostrando a faixa de vegetação preservada entre a praia e as vias de acesso, para a praia de Massaguaçu. Detalhe entre os transectos T8 e T9 mostrados na figura anterior. Fonte: Souza e Luna (2010).

Praia de Tabatinga – Caraguatatuba

O estudo de Souza e Luna (2010) também apontaram a Praia de Tabatinga como uma região vulnerável à erosão, mas em escala inferior ao processo observado na praia de Massaguaçu - **Figura 3.1.2.1.1-22**. No período de 1962-1977 (**Figura 3.1.2.1.1-23**), a Praia de Tabatinga teve sua área reduzida em cerca de (-)8,23%, enquanto no período de 1977-2001, houve um aumento na área de 8,28%. Comparando 1962 e 2001, Tabatinga sofreu um acréscimo de 0,05%. Assim, o

balanço sedimentar na Praia de Tabatinga é praticamente nulo, uma vez que a variação encontrada é muito próxima dos erros do método.

Segundo as autoras, a Praia de Tabatinga observa processos de curto, médio e longo período de tempo, predominando processos de origem natural. A exumação de depósitos marinhos provavelmente pleistocênicos na pós-praia e no estirâncio, no setor centro-oeste da praia, é evidência incontestável de um processo erosivo antigo, muito além do período amostral deste estudo, relativamente permanente e que levou a um balanço sedimentar negativo. Esse processo deve estar relacionado à elevação do nível do mar no último século, trazendo a migração vertical do perfil praiado rumo ao continente. Assim, na Praia de Tabatinga, a erosão observada atualmente no setor SE poderia ser mitigada com a remoção das construções que estão sobre a praia, pois as mesmas aceleram o processo. No setor central da praia a realocação das estruturas urbanas e mesmo a alimentação ou engordamento artificial são soluções plausíveis para a mitigação e a contenção da erosão. Além disso, seria importante a criação de uma zona de proteção livre de edificações em toda a praia, incluindo a recuperação das características originais da orla.

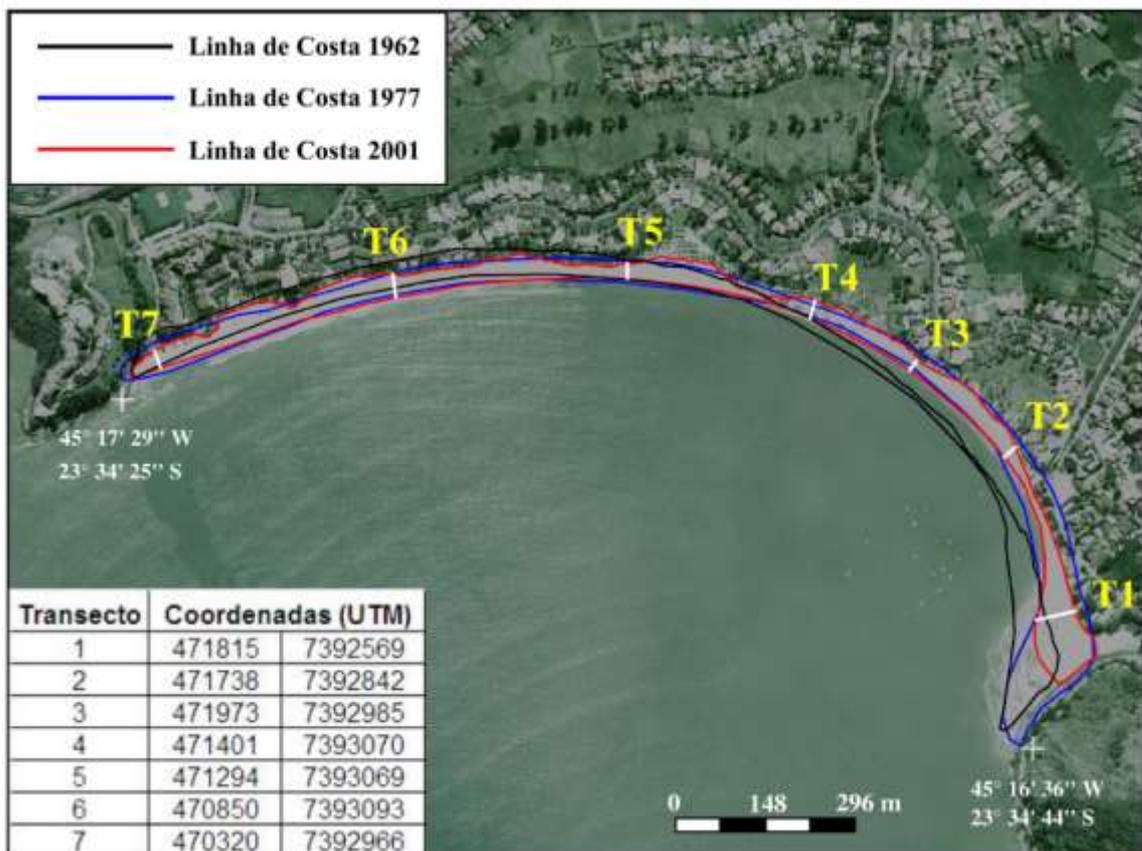


Figura 3.1.2.1.1-22 - Variação da linha de costa (polígono praiado) na Praia de Tabatinga para os anos de 1962, 1977 e 2001. Fonte: Souza e Luna (2010).

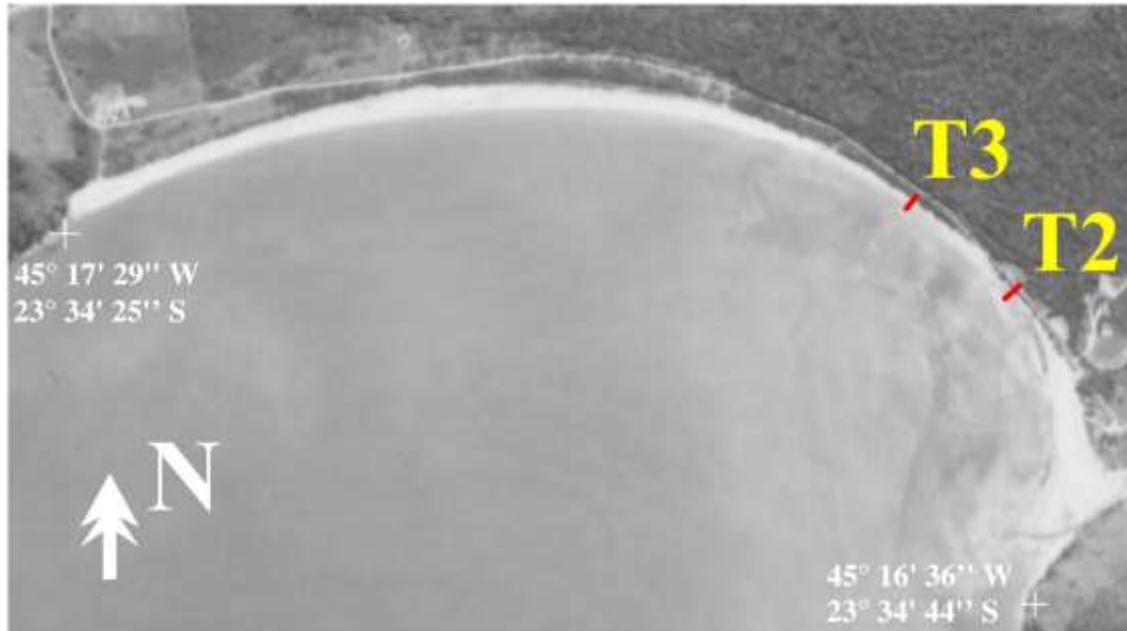


Figura 3.1.2.1.1-23 - Praia de Tabatinga em 1962, onde é possível observar processos erosivos intensos anteriores à urbanização. Fonte: Souza e Luna (2010).

Praia da Maranduba – Ubatuba

Segundo Souza e Luna (2009), a Praia de Maranduba sempre apresentou larguras pequenas, da ordem de poucas dezenas de metros e, em 1962 as larguras variavam entre 13,05 m e 39,35 m. Em 1973 a maioria dos valores aumentou de alguns metros, oscilando entre 15,38 m e 34,22 m. Já em 2001 houve forte redução nas larguras, que passaram a variar de apenas 4,1 m a 17,8 m (**Figura 3.1.2.1.1-24**). Souza e Luna (2009) destacam que embora haja uma franca tendência erosiva quando se comparam os dados de 1962 e de 2001, nesta praia parece ter um ligeiro aumento na largura geral da praia no ano de 1973, exceto para porção norte, onde ocorreu erosão gradual ao longo dos 39 anos. As autoras citam que em 2001, quando a área central sofreu erosão acelerada, possivelmente ocorreu uma intensa ocupação da linha de costa nesse trecho da praia, com a construção de casas e equipamentos urbanos sobre a pós-praia. Assim, as autoras concluem que a erosão recente observada nessa praia pode estar associada a construção da rodovia BR-101 muito próxima da praia e a implantação de equipamentos urbanos públicos (avenida beira-mar, calçada, estacionamento) e privados (quiosques de alvenaria) sobre a pós-praia. Ainda, a implantação do enrocamento na margem direita do Rio Maranduba (tratado mais adiante como um dos pontos isolados com processo de erosão ou progradação), no final da década de 1990, pode ter contribuído para a inexpressiva redução de largura (-0,75 m) na porção sul no período 1962- 2001, graças à retenção de areias na lateral do espigão. Este trecho relacionado a desembocadura do Rio Maranduba é tratado mais adiante neste documento. Não obstante, causas naturais de erosão costeira, como a elevação do nível do mar e as oscilações na dinâmica costeira, também podem ser interpretadas desses resultados. A taxa de erosão ou retrogradação média da Praia de Maranduba foi da ordem de 0,17 m/ano, para o período de 39 anos.

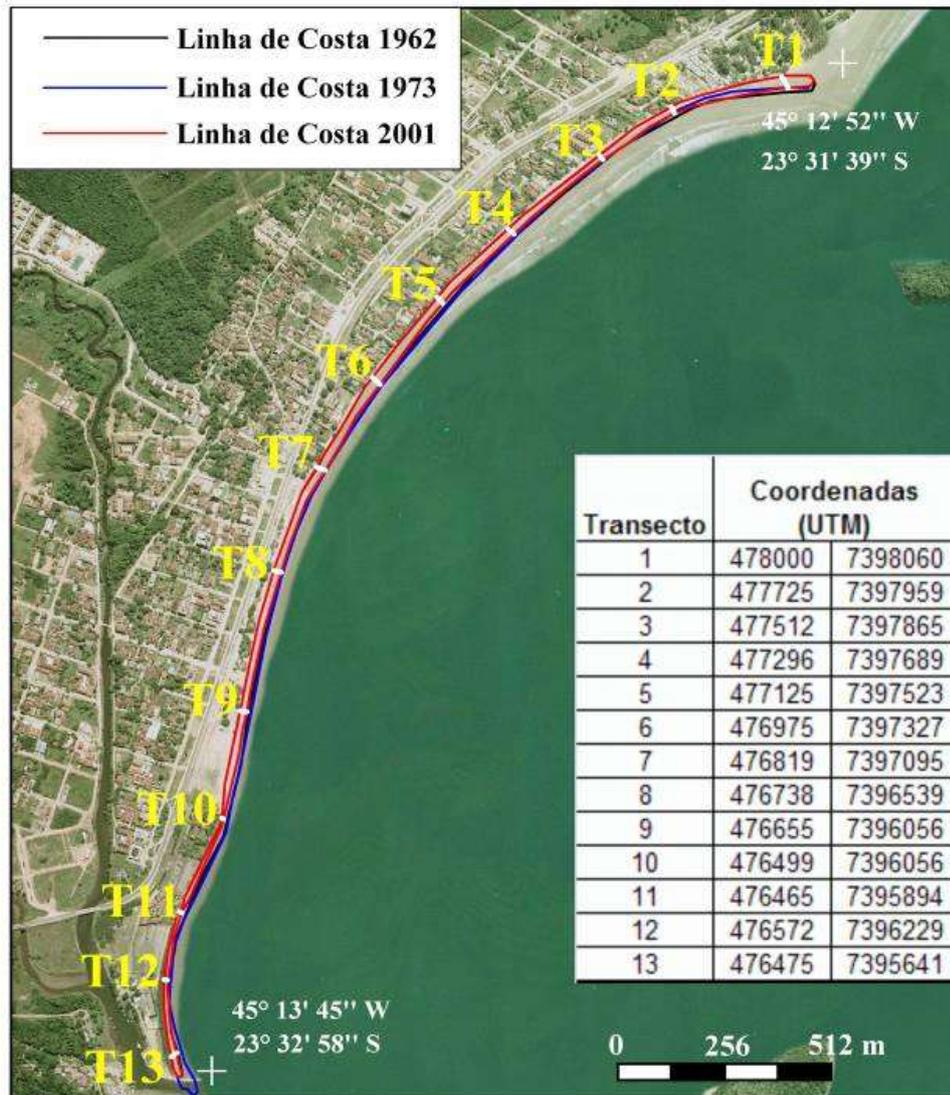


Figura 3.1.2.1.1-24 - Variação da linha de costa (polígono praia) na praia de Maranduba para os anos de 1962, 1973 e 2001. Fonte: Souza e Luna (2009).

Praia Grande – Ubatuba

Segundo Souza e Luna (2009), a praia sempre apresentou tendências erosivas ao longo dos anos. O fenômeno erosivo constatado para o período de 1962-1973, portanto anterior à finalização da construção da BR-101 e à urbanização da praia, pode estar associado à elevação do nível do mar e/ou à insuficiência de aporte sedimentar (Figura 3.1.2.1.1-25). É destacado que a praia sofreu forte intervenção no período entre 1973 e 2001, capaz de reduzir a largura média de centenas para poucas dezenas de metros. Essa intervenção foi a supressão de grande parte da pós-praia principalmente no trecho central da praia, com a instalação de equipamentos urbanos públicos e privados. As autoras indicam que esta praia apresenta dinâmica costeira intensa (estado morfodinâmico intermediário), evidenciada pela alta variabilidade dos perfis (curvas assintóticas) ao longo do tempo, embora os seus extremos tendam a conservar certa homogeneidade. Souza e

Luna (2009) concluíram que a taxa de erosão ou retrogradação média da Praia Grande foi da ordem de 1,90 m/ano, para o período de 39 anos.



Figura 3.1.2.1.1-25 - Variação da linha de costa (polígono praial) na Praia Grande para os anos de 1962, 1973 e 2001. Fonte: Souza e Luna (2009).

Barra Seca – Ubatuba

Para Souza e Luna (2009), a Barra Seca pode ser considerada a praia mais erosiva de todo o Litoral Norte Paulista, sendo que grande parte da praia praticamente já desapareceu, apenas o trecho próximo ao Rio Grande ainda conserva uma estreita faixa de praia. As autoras dizem que esta praia sempre apresentou pequenas larguras e que, de maneira geral, há uma tendência erosiva progressiva ao longo do tempo, com valores de recuos médios de -16,96 m em 1962-1973, -25,06 m em 1973-2001 e -42,02 m entre 1962-2001. A taxa de retrogradação média observada da linha de costa para os 39 anos foi de 0,78 m/ano (Figura 3.1.2.1.1-26).

Souza e Luna (2009) destacam que os fortes recuos observados no trecho centro-sul da praia sugerem a ocorrência de uma forte perturbação nessa praia, de longo período de tempo, porém, parece haver a atuação de processos diferenciados em cada local, de curto a longo período de tempo. As autoras dizem que essa perturbação não poderia estar ligada à urbanização da orla, pois ali havia somente algumas antigas casas de pescadores, hoje já completamente destruídas.

Assim, Souza e Luna (2009) especulam que uma intervenção antrópica indireta, como modificações na rede de drenagem devidas à construção da rodovia BR-101, poderia ter afetado em muito a chegada de sedimentos nessa praia, que passaria a receber baixo suprimento sedimentar e entraria em erosão progressiva e acelerada. O destaque dado por estas autoras é que em 2001 o rio que desembocava no canto E-SE da praia em 1962 e 1973, já não existia mais, tendo suas águas sido desviadas para o Rio Grande - **Figura 3.1.2.1.1-27**. O Diagnóstico Participativo (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014) indicou a construção de outras estruturas de significativo impacto, como uma marina, que também podem contribuir para o quadro de erosão observado.

Outra explicação dada

por estas autoras é que nesta praia ocorrem trens de ondas secundários, que revertem a corrente de deriva litorânea principal, gerando pequenas células cujas zonas de divergência se instalam em locais fixos da praia. Assim, estes locais fixos atuando durante médio período de tempo, se traduz na presença de um foco estável de concentração de energia de ondas nesse local, causando forte erosão.

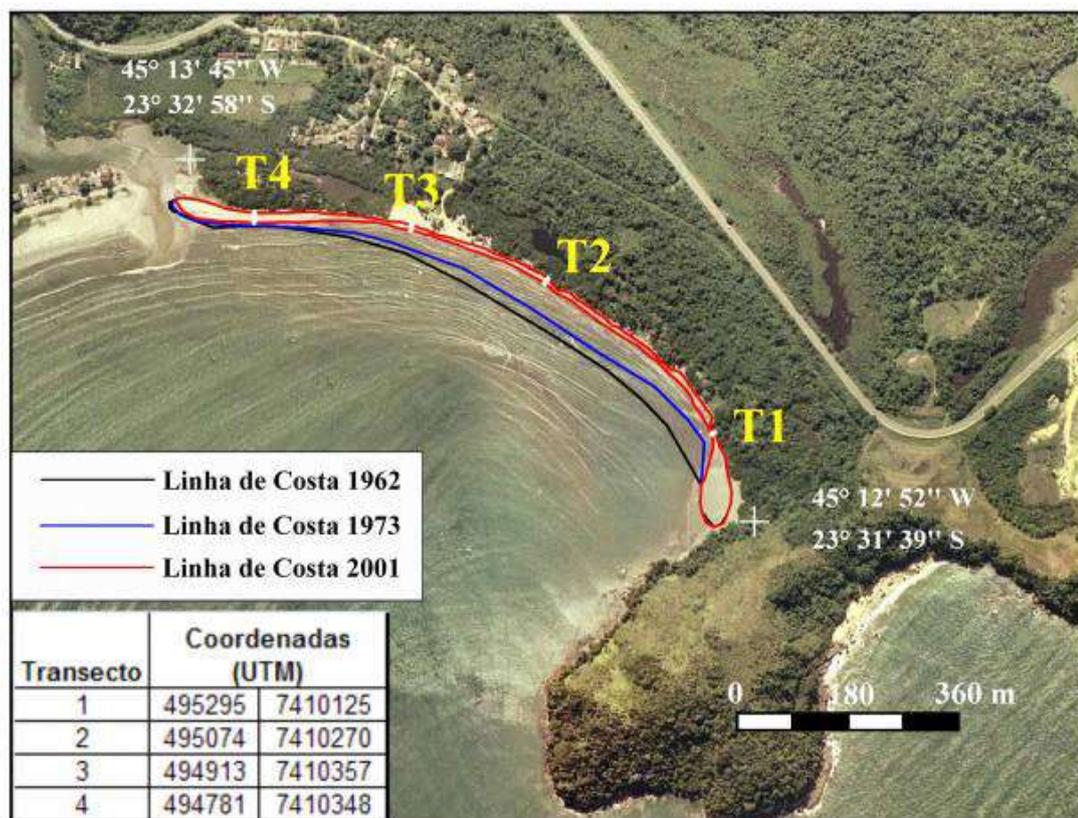


Figura 3.1.2.1.1-26 - Variação da linha de costa (polígono praial) na Barra Seca para os anos de 1962, 1973 e 2001. Fonte: Souza e Luna (2009).



Figura 3.1.2.1.1-27 - Praia da Barra Seca nos anos de 1962 e 1973, respectivamente antes e após a implantação da Rodovia BR-101 (no caso ainda não pavimentada), a qual acabou provocando alteração na rede de drenagem, como pode ser visto no lado direito das fotografias. Fonte: Souza e Luna (2009).

Praia Ubatumirim/Estaleiro – Ubatuba

Souza e Luna (2009) destacam que nesta praia observam-se comportamentos diferentes para ambos os seus segmentos, a Praia do Estaleiro e a Praia de Ubatumirim, embora a tendência geral de ambos seja a retrogradação gradual da linha de costa. As autoras mostram que em 1962, o trecho mais estreito da praia estava no centro do Estaleiro, com cerca de 49 m de largura, enquanto nas duas extremidades da praia estavam os locais de maior largura, 114 m no extremo norte e 93 m no extremo sul e, em 2001, o extremo sul sofre uma brusca variação de largura, recuando para menos de 34 m. As autoras encontraram uma taxa de retrogradação média para os 39 anos de – 11,93 m, o que corresponderia a uma taxa de retrogradação da linha de costa de 0,31 m/ano para esse período. Entretanto, se considerarmos os dois segmentos individualizados, para o segmento Praia de Ubatumirim a taxa de retrogradação seria de 0,25 m/ano e, para a Praia do Estaleiro, este valor seria de 0,36 m/ano (**Figura 3.1.2.1.1-28**).

Souza e Luna (2009) especulam que alguma intervenção ocorreu no período entre 1973 e 2001, capaz de reduzir drasticamente sua largura média na sua extremidade sul e modificar as tendências da dinâmica costeira na Praia do Estaleiro. Dentre as possíveis causas, as autoras dizem que a dinâmica costeira é pouco variável em toda a praia, mesmo na área próxima à desembocadura do Rio Iriri, e que a erosão intensa no setor SE da Praia do Estaleiro predominante até os dias de hoje é devida, principalmente, à modificação na rede de drenagem que ocorreu com a construção da rodovia BR-101 (Figura 3.1.2.1.1-29) e à dinâmica de circulação costeira. Souza e Luna (2009) detalham que com a construção dessa rodovia, o Rio Ubatumirim, que desembocava na extremidade sul da Praia do Estaleiro e tinha porte semelhante ao do Rio Iriri, teve suas águas desviadas para este último, restando hoje um paleocanal assoreado e de águas paradas. Isso provocou queda intensa de suprimento sedimentar nesse trecho da praia e erosão acelerada.

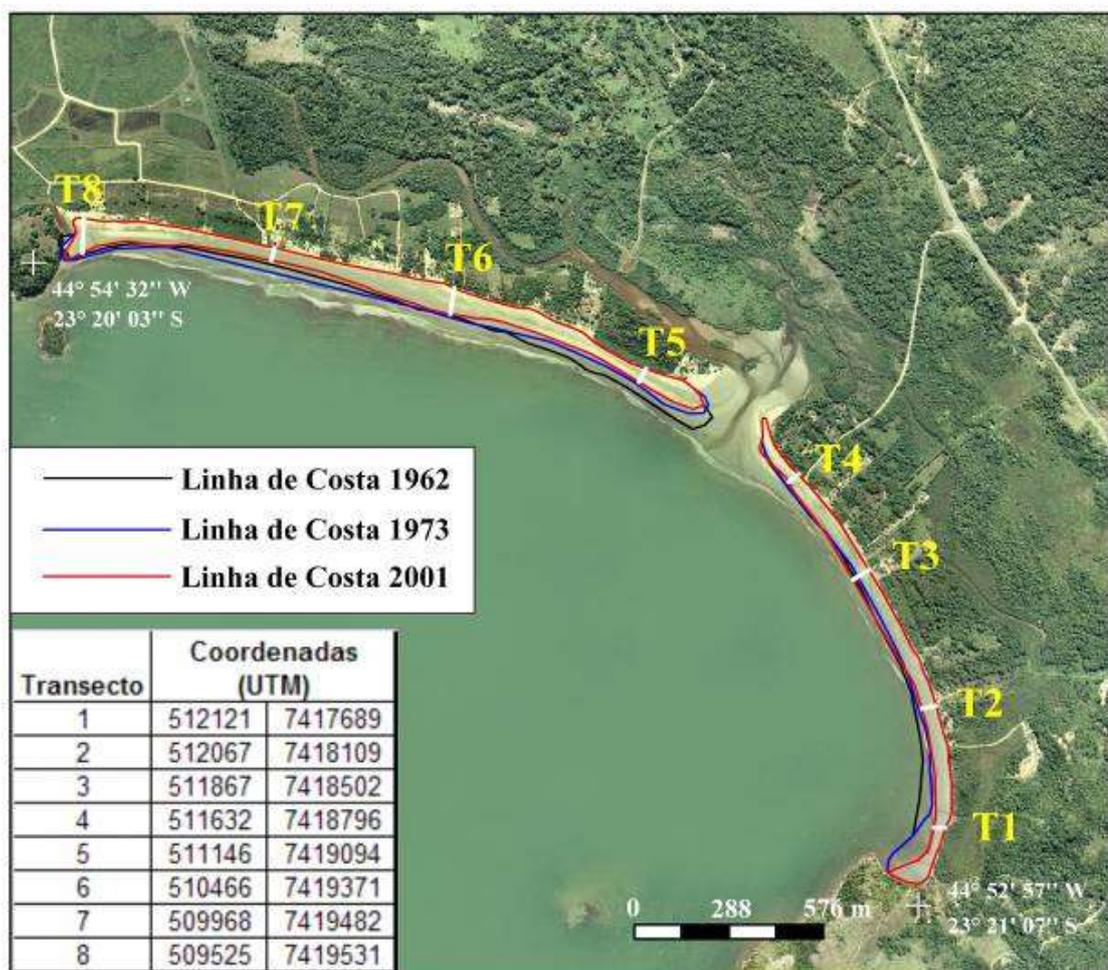


Figura 3.1.2.1.1-28 - Variação da linha de costa (polígono praial) na praia de Ubatumirim/Estaleiro para os anos de 1962, 1973 e 2001. Fonte: Souza e Luna (2009).



Figura 3.1.2.1.1-29 - Praia de Ubatimir/Estaleiro em 1962 e 1973, respectivamente antes e após o início da construção da Rodovia BR-101. O Rio Iriri separa os dois segmentos praias e o Rio Ubatimir está no canto SE da praia em ambas as fotografias. Fonte: Souza e Luna (2009).

Pontos isolados com processos erosivos e/ou deposicionais

Utilizando imagens de satélite e confirmando com estudo recente de Donchyts *et al.* (2016), acrescido dos pontos identificados por Tessler *et al.* (2006), este item descreve 12 pontos isolados ao longo da linha de costa da APAMLN que estão sofrendo processos erosivos e/ou deposicionais. Além dos pontos descritos por Tessler *et al.* (2006), neste estudo foram analisadas 29 desembocaduras de rios ao longo dos três setores da APAMLN, sendo 21 no setor Cunhambebe, uma no setor Maembipe e sete no setor Ypautiba. O **Anexo 3.1-8** mostra as imagens de satélite dos locais em que não foram diagnosticados problemas relacionados a processos erosivos e/ou

deposicionais. Os locais identificados com problemas relacionados a processos erosivos e deposicionais dentro da APAMLN são:

Setor Cunhambebe:

- Praia da Fazenda – Rio Picinguaba;
- Praia Ubatumirim – Rio Iriri;
- Perequê-Açu – Barra-Seca;
- Rio e Praia Maranduba;
- Rio e Praia Mococa;
- Lagoa Azul / Rio Massaguaçu.

No setor Maembipe:

- Rio Nema, Praia do Bonete.

No setor Ypautiba:

- Praia e Rio Boiçucanga;
- Rio Camburi e Praias Camburi e Camburizinho;
- Rio e praia Barra do Sahy;
- Rio e praia Barra do Una.

Praia da Fazenda – Rio Picinguaba

A desembocadura do Rio Picinguaba na porção lesta da Praia da Fazenda (**Figura 3.1.2.1.1-30**) apresentou uma agradação da faixa de areia que separa o rio do mar, acompanhada do crescimento de vegetação sobre esse cordão arenoso. O processo deve-se, provavelmente, a variações naturais, não havendo ocupação humana considerável ou estruturas artificiais capazes de gerar tal alteração. Nesta mesma praia, mas no canto direito, um processo semelhante é observado, onde ocorre o avanço da vegetação sobre o leito de uma pequena desembocadura no local, aumentando o meandramento da mesma (**Figura 3.1.2.1.1-31**). Assim como no canto direito, esse processo deve-se a causas naturais e não oferece pressão ambiental sobre o ecossistema local. Pelo contrário, sugere que o ambiente esteja em equilíbrio.

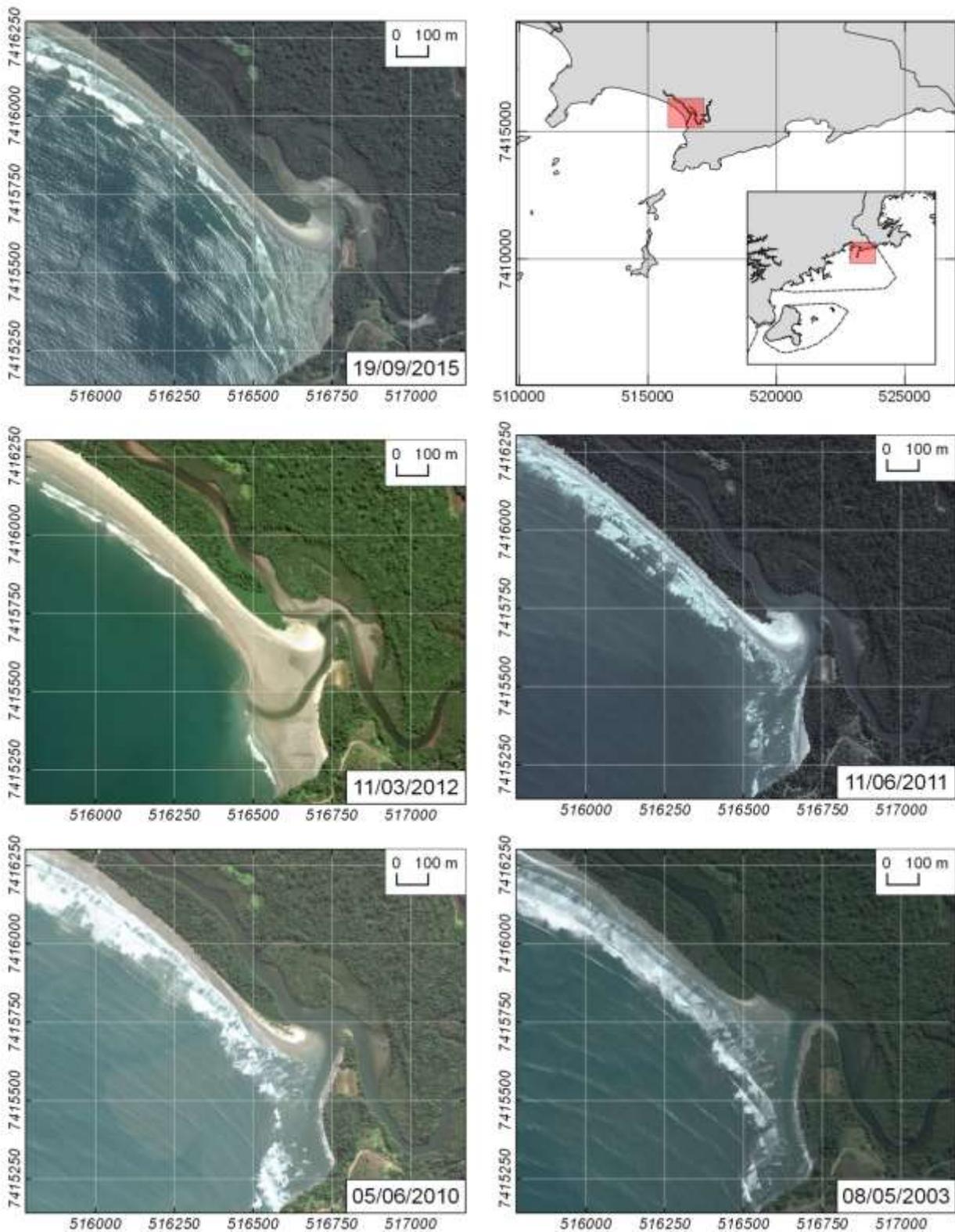


Figura 3.1.2.1.1-30 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Pinguaba no canto esquerdo da Praia da Fazenda – Pinguaba, Ubatuba. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

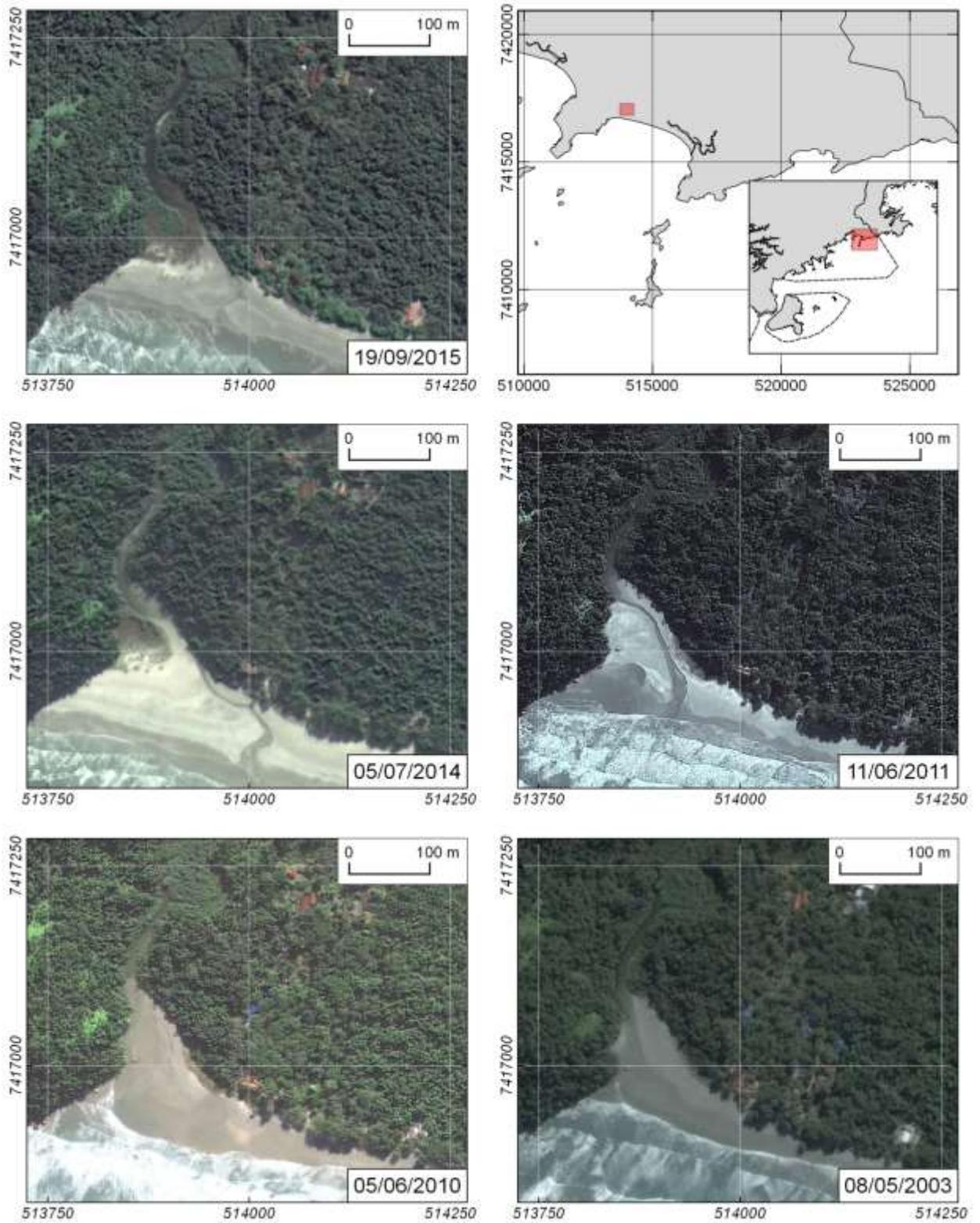


Figura 3.1.2.1.1-31 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura no canto direito da Praia da Fazenda - Pinguaba, Ubatuba. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

Praia Ubatumirim – Rio Iriri

A **Figura 3.1.2.1.1-32** mostra a evolução da desembocadura do Rio Iriri/Rio Ubatumirim na porção oeste da Praia de Ubatumirim. Observa-se o assoreamento da porção interna da desembocadura do rio, a erosão da margem oeste e progradação da margem leste (canto direito da Praia do Estaleiro). Via de regra, todo sistema interno de transição entre águas continentais e oceano apresenta uma tendência natural ao assoreamento. Contudo, deve-se atentar para a ocupação humana nessas regiões, uma vez que a interferência antrópica pode alterar a dinâmica sedimentar local e intensificar processos de erosão e deposição. Em contrapartida, Souza e Luna (2009) apontaram modificação na rede de drenagem que ocorreu com a construção da BR-101 como responsável pela queda intensa de suprimento sedimentar nesse trecho da praia e erosão acelerada.

Perequê-Açu – Barra-Seca

A **Figura 3.1.2.1.1-33** mostra a evolução sedimentar da desembocadura do Rio Indaiá no canto esquerdo da Praia do Perequê-Açu, conhecida como Barra Seca. Observa-se uma alteração muito bem marcada nessa região, com erosão da porção interna e progradação da barreira arenosa, conforme destacado no item de erosão nos arcos praias neste diagnóstico. O cordão arenoso a oeste da desembocadura sofreu intenso processo de progradação, migrando para sudeste entre 2003 e 2016 e crescendo em direção à borda leste do leito principal. Ao mesmo tempo, ocorreu intensa erosão da borda leste. Souza e Luna (2009) apontaram a Barra Seca como a praia mais erosiva de todo o Litoral Norte paulista, com uma tendência erosiva progressiva ao longo do tempo. As autoras sugerem que diversos processos sejam responsáveis pelas alterações observadas, desde variações naturais do aporte de sedimentos e dinâmica costeira até uma intervenção antrópica indireta, como modificações na rede de drenagem devidas à construção da rodovia BR-101.

Rio e Praia Maranduba

A **Figura 3.1.2.1.1-34** mostra a evolução da desembocadura do Rio Maranduba na Praia do Sapê/Maranduba. Buzato (2012) aponta que o Rio Maranduba teve seu curso modificado por retificação quando passa por um bairro de médio a alto padrão (Balneário Maranduba); mais próximo à orla, o autor destaca que esse bairro se expandiu e foram aterradas as margens antes formadas pelos meandros do rio e os cordões litorâneos arenosos. Buzato (2012) diz que nos dias atuais esta área sofre sérios problemas de alagamento e o rio está contaminado, pois nas proximidades desta foz ocorre o lançamento de esgoto e efluentes de toda a área do sertão de ocupação irregular. Este autor completa dizendo que essa foz também foi aterrada para abrigar uma marina, acarretando todos os problemas ligados a esta atividade. Como as demais marinas, não segue padrões ou normas de saneamento, segurança ou cuidado ambiental. Ainda segundo Souza & Luna (2009), a implantação do enrocamento na margem direita do Rio Maranduba, no final da década de 1990, pode ter contribuído para a redução de largura (-0,75m) no extremo sul da praia no período 1962- 2001, devido à retenção de areias na lateral do espigão, conforme já apresentado anteriormente neste diagnóstico. Na **Figura 3.1.2.1.1-34** pode-se observar o assoreamento da barra do rio, evidenciado pela quebra das ondas em frente ao enrocamento da margem sul. Esse processo de assoreamento pode impactar a atividade pesqueira local, dificultando o tráfego de embarcações pela desembocadura. Programa-se a dragagem no âmbito de projeto de compensação ambiental da Plataforma de Mexilhão (FUNDESPA/PETROBRAS, 2016).

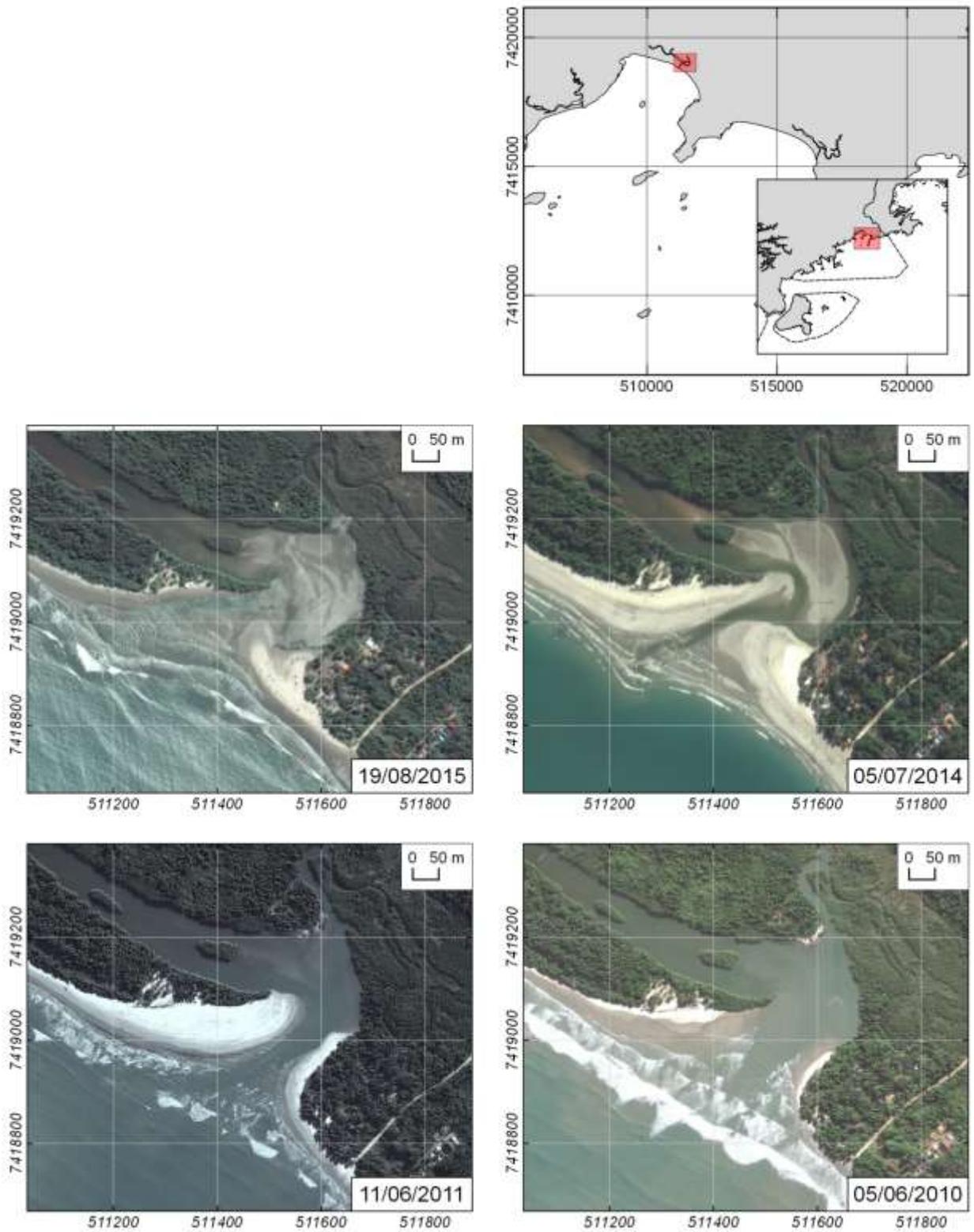


Figura 3.1.2.1.1-32 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Iriri/Ubatumirim no canto esquerdo da Praia de Ubatumirim, Ubatuba. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

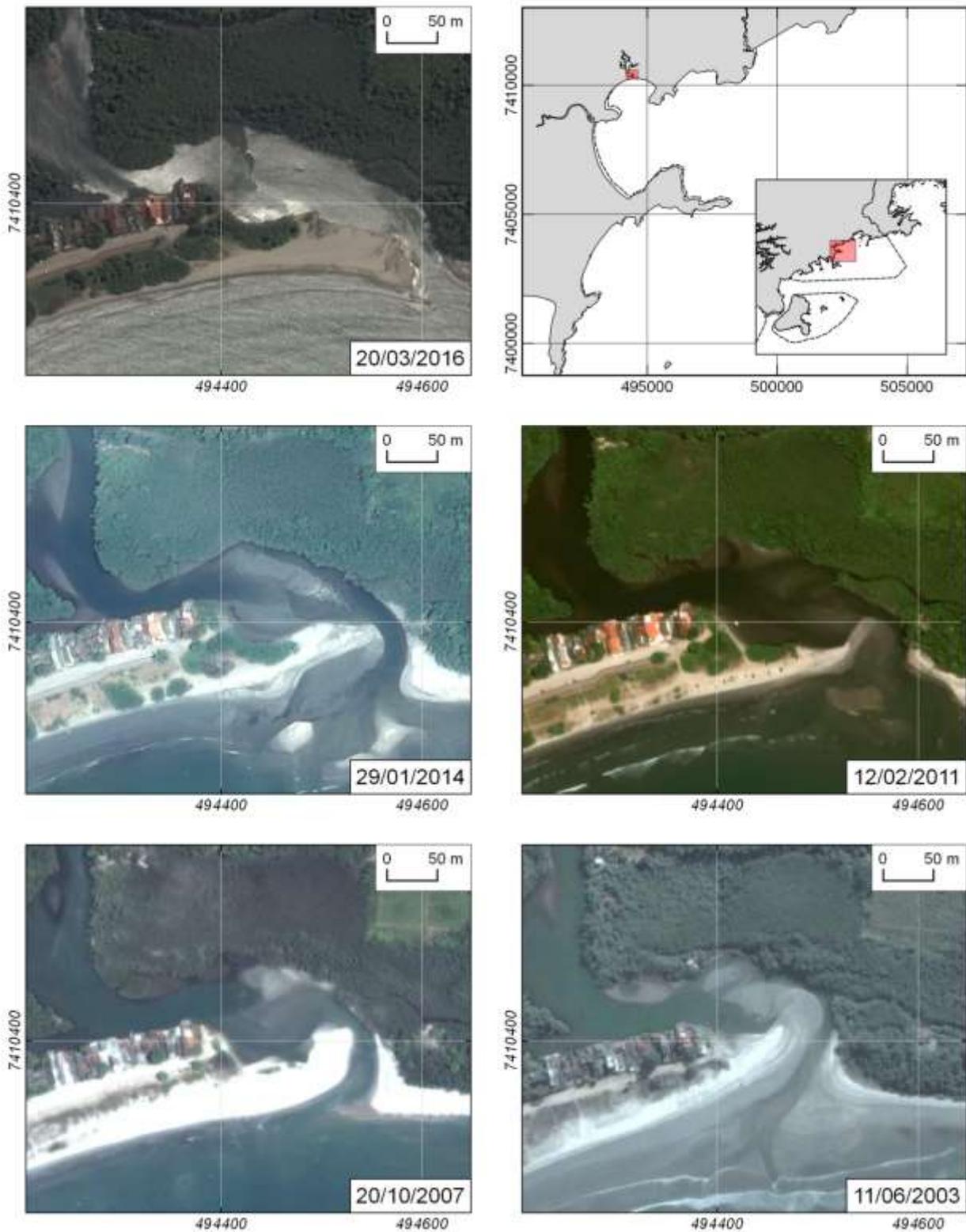


Figura 3.1.2.1.1-33 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Indaiá no canto esquerdo da Praia do Perequê-Açu - Barra Seca, Ubatuba. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

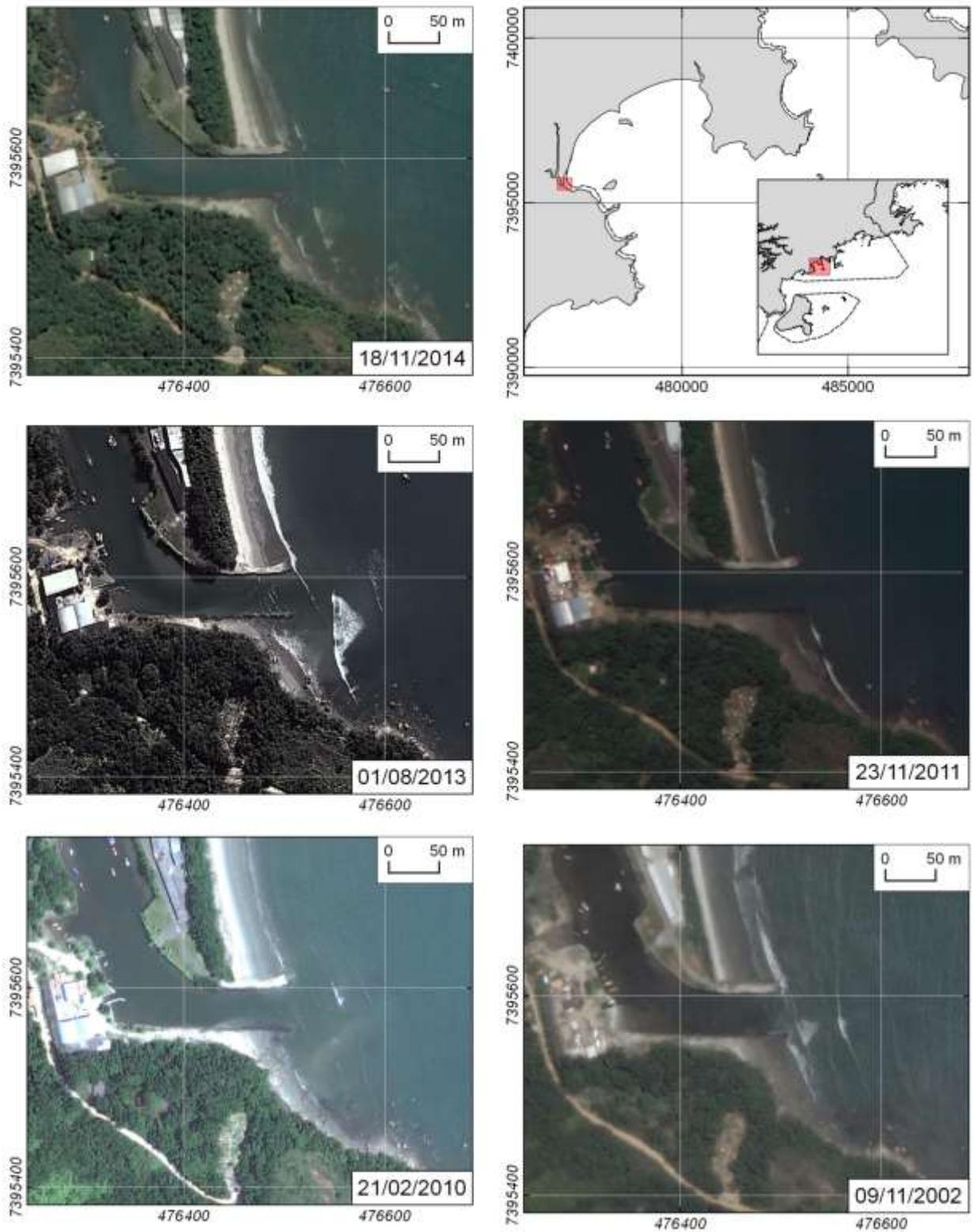


Figura 3.1.2.1.1-34 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Maranduba no canto direito da Praia da Maranduba, Ubatuba. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

Rio e Praia Mococa

A **Figura 3.1.2.1.1-35** mostra a evolução da desembocadura do Rio Mococa entre 2002 e 2015. São observados três processos concomitantes na região. A face interna da barreira arenosa que separa o rio do mar sofreu erosão ao longo dos anos, enquanto a extremidade da barreira sofreu progradação e cresceu em direção à margem oposta da desembocadura. Por fim, assim como apontado por Souza (2009), a Praia da Mococa sofreu erosão durante o período. Tanto o processo de erosão na face interna quanto na face praiial podem ter contribuído para a agradação na extremidade da barreira arenosa.

Lagoa Azul / Rio Massaguaçu

A última desembocadura no setor Cunhambebe que merece atenção é a Lagoa Azul, Caraguatatuba - **Figura 3.1.2.1.1-36**. Diversos autores afirmam que este cordão é aberto diversas vezes todos os anos, e o nível da água no interior do estuário pode diminuir em até 2 m. A frequência destes eventos de abertura é irregular, variando desde poucos dias até um mês. O período em que o estuário fica conectado com o oceano também varia, desde um ciclo de maré até aproximadamente duas semanas (RIBEIRO *et al.*, 2013). Segundo Modenesi *et al.* (1983), a erosão desta barreira de areia somente ocorre durante eventos de aumento da pluviosidade, que intensificam a vazão do Rio Massaguaçu, conjuntamente a ocorrência de maré de sizígia e aumento do nível do mar (ressaca). Também, Ribeiro *et al.* (2013) cita que esta barreira de areia vem sendo rompida artificialmente frequentemente, primeiro por pescadores e agricultores, depois por surfistas e, mais recentemente, por autoridades municipais para prevenir alagamentos em propriedades que estão alocadas na margem esquerda no interior do estuário.

Rio Nema, Praia do Bonete

A única desembocadura identificada no Setor Maembipe se localiza na face sul da Ilha de São Sebastião, no canto esquerdo da Praia do Bonete, onde deságua o Rio Nema. O local abriga uma comunidade caiçara tradicional. As imagens mostram uma variação grande da configuração da desembocadura (**Figura 3.1.2.1.1-37**). Essa variação pode ser natural, visto que o aporte de água e sedimento depende da pluviosidade no interior da ilha. Contudo, a imagem de 2016 mostra a região interna com a orla retilinearizada e aparentemente mais profunda, o que pode indicar a interferência humana no local.

Praia e Rio Boiçucanga

A **Figura 3.1.2.1.1-38** mostra a evolução da desembocadura do Rio Boiçucanga. A extremidade da praia é marcada por um enrocamento instalado em 2005 sem o devido licenciamento, que poderia estar associado a processos deposicionais na face da praia. Contudo, o processo mais importante na região é a erosão observada na margem direita do rio, onde existe uma marina e cuja linha de costa se encontra muito retilinearizada. Houve uma perda substancial de sedimentos na orla e no fundo, claramente associado à dragagem. Em 2016 observa-se a formação de bancos de areia na região supostamente dragada, evidenciando a tendência natural da região ao assoreamento.

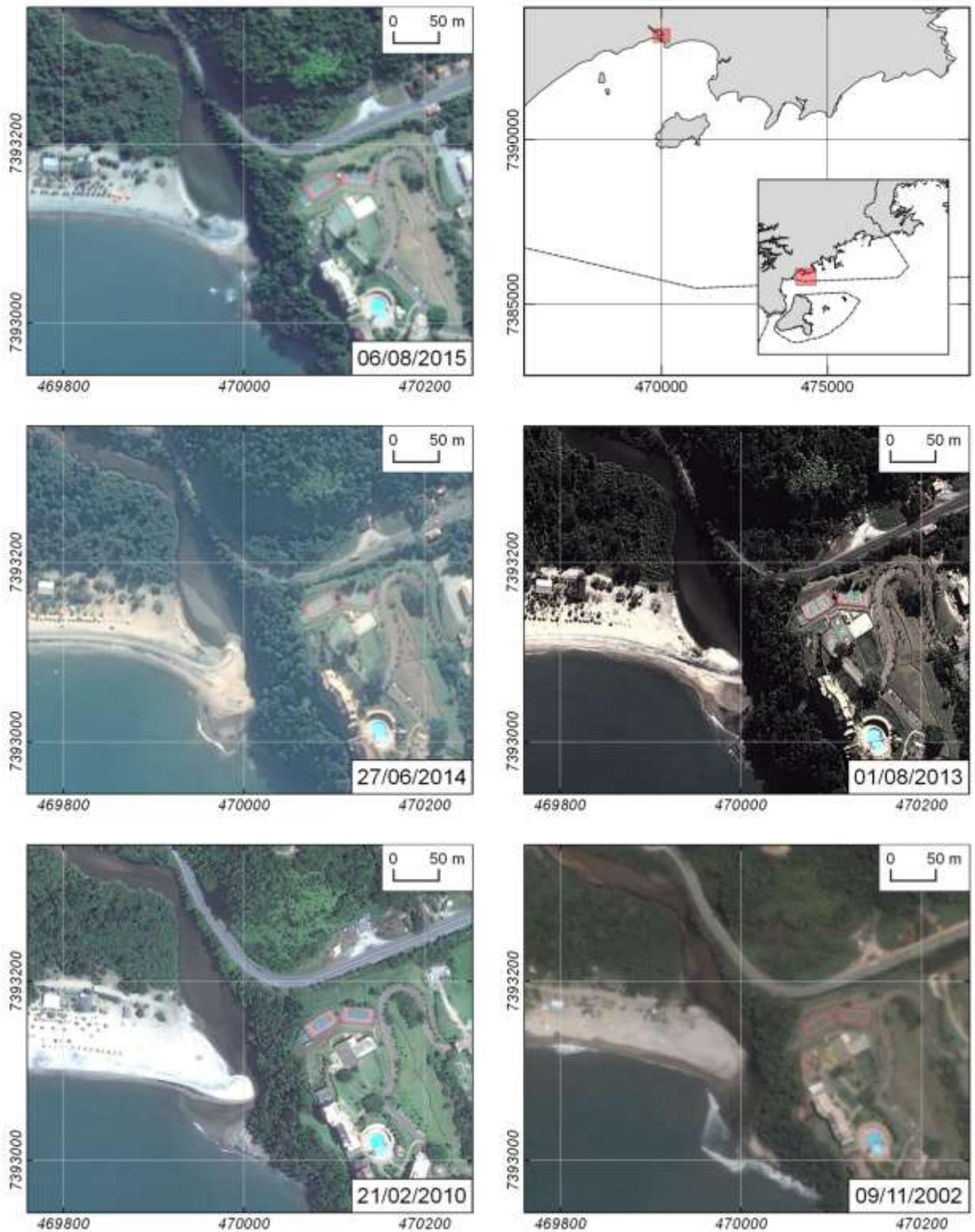


Figura 3.1.2.1.1-35 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Mococa no canto esquerdo da Praia da Mococa, Caraguatatuba. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

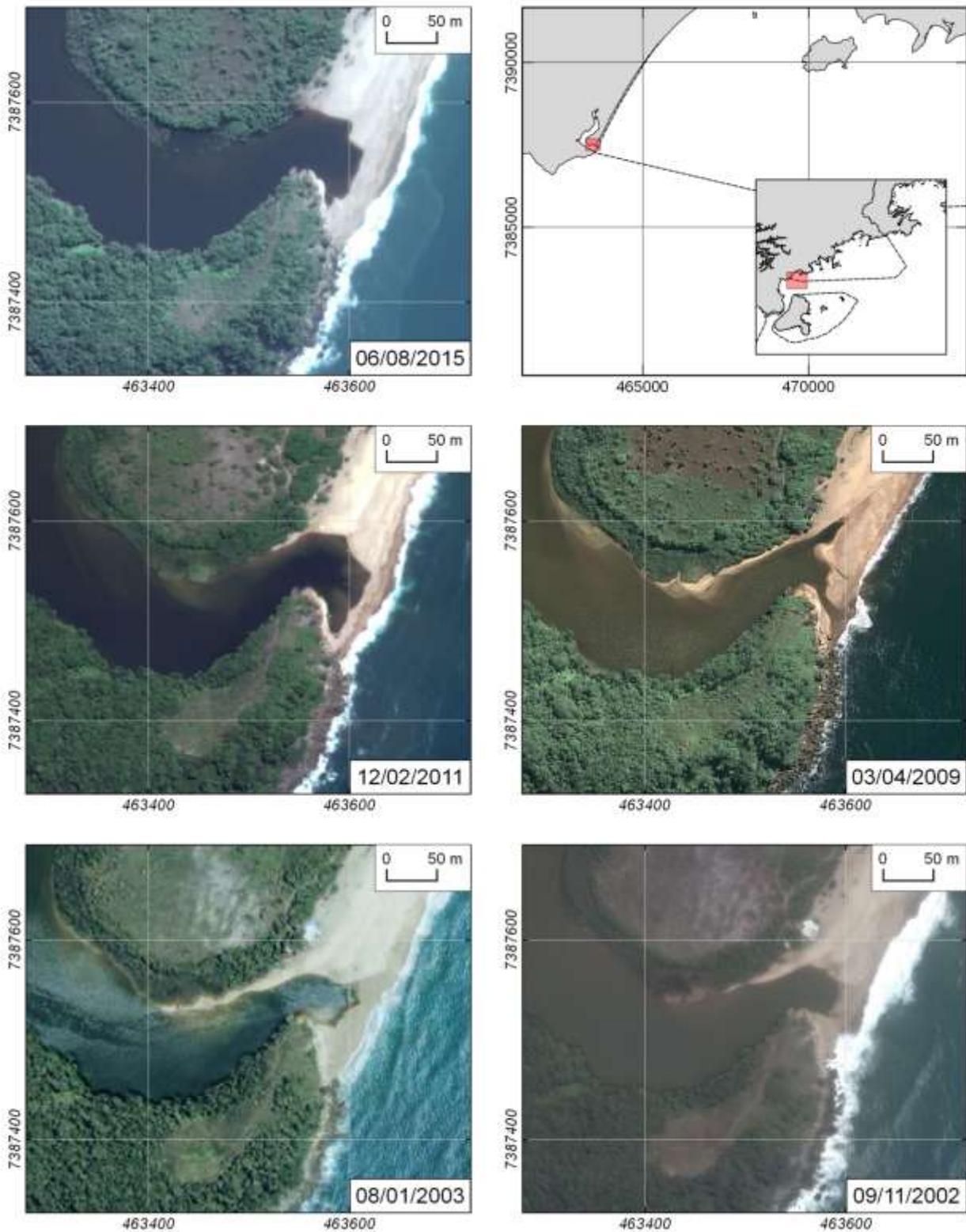


Figura 3.1.2.1.1-36 – Evolução da dinâmica sedimentar da Lagoa Azul - Massaguaçu, Caraguatatuba. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

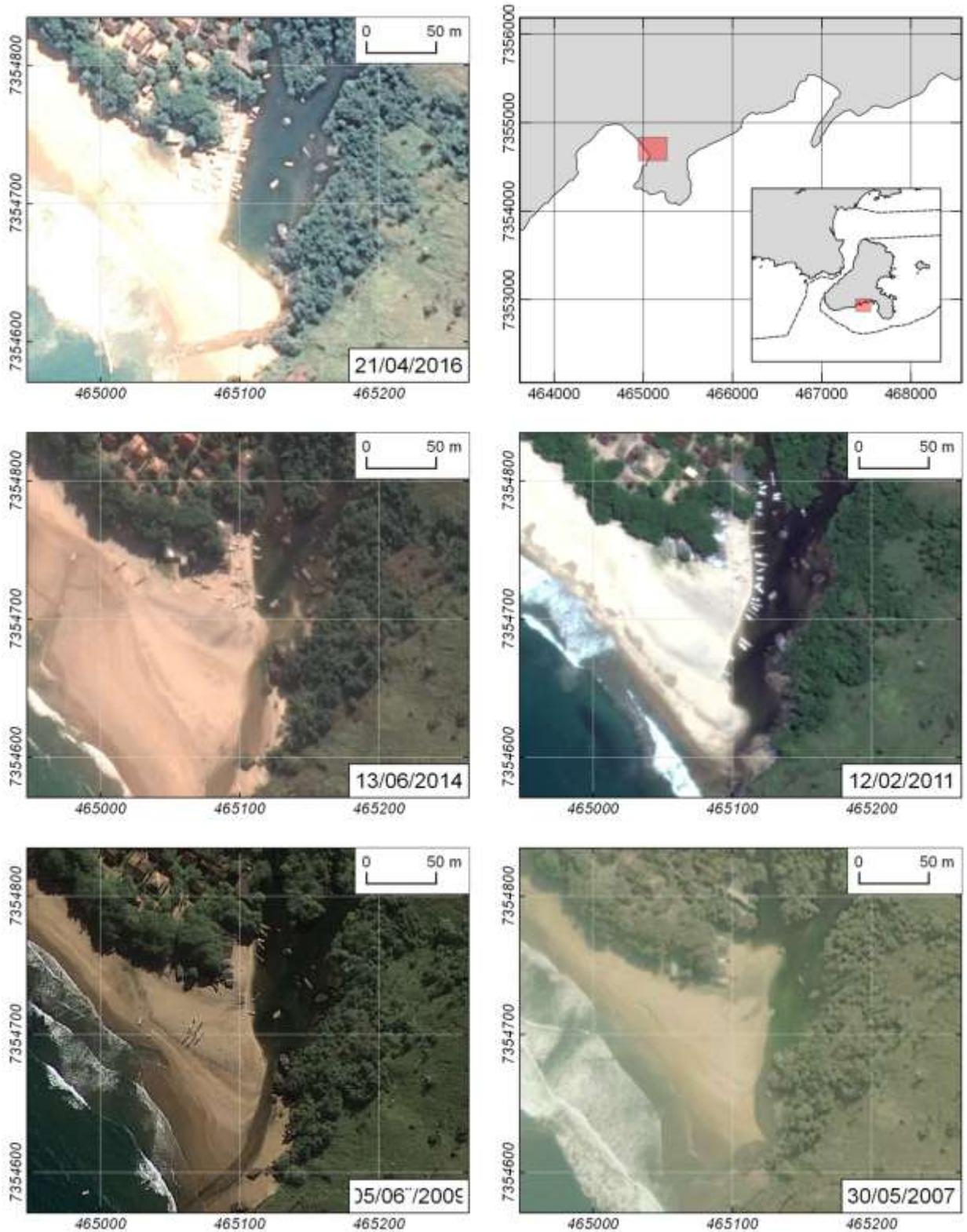


Figura 3.1.2.1.1-37 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Nema no canto esquerdo da Praia do Bonete, Ilhabela. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

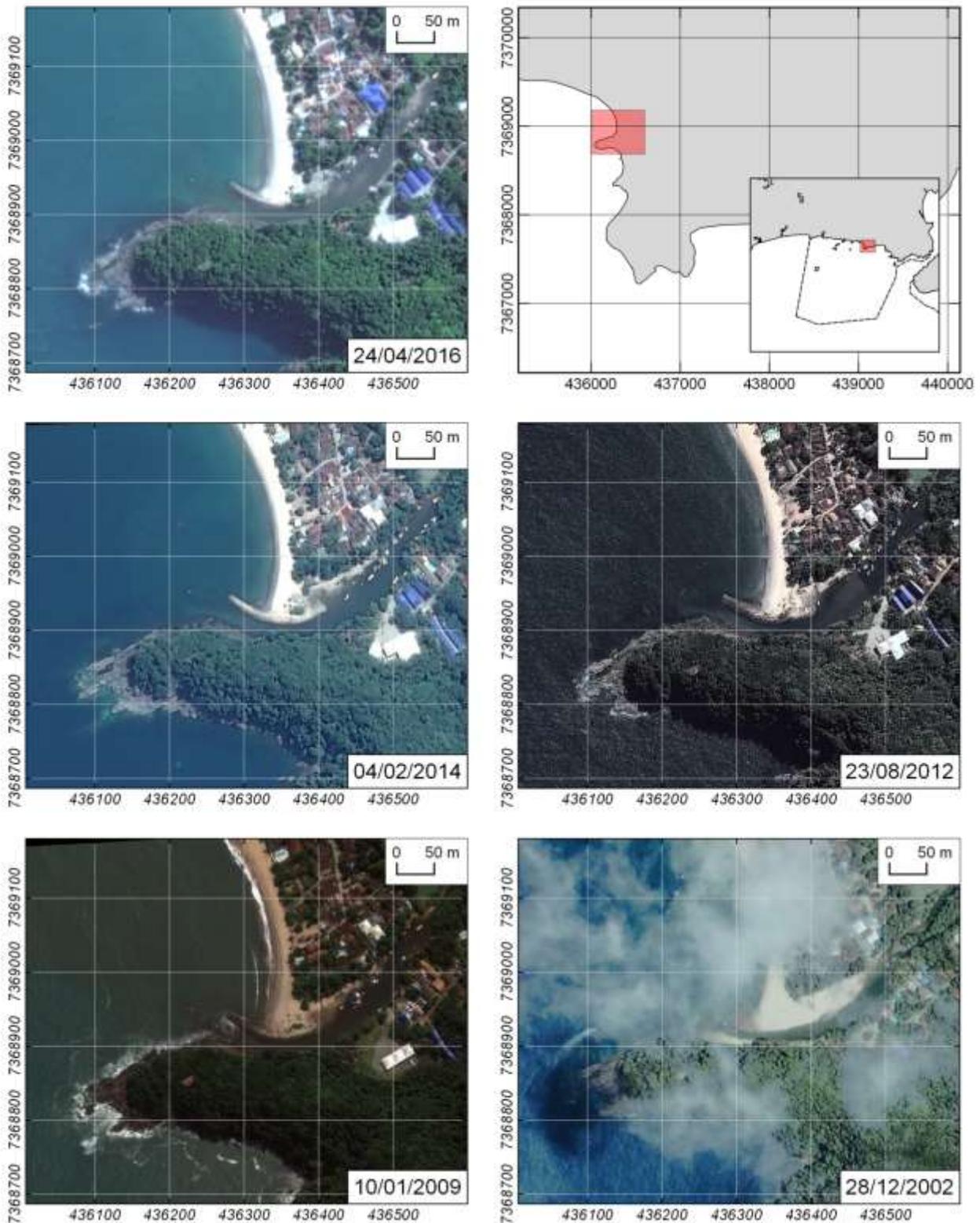


Figura 3.1.2.1.1-38 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Boiçucanga no canto esquerdo da Praia de Boiçucanga, São Sebastião. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

Rio Camburi e Praias Camburi e Camburizinho

A **Figura 3.1.2.1.1-39** mostra a desembocadura do Rio Camburi. Em 2002 a foz do rio era meandrante e desaguava no canto direito da Praia de Camburizinho, ao lado do afloramento rochoso ali presente. Em 2009 a foz já se apresentava mais retilínea, agora desaguando no canto esquerdo da Praia de Camburi, no lado oposto do afloramento rochoso. Essa configuração permaneceu até os dias atuais. Como resultado, houve erosão na região da nova desembocadura do rio e deposição na antiga região de desague.

Rio e praia Barra do Sahy

A Barra do Sahy (**Figura 3.1.2.1.1-40**) se manteve relativamente estável entre 2002 e 2013 com o meandramento do Rio Sahy constante durante o período. Em 2016, observa-se uma considerável perda de sedimentos na margem direita e uma aparente retilinearização da foz. O processo erosivo pode ser eventual e estar ligado a um aumento momentâneo do aporte do Rio Sahy.

Rio e praia Barra do Una

A **Figura 3.1.2.1.1-41** mostra a evolução da Barra do Una entre 2009 e 2016. As modificações mais importantes são observadas no interior da desembocadura onde ocorre a perda de material sedimentar. Desde 2001 são realizadas dragagens (licenciadas) esporádicas para facilitar a navegação na região, onde se encontram diversas marinas. A areia retirada é utilizada pela prefeitura em obras públicas.

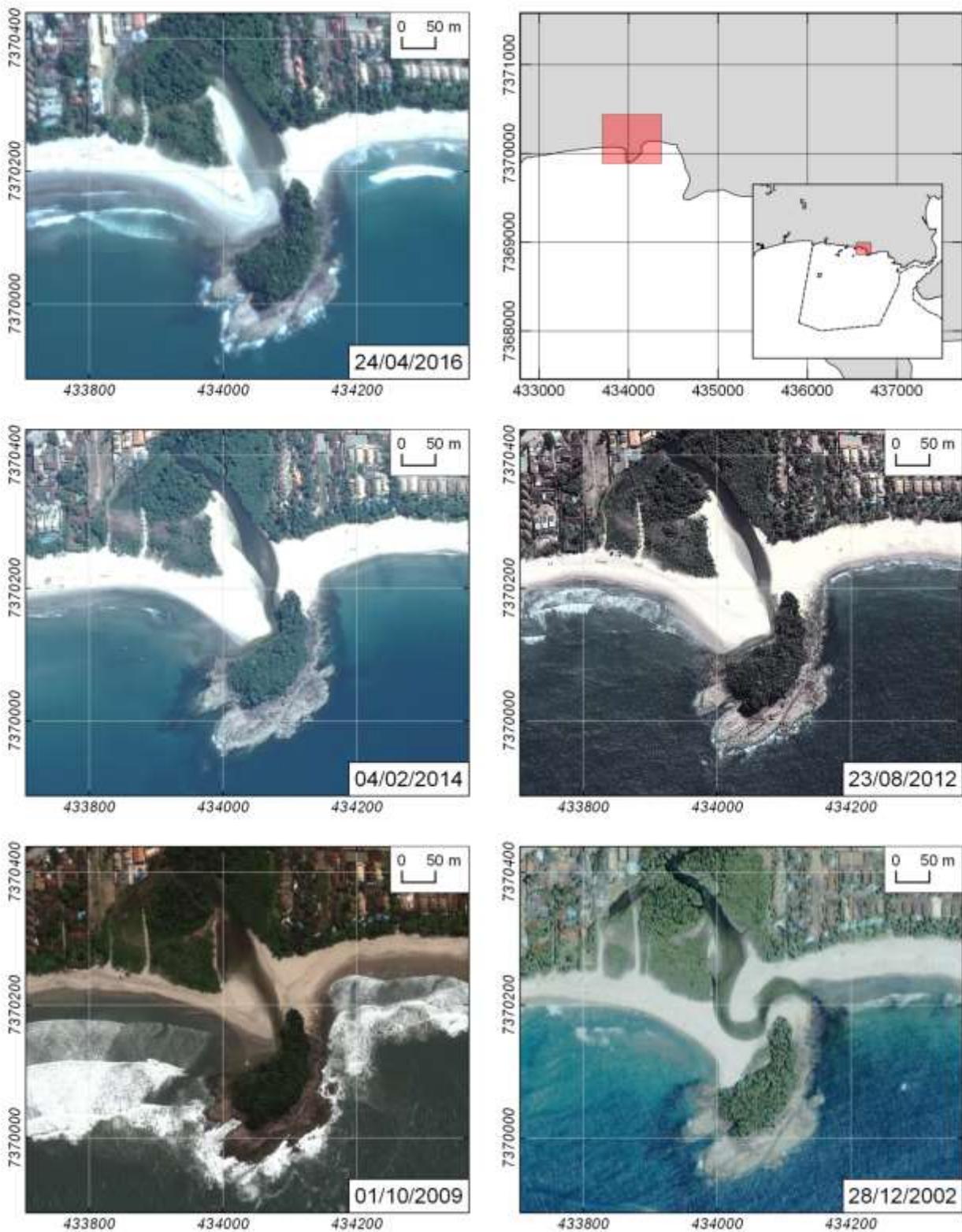


Figura 3.1.2.1.1-39 – Evolução da dinâmica sedimentar da desembocadura do Rio Camburi, no canto esquerdo da Praia de Camburi, São Sebastião. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

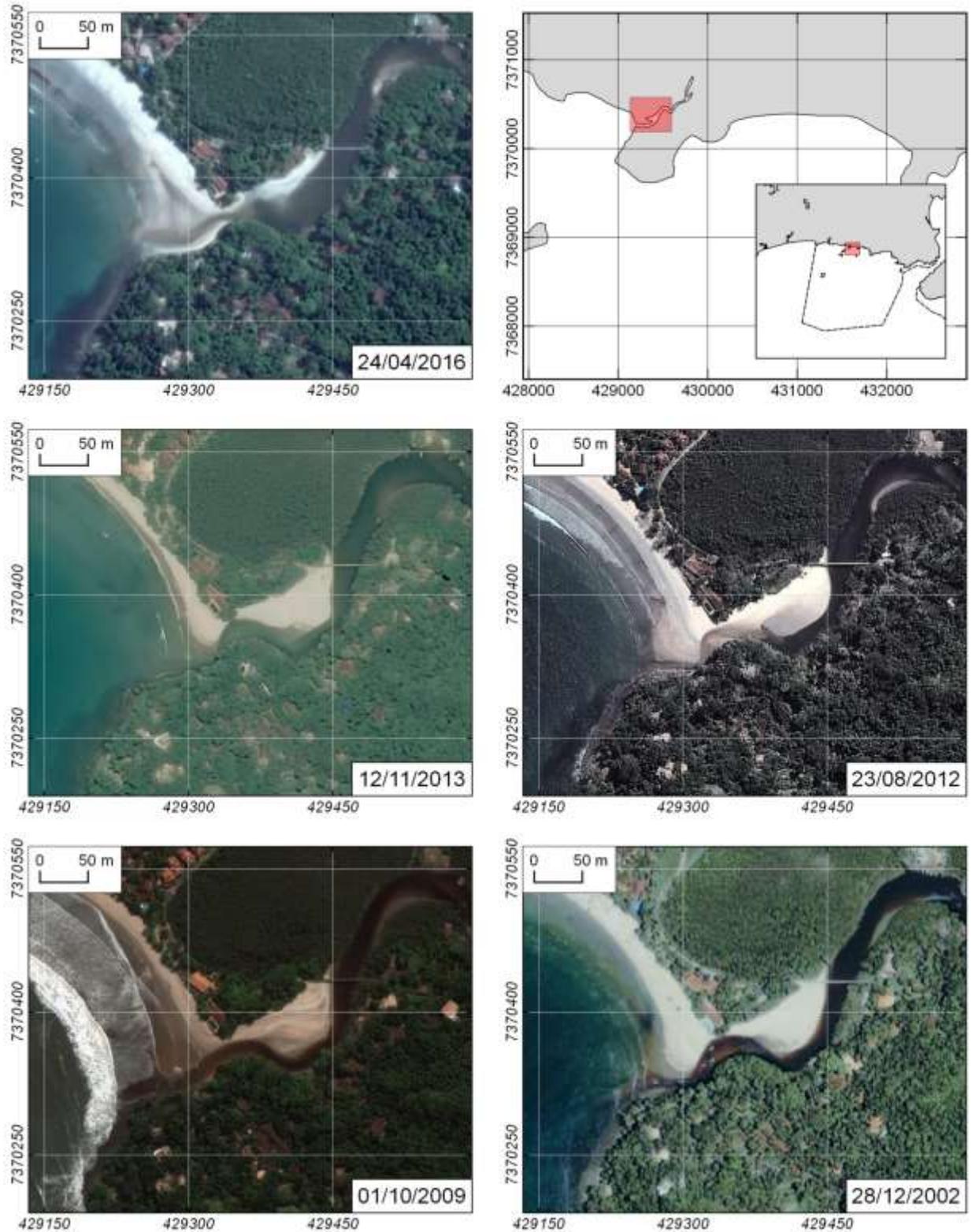


Figura 3.1.2.1.1-40 – Evolução da dinâmica sedimentar da Barra do Sahy, São Sebastião. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

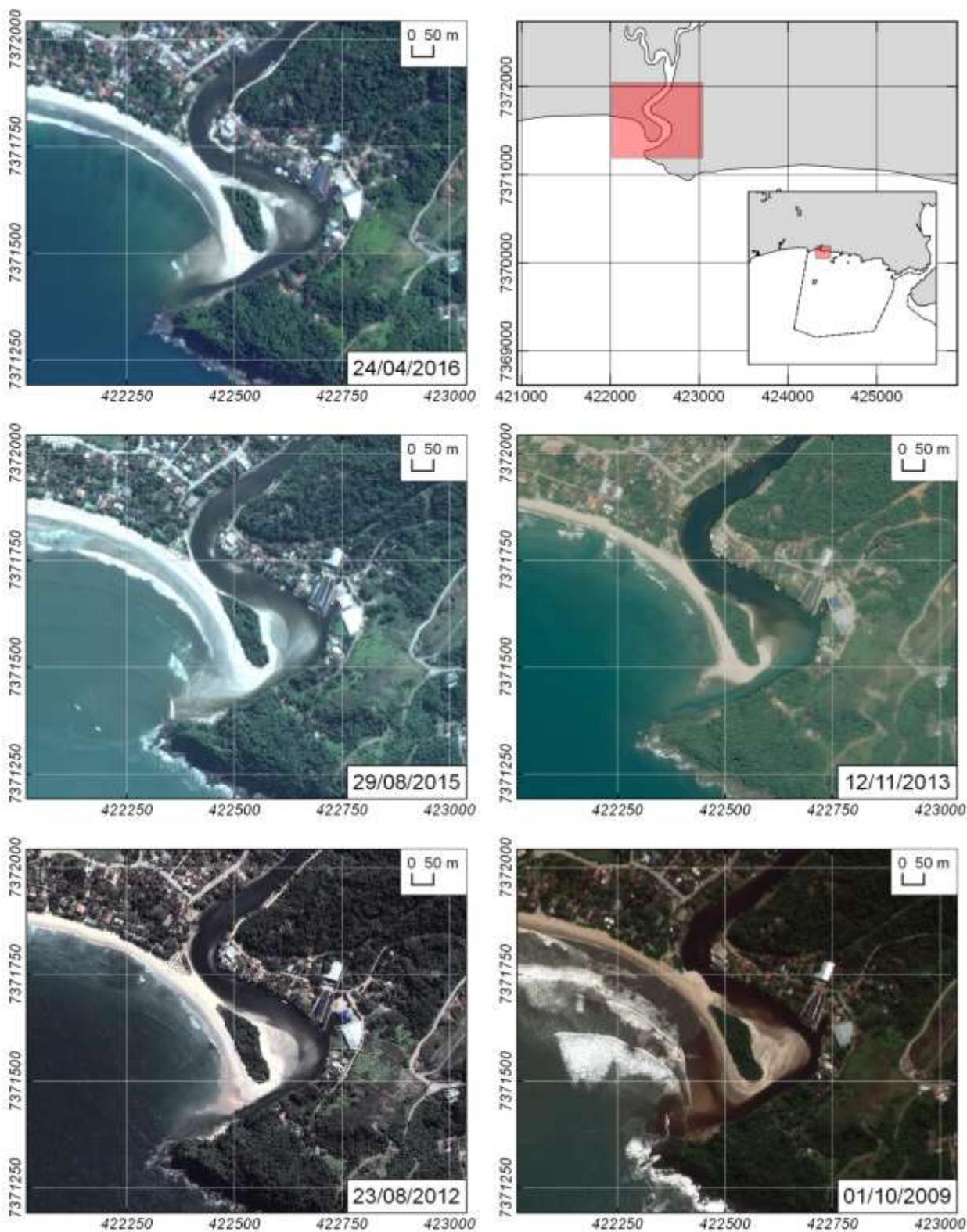


Figura 3.1.2.1.1-41 – Evolução da dinâmica sedimentar da Barra do Una, São Sebastião. Fonte de dados: DigitalGlobe via Google Earth Pro.

Desembocadura do Rio Juqueriquerê

Outro ponto importante com processos erosivos deposicionais na região da APAMLN é a desembocadura do Rio Juqueriquerê. Trabalhos como Souza (1990) e Tessler *et al.* (2006) indicaram a presença de tais processos.

Tessler *et al.* (2006) diz que setenta por cento da bacia hidrográfica do Rio Juqueriquerê se localiza na planície costeira de Caraguatatuba, terreno este composto por material sedimentar bastante permeável, com declividades baixas, cuja foz apresenta uma pequena área de mangue.

IPT (1986) *apud* Tessler *et al.* (2006) mostra que granulometria do sedimento depositado ao longo da calha do Rio Juqueriquerê diminui em direção à praia, e este trabalho subdividiu o leito do rio em quatro compartimentos quanto à sedimentação atual na calha, mas sem limites bem definidos, devido a sazonalidade das chuvas e a ação das marés que interferem na vazão destas drenagens: o primeiro compartimento abrange o trecho entre o alto curso do Rio Juqueriquerê até a ponte da rodovia SP-55, onde os sedimentos depositados (arenosos e relativamente bem selecionados, sem misturas com material argiloso ou siltoso) são fluviais a partir de processos de transporte e deposição fluviais; o segundo compartimento diz respeito à fase de transição entre as condições deposicionais fluviais e de ambientes mistos dos mangues, com sedimentos arenosos superpostos por sedimentos finos, com fragmentos de conchas e altos teores em matéria orgânica e restos vegetais; o terceiro compartimento, no trecho próximo à foz do rio, apresenta sedimentação conjunta de material de transporte fluvial e de ação de marés, com deposição ocorrendo no encontro das correntes de maré e de drenagem do rio; o quarto e último compartimento localiza-se junto à Barra do rio Juqueriquerê, onde ocorre lavagem de sedimentos, com remoção das frações mais finas e formação de bancos de areia, por ação das ondas.

Souza (1990) descreveu a foz deste rio como rasa e com a presença de barras arenosas rumo a sul. Estas barras dariam a esta foz, segundo a autora, a configuração de um delta, o que sugere interações entre um forte fluxo fluvial e transportes costeiros de S-N e de N-S. IPT (1986) *apud* Tessler *et al.* (2006) afirma que a movimentação dos sedimentos junto à foz do rio depende de um complexo balanço entre a direção das correntes costeiras, ondas, oscilações da maré e do fluxo do rio. Tais fatores determinariam a mobilização da barra do rio ao longo do ano.

Tessler *et al.* (2006) descreve a praia junto à foz do rio Juqueriquerê como plana, extensa, com características morfodinâmicas intermediárias, areia micácea muito fina e escura, e ainda, vegetação de mangue. Os autores dizem que nesta porção existe um processo contínuo de erosão, devido, provavelmente, à intensa ocupação deste trecho costeiro, com alterações na drenagem natural e aterros. Os autores neste mesmo trabalho descrevem que em comunicação pessoal com Furtado, que efetuou monitoramentos anuais nesta região ao longo de 15 anos, foi constatada a ocorrência de erosão na desembocadura do Rio Juqueriquerê, com o assoreamento do manguezal e a destruição de diversas casas instaladas, que pode ser observada na **Figura 3.1.2.1.1-42**. Este pesquisador acredita que os efeitos erosivos vistos neste ponto estejam mais correlacionados a todo o processo de ocupação da região (**Figura 3.1.2.1.1-43**) ou a uma alteração na vazão do rio Juqueriquerê que a uma mudança natural brusca na dinâmica sedimentar. Importante destacar que a urbanização desenfreada das margens do Rio Juqueriquerê, além de alterarem a linha de costa, também removeram a vegetação de manguezal, que faz com que os sedimentos ali depositados fiquem mais vulneráveis de serem transportados.



Figura 3.1.2.1.1-42 – Erosão da margem direita do Rio Juqueriquerê – imagem da esquerda em 03.04.2009 e da direita em 17.02.2016. Fonte: Google Earth PRO.



Figura 3.1.2.1.1-43 – Imagem aérea da desembocadura do Rio Juqueriquerê em 1962 mostrando a vegetação original na margem direita, hoje em dia urbanizada. Fonte: Tessler et. al., (2006)

Os eventos de grande hidrodinâmica na região, seja por aumento de vazão do Rio Juqueriquerê ou passagem de frentes frias, faz com que estes sedimentos sejam carreados para a região adjacente ao estuário, na Baía de Caraguatatuba, assoreando a região - **Figura 3.1.2.1.1-44**. Como o Rio Juqueriquerê apresenta diversas marinas em seu interior, são realizadas intervenções de dragagem para aumentar a profundidade e possibilitar a entrada de embarcações em seu interior. Além disso, devido a diminuição da profundidade, eventos de aumento da vazão do rio e aumento do nível do mar fazem com que ocorram transbordamentos no interior e na boca do estuário.



Figura 3.1.2.1.1-44 – Imagens de satélite do Rio Juqueriquerê onde é possível se observar a deposição de sedimentos na região adjacente costeira. As datas e a origem da imagem estão apresentadas em cada painel.

Fonte: Google Earth PRO.

■ Síntese da caracterização da geologia marinha

A região costeira da APAMLN apresenta uma linha de costa recortada, principalmente no setor Cunhambebe, com planícies costeiras estreitas, a presença de diversas, baías, enseadas e praias de bolso, com a presença de diversas ilhas.

Foi diagnosticada a presença de 142 praias no interior da APAMLN, sendo 97 localizadas no setor Cunhambebe, 15 no Maembipe e 30 no setor Ypautiba que, de forma geral, apresentam areias médias até muito grossas, com aumento de grânulos no setor norte.

Com relação às ilhas e lajes, foram diagnosticadas no total 61 localidades no interior da APAMLN, sendo 34 no setor Cunhambebe, 13 no setor Maembipe e 14 no setor Ypautiba. A maioria destas ilhas e lajes é constituída por costões rochosos, e muitas com vegetação no topo.

A batimetria da APAMLN se estende desde a linha de costa até a profundidade de 50 m - Cunhambebe e Maembipe - e 40 m - Ypautiba, onde as isobatimétricas acompanham relativamente

o mesmo recorte da linha de costa. Sobre a composição do fundo marinho, o teor de areia exhibe frações mais grossas próxima à costa. Os setores Cunhambebe e Ypautiba são majoritariamente compostos por areia. Já o setor Maembipe apresenta distribuição espacial mais variada, com teores de areia abaixo dos 40%, em especial na costa norte da Ilha de São Sebastião. De maneira geral, os setores da APAMLN exibem uma contribuição muito baixa de argila, abaixo dos 30%, à exceção da porção costeira norte de Cunhambebe, que alcança os 90% de teor de argila. Ainda, dentro dos setores da APAMLN não há ocorrência superior a 30% de teor de carbonato.

As praias localizadas entre Bertiooga e Barra do Una - Setor Ypautiba da APAMLN - possuem características dissipativas a intermediárias, com areias finas e micáceas. De um modo geral, podem ser consideradas estáveis em relação a processos erosivos ou acrescionais, exceto em pontos específicos próximos de molhes e marinas. Na porção entre Toque-Toque e Tabatinga, que engloba o setor Maembipe da APAMLN, existem praias inclinadas e pequenas, com muita proximidade da serra e ilhotas. Já a parte continental norte de Caraguatatuba, apresenta dois regimes diferentes - no arco praias de Massaguaçu e em Tabatinga. Esta é a porção sul do setor Cunhambebe.

Para Massaguaçu, nos dois extremos desta praia, com seu arco praias voltado para SE/S sem a proteção da Ilha de São Sebastião às ondas provenientes destes quadrantes, são observadas características bastante distintas. Ao sul, um segmento fluvial tem sua foz fechada por sedimentos arenosos grossos a muito grossos, depositados pela intensa ação das ondas. A feição barreira é elevada, com alta declividade tanto para a face marinha como para a face do lago que se forma a retaguarda, sendo continuamente atacada por sistemas de ondas com mais de 2 metros, que após refração na área marinha próxima, incidem diretamente sobre a feição arenosa barreira.

A porção praias localizada mais a NE do arco praias, especialmente a que se localiza entre uma foz fluvial e o paredão rochoso que separa a enseada de Massaguaçu do segmento costeiro seguinte, apresenta uma baixa declividade, embate de sistemas de ondas incidentes bastante amortecidos e períodos de acreção sedimentar significativos no perfil praias. Entre os dois extremos, foi encontrada uma área que está sendo, recentemente, muito afetada por processos erosivos. Ao longo dos últimos anos, a praia perdeu mais de 30 metros da faixa arenosa, chegando a atingir as bases do acostamento da rodovia Rio – Santos. As causas da amplificação deste processo erosivo ainda não puderam ser determinadas, não sendo inclusive descartadas as possibilidades de serem devidas a fenômenos naturais, ou mesmo de indução por atividade humana, seja por retirada significativa de areia da região praias ou pela construção de obras de saneamento e/ou escoamento pluvial que incidiram diretamente sob o prisma praias.

A porção mais a norte do setor Tabatinga apresenta características similares ao compartimento Tabatinga – Picinguaba com praias de bolso localizadas em baías e enseadas, com características morfodinâmicas variadas. São caracterizadas por serem bastante ocupadas e por relativa estabilidade quanto a processos deposicionais e erosivos.

No compartimento entre Tabatinga e Picinguaba, porção central e norte do setor Cunhambebe da APAMLN, o litoral é bastante recortado, com numerosas ilhas. A área costeira deste compartimento é bastante comprimida pelas vertentes da Serra do Mar e esporões que avançam e adentram ao mar. As drenagens não são significativas neste trecho do litoral paulista. As praias estão recuadas em baías e enseadas, com características morfodinâmicas e sedimentológicas diversas, em função do grau de exposição aos trens de ondas incidentes. As praias são menos sujeitas à ação de deriva

litorânea sendo a remobilização dos sedimentos feita por dinâmica *onshore-offshore* e correntes locais.

Foram identificados seis arcos praias com tendências erosivas, sendo dois em Caraguatatuba (praias de Massaguaçu e Tabatinga) e quatro em Ubatuba (praias Maranduba, Praia Grande, Barra Seca e Ubatumirim/Estaleiro).

Algumas desembocaduras apresentaram processos erosivos e deposicionais, destacando-se:

No setor Cunhambebe:

- Praia da Fazenda – Rio Picinguaba – cordão arenoso sofrendo agradação;
- Praia Ubatumirim – Rio Iriri – erosão no cordão e assoreamento da base interna da desembocadura
- Perequê-Açu – Barra-Seca – processo intenso de erosão e progradação do cordão arenoso
- Rio e Praia Maranduba – assoreamento da foz
- Rio e Praia Mococa – erosão da praia interna da desembocadura e da praia, progredando o cordão arenoso
- Lagoa Azul / Rio Massaguaçu – abertura artificial do cordão arenoso

No setor Maembipe:

- Rio Nema, Praia do Bonete – indício de modificação da margem direita e profundidade

No setor Ypautiba:

- Praia e Rio Boiçucanga – enrocamento artificial, com margem direita ocupada por marina, operação constante de dragagem na desembocadura;
- Rio Camburi e Praias Camburi e Camburizinho – a desembocadura que era em Camburizinho passou a ser em Camburi, com perda de meandramento da desembocadura;
- Rio e praia Barra do Sahy – erosão da margem direita e deposição da foz, no canto esquerdo da praia, possivelmente associado a aumento de vazão do rio.
- Rio e praia Barra do Una – margem esquerda ocupada por marinas, assoreamento da foz do rio, que sofre com operação constante de dragagem.

3.1.2.1.2 Caracterização Oceanográfica

Neste item são descritas as características da oceanografia física. Inicialmente são apresentadas as características mais importantes da Plataforma Continental Sudeste (PCSE) e Plataforma Continental de São Paulo (PCSP), que influenciam a região da APAMLN. Na sequência do documento, são apresentadas as características específicas para a região da APAMLN. Esta compartimentação é aplicada nos seguintes tópicos que contemplam as variações de correntes, temperatura, salinidade, nível do mar e ondas.

■ Correntes, temperatura e salinidade

Plataforma Continental Sudeste e Plataforma Continental de São Paulo

Conforma apresentado anteriormente no item de *Configuração da linha de costa e características do fundo marinho*, a Plataforma Continental Sudeste (PCSE) está compreendida entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta (SC), variando sua profundidade desde a linha de costa até aproximadamente 200 m. Além da compartimentação morfológica apresentada, 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 que, posteriormente, foi estendida para toda a PCSE por Rezende (2003). Esta compartimentação 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). 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 (2011) e Mazzini (2009) indicam que as correntes de maré são mais importantes perpendicularmente à linha de costa.

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

Movimentos sobre a PCI

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

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

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

Movimentos sobre a PCM

Ao largo de Ubatuba – SP, em período de inverno, Castro (1996) verificou que na PCM, o fluxo é predominantemente para SW, com inversões para NE sendo frequentes. Desta forma, o autor classifica como sendo a principal forçante para este compartimento da PCM o vento. Mazzini (2009) também indica corrente fluindo para SW nesta porção da Plataforma Continental Sudeste, 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 (1998) 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** Erro! Fonte de referência não encontrada. mostra esquematicamente a posição da compartimentação da PCSE e suas principais forçantes para os movimentos das correntes.

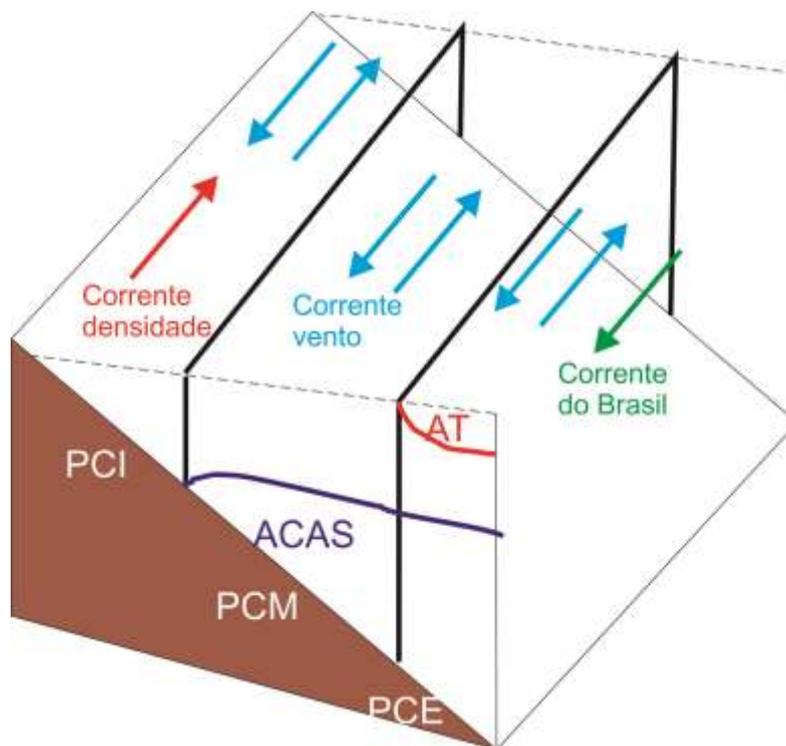


Figura 3.1.2.1.2-1 – Esquema da compartimentação dinâmica da Plataforma Continental Sudeste, incidente sobre a APAMLN. PCI: plataforma continental interna; PCM: plataforma continental média; PCE: plataforma continental externa; ACAS: Água Central do Atlântico Sul; AT: Água Tropical. A seta vermelha indica 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).

Assim, 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, como, por exemplo, Emilson (1961) e Silva (1995), 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 entre 34,2 (no verão) e 34,5 (no inverno), com uma temperatura média de 26 °C (no verão) e 22 °C (no inverno), porém este valor pode variar consideravelmente dependendo da distância com relação a desembocaduras fluviais principalmente.

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 picnoclina¹ junto a quebra da Plataforma Continental, ocupando parte do fundo da PCSE e apresenta um intervalo grande de temperatura e salinidade - **Quadro 3.1.2.1.2-1**. Em eventos de ventos favoráveis, as águas superficiais podem ser deslocadas para o oceano aberto e, por continuidade, esta água que está no assoalho da PCSE pode atingir camadas superiores da coluna de água. A ACAS é importante para a região costeira porque sua alta concentração de nutrientes favorece o crescimento de microalgas, levando a um aumento da produtividade primária, com implicações também sobre os demais organismos do ecossistema influenciado pela massa d'água, podendo levar a alterações em toda a teia trófica (LASS & MOHRHOLZ, 2008; MOSER & GIANESELLA-GALVÃO, 1997; PEREIRA & EBECKEN, 2009; MARIANO *et al.*, 2012). 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** Erro! Fonte de referência não encontrada.. 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.

¹ Picnoclina: profundidade na coluna d'água onde a salinidade varia bruscamente.

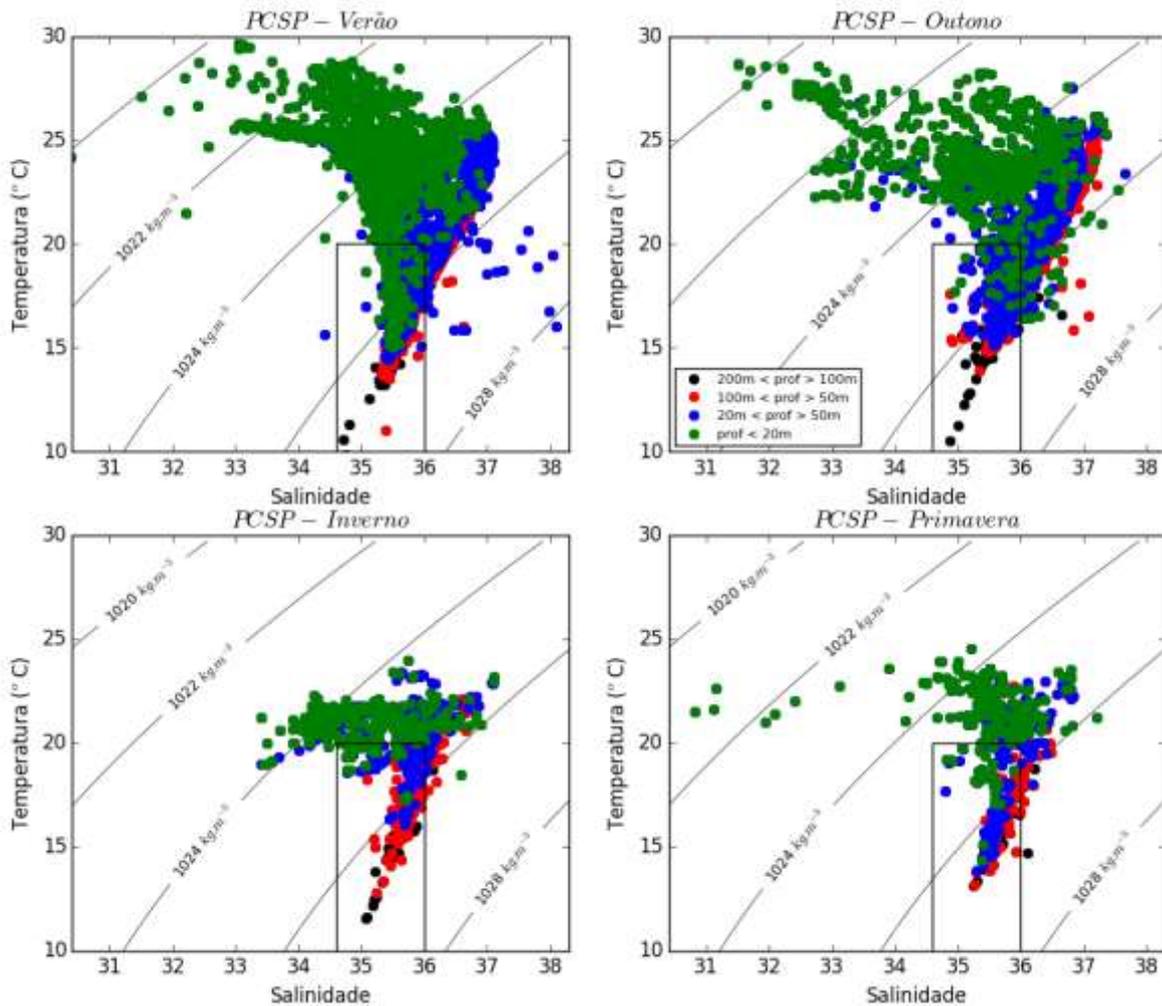


Figura 3.1.2.1.2-2 – Diagramas TS para a PCSE durante o verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). O quadrado com bordas pretas indica os limites termohalinos da massa de água ACAS. Fonte de dados: Banco Nacional de Dados Oceanográficos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

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 PCSP, que estão disponíveis no **Anexo 3.1-9** deste documento. Estes campos mostram maiores temperaturas superficiais para os meses de verão e outono, e menores no inverno e primavera. Conforme avança-se para o interior da coluna de água, ocorre um decréscimo da temperatura, atingindo valores de 20°C nas profundidades de 25 m na porção norte da PCSP durante os meses de verão e primavera.

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

Com estes campos termohalinos e de posse dos limites estabelecidos na literatura - **Quadro 3.1.2.1.2-1**, foi possível estabelecer a posição média das massas de água na área de estudo. Da **Figura 3.1.2.1.2-3** Erro! Fonte de referência não encontrada. a **Figura 3.1.2.1.2-7** Erro! Fonte de referência não encontrada. 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:

- 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 se aproxima da parte norte da PCSP 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;
- Durante o verão e a primavera, a partir de 25 m de profundidade observa-se a presença da ACAS na porção norte da PCSP. Este é um fator importante que mostra em média, durante estes meses, as águas destas profundidades estão tomadas pelas ACAS que possuem grande riqueza de nutrientes. Em profundidades superiores a 50 m todo o fundo da área de estudo é tomado pela ACAS.

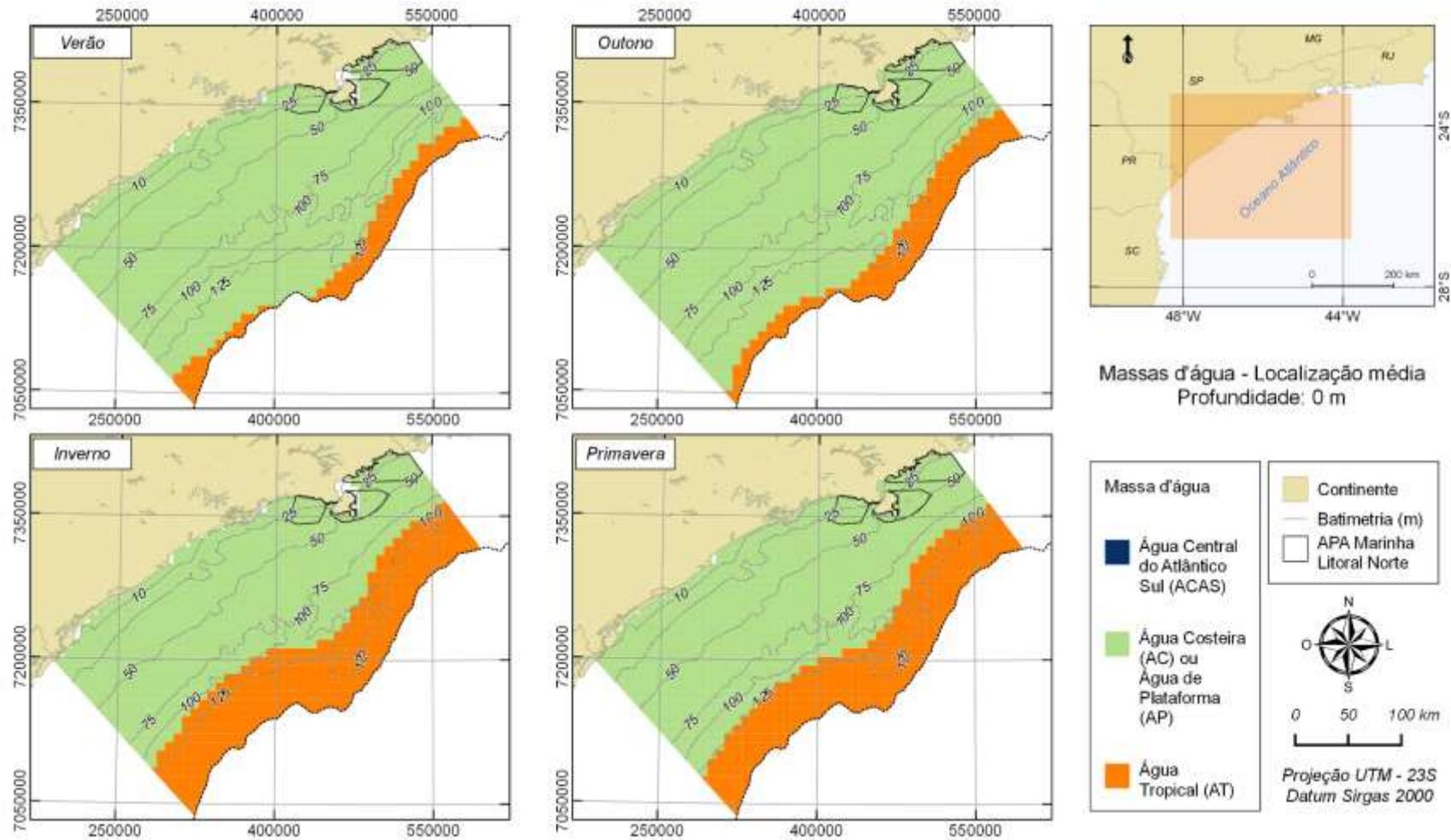


Figura 3.1.2.1.2-3 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 0 m. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

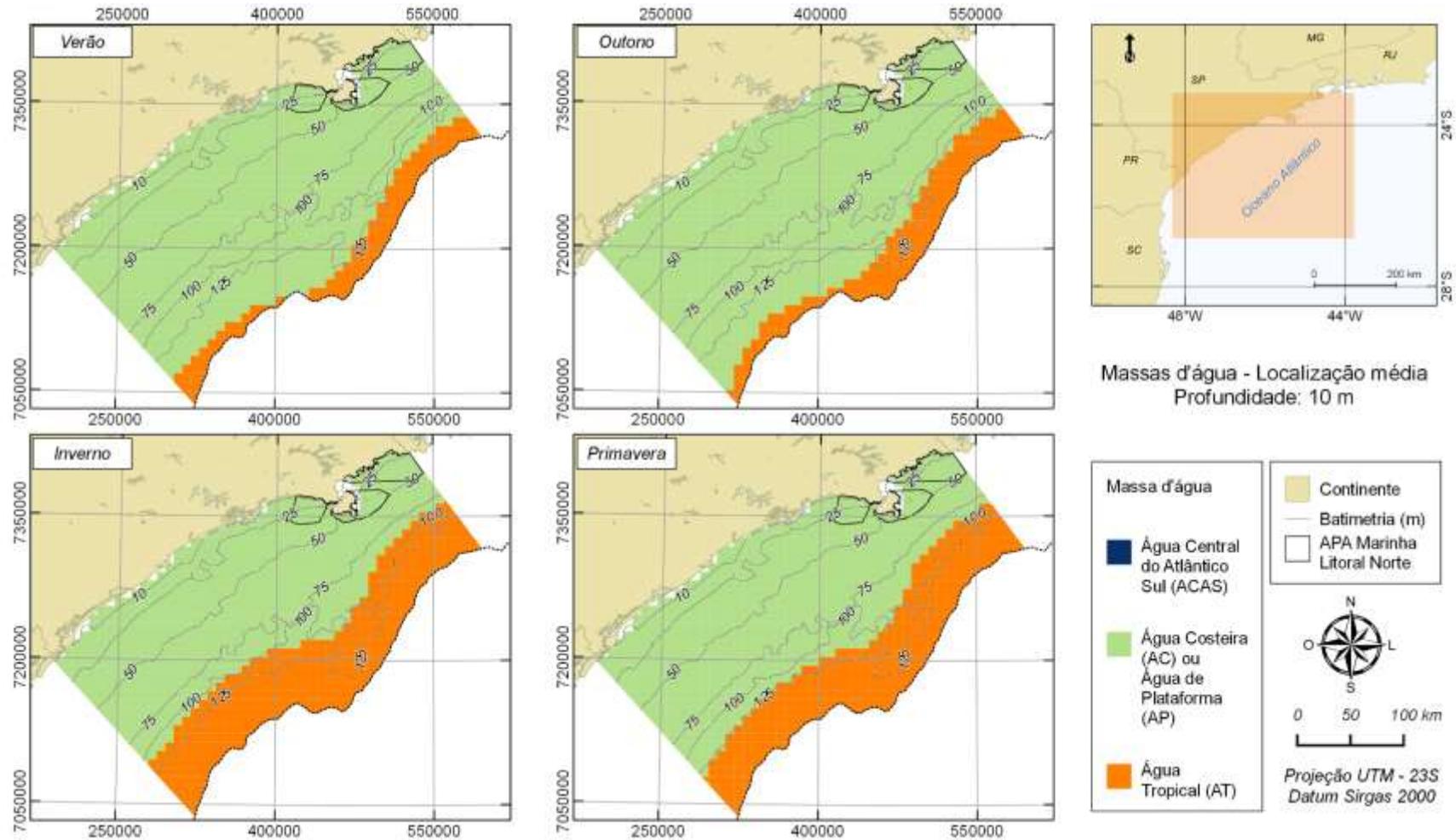


Figura 3.1.2.1.2-4 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 10 m. Painel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

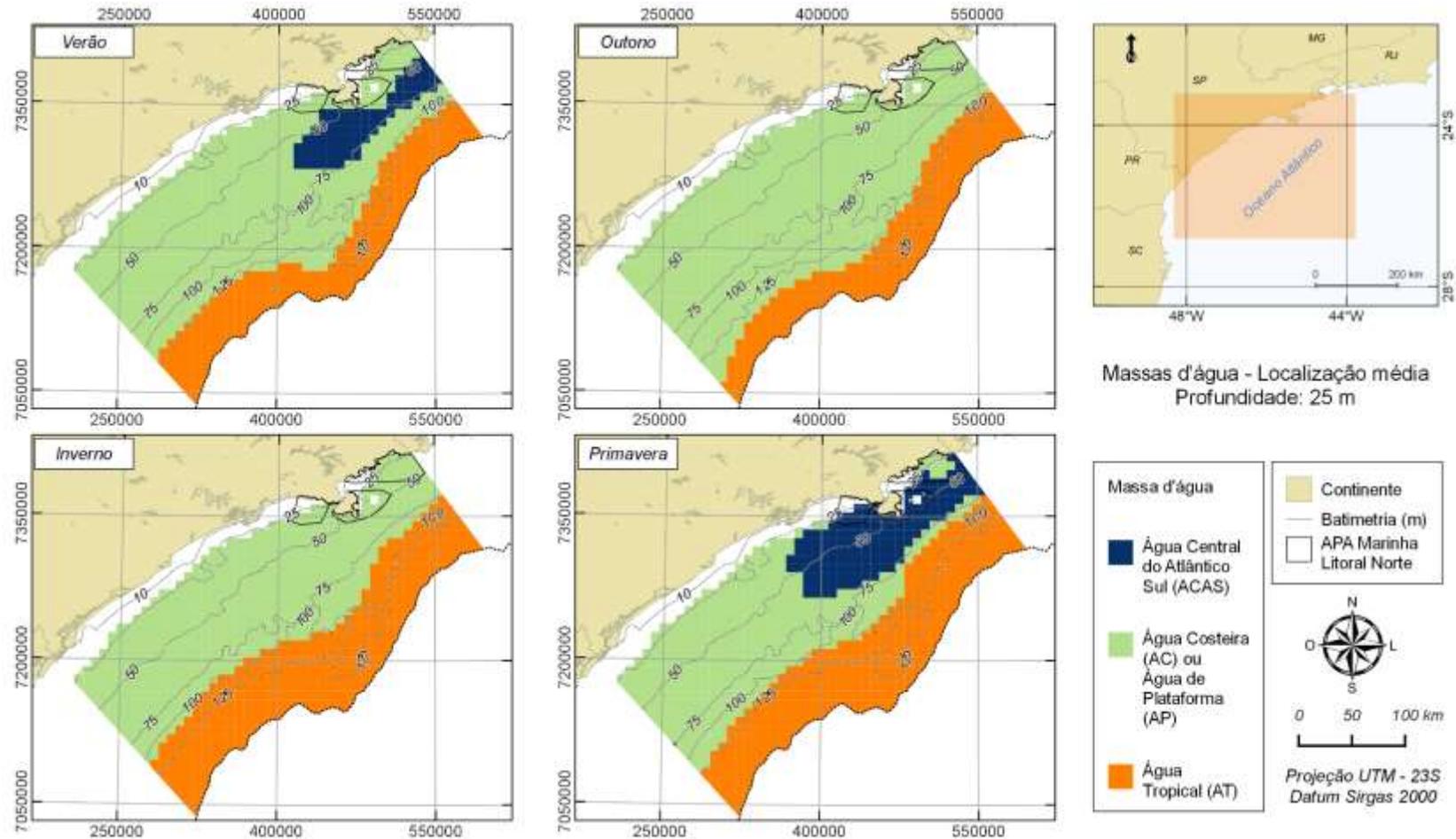


Figura 3.1.2.1.2-5 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 25 m. Pannel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

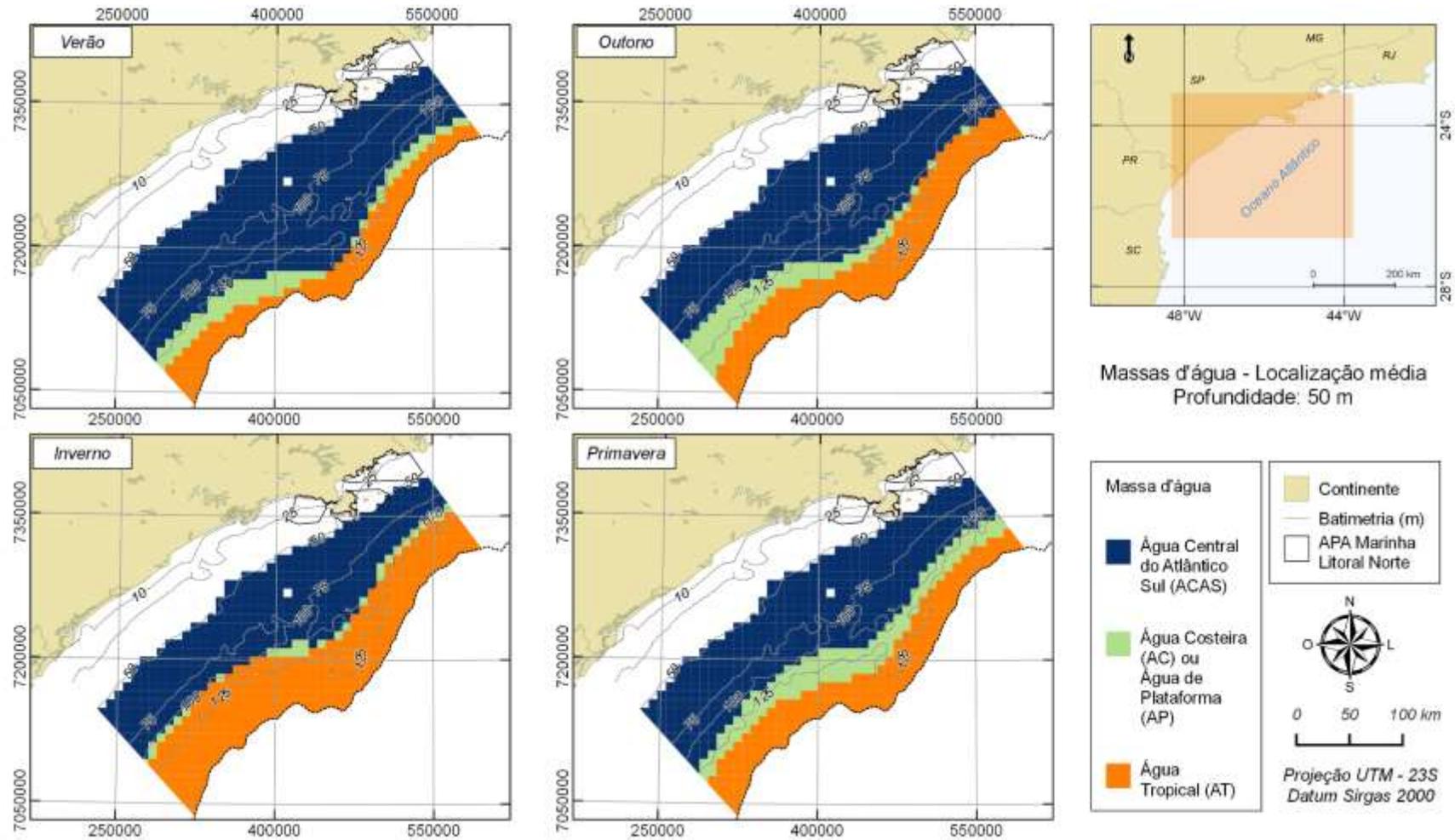


Figura 3.1.2.1.2-6 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 50 m. Painel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

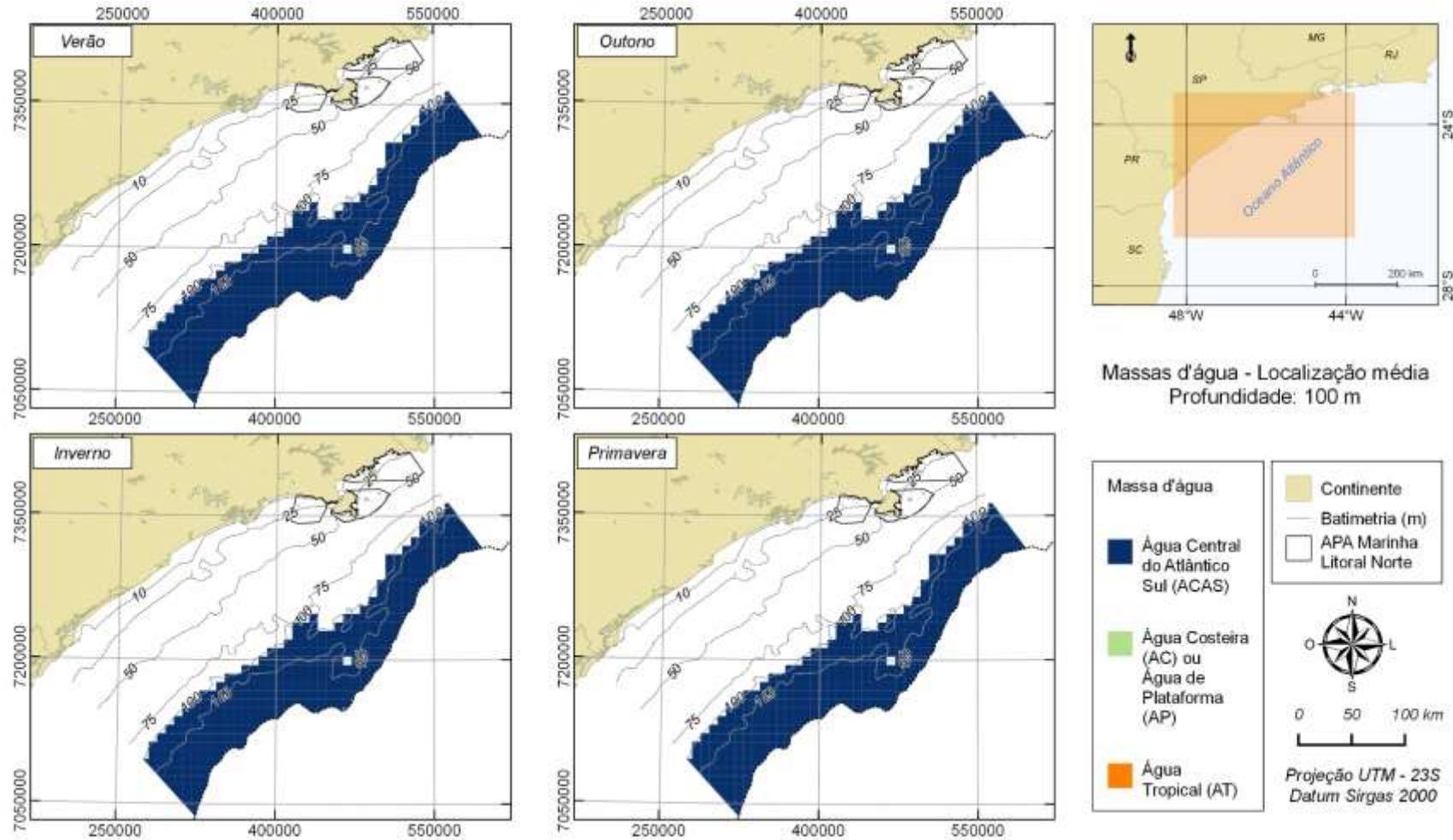


Figura 3.1.2.1.2-7 – Posição média das massas de água na área de estudo na profundidade de 100 m. Painel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

Conforme descrito anteriormente, as correntes que movimentam estas massas de água 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 estabelecer o padrão médio de correntes para a PCSP. A **Figura 3.1.2.1.2-8** mostra o regime médio de corrente superficial durante as estações de verão, outono, inverno e primavera, para toda PCSP. A distribuição das correntes nas profundidades de 6 m, 10 m, 25 m, 50 m e 100 m estão apresentadas no **Anexo 3.1-10** 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 PCSP nota-se um fluxo unidirecional, para sudoeste, caracterizado pela Corrente do Brasil, fluxo esse já identifica nas distribuições de temperatura, salinidade e massas de água apresentadas anteriormente, nota-se que esta corrente transporta a AT, conforme descrito na literatura. Este fluxo unidirecional é observado desde as camadas superiores até as camadas mais profundas da área de estudo. Esta descrição é condizente com o descrito por Castro (1996), Souza (2000) e Moreira (1998), por exemplo.

Já entre as batimetrias de 50 m e 100 m ocorre a transição entre as correntes costeiras, da PCI, e as correntes da PCE 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.* (2009). Ao longo da coluna d'água também não é observada inversão de corrente nesta região, também condizente com Castro (1996) e Mazzini (2009), por exemplo.

Já na região da PCI são presentes correntes que não estão necessariamente associadas à distância da costa. Na região ao sul de Ilhabela as correntes superficiais têm sentido preferencial para NW, corroborando resultados observacionais de Moreira (1998), Mazzini (2009), e indicativos de Rezende (2003), Coelho (2007) e Ruffatto (2012). Esta configuração indica a importância da descarga de água continental, alterando a estrutura de densidade e forçando correntes baroclínicas² 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.

² Correntes baroclínicas – correntes que são geradas devido as variações de densidade.

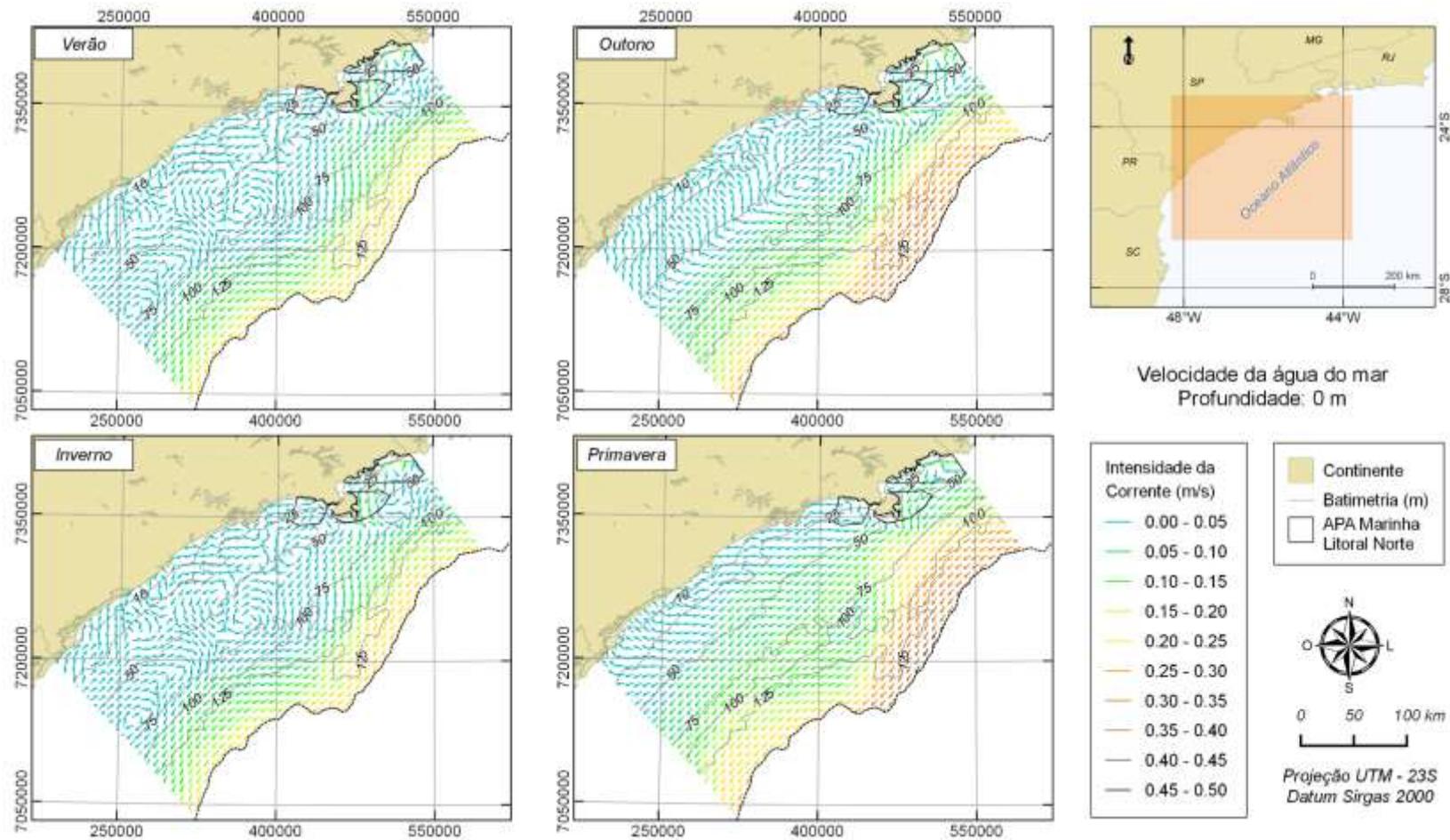


Figura 3.1.2.1.2-8 – Corrente superficial média para a Plataforma Continental de São Paulo. Os vetores indicam a direção e as cores a intensidade, de acordo com a escala graduada. Painel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera.

Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

Região da APAMLN – porção norte da PCSP

Os setores Cunhambebe, Maembipe e Ypautiba da APAMLN estão localizados na PCI da região norte da PCSP e englobam as Baías, Enseadas e desembocaduras dos rios na região.

Para as regiões mais afastadas da costa da APAMLN, nos pontos descritos no item **2. Metodologia**, onde as massas de água e correntes são regidas pelos movimentos descritos para a PCI da PCSP, analisando os setores das APAMLN – Cunhambebe, Maembipe e Ypautiba, da **Figura 3.1.2.1.2-9** a **Figura 3.1.2.1.2-11** são apresentados diagramas T-S, tanto a partir de dados coletados *in situ* obtidos junto ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos, quanto dados provenientes da reanálise Consortium Hycom (2016), conforme apresentado no item **2. Metodologia**.

Estes diagramas T-S mostram que no setor Cunhambebe é observada raríssima presença da AT. Com relação à ACAS, esta aparece em todas as estações do ano, principalmente em profundidade maiores que 25 m. No verão e na primavera é possível encontrar esta massa de água também nas camadas superiores da coluna de água. Fato similar é observado para o setor Maembipe. Entretanto, nos meses de outono e inverno a ACAS não aparece neste setor em nenhuma profundidade, inclusive na camada de fundo. Já no verão e primavera esta ocorre em todas as profundidades. Novamente a AT é pouco observada. O setor Ypautiba também apresenta diagramas T-S similares aos descritos para o setor Cunhambebe. Em todas as épocas do ano ocorre a presença da ACAS, com destaque para o outono com presença somente nas camadas de fundo. Também não é observada a presença da AT neste setor.

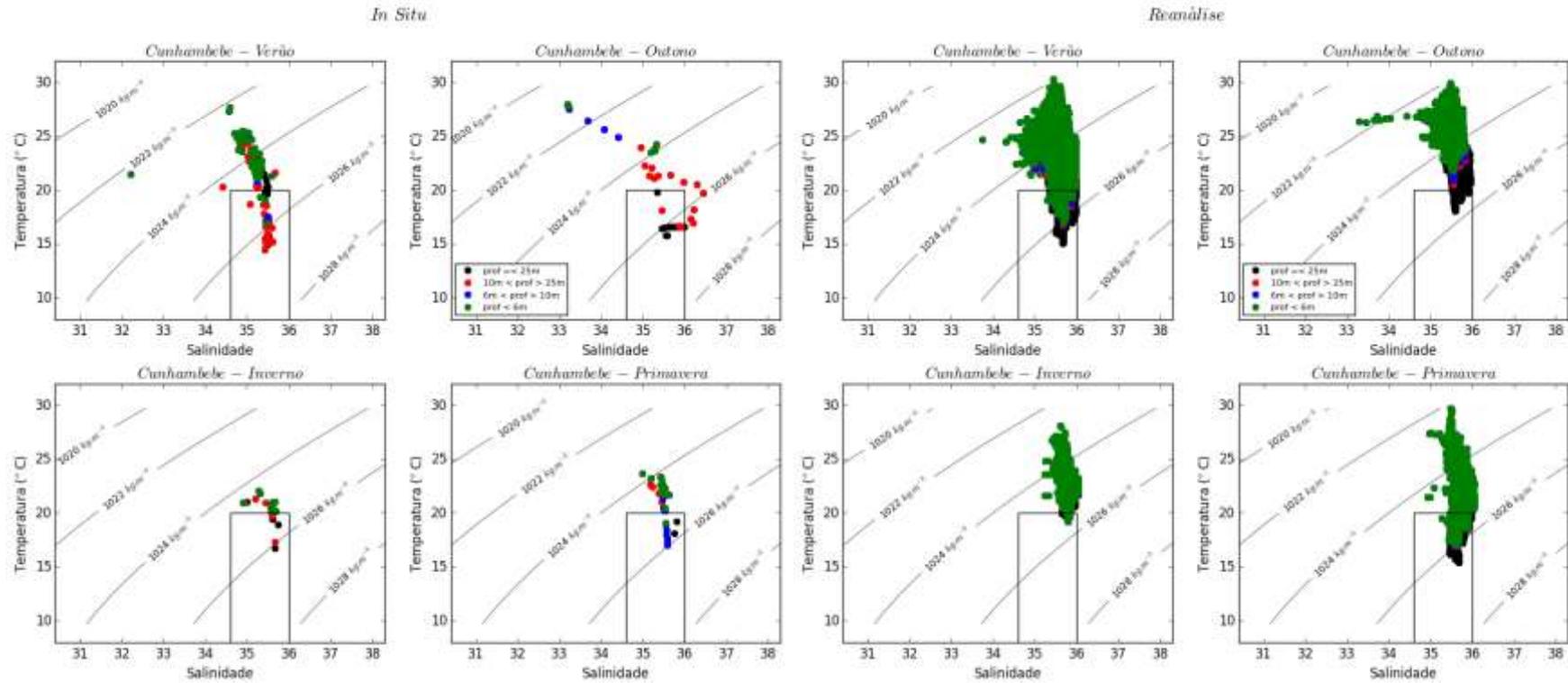


Figura 3.1.2.1.2-9 – Diagramas TS para o setor Cunhambebe durante o verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). O quadrado com bordas pretas indica os limites termohalinos da massa de água ACAS. Os painéis da esquerda têm como fonte o Banco Nacional de Dados Oceanográficos – BNDO enquanto que os da direita da reanálise de HYCOM consortium (2016).

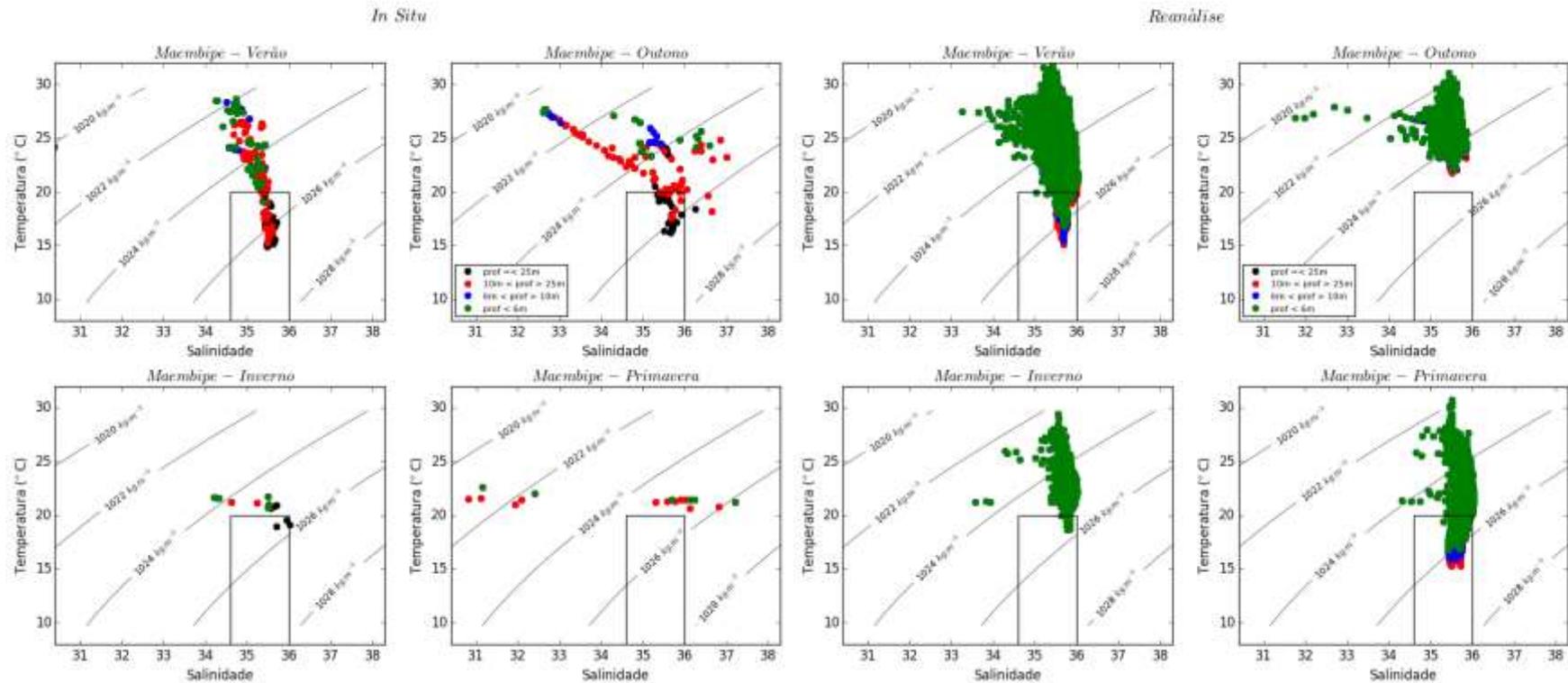


Figura 3.1.2.1.2-10 – Diagramas TS para o setor Maembipe durante o verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). O quadrado com bordas pretas indica os limites termohalinos da massa de água ACAS. Os painéis da esquerda têm como fonte o Banco Nacional de Dados Oceanográficos – BNDO enquanto que os da direita da reanálise de HYCOM consortium (2016).

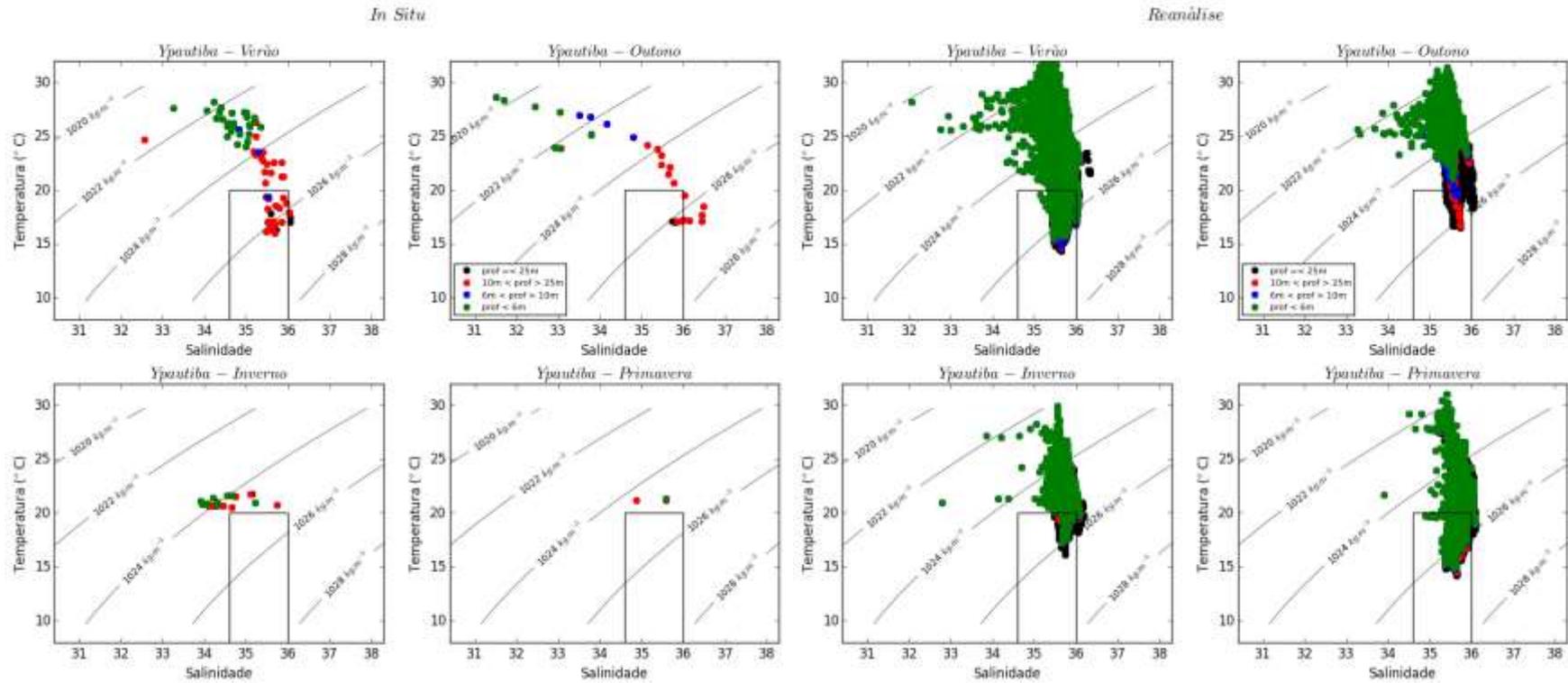


Figura 3.1.2.1.2-11 – Diagramas TS para o setor Ypautiba durante o verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). O quadrado com bordas pretas indica os limites termohalinos da massa de água ACAS. Os painéis da esquerda têm como fonte o Banco Nacional de Dados Oceanográficos – BNDO enquanto que os da direita da reanálise de HYCOM consortium (2016).

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 no item **2. Metodologia**. Os valores sazonais médios, mínimos e máximos para as séries obtidas nos setores Cunhambebe, Maembipe e Ypautiba estão apresentados na Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-12** e na **Tabela 3.1.2.1.2-1**

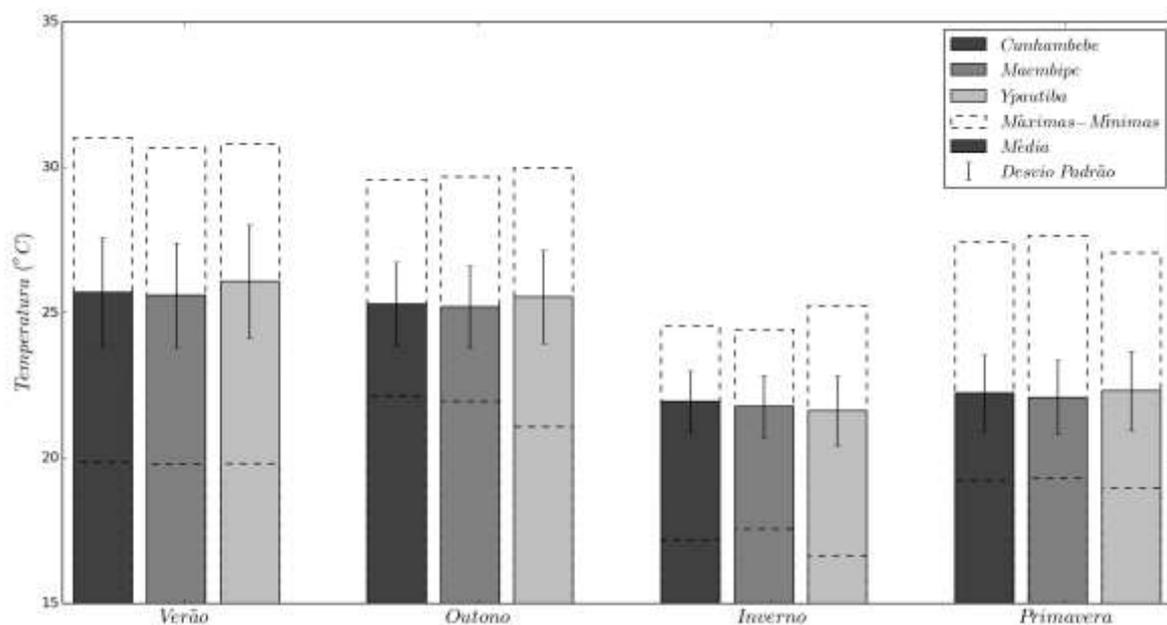


Figura 3.1.2.1.2-12 – Estatística básica da temperatura superficial da água nos setores Cunhambebe Maembipe e Ypautiba da APAMLN. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Tabela 3.1.2.1.2-1 – Estatística básica da temperatura superficial da água nos setores Cunhambebe Maembipe e Ypautiba da APAMLN. Valores em °C. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Setor	Verão			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Cunhambebe	25,70	19,85	31,00	1,88
Maembipe	25,59	19,78	30,65	1,81
Ypautiba	26,07	19,81	30,79	1,96
Outono				
Cunhambebe	25,28	22,12	29,57	1,44
Maembipe	25,19	21,95	29,67	1,42
Ypautiba	25,54	21,07	29,97	1,60
Inverno				
Cunhambebe	21,94	17,17	24,53	1,06
Maembipe	21,77	17,56	24,42	1,08
Ypautiba	21,62	16,64	25,24	1,20

Setor	Verão			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Primavera				
Cunhambebe	22,24	19,21	27,41	1,32
Maembipe	22,08	19,29	27,63	1,27
Ypautiba	22,31	18,96	27,05	1,37

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 inferiores a temperatura da ACAS, indicando a ocorrência desta massa de água na superfície na APAMLN nestes períodos sazonais. Já no inverno, embora a temperatura também esteja relacionada com a faixa da ACAS, esta está associada a AC sazonal, com baixos valores de salinidade. Observa-se também que os valores de desvio padrão são maiores no verão, indicando grande variabilidade deste parâmetro durante esta estação do ano. Castro (1996) indica que na porção norte do litoral de São Paulo a ocorrência da ACAS em superfície está associada principalmente a eventos remotos, principalmente a ressurgência costeira que pode ocorrer no litoral do estado do Rio de Janeiro.

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

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

A e a Erro! Fonte de referência não encontrada. mostram a temperatura da superfície do mar para o dia 09/10/2007 e 04/12/2008, respectivamente. Nestes mapas é possível observar a presença de águas de temperaturas menores que 20°C sobre toda a região da APAMLN, e também sobre as regiões costeiras ao norte, evidenciando que toda esta região da PCSE é susceptível a afloramento de ACAS na superfície.

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

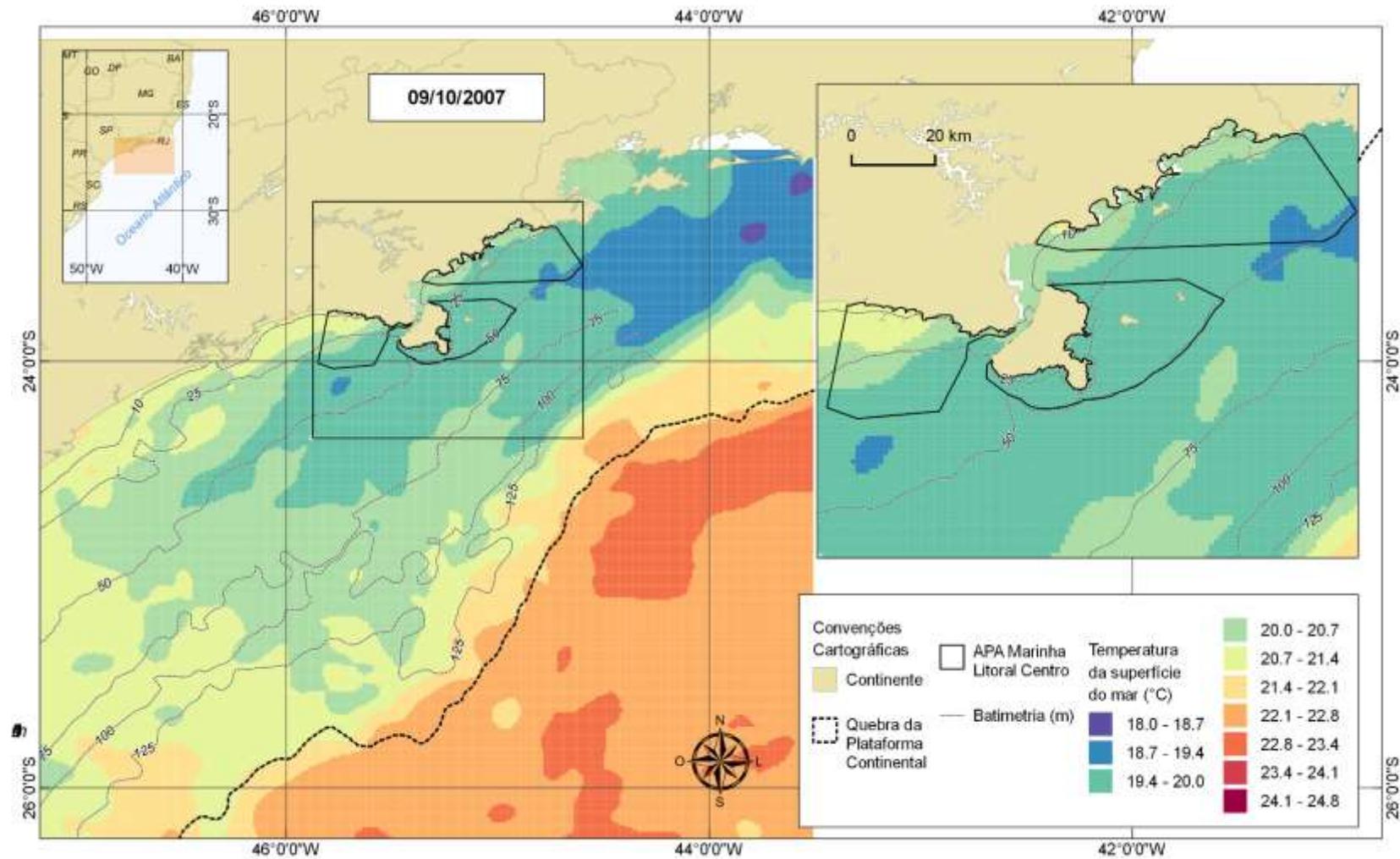


Figura 3.1.2.1.2-13 – Temperatura da superfície do mar para o dia 09/10/2007. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

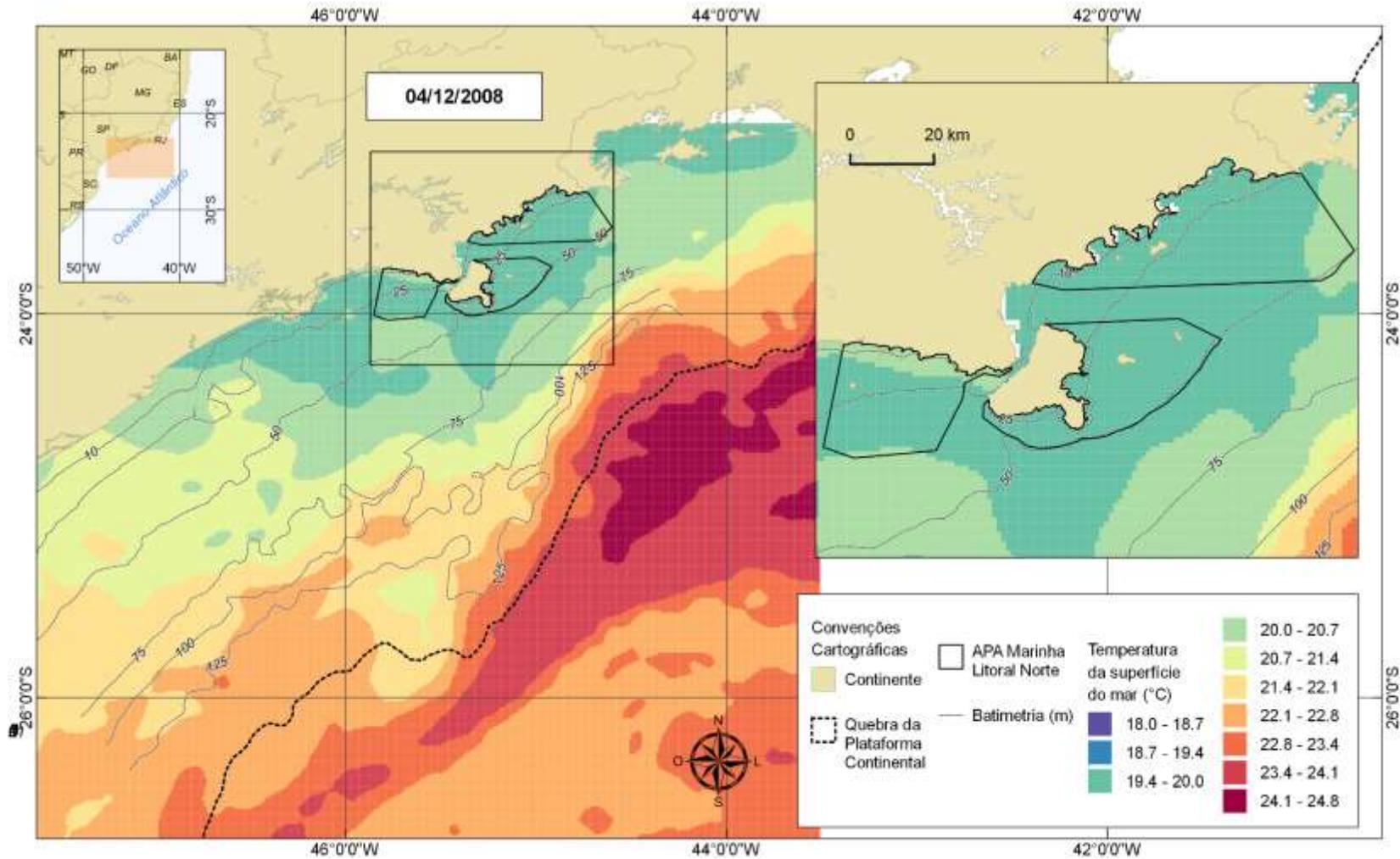


Figura 3.1.2.1.2-14 – Temperatura da superfície do mar para o dia 04/12/2008. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

A **Figura 3.1.2.1.2-15** eErro! Fonte de referência não encontrada. a **Figura 3.1.2.1.2-16** mostram os vetores de vento coletados na série Maembipe, apresentada no item 3.1.1.2. **Caracterização dos parâmetros meteorológicos**, para estes períodos de ocorrência de ACAS na superfície da APAMLN. Nestas séries é possível perceber a ocorrência de ventos constante de NE por um longo período, propiciando o ajuste de tempo necessário para que ocorra o deslocamento das águas superficiais para o largo e a ACAS alcance a superfície.

Este afloramento pode ocorrer em regiões mais ao norte a APAMLN e estas águas serem advectadas para a área de estudo. Este seria uma influência remota para a presença da ACAS na superfície da APAMLN.

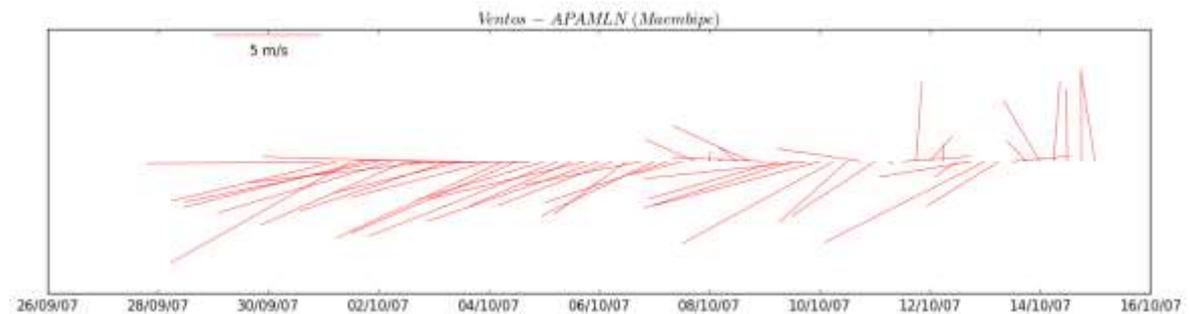


Figura 3.1.2.1.2-15 – Vetores vento de vento para o período entre 30/09/2007 e 15/10/2007. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

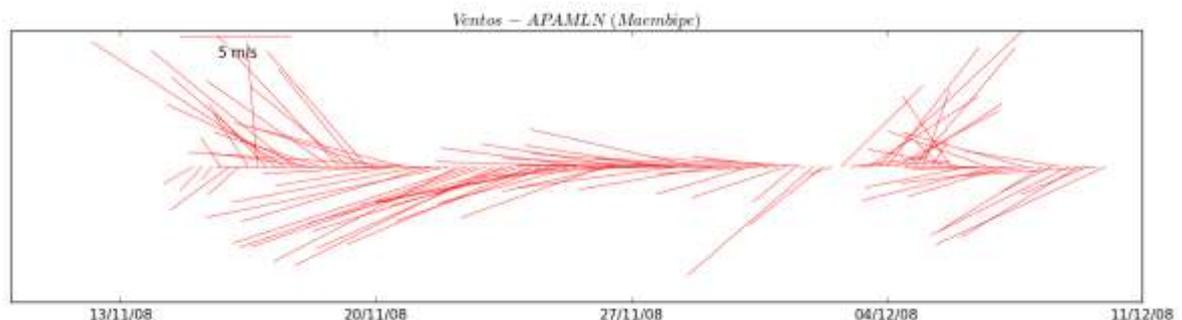


Figura 3.1.2.1.2-16 – Vetores vento de vento para o período entre 14/11/2008 e 04/12/2008. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Analisando o comportamento interanual da temperatura da superfície do mar na APAMLN, aErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-17** mostra as temperaturas superficiais médias, mínimas e máximas para os setores Cunhambebe, Maembipe e Ypautiba entre os anos de 2003 e 2015. Estes gráficos mostram que as variações entre os setores ocorrem de maneira homogênea, ou seja, os setores da APAMLN variam a temperatura ao longo do ano de forma

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

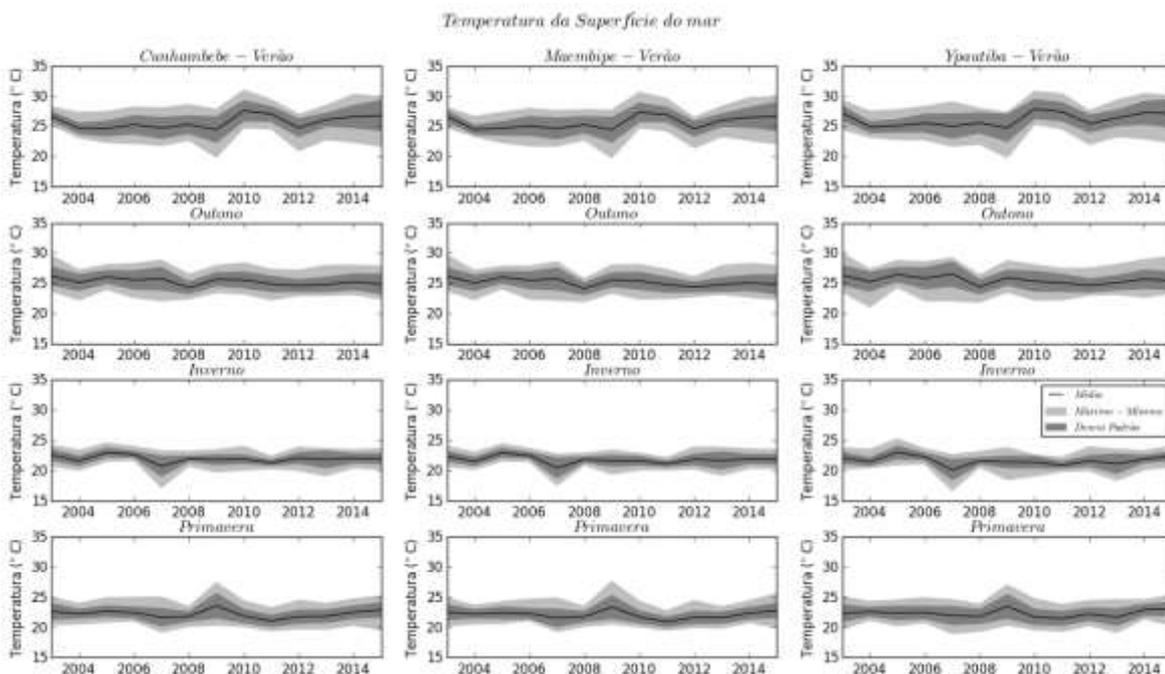


Figura 3.1.2.1.2-17 – Variação interanual da temperatura da superfície do mar na APAMLN. Painéis da esquerda para o setor Cunhambebe, centrais para o setor Maembipe e da esquerda para o setor Ypautiba. As linhas indicam as estações do ano, do verão, superiores, para a primavera, inferiores. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Para o interior das Baías e Enseadas da APAMLN, medições de temperatura e salinidade *in situ* de longo período são inexistentes, destacando-se poucos trabalhos que se dedicaram a fazer medições durante alguns meses e anos específicos.

Para a região norte do setor Cunhambebe, na região das Enseadas de Ubatumirim e Pinguaba, destaca-se o trabalho desenvolvido por Rodrigues *et al.* (2002), que realizou levantamentos pontuais de temperatura e salinidade, ao longo da coluna d'água, dispostos em três perfis aproximadamente paralelos às desembocaduras das enseadas, cobrindo suas porções externas médias e internas. Esses levantamentos foram realizados bimestralmente, em um total de 8 campanhas no ano de 1993 e 1994.

Rodrigues *et al.* (2002) mostram que valores de temperatura e salinidade levantados nos meses de março e maio de 1993 apresentam estratificação bem marcada, com valores de temperatura e salinidade indicando entrada de águas mais frias e salinas nas porções leste das enseadas. Já nos meses de julho e setembro, a estrutura oceanográfica das enseadas apresentou baixas amplitudes nos valores termohalinos, revelando uma tendência à homogeneização, que se inverte no mês de novembro de 1993, com grandes amplitudes térmicas e estratificação marcante. Para este mês os autores destacam que as temperaturas atingiram valores mínimos menores que 17°C, junto ao fundo, que podem ser relacionadas com a penetração da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Destaca-se também que na campanha de maio de 1994 ocorreu uma diminuição na amplitude térmica nas porções internas da enseada, voltando a apresentar uma estrutura com penetração preferencial de água oceânica pelas porções orientais das enseadas.

Ou seja, Rodrigues *et al.* (2002) mostram que durante os meses de verão e primavera a aproximação da ACAS na linha de costa pode atingir os fundos das Baías na porção norte do setor Cunhambebe, enquanto durante o inverno e outono esta massa d'água não está presente na região. Estes resultados corroboram as distribuições apresentadas anteriormente para as posições médias dessa massa de água na PCI.

Para a região mais ao sul do setor Cunhambebe, englobando as Enseadas de Ubatuba, Toninhas, Flamengo, Fortaleza e do Mar Virado, destacam-se os estudos de Mahiques (1995) e Caroli (2010), sendo este último focado na Enseada do Flamengo.

Mahiques (1995) diz que a estrutura termohalina destas enseadas apresentou notável variabilidade dentro do período analisado (julho/1988, outubro/1988, janeiro/1989, abril/1989 e agosto/1989). Este autor destaca que de em todo o período analisado, apenas em janeiro/1989 foi observada uma estratificação termohalina marcada em todas as enseadas, com a ocorrência de um gradiente de cerca de 10°C, com valores mínimos de 12° C, indicando a presença da ACAS nas camadas de fundo destas Baías. Nos meses de inverno, julho de 1988 e agosto de 1989 o autor observou uma completa homogeneização da coluna d'água.

Os resultados obtidos por Caroli (2010) também indicam maior estratificação da coluna d'água nos períodos de primavera/verão, quando comparados ao período de outono/inverno. Entretanto, os valores mínimos de temperatura observados por este autor não indicaram a presença da ACAS na região durante as medições, indicando que esta massa d'água pode ocorrer na região, mas não de forma constante. Resultados similares foram obtidos por Negreiros-Franozo *et al.* (1991), onde coletas no verão de 1988-1989 também indicaram estratificação vertical, mas com temperaturas nas camadas de fundo superiores a 20° C.

Para os demais setores da APAMLN, Maembipe e Ypautiba, dados observacionais são ainda mais escassos, destacando-se o trabalho desenvolvido por Silva (2001) que analisando diversos dados observacional e aplicando ferramentas numéricas obteve a distribuição termohalina na região em alta resolução para as estações de primavera, verão, outono e inverno - **Figura 3.1.2.1.2-18** a **Figura 3.1.2.1.2-21**. Este autor observou também que durante o verão e primavera as águas se apresentam com marcante variação vertical de temperatura, com menores valores durante a primavera, e indicações da presença da ACAS nas partes de fundo, conforme já descrito anteriormente, tanto para região da PCI quanto para as Enseadas do setor Cunhambebe. Já para as estações de outono e inverno a coluna d'água se apresenta de maneira mais homogênea, principalmente na porção próxima a linha de costa que engloba a APAMLN, apresentado valores de

temperatura superior a 20°C, indicando que nesta época do ano a ACAS não está presente na região, conforme também diagnosticado para as demais porções da APAMLN.

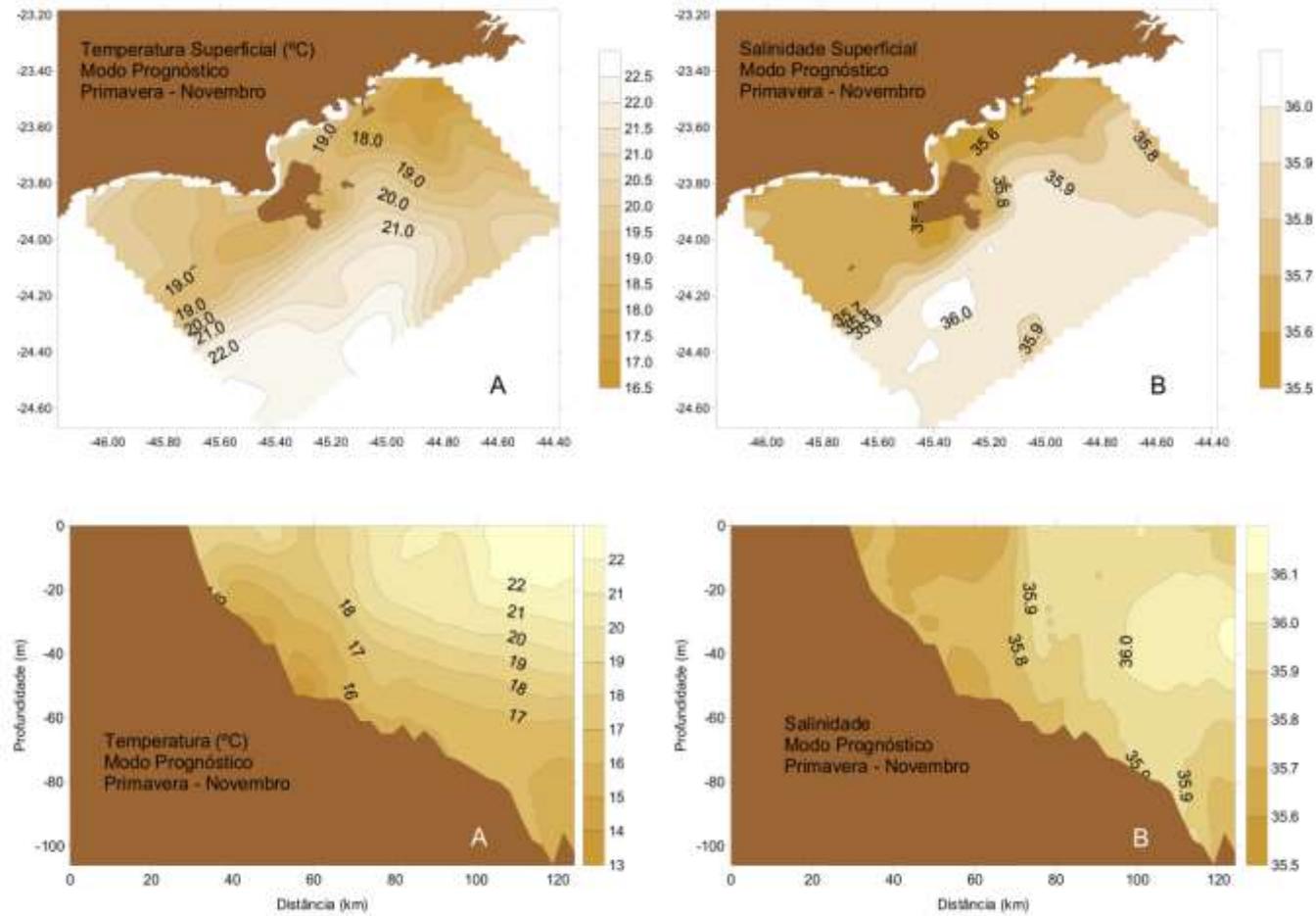


Figura 3.1.2.1.2-18 – Temperatura (painéis da esquerda) e salinidade (painéis da direita) superficial (painéis superiores) e ao longo da coluna d'água, transversalmente ao setor Ypatutiba da APAMLN, para a primavera. Fonte: Silva (2001).

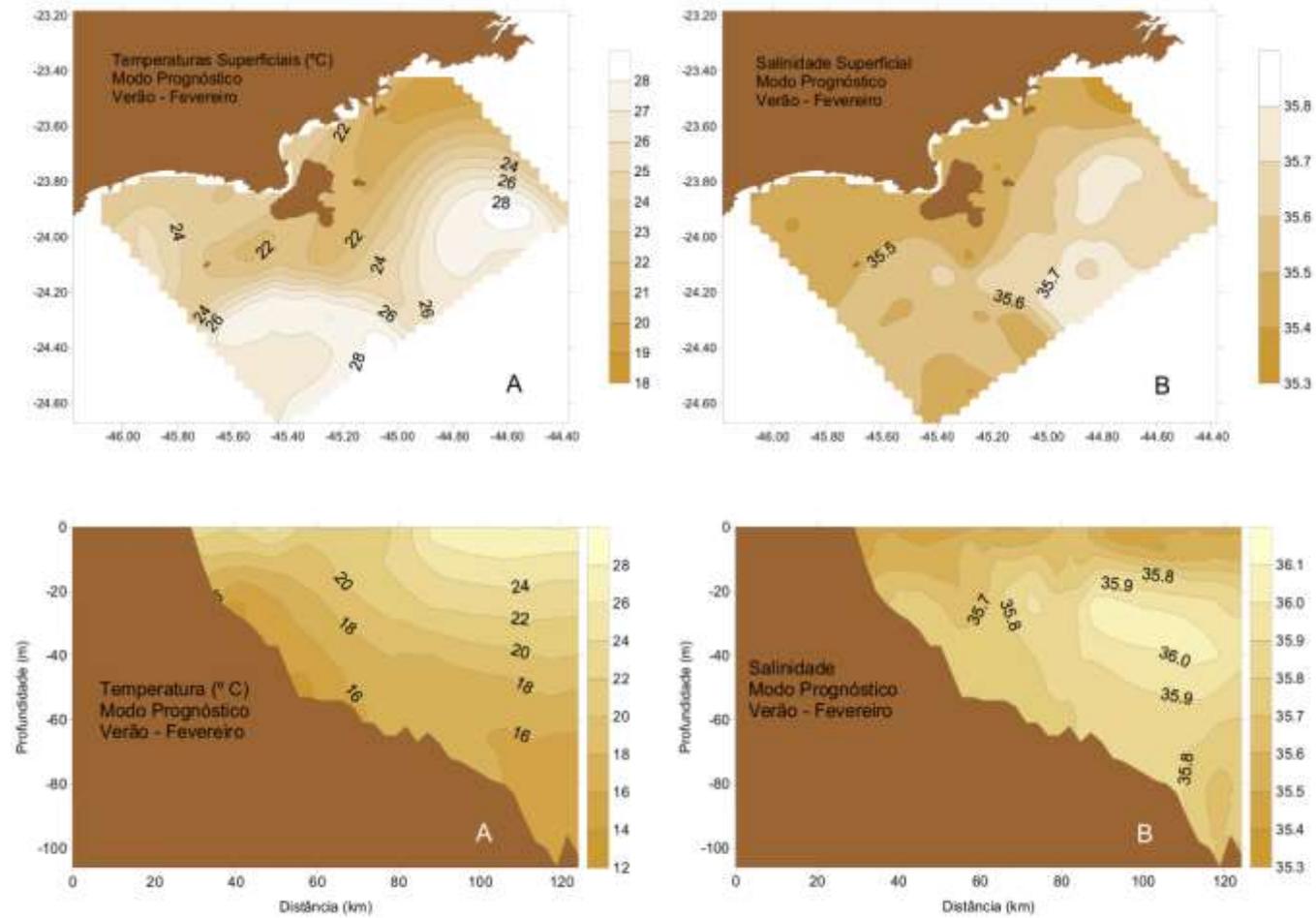


Figura 3.1.2.1.2-19 – Temperatura (painéis da esquerda) e salinidade (painéis da direita) superficial (painéis superiores) e ao longo da coluna d’água, transversalmente ao setor Ypatutiba da APAMLN, para o verão. Fonte: Silva (2001).

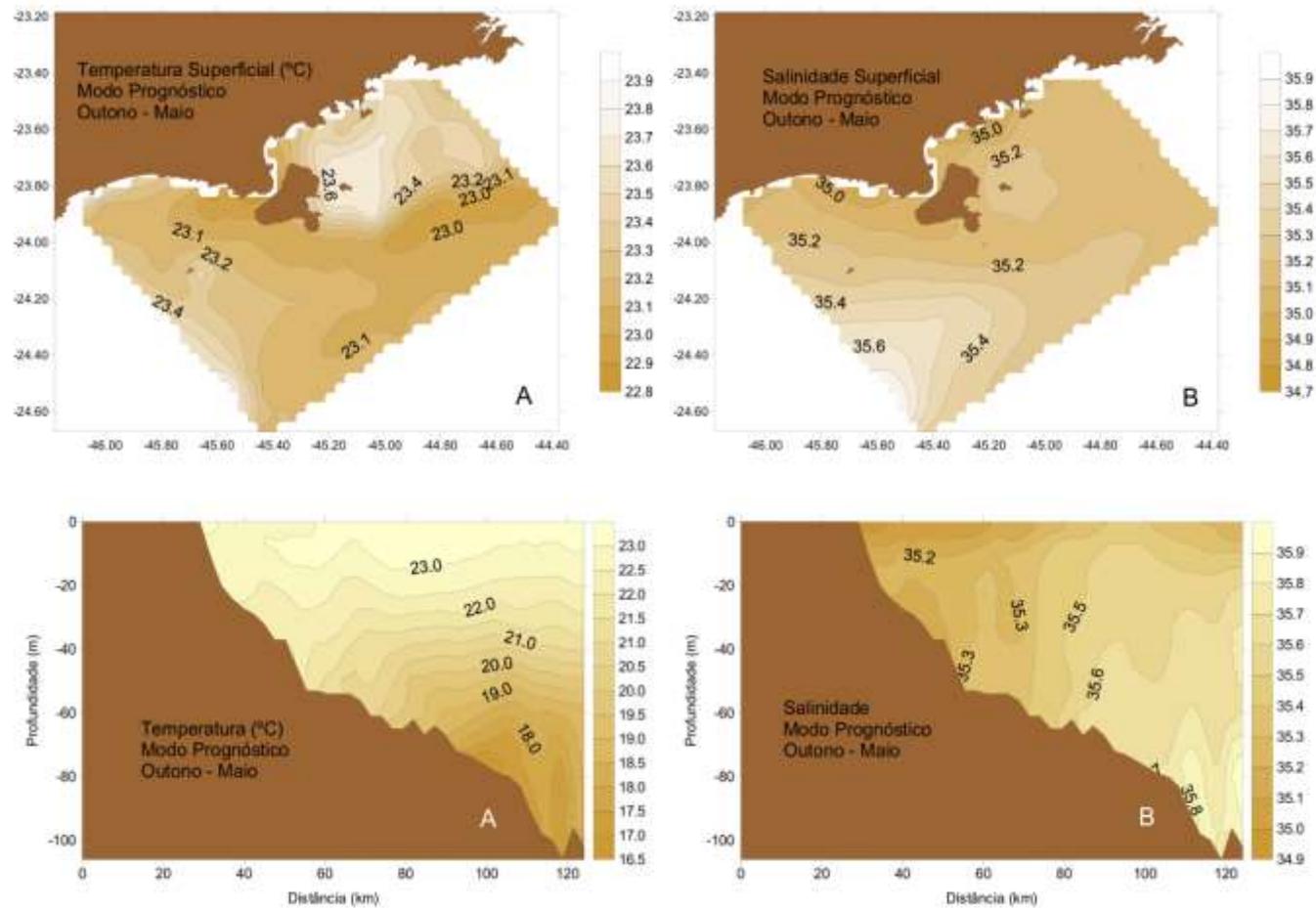


Figura 3.1.2.1.2-20 – Temperatura (painéis da esquerda) e salinidade (painéis da direita) superficial (painéis superiores) e ao longo da coluna d'água, transversalmente ao setor Ypatutiba da APAMLN, para a outono. Fonte: Silva (2001).

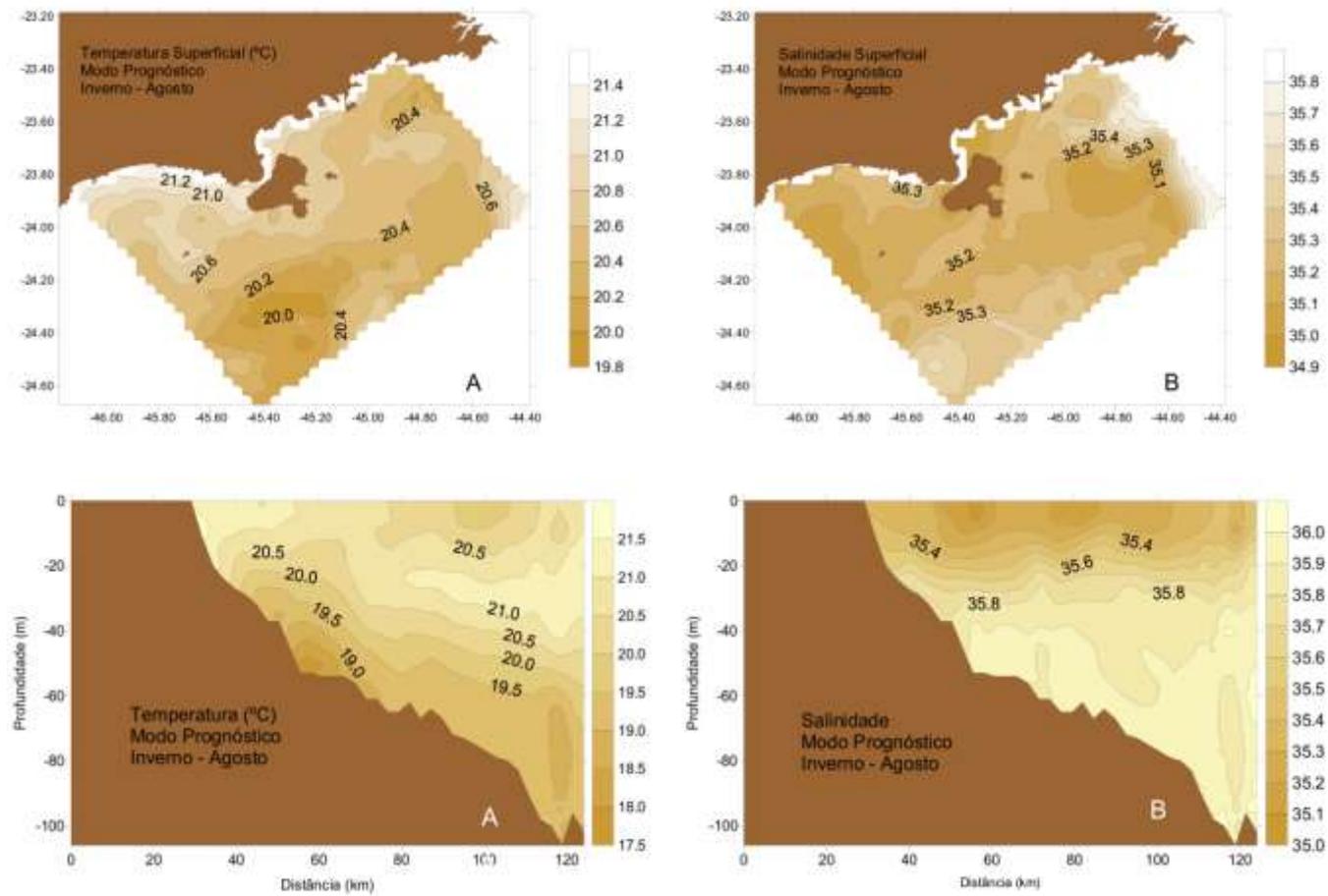


Figura 3.1.2.1.2-21 – Temperatura (painéis da esquerda) e salinidade (painéis da direita) superficial (painéis superiores) e ao longo da coluna d'água, transversalmente ao setor Ypatutiba da APAMLN, para o inverno. Fonte: Silva (2001).

Com foco nas correntes que ocorrem na região da APAMLN, a **Figura 3.1.2.1.2-22** apresenta a partir de dados de reanálise de Consortium Hycom (2016) de 1996 a 2012 o padrão médio de correntes superficiais para a região (figuras para as profundidades de 6, 10 e 25 m estão disponíveis no **Anexo 3.1-10** deste documento). Como descrito anteriormente, este setor da plataforma continental é fortemente influenciado pelos ventos e, na análise meteorológica descrita anteriormente, foi observado que o setor Cunhambebe é o que apresenta as menores intensidades médias de vento, podendo este fator estar associado à orografia regional. Este fator pode também influenciar o regime de correntes, sendo a região abrigada com correntes menos intensas. Assim, observa-se que os setores Cunhambebe e Meambipe possuem correntes médias fluindo para S-SE em todas as profundidades, em todas as estações do ano, com maiores valores em superfície e menores no fundo. Já para o setor Ypautiba, são presentes correntes em superfície para norte e nordeste durante o verão, outono e inverno, e na primavera a corrente é para oeste. Para as três primeiras estações citadas as correntes médias possuem a mesma direção em toda a coluna d'água e durante a primavera ocorre inversão da corrente nas camadas mais profundas. Analisando toda a série da reanálise do Hycom Consortium (2016), de 1996 a 2012, a **Tabela 3.1.2.1.2-2** mostra as estatísticas básicas para as correntes no ponto central de cada setor da APAMLN.

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

Profundidade (m)	Cunhambebe			Maambipe			Ypautiba		
	Média	Máximo	Desvio	Média	Máximo	Desvio	Média	Máximo	Desvio
Verão									
0	0,16	0,82	0,08	0,25	1,17	0,15	0,18	0,90	0,11
6	0,12	0,66	0,06	0,19	0,89	0,13	0,13	0,79	0,09
10	0,11	0,61	0,06	0,16	0,82	0,13	0,11	0,75	0,08
25	0,08	0,49	0,05	-	-	-	0,06	0,33	0,04
Outono									
0	0,14	0,59	0,07	0,21	0,98	0,13	0,15	0,86	0,10
6	0,11	0,47	0,06	0,16	0,84	0,11	0,11	0,69	0,08
10	0,10	0,46	0,06	0,13	0,74	0,09	0,10	0,64	0,07
25	0,08	0,44	0,06	-	-	-	0,06	0,36	0,04
Inverno									
0	0,12	0,52	0,07	0,22	0,91	0,14	0,15	0,82	0,10
6	0,10	0,41	0,06	0,18	0,77	0,12	0,12	0,61	0,08
10	0,09	0,39	0,05	0,17	0,73	0,11	0,11	0,57	0,08
25	0,08	0,33	0,05	-	-	-	0,07	0,36	0,04
Primavera									
0	0,15	0,60	0,08	0,27	1,03	0,17	0,18	0,81	0,12
6	0,12	0,47	0,06	0,22	0,88	0,15	0,14	0,62	0,10
10	0,11	0,45	0,06	0,21	0,86	0,14	0,13	0,60	0,09
25	0,09	0,35	0,05	-	-	-	0,07	0,30	0,04

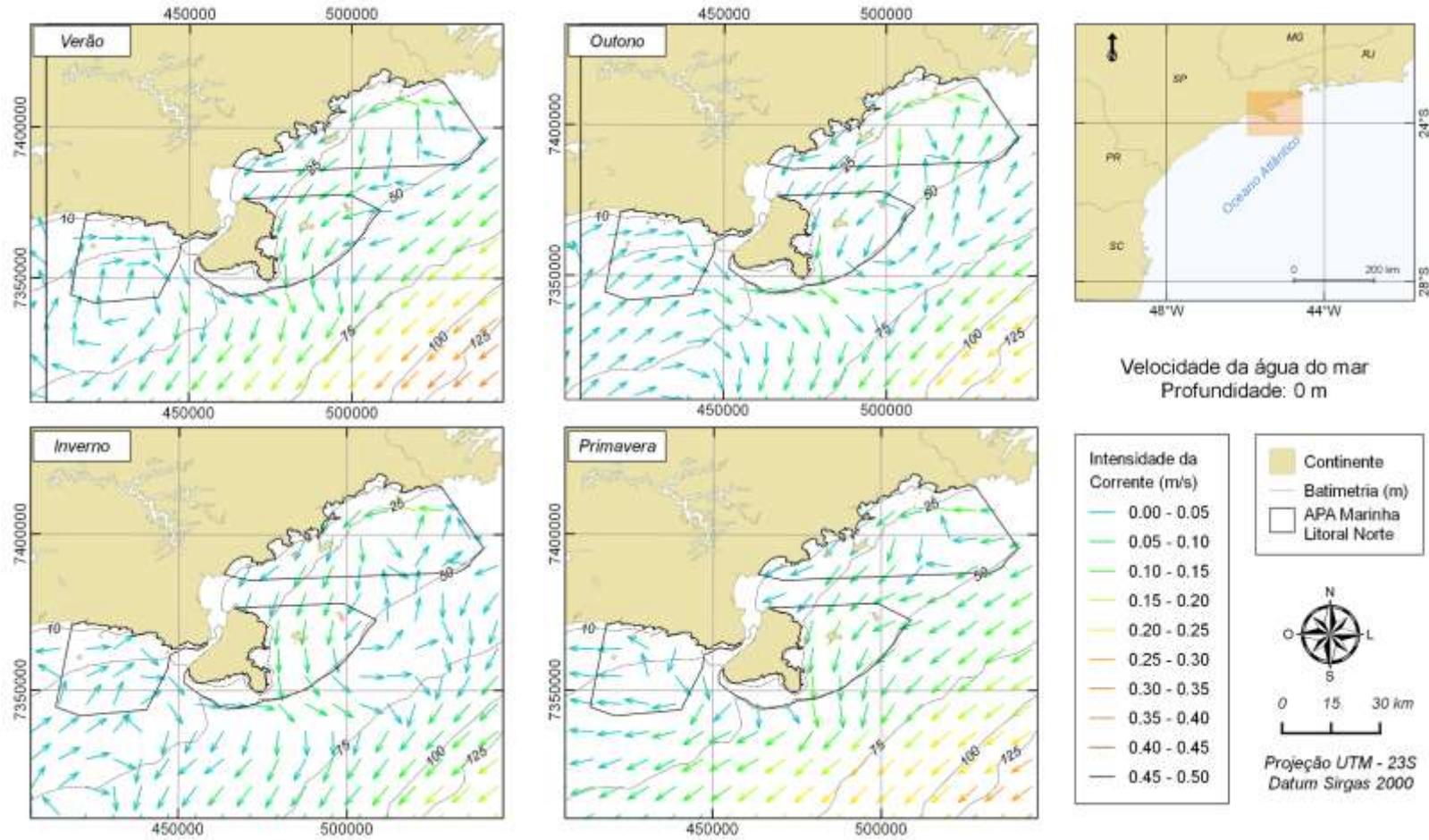


Figura 3.1.2.1.2-22 – Corrente superficial média para região da APAMLN. Os vetores indicam a direção e as cores a intensidade, de acordo com a escala graduada. Painel superior esquerdo representa o verão, superior direito o outono, inferior esquerdo o inverno e inferior direito a primavera. Fonte de dados: reanálise de HYCOM consortium (2016).

Os valores médios de intensidade da corrente mostram cisalhamento vertical, com maiores valores nas camadas superiores e decréscimo em direção ao fundo. Em todos os setores os meses de verão e primavera são os que apresentam as maiores intensidades das correntes, em todas as profundidades. Para o setor Cunhambebe o inverno é a estação do ano com as correntes menos intensas. Já para setor Maembipe o outono tem as correntes com menores intensidades. O setor Ypautiba apresenta praticamente as mesmas intensidades médias para as correntes no inverno e no outono. Com relação às correntes máximas absolutas, em todos os setores estas foram obtidas em meses de verão, em superfície. O desvio padrão, que mostra a variabilidade das intensidades, mostra que o setor Maembipe é o que também apresenta maior variabilidade, em todas as estações do ano, e profundidades, seguido por Ypautiba e Cunhambebe.

Analisando conjuntamente as direções e intensidades, o **Anexo 3.1-11** 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 3.1-12** mostra a representação gráfica, rosa de correntes, destas tabelas. A síntese destas tabelas e figuras pode ser representada da **Tabela 3.1.2.1.2-3** a **Tabela 3.1.2.1.2-5** as quais apresentam as estatísticas básicas para as direções de maior frequência e para as direções com maior intensidade média, para os setores Cunhambebe, Maembipe e Ypautiba, respectivamente. Os valores são separados por profundidade e estação do ano.

Tabela 3.1.2.1.2-3 – Estatísticas básicas das correntes na direção mais frequente (esquerda) e na direção com maior intensidade média (direita) para o setor Cunhambebe, 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	0,17	0,08	0,54	NE	0,18	0,11	0,82
Outono	SW	0,14	0,06	0,46	NE	0,18	0,11	0,59
Inverno	SW	0,14	0,07	0,50	NE	0,17	0,10	0,52
Primavera	SW	0,18	0,09	0,57	NE	0,20	0,11	0,60
6 m								
Verão	SE	0,12	0,05	0,30	NE	0,15	0,10	0,66
Outono	SE	0,11	0,05	0,27	NE	0,15	0,10	0,47
Inverno	SW	0,11	0,06	0,38	NE	0,12	0,08	0,41
Primavera	SW	0,14	0,07	0,46	NE	0,14	0,09	0,47
10 m								
Verão	SE	0,11	0,05	0,28	NE	0,14	0,10	0,61
Outono	SE	0,11	0,05	0,26	NE	0,15	0,10	0,46
Inverno	SW	0,10	0,05	0,35	NE	0,11	0,08	0,39
Primavera	SW	0,13	0,06	0,44	NE	0,14	0,09	0,45
25 m								

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)
Verão	E	0,12	0,07	0,49	E	0,12	0,07	0,49
Outono	E	0,12	0,07	0,44	E	0,12	0,07	0,44
Inverno	E	0,11	0,06	0,33	E	0,11	0,06	0,33
Primavera	E	0,12	0,06	0,35	E	0,12	0,06	0,35

Tabela 3.1.2.1.2-4 – Estatísticas básicas das correntes na direção mais frequente (esquerda) e na direção com maior intensidade média (direita) para o setor Maembipe, 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	S	0,31	0,16	1,01	N	0,31	0,16	1,17
Outono	S	0,25	0,12	0,73	N	0,27	0,15	0,98
Inverno	S	0,27	0,13	0,81	S	0,27	0,13	0,81
Primavera	S	0,34	0,17	0,98	S	0,34	0,17	0,98
6 m								
Verão	S	0,23	0,14	0,87	S	0,23	0,14	0,87
Outono	S	0,19	0,11	0,64	S	0,19	0,11	0,64
Inverno	S	0,22	0,12	0,77	S	0,22	0,12	0,77
Primavera	S	0,28	0,15	0,88	S	0,28	0,15	0,88
10 m								
Verão	S	0,21	0,14	0,82	S	0,21	0,14	0,82
Outono	S	0,15	0,09	0,59	N	0,16	0,11	0,74
Inverno	S	0,2	0,11	0,73	S	0,2	0,11	0,73
Primavera	S	0,26	0,15	0,86	S	0,26	0,15	0,86

Tabela 3.1.2.1.2-5 – Estatísticas básicas das correntes na direção mais frequente (esquerda) e na direção com maior intensidade média (direita) para o setor Ypautiba, 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)

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	E	0,21	0,12	0,9	NE	0,22	0,12	0,71
Outono	E	0,19	0,11	0,86	NE	0,19	0,11	0,67
Inverno	W	0,17	0,09	0,56	E	0,2	0,12	0,82
Primavera	W	0,23	0,12	0,77	W	0,23	0,12	0,77
6 m								
Verão	E	0,16	0,1	0,79	E	0,16	0,1	0,79
Outono	E	0,15	0,09	0,69	E	0,15	0,09	0,69
Inverno	E	0,16	0,09	0,61	E	0,16	0,09	0,61
Primavera	E	0,17	0,1	0,62	E	0,17	0,1	0,62
10 m								
Verão	E	0,15	0,09	0,75	E	0,15	0,09	0,75
Outono	E	0,14	0,08	0,64	E	0,14	0,08	0,64
Inverno	E	0,15	0,08	0,57	E	0,15	0,08	0,57
Primavera	E	0,16	0,09	0,6	E	0,16	0,09	0,6
25 m								
Verão	W	0,07	0,03	0,2	E	0,07	0,04	0,33
Outono	E	0,08	0,05	0,36	E	0,08	0,05	0,36
Inverno	W	0,08	0,04	0,27	E	0,08	0,05	0,36
Primavera	W	0,08	0,04	0,26	W	0,08	0,04	0,26

As direções mais frequentes apontadas em tais análises estatísticas mostram direções similares às correntes médias descritas anteriormente. Para o setor Cunhambebe, em todas as estações do ano as correntes são orientadas para SW ou SE. Já a corrente de fundo é orientada para E. Em Maembipe em todas as épocas do ano e profundidade as correntes têm maior frequência de ocorrência para S. Já no setor Ypautiba, as correntes em superfície no verão e outono possuem maior frequência de ocorrência para E e no inverno e primavera no sentido contrário: W. Neste setor o outono é a única estação do ano quando não ocorre inversão do sentido das correntes ao longo da coluna d'água. Em todas as outras estações as correntes em superfície e meia água, ou fundo, apresentam direções opostas.

Analisando as correntes com a maior intensidade média, para o setor Cunhambebe, desde a superfície até a profundidade de 25 m, a corrente mais intensa é a que aponta para NE. Na camada de fundo a corrente mais frequente, para E, também é a mais intensa. Em Maembipe em superfície, no verão e no outono, as correntes para o N são as mais intensas e, no inverno e primavera, as correntes mais frequentes também são as mais intensas – para S. Esta corrente de S também é a mais intensa em todas as outras profundidades e estações do ano, com exceção de outono à 10 m.

Para Ypautiba, as correntes que apontam para NE são as mais intensas no verão e no outono e, as correntes para E e W são as mais intensas no inverno e primavera, respectivamente. Em praticamente todas as outras profundidades a corrente para E é a mais intensa em todas as estações do ano.

Estes valores são condizentes com os valores de intensidade dos ventos apresentados anteriormente, corroborando mais uma vez a grande influência dos mesmos nesta parte da área de estudo, com exceção para o setor de Ypautiba. No período de inverno e primavera os ventos mais intensos que vem de S, juntamente com a maior quantidade de frentes frias, são capazes também de produzirem as correntes mais intensas para N, principalmente nas camadas superficiais. Já nos períodos de verão e outono, os ventos de N são os que produzem as maiores intensidades. No setor Ypautiba as correntes mais frequentes e intensas parecem estar correlacionadas com o vento somente no verão e no outono, onde os ventos provenientes de frentes frias produzem as correntes mais intensas.

Análises de extremos de correntes na PCI da APAMLN:

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

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

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 com ventos intensos de S-SW também produz correntes intensas para N-NE.

Dentre os setores, o Maembipe por se localizar em uma região mais exposta aos ventos, é o que apresenta as maiores probabilidades de correntes mais intensas, contrapondo a região de Cunhambebe, que é mais abrigada com ventos menos intensos.

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

Prof.	Cunhambebe					Maembipe								Ypautiba					
	Probabilidade (%) de ocorrência de intensidades maiores que					Probabilidade (%) de ocorrência de intensidades maiores que								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	0,1 m/s	0,2 m/s	0,3 m/s	0,4 m/s	0,5 m/s	0,6 m/s	0,8 m/s	0,1 m/s	0,2 m/s	0,3 m/s	0,4 m/s	0,5 m/s	0,6 m/s	
Verão																			
0 m	93,6	60,7	19,8	2,4	0,1	96,8	83,6	61,5	37,3	18,1	6,9	0,4	94,4	71,5	39,1	14,3	3,3	0,4	
6 m	84,3	31,0	2,7	0,0	0,0	89,0	63,5	36,6	17,1	6,5	2,0	0,1	82,3	42,6	13,2	2,4	0,2	0,0	
10 m	81,0	23,8	1,2	0,0	0,0	83,2	53,3	27,5	11,7	4,1	1,2	0,1	74,4	33,1	9,1	1,6	0,2	0,0	
25 m	56,2	10,1	0,6	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	36,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	
Outono																			
0 m	88,6	47,4	11,5	1,0	0,0	95,3	77,1	49,7	24,3	8,7	2,2	0,0	91,3	61,2	26,9	7,1	1,1	0,1	
6 m	77,8	22,7	1,5	0,0	0,0	86,6	55,2	25,7	8,7	2,1	0,4	0,0	79,2	34,2	7,2	0,7	0,0	0,0	
10 m	74,3	17,9	0,8	0,0	0,0	78,2	40,9	14,9	3,9	0,7	0,1	0,0	68,6	22,6	3,6	0,3	0,0	0,0	
25 m	55,1	9,8	0,6	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	41,8	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	
Primavera																			
0 m	84,9	38,5	6,9	0,4	0,0	95,2	77,6	51,4	26,7	10,6	3,1	0,1	87,9	55,6	24,1	6,9	1,3	0,2	
6 m	70,2	15,3	0,7	0,0	0,0	90,7	63,9	33,6	12,8	3,5	0,7	0,0	77,5	34,6	8,7	1,2	0,1	0,0	
10 m	65,7	12,0	0,4	0,0	0,0	87,7	56,9	26,6	8,9	2,1	0,3	0,0	75,1	29,8	6,0	0,6	0,0	0,0	
25 m	50,6	6,2	0,2	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	47,7	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	

Prof.	Cunhambebe					Maembipe							Ypautiba						
	Probabilidade (%) de ocorrência de intensidades maiores que					Probabilidade (%) de ocorrência de intensidades maiores que							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	0,1 m/s	0,2 m/s	0,3 m/s	0,4 m/s	0,5 m/s	0,6 m/s	0,8 m/s	0,1 m/s	0,2 m/s	0,3 m/s	0,4 m/s	0,5 m/s	0,6 m/s	
Inverno																			
0 m	92,0	57,8	19,2	2,7	0,1	97,2	85,8	66,2	43,5	23,9	10,7	1,1	93,6	70,6	40,0	16,2	4,5	0,8	
6 m	83,9	30,5	2,6	0,0	0,0	93,4	73,8	48,3	25,8	11,2	3,9	0,2	85,3	48,4	17,1	3,7	0,5	0,0	
10 m	80,1	23,3	1,2	0,0	0,0	92,0	69,9	43,2	21,6	8,6	2,8	0,1	83,5	44,2	14,0	2,5	0,3	0,0	
25 m	60,3	9,3	0,3	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	48,8	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	

Para o interior das Baías e Enseadas da APAMLN, medições de correntes *in situ* de longo período são inexistentes, destacando-se poucos trabalhos que se dedicaram a fazer medições durante alguns meses e anos específicos, concentradas na região centro sul do setor Cunhambebe, nas enseadas de Ubatuba, Toninhas, Flamengo, Fortaleza e Enseada do Mar Virado, com destaque para os trabalhos de Mahiques (1995), Mahiques *et al.* (1998) e Caroli (2010). Para todas estas enseadas os trabalhos destacados indicam circulações anti-horárias devido, principalmente as entradas de água nestes locais pela porção sul/oeste, sendo fortemente influenciadas por passagem de sistemas frontais. Por meio de aferições indiretas, pelas medidas de temperatura e salinidade apresentadas anteriormente, Rodrigues *et al.* (2002) encontraram fluxos com sentido anti-horário nas Enseadas de Ubatimirim e Picinguaba, na porção norte do setor Cunhambebe.

Para o setor Maembipe, não foram encontrados estudos que contenham valores medidos de correntes. Já para o setor Ypautiba, destaca-se o estudo de Mazzini (2009), com correntes medidas próximas a Ilha Montão de Trigo, porém somente com dados de fundo para o período entre junho e novembro de 2005 e março a abril de 2006. O autor concluiu que as correntes na região são forçadas pelo vento quando este é mais intenso, porém com ventos normais e fracos domina a distribuição de densidade que força as correntes para o norte, conforme já apresentado anteriormente.

Outra região importante com relação ao comportamento das correntes na região é a desembocadura dos rios. Conforme apresentado no item *Configuração da linha de costa e características do fundo marinho* que analisou a evolução de todas as desembocaduras na região, foram diagnosticadas 29 desembocaduras de rios ao longo dos três setores da APAMLN, sendo 21 no setor Cunhambebe, uma no setor Maembipe e sete no setor Ypautiba.

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 3.1.2.1.2-23** mostra as principais classificações possíveis.

Estudos nas desembocaduras dos rios na APAMLN são raros, destacando-se os trabalhos de Modenesi *et al.* (1983) e Ribeiro *et al.* (2013) para o Rio Massaguaçu e, assim, não foram obtidas as classificações para estes estuários. Neste estudo, como foram analisadas as desembocaduras de todos os rios por meio de imagens de satélites, são apresentadas na **Tabela 3.1.2.1.2-7** propostas de classificações de acordo com a morfologia (**Figura 3.1.2.1.2-23**), a partir das definições de Cameron & Pritchard (1963).



Figura 3.1.2.1.2-23 – Principais classificações morfológicas para os estuários. Fonte: adaptado de Miranda *et al.* (2002).

Tabela 3.1.2.1.2-7 – Proposta de classificação dos estuários diagnosticados ao longo da APAMLN, de acordo com as das definições de Cameron & Pritchard (1963).

Setor da APAMLN	Município	Rio/Praia	Classificação morfológica de estuário proposta
Cunhambebe	Ubatuba	Rio Picinguaba - Praia da Fazenda / Estaleiro	Planície Costeira
		Rio no direito da Praia da Fazenda	Planície Costeira
		Rio Iriri - Praia de Ubatumirim	Planície Costeira
		Rio Puruba	Construído por Barra
		Rio canto direito na praia de Ubatumirim	Planície Costeira
		Rio canto esquerdo na praia de Ubatumirim	Laguna Costeira
		Rio canto direito da praia de Itamambuca	Planície Costeira
		Rio Itamambuca - Praia de Itamambuca	Construído por Barra
		Rio Indaiá - Praia do Perequê-Açu	Construído por Barra
		Rio na Praia de Iperoig	Planície Costeira
		Rio na Praia de Itaguá	Planície Costeira
		Rio na Prainha do Cais	Planície Costeira
		Rio na Praia Dura	Planície Costeira
		Rio na Praia da Lagoinha	Planície Costeira
		Rio Maranduba - Praia de Maranduba	Planície Costeira
		Rio na Praia Caçandoquinha	Planície Costeira
	Caraguatatuba	Rio na Praia da Lagoa	Laguna Costeira
		Rio no canto esquerdo da Praia da Tabatinga	Planície Costeira
		Rio Mococa - Praia da Mococa	Construído por Barra
		Rio Massaguaçu (Lagoa Azul) - Praia de Massaguaçu	Planície Costeira
Maembipe	Ilhabela	Rio Nema - Praia do Bonete	Planície Costeira
Ypautiba	São Sebastião	Rio no canto esquerdo da Praia da Pintangueiras	Laguna Costeira
		Rio do canto esquerdo da Praia de Maresias	Planície Costeira
		Rio Boiçucanga - Praia de Boiçucanga	Planície Costeira
		Rio Camburi - Praia de Camburi	Planície Costeira
		Rio Sahy - Praia da Barra do Sahy	Planície Costeira

Setor da APAMLN	Município	Rio/Praia	Classificação morfológica de estuário proposta
		Rio no canto esquerdo da Praia de Juquehy	Planície Costeira
		Rio Una - Praia da Barra do Una	Planície Costeira
		Rio no canto esquerdo da praia da Juréia do Norte	Laguna Costeira

Conforme apresentado na **Tabela 3.1.2.1.2-7**, ao longo da linha de costa da APAMLN ocorre a presença de três tipos de estuários: planície costeira, construído por barra e lagunas costeiras. Estes estuários em forma de planície costeira e construído por barra, 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. Não foram obtidos estudos para os rios diagnosticados que indique a classificação destes corpos de acordo com o tipo hidrodinâmico porém, o mais provável é que estes 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 Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-24** mostra esquematicamente em corte como ocorre a circulação neste tipo de estuário. Já a Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-25** mostra em planta a variação de salinidade de acordo com a enchente e a vazante de maré neste tipo de estuário.

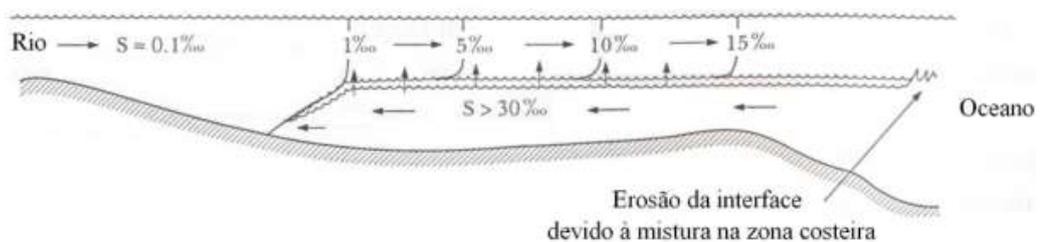


Figura 3.1.2.1.2-24 – Diagrama esquemático de um estuário tipo cunha salina. As setas verticais na interface entre os movimentos bidirecionais indicam o processo de mistura entre a água doce e salgada. Fonte: adaptado de Miranda *et al.* (2002).

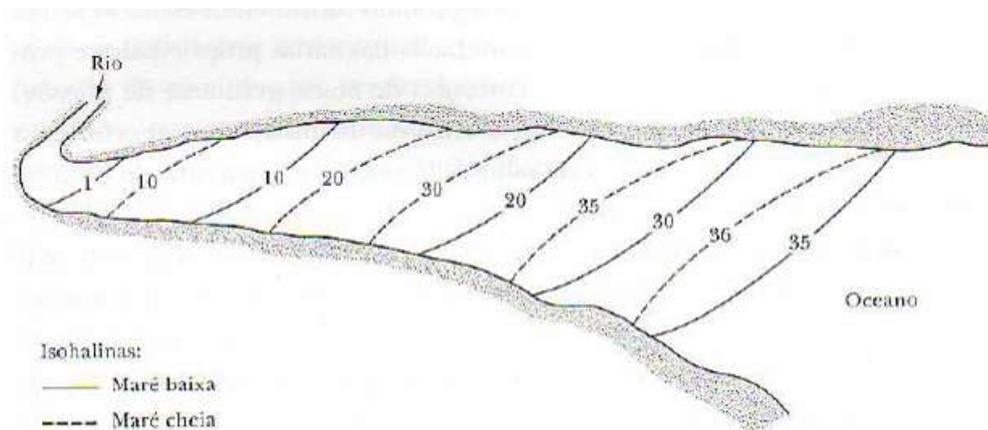


Figura 3.1.2.1.2-25 – Diagrama esquemático de um estuário. As isolinhas mostram a variação horizontal da salinidade média entre os valores $S=1$ e $S=36$ nas proximidades do rio e na região costeira adjacente, respectivamente. Fonte: adaptado de Miranda *et al.* (2002).

Através da Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-24** e da Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-25** é possível explicar como ocorre a circulação nos estuários do tipo Planície Costeira. O rio apresenta vazão de água doce, menos densa, e esta vazão encontra com a água salgada do mar, mais densa. Em momentos de maré enchente, a água do mar avança em direção ao interior do continente. Como a água do mar é mais densa, esta avança pelas camadas mais profundas, fazendo com que a água doce, menos densa permaneça na superfície. Em momentos de maré vazante, a água do mar recua e a corrente provocada pela vazão do rio ganha intensidade. Este movimento periódico de entrada e saída da maré faz com que a região interna do estuário tenha baixa energia, favorecendo o depósito dos sedimentos finos que são carreados pelo rio, que são essenciais para a estabilização dos bosques de manguezais.

A região costeira da área de estudo sofre com a ação de ressacas que, além da presença de ondas, são acompanhadas pela maré meteorológica, que soergue o nível do mar – apresentado no tópico de *Varição do nível do mar e ressacas* deste estudo. Estes eventos ocorrem frequentemente durante a passagem de frentes frias, que também são acompanhadas por eventos de intensas chuvas. Esta combinação de intensa chuva e ressaca na região costeira adjacente faz com que a região do estuário sofra uma pressão dupla: aumento da vazão do rio e aumento do nível do mar. Esta entrada de água por ambas as entradas do estuário faz com que ocorra um alagamento de suas margens, conforme apresentado esquematicamente na **Figura 3.1.2.1.2-26** Erro! Fonte de referência não encontrada..

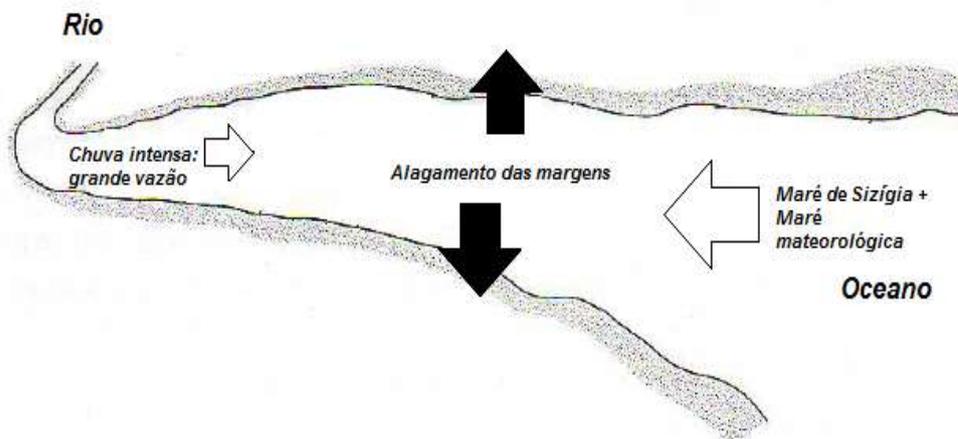


Figura 3.1.2.1.2-26 – Situação de passagem de frente fria, com aumento da pluviosidade e do nível do mar, ocasionando alagamento das margens do estuário.

Já os Rios que apresentam desembocadura em forma de Laguna Costeira expõem uma dinâmica diferente da apresentada para os Estuários de Planície Costeira. Devido à intensa dinâmica de correntes costeiras apresentada para a região, a desembocadura destes rios é fechada, ou semifechada, por um cordão litorâneo arenoso intermitente. Não existem muitos estudos sobre a frequência e causas das aberturas das barras das lagunas, com exceção para o Rio Massaguaçu, ou Lagoa Azul. Autores como Modenesi *et al.* (1983) dizem que este cordão é aberto diversas vezes todos os anos, e o nível da água no interior do estuário pode diminuir em até 2 m. A frequência destes eventos de abertura é irregular, variando desde poucos dias até um mês. O período em que

o estuário fica conectado com o oceano também varia, desde um ciclo de maré até aproximadamente 2 semanas (RIBEIRO *et al.*, 2013). Segundo Modenesi *et al.* (1983), a erosão desta barreira de areia somente ocorre durante eventos de aumento da pluviosidade, que intensificam a vazão do Rio Massaguaçu, conjuntamente a ocorrência de maré de sizígia e aumento do nível do mar (ressaca). Também, Ribeiro *et al.* (2013) cita que esta barreira de areia vem sendo rompida artificialmente frequentemente, primeiro por pescadores e agricultores, depois por surfistas e, mais recentemente, por autoridades municipais para prevenir alagamentos em propriedades que estão alocadas na margem esquerda no interior do estuário.

Neste tipo de estuário, além do contato com o oceano adjacente, a fonte de sal para a água proveniente da vazão do rio ocorre por meio de transporte passivo pelo lençol freático. Além disso, especificamente para o Rio Massaguaçu, Ribeiro (2007) coletou dados de salinidade no interior do estuário e verificou que a superfície apresenta salinidade próxima a 0 (e aproximadamente 5 no fundo), entretanto é encontrado sal nas margens. Os autores atribuíram esta presença de sal na margem ao spray marinho carregado pelo vento, devido à proximidade da zona de arrebentação da região adjacente.

■ A circulação no Canal de São Sebastião

O Canal de São Sebastião (CSS) é outro local importante na região e, apesar de não estar inserido na APAMLN, merece ser descrito aqui a sua dinâmica. O CSS tem aproximadamente 22 km de comprimento e possui forma curvada cuja orientação com o norte verdadeiro varia entre NE e N nas suas entradas sul e norte, respectivamente. Essas entradas, com a configuração afunilada, têm larguras aproximadas de 7,2 e 5,6 km, e a parte mais estreita, com aproximadamente 1,9 km, está localizada na Ponta Araçá (FONTES, 1995).

A região mais profunda do canal está localizada no lado insular, onde a profundidade varia aproximadamente entre 20 m nas entradas norte e sul, até uma profundidade máxima de aproximadamente 40 m na parte central do CSS. Deve-se ressaltar a singularidade do CSS em costas brasileiras, não somente em relação às suas dimensões físicas, como também em relação ao fato de que se trata de um canal não estuarino, o que torna sua oceanografia física bem particular (FONTES, 1995).

Segundo Castro *et al.* (2006), o CSS está localizado na PCI da PCSE, principalmente durante o inverno. Este fato dita as forçantes oceanográficas sobre o CSS: a circulação ao sul do CSS apresenta predomínio de correntes para NE, devido a descarga estuarina do complexo estuarino de Santos/São Vicente, com períodos de inversão e tendo alguma correlação como vento. Já na porção ao norte do CSS, a circulação é predominantemente para SW, com grande influência do vento (MOREIRA, 1998; CASTRO, 1996; MAZZINI, 2009). Portanto, nesta região, as forçantes mais significativas para a circulação são os gradientes de densidade e o vento (CASTRO, 1996; SOUZA, 2000; MAZZINI, 2009).

FONTES (1995) baseado em observações de séries temporais de dois anos com fundeios de marégrafos e correntógrafos posicionados nas entradas norte e sul (Ponta das Canas e Ponta da Sela, respectivamente) e meio do CSS (Laje dos Moleques), demonstrou que a circulação superficial no CSS durante o verão nesse último fundeio, localizado próximo ao Terminal Aquaviário de São Sebastião, era composta por 46% de eventos de correntes com sentido SW (velocidade média 0,30 m.s⁻¹), e 39% com sentido NE (velocidade média 0,24 m.s⁻¹). Para a série de dados

referentes à corrente mais profunda, a partição era de 50% para eventos com sentido NE e 33% com sentido SW (médias respectivas 0,17 e 0,15 m/s). Esse padrão bimodal de circulação em duas camadas só foi observado durante o verão.

No inverno, embora a distribuição de correntes também tenha sido bimodal, tanto na camada superficial como na camada profunda, observou-se a predominância dos eventos de correntes com sentido NE, em ambos os níveis, em dois anos consecutivos. Essa predominância mostrou-se com os eventos NE maiores do que o triplo de eventos com sentido SW. Nas estações transicionais (outono e primavera) o cenário de inverno repetia-se exceto que, a razão entre número de eventos para NE e para SW era menor (FONTES, 1995).

Além disso, notou-se que, em qualquer época do ano, as correntes mais intensas foram observadas no fundeio do centro do CSS em superfície. De acordo com FONTES (1995), essa camada é que recebe diretamente energia cinética da atmosfera, além do que, nela os termos de atrito lateral e de fundo são relativamente pequenos. A presença do sistema meteorológico ASAS afeta a circulação em toda a região, com ventos predominantes do quadrante NE. Esses ventos forçam as correntes superficiais tanto no período em que houve a circulação em duas camadas, quanto nos demais períodos de amostragem.

Outro aspecto importante destacado nesse estudo diz respeito ao fato de ter sido verificado que o vento local, registrado e analisado em confronto com os dados correntométricos no CSS, apresenta alta coerência com o vento remoto (CASTRO & LEE, 1995) predominante na plataforma continental. Verificou-se também quando se observam eventos de circulação em duas camadas, a corrente profunda se encontra desacoplada do vento local, reforçando a hipótese de que essas correntes estão associadas à penetração da ACAS no CSS.

Os dados analisados por SILVA (1995), de seis cruzeiros hidrográficos coletados no período entre fevereiro de 1994 e março de 1995, confirmam a homogeneidade das águas do Canal de São Sebastião durante os meses de inverno e sugerem a influência da ACAS na entrada sul do canal em meses de verão (ventos preponderantes de nordeste).

Estudos recentes de Dottori *et al.* (2015) mostraram que na entrada da Baía do Araçá, na porção central do CSS, as correntes e as propriedades hidrográficas são fortemente influenciadas pelo vento de larga escala. O autor destaca também a possível correlação de correntes com ventos que não ocorrem localmente, como apontado por Castro & Lee (1995). Este autor destaca também a ocorrência da ACAS nas camadas subsuperficiais, principalmente abaixo dos 15 m de profundidade durante o verão.

■ **Variação do nível do mar e ressacas – PCSP e região da APAMLN**

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 na Enseada do Flamengo em Ubatuba, no interior da APAMLN, encontrou estas duas forças 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 força gravitacional, a fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-27** mostra as constantes harmônicas para a região da APAMLN, tendo como referência a Enseada do Flamengo.

Analisando somente esta força 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 Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-27**- $M_2, S_2, N_2, K_2, K_1, O_1, P_1, Q_1, MM, M_4$), a Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-28** mostra a variação máxima de amplitude para a área de estudo. Este valor não se altera ao longo do ano. Para a APAMLN as variações máximas são da ordem de 1,0 a 1,2 m, com maiores valores para o setor Ypautiba e costa de Cunhambebe.

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

Nome da Estação : UBATUBA – SP					
Localização : No trapiche de atracação da Estação de Pesquisa do IOUSP					
Organ. Responsável : Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo - IOUSP					
Latitude : 23° 30,0' S	Longitude : 45° 07,3' W				
Período Analisado : 1978	Nº de Componentes : 62				
Análise Harmônica : Método Almirante Santos Franco					
Classificação : Maré de Desigualdades Diurnas					
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)	II H 33 min	Nível Médio (Zo):	69 cm acima do Zero.		
Média das Preamares Superiores (MHHW) :	119 cm acima do NR.	Média das Preamares Inferiores (MLHW) :	112 cm acima do NR.		
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :	33 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) :	11 cm acima do NR.		
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) Graus (°)
Sa	7,9	037	MU ₂	1,5	091
Ssa	-	-	N ₂	3,7	131
Mm	-	-	NU ₂	0,4	124
Mf	-	-	M ₂	29,7	079
MTM	-	-	L ₂	1,4	095
Msf	-	-	T ₂	-	-
Q ₁	3,1	054	S ₂	17,2	082
O ₁	10,9	084	K ₂	5,4	074
M ₁	0,5	243	MO ₃	1,0	009
P ₁	2,0	133	M ₃	1,4	211
K ₁	5,9	142	MK ₃	0,5	117
J ₁	-	-	MN ₄	2,2	321
OO ₁	0,7	317	M ₄	5,5	012
MNS ₂	-	-	SN ₄	-	-
2N ₂	1,4	140	MS ₄	2,8	101
Referências de Nível: RN Principal - dentro das instalações da estação de pesquisa					
Obs: 1 - Existem outros períodos de observações no IOUSP 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 3.1.2.1.2-27 – Constantes harmônicas para a Enseada do Flamengo. Fonte: FEMAR (2002).

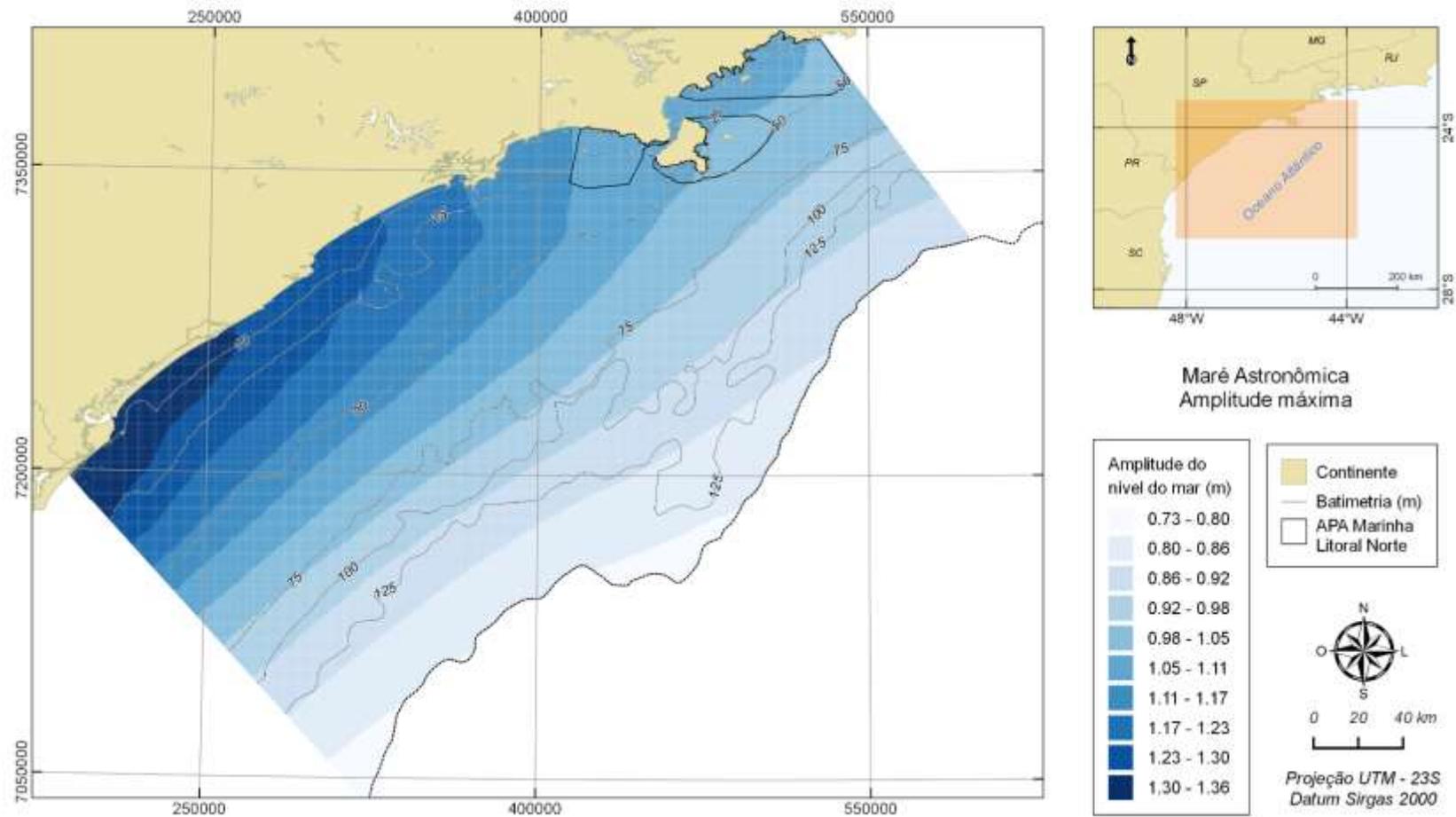


Figura 3.1.2.1.2-28 – Amplitude máxima do nível do mar devido às forças gravitacionais. Fonte de dados: Modelo global inverso TPXO 7.2.

Já na porção subinercial³ 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 durante o verão, 14,7% da variância do nível do mar é devido a fenômenos atmosféricos, enquanto que no inverno, este valor é de 32,4%. Estas variações do nível do mar ocorrem principalmente no sentido positivo, ou seja, além da variação da maré devido a ação gravitacional, esta variação subinercial com a passagem de frentes frias faz com que ocorra uma elevação do nível do mar, muitas vezes superior a maré prevista. Este autor mostrou ainda a grande importância de fenômenos remotos para a variação do nível do mar subinercial na região norte do estado de São Paulo, podendo chegar a contribuir com até 40% da variância. Estes fenômenos remotos se propagam em forma de Ondas de Plataforma Continental e quando associados a ondulações intensas, são comumente chamados de ressacas.

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).

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. Não foram encontrados estudos que indique a variação do número de ressacas na costa da

³ 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.

APAMLN, porém, mesmo que a cidade de Santos esteja localizada ao sul da APAMLN, toda a costa da PCSP está sujeita aos mesmos fenômenos, conforme explicado a seguir.

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 *Erro! Fonte de referência não encontrada.* **Figura 3.1.2.1.2-29** e na *Erro! Fonte de referência não encontrada.* **Figura 3.1.2.1.2-30**.

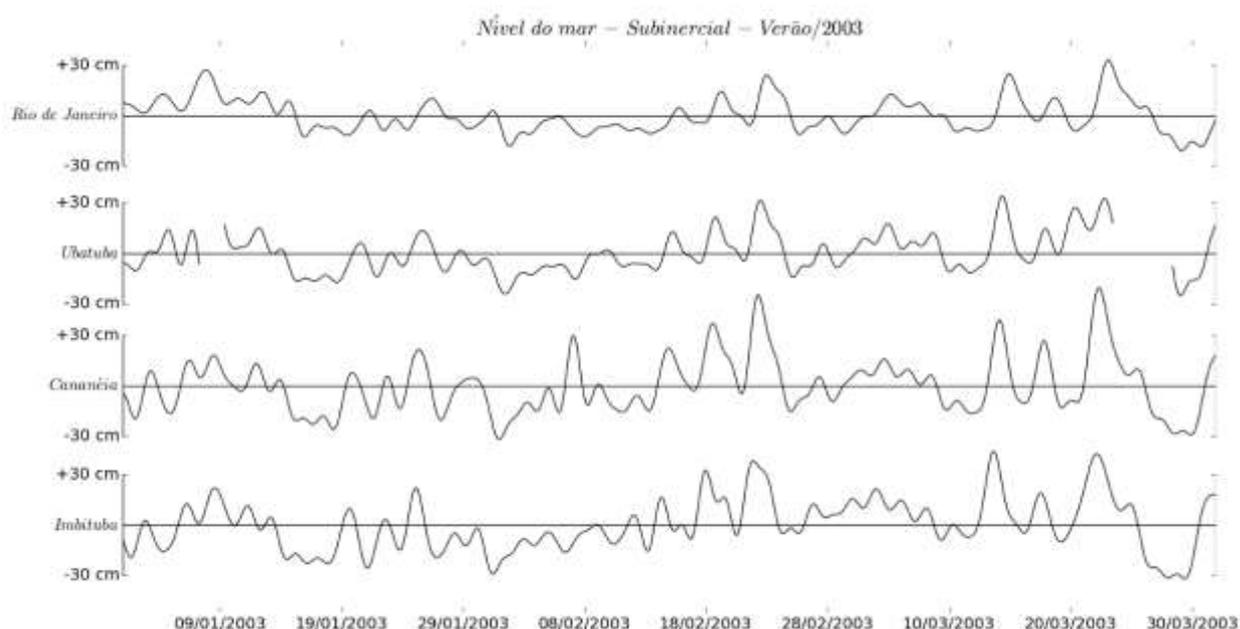


Figura 3.1.2.1.2-29 – Variação do nível do mar subinercial no verão de 2003, indicando que a variação do nível do mar é semelhante em toda a costa de São Paulo (Cananéia – sul do estado – segundo painel de baixo para cima; Ubatuba – norte do estado – terceiro painel de baixo para cima). Fonte: Gregório (2014)

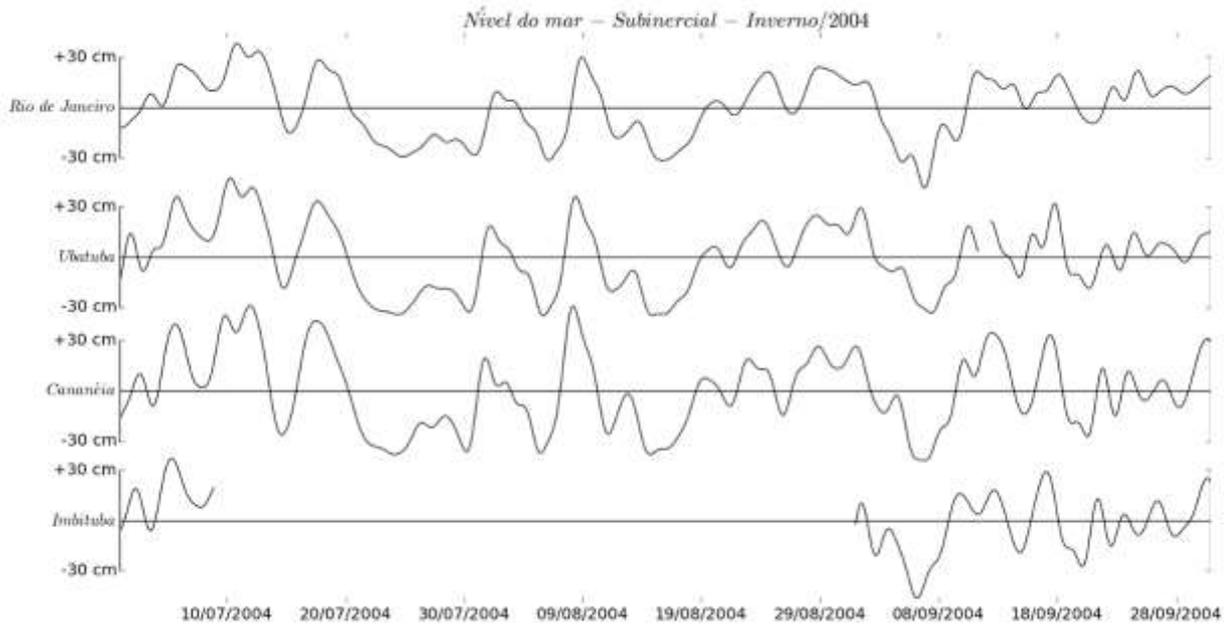


Figura 3.1.2.1.2-30 – Variação do nível do mar subinercial no inverno de 2004, indicando que a variação do nível do mar é semelhante na costa de São Paulo (Cananéia – sul do estado – segundo painel de baixo para cima; Ubatuba – norte do estado – terceiro painel de baixo para cima). Fonte: Gregório (2014)

Assim, devido à ausência de dados públicos de longo termo para a variação do nível do mar na costa da APAMLN, nesta análise serão utilizados dados coletados em Cananéia (SP), conforme apresentado no item 2. **Metodologia**. As séries totais e subinercial (filtradas) estão apresentadas da **Figura 3.1.2.1.2-31** a **Figura 3.1.2.1.2-34** Erro! Fonte de referência não encontrada. Erro! Fonte de referência não encontrada..

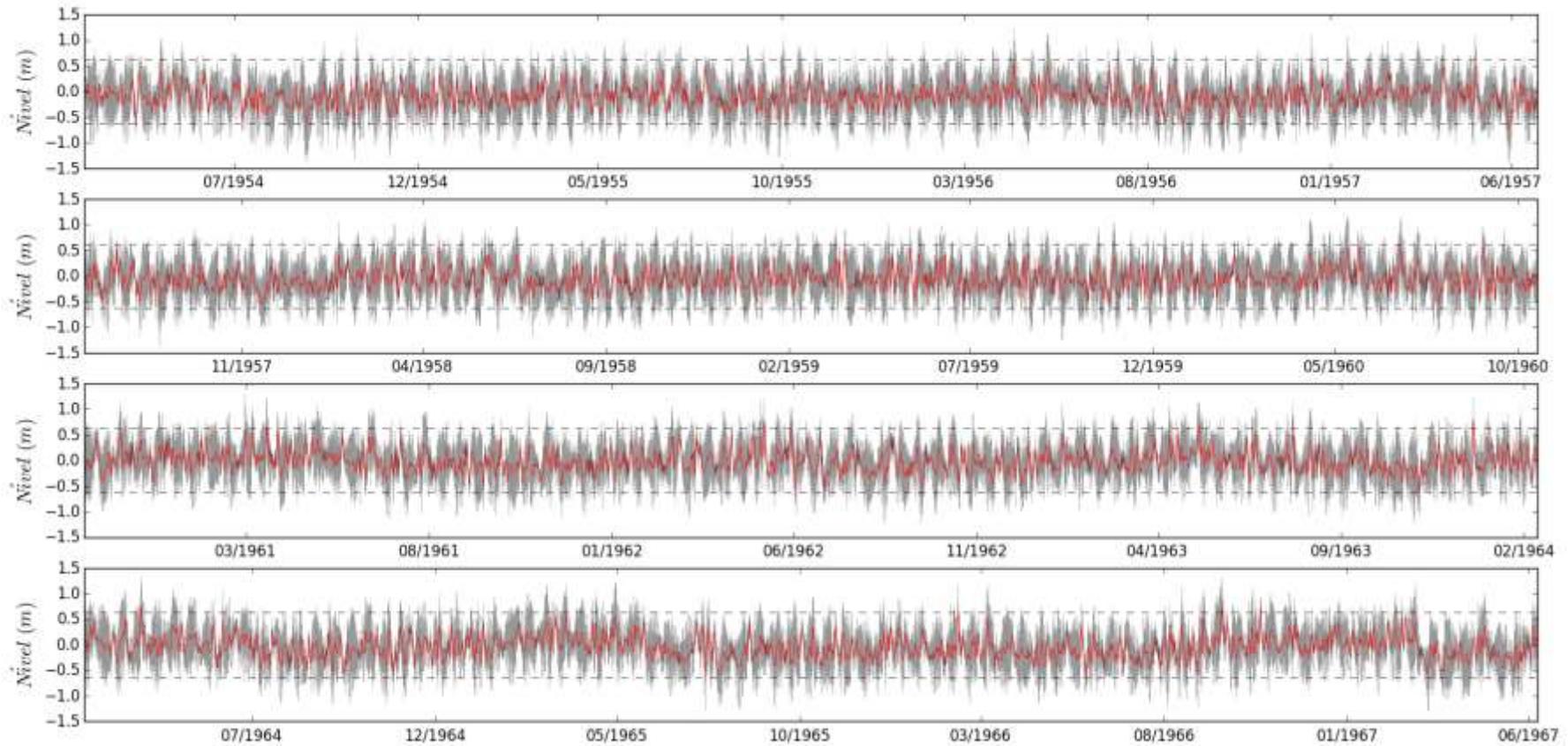


Figura 3.1.2.1.2-31 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananéia entre 06/1954 (painel superior) e 06/1967 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

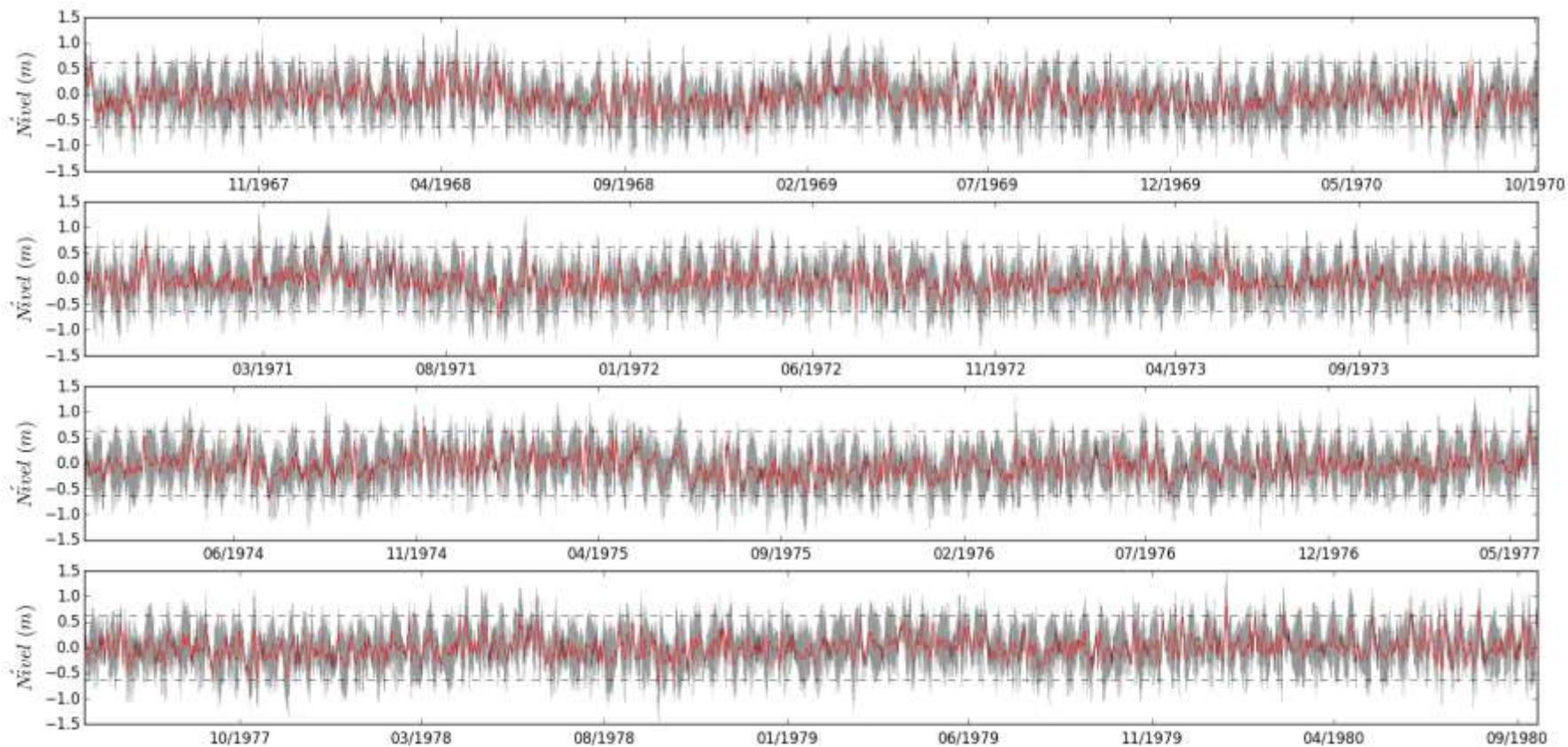


Figura 3.1.2.1.2-32 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananéia entre 06/1967 (painel superior) e 09/1980 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

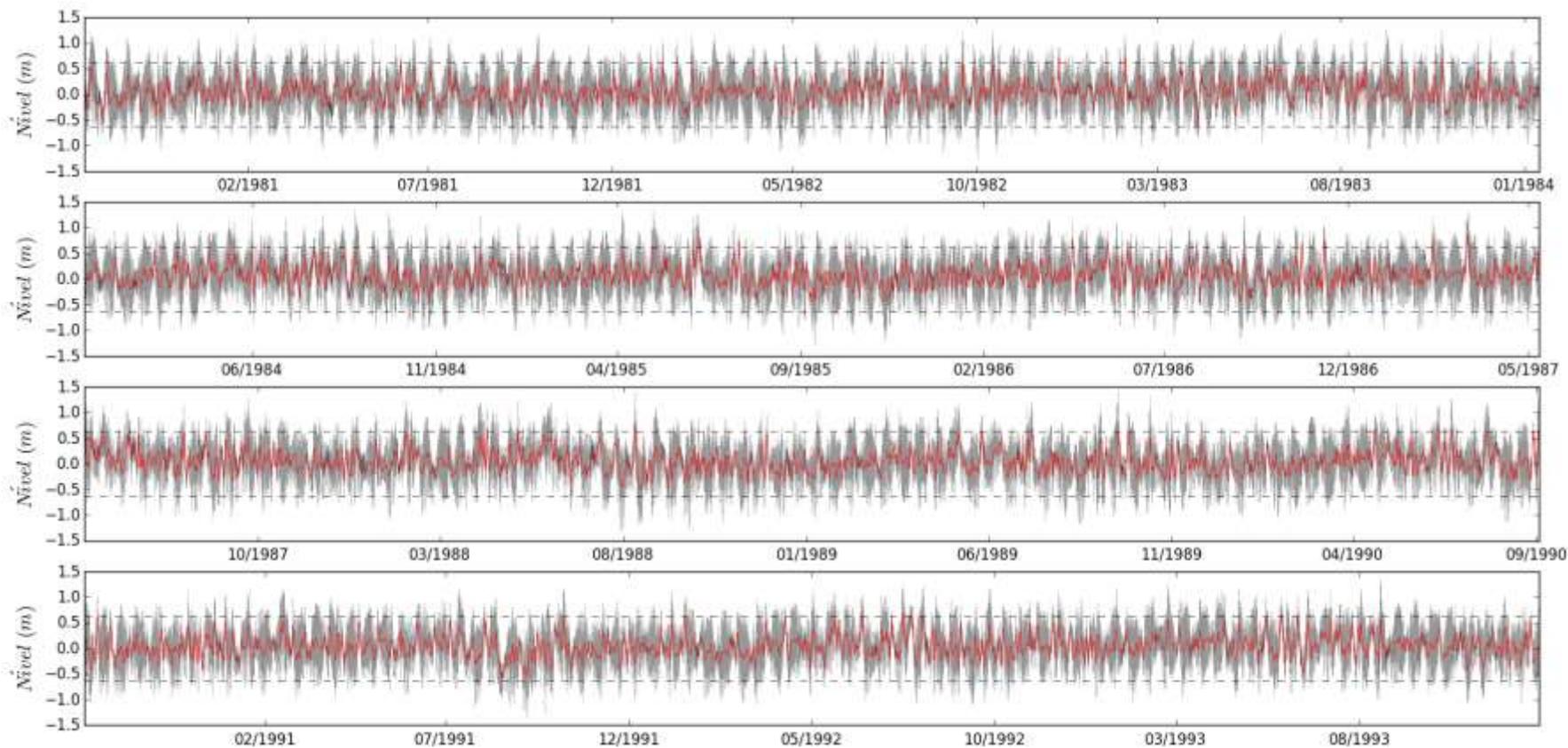


Figura 3.1.2.1.2-33 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananéia entre 09/1980 (painel superior) e 12/1993 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

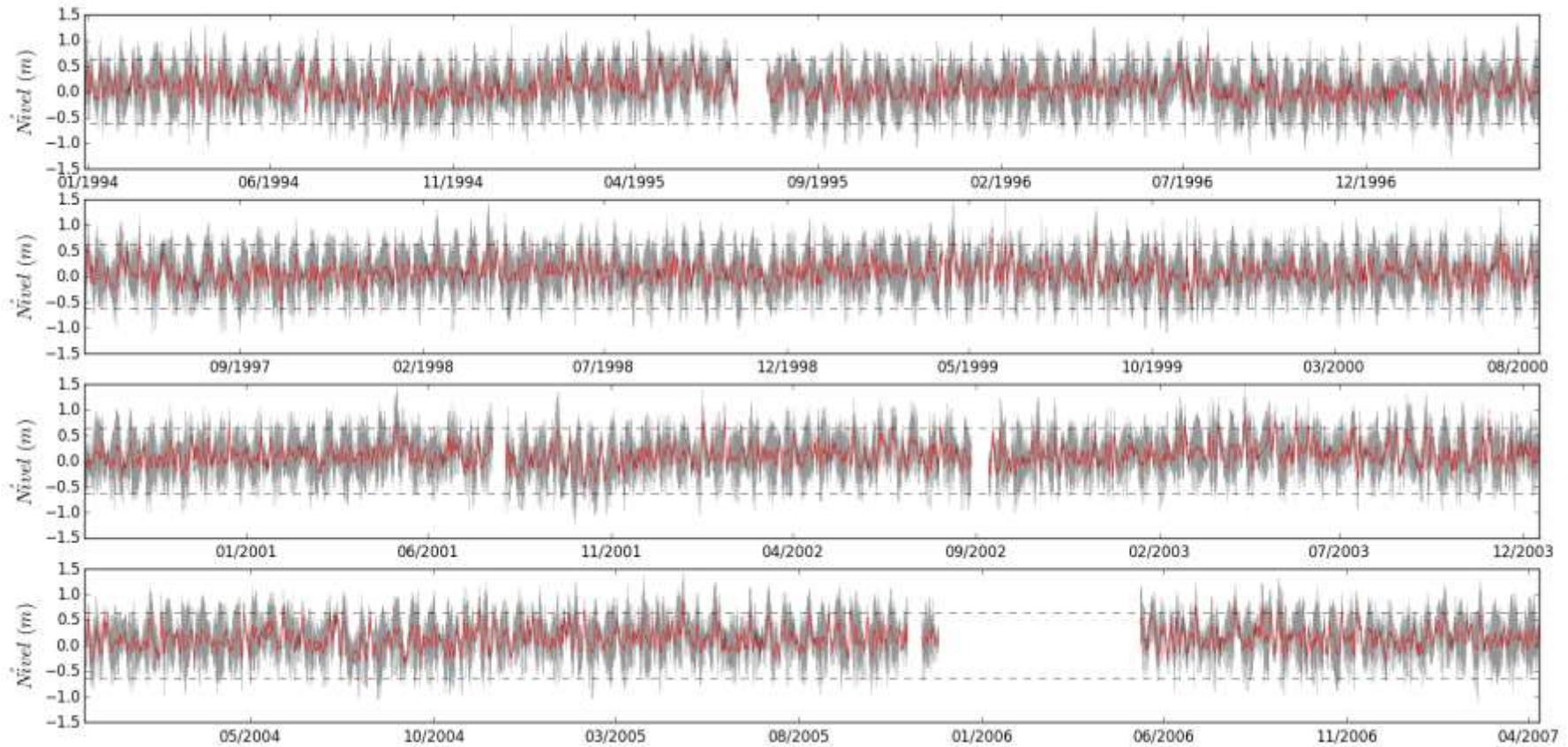


Figura 3.1.2.1.2-34 – Variação do nível do mar total (linhas cinzas) e subinercial (linhas vermelhas) para Cananéia entre 01/1994 (painel superior) e 04/2007 (painel inferior). As linhas tracejadas horizontais indicam os valores máximo e mínimo estabelecidos para se determinar eventos extremos. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Para identificar eventos extremos de maré meteorológica positiva foi utilizado o critério do valor médio do nível do mar subinercial, acrescido três vezes o desvio padrão. Ou seja, os valores de nível do mar subinercial maiores que 0,63 m (valor médio do nível do mar de toda a série - 0,00 m - acrescido três vezes o desvio padrão de toda a série - 0,21 m) são classificados como sendo eventos extremos de maré subinercial positiva. Estes valores subinerciais podem ser entendidos como sendo o aumento do nível do mar com relação à previsão de maré. A Fonte de referência não encontrada. **Tabela 3.1.2.1.2-8** mostra a quantidade média de eventos por ano, para cada mês, bem como a porcentagem do tempo que o nível do mar excedeu os limites extremos positivos estabelecidos para o critério de eventos extremos.

Tabela 3.1.2.1.2-8 – 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

Para avaliar a variação interanual destas ressacas, a **Figura 3.1.2.1.2-35** mostra o nível médio anual do mar em Cananéia ao longo da série analisada, bem como o nível máximo do mar registrado anualmente e a ocorrência de eventos extremos de elevação do nível do mar – ressacas.

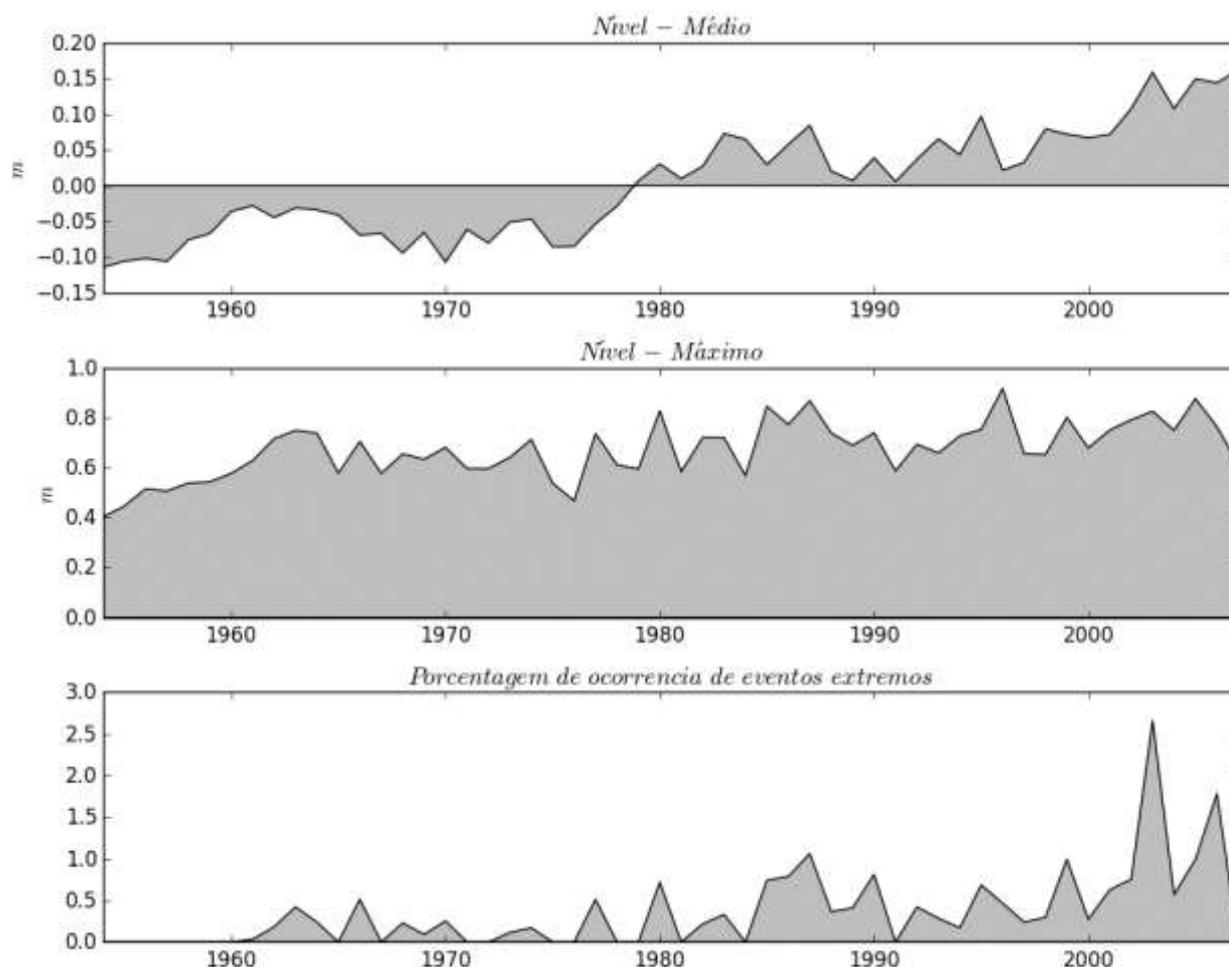


Figura 3.1.2.1.2-35 – Nível médio do mar (painel superior), nível máximo registrado (painel central) e porcentagem de ocorrência de eventos extremos de elevação do nível do mar na costa de São Paulo entre 1954 e 2007. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

AErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-35** mostra que houve uma variação de aproximadamente 0,2 m no nível médio do mar em Cananéia entre os anos de 1954 e 2007 (uma média de 3,7 mm/ano), sendo que no ano de 1978 aproximadamente o nível do mar estava na média de toda a série analisada. Os dados mais atuais mostram nível do mar mais elevado que a média do período. A ausência de dados de longo período de marégrafos na costa brasileira dificulta a assertividade com relação ao aumento do nível médio do mar. França (1995) *apud* Mesquita (2003) indica valores médios para a costa brasileira de cerca de 4 mm por ano. Já Valentim *et al.* (2013) encontrou o valor de 2,3 mm/ano entre os anos de 1978 a 2000 numa série de nível do mar medida em Ubatuba.

Na série analisada, o nível do mar máximo registrado ao longo dos anos também tem aumentado nos dados mais recentes, contudo, se descontado o aumento médio relatado, observa-se pouca variação na severidade. Com relação a porcentagem de ocorrência de eventos extremos, observa-se que a partir do ano de 1990 houve um crescente, com valor máximo de aproximadamente 2,5% de frequência de ocorrência de eventos extremos no ano de 2003, indicando também um aumento no número de ocorrência destes fenômenos.

Neste ponto é importante destacar que estes eventos de ressacas na região da APAMLN podem trazer algumas consequências relacionadas principalmente à dinâmica sedimentar costeira. Estudos como de Rogacheski (2010) para o arco praial de Massaguaçu em Caraguatatuba e o de Cardoso (2013) para as praias do Lázaro, Domingas Dias e Sununga em Ubatuba, mostram que os perfis de praia podem ser significativamente alterados nestes eventos extremos. O primeiro estudo mostra que o padrão relacionado as ondas de tempestade influenciam as correntes de deriva litorânea, direcionadas para o norte e de alta magnitude e, na porção sul, ocorrem correntes transversais associadas a restritas células de circulação em vórtices. O autor cita que no segmento sul são observadas maiores taxas de transporte e variação da morfologia. Cardoso (2013) cita que para praias abrigadas como a Lázaro, não sofrem influência da dinâmica sedimentar ocasionada pela passagem de frentes frias. Já as praias Domingas Dias e Sununga, que são expostas a incidência diretas de ondas que ocorrem nestes períodos de ressacas, respondem diretamente em mecanismo do tipo causa/efeito. A autora destaca que estes eventos geram transferência significativa de sedimentos entre a área emersa e submersa da praia. Ainda, esta autora destaca que para todo o litoral de São Paulo, as praias que possuem suas faces voltadas rumo aos quadrantes a sul, e não apresentam impedimento físico a incidência de ondas (ilhas, por exemplo), possuem suas porções mais a oeste do arco praial sujeitas a significativas alterações nos volumes de areia depositados sobre a face da praia.

Ainda, conforme destacado no item *Configuração da linha de costa e características do fundo marinho*, é de extrema importância a preservação das estruturas vegetais ciliares, com destaque para os bosques de manguezais e pós-praia (restinga). Conforme concluído por Furukawa & Wolanski (1996), os bosques de manguezais possuem grande importância com relação ao efeito físico, reduzindo a quantidade de energia que chega ao solo durante uma chuva, subidas de maré e impactos de ondas. O sistema radicular atua mecanicamente penetrando nas camadas do solo, contribuindo para a sua estruturação. O mesmo se aplica para os demais ecossistemas ciliares.

■ Ondas – PCSP e APAMLN

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:

- Situação de Bom Tempo: ondulações de N, NE e E (principalmente NE), com sistema de alta pressão Anticiclone do Atlântico Sul dominante;

- Situação de Mau Tempo de SW: ondulações de SW e S em que há a passagem de frente fria seguida de um ciclone extratropical;
- 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. Não existem dados públicos disponíveis para altura e direção de onda no litoral norte de São Paulo.

Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-36** e aErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-37** 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 3.1.2.1.2-9** mostra os valores médios sobre o ponto APAMLN.

Tabela 3.1.2.1.2-9 – Estatística básica da altura e direção de ondas que incidem sobre o ponto APAMLN. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

	Altura				Período			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Verão	1,95	0,72	5,78	0,62	7,71	3,58	15,95	1,78
Outono	2,20	0,54	8,13	0,86	8,84	3,33	16,34	2,20
Inverno	2,44	0,58	6,78	0,86	8,93	2,94	16,13	2,17
Primavera	2,33	0,62	6,12	0,71	8,16	3,31	16,18	1,85

Os dados de altura mostram maiores valores para os períodos de inverno (2,4 m) e menores no verão (1,95 m), com valores intermediários para outono (2,2 m) e primavera (2,3 m), sendo a primavera mais similar ao campo de inverno e o outono mais similar ao verão. Para a direção, a direção de incidência em ambas as estações do ano é de SW, porém para o outono e inverno ocorre uma maior influência da direção S, enquanto que para o verão e primavera da direção W. Estas correlações entre estações do ano para a direção de incidência de ondas se observa também para os períodos das ondas incidentes. Os campos de invernos e outono são similares entre si, enquanto que os campos de verão e primavera também apresentam semelhanças. Os maiores períodos de incidência média são observados no inverno (aproximadamente 8,9 s) e os menores no verão (aproximadamente 7,7 s).

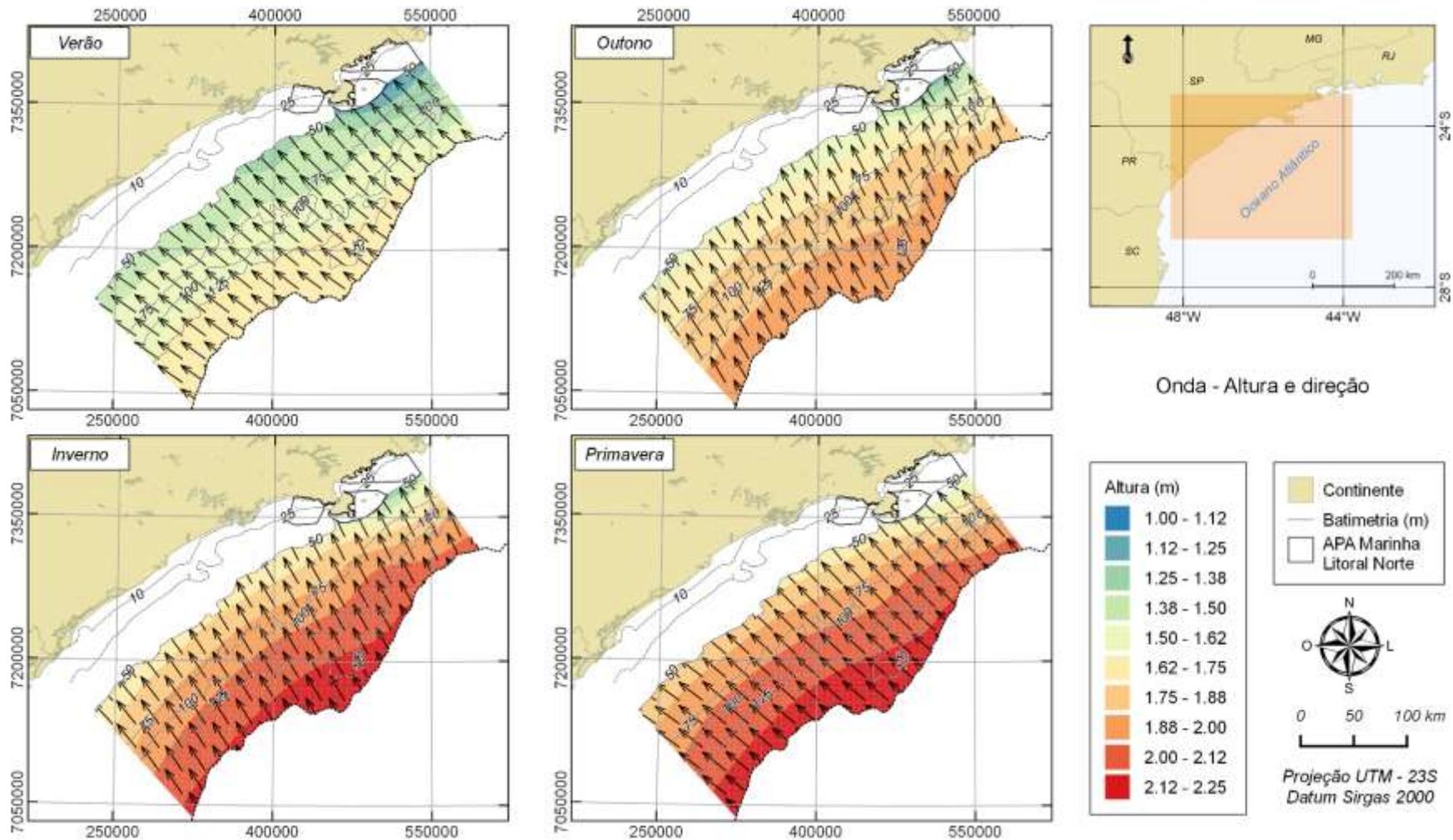


Figura 3.1.2.1.2-36 – Altura (cores) e direção (vetores) média das ondas que atingem a região de estudo. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

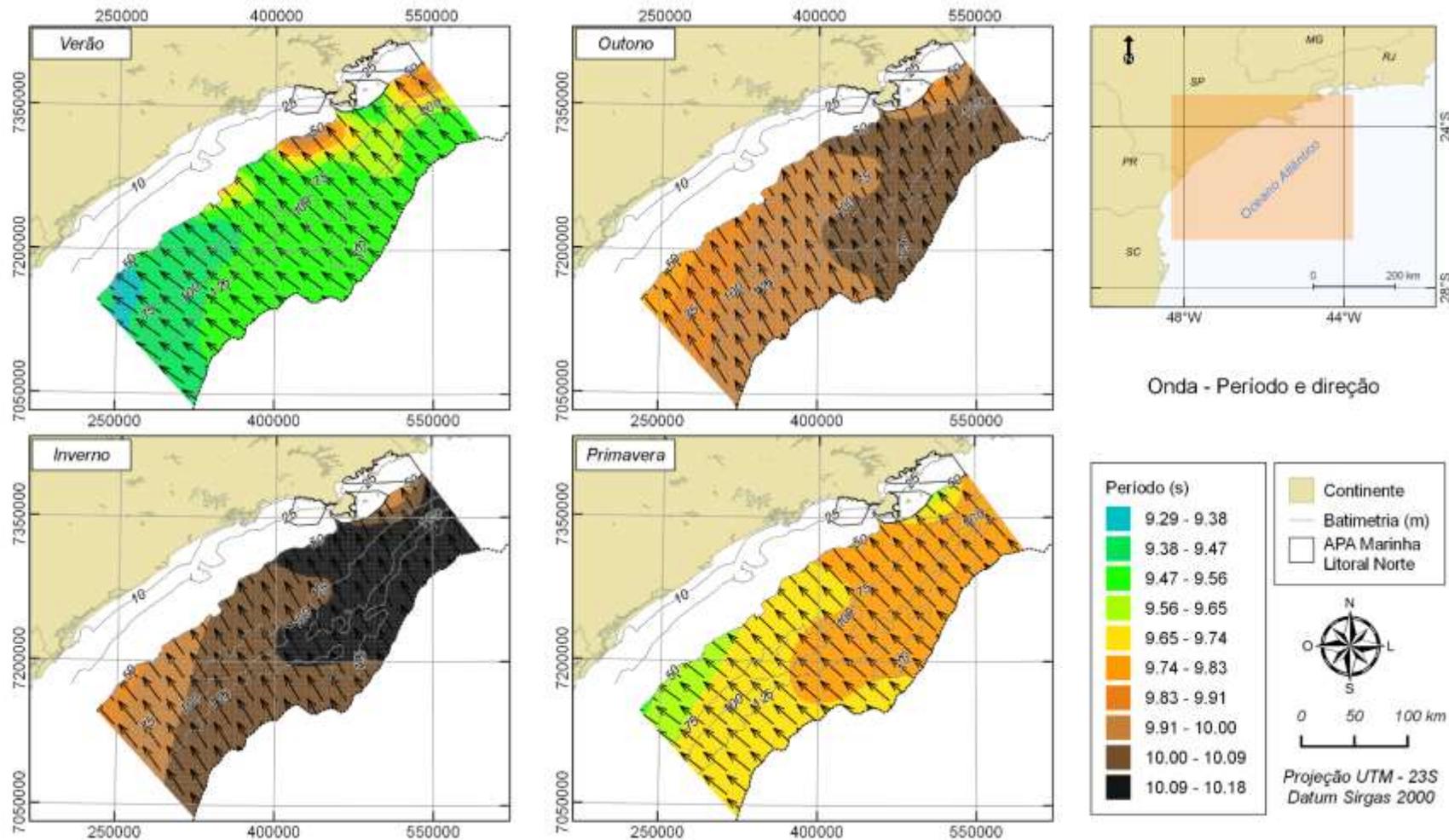


Figura 3.1.2.1.2-37 – Período (cores) e direção (vetores) média das ondas que atingem a região de estudo. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera.

Analisando toda a série temporal, a Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-38** e a Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.2-39** mostram os diagramas direcionais para altura e período de onda, respectivamente, que atingem o ponto APAMLN. As tabelas de ocorrência conjunta destes dados estão disponíveis no **Anexo 3.1-13** deste documento.

Os histogramas mostram que para o verão, outono e inverno, as direções de maior incidência de ondas são de NE (35,1 %), S (36,8%), S (31,5%) e NE (29,8%), respectivamente. Estas ondas possuem altura média de 1,84 m, 2,34 m, 2,53 m e 2,15 m, com período médio de 6,60 s, 10,35 s, 10,62 s e 6,85 s, para cada estação do ano, respectivamente - **Tabela 3.1.2.1.2-10**.

Tabela 3.1.2.1.2-10 – Estatística básica da altura e períodos de ondas de direção mais frequente sobre o ponto APAMLN. 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	1,84	0,52	4,19	NE	6,60	0,83	9,27
Outono	S	2,34	0,79	8,13	S	10,35	1,85	16,34
Inverno	S	2,53	0,80	6,40	S	10,62	1,77	15,86
Primavera	NE	2,15	0,60	4,65	NE	6,85	0,76	9,07

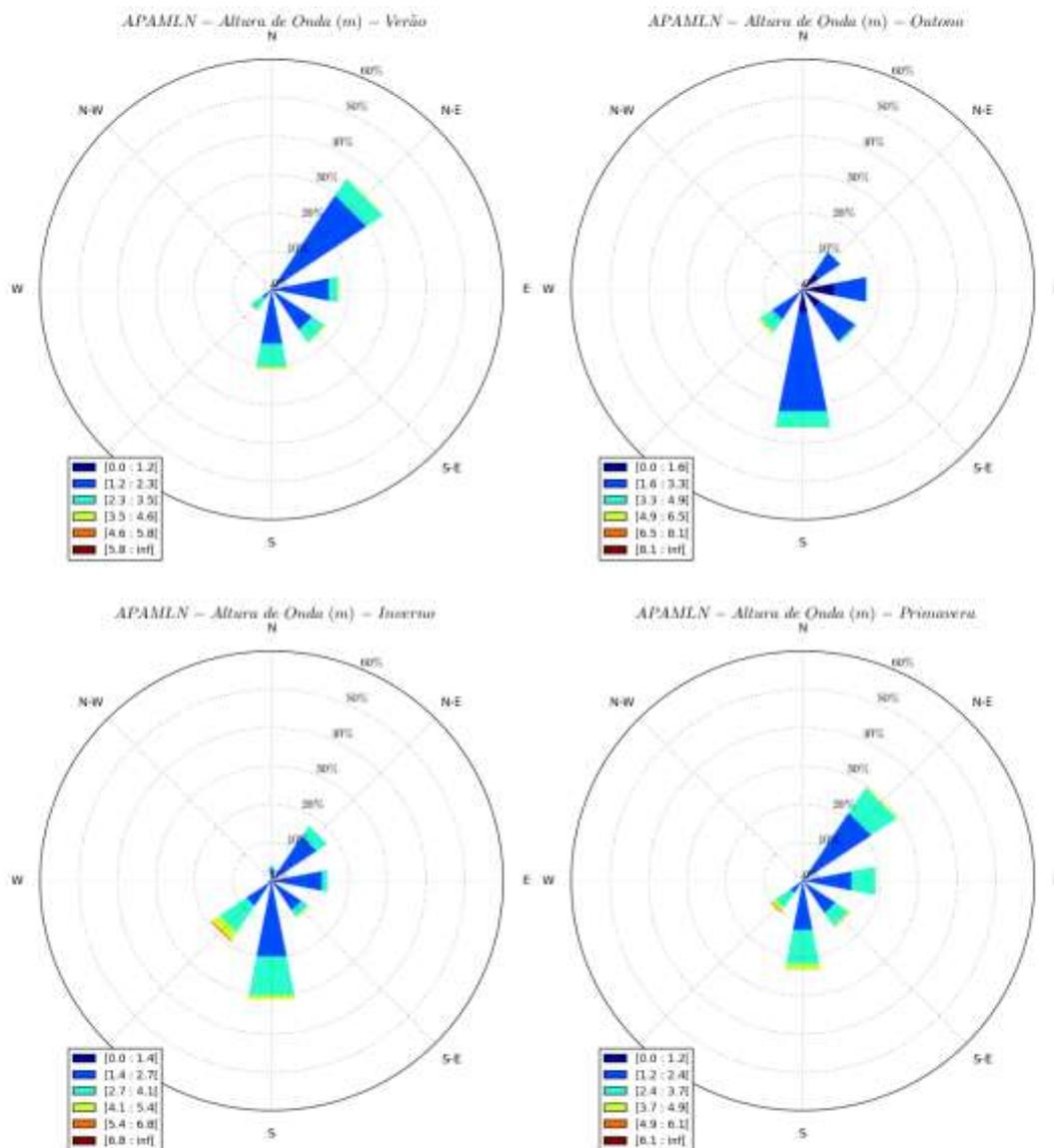


Figura 3.1.2.1.2-38 – Histograma direcional de altura de onda para a APAMLN. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

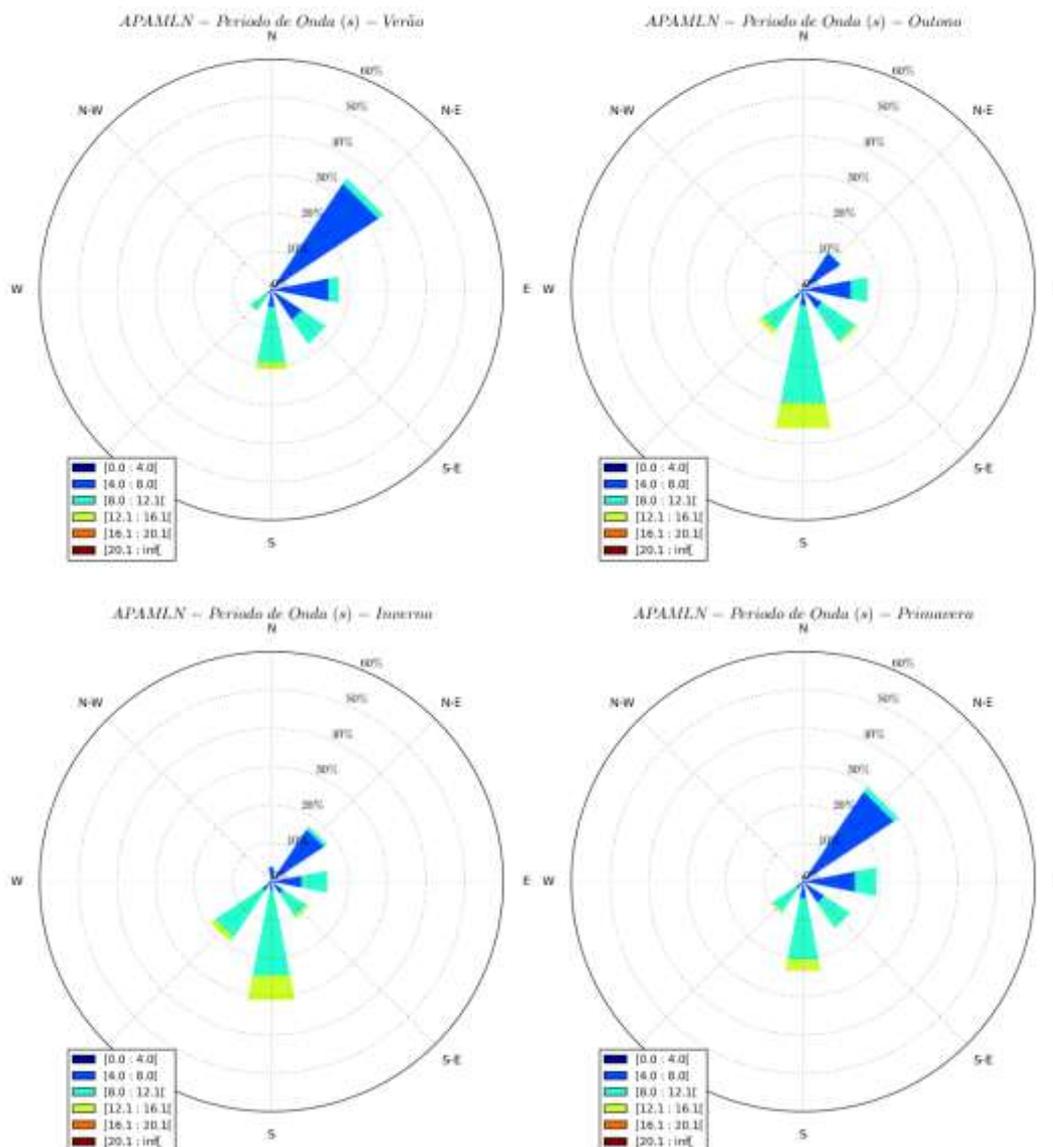


Figura 3.1.2.1.2-39 – Histograma direcional de período de onda para a APAMLN. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Já a **Tabela 3.1.2.1.2-11** mostra a estatística básica para as direções com maiores alturas médias e maiores períodos médios. Em todas as épocas do ano a direção que possui maior altura média é a de SW, enquanto que as ondas de direção S são as que apresentam maior período médio para outono, inverno e primavera. No verão as ondas de SW também apresentam maior período médio. As maiores alturas e períodos nestas direções são observadas em período de inverno, e os menores no verão.

Tabela 3.1.2.1.2-11 – 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 APAMLN. 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	2,44	0,72	5,78	SW	9,64	1,80	13,24
Outono	SW	2,91	1,05	7,55	S	10,35	1,85	16,34
Inverno	SW	3,05	1,03	6,78	S	10,62	1,77	15,86
Primavera	SW	2,84	0,86	6,12	S	9,87	1,92	16,18

Estes resultados apresentados para as ondas relacionam-se com a literatura (PINHO, 2003, PIANCA, 2010, Rogacheski, 2010) e indicam a forte correlação com os sistemas atmosféricos apresentados na 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 3.1.2.1.2-12**. Estes dados mostram que para ondas de até 1,5 m o inverno apresenta maior probabilidades de ocorrência. Já pra ondas maiores que 4,5 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 -Erro! Fonte de referência não encontrada. **Tabela 3.1.2.1.2-12**. Estes resultados que a onda centenária no outono é a maior em comparação as demais estações, com aproximadamente 11 m, denotando novamente a grande probabilidade de eventos extremos durante esta época do ano.

Tabela 3.1.2.1.2-12 – Probabilidade de ocorrência de ondas de acordo com intervalos de altura para o ponto APAMLN. 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	94,9	81,8	59,5	33,7	13,6	3,6	0,6	0,0
Outono	94,0	83,2	67,0	48,2	30,4	16,4	7,5	2,9
Primavera	96,8	89,5	76,5	59,0	39,9	23,1	11,1	4,3

Inverno	97,6	90,5	76,2	55,3	32,6	14,6	4,6	1,0
---------	------	------	------	------	------	------	-----	-----

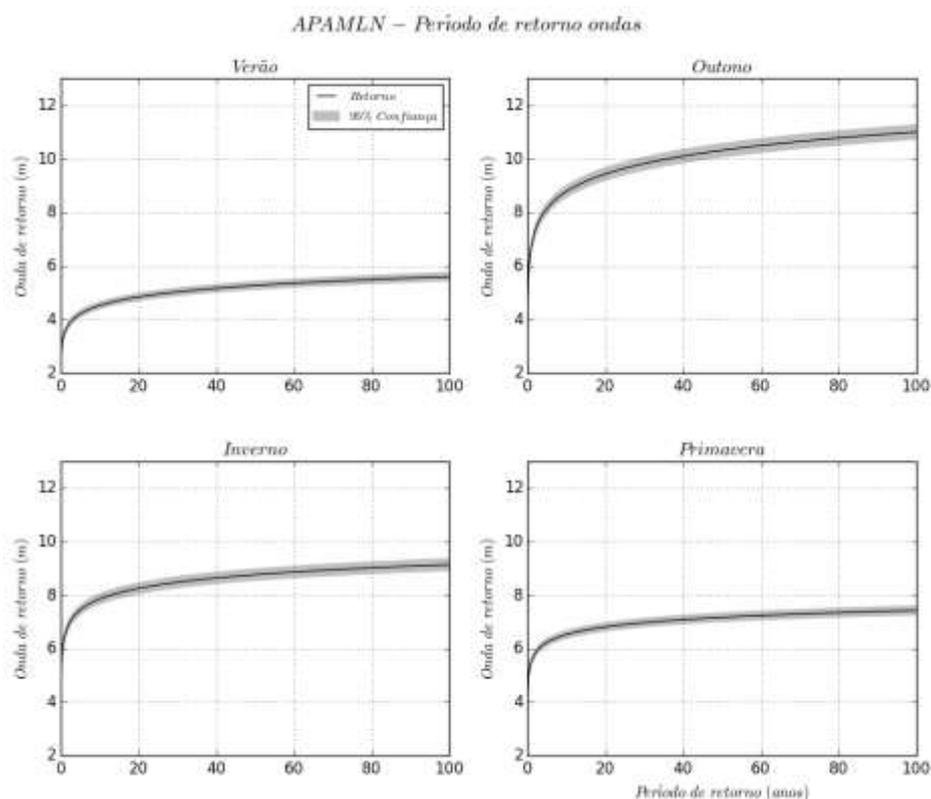


Figura 3.1.2.1.2-40 – Ondas de retorno para período máximo de 100 anos para o ponto APAMLN. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

■ Síntese da caracterização oceanográfica

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

Estes setores que têm as correntes influenciadas pelo vento sofrem grande alteração na dinâmica nos momentos de passagem de frentes frias. Como este fenômeno altera a direção dos ventos de N-NE para S-SW, as correntes nestas regiões também são alteradas, tendo dessa maneira sentido oposto aos

observados mais frequentemente. No setor Ypautiba, as correntes que fluem para N-NE são intensificadas em momentos de passagem de frentes frias.

Por ser uma região mais abrigada, o diagnóstico indicou que setor Cunhambebe apresenta as menores intensidades médias de correntes, quando comparados aos setores Maembipe e Ypautiba. Já o setor Maembipe, por estar mais ao largo, foi o que teve as correntes mais intensas e as maiores probabilidades de eventos extremos.

Os trabalhos analisados para a região da APAMLN mostraram três massas de água: a Água Costeira, que é a mistura entre as águas presentes na PCSE e as águas de descargas continentais, a ACAS, que é a água que ocupa o fundo da Plataforma Continental a partir da profundidade aproximada de 50 m e é rica em nutrientes, e a Água Tropical, que é a água transportada pela Corrente do Brasil na borda da PCSE. A AC foi a que apresentou maior ocorrência e ocupa boa parte da coluna de água da APAMLN. A AT foi observada com rara frequência. Já a ACAS é observada em profundidades de 25 m por quase toda a extensão de fundo dos setores Cunhambebe e Maembipe durante a primavera e o verão. Foram relatados também episódios de eclosão desta água na superfície em períodos de ventos de NE persistentes. Essa massa de água é rica em nutrientes e quando na superfície, possibilita o aumento da produção primária estimulando todo o crescimento da cadeia trófica.

Nas regiões costeiras da APAMLN 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 1,0 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, podendo estar associados às mudanças climáticas.

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

Portanto, na questão dinâmica das correntes, nível do mar e ondas na região, em situações de tempo bom, dominância da ASAS - ventos de N-NE - as correntes nos setores Cunhambebe e Maembipe fluem para sul, com ondas predominantemente de N-NE e oscilação do nível do mar de acordo com a maré. O setor Ypautiba apresenta correntes para NE. Em situação de passagem de frentes frias, onde os ventos são alterados para S-SW, as correntes nos setores Cunhambebe e Maembipe alteram de sentido, fluindo também para NE, e no setor Ypautiba ocorre uma intensificação das correntes na mesma direção. O regime de ondas é alterado, com maiores alturas e períodos e direção de S-SW. Ocorre um aumento do nível do mar fazendo com que os níveis máximos sejam maiores que os previstos para a maré astronômica.

3.1.2.1.3 Qualidade da água e do sedimento

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

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. Desses 172 pontos, 7 localizam-se na Ilha Anchieta, e são monitorados a pedido da Diretoria do Parque Estadual em função do aumento do fluxo de turistas.

No item **2. Metodologia**, estão disponíveis os compostos analisados, índices de qualidade e detalhes dos pontos de análise utilizados neste diagnóstico. Neste estudo concluiu-se que a utilização destes dados disponibilizados pela CETESB seriam o melhor retrato da situação atual da região, devido a sua abrangência regional e reprodutibilidade das coletas ao longo do tempo, podendo-se realizar comparações entre regiões e anos e observar a evolução da qualidade da água e do sedimento na região. Inicialmente são apresentados os resultados de Qualidade de água e sedimentos da Rede Costeira para o ano de 2015 (última análise realizada até o momento) e nas conclusões estes resultados mais recentes são comparados com anos anteriores. Exceção feita para a balneabilidade que aqui primeiramente são apresentados os resultados de monitoramento para os últimos três anos (2013, 2014 e 2015) e na conclusão do estudo estes resultados são comparados com os resultados obtidos nos últimos dez anos.

Antes da avaliação dos resultados observados, na sequência são apresentados alguns detalhes dos locais da Rede Costeira que foram analisados:

Picinguaba

Distante aproximadamente 25 km do centro de Ubatuba, esta praia está inserida no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) - Núcleo Picinguaba, onde existe uma vila de pescadores tombada pelo patrimônio histórico com significativa importância turística. Este trecho incorpora ecossistemas associados à Mata Atlântica, além de núcleos caiçaras, quilombolas e indígenas. Nos últimos anos, a praia de Picinguaba (que integra o programa de balneabilidade da CETESB), apresentou alguns eventos de impropriedade o que indica certa contaminação das águas por efluentes domésticos (CETESB, 2016a).

Baía de Itaguá

A Baía de Itaguá situa-se defronte à sede do município de Ubatuba, entre a Ponta Grossa ao sul e a Ponta do Alegre ao norte. Suas águas abrigam as praias de Itaguá, Iperoig, Prainha do Matarazzo, Perequê-Açu

e Barra Seca. São praias urbanas, com ocupação contínua predominante de população fixa e atividades de comércio e serviços. No seu interior, estão localizados o Farol da Ponta Grossa e o cais do porto de Ubatuba. Nela deságuam os rios Acaraú, Lagoa (ou Tavares), Grande e Indaiá. As praias monitoradas pelo programa de balneabilidade da CETESB apresentam-se bastante comprometidas quanto à qualidade sanitária das águas (CETESB, 2016a).

Saco da Ribeira – Marinas

No Saco da Ribeira há diversas marinas. Entre elas, há a Marina Píer do Saco da Ribeira é pública, administrada pela Fundação Florestal e oferece serviços de garagem náutica, atracação para carga e descarga, pesca e transporte para o Parque Estadual da Ilha Anchieta, além de postos de abastecimento flutuantes para embarcações; o Saco da Ribeira abriga também uma base do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. Está localizada no interior da Baía do Flamengo, no trecho sul do município de Ubatuba, onde predomina uma ocupação descontínua por população flutuante; apresenta grande concentração de estabelecimentos voltados para o turismo e atividade náutica, devido à instalação de píeres e atracadouros. Em decorrência do intenso uso e ocupação, sua praia foi praticamente extinta, reduzida a poucos metros de faixa de areia (CETESB, 2016a).

Tabatinga

Localizada a 18 km ao norte do centro de Caraguatatuba, na divisa com Ubatuba, Tabatinga é uma praia de águas calmas e rasas, muito utilizada por banhistas e para a prática de esportes náuticos como mergulho livre, caiaque, windsurf. A praia possui também intenso tráfego de embarcações como lanchas, jet-skis, esqui-aquáticos, que podem gerar poluição por óleo e graxas. Ao norte, há ainda a foz do Rio Tabatinga que corre por uma área de crescente urbanização, podendo carrear efluentes sanitários para o mar; o ponto de monitoramento mais próximo a essa área é o ponto 3. Nos últimos anos, a praia de Tabatinga (monitoradas pelo programa de balneabilidade da CETESB com dois pontos de amostragem), apresentou alguns eventos de impropriedade o que indica certa contaminação das águas por efluentes domésticos (CETESB, 2016a).

Cocanha

Esta área localiza-se na região norte do município de Caraguatatuba, e possui atividade de maricultura desenvolvida na área próximo às Ilhas da Cocanha, Grande (Massaguaçu), da Cocanha Pequena e do Tamanduá. A criação de mexilhões desenvolvida na Cocanha utiliza o sistema de “*long lines*”, onde os mexilhões, da espécie *Perna perna*, crescem aderidos em linhas presas perpendicularmente ao cabo principal, em profundidade equivalente ao meio da coluna d’água (± 2 m). Área de ocupação urbana, com população flutuante intensificada em períodos de férias, pode receber poluição por efluentes de esgotos domésticos (CETESB, 2016a).

Baía de Caraguatatuba

A Baía de Caraguatatuba situa-se defronte à sede do município de Caraguatatuba e abriga as praias de Porto Novo, Flecheiras, Romance, Palmeiras, Lagoa, Aruan, Indaiá, Centro e Camaroeiro. Todas essas praias são urbanas, com ocupação contínua predominante de população fixa e atividades de comércio e serviços. Os principais rios que deságuam na baía são o Rio Santo Antônio, o Rio Lagoa e o Rio Juqueriquerê, o maior dos três. As praias monitoradas pelo programa de balneabilidade da CETESB apresentam comprometimento quanto à qualidade sanitária das águas. Outro fator importante a ser considerado é o aumento da atividade industrial representada pela instalação da Unidade de Tratamento

de Gás do Campo de Mexilhão (Petrobras), o que deve também refletir em um aumento da população fixa local (CETESB, 2016a).

Canal de São Sebastião

O Canal de São Sebastião (CSS) está localizado na costa nordeste do Estado de São Paulo. O canal separa o continente da Ilha de São Sebastião, que abriga o município de Ilhabela. Este canal limita-se, ao norte, pela Ponta das Canas e, ao sul, pela Ponta da Sela, ambas situadas na Ilha de São Sebastião; a extensão é de aproximadamente 25 km e a largura varia entre 6 km na entrada norte, 7 km na entrada sul e 2 km no ponto central. O CSS localiza-se entre duas serras, nas margens continental e insular, sendo abrigado do Oceano Atlântico, funcionando como um funil para os ventos. Já a profundidade é variável e aumenta das desembocaduras para o centro, de 23 m na parte sul e 25 m na parte norte, chegando a mais de 40 metros próximo ao Terminal Aquaviário de São Sebastião na região central do canal. A água do canal recebe efluentes de quatro emissários submarinos: três de efluentes doméstico (Cigarras e Araçá pertencente à São Sebastião e o de Itaquanduba, pertencente a Ilhabela) e um de efluente industrial (Terminal Aquaviário de São Sebastião). Por se tratar de um local abrigado e de grande profundidade nele se localiza também o Porto de São Sebastião. O tráfego e fundeio de embarcações de grande porte pode causar o aumento da turbidez da água pela suspensão de sedimento, poluição por óleo e poluição sonora (CETESB, 2016a).

Barra do Una

A praia da Barra do Una, distante 56 km ao sul do centro de São Sebastião, localiza-se numa enseada formada entre a Ponta do Una a leste e o Morro do Engenho a oeste, com extensão aproximada de 1.800 m. É um local bastante procurado por banhistas e a população fixa tem aumentado. O principal curso d'água afluente é o Rio Una, de porte considerável, que tem apresentado níveis elevados de contaminação por esgotos. O rio é navegável e nas suas margens há inúmeras marinas e atracadouros para barcos de pequeno porte, que aumentam o risco de contaminação por óleos, graxas e detergentes (CETESB, 2016a).

CETESB (2016a) diz que uma das principais condicionantes da qualidade das águas costeiras é a disponibilidade de saneamento básico nas cidades litorâneas. Este trabalho fala que de um modo geral, essas cidades não possuem infraestrutura de saneamento suficiente para atender toda sua população, em especial quando considerada a variação sazonal da ocupação, sendo que o aporte de esgotos domésticos para rios e praias é comum em muitas dessas cidades, o que afeta diretamente a qualidade das águas. CETESB (2016a) afirma que a condição dos sistemas de saneamento básico existentes nos municípios costeiros constitui importante indicativo de qualidade ambiental e é um dos itens importantes para explicar a qualidade das águas costeiras.

Segundo informações CETESB (2016a), no litoral de São Paulo há 31 estações de tratamento de esgoto (ETEs), cujo efluente é lançado em corpos d'água na região; e 9 estações de pré-condicionamento (EPCs), cujo efluente é lançado no mar, por meio de 8 emissários submarinos (cinco na Baixada Santista, sendo três em Praia Grande, um em Santos e um no Guarujá; três no litoral norte, sendo dois em São Sebastião e um em Ilhabela).

No litoral norte, estima-se que uma parcela de 55% da população seja servida por coleta de esgoto, dos quais 43% são tratados. Na Baixada Santista, 73% da população tem seu esgoto coletado e 15% tratado e no Litoral Sul, 63% é coletado e 63% é tratado (CETESB, 2016a). Ainda que existam redes coletoras

implementadas, boa parte da população não faz a ligação. Além disso, há um grande número de pessoas vivendo em áreas irregulares, onde não é possível a instalação de equipamentos de saneamento básico.

■ Avaliação da qualidade da água costeira

Neste tópico serão apresentados e discutidos os resultados das análises de qualidade de águas costeiras realizadas no âmbito do programa Rede Costeira para o Litoral Norte de São Paulo (CETESB, 2016a) para o ano de 2015. Comparação com anos anteriores são feitas no tópico *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 Norte de São Paulo obtidos por CETESB (2016a) por ponto de amostragem e a média obtida para cada área estudada são apresentados na **Tabela 3.1.2.1.3-1**. São apresentados, também, os parâmetros que se mostraram não conformes em cada uma delas independentemente de serem computados no índice. CETESB (2016a) conclui que de um modo geral, o IQAC para o Litoral Norte de São Paulo durante as coletas realizadas no ano de 2015 tiveram resultado positivo, com a grande maioria das amostras classificada como Boa ou Ótima, à exceção do ponto 2 no Saco da Ribeira que apresentou IQAC no limite superior da classificação Regular.

Tabela 3.1.2.1.3-1 - IQAC para os pontos amostrados no Litoral Norte de São Paulo. Fonte: CETESB, 2016a.

Classificação - IQAC 2015					(% de amostras não conformes por Parâmetro)
Local de amostragem	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Média	
Picinguaba	92	99	99	97	OD (11%)
Baía de Itaguá	93	92	99	95	OD (17%)
Saco da Ribeira	85	78	85	83	OD (11%), COT (28%) Clorofila <i>a</i> (22%)
Tabatinga	92	92	84	90	Enterococos (6%), Clorofila <i>a</i> (33%)
Cocanha	93	85	85	88	Enterococos (17%), Clorofila <i>a</i> (17%)
Baía de Caraguatatuba	99	93	99	97	OD (6%)
Canal de São Sebastião (5pts)	99	85	99	95	OD (3%), COT (7%) Clorofila <i>a</i> (3%)
	99	92			
Barra do Una	93	85	85	88	OD (11%), Clorofila <i>a</i> (17%)

Legenda:

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

CETESB (2016a) encontrou nas análises dos pontos 2 e 3 de Picinguaba classificação Ótima para o IQAC. Já no ponto 1, os resultados deste estudo apresentaram concentrações de OD abaixo do limite legal (5,32mg/L e 5,98mg/L no 1º e 2º semestres respectivamente) em amostras de fundo reduzindo sua classificação para Boa.

Na Baía de Itaguá, CETESB (2016a) detectou concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 6,0 mg/L no ponto 1 em uma ocasião e no ponto 2 em duas ocasiões, todos muito próximos do referido limite, porém, o sua qualidade foi reduzida a Boa com estes eventos. Já para o ponto 3, CETESB (2016a) classificou como Ótimo.

CETESB (2016a) encontrou um conjunto de fatores no Saco da Ribeira que afetaram a qualidade da área. Os resultados obtidos por este estudo para OD apresentaram valores ligeiramente inferiores ao limite legal enquanto COT e Clorofila a apresentaram alguns valores superiores aos padrões de referência, tudo de forma distribuída. Os destaques de CETESB (2016a) são com relação aos valores altos de clorofila no ponto 2 (alguns excedendo 4µg/L) e classificando-o como Regular enquanto os demais foram Bons pelo IQAC.

Para a região de Tabatinga, CETESB (2016a) observou ocorrências sistemáticas de clorofila acima dos valores orientadores em todos os pontos no primeiro semestre. O estudo não alterações significativas na qualidade da água no 2º semestre. Desta forma, conforme o IQAC, os três pontos foram classificados como Bons, de acordo com CETESB (2016a). Quanto ao aspecto microbiológico, as concentrações de coliformes termotolerantes e enterococos foram baixas em ambas as campanhas de CETESB (2016a), exceção feita à amostra do ponto 3 (superfície) que apresentou 580 UFC/100 mL de enterococos coincidentemente o mesmo do ano anterior.

Na Cocanha, CETESB (2016a) classificou os três pontos como Bons de acordo com o IQAC, entretanto, foi destacada a ocorrência de Clorofila-a acima dos valores orientadores em todos os pontos e algumas concentrações de enterococos acima de 100 UFC/100 mL.

Na Baía de Caraguatatuba CETESB (2016a) encontrou apenas um registro de não conformidade de OD em 2015 na amostra de fundo do ponto 2 no 1º semestre. Com relação ao IQAC todos os pontos foram classificados por CETESB (2016a) como Ótimos, à exceção do ponto 2 devido a esta ocorrência.

No Canal de São Sebastião, CETESB (2016a) destacou uma concentração muito baixa de OD na amostra de fundo do ponto 3 (2,59 mg/L) e o estudo indicou que a grande profundidade pode ser um dos fatores que ocasionou este valor. Além disso, neste mesmo ponto CETESB (2016a) encontrou valores superiores aos orientadores de Clorofila a. De acordo com o IQAC, CETESB (2016a) classificou os pontos 2 e 5 como Bons (devido aos resultados de OD, clorofila e COT) e os pontos 1, 3 e 4 como Ótimos.

Nas águas da Barra do Una os resultados principais obtidos por CETESB (2016a) são com relação as baixas concentrações de OD no fundo nos pontos 2 e 3 além de ocorrências de clorofila a acima dos valores de referência incluindo o ponto 1. CETESB (2016a) destaca que não houve ocorrência de nutrientes acima dos padrões legais na campanha do ano de 2015, diferentemente do obtido no ano anterior pelo mesmo programa de monitoramento, o que confirma a suspeita da época de que os resultados obtidos são um evento pontual, sem consequências no longo prazo. Desta forma, CETESB (2016a) classificou os três pontos como Bons segundo o IQAC.

IETC - Índice de Estado Trófico

CETESB (2016a) realizou análise de eutrofização em duas profundidades (superfície e meio) e classificou 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 obtidos para as médias das duas profundidades por ponto, a média por campanha e a média anual.

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

Local	Ponto	1ª CAMPANHA				2ª CAMPANHA				MÉDIA ANUAL
		1	2	3	MÉDIA	1	2	3	MÉDIA	
Picinguaba		0,76	0,86	0,59	0,73	0,56	0,56	0,56	0,56	0,65
Baía de Itaguá		1,15	1,19	0,76	1,03	0,85	0,83	0,98	0,88	0,96
Saco da Ribeira		2,90	3,80	1,92	2,87	2,26	2,20	1,66	2,04	2,46
Tabatinga		3,04	3,50	2,89	3,14	1,75	1,24	1,27	1,42	2,28
Cocanha		2,36	2,82	2,91	2,70	0,87	0,72	0,73	0,77	1,73
Baía de Caraguatatuba		1,16	0,72	1,53	1,14	0,69	0,82	1,01	0,84	0,99
Canal de São Sebastião		1,23	2,25	1,83	1,80	0,68	0,72	0,89	0,97	1,38
	4 e 5	1,82	1,85			4 e 5	0,99	1,59		
Barra do Una		0,56	0,73	0,86	0,72	2,45	2,48	3,26	2,73	1,72

Estado Trófico	Mar Clorofila a µg/L	Estuário Clorofila a 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

Os resultados de CETESB (2016a) mostram que em Picinguaba, as concentrações de clorofila a foram similares em ambas as campanhas. Em relação à eutrofização, o estudo encontrou que os três pontos amostrados possuem baixa eutrofização sugerindo Boa qualidade da água. Segundo o IETC (Índice de Estado Trófico Costeiro), pela média anual das duas campanhas, CETESB (2016a) classificou o local como Oligotrófico mantendo a classificação que o mesmo órgão emitiu para o ano de 2014.

Para a Baía de Itaguá, CETESB (2016a) encontrou para as concentrações de clorofila maiores valores na 1ª campanha, com os dois pontos classificados como Mesotróficos (1 e 2) e um (3) como Oligotrófico, com a média indicando condição Mesotrófica para o local. Na 2ª campanha as amostras de CETESB (2016a) indicaram condição Oligotrófica para os três pontos. Pela média anual das duas campanhas o estudo classificou local, segundo o IETC, como Oligotrófico, apesar do valor obtido ser muito próximo ao limite máximo dessa condição. CETESB (2016a) ressalta ainda que para este local, Baía de Itaguá, os resultados de 2015 são ligeiramente melhores que os do ano de 2014.

Os resultados de CETESB (2016a) para o Saco da Ribeira mostram concentrações de clorofila a na primeira campanha ligeiramente maiores, com dois pontos classificados como Eutróficos (pontos 1 e 2) e um como Mesotrófico (ponto 3), e a média indicando condição Eutrófica para o local. Já na 2ª campanha, os valores foram encontrados pelo estudo foram menores, com todos os pontos indicando condição Mesotrófica, sugerindo uma pequena melhora na qualidade da água em relação à eutrofização. Pela média anual das duas campanhas, CETESB (2016a) classificou este local como Mesotrófico, apesar do valor obtido ser muito próximo ao limite máximo dessa condição. Como o local anterior, CETESB (2016a) também indica que o Saco da Ribeira exibiu melhora em relação ao ano anterior.

Para Tabatinga, os resultados obtidos por CETESB (2016a) na 1ª campanha foram maiores para concentrações de clorofila a em todos os pontos avaliados, com relação a 2ª campanha, resultando numa

classificação de condição Eutrófica pelo estudo. Já na 2ª campanha, com valores menores, todos os pontos foram classificados por este estudo como Mesotróficos. Pela média anual das duas campanhas, o local foi classificado por CETESB (2016a) como Mesotrófico, com valor próximo ao limite máximo dessa classe. Comparado ao ano anterior, em relação à eutrofização. Comparativamente ao ano de 2014, o estudo indica que Tabatinga exibiu uma piora na qualidade da água.

Na Cocanha as concentrações de clorofila a foram maiores na 1ª campanha de 2015 realizada por CETESB (2016a), com classificações variando entre Mesotrófica (ponto 1) e Eutrófica (pontos 2 e 3), exibindo como resultado final da campanha a condição Eutrófica. Já na 2ª campanha de CETESB (2016a), o estudo observou uma melhora na qualidade da água, com a maioria das amostras indicando baixa eutrofização, e pela média da campanha o local exibiu condição Oligotrófica. Pela média das duas campanhas realizadas por este estudo, este local foi classificado, segundo o IETC, como Mesotrófico. Comparativamente ao ano de 2014, CETESB (2016a) destaca que ocorreu uma piora quanto à condição trófica.

Os resultados de CETESB (2016a) para a Baía de Caraguatatuba mostram concentrações de clorofila a maiores na primeira campanha variando entre as classificações Oligotrófica (ponto 2) e Mesotrófica (pontos 1 e 3), exibindo como média da campanha a condição Mesotrófica. Já na 2ª campanha do mesmo estudo, observou-se uma ligeira melhora na qualidade da água, com classificações Oligotrófica (pontos 1 e 2) e Mesotrófica (ponto 3). Pela média das duas campanhas, CETESB (2016a) classificou este local, segundo o IETC, como Oligotrófico, porém com valor muito próximo do limite máximo dessa classe. A classificação obtida neste estudo foi similar ao ano anterior pelo mesmo monitoramento.

Os resultados de CETESB (2016a) para o Canal de São Sebastião mostram concentrações de Clorofila a foram maiores na 1ª campanha de 2015, com a maioria das amostras indicando condição Mesotrófica. Já na 2ª campanha de 2015, os resultados do estudo mostraram uma melhora na qualidade da água com a maioria das amostras e a média classificadas como Oligotróficas. Pela média das duas campanhas, para os cinco pontos amostrados, CETESB (2016a) indica que este local apresenta processo de eutrofização, sendo classificado, como Mesotrófico, exibindo piora em relação ao monitoramento do ano anterior.

Finalmente para a Barra do uma, os resultados de CETESB (2016a) indicam concentrações de clorofila a menores na 1ª campanha com relação ao 2º semestre, na qual todos os pontos indicaram um ambiente com baixa trofia, ou seja, Oligotrófico. Na 2ª campanha deste estudo houve um aumento nas concentrações de clorofila a indicando uma piora na qualidade da água com classificações entre Mesotrófica a Eutrófica, pela média desta campanha. CETESB (2016a) classificou esse local como Eutrófico. Segundo CETESB (2016a) as médias anuais das duas campanhas indicaram condição Mesotrófica para o local e, comparativamente ao monitoramento do ano anterior, exibindo uma melhora.

■ Avaliação da balneabilidade

Conforme apresentado no item 2. **Metodologia**, para a avaliação da balneabilidade das praias na APAMLN foram utilizados dados da Rede de Monitoramento de Praias da CETESB, entre os anos de 2013 e 2015 (CETESB, 2014b, 2015b, 2016b). Na conclusão deste estudo são analisados os resultados dos últimos dez anos de programa de monitoramento da CETESB. Para facilitar a visualização e interpretação dos resultados, a costa da APAMLN foi dividida em seis regiões, de acordo com os setores Cunhambebe e Ypautiba (o setor Maembipe não possui praias monitoradas nesta rede, sendo as seguintes:

- Setor Cunhambebe – porção norte

- Setor Cunhambebe – porção central
- Setor Cunhambebe – porção sul
- Setor Cunhambebe – porção da Ilha Anchieta
- Setor Ypautiba – porção leste
- Setor Ypautiba – porção oeste

Desta maneira, na sequência são apresentados os resultados de balneabilidade para os anos de 2013, 2014 e 2015 destas regiões.

Setor Cunhambebe – porção norte

A porção norte do setor Cunhambebe se localiza no município de Ubatuba e nesta região as praias de Picinguaba, Prumirim, Félix, Itamambuca, Itamambuca – rio e Vermelha do Norte são monitoradas pela Rede de Monitoramento de Praias da CETESB. Os resultados de balneabilidade para esta região para os anos de 2013, 2014 e 2015 são apresentadas no **Anexo 3.1-14** deste documento. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na **Erro! Fonte de referência não encontrada**. Figura 3.1.2.1.3-1.



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

Nesta região da APAMLN observa-se melhora nas classificações de balneabilidade das praias nos últimos três anos analisados onde, os piores índices são obtidos no Rio Itamambuca. Neste local em 2013 não foi observada nenhuma classificação de qualidade Excelente, fato observado em 65% das amostras no ano

de 2015. A classificação anual passou de Ruim, em 2013, para Regular, em 2015. Picinguaba, outro local com classificações impróprias, vem diminuindo a porcentagem de ocorrência, com 17% do tempo imprópria em 2013 e 8% em 2015. Entretanto, esta melhora não foi significativa ao ponto de alterar a classificação anual da praia, que se mantém como Regular, desde 2013. A praia do Félix, que em 2013 e 2014 apresentou classificações impróprias – e classificação anual Regular, no ano de 2015 foram registradas somente classificações Satisfatória (6%), Muito Boa (12%) e Excelente (83%) – tendo classificação anual como Boa. Destaque para as praias de Prumirim e Vermelha do Norte com 100% de classificação excelente no ano de 2015.

Setor Cunhambebe – porção central

A porção central do setor Cunhambebe se localiza no município de Ubatuba e nesta região as praias de Perequê-Açu, Iperoig, Itaguá (nos. 240 e 1724 da avenida adjacente), Tenório, Vermelha do Centro, Grande, Toninhas, Enseada, Santa Rita e Perequê-mirim são monitoradas pela Rede de Monitoramento de Praias da CETESB. Os resultados de balneabilidade para esta região, para os anos de 2013, 2014 e 2015, são apresentadas no **Anexo 3.1-14** deste documento. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na **Figura 3.1.2.1.3-2**.



Figura 3.1.2.1.3-2 – Representação gráfica da porcentagem de classificações de balneabilidade (de acordo com a escala de cores) para as praias da porção central do setor Cunhambebe da APAMLN. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).

Nesta região da APAMLN as praias na Enseada de Ubatuba (Perequê-açu, Iperoig e Itaguá) e Enseada do Flamengo (Enseada, Santa Rita e Perequê-Mirim) apresentaram classificação imprópria nos últimos três anos. A classificação anual da praia Perequê-açu oscilou de Boa em 2013, para regular em 2014 e voltou para boa em 2015. Ouve melhora se considerado que no último ano não foram obtidas classificações impróprias, porém, as porcentagens de classificações Excelentes caíram de 85% para 63% nos últimos três anos. Já as praias Iperoig e Itaguá vêm se mostrando com problemas crônicos na questão de balneabilidade. No n° 1724 da praia de Itaguá, as porcentagens de tempo com classificação imprópria aumentaram nos últimos três anos. Porém, para o n° 240 da mesma praia e em Iperoig, a classificação imprópria vêm diminuindo, indicando que o problema de esgoto que permanece na região pode ter origem na porção sul da Enseada de Ubatuba. Para as praias voltadas para leste, Tenório, Vermelha do Centro, Grande e Toninhas, com exceção desta última no ano de 2014, todas apresentaram classificação anual

como Boa ou Ótima (Vermelha do Centro). Para a Enseada do Flamengo a praia de Perequê-mirim é a que apresenta os piores resultados, com classificações Impróprias acima de 25% do tempo nos últimos três anos (em 2014 este valor foi de 50% e teve classificação anual Péssima). A praia de Santa Rita vem apresentando tendência de melhora, sendo que no ano de 2015 não foram registradas classificações impróprias, somente Excelente (73%) e Muito Boa (27%), com classificação anual Boa, depois de dois anos com classificação Regular. A praia da Enseada também vem apresentando tendência positiva, com porcentagens de classificação Excelente aumentando nos últimos três anos, porém, ainda apresentado situações de classificação imprópria, que contribuíram para a não alteração da classificação anual Média nos últimos três anos.

Setor Cunhambebe – porção sul

A porção sul do setor Cunhambebe se localiza nos municípios de Ubatuba e Caraguatatuba e nesta região as praias de Sununga, Lázaro, Domingas Dias, Dura, Lagoinha (Engenho e Camping), Sapé, Maranduba, Tabatinga (Rio e Condomínio), Mocoóca, Cocanha, Massaguaçu (Carlota e Carvalho), Capricórnio e Lagoa Azul são monitoradas pela Rede de Monitoramento de Praias da CETESB. Os resultados de balneabilidade para esta região, para os anos de 2013, 2014 e 2015, são apresentadas no **Anexo 3.1-14** deste documento, respectivamente. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na **Erro! Fonte de referência não encontrada. Figura 3.1.2.1.3-3**.



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 da porção sul do setor Cunhambebe da APAMLN. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).

Para as praias monitoradas na Enseada da Fortaleza - Sununga, Lázaro, Domingas Dias e Dura - a primeira e a terceira apresentaram classificação Excelente em praticamente 100% do tempo (Sununga 98%) em 2015, sendo as melhores avaliadas nesta região. Já a praia do Lázaro, que se localiza entre estas duas praias, vem apresentando classificações Impróprias nos últimos 3 anos, porém com tendência decrescente (27%, 17% e 8%, respectivamente). A classificação anual desta praia variou de Ruim em 2013 para Regular em 2014 e 2015, mantendo-se com a pior avaliação na Enseada da Fortaleza. A Praia Dura apresenta tendência crescente de porcentagem de classificação excelente, mas as porcentagens de classificações impróprias vêm oscilando, mantendo este local também com classificação anual Regular desde 2013. Para as praias monitoradas na Enseada do Mar Virado – Lagoinha, Sapé, Maranduba e Pulso- a única praia que apresentou classificação imprópria em 2015 foi Maranduba (4%), o que culminou

com classificação anual Regular. As demais praias vêm apresentando classificação anual Boa (Lagoinha e Sapé) e Ótima (Pulso) nos últimos três anos. Para as praias do município de Caraguatatuba que são monitoradas nesta região - Tabatinga, Mocoóca, Cocanha, Massaguaçu, Capricórnio e Lagoa Azul – dois lugares possuem situação de atenção: Tabatinga – Rio e Cocanha. Em Tabatinga - Rio as classificações Excelente vêm caindo ao longo dos três anos analisados, com persistência de avaliações impróprias. Já em Cocanha as classificações Impróprias aumentaram significativamente de 0% em 2014 para 21% em 2015, caindo o índice anual de Boa para Regular. Já as demais praias nesta região não apresentaram classificação Imprópria em 2015, prevalecendo classificações Excelentes e Muito Boas – com exceção da Lagoa Azul que apresentou 33% de classificação regular, porém mantendo-se com classificação anual Boa.

Setor Cunhambebe – Ilha Anchieta

As praias monitoradas na Ilha Anchieta pela Rede de Monitoramento de Praias da CETESB, no setor Cunhambebe, são as seguintes: Palmas, Sapateiro, Presídio, Engenho, Fora, do Sul e do Leste. Os resultados de balneabilidade para esta região, para os anos de 2013, 2014 e 2015, são apresentadas no **Anexo 3.1-14** deste documento. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na **Erro! Fonte de referência não encontrada. Figura 3.1.2.1.3-4**.



Figura 3.1.2.1.3-4 – Representação gráfica da porcentagem de classificações de balneabilidade (de acordo com a escala de cores) para as praias da Ilha Anchieta, no setor Cunhambebe da APAMLN. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).

Para as praias monitoradas na Ilha Anchieta, somente a de Fora apresentou classificação Imprópria nos últimos três anos – 5% em 2013. Já para o ano de 2015, a pior classificação foi observada na praia do Presídio – 2% Satisfatório. Todas as demais classificações foram Muito Boas e Excelentes, com predominância desta última classificação. Destaque para a praia do Leste que último ano obteve 100% de classificação Excelente, culminando em classificação anual Ótima.

Setor Ypautiba – Porção leste

A porção leste do setor Ypautiba se localiza no município de São Sebastião e nesta região as praias Preta do Norte (fora da APAMLN, mas nas proximidades), Grande, Baraqueçaba, Guaecá, Toque-Toque Grande, Toque-Toque Pequeno, Santiago, Paúba, Maresias e Boiçucanga são monitoradas pela Rede de Monitoramento de Praias da CETESB **Erro! Fonte de referência não encontrada**. Os resultados de

balneabilidade para esta região, para os anos de 2013, 2014 e 2015, são apresentadas no **Anexo 3.1-14** deste documento. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na **Figura 3.1.2.1.3-5**.

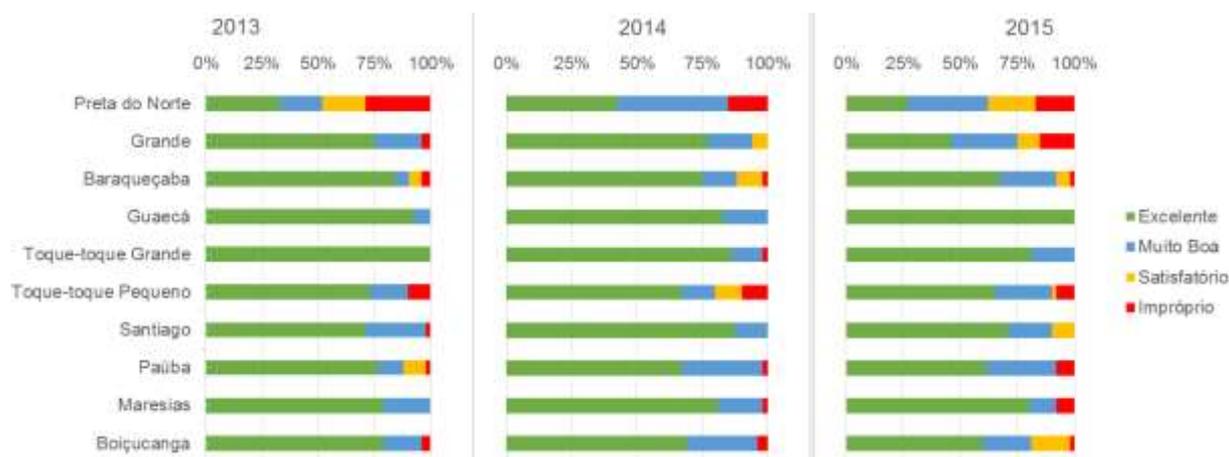


Figura 3.1.2.1.3-5 – Representação gráfica da porcentagem de classificações de balneabilidade (de acordo com a escala de cores) para as praias da porção leste do setor Ypautiba da APAMLN. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).

A praia Preta do Norte, que está fora da APAMLN mas nas proximidades, no Canal de São Sebastião, foi a que apresentou as piores classificações para esta região, embora esteja sendo observada relativa tendência decrescente de classificações impróprias (29% em 2013 e 17% em 2015), mantendo a classificação anual como Regular, desde 2014. Já a praia Grande, nas proximidades da área de influência do Emissário Submarino do Araçá, vem apresentando tendência decrescente de balneabilidade, com 15% de classificações impróprias no ano de 2015, sendo que em 2014 não foram observadas tais classificações.

A praia de Baraqueçaba vem diminuindo as classificações Impróprias e Excelente, porém, esta última classificação ainda é a predominante, fazendo com que a classificação anual se mantenha constante como Regular nos últimos três anos. A praia de Guaecá evoluiu de dois anos com classificação anual Boa, para Ótima, em 2015, com 100% das classificações Excelentes.

O inverso foi observado em Toque-toque Grande, que obteve classificação anual Excelente em 2013, porém nos últimos dois anos apresentou classificações Muito Boa (e 2% imprópria em 2014), culminando em classificações anuais Boas em 2014 e 2015.

Já a praia de Toque-toque pequeno apresentou pouca evolução com relação as classificações Impróprias, diminuindo de 10% em 2013 e 2014 para 8% em 2015, mantendo-se com classificação anual Regular nestes três últimos anos.

A praia de Santiago não apresenta classificação Imprópria desde 2013, tendo classificação anual Boa nos dois últimos anos. Já em Maresias observou-se o oposto, 2013 foi o último ano sem classificação Imprópria. Em 2014 foram observados 2% de observações Impróprias e em 2015 8%, denotando certa atenção para esta praia, que atualmente possui classificação anual Regular.

As praias de Paúba e Boiçucanga mantêm-se com classificação anual Regular desde 2013, sendo que em Paúba houve um acréscimo de classificações impróprias em 2015 (8%), com relação a 2013 e 2014 (2%). Boiçucanga teve pequena melhora com relação as avaliações Impróprias (de 4% em 2013 e 2014 para 2% em 2015), porém houve um aumento das avaliações Satisfatórias (0% em 2013 e 2014 para 17% em 2015).

Setor Ypautiba – Porção oeste

A porção oeste do setor Ypautiba se localiza no município de São Sebastião e nesta região as praias Camburizinho, Camburi, Baleia, Saí, Preta, Juqueí, Una, Engenho, Juréia do Norte e Boracéia (fora da APAMLN, mas nas proximidades) são monitoradas pela Rede de Monitoramento de Praias da CETESB. Os resultados de balneabilidade para esta região, para os anos de 2013, 2014 e 2015, são apresentadas no **Anexo 3.1-14** deste documento. A representação gráfica da porcentagem de classificação da balneabilidade, para todos os anos, está disponível na **Figura 3.1.2.1.3-6**.



Figura 3.1.2.1.3-6 – Representação gráfica da porcentagem de classificações de balneabilidade (de acordo com a escala de cores) para as praias da porção oeste do setor Ypautiba da APAMLN. Fonte de dados: CETESB (2014b, 2015b, 2016b).

Em todas as praias desta região pode-se observar uma tendência de melhora das observações de classificação imprópria, sendo que somente a praia Saí registou essa classificação em 2015 – 2%, ante 19% e 15% em 2013 e 2014, respectivamente. No ano de 2013 todas as praias tiveram classificação anual Regular e, em 2015, somente Saí possui esta classificação, com Camburizinho sendo classificada como Ótima (100% de observações Excelentes) e todas as demais Boas. Destaques positivos para as praias da Baleia e Juréia do Norte, que tiveram somente classificações Excelente e Muito Boas em 2015.

■ Avaliação da qualidade do sedimento

Nas amostras de sedimento foram avaliados aspectos de suas características física, química, ecotoxicológica e microbiológica, de acordo com os critérios apresentados no item **2. Metodologia**, com 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 3.1.2.1.3-3** apresenta a classificação química dos sedimentos 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 do ano de 2015 (1º e 2º semestres) de CETESB (2016a).

Tabela 3.1.2.1.3-3 - Qualidade dos sedimentos nas áreas costeiras do Litoral Norte de São Paulo 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 Norte	Picinguaba	Ótimo	Ótimo	Ótimo
	Baía de Itaguá	Ótimo	Bom	Ótimo
	Saco da Ribeira	Bom	Ruim	Bom
	Tabatinga	Ótimo	Ótimo	Ótimo
	Cocanha	Ótimo	Ótimo	Ótimo
	Baía de Caraguatatuba	Ótimo	Ótimo	Ótimo
	Canal de São Sebastião	Ótimo	Ótimo	Ótimo
	Canal de São Sebastião (ptos 4 e 5)	Ótimo	Ótimo	Regular
	Barra do Una	Bom	Ótimo	Ótimo

Critério Substâncias Químicas: Ótimo (Azul) Bom (Verde) Regular (Amarelo) Ruim (Vermelho) Péssimo (Púrpura)

A Tabela 3.1.2.1.3-4 mostra a classificação dos sedimentos para os ensaios ecotoxicológicos obtidos por CETESB (2016a). Ressalta-se que a partir de 2015, no ensaio agudo, CETESB (2016a) passou a utilizar a espécie *Grandidierella bonnieroides*. CETESB (2016a) utilizou este nas duas campanhas de 2015 e o ensaio crônico com *Lytechinus variegatus* apenas na 2ª campanha. Nesta tabela também é apresentada a classificação final realizada pelo estudo, por campanha, uma vez que, no caso de resultados divergentes entre os ensaios de toxicidade crônica e aguda, para um mesmo ponto, CETESB (2016a) adotada a classificação mais restritiva para expressar a qualidade do sedimento nesta região, visando à proteção das comunidades mais sensíveis.

Tabela 3.1.2.1.3-4 - Qualidade ecotoxicológica dos sedimentos nas áreas costeiras do Litoral Norte de São Paulo monitoradas em 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Regiões	2015	Primeira Campanha			Segunda Campanha									
		Área	Pontos	Classificação = (Toxicidade Aguda ²)	Toxicidade Crônica ¹			Toxicidade Aguda ²			Classificação			
					1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Litoral Norte	Picinguaba		*	*	*	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo
	Baía de Itaguá		*	*	*	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo
	Saco da Ribeira		Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ruim	Ruim	Ótimo	Ruim	Ruim	Ótimo
	Baía de Caraguatatuba		*	*	*	Regular	Ótimo	Regular	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Regular	Ótimo	Regular
	Tabatinga		Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo
	Cocanha		Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ruim	Péssimo	Ótimo	Ruim	Péssimo	Ótimo
	Canal de São Sebastião		*	*	*	*	Regular	*	*	Ótimo	*	*	Regular	*
	C. S. Sebastião (4 e 5)		*	*	Regular	Regular	Bom	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Regular	Bom	Regular
	Barra do Una		Péssimo	Ruim	Ruim	Regular	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Regular	Ótimo	Ótimo

Crítérios Ecotoxicológicos: Ótima (Azul) Boa (Verde) Regular (Amarelo) Ruim (Vermelho) Péssima (Púrpura)

Não Tóxico^(a) 71 - 80% 51 - 70% 26 - 50% < 25%
 - - - < 50%^(b) ≥ 50%

¹ (% de larvas normais - *L. variegatus*)
² (% de mortalidade - *L. plumulosus*)

A Tabela 3.1.2.1.3-5 mostra a classificação do sedimento de acordo com critérios microbiológicos obtido por CETESB (2016a). Para isso o estudo utilizou dois indicadores de contaminação fecal: coliformes

termotolerantes, que indicam contaminação fecal recente, e os *Clostridium perfringens*, que indicam contaminação fecal remota.

Tabela 3.1.2.1.3-5 - Classificação dos pontos monitorados na Rede Costeira no Litoral Norte de São Paulo de acordo com o critério microbiológico. 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)	
Picinguaba	18	1.300	18	400	18	1.700	
Baía de Itaguá	18	3.900	18	4.900	18	7.900	
Saco da Ribeira	78	700.000	20	1.300.000	20	220.000	
Baía de Caraguatatuba	18	17.000	18	7.000	45	4.900	
Tabatinga	18	23.000	20	13.000	18	23.000	
Cocanha	61	7.900	18	13.000	18	2.200	
Canal de São Sebastião	68	4.900	18	17.000	*	*	
Canal de São Sebastião (ptos 4 e 5)	18	3.300	18	23.000			
Barra do Una	18	4.900	18	1.300	18	4.900	
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)	
Picinguaba	18	460	18	230	20	790	
Baía de Itaguá	18	110.000	18	49.000	18	23.000	
Saco da Ribeira	78	13.000	110	33.000	18	7.900	
Baía de Caraguatatuba	78	13.000	230	22.000	170	13.000	
Tabatinga	45	13.000	18	13.000	45	7.900	
Cocanha	18	4.900	18	23.000	18	13.000	
Canal de São Sebastião	18	4.900	20	4.900	18	49.000	
Canal de São Sebastião (ptos 4 e 5)	20	7.900	18	17.000			
Barra do Una	20	1.300	40	790	110	9.400	

* 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

Picinguaba

Os sedimentos de Picinguaba coletados por CETESB (2016a) foram predominantemente arenosos. Nos pontos 1 e 2, em ambas as campanhas do ano de 2015, CETESB (2016a) obteve valores negativos de potencial redox, indicando sedimento mais rico em matéria orgânica, mas dentro das expectativas para a região. CETESB (2016a) destaca que a concentração de fósforo foi menor em todas as amostras no ano de 2015 em relação ao ano anterior sendo o ponto 3 o mais rico neste nutriente. No caso do Nitrogênio Kjeldahl Total (NKT), observou-se o mesmo comportamento no primeiro semestre de 2015. Fonte de referência não encontrada., comportamento revertido no 2º semestre possivelmente com o início das chuvas após longa estiagem, segundo o estudo - **Figura 3.1.2.1.3-7**. CETESB (2016a) diz também que em todos os casos o Carbono Orgânico Total ficou abaixo dos limites de quantificação.

Com base no critério de classificação química dos sedimentos, CETESB (2016a) classificou os três pontos foram como Ótimos. Já conforme o critério de classificação microbiológico, as densidades dos microrganismos indicadores coliformes termotolerantes e *C. perfringens* encontrados pelo estudo foram baixas e classificaram os três pontos de sedimento como Ótimos nas duas campanhas de amostragem.

Na avaliação ecotoxicológica realizada por CETESB (2016a) com as amostras de sedimento dos três pontos desta região, indicaram qualidade Ótima para esse ambiente.

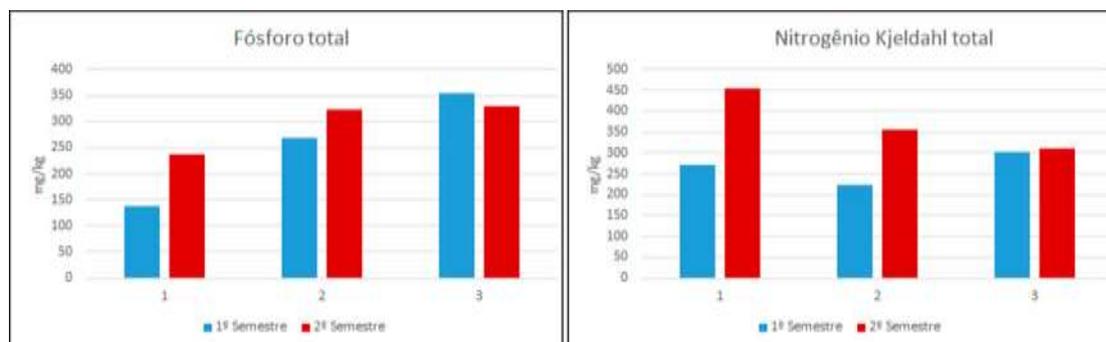


Figura 3.1.2.1.3-7 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total (NKT) nos sedimentos de Picinguaba nas duas campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Baía de Itaguá

Os sedimentos coletados por CETESB (2016a) em todos os pontos na Baía de Itaguá foram predominantemente arenosos com presença um pouco maior de silte no 2º semestre de 2015 (próximo aos 35%) a exceção do ponto 3 que se manteve eminentemente arenoso. Os valores de potencial redox indicaram ambiente redutor, com decomposição anaeróbia de matéria orgânica.

As concentrações obtidas por CETESB (2016a) para NKT e fósforo (**Figura 3.1.2.1.3-8**) foram relativamente elevadas ao longo das campanhas de 2015, ultrapassando a marca de 2000 mg/kg, que segundo o estudo é reflexo de uma maior contribuição de material continental na área. O estudo também detectou óleos e graxas em quatro amostras dos pontos 1 e 2 (ambos os semestres sendo o máximo de 840 mg/kg no ponto 1, primeiro semestre). Os resultados deste estudo também mostraram Fluoranteno no ponto 1 e 2 no 2º semestre muito próximos ao limite de quantificação do método analítico. Com base no critério de classificação química dos sedimentos, CETESB (2016a) classificou os pontos 1 e 3 como Ótimos. O estudo destacou uma ocorrência de cobre no ponto 2 ligeiramente acima dos padrões de referência, o que no primeiro semestre tornou a classificação do local como Boa.

Conforme o critério de classificação microbiológico, CETESB (2016a) considerou todos os pontos com classificação Ótima, nas duas campanhas, com base nos coliformes termotolerantes. Considerando o indicador *C. perfringens*, todos os pontos foram classificados por CETESB (2016a) como Ótimos na 1ª campanha. No 2º semestre, o estudo classificou o ponto 1 como Ruim e os pontos 2 e 3 como Bons.

Para a avaliação ecotoxicológica deste estudo, as amostras de sedimento dos três pontos desta região, indicaram qualidade Ótima para esse ambiente, embora tenha sido observada a presença de arsênio (As) acima do *Interim Sediment Quality Guidelines* (ISQG) nos pontos 1 e 2.

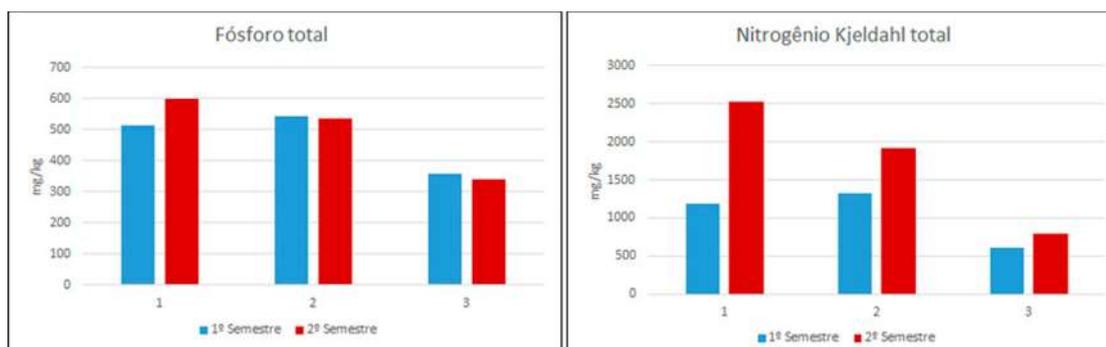


Figura 3.1.2.1.3-8 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total (NKT) nos sedimentos da Baía de Itaguá nas duas campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Saco da Ribeira

O estudo de CETESB (2016a) para a análise granulométrica do sedimento do Saco da Ribeira apontou composição mais fina com predominância de argila e silte. Os valores de potencial redox indicaram ambiente redutor típico de sedimentos com a composição granulométrica apresentada que tendem a acumular mais matéria orgânica. As concentrações de NKT foram superiores a 1.000 mg/kg em quase todas as amostras assim como o fósforo superou os 700 mg/kg em várias ocorrências. Fonte de referência não encontrada. devido à contribuição de material continental e a hidrodinâmica da área, segundo o próprio estudo - **Figura 3.1.2.1.3-9**.

Em consonância com valores históricos obtidos pelo monitoramento, CETESB (2016a) diz que o cobre apresentou concentração superior ao ISQG em todas as amostras variando de 53,2 a 256 mg/kg, significativamente acima da faixa observada no ano anterior. O estudo destaca que da mesma forma o zinco apresentou duas amostras com concentrações acima dos valores de referência.

O chumbo analisado neste local por CETESB (2016a) apresentou duas ocorrências ligeiramente acima de ISQG, que segundo o estudo são aparentemente pontuais no primeiro semestre. O estudo diz que os metais são associados às atividades das marinas assim como a presença de óleos e graxas, notadamente ausentes no ano de 2014, mas que aparecem no ponto 2 em ambos os semestres em baixa concentração. E estudo também detectou HPAs no 1º semestre em concentração próxima ao limite de quantificação (Fluoranteno e Benzo(a)pireno). Com base no critério de classificação química dos sedimentos, os pontos 1 e 3 foram classificados por CETESB (2016a) como Bons enquanto o ponto 2 ficou classificado como Ruim devido às altas concentrações de cobre.

Quanto ao aspecto microbiológico, todos os pontos nas duas campanhas foram classificados como Ótimos para coliformes termotolerantes, segundo CETESB (2016a). Já para *C. perfringens*, no 1º semestre dois pontos foram classificados pelo estudo como Péssimos e um como Ruim. CETESB (2016a) destaca que a amostra do ponto 2 apresentou ordem de grandeza de 106 NMP/100 g. No 2º semestre dois pontos foram classificados por este estudo como Bons e um como Ótimo, evidenciando melhora na qualidade microbiológica.

A avaliação ecotoxicológica, realizada na 1ª campanha por CETESB (2016a), com o ensaio agudo, indicou qualidade Ótima para os três pontos, apesar da presença de alguns metais acima do ISQG, especialmente

o cobre acima do PEL no ponto 2, que, segundo o estudo, provavelmente não estavam biodisponíveis para provocar efeito tóxico aos organismos-teste. No 2º semestre o estudo verificou qualidade Ruim nos pontos 1 e 2, que também apresentaram concentrações de As, Pb Cu e Zn acima do ISQG, mencionadas anteriormente, provavelmente relacionadas com a toxicidade observada (CETESB, 2016a). Por outro lado, o estudo diz que o ponto 3 neste ensaio, assim como os três pontos no ensaio crônico, não apresentaram efeito tóxico apesar da presença dos metais citados.

CETESB (2016a) cita que no monitoramento dos anos anteriores também foram quantificados alguns contaminantes acima do ISQG associados às atividades das marinas existentes no local, além de HPAs que, mesmo atendendo aos limites apresentam-se muito próximos destes. Dessa forma, o estudo indica que uma eventual movimentação da camada de sedimento dessa região, com sua ressuspensão, provavelmente aumentará a probabilidade de ocorrência de efeitos deletérios nas comunidades biológicas.

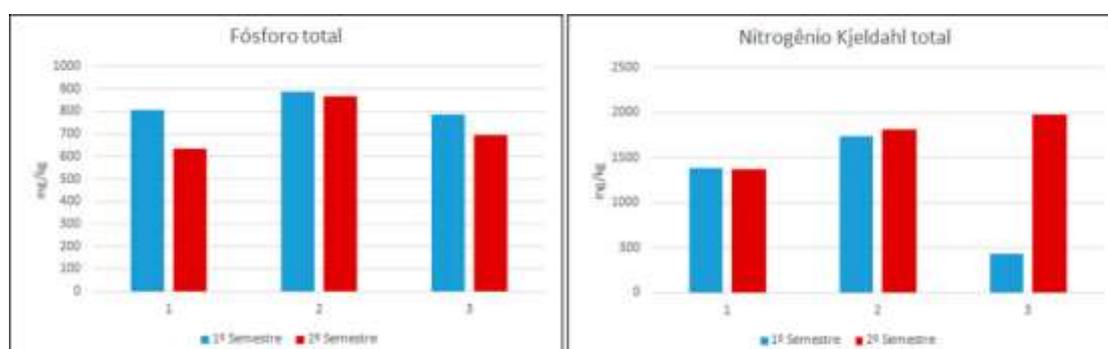


Figura 3.1.2.1.3-9 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total (NKT) nos sedimentos do Saco da Ribeira nas duas campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Baía de Caraguatatuba

Para a Baía de Caraguatatuba, as análises granulométricas de CETESB (2016a) apontaram sedimento arenoso. O estudo observou valores negativos de potencial redox indicando ambiente redutor com decomposição anaeróbica de matéria orgânica apesar da ausência de concentrações de nutrientes elevadas - **Figura 3.1.2.1.3-10** Erro! Fonte de referência não encontrada.. De acordo com o critério de classificação química do sedimento, os três pontos foram classificados pelo estudo como Ótimos.

Com base no critério de classificação microbiológico, em ambas as campanhas de amostragem de CETESB (2016a), todos os pontos foram classificados pelo estudo como Ótimos, para os coliformes termotolerantes, exceção feita ao ponto 2, 2ª campanha, que foi classificado como Bom. Para *C. perfringens*, no primeiro semestre, CETESB (2016a) classificou o ponto 1 como Bom e os pontos 2 e 3 como Ótimos. No 2º semestre, os 3 pontos foram classificados pelo estudo como Bons.

Os ensaios ecotoxicológicos foram realizados por CETESB (2016a) apenas na 2ª campanha de amostragem. Os ensaios agudos com as amostras de sedimento provenientes dos três pontos amostrais do estudo, bem como o ponto 2 no ensaio crônico apresentaram qualidade Ótima. Por outro lado, neste último ensaio, os pontos 1 e 3 indicaram qualidade Regular, segundo este estudo. Neste caso, provavelmente outras substâncias não analisadas nas amostras ou mesmo sua interação, provocaram a toxicidade observada nos pontos 1 e 3, uma vez que dentre as analisadas e com critérios estabelecidos não se observou nenhuma desconformidade (CETESB, 2016a).

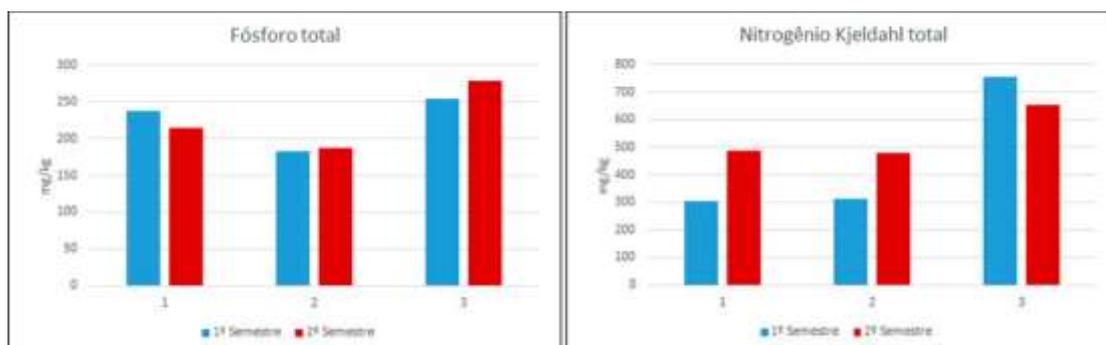


Figura 3.1.2.1.3-10 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total (NKT) nos sedimentos da Baía de Caraguatatuba nas duas campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Tabatinga

Os sedimentos coletados em Tabatinga por CETESB (2016a) apresentaram-se predominantemente arenoso com valores de potencial redox negativos indicando ambiente redutor. As concentrações de nutrientes (**Figura 3.1.2.1.3-11**) em geral estão dentro do esperado para a região, segundo erro! Fonte de referência não encontrada. CETESB (2016a). Com base no critério de classificação química dos sedimentos, os três pontos foram classificados pelo estudo como Ótimos.

De acordo com o critério de classificação microbiológico, em ambas as campanhas os três pontos foram classificados por CETESB (2016a) como Ótimos para coliformes termotolerantes. Para *C. perfringens* todos os pontos foram classificados como Bons, exceção feita ao ponto 3, 2º semestre, que foi classificado como Ótimo (CETESB, 2016a).

Com relação aos ensaios ecotoxicológicos realizados por este monitoramento com as amostras do sedimento nas duas campanhas de amostragem, tanto o ensaio crônico como o agudo indicaram a Boa qualidade do sedimento da região, que foi classificado como Ótimo.

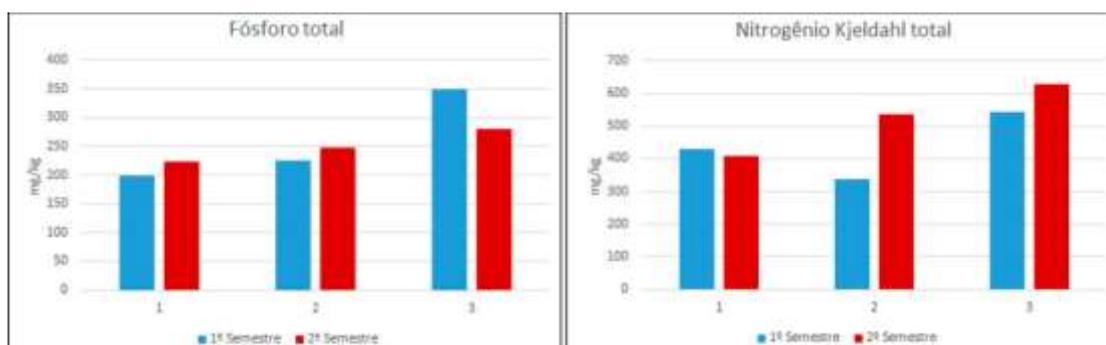


Figura 3.1.2.1.3-11 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total (NKT) nos sedimentos de Tabatinga nas duas campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Cocanha

A análise granulométrica das amostras da Cocanha realizada por CETESB (2016a) indicou sedimento predominantemente arenoso seguido do silte, com destaque para o ponto 2 que apresentou maior porcentagem desta fração, o que, segundo o estudo, pode explicar o potencial redox negativo (ambiente redutor). No 2º semestre o ponto 1 apresentou maior concentração de fósforo e NKT. Fonte de referência não encontrada., segundo CETESB (2016a) - **Figura 3.1.2.1.3-12**. Segundo o estudo esse fato pode estar associado a algum evento, não sendo possível inferir as possíveis causas já que os indicadores biológicos não acompanharam a elevação de concentração. Com base no critério de classificação química dos sedimentos, os três pontos foram classificados no estudo como Ótimos.

Conforme o critério de classificação microbiológico, em ambas as campanhas deste estudo, os três pontos foram classificados como Ótimos para coliformes termotolerantes. Já para *C. perfringens*, os autores classificaram os pontos como Ótimos e Bons.

Na avaliação ecotoxicológica, da 1ª campanha, CETESB (2016a) observou qualidade Ótima para o ensaio agudo nos três pontos amostrais. Neste mesmo ensaio realizado na 2ª campanha observou-se qualidade Ruim no ponto 1, Péssima no ponto 2 e Ótima no ponto 3, segundo o estudo. Por outro lado, os autores verificaram qualidade Ótima para os três pontos no ensaio crônico apesar da presença de As (ponto 1) e de amônia não ionizada nos pontos 1 e 2 (0,05 e 0,06 mg/L, respectivamente) em concentrações consideradas como provável interferente em ensaios de *L. variegatus* com amostras sedimento.

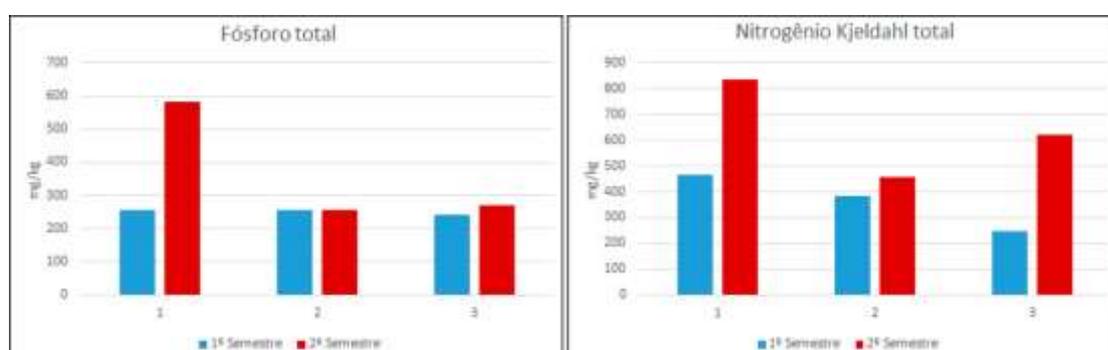


Figura 3.1.2.1.3-12 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total (NKT) nos sedimentos da Cocanha nas duas campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Canal de São Sebastião

A granulometria do sedimento coletado por CETESB (2016a) no Canal de São Sebastião pode ter variado devido às fortes correntes típicas do canal que dificultam o lançamento da draga, segundo o estudo. Desta forma, o estudo destaca que em alguns casos a embarcação foi deslocada para mais próximo do lado continental do canal onde há mais deposição de sedimentos em consequência das correntes mais fracas. Segundo o estudo esta medida reduz os eventos nos quais não é possível coletar sedimentos devido à corrente ou à presença de rochas maiores na área. À exceção do ponto 2, CETESB (2016a) observou a predominância da fração mais grossa sem, no entanto, que se possa ignorar as demais frações. CETESB (2016a) diz que em todos os casos a fração de areia se situou entre 50 a 60%. O estudo destaca que os

pontos apresentaram variação espacial e sazonal em suas composições granulométricas, reflexo da hidrodinâmica complexa e até mesmo do deslocamento de embarcações de grande porte.

Os valores de potencial redox encontrados por CETESB (2016a) foram negativos, indicando ambiente redutor. As concentrações de fósforo em geral obtidas pelo estudo foram ligeiramente menores que no monitoramento do ano anterior. Os autores destacam que as concentrações de nutrientes apresentaram valores de NKT acima dos 1.500 mg/kg em ambas as campanhas do ponto 2 situado próximo ao píer da Transpetro - **Figura 3.1.2.1.3-13** Erro! Fonte de referência não encontrada.. Entretanto, CETESB (2016a) destaca que é necessário verificar se não se trata de uma tendência dada à presença de um emissário submarino da empresa no local. Com base no critério de classificação química dos sedimentos, todos os pontos foram classificados pelo estudo como Ótimos.

Com base no critério microbiológico, os cinco pontos de amostragem foram classificados por CETESB (2016a) como Ótimos para os coliformes termotolerantes. Quanto ao *C. perfringens*, os pontos foram classificados pelo estudo como Ótimos e Bons em ambas as campanhas.

Nessa região os ensaios ecotoxicológicos foram realizados por CETESB (2016a) somente na 2ª campanha nos pontos 2, 4 e 5. Os resultados do estudo para o ensaio de toxicidade aguda indicaram ausência de efeitos tóxicos no sedimento nos três pontos, tendo sido classificados na faixa de qualidade Ótima. Os autores destacam que por outro lado, no ensaio crônico, o sedimento dos pontos 2 e 4 foram classificados como Regular e o ponto 5 como Bom. Como dentre as substâncias analisadas, exceto pela presença de As acima do ISQG no ponto 2 e, para as quais existem critérios, os mesmos foram atendidos, provavelmente outras substâncias não analisadas na amostra, ou mesmo sua interação, provocaram a toxicidade observada nesse ensaio, segundo o estudo.

CETESB (2016a) salienta que o Canal de São Sebastião recebe efluentes domésticos de 3 emissários e efluente industrial de 1 emissário (Terminal Aquaviário de São Sebastião), além da contribuição proveniente das atividades do Porto de São Sebastião. Dessa forma, o estudo diz que essa região exige atenção especial, principalmente considerando o futuro aumento dos usos já existentes caso ocorra a ampliação do Porto. Devido ao exposto, do mesmo modo que no Saco da Ribeira, os autores dizem que a eventual ressuspensão do sedimento poderá causar efeitos deletérios nas comunidades biológicas.

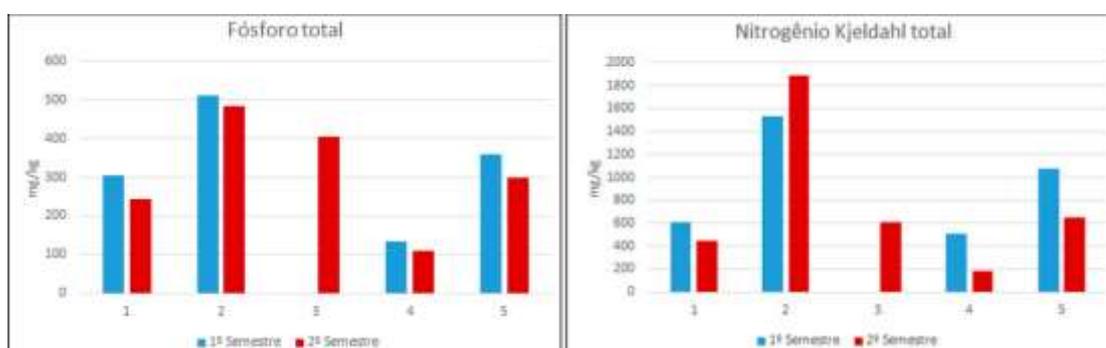


Figura 3.1.2.1.3-13 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total (NKT) nos sedimentos do Canal de São Sebastião nas duas campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Barra do Una

A análise granulométrica de CETESB (2016a) para a Barra do Una indicou sedimento eminentemente arenoso com baixas concentrações de nutrientes - **Figura 3.1.2.1.3-14** Erro! Fonte de referência não encontrada.. Os valores obtidos pelo estudo para o potencial redox foram levemente negativos em sua maioria. Com base no critério de classificação química dos sedimentos, os pontos 2 e 3 foram classificados por CETESB (2016a) como Ótimos enquanto o ponto 1 foi classificado como Bom, devido a uma ocorrência de cromo ligeiramente acima dos valores orientadores. Conforme o critério microbiológico, os três pontos amostrados, CETESB (2016a) também classificou como Ótimos considerando os dois indicadores de poluição fecal.

Na avaliação ecotoxicológica deste estudo, o ensaio agudo, realizado no 1º semestre indicou qualidade Péssima para o ponto 1 e Ruim nos pontos 2 e 3, sendo que o Cr foi detectado em concentração acima do ISQG apenas no ponto 1. Provavelmente outras substâncias não analisadas nas amostras dos pontos 2 e 3 ou mesmo sua interação, provocaram a toxicidade observada, uma vez que dentre as analisadas e com critérios estabelecidos não se observou nenhuma desconformidade, segundo CETESB (2016a).

Já no 2º semestre, os resultados de CETESB (2016a) indicaram sedimento de melhor qualidade, uma vez que todos os pontos receberam classificação Ótima pelos autores, apesar da presença de Cr acima do ISQG no ponto 1. Por outro lado, no ensaio crônico a amostra do ponto 1 foi classificada pelo estudo como Regular e as demais receberam classificação Ótima.

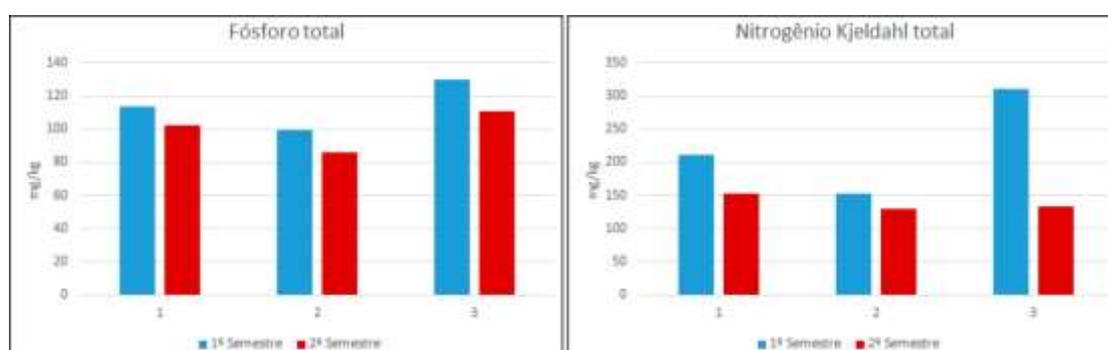


Figura 3.1.2.1.3-14 - Concentração de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total (NKT) nos sedimentos na Barra do Una nas duas campanhas de 2015. Fonte: CETESB (2016a).

■ Histórico de acidentes ambientais

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

Focando em acidentes com óleos, Poffo (2000) realizou um grande levantamento dos acidentes no litoral norte do estado de São Paulo, para os anos entre 1975 e 1999. Esta autora levantou um total de 220 acidentes. Estes acidentes foram relacionados cronologicamente, em uma listagem contendo informações

sobre data da ocorrência, nome do navio ou número do registro conforme cadastrado na CETESB, volume vazado e recolhido, tipo de produto envolvido, fonte e causa do vazamento, bem como áreas atingidas.

Os resultados de Poffo (2000) demonstraram que a maior frequência dos vazamentos está associada com os acidentes de pequeno porte, inferiores a 1m^3 , e que são poucos os casos envolvendo volumes superiores a 2.000 m^3 . A frequência de ocorrência destes acidentes está mostrada na **Figura 3.1.2.1.3-15**. **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

A distribuição anual das ocorrências apresenta uma oscilação em todos os períodos analisados, havendo uma curva ascendente até 1994 e a seguir o inverso, demonstrando uma tendência à diminuição do número de casos. O quinquênio 1990 a 1994 destacou-se como o de maior número de eventos, com 91 casos e estimativa de 4.271 m^3 vazados. O período seguinte, de 1995 a 1999, mostrou-se como o de menor número, com 27 eventos e estimativa de 54 m^3 vazados (POFFO, 2000).

Poffo (2000) ainda classificou as ocorrências envolvendo estes vazamentos conforme a fonte, causa, tipologia e o modo de falha. As fontes que deram origem à liberação de óleo para o mar foram os navios (nacionais e afretados), o píer, o terminal da PETROBRAS, o oleoduto OSBAT e também as não identificadas, associadas com o aparecimento de manchas de origem desconhecida.

Quanto à fonte dos acidentes, os navios (nacionais e afretados) foram os maiores responsáveis tanto pela frequência de registros quanto pelos maiores volumes liberados ao mar, em todos os períodos analisados (152 registros ou 70% dos casos), apesar de estar sendo observada uma tendência descendente. As demais fontes tiveram menor participação: píer (14 ou 6%), terminal (9 ou 4%) e oleoduto (3 ou 1,3%) e as não identificadas destacando-se o aparecimento de manchas de origem desconhecida (41 ou 18,7%) (POFFO, 2000).

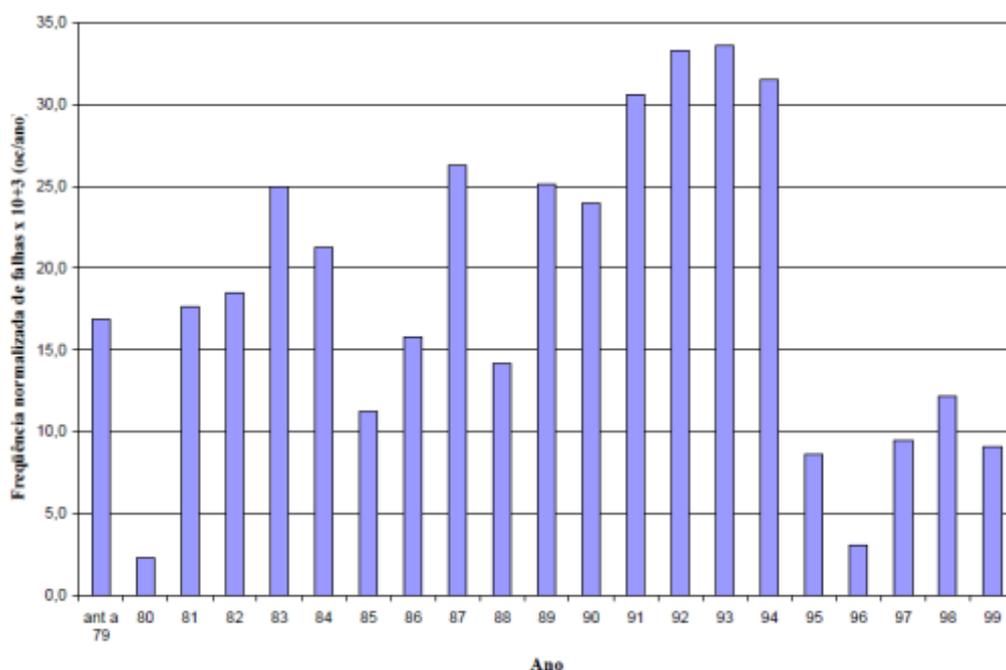


Figura 3.1.2.1.3-15 - Frequência de ocorrência de falhas que ocasionaram vazamento de óleo no litoral norte paulista até o ano de 1999. “ant a 79” expressas valores anteriores ao ano de 1979. Fonte: Poffo (2000).

Quanto ao tipo de ocorrência, as falhas mecânicas e as operacionais foram predominantes, abrangendo 43% (95 casos) e 25% (55 casos) respectivamente, como também são consideráveis os registros envolvendo navios, mas cuja causa da ocorrência não foi determinada, 7,3% (16 casos). As causas naturais respondem por uma ocorrência referente ao deslizamento de terra com conseqüente deslocamento do oleoduto (POFFO, 2000).

Poffo (2000) sugere que a maior quantidade de casos provenientes de falhas mecânicas do que às operacionais pode estar relacionada com inadequadas condições de manutenção dos navios, citando que os casos vêm diminuindo sensivelmente apenas no último período, mas sem ultrapassar a primeira marca registrada entre 1980 e 1984. Isto demonstra, provavelmente, que os investimentos na prevenção de acidentes durante a operação dos navios começaram entre 1985 e 1989, não foram muito eficientes, porém foram significativos nos anos seguintes.

Quanto às conseqüências, Poffo (2000) analisou de acordo com a estimativa do volume de óleo liberado ao mar, o tipo de produto envolvido, a distância entre a fonte de origem e o deslocamento das manchas de óleo e as áreas atingidas. Quanto ao volume vazado, a estimativa do volume total liberado ao mar nas 220 ocorrências é de 21.200 m³, mas a autora diz que certamente a quantidade real seria superior se fosse possível mensurar os casos considerados como “não estimado” e computar a quantidade de óleo presente nas manchas de origem não identificada. A maioria das ocorrências (75%) refere-se a volumes inferiores a 1,0 m³. Enquanto os navios, por meio dos acidentes de navegação, contribuíram com 15.090 m³ os eventos envolvendo os oleodutos liberaram 4.051 m³.

Quanto ao tipo de óleo, os óleos do Grupo III (grau API de 17,5 a 35 – classificados como pesados) prevaleceram sobre os demais com 117 vezes (54%) seguidos pelas misturas oleosas, 65 vezes (30%) e os do Grupo IV (grau API menor que 17,5 – classificados como pesados), 17 vezes (8%).

Quanto à distância entre a fonte do vazamento e o deslocamento da mancha, a maior parte das manchas de óleo ficou restrita ao Canal de São Sebastião (204 casos), enquanto que em 16 ocasiões deslocaram-se para fora dos limites sul ou norte do canal. Estes dados estão bem associados com a estimativa vazada, pois 75% referem-se a volumes inferiores a 1,0 m³ - **Quadro 3.1.2.1.3-1**.

Quadro 3.1.2.1.3-1 – Quantidade de acidentes que atingiram determinadas localização no Litoral Norte de São Paulo até o ano de 1999. Fonte: Poffo (2000).

Localização	Até 1979	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99	Total
1- Imediações do píer da PETROBRAS	-	4	15	23	20	62
2- Interior do Canal de São Sebastião	4	30	38	64	6	142
3- Da ilha de Toque Toque à Enseada de Caraguatatuba	-	-	2	2	-	4
4- Até a costa leste de Ilhabela		-		1	-	1
5- Até região de Ubatuba e costa leste de Ilhabela	2	5	2	1	1	11

Total	6	39	57	91	27	220
-------	---	----	----	----	----	-----

Poffo (2000) relata que quanto à sensibilidade ecológica, as águas do Canal de São Sebastião e do restante do litoral norte paulista foram as mais prejudicadas pelas 220 ocorrências em função dos constantes vazamentos, ao longo do período de 25 anos em comparação com os demais ambientes costeiros. Os ecossistemas de baías, enseadas, planícies de maré, praias e costões rochosos abrigados e as áreas de pesquisa entre outras, foram afetadas em 54 ocorrências (24%) - **Quadro 3.1.2.1.3-2**. Entende-se que isto se deve ao fato de que o maior número de registros se refere aos pequenos volumes vazados (167 casos), nos quais as manchas de óleo dispersaram-se naturalmente no canal, sob a ação conjunta da correnteza e dos ventos, sem encostar nos referidos ecossistemas, minimizando assim a gravidade dos danos ambientais.

Um dado importante destacado por Poffo (2000) é que as praias de Ubatuba, foram mais afetadas do que as de Caraguatatuba, independentemente das distâncias geográficas que as separam do Canal de São Sebastião. Estas áreas têm sido atingidas quando as ocorrências envolvem: óleo pertencente ao Grupo III, volume vazado superior a 10m³ e ventos predominantes do quadrante sul-sudoeste, com intensidade maior do que 5 m/s ou 18 km/h – característicos de passagem de frente fria, como apresentado no item **3.1.1. Caracterização Climática e Meteorológica na Área de Estudo** deste documento.

Quadro 3.1.2.1.3-2 – Quantidade de acidentes que atingiram as praias do Litoral Norte de São Paulo até o ano de 1999.
Fonte: Poffo (2000).

Município	Praia	Acidentes
São Sebastião - Canal	Preta	11
	CEBIMar- Cabelo Gordo/Baleeiro e São Francisco	10
	Porto Grande e Arrastão	8
	Pontal da Cruz, Olaria e Grande ou Balneário dos Trabalhadores,	7
	Guaecá, Barequeçaba e Araçá	6
	Centro	5
	Deserta	3
	Brava, Cigarras, Araçá/Conchas, Araçá/Deodato e Centro,	2
	Enseada e Pitangueiras	1
Ilhabela - Canal	Engenho d'Água, da Vila ou Centro	7
	Pedra Miúda, Perequê, Itaguaçu, Viana, Siriúba, Guarapocaia ou Sino	6
	Feiticeira, Santa Tereza, Barreiros, Grande, Portinho e Itaquanduba	5
	Curral, Barra Velha, Ponta Azeda, Pinto e Armação	4
	Pequeá e Saco da Capela	3
	Veloso, Brava, Oscar, Indaiá e Ilha das Cabras	2
	Ponta da Sela, Julião, Arrozal, Ponta das Canas	1
Ilhabela	Castelhanos	3
	Ilhas de Vitória e Búzios	2

	Pacuíba, Jabaquara, Poço, Eustáquio Serraria, Vermelha e Mansa	1
São Sebastião	Toque Toque Grande	2
	Toque Toque Pequeno, Galhetas e Santiago	1
Caraguatatuba	Indaiá, Martim de Sá, Massaguaçu	2
	Pan Brasil, Flecheiras, Palmeiras, Centro, Prainha, Tabatinga e Ilha do Tamanduá	1
Ubatuba	Toninhas	6
	Grande	5
	Maranduba, Tenório, Vermelha, Enseada e Ilha Anchieta	3
	Itaguá, Prumirim e Ilha do Mar Virado	2
	Perequê, Lagoinha, Itamambuca, Dura, Félix, Vermelha do Norte e Flamengo	1

Considerando estas fontes de Poffo (2000), conjuntamente com fontes mais recentes, o histórico de acidentes mais graves que atingiram a costa do Litoral Norte de São Paulo engloba um total de 14 acidentes, sendo o primeiro em agosto/1974 e o último em abril/2013. O **Quadro 3.1.2.1.3-3** abaixo detalha as causas e consequências dos acidentes levantados que impactaram o litoral norte de São Paulo pela presença de óleo.

Quadro 3.1.2.1.3-3 – Principais acidentes com óleo no Litoral Norte de São Paulo.

Data do Acidente	Causas	Consequências	Fonte
Agosto - 1974	Acidente de navegação – navio Takimya Maru – 6.000 m ³ de óleo	O óleo atingiu 7 praias e 4 ilhas entre Caraguatatuba e Ubatuba; áreas de fundeio, de esportes náuticos e subaquáticos	Poffo (2000)
Janeiro - 1978	N/T Brazilian Marina – 6.000 m ³	8 praias e 1 ilha entre Ubatuba e sul do RJ; áreas de fundeio, de esportes náuticos e subaquáticos	Poffo (2000)
Março - 1981	World Galla – 60 m ³	14 praias em Ilhabela, áreas de fundeio, de esportes e estabelecimentos náuticos e comerciais	Poffo (2000)
Março – 1985	Acidente de navegação – marina – 2.500 m ³ de óleo	O óleo atingiu 25 praias e 2 ilhas em todo litoral norte de São Paulo, centros de pesquisa, unidades de conservação, maricultura, áreas de fundeio, de esportes náuticos e subaquáticos, estabelecimentos náuticos e comerciais	Poffo (2000)
Maio - 1988	Oleoduto S. Sebastião – Cubatão – 1.000 m ³ de óleo	10 praias e 1 ilha, entre S. Sebastião, Ilhabela e Ubatuba, centro de pesquisa, unidades de conservação; áreas de fundeio, pesca, esportes náuticos e subaquáticos; estabelecimentos náuticos e comerciais	Poffo (2000)
Agosto – 1989	Oleoduto S. Sebastião – Cubatão – 350 m ³ de óleo	8 praias em S. Sebastião; centro de pesquisa, área de cercos de pesca, esportes náuticos e subaquáticos e estabelecimentos comerciais	Poffo (2000)
Maio - 1991	N/T/ Penélope – 280 m ³ de óleo	20 praias e 1 ilha entre Ilhabela e S. Sebastião; unidades de conservação; áreas de fundeio e de pesca, esportes náuticos e subaquáticos; estabelecimentos náuticos e comerciais	Poffo (2000)

Data do Acidente	Causas	Consequências	Fonte
Agosto - 1991	Katina – 60 m ³	4 praias em Ilhabela, unidades de conservação; áreas de fundeio e de pesca, esportes náuticos e subaquáticos; estabelecimentos comerciais	Poffo (2000)
Maio - 1994	Rompimento de oleoduto – Terminal Aquaviário V – 2700 m ³ de óleo	O óleo atingiu 35 praias e 2 ilhas em todo litoral norte de São Paulo, centro de pesquisa, áreas de pesca, esportes náuticos e subaquáticos e estabelecimentos comerciais	Poffo (2000)
Agosto - 1998	Falha mecânica – navio Maruim – 15 m ³ de óleo	O óleo atingiu 57 praias em todo litoral norte de São Paulo; áreas de pesca, de fundeio; de esportes náuticos e subaquáticos e estabelecimentos comerciais	Poffo (2000)
Novembro - 2000	Acidente de navegação – navio Vergina II – 86 m ³ de óleo	O óleo atingiu praias da região norte e central de São Sebastião e de Ilhabela, área de manguezal localizada próximo à foz do Rio Juqueriquerê, Caraguatatuba.	Lopes <i>et. al.</i> , (2001); CETESB (2001)
Fevereiro - 2004	Rompimento oleoduto OSBAT – quantidade não estimada de petróleo	Os produtos atingiram o Rio Guaecá e posteriormente a Praia de Guaecá	CETESB (2005)
Junho - 2009	Acidente rodoviário – tombamento caminhão-tanque na rodovia dos Tamoios – 23 m ³ diesel marítimo	Escoamento do óleo diesel vazado para o sistema de drenagem da rodovia, atingindo o córrego Quinhentos Réis, afluente do Rio Santo Antônio, que por sua vez desemboca no mar. Presença física de na praia do Centro de Caraguatatuba	CESTESB (2010)
Setembro – 2012	Acidente rodoviário – capotamento de caminhão tanque na rodovia Manoel Hyppolito Rego – 15 m ³ óleo diesel marítimo	Produto na pista. A maior parte do produto escoou pelo sistema de drenagem da pista atingindo o Rio do Canto do Moreira e seguiram por outros córregos, passando pelo interior de condomínios, até atingir o canto sul da praia de Maresias e a beira mar. O forte odor do óleo diesel causou mal-estar nos moradores e usuários desta região, que é muito frequentada. Houve danos à flora e fauna aquática, destacando-se mortalidade de crustáceos nos córregos afetados	CETESB (2013)
Abril – 2013	Falha operacional em um duto sobre o pier do Terminal Aquático de São Sebastião – 3,5 m ³	As manchas de óleo se espalharam pelo Canal de São Sebastião atingindo diversas praias em São Sebastião. Posteriormente foram afetadas praias de Caraguatatuba: Capricórnio, Massaguaçu, Cocanha e Mococa. Todas consideradas impróprias para banho até o final da operação de limpeza. Estruturas e embarcações de uma marina situada entre a praia do Arrastão e Portal da Olaria também foram afetadas. Foram encontrados crustáceos mortos nestas praias. Duas culturas de mexilhões foram prejudicadas, uma próxima à praia das Cigarras e a outra na Cocanha.	CETESB (2014a)

A CETESB disponibiliza em seu website (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>) todas as emergências atendidas pelas agências ambientais. Considerando os acidentes que ocorreram no litoral norte e que atingiram o meio água (não existe diferenciação entre água doce, salobra ou salgada), o **Anexo 3.1-15** mostra os 70 acidentes registrados, entre 1998 e 07/2016. Destes 70 acidentes, 45 ocorreram no município de São Sebastião, 10 em Ubatuba, 10 em Caraguatatuba e 6 em Ilhabela - **Figura 3.1.2.1.3-16**.

Analisando estes acidentes ao longo do tempo - **Figura 3.1.2.1.3-17** – identifica-se uma média aproximada de 4 acidentes por ano, com máximo de 9 em 2010 e zero em 2003. Não há informações na fonte se não foram registrados acidentes este ano ou se a agência não os relatou. Já para as causas dos acidentes - **Figura 3.1.2.1.3-18** – cerca de 32% (24) foram ocasionados em transporte Aquaviário. A segunda causa mais frequente – 15,8% (12) – são os acidentes em transporte rodoviário e manchas órfãs. Já com relação às quantidades vazadas - **Figura 3.1.2.1.3-19** – cerca de 67% (47) dos acidentes não tiveram estimativas. Em volume, 9% dos acidentes tiveram menos de 10 L de vazamento. Já os acidentes com acima de 5 m³ foram representados por 3% das ocorrências (3).

Para os compostos vazados - **Anexo 3.1-15** - as maiores representatividades são: 16% petróleo, 16% óleo diese marítimo, 10% resíduo oleoso; 8% óleo diesel, 4% óleo combustível e 4% misturas oleosas.

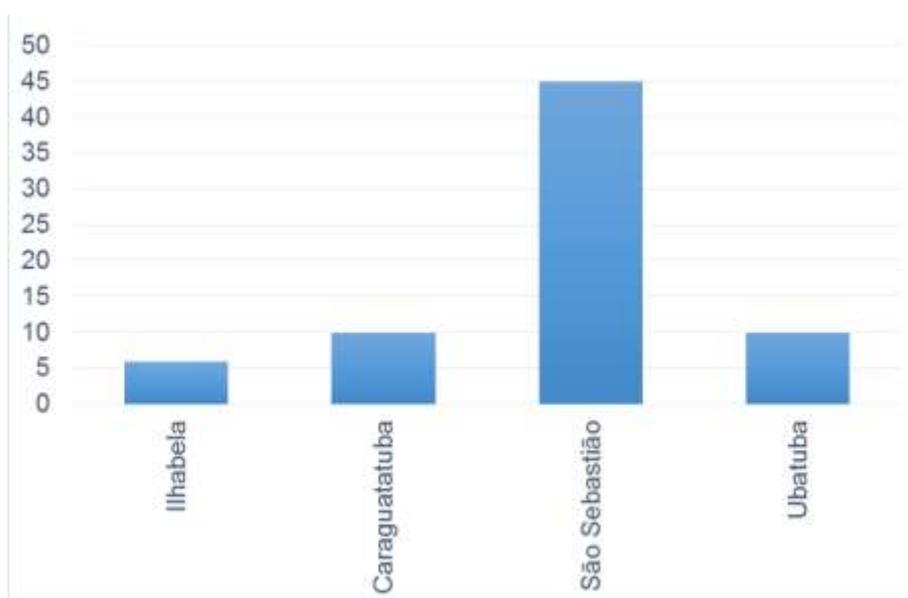


Figura 3.1.2.1.3-16 – Quantidades de acidentes por município, que ocorreram no Litoral Norte e atingiram a água. Fonte de dados: CETESB (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>).

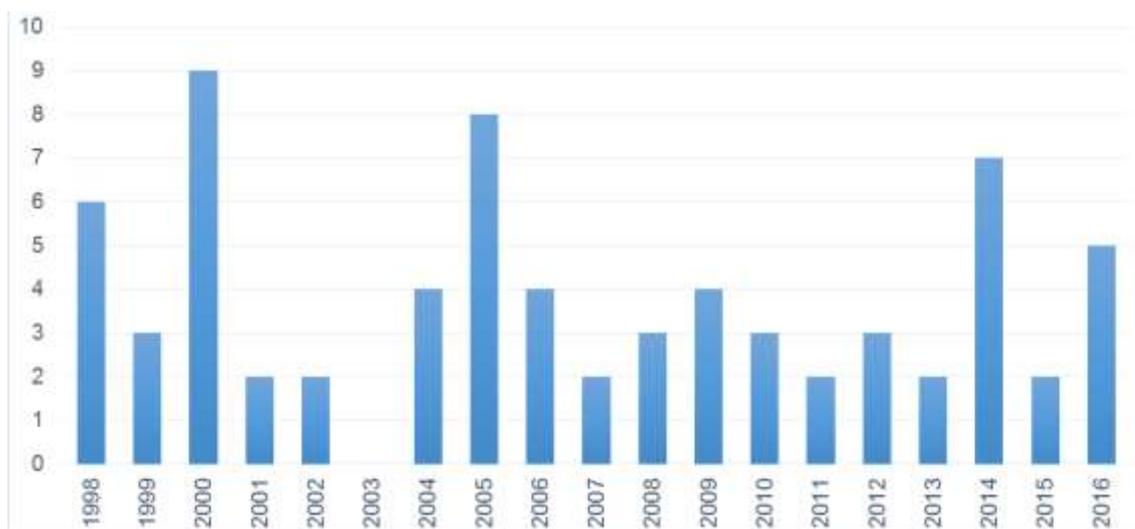


Figura 3.1.2.1.3-17 – Quantidades de acidentes por ano, que ocorreram no Litoral Norte e atingiram a água. Fonte de dados: CETESB (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>). * Ano de 2016 até 31/08/2016.

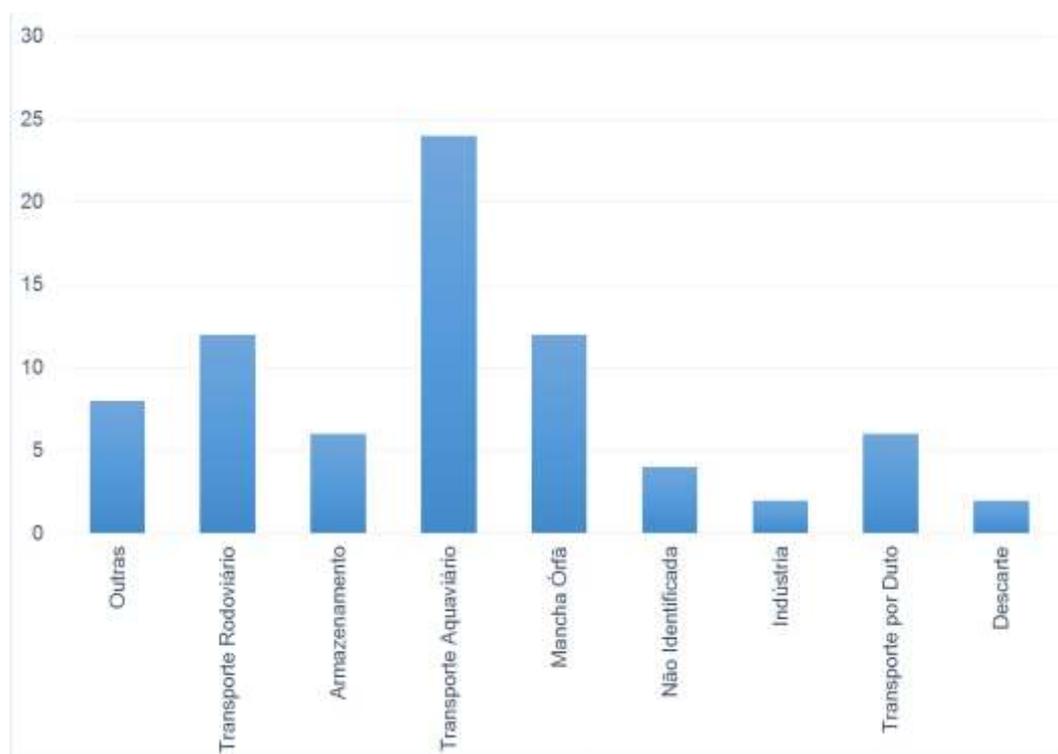


Figura 3.1.2.1.3-18 – Quantidades de acidentes por atividade, que ocorreram no Litoral Norte e atingiram a água. Fonte de dados: CETESB (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>).

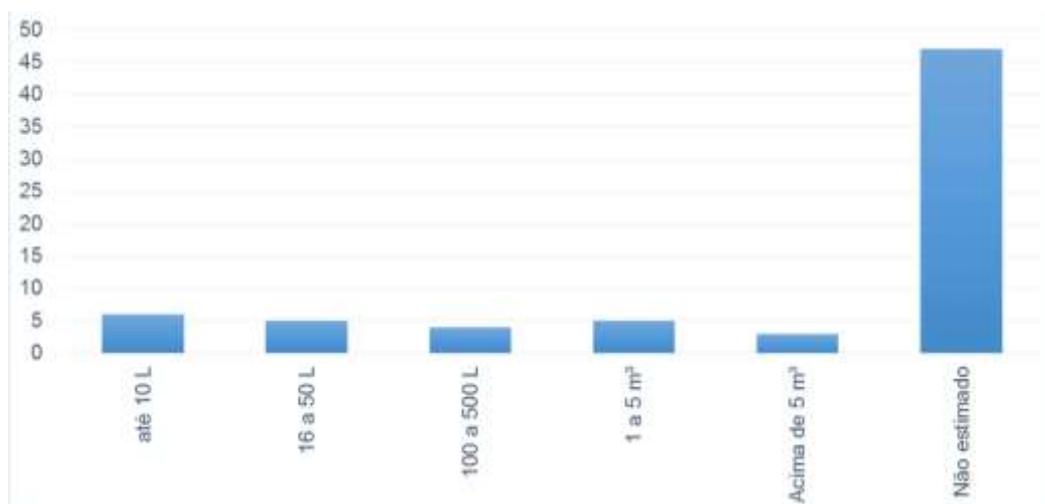


Figura 3.1.2.1.3-19 – Quantidades de acidentes por volume, que ocorreram no Litoral Norte e atingiram a água. Fonte de dados: CETESB (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>).

■ Conclusões sobre a qualidade da água e sedimentos

Os resultados do monitoramento do programa Rede Costeira da CETESB mostram que o Litoral Norte do Estado de São Paulo apresenta os melhores índices de qualidade ambiental ao longo de toda a costa paulista. As áreas classificadas com os maiores IQAC no monitoramento realizado em 2015 foram Picinguaba, a Baía de Caraguatatuba, e o canal de São Sebastião, todas localizadas no litoral norte. O gráfico da Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.3-20** mostra claramente a concentração dos IQACs mais elevados nas áreas monitoradas no Litoral Norte.

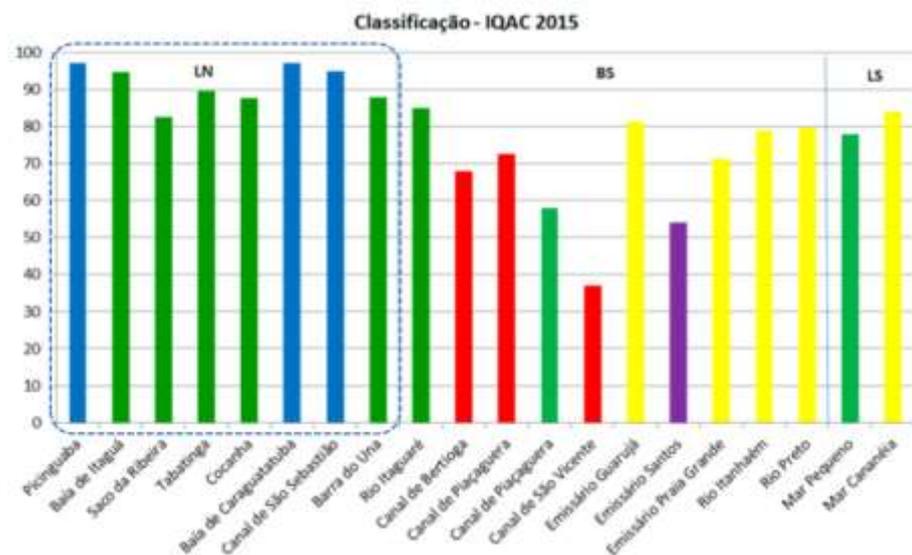


Figura 3.1.2.1.3-20 - Classificação média das áreas pelo IQAC em 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Outro ponto a ser analisado é a evolução temporal do IQAC médio na costa. De um modo geral, as áreas monitoradas no Litoral Norte apresentaram uma melhora do IQAC médio desde 2011. Picinguaba, Baía de Itaguá, Saco da Ribeira e Tabatinga foram classificadas como Regular nos primeiros anos de monitoramento, mas hoje são classificadas como Boas ou Ótimas.

Contudo, ainda que os índices de qualidade de água venham se mantendo elevados nos últimos anos, deve-se ressaltar que algumas áreas apresentaram uma redução no IQAC entre 2014 e 2015. Tabatinga e Cocanha passaram de Ótimas em 2014 para Boas em 2015. O Saco da Ribeira se manteve com a classificação Boa, mas sofreu uma redução de aproximadamente 10% no IQAC. Por fim, o Canal de São Sebastião e a Barra do Una, que mantiveram a classificação Ótima e Boa, respectivamente, vêm observando uma leve redução do IQAC desde 2012 -Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.3-21.**

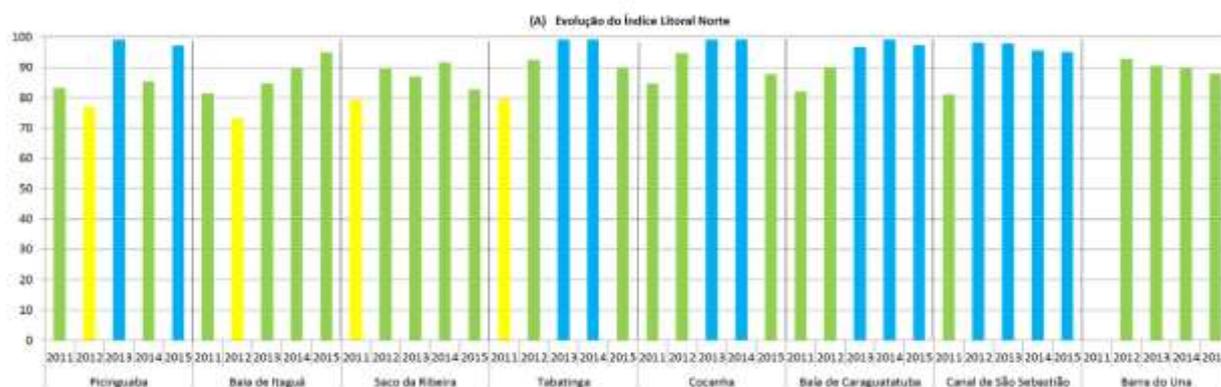


Figura 3.1.2.1.3-21 - Evolução do IQAC médio de 2011 a 2015 no Litoral Norte do Estado de São Paulo. Fonte: CETESB (2016a).

O grau de eutrofização do Litoral Norte de São Paulo através do IETC (Índice de Estado Trófico Costeiro) apresentou pouca variação durante os anos de monitoramento da Rede Costeira. A **Tabela 3.1.2.1.3-6** apresenta as concentrações médias anuais da clorofila a e as tendências da qualidade das águas, em relação à eutrofização, nas áreas monitoradas do Litoral Norte 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.

Apenas Picinguaba e o Canal de São Sebastião apresentaram uma melhora estatisticamente significativa do IETC. A Barra do Una, por sua vez, apresentou uma piora do IETC, que está relacionada à segunda campanha realizada em setembro na qual a média dos três pontos monitorados atingiu a classificação Eutrófica. Como na primeira campanha este local obteve a classificação Oligotrófica, pela média anual ainda apresentou melhor qualidade quando comparado ao ano anterior. As demais áreas não apresentaram variações significativas.

Tabela 3.1.2.1.3-6 - 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 NORTE	Picinguaba	1,14	1,50	0,64	0,51	0,65	M
	Baía de Itaguá	1,25	1,97	1,39	1,48	0,96	N.S.
	Saco da Ribeira	3,56	3,36	3,21	3,68	2,48	N.S.
	Tabatinga	1,91	1,86	1,08	0,87	2,28	N.S.
	Cocanha	1,51	1,70	0,71	0,66	1,73	N.S.
	Baía de Caraguatatuba	1,37	2,66	1,63	0,84	0,99	N.S.
	Canal de São Sebastião	1,98	1,65	1,35	0,95	1,49	M
	Barra do Una	0,70	0,99	1,17	2,62	1,72	P

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

* Ambientes de águas salobras

Com relação a balneabilidade das praias no interior da APAMLN e, de acordo com CETESB (2016b), a qualidade da água vem melhorando nos últimos três anos, entretanto tal fator pode estar associado aos grandes períodos de estiagem verificados estes anos. Ao se analisar todo o Litoral Norte de São Paulo, a porcentagem de praias com 100% de classificação Própria ao longo dos três anos vem crescendo, mas está aquém da classificação de 2012, por exemplo -**Erro! Fonte de referência não encontrada.** **Figura 3.1.2.1.3-22.**



Figura 3.1.2.1.3-22 – Evolução da porcentagem de praias com 100% de condição própria ao longo dos anos para o litoral norte de São Paulo, com relação ao crescimento populacional. Fonte: CETESB (2016b).

Analisando-se a porcentagem de praias impróprias com o regime de chuvas no ano de 2015 -**Erro! Fonte de referência não encontrada.** **Figura 3.1.2.1.3-23** e **Figura 3.1.2.1.3-24****Erro! Fonte de referência não encontrada.**, observa-se pico de praias Impróprias em fevereiro, mas sendo reduzidas de abril até final de setembro. No litoral norte de março a dezembro a porcentagem de praias impróprias não ultrapassou 10%. Nos gráficos de chuvas por UGRHI é possível observar que a média anual esteve abaixo da média histórica. No litoral norte o segundo semestre teve quantidade de chuva reduzida o que resultou em baixa porcentagem de praias impróprias. No entanto, em alguns meses choveu um pouco acima da média. No final de janeiro registraram-se altos índices pluviométricos o que explica o pico de praias impróprias em 01 de fevereiro. Chuvas intensas comprometem a qualidade das praias, uma vez que carrega para o mar a

água dos cursos d'água e canais pluviais que podem estar contaminadas com esgotos sanitários ou mesmo com cargas difusas (CETESB, 2016b).

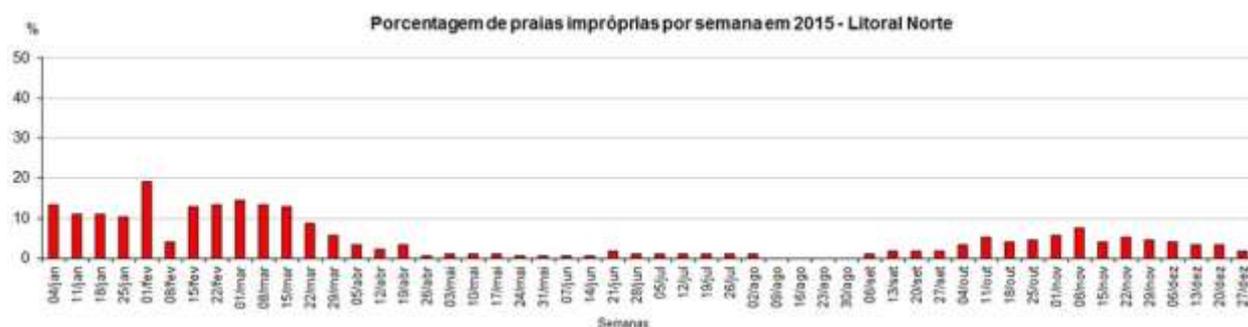


Figura 3.1.2.1.3-23 – Porcentagem semanal de praias Impróprias em 2015 – Litoral Norte. Fonte: CETESB (2016b).

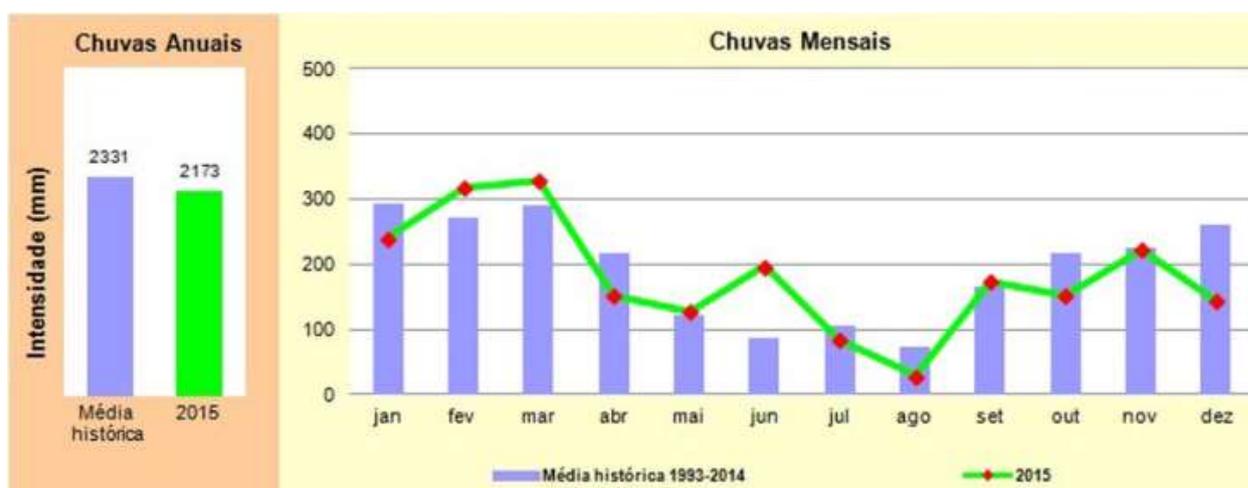


Figura 3.1.2.1.3-24 – Comparação dos totais mensais de chuvas de 2015 e média histórica da UGRHI 3. Fonte: CETESB (2016b).

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

Esses resultados mostram que a qualidade das praias é uma questão bastante complexa com muitos fatores intervenientes. A infraestrutura de saneamento básico é um parâmetro fundamental no controle da poluição fecal, sendo que a ampliação da coleta e do tratamento dos esgotos reflete positivamente nas

condições de balneabilidade. Contudo, áreas sem cobertura de rede coletora, muitas vezes por serem de ocupação irregular, lançamentos clandestinos de esgotos em cursos de água e a poluição difusa, todos eles agravados pela ocorrência de chuvas, podem comprometer o uso recreacional dessas águas (CETESB, 2016b).

Mesmo com estas interferências anuais que dependem do regime hídrico, ao longo de uma série histórica de dez anos de classificação da qualidade anual das praias é possível observar as praias que estão inseridas na APAMLN que apresentam problemas crônicos de Balneabilidade, e aquelas que demandam atenção - **Tabela 3.1.2.1.3-7, Tabela 3.1.2.1.3-8 e Tabela 3.1.2.1.3-9.**

Dentre as praias com problemas crônicos, destaca-se: Itaguá e Perequê-Mirim, em Ubatuba, e Porto Grande em São Sebastião. Já aquelas que demanda atenção são Rio Itamambuca e Lázaro, em Ubatuba, Tabatinga, em Caraguatatuba, Preta do Norte e Sai em São Sebastião.

Tabela 3.1.2.1.3-7 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de Ubatuba que estão inseridas na APAMLN. Fonte: CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO										
	PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
UBATUBA											
Pinguaba											
Prumirim											
Félix											
Itamambuca											
Rio Itamambuca											
Vermelha do Norte											
Perequê-Açu											
Iperoig											
Itaguá - n.240 da Av. Leovegildo											
Itaguá - n.1724 da Av. Leovegildo											
Tenório											
Vermelha											
Grande											
Toninhas											
Enseada											
Santa Rita											
Perequê-Mirim											
Sununga											
Lázaro											
Domingas Dias											
Dura											
Lagoinha - Av Eng. Velho											
Lagoinha - Camping											
Sapé											
Maranduba											
Pulso											

LEGENDA:

- ÓTIMA
- BOA
- REGULAR
- RUIM
- PÉSSIMA

Tabela 3.1.2.1.3-8 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de Caraguatatuba que estão inseridas na APAMLN. Fonte: CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO									
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
CARAGUATATUBA										
Tabatinga - 250m Rio Tabatinga	RUIM	RUIM	REGULAR	PÉSSIMA	RUIM	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
Tabatinga - condomínio Gaivotas	REGULAR	BOA	ÓTIMA	ÓTIMA	BOA	BOA	BOA	ÓTIMA	BOA	BOA
Mocoóca	REGULAR	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA
Cocanha	BOA	REGULAR	BOA	REGULAR						
Massaguaçu - R. Maria Carlota	BOA	REGULAR	BOA	BOA						
Massaguaçu - Av. M.H. Carvalho	BOA	BOA	ÓTIMA	ÓTIMA	ÓTIMA	ÓTIMA	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA
Capricórnio	ÓTIMA	ÓTIMA	ÓTIMA	ÓTIMA	BOA	BOA	BOA	BOA	REGULAR	BOA
Lagoa Azul	BOA	REGULAR	ÓTIMA	BOA						

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

Tabela 3.1.2.1.3-9 – Evolução da classificação anual de balneabilidade das praias do município de São Sebastião que estão inseridas na APAMLN. Fonte: CETESB (2016b).

MUNICÍPIO	ANO									
PRAIA	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
SÃO SEBASTIÃO										
Porto Grande	RUIM	REGULAR	PÉSSIMA	RUIM	RUIM	REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR	RUIM
Preta do Norte	REGULAR	REGULAR	RUIM	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR
Grande	BOA	BOA	RUIM	RUIM	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR
Barequeçaba	BOA	BOA	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
Guaecá	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	ÓTIMA	BOA	BOA	ÓTIMA
Toque-Toque Grande	BOA	ÓTIMA	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	ÓTIMA	BOA	BOA
Toque-Toque Pequeno	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR
Santiago	BOA									
Paúba	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA
Maresias	BOA									
Boiçucanga	BOA	BOA	REGULAR							
Camburizinho	REGULAR	BOA	BOA	BOA	REGULAR	BOA	ÓTIMA	REGULAR	REGULAR	ÓTIMA
Camburi	BOA	ÓTIMA	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA
Baleia	ÓTIMA	ÓTIMA	BOA	BOA	REGULAR	ÓTIMA	ÓTIMA	REGULAR	BOA	BOA
Sai	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
Preta	ÓTIMA	ÓTIMA	BOA							
Juqueí - Trav. Simão Faustino	ÓTIMA	BOA								
Juqueí - R. Cristiana	ÓTIMA	ÓTIMA	BOA	BOA	BOA	REGULAR	ÓTIMA	REGULAR	BOA	BOA
Una	BOA	BOA	RUIM	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA
Engenho	BOA									
Jureia do Norte	ÓTIMA	ÓTIMA	REGULAR	BOA	REGULAR	BOA	ÓTIMA	REGULAR	BOA	BOA
Boracéia	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA

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

Em relação aos testes de ecotoxicidade do sedimento, CETESB (2016a) diz que os organismos apresentam diferenças na sensibilidade em função dos mecanismos de ação dos contaminantes. Assim, os autores indicam que a utilização de dois tipos de ensaios para a avaliação ecotoxicológica gerar resultados divergentes para uma mesma amostra. Nestes casos, com o objetivo de proteger as espécies mais sensíveis, o estudo utilizou o diagnóstico mais restritivo para classificar cada região. A partir da classificação anual obtida para 2015 – CETESB (2016a), observou-se que apenas 3 áreas apresentaram classificação Ótima em 2015: Pinguaba, Baía de Itaguá e Tabatinga, sendo que as duas primeiras já haviam recebido classificação Péssima no passado, o que sugere uma melhora da qualidade ambiental segundo o estudo. No sentido contrário, CETESB (2016a) destaca que houve uma piora devido à descida de nível na classificação encontramos o Saco da Ribeira, Cocanha e Barra do Una, sendo que no último a piora ocorreu nos 3 pontos amostrados. O estudo de CETESB (2016a) cita que considerando que o sedimento é uma matriz heterogênea, é esperado que ocorram variações ao longo dos anos, porém a

mudança abrupta observada na Barra do Una merece especial atenção, uma vez que pode indicar um aumento no aporte de poluição de origem continental pelo Rio Una e Rio Cubatão - **Tabela 3.1.2.1.3-10**.

Tabela 3.1.2.1.3-10 - Classificação ecotoxicológica dos sedimentos costeiros do Litoral Norte do Estado de São Paulo entre de 2011 e 2015. Fonte: CETESB (2016a).

Regiões	Área	Pontos	2011			2012			2013			2014			2015		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Litoral Norte	Picinguaba		Ótima	Ótima	Ótima	Péssima	Péssima	Péssima	Ruim	Ruim	Ruim	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima
	Baía de Itaguá		Ótima	Ótima	Ótima	Péssima	Péssima	Péssima	Regular	Regular	Regular	Péssima	Péssima	Péssima	Ótima	Ótima	Ótima
	Saco da Ribeira		Ótima	Regular	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ruim	Ruim	Ótima						
	Baía de Caraguatatuba		Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Regular	Péssima	Ótima	Ótima	Ruim	Ótima	Ruim	Regular	Regular	Ótima	Regular
	Tabatinga		Regular	Regular	Regular	Ótima											
	Cocanha		Péssima	Péssima	Péssima	Ótima	Ruim	Péssima	Ótima								
	Canal de São Sebastião		Ruim	Regular	Ruim	*	Ruim	*	Péssima	Ruim	Ótima	Péssima	Regular	Ótima	*	Regular	*
	C. de São Sebastião (4 e 5)		Ótima	Regular	*	Ruim	Péssima	*	Regular	Ótima	Regular	Ótima	Regular	*	Regular	Boa	*
	Barra do Una		Péssima	Péssima	Péssima	Ótima	Péssima	Ruim	Ruim								

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

A apresentação do percentual de amostras que não apresentaram efeito tóxico para cada ano de monitoramento (**Tabela 3.1.2.1.3-11**), nas 3 grandes regiões (Litoral Norte e Sul e Baixada Santista), permitiu CETESB (2016a) verificar que: no Litoral Norte a porcentagem de pontos amostrais com ausência de toxicidade apresentou uma queda de 20% em relação ao ano interior interrompendo o sutil aumento nos últimos 3 anos de monitoramento. O estudo destaca que em algumas regiões do Litoral Norte têm sido registradas elevadas concentrações de contaminantes no sedimento ao longo dos cinco anos de monitoramento da Rede Costeira. Os autores dizem que embora nem sempre disponíveis para causar efeito tóxico aos organismos-teste, sabe-se que os sedimentos são importantes fontes de contaminação tanto para bioacumulação por organismos bentônicos, como da coluna d'água, especialmente quando ressuspensos devido às atividades de navegação e de dragagem.

Tabela 3.1.2.1.3-11 - Percentual de pontos amostrais nas três grandes regiões costeiras que não apresentaram toxicidade nos ensaios com sedimento entre 2011 e 2015. Fonte: CETESB (2016a).

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

Para sintetizar as informações obtidas pelo monitoramento do Litoral Norte de São Paulo, são apresentados mapas com as classificações de qualidade da água e do sedimento referentes ao ano de 2015, considerando todos os parâmetros analisados - Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.3-25 a Figura 3.1.2.1.3-27**.



Figura 3.1.2.1.3-25 – Mapa com Índice de Qualidade de Água Costeira 2015 – Litoral Norte (porção norte). Fonte: CETESB (2016a).

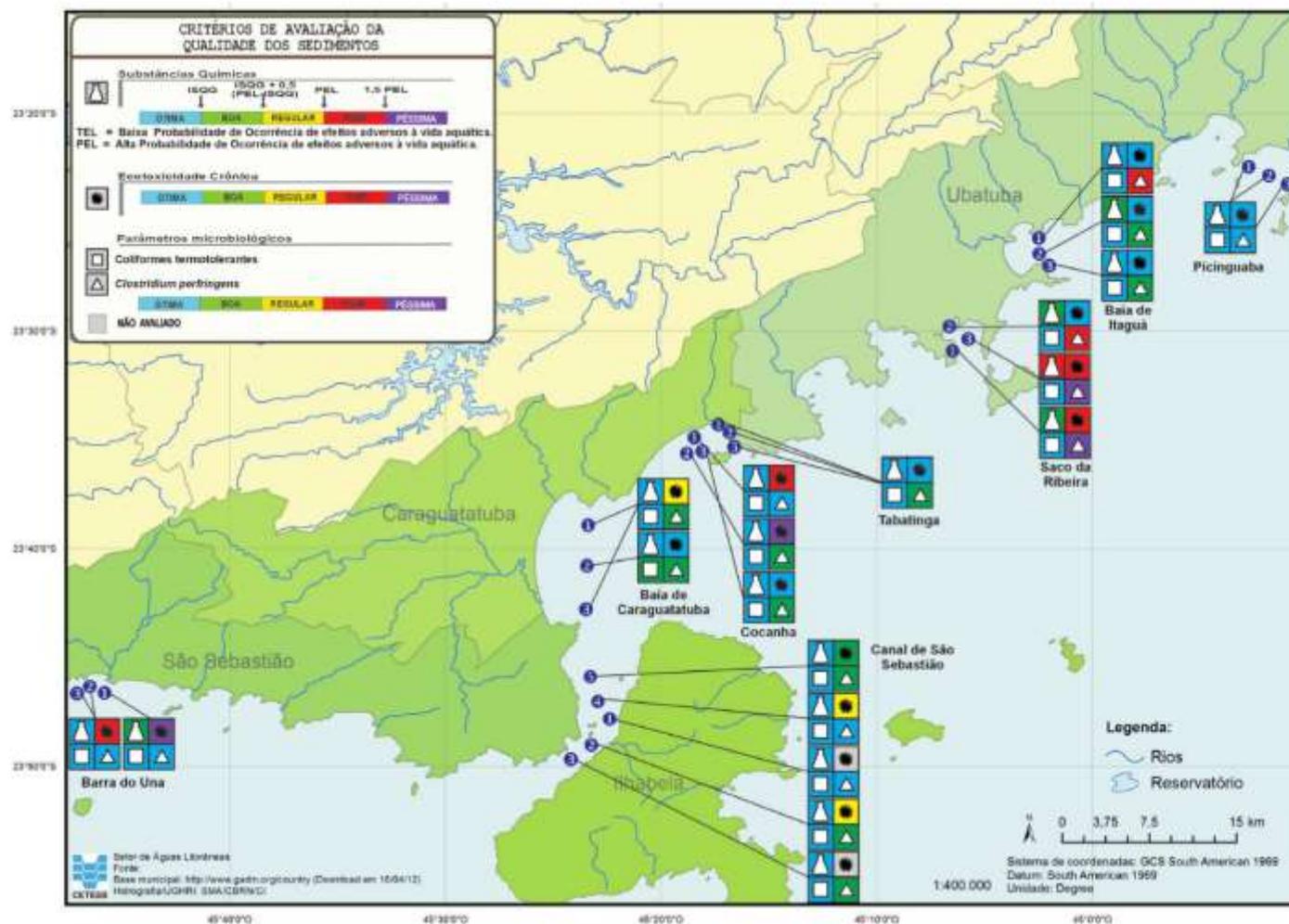


Figura 3.1.2.1.3-27 - Avaliação da qualidade dos sedimentos 2015 – Litoral Norte. Fonte: CETESB (2016a).

Com relação aos acidentes ambientais, a implantação de medidas de prevenção e controle da poluição em portos e terminais, exigidas pelos órgãos ambientais licenciadores – CETESB e IBAMA, com os avanços na legislação ambiental e crescente mudança de mentalidade das empresas, a frequência de acidentes e os volumes vazados vêm diminuindo progressivamente, como já o registrou Poffo (2008). Entretanto, tais acidentes no Terminal Aquaviário de São Sebastião, Porto de São Sebastião e diversas marinas que se localizam na região da APAMLN, além de acidentes que podem ocorrer em rodovias adjacentes e, devido à descarga em corpos hídricos chegar ao mar, o crescimento da exploração e produção de petróleo em águas profundas e ultra profundas da Bacia de Santos, também representa risco. **A**Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.2.1.3-28** mostra que toda a APAMLN possui probabilidade de toque por óleo máxima por volta de 10% - em cenário de inverno - a partir de acidentes no conjunto de empreendimentos do Projeto Etapa 2 – Petrobras no Pólo Pré-Sal da Bacia de Santos.

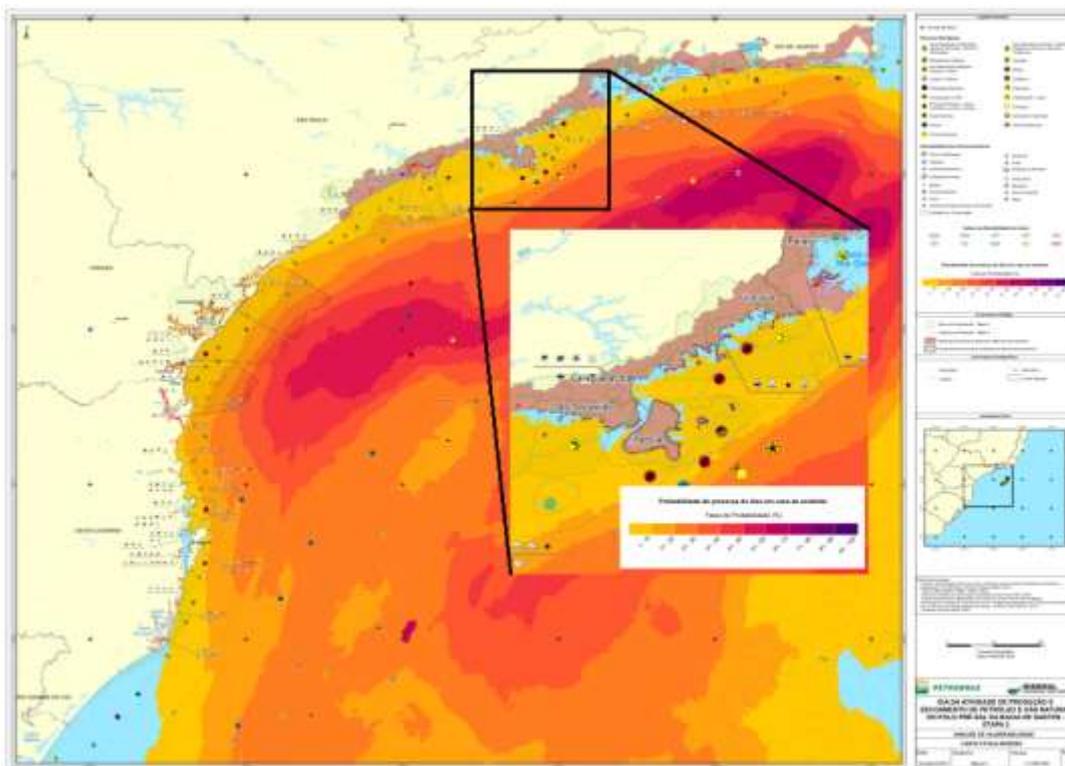


Figura 3.1.2.1.3-28 – Probabilidade de toque máxima na APAMLN em cenários acidentais nos campos de exploração do Pré-Sal da Bacia de Santos, provenientes do conjunto de empreendimentos Etapa 2 da Petrobras. Fonte: adaptado de Mineral/Petrobras (2014).

3.1.2.1.4 Ameaças diretas e indiretas, fragilidades e sensibilidade

Neste item é apresentada a sensibilidade diagnosticada para a área, para a temática apresentada nos itens anteriores. Consideramos aqui fatores sensíveis que são predominantes para as características físicas da região e caso sejam impactados, podem ser determinantes para a alteração do diagnóstico realizado. A partir da descrição desta sensibilidade identificada, são apresentadas as ameaças diretas e indiretas para estas propriedades.

Desta maneira, com relação ao Diagnóstico Climático e Meteorológico, 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 transportar sedimentos, aumentando a turbidez e prejudicando a produção primária, por exemplo. Além disso, regiões com ausência de saneamento básico podem ter seus esgotos liberados de forma direta no ambiente, devido à diminuição da profundidade 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, que estão relacionadas ao tempo bom. Entretanto, em momentos de passagem de frentes frias – que são mais frequentes durante o inverno e outono, o vento inverte de sentido, tendo origem S-SW.

O diagnóstico geológico e geomorfológico identificou na região diversas baías e enseadas abrigadas, que possuem baixo hidrodinamismo (protegidas de ventos, ondas e correntes), que denotam sensibilidade ambiental expressiva para estes locais - **Quadro 3.1.2.1.4-1**.

Quadro 3.1.2.1.4-1 – Baías e enseadas na APAMLN com restrições hidrodinâmica que dificultam a dispersão de poluentes.

Local	Sensibilidade destacada
Baía de Picinguaba	Baías e enseadas fechadas, com hidrodinâmica reduzida e circulação de forma de célula - o que reduz a capacidade de dispersão de poluentes
Baía do Prumirim	
Enseada de Ubatuba	
Enseada do Flamengo	
Enseada do Fortaleza	
Enseada do Mar Virado	
Baía do Araçá (proximidades da APAMLN)	

Além destes locais protegidos, foram diagnosticadas no interior da APAMLN 61 Ilhas ou lajes emersas, e 22 lajes e parcéis submersos. Todos estes locais apresentam uma de suas faces também protegidas pelo hidrodinamismo sendo, portanto, regiões de alta sensibilidade para os parâmetros físicos.

Além destas Baías, Enseadas, Lajes e Parcéis, foram diagnosticados dois tipos de ambientes susceptíveis a ações erosivas e deposicionais: arcos praias e desembocaduras de rios (associados a barras, planícies de maré e manguezais). O setor Cunhambebe foi o que apresentou a maior quantidade de desembocaduras de rios, já o setor Ypautiba foi o que apresentou a maior porcentagem relativa do terreno correspondente às praias arenosas.

Foram diagnosticadas também na região alguns locais com sedimento de fundo com teor de lama acima de 75%, indicando que, por apresentarem sedimentos finos, estes locais apresentam baixa energia nas proximidades deste compartimento e merecem destaque quanto a sensibilidade.

Com relação às massas de água, correntes e ondas na região, foi diagnosticado que durante o verão e primavera, profundidades maiores que 25 m são ocupadas permanentemente pela Água Central do Atlântico Sul - ACAS, podendo ocorrer episódios de eclosão em superfície. Estudos apresentados

mostraram que durante a primavera e o verão as porções de fundo das Baías e Enseadas no setor Cunhambebe podem apresentar a presença desta massa d'água. Essa massa de água possui grande quantidade de nutrientes e é importante para toda a cadeia trófica merecendo, assim, destaque com relação à sensibilidade.

As correntes foram diagnosticadas com maior intensidade com relação à distância da costa, sendo que nos setores Cunhambebe e Maembipe 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 ocorre maior frequência de ocorrência de passagem de frentes frias, nesta época do ano as correntes para NE são também mais frequentes.

O mesmo foi observado para o regime de 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.

Com relação à qualidade de água, além destes locais citados anteriormente, que possuem sensibilidade destacada, deve-se ressaltar que a região sofreu histórico de acidentes ambientais, principalmente relacionados a vazamento de óleo. Assim, regiões no Canal de São Sebastião, praias na costa sul de São Sebastião, em Caraguatatuba e Ubatuba - **Quadro 3.1.2.1.4-2**, com tais históricos merecem ser destacadas devido a esta maior vulnerabilidade.

Quadro 3.1.2.1.4-2 – Praias com histórico de acidentes no Litoral Norte de São Paulo. Fonte: Poffo (2000).

Município	Praia
São Sebastião - Canal	Preta
	CEBIMar- Cabelo Gordo/Baleeiro e São Francisco
	Porto Grande e Arrastão
	Pontal da Cruz, Olaria e Grande ou Balneário dos Trabalhadores,
	Guaecá, Barequeçaba e Araçá
	Centro
	Deserta
	Brava, Cigarras, Araçá/Conchas, Araçá/Deodato e Centro,
	Enseada e Pitangueiras
Ilhabela - Canal	Engenho d'Água, da Vila ou Centro
	Pedra Miúda, Perequê, Itaguaçu, Viana, Siriúba, Guarapocaia ou Sino
	Feiticeira, Santa Tereza, Barreiros, Grande, Portinho e Itaquanduba
	Curral, Barra Velha, Ponta Azeda, Pinto e Armação
	Pequeá e Saco da Capela
	Veloso, Brava, Oscar, Indaiá e Ilha das Cabras
	Ponta da Sela, Julião, Arrozal, Ponta das Canas
Ilhabela	Castelhanos
	Ilhas de Vitória e Búzios

	Pacuíba, Jabaquara, Poço, Eustáquio Serraria, Vermelha e Mansa
São Sebastião	Toque Toque Grande
	Toque Toque Pequeno, Galhetas e Santiago
Caraguatatuba	Indaiá, Martim de Sá, Massaguaçu
	Pan Brasil, Flecheiras, Palmeiras, Centro, Prainha, Tabatinga e Ilha do Tamanduá
Ubatuba	Toninhas
	Grande
	Maranduba, Tenório, Vermelha, Enseada e Ilha Anchieta
	Itaguá, Prumirim e Ilha do Mar Virado
	Perequê, Lagoinha, Itamambuca, Dura, Félix, Vermelha do Norte e Flamengo

Assim, as fragilidades e sensibilidades diagnosticadas para o meio físico marinho estão sintetizadas no **Mapa de Sensibilidades do Meio Físico Marinho na APAMLN**.

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

Com relação às ameaças diretas aos processos erosivos e deposicionais na linha de costa, Souza *et al.* (2005) e Souza (2009a, b) apresentou as principais ameaças naturais e antrópicas - **Quadro 3.1.2.1.4-3**. Dentre as ameaças naturais apresentadas, a autora destaca:

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

O diagnóstico técnico apresentou estas características para a região, que, assim, compõem o **Mapa de Ameaças à Dinâmica Sedimentar na APAMLN**, que representa as ameaças diretas para o regime erosivo-deposicional na APAMLN. A questão de alterações climáticas é tratada no item **Cenários Futuros**, deste documento. Já para causas antrópicas, esta autora destaca as principais causas presentes na região da APAMLN:

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

Assim, destaca-se na região a crescente urbanização da região costeira e margens fluviais, expansão da rede viária, a presença do gasoduto que liga a Plataforma de Mexilhão a Unidade de Tratamento de Gás Monteiro Lobato (UTGCA), em Caraguatatuba, diversos píeres, molhes e quebra-mares ao longo da costa e operações de dragagem nos Rios Una, Boiçucanga, Maranduba e Canal de São Sebastião, que mesmo fora da APAMLN têm influência sobre a mesma. Estes atributos também são apresentados no **Mapa de Ameaças à Dinâmica Sedimentar na APAMLN**.

Quadro 3.1.2.1.4-3 – 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 “El Nino/ENSO”.	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, quebra-mares, muros, anteparos em pedra etc., para “proteção costeira” ou contenção/mitigação de processos erosivos costeiros ou outros fins; canais de drenagem artificiais.
3	Aporte sedimentar atual naturalmente ineficiente ou ausência de fontes de areias.	9	Efeitos atuais da elevação do nível relativo do mar durante o último século, em taxas de até 30 cm: forte erosão com retrogradação da linha de costa.	16	Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas artificiais, devido à interrupção de células de deriva litorânea e formação de pequenas células.
4	Fisiografia Costeira: irregularidades na linha de costa (mudanças bruscas na orientação, promontórios rochosos e cabos inconsolidados) dispersando as correntes e sedimentos para o largo; praias que recebem maior impacto de ondas de maior energia.	10	Efeitos secundários da elevação de nível do mar de longo período: Regra de Bruun e migração do perfil 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 sobrelevagem; obstáculos fora da praia (barras arenosas, ilhas, parcéis, arenitos de praia e recifes).	12	Balanço sedimentar atual negativo originado por processos naturais individuais ou combinados.	19	Conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais/ e lagunares, pântanos e áreas inundadas) provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira (perda de fontes de sedimentos).
		13	Fatores Tectônicos: subsidências e soerguimentos da planície costeira.	20	Balanço sedimentar atual negativo decorrente de intervenções antrópicas.

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

- Urbanização – ausência de estruturas de saneamento básico e desmatamento. Conforme destacado no item *Fisiografia da linha de costa*, o desmatamento das matas ciliares causa exposição do solo e em episódio de chuvas, aumento de maré e ressacas, ocorre o carreamento de sedimentos para o meio marinho, causando erosão costeira e aumento a turbidez, prejudicando por exemplo a produção primária;
- Terminais Portuários (destacando o Terminal Aquaviário de São Sebastião na região);
- Marinas, portos e atracadouros – destaque para a região dos Rios Una, Boiçucanga e Maranduba, além de diversas no interior do Canal de São Sebastião e o Saco da Ribeira que conta, inclusive, com um posto de abastecimento flutuante. Conforme destacado no item de *Qualidade de água e sedimentos*, as regiões com trânsito e atracamento de embarcações sofrem com o problema de ressuspensão de sedimento devido a movimentação dos motores, disponibilizando contaminantes para a coluna d'água;
- *Ferry-boat* que liga o município de Ilhabela ao continente;
- Locais com possibilidade de acidentes e vazamento de produtos químicos, incluído combustível e óleos: rodovias (que na região são muito próximas aos corpos hídricos, com registros de acidentes), gasodutos e oleodutos e rotas de navios;
- Emissários submarinos, destacando-se os três de esgoto doméstico localizados no interior do Canal de São Sebastião (Araçá, Cigarras e Itaquaduba) e o emissário submarino de efluentes industriais do Terminal Aquaviário de São Sebastião, também no interior do Canal de São Sebastião. Embora não esteja disponível nas informações de emissários no site da CETESB, destaca-se também a presença de um emissário na Praia da Enseada, em Ubatuba.
- Operações de dragagem nos Rios Una, Boiçucanga, Maranduba e Canal de São Sebastião, que podem disponibilizar contaminantes dos sedimentos para a coluna d'água.

Todas estas ameaças à qualidade ambiental estão expostas no **Mapa de Ameaças à Qualidade de Água e Sedimento na APAMLN**.

Além destes vetores diretos, o grande tráfego de embarcações, sendo que, com a expansão dos campos do Pré-Sal da Bacia de Santos e projeto de ampliação do Porto de São Sebastião, este tráfego tende a aumentar. Além do aumento dos riscos da ocorrência de acidentes, a poluição associada ao tráfego marinho deve ser destacada. Considerando as resoluções MARPOL e a Nota Técnica IBAMA 01/11 – apresentadas no item **11. Legislação** deste documento, embarcações de grande porte terão os efluentes sanitários e águas servidas lançadas entre 3 e 12 milhas náuticas da costa após passagem por sistema de tratamento. Sem tratamento, o descarte só ocorrerá após 12 milhas náuticas da costa, desde que a embarcação esteja em movimento. Entretanto, este limite de 12 milhas náuticas coincide com a área da APAMLN e estas embarcações, mesmo respeitando a legislação, podem fazer este tipo de lançamento em áreas da APAMLN. Outro agravante em embarcações é a questão da água oleosa, ou água do tanque de decantação (do inglês "*slop tank*"), que são águas de lavagem e da casa de máquinas que devem ser tratadas antes do lançamento. As legislações MARPOL e Nota Técnica IBAMA 01/11 – apresentadas no

item 11. **Legislação** deste documento delimitam o tratamento que estas águas devem sofrer, mas não legislam sobre os locais de lançamento. Assim, embarcações em trânsito sobre a APAMLN podem fazer lançamentos de água oleosa, desde que os parâmetros estejam enquadrados. Regiões com grande tráfego de embarcações e baixa capacidade de depuração podem sofrer poluição crônica quanto a óleos e graxas, como já observado para o Saco da Ribeira.

Além desses empreendimentos em terra e arredores da APAMLN, destaca-se também a plataforma de Mexilhão e as demais plataformas no Pólo Pré-Sal (**Mapa de Atividades de Petróleo e Gás**) 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 APAMLN, conforme apresentado no diagnóstico.

3.1.2.1.5 Áreas críticas

Apresentadas a sensibilidade ambiental regional e as ameaças diretas e indiretas, este item mostra as áreas críticas diagnosticadas, tanto por este diagnóstico técnico quanto pelo diagnóstico participativo (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014).

No diagnóstico oceanográfico, geológico e geomorfológico foram identificadas áreas com grande vulnerabilidade aos processos erosivos, de acordo com critérios descritos por Souza (2012), que combinam presença de alterações antrópicas (ou climáticas) e características ambientais, que destaca a definição de vulnerabilidade como sendo a sensibilidade do ambiente (características ambientais) associada ao seu grau de intervenção (alterações antrópicas ou climáticas). Foram diagnosticados seis locais que já possuem erosão dos arcos praias (**Quadro 3.1.2.1.5-1**):

Quadro 3.1.2.1.5-1 – Arcos praias com problemas diagnosticados nos processos erosivos deposicionais.

Local	Problema diagnosticado	Autores
Praia Ubatumirim	Processo de erosão do arco praias	Souza e Luna (2009)
Barra Seca		
Grande		
Maranduba		
Massaguaçu		Souza e Luna (2010)
Tabatinga		
Praia da Fazenda	Alto Risco de erosão do arco praias	Souza (2012)
Praia do Félix		
Praia Itamambuca		
Praia Perequê-Açu		
Praia Iperoig		
Praia do Tenório		
Praia das Toninhas		
Praia da Lagoinha		
Praia de Barequeçaba		
Praia da Barra do Una		
Praia Itaguá	Risco Muito Alto de erosão do	

Praia da Fortaleza	arco praial	
--------------------	-------------	--

Além destes arcos praias, foram identificadas desembocaduras que apresentaram processos erosivos e deposicionais (**Quadro 3.1.2.1.5-2**):

Quadro 3.1.2.1.5-2 – Desembocaduras de rios com problemas diagnosticados por este estudo nos processos erosivos deposicionais.

Local	Problema diagnosticado
Praia da Fazenda – Rio Picinguaba	Cordão arenoso sofrendo agradação
Praia Ubatumirim – Rio Iri	Erosão no cordão e assoreamento da base interna da desembocadura
Perequê-Açu – Barra-Seca	Processo intenso de erosão e progradação do cordão arenoso
Rio e Praia Maranduba	Assoreamento da foz
Rio e Praia Mococa	Erosão da praia interna da desembocadura e da praia, progredando o cordão arenoso
Lagoa Azul / Rio Massaguaçu	Abertura artificial do cordão arenoso
Rio Nema, Praia do Bonete	Indício de modificação da margem direita e da profundidade no interior do rio
Praia e Rio Boiçucanga	Enrocamento artificial, com margem direita ocupada por marina, operação constante de dragagem na desembocadura
Rio Camburi e Praias Camburi e Camburizinho	Desembocadura que era em Camburizinho passou a ser em Camburi, com perda de meandramento da desembocadura
Rio e praia Barra do Sahy	Erosão da margem direita e deposição de sedimento da foz, no canto esquerdo da praia, possivelmente associado a um aumento de vazão do rio
Rio e praia Barra do Una	Margem esquerda ocupada por marinas, assoreamento da foz do rio, que sofre operação constante de dragagem

Ainda, relacionando-se ao aumento do nível do mar e alterações climáticas – discutidas no item **Cenários Futuros**, deve-se levar em consideração a sensibilidade das praias dissipativas, com pouca declividade, onde pequenos incrementos no nível do mar resultam em um grande avanço na horizontal. Destaque para as praias da Enseada, do Mar Virado, da Fortaleza e de Picinguaba, em Ubatuba, que apresentam estas condições.

Todos estes locais listados estão presentes no **Mapa de Áreas Críticas à Dinâmica Sedimentar na APAMLN**, compondo as regiões críticas quanto aos processos erosivos e deposicionais na APAMLN.

Com relação aos locais críticos quanto a qualidade de água e sedimentos, destaca-se inicialmente os resultados obtidos quanto à balneabilidade, relacionado a problemas de saneamento e lançamentos de esgoto. Dentre as praias com problemas crônicos, destaca-se: Itaguá e Perequê-Mirim, em Ubatuba, e, Porto Grande em São Sebastião. Já aquelas que demandam atenção são Rio Itamambuca e Lázaro, em

Ubatuba, Tabatinga, em Caraguatatuba, Preta do Norte e Saí em São Sebastião. Além disso, algumas outras áreas apresentaram classificação anual de balneabilidade no ano de 2015 como Regular:

- Picinguaba, Enseada, Dura e Maranduba - Ubatuba;
- Cocanha - Caraguatatuba;
- Martim de Sá, Prainha, Centro, Pan Brasil, Palmeiras, Porto Novo, Cigarras, Arrastão, Ponta da Cruz, Deserta - fora da APAMLN em São Sebastião;
- Grande, Baraqueçaba, Toque-toque Pequeno, Paúba, Maresias e Boiçucanga – São Sebastião.

O Diagnóstico Participativo (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014) indicou as praias de Tenório e Toninhas como sendo pontos de lançamento de esgotos, contudo este Diagnóstico Técnico não identificou tais regiões como problemáticas, sendo que, inclusive, estes locais apresentaram somente classificações Excelentes e Muito Boas para a Balneabilidade no ano de 2015.

Já para as demais contaminações não relacionadas somente ao esgoto, o Saco da Ribeira, em Ubatuba, apresenta problemas crônicos de qualidade de água e sedimentos. Devido ao grande tráfego de embarcações no local, ocorre contaminação por graxas, óleo e detergente. O trânsito de embarcações também remove o sedimento de fundo, que também é contaminado, devolvendo para a coluna de água vários contaminantes, entre eles HPAs e metais pesados - como cobre. Além destas contaminações provenientes de atividades náuticas na região também são encontrados indicadores de contaminação por coliformes fecais oriundos de outras regiões (fontes remotas). Reflete um ambiente eutrofizado, e não vem apresentando tendência significativa de melhora.

A região da Enseada de Ubatuba – Itaguá é outra região que vem sofrendo problema crônico de contaminação. Neste caso, as contaminações estão associadas aos lançamentos de efluentes e marinas nos rios Acaraú, Lagoa, Grande e Indaiá que desaguam na região. O problema de saneamento básico novamente contribui para impedir a melhora da qualidade da água.

Três outras regiões ainda apresentam qualidade de água classificada como boa, mas vêm tendo um aumento nas concentrações de poluentes nos últimos anos: Tabatinga e Cocanha, em Caraguatatuba, e Barra do Una em São Sebastião.

Tabatinga apresenta problema parecido com o Saco da Ribeira, contudo em menor escala e com embarcações de menor porte. O aumento do tráfego marítimo de embarcações de pequeno porte vem fazendo com que as concentrações de óleos, graxas e detergentes também aumentem nos últimos anos. Associado a isso, o grande processo de urbanização que a região vem sofrendo, principalmente no entorno do Rio Tabatinga, pode acarretar problemas com relação a efluentes domésticos.

Na região da Cocanha foi verificado aumento de nutrientes dissolvidos que pode estar relacionado novamente ao lançamento de efluentes. Um agravante para esta região é a presença de cultivo de maricultura de organismos filtradores. Ou seja, além de comprometer a qualidade ambiental, a poluição nesta região está trazendo problemas socioeconômicos.

Por último, a região da Barra do Una sofre processos tanto de lançamento de esgoto no Rio Una e Cubatão, quanto pela introdução de óleos, graxas e detergentes devido ao tráfego de embarcações de pequeno porte. Este local vem sofrendo piora nos índices de qualidade de água, principalmente

relacionado à eutrofização e a qualidade do sedimento, que anteriormente era classificada como Ótima e caiu para Péssima no ano de 2015. Neste local inclusive foi encontrado cromo – metal pesado - em amostras de sedimento.

O Diagnóstico Participativo (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014) identificou também problemas de esgotos e poluição provenientes de marinas na região do Rio Juqueriquerê, além de problemas relacionados a óleo em Guaecá e Boiçucanga, em São Sebastião. Para o ponto em Guaecá volta-se ao episódio de acidente ambiental que ocorreu no ano de 2004 decorrente de problemas no duto OSBAT da Transpetro. Entretanto, não foram obtidas informações de que ocorrem problemas críticos na região devido à outras ocorrências ou intervenções antrópicas. Entretanto, estes pontos são considerados.

Assim, todos estes locais listados estão presentes no **Quadro 3.1.2.1.5-3** e no **Mapa de Áreas Críticas de Qualidade de Água e Sedimento na APAMLN**, compondo as regiões críticas quanto à qualidade de água e sedimentos na APAMLN.

Quadro 3.1.2.1.5-3 – Locais críticos com relação ao diagnóstico de qualidade de água e sedimento.

Local	Problema diagnosticado
Praia de Itaguá	Problema crônico de balneabilidade
Praia Perequê Mirim	
Praia Porto Grande	
Rio Itamambuca	Histórico recente de classificação imprópria para a praia com relação a balneabilidade
Praia do Lázaro	
Praia Tabatinga	
Praia Preta do Norte	
Praia da Barra do Saí	Classificação regular de Balneabilidade para o ano de 2015
Praia Picinguaba	
Praia da Enseada	
Praia Dura	
Praia Maranduba	
Praia Cocanha	
Praia Martim de Sá	
Praia Grande (São Sebastião)	
Praia Baraqueçaba	
Praia Toque-toque Pequeno	
Praia Paúba	
Praia Maresias	
Praia Boiçucanga	
Saco da Ribeira	Problemas crônicos de qualidade de água e sedimentos
Enseada de Ubatuba - Itaguá	Contaminações associadas aos lançamentos de efluentes e marinas nos rios Acaraú, Lagoa, Grande e Indaiá que desaguam na região
Tabatinga	Piora nos índices de qualidade de água: aumento das concentrações de óleos, graxas e detergentes devido ao tráfego marítimo de embarcações de pequeno porte

Local	Problema diagnosticado
Cocanha	Piora nos índices de qualidade de água: aumento de nutrientes dissolvidos que pode estar relacionado novamente ao lançamento de efluentes
Barra do Una	Piora nos índices de qualidade de água: processos tanto de lançamento de esgoto no Rio Una e Cubatão, quanto pela introdução de óleos, graxas e detergentes devido ao tráfego de embarcações de pequeno porte
Praia de Guaecá	Problemas relacionados à óleo
Praia de Boiçucanga	

3.1.2.1.6 Cenários futuros

Com relação à questão de cenários futuros, levantamos algumas áreas, além das áreas críticas listadas anteriormente, que merecem destaque quanto ao prognóstico ambiental:

- Região de Tabatinga – Caraguatatuba: aumento do tráfego de embarcações de pequeno porte e urbanização das margens do Rio Tabatinga;
- Cocanha – aumento dos índices de eutrofização e interferência nas áreas de maricultura
- Canal de São Sebastião - aumento do tráfego de embarcações devido principalmente aos novos empreendimentos do Pólo Pré-Sal da Bacia de Santos e à possibilidade de expansão do Porto de São Sebastião;
- Esforços do poder público para aumento da rede coletora de tratamento de esgoto – conforme descrito por CETESB (2016b), apesar dos programas de investimento visando à universalização dos serviços de saneamento no litoral, nos últimos anos tem se verificado grande variação nos índices de balneabilidade. A grande influência das chuvas na qualidade das praias é sempre evidenciada por aumentos significativos do número de praias impróprias, indicando que a qualidade das praias é uma questão bastante complexa, com muitos fatores intervenientes. A infraestrutura de saneamento básico é um parâmetro fundamental no controle da poluição fecal, sendo que a ampliação da coleta e do tratamento dos esgotos reflete positivamente nas condições de balneabilidade. Contudo, em áreas sem cobertura de rede coletora, muitas vezes por haver ocupação irregular, ocorrem lançamentos clandestinos de esgotos em cursos de água (poluição difusa), situação agravada pela ocorrência de chuvas, o que pode comprometer o uso recreacional dessas águas;
- Necessitam atenção as áreas que sofrem constantes dragagens (Barra do Una e Boiçucanga) e as que estão próximas daquelas que apresentam tal necessidade (áreas de expansão do Porto de São Sebastião, entorno dos píeres de atracação do Terminal Aquaviário de São Sebastião e foz do Rio Maranduba), tanto com relação à disponibilização de contaminantes para a coluna d'água, quanto com relação à disposição do material dragado em bota-fora.

Outros problemas que vêm afligindo parte da população e tomadores de decisão estão relacionados às consequências das 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 de gases estufa na atmosfera, por exemplo, aumenta a 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. 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, vêm 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 umidade localmente (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. Conforme destacado no item *Variação de nível do mar e ressacas*, é de fundamental importância a conservação e restauração (onde foram suprimidas) as vegetações ciliares, com destaque aos manguezais e áreas de restinga, que proporcionam proteção física do terreno contra eventos extremos.

Assim, é importante considerar a variabilidade natural e a contribuição antrópica para a modificação da linha de costa antes de simplesmente 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.

Souza (2010) cita algumas providências que devem ser tomadas para os arcos praias, de acordo com a classificação de vulnerabilidade à erosão, que foi apresentada para toda a APAMLN no item *Progradação e erosão praias e costeiras*, com locais de risco Muito Alto e Alto destacados no item de *Áreas críticas*:

- Praias sob Riscos Muito Alto e Alto - são praias particularmente vulneráveis, que estão sob forte ameaça, requerendo ações imediatas para reverter o quadro de degradação. Essas ações envolvem medidas como: realocação ou remoção de estruturas urbanas e/ou obras de engenharia, recuperação das praias de preferência através de alimentação artificial (é necessário identificar fontes sustentáveis desses sedimentos), recuperação de dunas frontais, e eliminação ou minimização das causas antrópicas da erosão costeira, pelo menos.
- Praias sob Risco Médio - são praias que requerem atenção, pois poderão rapidamente tornar-se de risco Alto ou Muito Alto. É necessário impedir a piora do seu estado, através de medidas que atuem na eliminação ou minimização das causas antrópicas de erosão, pelo menos, e mitigação dos impactos devidos às causas naturais.
- Praias sob Riscos Baixo e Muito Baixo - são praias comparativamente mais seguras em relação a esse perigo, devendo-se conservar os seus estados e minimizar possíveis causas de erosão, principalmente evitando novas intervenções antrópicas, além de estabelecer ações efetivas de gerenciamento costeiro.

Neste ponto é importante destacar também que ao longo do diagnóstico, foram apresentadas as alterações ao longo da linha de costa, principalmente relacionadas a supressão de vegetação, construções e alteração de cursos d'água, e as consequências que podem ocorrer para os processos sedimentares. Assim, é de fundamental importância a análise detalhada de futuras alterações de regras de uso e ocupação do solo na região, principalmente às relacionadas ao Gerenciamento Costeiro. A intervenção provocada pela construção da rodovia BR-101, por exemplo, pode ser observada na alteração da dinâmica sedimentar dos arcos praias e desembocaduras fluviais em vários pontos da costa (Praia de Massaguaçu, Grande e Ubatumirim, por exemplo). A implantação de aparelhos urbanos também forma indicados por vários autores como sendo influenciadores diretos em áreas críticas diagnosticadas.

3.1.2.1.7 Indicadores de monitoramento – Programas de Gestão

Além da rede de monitoramento existente da CETESB, tanto para qualidade da água como índices de balneabilidade das praias, existe pouca informação sobre a qualidade de água e sedimento em outras localidades. Seria importante um monitoramento da qualidade da água e sedimento, de forma rotativa, para avaliar a qualidade ambiental ao longo de toda a APAMLN, principalmente quanto ao impacto do aumento do tráfego de embarcações pela região (tanto de pequeno quanto de grande porte). Com um monitoramento rotativo, os custos operacionais seriam reduzidos e seria realizado um diagnóstico relativo às fontes difusas ou remotas de poluição na área. Neste monitoramento seria importante, minimamente, a análise de teor de óleos e graxas, metais pesados e indicadores de contaminação por esgotos.

Outra demanda importante para a região está relacionada aos impactos provocados pelas alterações climáticas. Conforme explanado no item **Cenários Futuros**, é importante a identificação da importância das pressões exercidas localmente e daquelas atribuídas a alterações climáticas, sendo que a melhor maneira de obter essa quantificação é a partir de monitoramentos de longo período. Para a região norte do Estado de São Paulo não estão disponíveis de maneira pública longas séries de elevação do nível do mar (existem registros de médio período na Base Avançada do Litoral Norte do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, contudo os dados não são contínuos e possuem acesso restrito). Já para séries de dados de ondas, a situação é mais dramática, com total ausência de dados públicos coletados e pouquíssimos registros produzidos em âmbito científico. Seria importante a instalação de, ao menos, um marégrafo e um ondógrafo na região, com coleta de dados contínua, a fim de avaliar estes parâmetros em longo período.

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

Assim o **Quadro 3.1.2.1.7-1** sintetiza os indicadores de monitoramento propostos para o meio físico marinho.

Quadro 3.1.2.1.7-1 – Indicadores de monitoramento propostos.

Indicador de monitoramento	Importância
Qualidade de água e sedimento em locais não atendidos pela Rede Costeira da CETESB	Possíveis diagnóstico de impactos decorrente do crescente tráfego de embarcações, bem como ocupações e lançamento de efluentes de forma irregular. Minimamente monitoramento de teor de óleos e graxas, metais pesados e indicadores de contaminação por esgotos.
Medições de longo período de variação do nível do mar, ondas e correntes	Diferenciar os impactos relacionados a alterações climáticas daqueles provocados localmente.
Monitoramento de arcos praias e desembocaduras com problemas erosivo-deposicionais ou com alto grau de vulnerabilidade para estes processos	Prevenir e monitorar as ações de remediação de áreas que vêm ou que podem vir a sofrer com problemas erosivo-sedimentares.

3.1.2.1.8 Lacunas do conhecimento

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

Além disso, ao longo do diagnóstico foram diagnosticadas diversas lacunas de conhecimento, que são listadas e brevemente discutidas na sequência, de acordo com o tema estudado:

Configuração da linha de costa e características do fundo marinho

- Ausência de informação sobre a composição do sedimento na região da Enseada do Camburi;
- Ausência de informações mais detalhadas ao longo de todo o setor Ypautiba e Maembipe. Foram obtidas informações somente de ordem regional, sem tratar cada porção do território de forma individualizada.

Progradação e erosão costeira

- Os estudos que apontam processos erosivos em arcos praias diagnosticaram a situação e foram levantadas hipóteses para as ocorrências. Entretanto, existe carência de informação sobre monitoramento constante de aporte de sedimentos, por exemplo, e variações ocorridas no transporte litorâneo;
- Para as desembocaduras de rios diagnosticadas com problemas erosivo-deposicionais a situação é mais crítica. Muitos dos locais com tais problemas foram diagnosticados nesse estudo, com a utilização de imagens de satélite da última década e comprovadas com a nova ferramenta desenvolvida por Donchyts et al. (2016), onde é avaliada a erosão e deposição com imagens de satélite de alta resolução desde o ano de 1983 e disponível em <http://aqua-monitor.appspot.com/>. Ressalta-se aqui a total ausência de estudos para áreas como a desembocadura do Rio Pinguaba (Praia da Fazenda, Ubatuba), e Rio Nema (Praia do Bonete, Ilhabela) e pouquíssimas citações sobre as condições diagnosticadas para os rios do Município de São Sebastião (Rio Boicunganga, Rio Camburi, Rio Sahy, Rio Una).

Correntes, temperatura e salinidade

- Ausência de medições de temperatura, salinidade e correntes de longo período na região da APAMLN. Neste estudo foram utilizados dados inéditos de 17 anos de modelagem desenvolvida com assimilação e validação de dados, possibilitando determinar valores médios destas variáveis, além de análises de valores extremos, bem como posição média tridimensional de massas d'água na região, além de 8 anos de dados de satélite para temperatura superficial em alta resolução. Entretanto, estes dados não possuem resolução suficiente para resolver o interior das Baías e Enseadas, principalmente no setor Cunhambebe que apresenta a costa muito recortada. Nesta região mais próxima a costa é onde existe grande carência de informação, com destaque principal para toda a região do setor Maembipe e porção mais costeira do setor Ypautiba;
- Assim, com a ausência de dados no interior de Baías e Enseadas inexistem estudos que avaliem a capacidade de depuração e de suporte destas regiões, que podem avaliar, por exemplo, a dispersão de matéria orgânica e nutrientes no meio ambiente que podem ser introduzidas no ambiente marinho através da alimentação e excreção dos organismos;
- Neste estudo foram propostas classificações dos estuários de acordo com a morfologia observada, estudo até então inédito para a região. Com relação a classificação dinâmica, inexistem estudos e/ou dados para que possam ser realizados tais estudos, em toda a região da APAMLN.

Variação do nível do mar e ressacas

- Inexistência de dados públicos de longo período para séries de variação do nível do mar e, assim desta maneira, ausência de estudos com monitoramento de ressacas a partir de dados medidos na região;

Ondas

- A situação de dados de ondas é mais dramática, com ausência total de séries de dados, curto, médio e longo período, sendo encontrados somente alguns poucos estudos (como por exemplo na praia de Massaguaçu) com dados medidos localmente;

Qualidade de água e sedimento

- Identificada escassez de dados em regiões fora do monitoramento operacional exercido pela CETESB. Conforme descrito anteriormente, um monitoramento rotativo por regiões não contempladas pelo monitoramento da CETESB poderia acrescentar conhecimento para a região, além de indicar possíveis fontes difusas ou remotas de contaminação.

3.1.2.1.9 Potencialidades e oportunidades

No interior da APAMLN localiza-se a base norte do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), em Ubatuba, e nas proximidades encontra-se o Centro de Biologia Marinha (CEBIMAR), em São Sebastião, da mesma universidade. A proposta de monitoramento rotativo de qualidade de água e sedimento para locais não atendidos pelo monitoramento operacional 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. É 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.

Além disso, está em processo de instalação e validação inicial dos dados, uma estação de coleta de dados oceanográficos e meteorológicos do Projeto Sistema de Monitoramento da Costa Brasileira. A instalação dos equipamentos está sendo realizada no CEBIMAR. Está previsto o monitoramento de uma enorme gama de parâmetros que poderão auxiliar a Fundação Florestal em situações de tomada de decisão e manejo. Os dados estarão disponíveis em tempo real no website do projeto: www.simcosta.furg.br/.

Destaca-se também a oportunidade de parceria com instituições de ensino e pesquisa, nos moldes do Projeto Descobrimo o Mar, desenvolvido atualmente pela Fundação de Estudo e Pesquisas Aquáticas – FUNDESPA, criado em 2005 por alunos de graduação do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – IOUSP. O principal objetivo do projeto consiste em tornar acessível o conhecimento gerado dentro da universidade para a comunidade, em especial, o projeto busca contribuir para melhorar o aprendizado de alunos da rede pública de ensino, utilizando a interdisciplinaridade do conteúdo oceanográfico como ferramenta educacional. Esse programa poderia também ser estendido a turistas, englobando

características físicas do ambiente nas palestras, como por exemplo a configuração da linha de costa, a formação das ilhas, as correntes na região, as ondas, as mudanças climáticas.

Outro potencial está no desenvolvimento de roteiros turísticos com incorporação de informações sobre o meio físico, explicando a mecânica de formação e propagação de ondas, correntes e maré, por exemplo.

Com objetivo de informação aos praticantes de atividades náuticas e esportes aquáticos, o site da APAMLN poderia também disponibilizar informação de previsões de ventos, correntes e ondas. Esta disponibilização poderia ser realizada através do convênio com as instituições de pesquisa já citadas.

Além disto, as informações do projeto de "Roteiro Geoturístico no Litoral Norte de São Paulo" podem ser utilizadas como alternativa de renda através do turismo de base comunitária.

3.1.2.1.10 Contribuição para planejamento das UCs – Zoneamento Ambiental

O diagnóstico meteorológico e oceanográfico da região da APAMLN indica que a região norte do setor Cunhambebe apresenta alta sensibilidade com relação à dispersão atmosférica e hidrodinâmica, além de ter a presença de águas ricas em nutrientes, principalmente em períodos de verão e primavera. Assim é importante destacar o sentido de preservação desta área e potencialidade de introdução de sistemas de maricultura que não impliquem pressão sobre a qualidade da água (por conta da introdução de ração, da excreção dos organismos ou da utilização de embarcações motorizadas) - como, por exemplo, o cultivo de organismos filtradores feito por comunidades tradicionais.

Outra demanda com relação ao zoneamento seria a atenção especial ao processo de urbanização nas margens de rios, como vem ocorrendo em Tabatinga, por exemplo. É importante também o monitoramento de áreas que sofrem com a incidência de ondas e com o aumento da vazão dos rios devido a eventos extremos de precipitação atmosférica, buscando atuar na prevenção da ocupação desordenada e na promoção do restabelecimento da mata ciliar nos locais já degradados.

Devido ao crescente número de embarcações na região, tanto de pequeno quanto de grande porte, são necessárias campanhas de conscientização e incentivo de boas práticas e a fiscalização com relação ao descarte de resíduos e possíveis liberações de poluentes no mar e nos rios. Além disso, ondulações provocadas pelo deslocamento afetam as matas ciliares, com destaque para os bosques de manguezais, bem como a movimentação de motores em regiões rasas ressuspende o sedimento podendo contaminar a coluna d'água. Outra demanda importante seria com relação à pressão sobre órgãos reguladores para estabelecimento de regras mais rígidas para lançamento de água oleosa e efluentes sanitários em regiões de preservação ambiental.

E, por fim, campanhas de conscientização com relação à questão do ligamento dos sistemas de esgoto doméstico à rede coletora oficial, nos locais em que esta está disponível. Onde a rede coletora não está disponível, campanhas de sensibilização e subsídio para a construção de alternativas como biodigestores e fossas ecológicas. Ressalta-se ainda a importância da rede coletora oficial, que muitas vezes realiza apenas o tratamento primário dos efluentes, lançando-os posteriormente nos rios ou através de emissários muito próximos à linha de costa.

Desta maneira, o **Quadro 3.1.2.1.10-1** apresenta a sugestão de zoneamento marinho de acordo com o diagnóstico apresentado.

Quadro 3.1.2.1.10-1 – Sugestão para o zoneamento marinho, considerando o diagnóstico do meio físico marinho na APAMLN.

Categoria	Zona		Restrição de usos
Uso sustentável/ Conservação	Recuperação - Considerar os locais com problemas de qualidade de água e sedimento diagnosticados, além de pontos com presença avançada de processos erosivos ao longo da costa e desembocaduras de rios	Zona Central e Sul no setor Cunhambebe – Enseada de Ubatuba (Praias de Itaguá, Perequê Açu e Barra Seca); Praia Perequê-Mirim; Saco da Ribeira; Rio e Praia Maranduba; Praia Grande; Praia Massaguaçu	Definir normas específicas para a redução de vetores de pressão: vulnerabilidade social, despejos de esgotos sem tratamento adequado; controle e fiscalização da manutenção de marinas; implantação de equipamentos urbanos e construções na orla
		Zona Sul no setor Ypautiba – Praias Barra do Una, Boiçucanga e Barra do Sahy	
		Desembocaduras de rios – Maranduba, Mococa, Boiçucanga, Camburi e Praias Camburi, Barra do Sahy, Una	
	Uso Tradicional - Área com baixo hidrodinamismo, ocorrência de águas com grande quantidade de nutrientes	Zona Norte no setor Cunhambebe – Enseada do Prumirim, Picinguaba e Camburi. Região das Ilhas na boca da Enseada de Picinguaba.	Compatibilizar o uso de recursos pesqueiros, desde que atendido os objetivos da APAMLN
		Zona Leste, Norte e Sudeste - Sudoeste do setor Maembipe – Enseada do Bonete, Baía de Castelhanos, Sacos Grande e do Barco, região da Ilha dos Búzios e Vitória.	
	Estratégica - Infraestrutura portuária, rota de embarcações ou qualquer outra infraestrutura não compatível com os objetivos da APAMLN	Zona Central no setor Ypautiba – tráfego de embarcações para o Canal de São Sebastião; Regiões de Marinas nos Rios Boiçucanga, Barra do Sahy e Una.	Restringir o lançamento de água oleosa e efluentes sanitários; restringir a força dos motores em regiões rasas a fim de impedir ressuspensão de sedimentos; Restringir velocidade de embarcações nas imediações da costa evitando o desenvolvimento de ondas que acentuam a erosão costeira
Zona Sul do setor Cunhambebe – Praia da Tabatinga e Maranduba.			

3.1.2.1.11 Bibliografia

- 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.
- BARCELLOS, R. L.; FURTADO, V. V. Processo sedimentar atual e a distribuição de carbono e nitrogênio orgânicos no Canal de São Sebastião (SP) e. Rev. bras. oceanogr, v. 47, n. 2, p. 207-221, 1999.
- BIRD, E. C. F.; BARSON, M. M. Measurement of physiographic changes on mangrove-fringed estuaries and coastlines [in Australia]. Marine Research in Indonesia, 1977.
- BRITO, D. D.; MILANELLI, J. C. C.; RIEDEL, P. S.; WIECZOREK, A. Sensibilidade do litoral paulista a derramamentos de Petróleo - um atlas em escala de detalhe. 1a edição Rio Claro, SP UNESP. 2014.
- 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.
- CARDOSO, D. G. Variabilidade Praial nas Praias do Lázaro, Domingas Dias e Sununga, Litoral Norte de São Paulo Frente à Passagem dos Sistemas Frontais (Ubatuba, SP). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2013
- CAROLI, A. Propriedades físicas e circulação na Enseada do Flamengo (SP), durante o verão. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de São Paulo. 2010
- 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.
- 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 Chui (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.
- 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.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Operação “Vergina II”. CETESB, São Paulo, SP, 39p.+Anexos. 2001.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo - 2009. Parte 2 – Qualidade das Águas Superficiais. São Paulo, SP. 2010.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo - 2012. Parte 2 – Qualidade das Águas Superficiais. São Paulo, SP. 2013.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo - 2013. Parte 2 – Qualidade das Águas Superficiais. São Paulo, SP. 2014a.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo - 2013. São Paulo, SP. 2014b.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo - 2014. Parte 2 – Qualidade das Águas Superficiais. São Paulo, SP. 2015a.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo - 2014. São Paulo, SP. 2015b.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo - 2015. Parte 2 – Qualidade das Águas Superficiais. São Paulo, SP. 2016a.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo - 2015. São Paulo, SP. 2016b.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório Técnico do acidente com o oleoduto Osbat – Petrobras / Transpetro - Guaecá – São Sebastião. CETESB, São Paulo, SP. 101 p. 2005.

- CETESB, 2005. Relatório Técnico - Acidente com o Oleoduto OSBAT – Petrobras / Transpetro - Guaecá – São SebasCOELHO, A. L. Resposta da Plataforma Continental Sudeste a ventos sazonais e sinóticos de verão: estudos numéricos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2008.
- CONSORTIUM HYCOM. HYbrid Coordinate Ocean Model. Dados disponíveis em <http://www.hycom.org>. Disponível em 08/2016.
- COUTINHO, R. Avaliação Crítica das Causas da Zonação dos Organismos Bentônicos em Costões Rochosos. *Ecologia Brasilienses*, Volume I: Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros, pp. 259-271. 1995.
- COUTINHO, R. Programa Nacional da Biodiversidade – PRONABIO. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO Subprojeto: Avaliação e Ações Prioritárias para a Zona Costeira Marinha. Ministério do Meio Ambiente. 102 p. 2002.
- 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.
- DE MESQUITA, A. R. Sea-level variations along the Brazilian Coast: A short review. *Journal of Coastal Research*, p. 21-31, 2003.
- 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.
- DONCHYTS, G.; SCHELLEKENS, J.; WINSEMIUS, H.; EISEMANN, E.; VAN DE GIESEN, N. A 30 m Resolution Surface Water Mask Including Estimation of Positional and Thematic Differences Using Landsat 8, SRTM and OpenStreetMap: A Case Study in the Murray-Darling Basin, Australia. *Remote Sensing*, 8(5), 386. 2016.
- DONNER, S. Sea level rise and the ongoing Battle of Tarawa. *Eos*, v. 93, n. 17. 2012.
- DOTTORI, M.; SIEGLE, E.; CASTRO, B. M.. Hydrodynamics and water properties at the entrance of Araçá Bay, Brazil. *Ocean Dynamics*, v. 65, n. 12, p. 1731-1741, 2015.
- 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.
- FEMA. Coastal AE Zone and VE Zone Demographics Study and Primary Frontal Dune Study to Support the NFIP. Washington, DC: Federal Emergency Management Agency Technical Report, 98p. 2008.
- FEMAR. Fundação Estudos do Mar - Catálogo de estações maregráficas brasileiras. 2002.

- 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.
- FRANÇA, C. A. S. O litoral Brasileiro - Estudos sobre o nível médio do mar. 1993. (Não publicado) Insti. oceanogr. Univ. S Paulo. (ver Biblioteca do IOUSP). 21p. 1995
- FREIRE, J. L. Um Ciclone Extra-Tropical do Atlântico Sul. In: Anais Hidrográficos, tomo XVIII, pp. 235-260, Rio de Janeiro, RJ. 1960.
- FÚLFARO, V. J.; COIMBRA, A. M. As praias do litoral paulista. In: Congresso Brasileiro de Geologia. p. 253-255. 1972.
- FÚLFARO, V. J.; PONÇANO, W. L. Sedimentação atual do estuário e baía de Santos: um modelo geológico aplicado a projetos de expansão da zona portuária. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro: ABGE. p. 67-90. 1976.
- FUNDESPA/PETROBRAS. 2016. Programa de Ação Participativa para a pesca - PAP. Sistema de Produção e Escoamento de Gás e Condensado no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.
- FURUKAWA, K.; WOLANSKI, E.; MUELLER, H. Currents and sediment transport in mangrove forests. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 44, n. 3, p. 301-310, 1997.
- FURUKAWA, K; WOLANSKI, E. Sedimentation in mangrove forests. Mangroves and salt marshes, v. 1, n. 1, p. 3-10, 1996.
- GALLO, M. N.; VINZON, S. B. Estudo numérico do escoamento em planícies de marés do canal Norte (estuário do rio Amazonas). RIBAGUA-Revista Iberoamericana del Agua, v. 2, n. 1, p. 38-50, 2015.
- GHERARDI, D. F. M.; CABRAL, A. P.; KLEIN, A.; MUEHE, D.; NOERNBERG, M.; TESSLER, M.; SARTOR, S. M. Mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo da bacia marítima de Santos. Braz. J. Aquat. Sci. Technol, v. 12, n. 2, p. 11-31. 2008.
- 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.
- GOYA, S. C. Taxa de sedimentação atual na plataforma continental centro-norte do Embaiamento de São Paulo. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 2011
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Estudos básicos para o projeto de concepção do terminal pesqueiro de Caraguatatuba. Relatório IPT nº 24.378 – IPT/SUDELPA. São Paulo, 66p. 1986.
- JACOBSEN, E. E.; SCHWARTZ, M. L. The use of geomorphic indicators to determine the direction of net shore-drift. Shore and Beach, v. 49, n. 4, p. 38-43, 1981.
- KATHIRESAN, K. How do mangrove forests induce sedimentation?. Revista de biologia tropical, v. 51, n. 2, p. 355-360, 2003.

- KOMAR, P.D. Handbook of Coastal Processes and Erosion (4th edition). CRC Press, 297p. 1991.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der erde. Gotha: verlag justus perthes. Wall-map 150cmx200cm, 1928.
- KOWSMANN, M.; COSTA, M. P. A. Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DINTEP, Série Projeto REMAC, v.8, 55p. 1979
- 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, n°29, 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.
- MAHIQUES, M. M. Dinâmica sedimentar atual nas enseadas da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Boletim do Instituto Oceanográfico, v. 43, n. 2, p. 111-122, 1995.
- MAHIQUES, M. M. Variações temporais na sedimentação quaternária dos embaiamentos da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 2v. 352p. 1992
- MAHIQUES, M. M.; TESSLER, M. G.; FURTADO, V. V. Characterization of energy gradient in enclosed bays of Ubatuba region, south-eastern Brazil. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 47, n. 4, p. 431-446, 1998.
- 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.
- MARTINS, I. R.; URIEN, C. M.; BUTLER, L. Provincias fisiográficas e sedimentos da Margem Continental Atlântica da América do Sul. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26, Belém. V.2, p. 105-114.. 1972.
- 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
- MILIMAN, J. D. A synthesis. Contributions to Sedimentology, v. 4, p.151 – 175. 1975

- MILIMAN, J. D. Late Quaternary sedimentation on Atlantic continental margins and the deep sea. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 48, p. 199-206. 1976,
- MILIMAN, J. D. Morphology and structure of the upper continental margin of Southern Brazil. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*. V. 62, p. 1029 – 1048. 1978
- 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. de; KATSURAGAWA, M. Estrutura térmica na região sudeste do Brasil (outubro/novembro de 1988). Publicação esp. Inst. Oceanogr., S Paulo, v. 8, p. 1-14, 1991.
- MIRANDA, L. B. Forma da correlação TS de massas de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP), Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 33, n. 2, p. 105-119. 1985.
- MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M; KJERFVE, B. Princípios de oceanografia física de estuários. EDUSP, São Paulo, v. 1. 2002.
- 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.
- NEGREIROS-FRANZOZO, M. L.; FRANZOZO, A.; PINHEIRO, M. A.; MANTELATTO, F. L.; SANTOS, S. Caracterização física e química da Enseada de Fortaleza, Ubatuba, SP. *Brazilian Journal of Geology*, 21(2), 114-120. 1991
- NODA, E. K. State-of-the-art of littoral drift measurements. *Shore & Beach*, v. 39, p. 35-41. 1971.
- 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.
- PERILLO, G. M. E. Definitions and geomorphologic classifications of estuaries. *Developments in Sedimentology*, v. 53, p. 17-47, 1995.

- PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. Geologia do Brasil: fanerozóico. TA 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.
- POFFO, I. R. F. Vazamentos de Óleo no Litoral Norte do Estado de São Paulo: Análise Histórica (1974-1999). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo: 2000.
- 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.
- 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
- REZENDE, J. H. M. Intrusões da água central do atlântico sul na plataforma continental sudeste durante o verão. 2003. Tese de Doutorado.
- 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). 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.
- RODRIGUES, M.; MAHIQUES, M. M.; TESSLER, M. G. Sedimentação atual nas enseadas de Ubatumirim e Picinguaba, região norte de Ubatuba, Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Oceanografia, v. 50, n. unico, p. 27-45, 2002.
- ROGACHESKI, C. E. A Dinâmica Sedimentar e a Caracterização de Zonas de Erosão Acentuada (ZEA) ao Longo do Arco Praial de Massaguaçu, SP. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 182p. 2010.
- 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. 2011.

- 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.
- SHORT, A. D. Three dimensional beach stage model. *Journal of Geology*, v. 87, nº 5, p.553-571. 1979.
- SHORT, A.D. Beaches. In: A.D. Short (ed). *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley and Sons, p. 3-20. 1999.
- SILVA DIAS, P. L. A Zona de Convergência do Atlântico Sul. IV Curso de Interpretação de Imagens e Análise Meteorológica. 1997.
- SILVA DIAS, P. L.; ETCHICHURY, P.; SCOLAR, J.; PEREIRA FILHO, A. J.; SATYAMURTI, P.; SILVA DIAS, M. A. F.; GRAMMELSBACHER, E. As chuvas de março de 1991 na região de São Paulo. *Climanálise*, v. 6, n. 5, p. 44-59. 1991.
- SILVA M. P. Caracterização Físico-Química das Massas de Água da Bacia de Santos durante o Projeto COROAS: Verão e Inverno de 1993. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 135 pp. 1995.
- SILVA, L. S. Estudo Numérico da Circulação e estrutura Termohalina do Canal de São Sebastião. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 276p. 2001.
- SMA/SP. Ilhas do litoral paulista São Paulo. Divisão de Reservas e Parques Estaduais/Universidade de São Paulo. Divisão de Reservas e Parques Estaduais, Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado; Universidade de São Paulo Departamento de Geografia. Projeto Ilhas do Litoral Paulista. São Paulo Secretaria do Meio Ambiente. 1989.
- SOUZA, C. D. G.; SOUZA FILHO, P. W. M.; ESTEVES, L. S.; VITAL, H.; DILLENBURG, S. R.; PATCHINEELAM, S. M.; ADDAD, J. E. Praias arenosas e erosão costeira. *Quaternário do Brasil*, 130-152. 2005.
- SOUZA, C. R. G. As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo. 1997. 2v. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.
- SOUZA, C. R. G. Considerações sobre os processos sedimentares quaternários e atuais na região de Caraguatatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo: 1990.
- 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.
- 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.; 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.
- USACE - U.S Army Corps of Engineers. Longshore Sediment Transport. In: U.S Army Corps of Engineers. *Coastal Engineering Manual*. Manual no EM 1110-2-1100, Part III, Chapter 2. Washington, DC. 2003.
- VALENTIM, S. S.; BERNARDES, M. E. C.; DOTTORI, M.; CORTEZI, M. Low-frequency physical variations in the coastal zone of Ubatuba, northern coast of São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 61, n. 3, p. 187-193. 2013.
- VELOSO, V. G.; NEVES, G. Praias arenosas. In: PEREIRA, R. C.; GOMES, A. S. (Eds.). *Biologia Marinha*, 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. p. 339-359. 2009.
- VIEITAS, C. F. Análise ambiental das ilhas da região de Ubatuba (SP) e proposta de manejo para a ilha do Mar Virado. Análise ambiental das ilhas da região de Ubatuba (SP) e proposta de manejo para a Ilha do Mar Virado. 1995.
- VILANO, W. F.; SOUZA, C. R. Biogeografia de costões rochosos e sua importância para os estudos do quaternário. XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA . 2011
- WOLANSKI, E. *Physical oceanographic processes of the Great Barrier Reef*. CRC Press, 1994.
- WOLANSKI, E. Transport of Sediment in Mangrove Swamps. *Hydrobiologia*, v. 295, nº 1-3, p. 31-42, 1995.
- WOLANSKI, E.; MAZDA, Y. & RIDD, P. Mangrove hydrodynamics. In: ROBERTSON, A. I. & ALONGI, D. M. (eds.). *Tropical mangrove ecosystem*. American Geophysical Union, Washington D.C. p. 436-462. 1992.

- WOODROFFE, C. Mangrove sediments and geomorphology. Tropical mangrove ecosystems, p. 7-41, 1992.
- WRIGHT, L. D.; CHAPPELL, J.; THOM, B. G.; BRADSHAW, M. P.; COWELL, P. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southern Australia. Marine Geology, v. 32, p.105-140. 1979.
- ZANETTI, V. B; DE SOUSA JUNIOR, W. C.; DE FREITAS, D. M. A Climate Change Vulnerability Index and Case Study in a Brazilian Coastal City. Sustainability, v. 8, n. 8, p. 811. 2016.
- ZEMBRUSKI, S. G. Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes REMAC, Projeto. Geomorfologia da margem continental brasileira a das áreas oceânicas adjacentes (relatório final). Rio de Janeiro. CENPES/DINTEP. 1979.
- ZEMBRUSKI, S. G.; BARRETO, H. T.; PALMA, J. C.; MILIMAN, J. D. Estudo preliminar das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira. In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXVI, 1972, Belém. Anais. P. 187 – 209. 1972.