

<b>8. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO PERFIL PRAIAL.....</b>	<b>1</b>
8.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
8.2. METODOLOGIA.....	3
8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
8.4. CONCLUSÕES .....	155
8.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	158
8.6. EQUIPE TÉCNICA.....	161

## 8. Programa de Monitoramento do Perfil Praial

Este relatório apresenta a síntese dos resultados obtidos pelo Programa de Monitoramento do Perfil Praial realizado entre janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

### 8.1. Introdução e Objetivos

A dragagem de um canal portuário implica na retirada de sedimentos do sistema costeiro e na modificação da topografia de fundo, podendo resultar em alterações no balanço sedimentar costeiro e na hidrodinâmica local (Figura 8.1-1).

Assim, dependendo das características morfodinâmicas das praias locais, da hidrodinâmica costeira e estuarina, dos estoques sedimentares disponíveis, e, obviamente, da nova configuração do canal e do volume de material dragado (desde que o mesmo seja descartado em local onde não retorne), as atividades de dragagem em um canal portuário podem provocar modificações na configuração da linha de costa e mudanças na dinâmica de sedimentação costeira, dentre outros impactos físicos, biológicos e químicos.

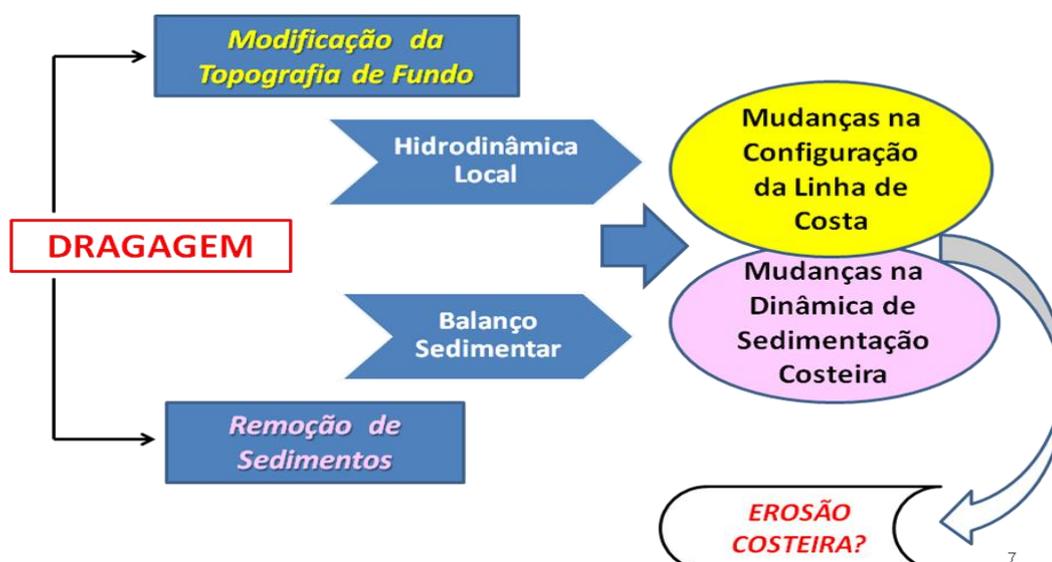


Figura 8.1-1. Possíveis impactos físicos da dragagem de um canal portuário (Souza *et al.*, 2012).

A erosão é um processo natural da dinâmica sedimentar de toda praia, mas se revela um problema (erosão costeira e praial) quando se torna o processo

predominante, associado a um balanço sedimentar negativo da praia (Souza *et al.*, 2005; Souza, 2009). Neste sentido, sua avaliação deve estar sempre acompanhada da determinação das principais causas do processo, cujas escalas de tempo podem ser de meses até séculos.

Para compreender a erosão costeira e as modificações que a linha de costa sofre ao longo do tempo, bem como os possíveis impactos de obras de dragagem em praias, são necessárias investigações que envolvam as diferentes escalas espaciais e temporais dos processos costeiros (Figura 8.1-2). Isto remete a uma gama de fenômenos e processos, que se iniciam no movimento instantâneo dos grãos de areia sob a ação das ondas e ventos, e vão até o comportamento anual a decadal da praia no contexto das células costeiras (porção da costa com um ciclo completo de balanço sedimentar, envolvendo fontes/créditos, transporte e perdas/débitos de sedimentos), incluindo também as diferentes intervenções antrópicas no âmbito da zona costeira que possam afetar o balanço sedimentar das praias.

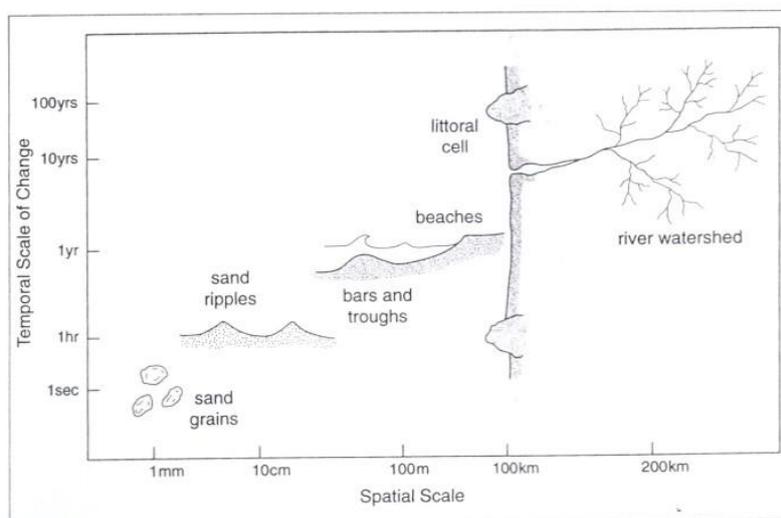


Figura 8.1-2. Escalas temporais e espaciais dos processos costeiros (fonte: Komar, 2000).

Com base nestes conceitos, o Programa de Monitoramento do Perfil Praial foi concebido com o objetivo de entender a dinâmica sedimentar das praias ao fundo da Baía de Santos e averiguar se e como as obras de dragagem de

aprofundamento e alargamento do canal de navegação do Porto de Santos impactaram fisicamente essas praias, modificando essa dinâmica.

Para tanto, este programa compreendeu o monitoramento geológico-geomorfológico das praias de Santos (José Menino, Pompéia, Gonzaga, Boqueirão, Embaré, Aparecida e Ponta da Praia), Itararé (São Vicente) e Góes (Guarujá), tendo os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar morfológica e texturalmente (granulometria) as praias estudadas em três fases: antes, durante e após a execução da dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos;
- Caracterizar a circulação costeira associada ao transporte longitudinal nas praias (correntes de deriva litorânea) antes, durante e após a execução da dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos;
- Identificar os principais indicadores de erosão costeira e estabelecer a classificação de risco em cada praia, antes, durante e após a execução das obras;
- Caracterizar a dinâmica de sedimentação das praias de estudo ao longo do tempo (variabilidades espaço-temporais);
- Analisar possíveis modificações na dinâmica sedimentar dessas praias em função das obras em curso;
- Propor medidas mitigadoras e/ou compensatórias quando comprovado algum impacto das obras na dinâmica sedimentar dessas praias.

## **8.2. Metodologia**

Os estudos realizados aqui foram desenvolvidos por meio de trabalhos de campo, de laboratório e de escritório.

### **8.2.1. Trabalhos de Campo: Perfilagem Praial**

O monitoramento mensal das praias de estudo foi efetuado durante dois anos, entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011.

Toda a extensão das praias foi monitorada por meio de perfis praias perpendiculares à linha de costa. O espaçamento adotado entre estes perfis praias não seguiu uma sistemática linear, mas dependeu da praia estudada, sendo função de suas variações morfológicas e da presença de acidentes naturais (ex. ilhas, canais naturais de drenagem) e de intervenções antrópicas (ex. espigões em pedra, canais artificiais de drenagem, construções sobre a praia).

As coletas se desenvolveram em 33 perfis praias fixos, dentre os quais 5 estão localizados no segmento Praia do Itararé-Emissário, 23 no segmento Emissário-Ponta da Praia e 5 no segmento Praia do Góes (Tabela 8.2.1-1; Figura 8.2.1-1).

Tabela 8.2.1-1. Relação de segmentos praiais, perfis monitorados e praias correspondentes.

<b>Segmento Praia</b>	<b>Perfil</b>	<b>Praia</b>
<b>PRAIA DO GÓES</b>	GÓES-01	<b>Góes</b>
	GÓES-02	
	GÓES-03	
	GÓES-04	
	GÓES-05	
<b>PRAIA DO ITARARÉ - EMISSÁRIO</b>	ITAR-01	<b>Itararé</b>
	ITAR-02	
	ITAR-03	
	ITAR-04	
	ITAR-05	
<b>EMISSÁRIO - PONTA DA PRAIA</b>	STOS-01	<b>José Menino</b>
	STOS-02 (Emissário)	
	STOS-03 (Emissário)	<b>José Menino</b>
	STOS-04	
	STOS-05 (Canal 1)	<b>Pompéia</b>
	STOS-06 (Canal 1)	
	STOS-07	<b>Pompéia</b>
	STOS-08 (Canal 2)	
	STOS-09 (Canal 2)	<b>Gonzaga</b>
	STOS-10	
	STOS-11 (Canal 3)	<b>Boqueirão</b>
	STOS-12 (Canal 3)	
	STOS-13	<b>Boqueirão</b>
	STOS-14 (Canal 4)	
	STOS-15 (Canal 4)	<b>Embaré</b>
	STOS-16	
	STOS-17 (Canal 5)	<b>Embaré</b>
	STOS-18 (Canal 5)	
	STOS-19	<b>Aparecida</b>
	STOS-20 (Canal 6)	
	STOS-21 (Canal 6)	<b>Ponta da Praia</b>
	STOS-22	
	STOS-23	<b>Ponta da Praia</b>

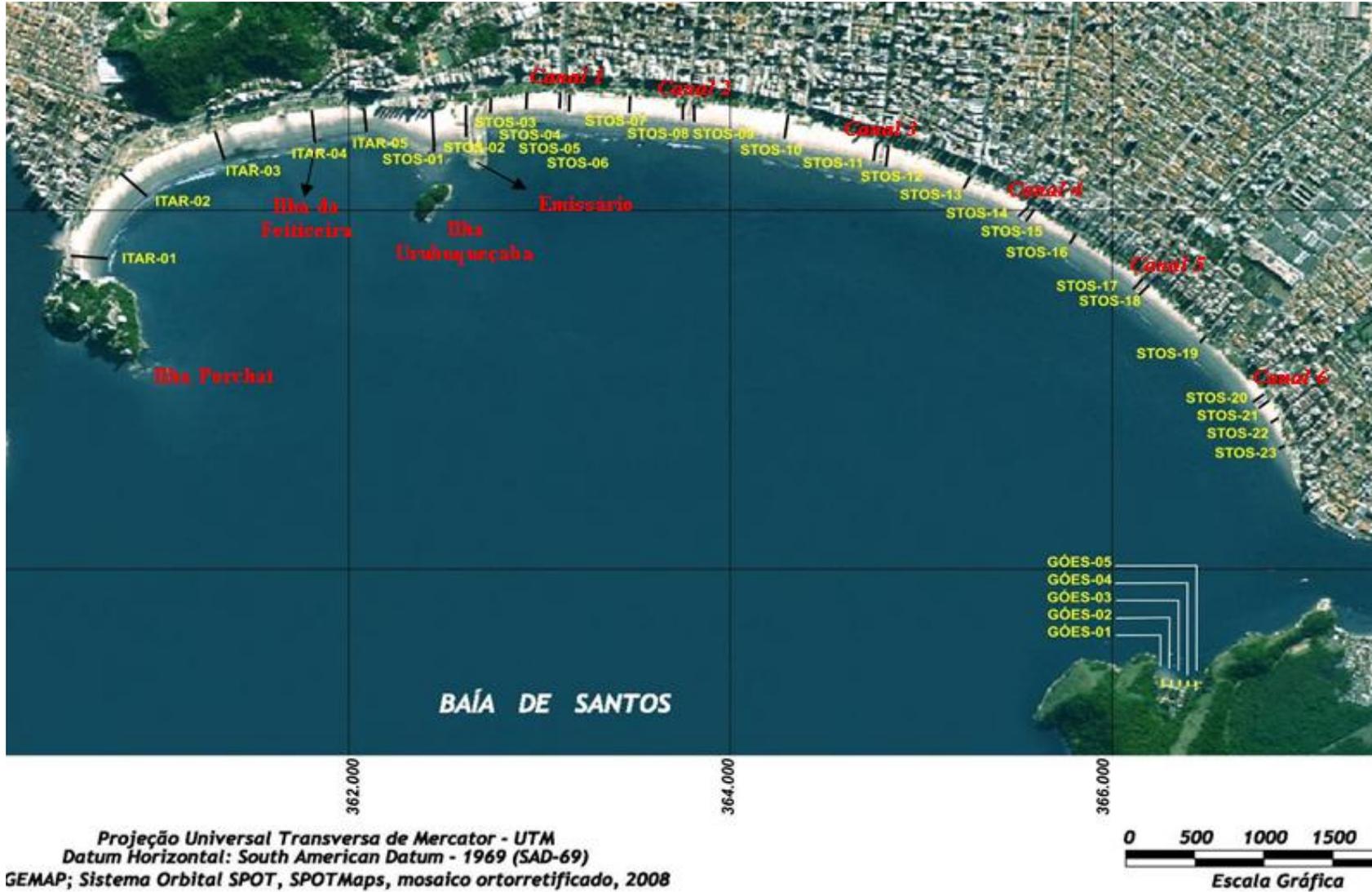


Figura 8.2.1-1. Localização dos perfis de monitoramento nas praias estudadas.

O único ponto fixo de cada perfil foi o seu ponto inicial (Figura 8.2.1-2), demarcado fisicamente junto à calçada/mureta de praia e por pontos de referência como bancos, árvores, postes e canais artificiais de drenagem. As coordenadas (UTM) destes pontos iniciais foram atualizadas a cada monitoramento, por meio de um aparelho GPS de mapeamento (modelo *Mobile Mapper* marca Magellan). O ponto final de cada perfil e seu rumo eram determinados em função da direção da linha de costa medida no momento do monitoramento (perpendicular), com o auxílio de uma bússola geológica tipo Brunton (Figura 8.2.1-3). Assim, todo perfil praiar monitorado foi reposicionado espacialmente a cada perfilagem mensal.



Figura 8.2.1-2. Ponto inicial fixo de um perfil praiar (Stos-13).



Figura 8.2.1-3. Posicionamento do perfil praiar (perpendicular à linha de costa) utilizando a visada da bússola geológica do tipo Brunton e tendo como mira o ponto inicial fixo do perfil.

### **8.2.2. Coleta de Dados e Amostragem**

A perfilagem praial contemplou medições sistemáticas de parâmetros morfológicos do perfil emerso da praia (entre o limite superior da praia e a linha d'água no momento da coleta) e a amostragem de sedimentos, conforme metodologia descrita em Souza (1997 e 2007).

Os trabalhos foram realizados durante as marés de quadratura, prioritariamente durante as fases de lua minguante, independente das condições meteorológicas. A menor variação de amplitude de maré que ocorre entre a preamar e a baixamar em períodos de maré de quadratura diminuem os erros de largura e as variações de declividade medidos.

Os resultados de largura não puderam ser normalizados quanto às variações de maré porque não há disponibilidade de dados de marés reais. Para minimizar ainda mais os possíveis erros, os perfis foram levantados sempre na mesma sequência, de forma que os horários eram próximos em cada mês (exceto nos meses de horário de verão).

Ao final dos monitoramentos todos os perfis foram monitorados sob diversas condições meteorológicas e oceanográficas.

#### **8.2.2.1. Dados morfométricos**

Os parâmetros morfométricos medidos em cada perfil compreendem a largura e a declividade de vários pontos nas zonas de pós-praia e estirâncio (Figura 8.2.2.1-1).

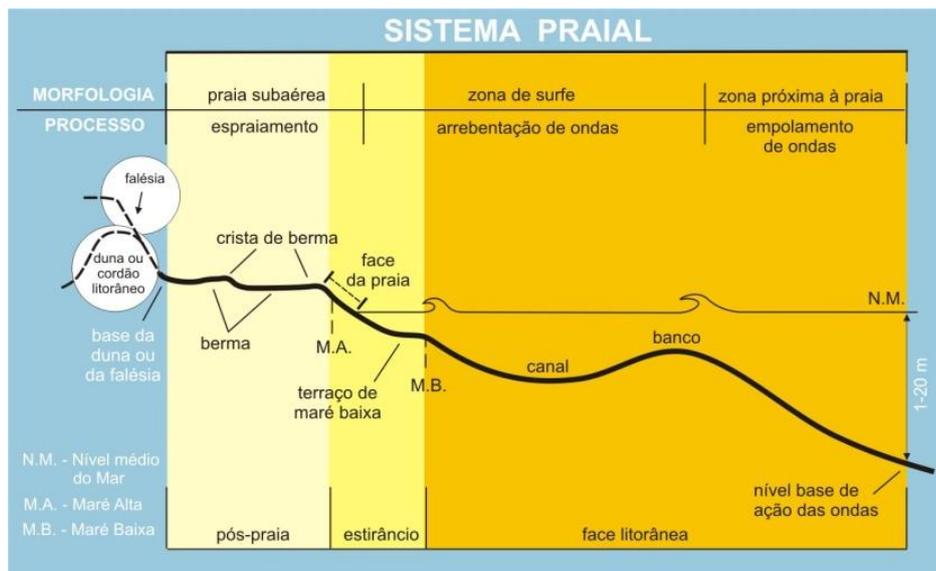


Figura 8.2.2.1-1. Sistema praial (Souza *et al.*, 2005).

Para a coleta dos parâmetros morfométricos, primeiramente eram identificadas e medidas as larguras totais da pós-praia e do estirâncio. Com o auxílio de uma corda-guia/trena, ambos eram alinhados e seccionados em três partes de mesma largura cada (Figura 8.2.2.1-2), cujos limites eram demarcados com coordenadas UTM (medidas com aparelho GPS – *Global Position System*) (Figura 8.2.2.1-3).



Figura 8.2.2.1-2. Alinhamento, segmentação (balizas) e medição da largura dos terços da pós-praia (Góes-04).



Figura 8.2.2.1-3. Leitura do posicionamento de um dos pontos (coleta) do perfil com uso de aparelho GPS (Itar-03).

Além das larguras, em cada secção foi medida a declividade da praia com o auxílio de bússola geológica do tipo Brunton (Figura 8.2.2.1-4). O horário de início de cada perfil era também anotado.



Figura 8.2.2.1-4. Leitura da declividade da praia na linha d'água (limite inferior do estirâncio) com auxílio de bússola geológica do tipo Brunton.

### 8.2.2.2. Dados oceanográficos e meteorológicos

Em cada perfil foram realizadas também medidas do clima de ondas, que incluíram a direção da ortogonal de ondas em relação ao perfil (Figura 8.2.2.2-1), o número de quebras, a altura média da maior onda e o período de ondas.

O período foi obtido por meio de dois métodos: (a) intervalo de tempo, medido em segundos, decorrido entre a 1ª quebra de onda observada no limite externo da zona de arrebentação e as 10 quebras consecutivas, sendo o resultado obtido pela média aritmética dos valores; (b) contagem de tempo (em segundos) decorrido entre 11 quebras de ondas consecutivas observadas no limite externo da zona de arrebentação, sendo o valor final correspondente à divisão por 10 (foram efetuadas 3 repetições).

Também eram anotadas, em cada perfil, as características dos ventos predominantes (direção e intensidade segundo a escala de Beaufort), as condições de mar (fase da maré e intensidade relativa de energia das ondas), e as condições meteorológicas vigentes durante o período de perfilagem.



Figura 8.2.2.2-1. Medição da ortogonal de ondas com bússola geológica.

As condições meteorológicas foram descritas como: condições normais (CN); condições frontais ou de atuação de frente fria (CF); condições de instabilidade (CI), que incluíram as situações pré e pós-frontais e variações meteorológicas de curto período como chuvas de verão. A atuação de maré meteorológica positiva, causando nível do mar anormalmente elevado ou ressaca também foi caracterizada (R).

A seguir é apresentada uma breve discussão sobre as marés meteorológicas e ressacas, visto a sua importância no desenvolvimento dos processos costeiros.

## Marés Meteorológicas e Ressacas

A porção sul da costa sul-americana do Oceano Atlântico sofre frequentemente a influência de sistemas meteorológicos de escala sinótica e de mesoescala, os quais podem produzir perturbações significativas no oceano que se refletem como variações positivas e negativas no nível médio do mar (NM) e geração de ondas de superfície (Camargo *et al.*, 2000).

As flutuações positivas (ou negativas) do nível médio do mar estão relacionadas a dois processos: variação da pressão atmosférica e tensão do vento na superfície do oceano (Camargo *et al.*, 2000). O primeiro é chamado “efeito do barômetro invertido”, conhecido por resultar em variações em torno de 1 cm a cada 1 hPa (p.e. uma queda de pressão de 10 hPa resulta numa elevação de 10 cm do NM). O segundo fenômeno é explicado pela Teoria de Ekman, que aborda as tensões do vento paralelo à superfície do mar, cuja ação em profundidades abaixo dessa superfície depende do tempo de atuação dessa tensão e da estratificação da densidade da coluna d’água que controla a transferência do momento (Pugh, 1987). A resultante do transporte de massa d’água e o conseqüente empilhamento em regiões de menor profundidade como a costa, ocorre à esquerda da direção do vento no Hemisfério Sul (Godin, 1972 *apud* Campos *et al.*, 2010). Assim, as oscilações positivas são causadas por ventos do quadrante Sul na direção da costa, enquanto as negativas são causadas por ventos do quadrante Norte na direção do oceano. De modo geral, os ventos do quadrante Sul estão associados à passagem de sistemas meteorológicos pela região (ciclones extratropicais, que ao se aproximarem da costa geram os sistemas frontais), enquanto que os ventos do quadrante Norte se referem a condições atmosféricas mais estáveis, com predomínio da circulação da Alta Subtropical do Atlântico Sul.

Em outras palavras, essas flutuações positivas (ou negativas) do nível médio do mar são conseqüência dos efeitos combinados de um centro de baixa (ou de alta) pressão sobre o oceano e um centro de alta (ou de baixa) pressão sobre o continente, configuração esta que tende a fortalecer o escoamento (transporte de Ekman) de sul (ou o de norte) e a aumentar a área oceânica sob a ação desses ventos, acumulando (ou retirando) água na linha de costa (Campos *et al.*, 2010).

Assim, os distúrbios descritos acima podem gerar:

- Marés meteorológicas positivas (*surges*): sobre-elevação do NM causada pela interação entre o oceano e eventos atmosféricos intensos (variações da pressão atmosférica e da troca de momentum entre o vento e a superfície do mar; em geral, os efeitos devidos unicamente à ação da pressão atmosférica são inferiores a 10% do efeito total observado, sendo o restante devido exclusivamente à tensão de cisalhamento do vento na superfície do oceano, gerando uma pista de vento de grande extensão); podem estar associados ou não à ocorrência de sistemas frontais, e ocorrer durante marés astronômicas tanto de sizígia (geralmente os de maior magnitude) quanto de quadratura.
- Ressacas, que acompanham algumas marés meteorológicas positivas e podem dar origem a dois tipos de eventos: onda de tempestade (*storm surge*) – elevação anômala do NM gerada por uma tempestade; *maré de tempestade (storm tide)* – elevação do NM gerada pela combinação entre a *storm surge* e uma preamar de sizígia.

Pugh (1987) definiu a maré meteorológica (*surge*) como sendo a diferença (maré residual) entre a maré observada e a maré astronômica; utilizou ainda o termo *storm surge* para se referir a um evento extremo acompanhado de tempestade, que causa maior sobre-elevação do NM. Segundo ele, uma pista de vento de geração de onda de maré meteorológica depende da intensidade do vento (aproximadamente paralelo à linha de costa), da área de atuação, da permanência e da batimetria local.

Neste sentido, analisando uma série histórica de eventos de maré meteorológica e ressacas entre os anos de 1951 e 1990 e a ressaca de junho de 2005, Campos *et al.* (2010) reconheceram que para a área de Santos, as condições são de evolução e persistência de sistemas de baixa pressão no oceano juntamente com um anticiclone agindo sobre o continente, por um período da ordem de dias, com pistas de ventos com velocidades acima de 8m/s (ou 17 nós) sobre o oceano próximo à costa. Estes autores concluíram também que para esta região os fenômenos extremos que causam elevação do NM e ressacas não tendem a ocorrer com forçantes locais próximas a Santos, mas dependem da

evolução temporal e da persistência da pista de ventos de sudoeste ao longo de toda a costa sul-sudeste brasileira.

Segundo Magini *et al.* (2007) as frentes frias associadas a estes eventos, mais eficientes para a deposição/remobilização de areias na Baía de Santos, são aquelas que entram com ventos e ondas do quadrante SE-S, podendo ser acrescidas de ondas de marés na mesma direção.

### 8.2.2.3. Coleta de amostras de sedimentos

A amostragem de sedimentos foi feita no terço inferior do estirâncio, entre 0-2,0 cm de profundidade (Figura 8.2.2.3-1), conforme sugerido no método de Souza (1997 e 2007) para a caracterização das células de deriva litorânea. Neste local da praia atua a deriva praiar, que é uma componente vetorial da deriva litorânea e apresenta o mesmo sentido desta.



Figura 8.2.2.3-1. Coleta de sedimento no terço inferior do estirâncio, a 0-2,0 cm de profundidade.

#### 8.2.2.4. Indicadores de erosão costeira

A presença de indicadores de erosão costeira (Tabela 8.2.2.4-1) foi monitorada mensalmente em cada perfil. Estes indicadores são a base para a classificação do risco à erosão costeira.

Tabela 8.2.2.4-1. Indicadores de erosão costeira em São Paulo (Souza, 1997; Souza & Suguio, 2003).

<b>I</b>	Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação pelas preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não).
<b>II</b>	Retrogradação geral da linha de costa nas últimas décadas, com franca diminuição da largura da praia, em toda a sua extensão ou mais acentuadamente em determinados locais dela, migração da linha de costa sobre o continente (praias urbanizadas ou não).
<b>III</b>	Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, sem o desenvolvimento de falésias (praias urbanizadas ou não).
<b>IV</b>	Intensa erosão de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, provocando o desenvolvimento de falésias com alturas de até dezenas de metros (praias urbanizadas ou não).
<b>V</b>	Destruição de faixas frontais de vegetação de “restinga” ou de manguezal e/ou presença de raízes e troncos em posição de vida soterrados na praia, causados pela erosão acentuada ou o soterramento da vegetação devido à retrogradação/migração da linha de costa sobre o continente.
<b>VI</b>	Exumação e erosão de depósitos paleolagunares, turfeiras, arenitos de praia, depósitos marinhos holocênicos e pleistocênicos, ou embasamento sobre o estirâncio e/ou a face litorânea atuais, devido à remoção das areias praias por erosão costeira e déficit sedimentar extremamente negativo (praias urbanizadas ou não).
<b>VII</b>	Freqüente exposição de “terraços ou falésias artificiais”, apresentando pacotes de espessura até métrica de camadas sucessivas de aterro erodido e soterrado por camadas de areias praias/eólicas, no contato entre a praia e a área urbanizada.
<b>VIII</b>	Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos ou eólicos holocênicos, a pós-praia, o estirâncio, as faces praias e litorânea, a zona de surfe/arrebentação e/ou ao largo.
<b>IX</b>	Retomada erosiva de antigas plataformas de abrasão marinha, elevadas de +2 a +6 m, formadas sobre rochas do embasamento ígneo-metamórfico pré-cambriano a mesozóico, em épocas em que o nível do mar encontrava-se acima do atual, durante o Holoceno e o final do Pleistoceno (praias urbanizadas ou não).
<b>X</b>	Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outros indicadores erosivos (praias urbanizadas ou não).
<b>XI</b>	Desenvolvimento de embaamentos formados pela presença de correntes de retorno concentradas e de zona de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em local(s) mais ou menos fixo(s) da linha de costa.

### 8.2.2.5. Indicadores de variação do balanço sedimentar das praias

Em cada perfil foram também efetuadas observações de indicadores que possam sugerir variações no balanço sedimentar das praias.

Esses indicadores são:

- a) Indicadores de retirada de areia da praia (limpeza pública e remoção mecânica de areia das praias);
- b) Indicadores de intervenções antrópicas físicas na praia (construções sobre a pós-praia e o estirâncio);
- c) Indicadores deposicionais (ex. presença de grande volume de areia na pós-praia e no interior dos canais, assoreamento);
- d) Indicadores de transporte costeiro longitudinal e transversal à linha de costa.

Os indicadores de transporte costeiro são indícios variados presentes nas praias que fornecem evidências sobre o tipo e o rumo do transporte, se longitudinal (correntes de deriva litorânea) ou transversal à linha de costa (costa-adentro e costa-afora). Podem ser de três tipos: físicos ou morfológicos, hidrológicos e biológicos. Uma característica importante sobre estes indicadores é que cada um deles representa uma escala temporal diferente: os morfológicos em geral retratam situações de longo e médio período de tempo (vários dias até semanas); os biológicos estão relacionados a escalas temporais curtas, como horas a poucos dias; e os hidrológicos, por estarem essencialmente ligados ao transporte de massa d'água (inclinação de ondas em relação à linha de costa e deriva litorânea) representam o momento das coletas.

Assim, os indicadores de transporte longitudinal monitorados foram:

- Crescimento lateral e migração de barra de desembocadura em canal de drenagem natural ou artificial;
- Migração lateral do canal de drenagem natural e artificial (fluvial, pluvial, maré, cúspide praial);

- Assimetria da largura praial em relação a uma estrutura transversal à linha de costa (ex. canais de saneamento de Santos, espigão do emissário submarino);
- Assimetria do empilhamento sedimentar no estirâncio em relação a uma estrutura transversal à linha de costa (altura da areia na mureta lateral externa de canal de drenagem artificial);
- Presença de tómbolo (indica zona de convergência de células de deriva litorânea);
- Presença de embaçamento praial acentuado (indica zona de divergência de células de deriva litorânea);
- Concentrações anômalas de detritos orgânicos (briozoários, algas, restos vegetais etc.) e inorgânicos (micas, pellets e outros resíduos plásticos, materiais diversos) na zona de deixa ou no estirâncio;
- Incidência de ondas oblíqua à linha de costa (o ângulo formado entre a onda e a praia indica o sentido de deslocamento da corrente de deriva litorânea no local);
- Assoreamento de canal de drenagem natural ou artificial por ação de transporte de sedimentos costa-adentro;
- Atuação de corrente de retorno (indica a convergência de duas células de deriva litorânea ou a zona de sotamar de uma célula na terminação da praia e fuga para o largo);
- Descalçamento ou remoção de sedimentos da base de estruturas artificiais por ação de transporte longitudinal.

Os indicadores de transporte transversal monitorados foram:

- Assoreamento de canal de drenagem natural e artificial por ação de transporte de sedimentos costa-adentro (meio aquoso e eólico);
- Empilhamento sedimentar na pós-praia e soterramento de estruturas artificiais (migração do perfil praial rumo ao continente por transporte líquido costa-adentro ou transporte por atividade eólica);

- Concentrações anômalas de detritos orgânicos (briozoários, algas, restos vegetais etc.) e inorgânicos (micas, pellets e outros resíduos plásticos, materiais diversos) na zona de deixa ou no estirâncio;
- Presença de estruturas sedimentares de origem eólica (ex. marcas onduladas geradas pelo vento);
- Presença de areia nas paredes dos canais de Santos, transportadas pelo vento;
- Atuação de corrente de retorno, que transporta os sedimentos costa-afora;
- Descalçamento ou remoção de sedimentos da base de estruturas artificiais, por ação de transporte costa-afora (principalmente durante as ressacas).

#### **8.2.2.6. Sistematização dos dados coletados**

Todos os dados coletados no campo foram inseridos em uma ficha de campo, conforme modelo apresentado na Figura 8.2.2.6-1.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO PRAIAL - PRAIAS DE SANTOS, ITARARÉ E GÓES								Lua (pico dia):
								Fase da Maré:
Data:	PERFIL:		Hora:	Intensidade:	Direção Ventos:			
Período-Celia: Período-Edu:	Ortogonal =	Nº quebras	Altura média	Meteorol. (antecedte; no dia: FF/instável, nublado/sol)		Condições de Mar		
ZONAS		PÓS-PRAIA			ESTIRÂNCIO			MAR
Limite das Sub-Zonas	P0	P1	P2	(zn. deixa) P3	P4	(amostra) P5	P6 L-A	
Referências do Perfil	Linha de costa =		Orientação =		Outros:			
SUB-ZONAS		A	B	C	D	E	F	G
Coordenadas (latit.)	/		/		/			
Coordenadas (longit.)	/		/		/			
Declividade-pontos (°)								
Largura das sub-zonas (m)								
INDICADORES <u>EROSÃO</u> COSTEIRA	( ) II ( ) III ( ) V ( ) VII ( ) VIII ( ) IX ( ) X ( ) XI ( )							
INDICADORES <u>TRANSPORTE</u> COSTEIRO (Longitudinal, Costa-afora e Costa-adentro) - Referências de FOTOS	MigrLateralCanal	MigrBarraDesemb	AssimLargPraial	AssimAltura LadoExtCanal	IncOblíqOndas	Deriva Litorânea		
	Empilh.PósPraia / Empilh.Estirâncio	Assoreamento	CanalCúspPraial	Tômb/ConvergCél.	CorrenteRetorno	DescalçamentoEstru		
Observações								
FOTOS E DESENHOS								

Figura 8.2.2.6-1. Modelo de ficha utilizada no campo.

### 8.2.3. Análises de Laboratório

As amostras de sedimentos foram analisadas quanto à granulometria no Laboratório de Análises Sedimentológicas do Instituto Geológico-SMA/SP.

O método principal de análise é a do peneiramento (Suguio, 1973), com eliminação prévia do calcário biodetrítico por ataque químico com ácido clorídrico a frio (Souza, 1997), a partir de uma alíquota de 50g (peso úmido inicial).

Amostras com presença de siltes na fração residual após o peneiramento são processadas também através do método de pipetagem (Suguio, 1973).

Diversas amostras coletadas continham resíduos plásticos, entre eles *pellets* de polipropileno, polietileno e estireno, que podem ser integrados à amostra analisada. Testes de laboratório demonstraram que esses resíduos são, em geral, eliminados após o ataque ácido.

A Figura 8.2.3-1 apresenta um exemplo de ficha de análise granulométrica utilizada no laboratório.

IN ST. GE OL.	Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento	LAB. SED.
---------------	---	-----------

Projeto	Monitoramento Praia - Sp	Após a Separação	
Amostra	Itar - 01/2°	Partículas 4,000 - 0,062	38,00
Peso inic. Seco	40,93	Partículas menores 0,062	0,01
Peso total inicial	38,10	Peso Total Final	38,01
% Carbonato	6,91	Fator de Correção Pi/Pf	1,00
Outros			

#### PIPE TAGE M

Granulometria	Tempo	P. Total	P. Frasco	Pt - Pfr	P. Suspens.	Ps x 50
0,062 - 0,031	58"			0	0	0
0,031 - 0,016	3m 52"			0	0	0
0,016 - 0,008	7m 44"			0	0	0
0,008 - 0,004	31m			0	0	0
0,004	2h 3'			0	0	0

#### CÁLCULO DE DADOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA

Granulometria	Pesos	P. Corrigido	Porcentagem	% Acumulada	Classificação
4,000 - 2,830		0,00	0,00	0,00	grânulos
2,830 - 2,000	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,000 - 1,410	0,01	0,01	0,03	0,03	areia muito grossa
1,410 - 1,000	0,03	0,03	0,08	0,11	areia muito grossa
1,000 - 0,707	0,03	0,03	0,08	0,18	areia grossa
0,707 - 0,500	0,13	0,13	0,34	0,53	areia grossa
0,500 - 0,354	0,22	0,22	0,58	1,10	areia média
0,354 - 0,250	0,29	0,29	0,76	1,87	areia média
0,250 - 0,177	0,4	0,40	1,05	2,92	areia fina
0,177 - 0,125	5,69	5,70	14,97	17,89	areia fina
0,125 - 0,088	29,05	29,12	76,43	94,32	areia muito fina
0,088 - 0,062	2,15	2,16	5,66	99,97	areia muito fina
0,062					
0,062 - 0,031	0,01	0,01	0,03	100,00	silte/argila
0,031 - 0,016		0,00	0,00	100,00	silte/argila
0,016 - 0,008		0,00	0,00	100,00	silte/argila
0,008 - 0,004		0,00	0,00	100,00	silte/argila
0,004		0,00	0,00	100,00	silte/argila

Figura 8.2.3-1. Exemplo de ficha de análise granulométrica utilizada no Laboratório de Sedimentologia do Instituto Geológico.

## 8.2.4. Tratamento e Análise dos Dados

### 8.2.4.1. Caracterização da morfologia praial

Os dados morfométricos coletados em cada perfil são aqui apresentados em gráficos de variabilidade espaço-temporal e têmporo-espacial de cada segmento praial. O gráfico com ênfase na variação espacial ressalta a morfologia da praia em planta, permitindo visualizar anomalias morfológicas ao longo da praia (como tómbolos e embaiamentos) e a variabilidade ou não da praia ao longo do tempo (curvas sintônicas ou assintóticas). O gráfico com ênfase na variação temporal, por sua vez, detalha a variação individual de cada perfil no tempo, também permitindo a identificação de anomalias em determinado tempo.

A morfologia praial e sua variabilidade ao longo da praia e no tempo são importantes instrumentos para determinar a dinâmica sedimentar dessa praia e a sua morfodinâmica, bem como seu balanço sedimentar. Mudanças bruscas nos padrões morfológicos podem estar associadas a intervenções antrópicas de curto e médio período, ou a eventos oceanográficos extremos.

### 8.2.4.2. Parâmetros estatísticos texturais dos sedimentos

Os resultados das análises granulométricas foram inseridos no *software* ANASED de análise sedimentológica (Instituto Geológico), através do qual são calculados os parâmetros estatísticos texturais ou granulométricos de Folk & Ward (1957), tradicionalmente utilizados na bibliografia geológica. Estes parâmetros são: diâmetro médio, desvio padrão, curtose e assimetria.

Os parâmetros texturais são utilizados para a descrição das características granulométricas dos sedimentos e dão indicações sobre os processos sedimentares atuantes, as fontes de sedimentos e as variações de energia no meio (Folk & Ward, 1957; Tanner, 1995).

O diâmetro médio reflete a média geral do tamanho dos sedimentos, sendo afetada pela fonte de suprimento do material, pelos processos de deposição e pela velocidade das correntes.

O desvio padrão representa o grau de seleção desse sedimento, que em geral aumenta em função do transporte do sedimento e do grau de retrabalhamento das partículas, devido ao decréscimo da granulometria para jusante da corrente. Assim, a seleção pode se processar pela ação de três tipos de mecanismos diferentes: seleção local (durante a deposição); seleção progressiva (durante o transporte); ou ambas ao mesmo tempo.

A assimetria ou grau de assimetria de um sedimento é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana, ou seja, a posição da cauda da curva de distribuição de frequência modal. Se a assimetria for positiva a distribuição da moda do sedimento se achará desviada para o lado dos valores maiores ou para as partículas mais finas. Ao contrário, se as assimetrias forem negativas, a dispersão será para os valores menores ou partículas mais grossos.

A curtose retrata o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência modal. A maior parte das medidas de curtose comporta a razão entre as dispersões (espalhamento) na parte central das curvas de distribuição. Distribuições muito platicúrticas indicam sedimentos bimodais, com duas modas iguais e amplamente separadas. Distribuições extremamente leptocúrticas indicam curvas excessivamente agudas, o que indica um sedimento unimodal e relativamente bem selecionado na parte central da distribuição. A curtose também pode ser utilizada como indicador do nível relativo de energia das ondas (Tanner, 1995; Souza, 1997).

Além das descrições dos parâmetros estatísticos de cada sedimento, são efetuadas também representações gráficas mostrando as variações espaço-temporais ou têmporo-espaciais desses parâmetros, ao longo da praia e do tempo. Isto permite a visualização da variabilidade sedimentar da praia que, juntamente com a variabilidade morfológica, integram sua dinâmica sedimentar e morfodinâmica.

Variações texturais bruscas podem indicar mudanças nos padrões de sedimentação local e regional, causadas por intervenções antrópicas ou eventos oceanográficos extremos.

### 8.2.4.3. Caracterização da circulação de células de deriva litorânea

A incidência de ondas na linha de costa gera um sistema de circulação ou correntes costeiras, que pode ser dividido em quatro tipos: transporte de massa de água costa-adentro (*onshore transport*), correntes de deriva litorânea (*longshore currents*), fluxos de retorno costa-afora que incluem as correntes de retorno (*rip currents*) e o transporte de massa de água costa-afora (*offshore transport*), e o movimento ao longo da costa das cabeças das correntes de retorno (CERC, 1977). As marés interagem permanentemente com esses transportes.

O ângulo de incidência das ondas na praia determinará o tipo de circulação costeira. A componente paralela à praia, denominada de corrente de deriva litorânea ou longitudinal, é a mais importante corrente costeira. Ela é o principal agente de movimentação, retrabalhamento e à distribuição dos sedimentos ao longo da costa.

A deriva litorânea é produto de duas componentes vetoriais, a deriva costeira, que atua na zona de surfe e tem sentido paralelo à praia, e a deriva praial, que atua no estirâncio e face da praia definindo um padrão de transporte em forma de dente-de-serra, mas com resultante no mesmo sentido da deriva costeira (Taggart & Schwartz, 1988; Komar, 1991).

A deriva litorânea resultante tem o sentido no qual a maioria dos sedimentos se move durante um longo período de tempo, a despeito da ocorrência de qualquer sentido oposto, menor ou sazonal de movimento. Cada setor de costa com um determinado sentido de deriva litorânea resultante forma uma “célula de circulação costeira” (Noda, 1971; Jacobsen & Schwartz, 1981; Taggart & Schwartz, 1988). Cada célula consiste de três zonas: (a) zona de erosão, onde se origina a corrente (barlamar) e há maior energia de ondas; (b) zona de transporte, através da qual os sedimentos são transferidos ao longo da costa; e (c) zona de deposição ou acumulação, onde a corrente termina (sotamar), havendo diminuição da energia das ondas.

Quando duas células estão presentes, lado a lado, duas situações podem ocorrer: (i) convergência de correntes (zona de sotamar de duas células),

podendo ocorrer intensa acumulação; (ii) divergência de correntes (zona de barlamar de duas células), onde o processo erosivo será acentuado. Uma célula de circulação costeira pode começar e terminar ao longo de um pequeno trecho, de poucas dezenas de metros, ou pode se prolongar por quilômetros de distância (Taggart & Schwartz, 1988).

Quando duas células de deriva litorânea se encontram ou a terminação da célula se dá na extremidade da praia, há a geração de outra corrente, transversal à linha de costa e denominada 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.

Neste estudo a caracterização do transporte longitudinal de sedimentos ou das células de deriva litorânea nas praias de estudo foi feita com base no método morfotextural de Souza (1997 e 2007). O método utiliza 3 parâmetros texturais dos sedimentos do estirâncio inferior (diâmetro médio, desvio padrão e curtose) e 2 dados morfométricos da praia (declividade da praia no baixo estirâncio/local da amostragem e largura total da praia). Os parâmetros de cada perfil praiial são sistematicamente comparados com os seus vizinhos através de uma “Matriz de Comparação”, segundo uma base conceitual tal que, da zona de barlamar para a zona de sotamar de uma célula ocorram as seguintes modificações na praia: os sedimentos tornam-se mais finos (diâmetro médio aumenta), o grau de seleção melhora (desvio padrão diminui), a energia diminui (curtose aumenta), a declividade da praia diminui e a largura da praia aumenta (Figura 8.2.4.3-1).

### Células de Deriva Litorânea/Praial e Método de Souza

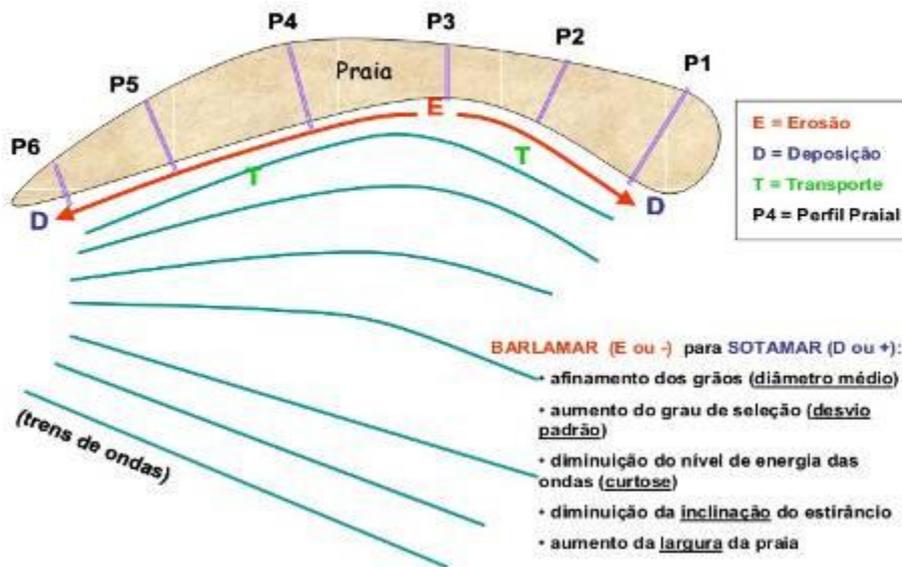


Figura 8.2.4.3-1. Variações das características morfotexturais da praia em função da atuação de uma célula de deriva litorânea, de E para D (Souza, 2007).

A caracterização das variações da circulação costeira ao longo do tempo e o conhecimento das condições de contorno que as definiram permitem definir certos padrões de comportamento perante às mesmas condições e, assim, estabelecer modelos de previsão. Da mesma forma, servem para dimensionar possíveis influências externas.

Os resultados obtidos para cada perfilagem foram especializados em base digital (imagem de satélite).

A deriva litorânea resultante corresponde à somatória das células obtidas em cada arco ou segmento praial.

É importante ressaltar que existe uma defasagem espaço-temporal entre os resultados das células de deriva litorânea e os dados obtidos por meio do uso de indicadores morfológicos de transporte costeiro longitudinal observados no campo, sendo que comparações diretas devem ser feitas com cautela.

#### 8.2.4.4. Análise dos indicadores de erosão costeira e classificação do grau de risco à erosão

Os indicadores de erosão costeira (Tabela 8.2.4.4-1) foram analisados de acordo com sua distribuição temporal em cada perfil e espacial em cada praia.

A classificação do grau de risco à erosão costeira, conforme proposta de Souza & Suguio (2003) foi readequada, pois aqui se pretende estabelecer uma classificação não somente para cada praia, mas para cada perfil monitorado.

A nova proposta segue os critérios e o roteiro de análise descritos a seguir.

- Classificação do grau de risco em cada perfil

A classificação do grau de risco do perfil é função do número de indicadores de erosão observados em cada campanha, de acordo com a distribuição apresentada na Tabela 8.2.4.4-1.

Tabela 8.2.4.4-1. Classificação de risco à erosão costeira para os perfis de monitoramento praias.

NÚMERO DE INDICADORES DE EROSIÃO COSTEIRA	CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DO PERFIL PRAIAL
0 a 1	MUITO BAIXO (MB)
2 a 3	BAIXO (B)
4 a 5	MÉDIO (M)
6 a 8	ALTO (A)
9 a 11	MUITO ALTO (MA)

- Classificação do grau de risco total da praia

Para a classificação do grau de risco total de cada segmento praias são adotados alguns procedimentos, como se segue.

- a) Cada perfil recebe uma “nota”, que é função da classificação de risco obtida, conforme o quadro acima. As notas para cada classe de risco são: MB = 1; B = 2; M = 3; A = 4; e MA = 5.

O risco individual de cada perfil impõe um grau diferente de ameaça ao restante da praia, de forma que quanto maior o grau de risco de um perfil, maior

será a vulnerabilidade de seus vizinhos e, conseqüentemente, dos demais perfis, pois no futuro a praia toda tenderá a aumentar sua erosão e portanto piorar seu estado ou grau de risco. Isto tudo ocorre porque a erosão implica em balanço sedimentar negativo e a praia, numa tentativa de recuperar seu equilíbrio, tenderá a reorganizar seus estoques de sedimentos ao longo do arco praiial, tendo como conseqüência a paulatina migração lateral da erosão.

Com base nessa conceituação optou-se pela adoção de pesos relativos para cada grau de risco, com a seguinte distribuição: os graus MB e B recebem peso 1, o grau M recebe peso 2, e os graus A e MA recebem peso 3.

- b) Então, aplicando os pesos às respectivas notas iniciais de cada grau de risco, as novas notas ponderadas são:

$$\text{MB} = 1,0; \quad \text{B} = 2,0; \quad \text{M} = 6,0; \quad \text{A} = 12,0; \quad \text{MA} = 15,0$$

- c) O passo seguinte é calcular a média aritmética das notas ponderadas para a praia toda (somatória e divisão pelo número de perfis analisados).
- d) Como as notas médias ponderadas mínimas são 1 e as máximas são 15, então a nova classificação de risco à erosão para os segmentos praias passa a ser a apresentada na tabela abaixo (Tabela 8.2.4.4-2).

Tabela 8.2.4.4-2. Classificação de risco total à erosão costeira para os segmentos praiais.

<i>NOTA MÉDIA PONDERADA DA PRAIA</i>	<i>CLASSIFICAÇÃO DE RISCO TOTAL DA PRAIA</i>
1	MUITO BAIXO
1,1-3,0	BAIXO
3,1-6,0	MÉDIO
6,1-12,0	ALTO
12,1-15,0	MUITO ALTO

#### 8.2.4.5. Balanço sedimentar das praias

O balanço sedimentar dos segmentos praiais representa a variação volumétrica de areia em cada perfil ao longo do tempo.

Para os cálculos do balanço sedimentar das praias foram utilizados os dados de altimetria obtidos para os perfis praiais realizados em fevereiro de 2010

(janeiro não foi considerado porque nesse mês não foram executados todos os 33 perfis) e dezembro de 2011. Ambas as campanhas foram realizadas em condições de tempo bom (CN). A campanha de fevereiro de 2010 foi precedida de uma ressaca de fraca intensidade.

Foram gerados mapas altimétricos com o auxílio do programa computacional *Golden Software Surfer®*, utilizando-se o método de interpolação de Triangulação por meio de interpolação linear.

Ainda com auxílio desse programa foram calculados os volumes dos envelopes praias para os dois anos, tendo como entrada os dados de volume interpolados, e seguindo a metodologia proposta por Hanslow (2007) e Taaouati *et al.* (2011). O programa fornece três diferentes metodologias de cálculo de volume, que apresentam pequenas diferenças entre si. Os resultados apresentados representam a média aritmética dos três.

O balanço sedimentar foi obtido pela diferença entre os dois volumes.

#### **8.2.4.6. Análises estatísticas multivariadas**

Para as análises de séries de dados e sua variabilidade ao longo do tempo, foram efetuados alguns tratamentos estatísticos simples.

#### **8.2.4.7. Banco de dados**

O desenvolvimento de um banco de dados alfanumérico e espacial, permanentemente atualizado, se destina a armazenar os dados e resultados obtidos. Ele permite a visualização das variabilidades espaço-temporais das praias e análises dirigidas aos eventuais impactos das obras em curso.

#### **8.2.4.8. Proposição de medidas mitigadoras ou compensatórias**

Ao final do monitoramento, os resultados deverão ser integrados e interpretados, para o estabelecimento de um modelo de evolução das praias estudadas, cálculos do seu balanço sedimentar (variação volumétrica no tempo),

grau de risco à erosão, e identificação e avaliação de possíveis impactos causados pelas obras. Se forem caracterizados os impactos e, em função dos resultados obtidos, serão propostas medidas mitigadoras e/ou compensatórias.

### **8.3. Resultados e Discussão**

Os resultados apresentados neste relatório estão organizados em função dos três segmentos praias estudados: Praia do Góes, Emissário-Ponta da Praia, Itararé-Emissário (vide Figura 8.2.1-1).

As análises de variabilidade temporal e espacial são apresentadas de acordo com os estudos efetuados nessas praias:

- a) Síntese de eventos oceanográficos de alta energia (ressacas e marés meteorológicas positivas);
- b) Dados meteorológicos-oceanográficos coletados nas campanhas;
- c) Morfometria praial;
- d) Granulometria dos sedimentos do estirâncio;
- e) Células de deriva litorânea;
- f) Indicadores de transporte costeiro;
- g) Erosão costeira;
- h) Balanço sedimentar da praia.

#### **8.3.1. Síntese de Eventos Meteorológicos-Oceanográficos de Alta Energia Ocorridos em 2010 e 2011**

Os eventos de alta energia de ondas estão associados à atuação de ciclones extratropicais que geraram sistemas frontais, os quais chegaram ou não à Baía de Santos, e que tiveram como consequência marés meteorológicas positivas e/ou ressacas com diferentes intensidades, magnitudes, frequências e durações.

A Tabela 8.3.1-1 apresenta a distribuição de todos os eventos de alta energia de ondas ocorridos nos anos de 2010 e 2011, bem como as datas das campanhas de monitoramento para comparação (algumas coincidentes entre si).

Nesta tabela constam as associações entre três tipos de dados:

- Dados fornecidos pelo Programa de Modelagem Operacional da Pluma de Sedimentos (PBA-07), filtrados e reinterpretados em função de verificações de campo, considerando a conjugação das seguintes condições específicas: frontogênese + ondas com altura máxima igual ou superior a 2,0 m e direções SSW-S-SSE + ventos com velocidade igual ou superior a 20 nós ou 10,3 m/s (como dito anteriormente, de acordo com Campos *et al.*, 2010, na região de Santos, durante as ressacas ocorrem pistas de ventos com velocidades acima de 8m/s, ou 17 nós, agindo durante dias sobre o oceano próximo à costa);
- Dados compilados no Relatório Final do projeto “*Análise Histórica da Ocorrência de Eventos de Ressacas e Maré Meteorológicas para os Municípios do Estuário Santista, para o período de 1961 a 2011*” (Fundespa, 2012), que se baseou em notícias de eventos veiculados na mídia local e regional;
- Datas do monitoramento do perfil praial.

Em termos de intensidade destes eventos, numa classificação informal, pode-se dizer que ocorreram basicamente três tipos: eventos de forte a muito forte intensidade - aqueles veiculados na mídia (que coincidiram ou não com dias de monitoramento); eventos de moderada intensidade - aqueles verificados em campo, mas não noticiados pela mídia; eventos de fraca intensidade - os “eventos interpretados”, que podem ter representado ressacas fracas ou apenas marés meteorológicas positivas que envolveram alguma agitação marítima. É importante lembrar que estes últimos também agem sobre as praias e modificam suas características morfodinâmicas, sendo, portanto, importantes para explicar possíveis anomalias de baixa escala.

Tabela 8.3.1-1. Eventos de alta energia de ondas (frentes frias com marés meteorológicas positivas e/ou ressacas) em 2010 e 2011 (dados de ondas são do PBA-07).

	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
2010	7 e 8				4 a 6		3 a 6	1				
		17-20 (Hs 2,0m/S; Hm 2,4m/S)	1 (Hs1,6m/SSW; Hm 3,1m/SSW)	5 a 11 (Hs 4,3m/SE; Hm 5,1m/SSW)	09-11 (Hs 2,2m/S; Hm 3,1m/SSW)	1-2 (Hs 3,0m/SSW; Hm 4,0m/SSW)	13-20 (Hs 3,0m/SE; Hm 4,5m/ESE)	2 a 6 (Hs 2,9m/SSE; Hm 4,1m/SSE)	5-11 (Hs 2,2m/S; Hm 3,5m/S)	10-12 (Hs 2,7m/SSE; Hm 3,4m/S)	11 a 13 (Hs 2,5m/SSW; Hm 3,6m/SSW)	7-8 (Hs 2,1m/S; Hm 2,8m/S)
		20 a 23							12 a 15	13 a 16	14	13 e 14
		25-28 (Hs 2,5/SSW; Hm 3,9/S)	04-05 (Hs 1,7m/SSW; Hm 2,4m/SSW)	24-25 (Hs 2,2m/SSE; Hm 2,8m/SSW)	14 (Hs 2,0m/SSE; Hm 2,5m/SSE)	5-6 (Hs 2,1m/SSW; Hm 2,8m/SSW)	27-28 (Hs 1,5m/SSE; Hm 2,2m/SE)	11-18 (Hs 2,8m/S; Hm 3,5m/S)	18-21 (Hs 1,6m/S; Hm 3,1m/S)	18-21 (Hs 2,2m/SSE; Hm 2,7m/SSE)		13 a 17 (Hs 2,6m/SSW; Hm 3,8m/SSW)
			6 a 10									
			16-19 (Hs 2,0m/SSW; Hm 2,7m/SSW)		21 (Hs 1,4m/SSE; Hm 2,2m/SSE)	9-10 (Hs 1,8m/SSW; Hm 2,2m/SSW)						
					25-28 (Hs 2,4m/SE; Hm 2,8m/SE)	12 (Hs 2,3m/S; Hm 3,2m/S)						
						21 a 23 (Hs 1,9m/SSW; Hm 2,8m/SSW)	31					
2011	11 (Hs 0,9m/E; Hm 2,1m/E)	14-16 (Hs 1,1m/SSW; Hm 2,4m/SSW)	1-3 (Hs1,9m/SSE; Hm 2,9m/SSE)	10 a 13	2-3 (Hs 1,8m/S; Hm 3,4m/S)	1 (Hs 1,8m/SSE; Hm 2,2m/SSE)	3-7 (Hs 2,5m/SSW; Hm 3,6m/SSW)	2 (Hs 1,4m/SSW; Hm 2,1m/SSW)	1-9 (Hs 2,2m/SSE; Hm 3,1m/SSE)			
			10 a 13		7-11 (Hs 2,7m/S; Hm 3,1m/S)	4-12 (Hs 2,9m/SSW; Hm 3,8m/S)		4-6 (Hs 1,7/SSW; Hm 2,3m/SSW)				
			14-16 (Hs 2,2m/S; Hm 3,0m/SSE)		15-18 (Hs 2,1m/SSE; Hm 2,7m/S)	15-16 (Hs 1,6m/SSW; Hm 2,2m/S)		10-12 (Hs 2,7/SE; Hm 3,5m/SE)	12-20 (Hs 1,8m/SSW; Hm 3,0m/SSW)			
	24 a 27	22 a 25						15-17 (Hs 1,5m/SSW; Hm 2,4m/S)		17 a 20	19 a 22	17 a 20
			19-22 (Hs 2,1m/S; Hm 3,4m/S)		21 a 24	22 a 25	22 a 25	20 a 28 (Hs 3,1m/S; Hm 3,9m/S)	24-27 (Hs 2,1m/S; Hm 3,0m/S)			
		29-31 (1,8/SSE; 2,6/S)		28-31 (Hs 3,6m/S; Hm 4,8m/S)	27-29 (Hs 2,0m/SSW; Hm 3,7m/SSW)		31 (1,4/S; 2,9/SSW)					

Campo sem Ressaca
Dados interpretados do PBA-07: INTENSIDADE FRACA
Campo com Ressaca + Dados interpretados do PBA-07: INTENSIDADE MÉDIA
Dados interpretados do PBA-07 + Análise Histórica: INTENSIDADE FORTE/MUITO FORTE
Campo com Ressaca + Dados interpretados do PBA-7 + Análise Histórica: INTENSIDADE FORTE/MUITO FORTE
(Hs 2,0m/SSW; Hm 2,4m SSW): Altura significativa/Direção de onda; Altura máxima/Direção de onda

## 2010

Em 2010, ocorreram 27 eventos de alta energia de ondas, dentre os quais, 12 foram noticiados pela mídia, 5 eventos coincidiram com os trabalhos de perfilagem praial (4 deste foram noticiados e 1 não) e 14 foram “eventos interpretados”.

Os eventos relatados pela mídia se distribuíram nas seguintes datas: abril (05-11), maio (09-11), julho (13-20 e 27-28), agosto (02-06 e 11-18), setembro (05-11 e 18-21), outubro (10-12 e 18-21), novembro (11-13) e dezembro (13-17). As alturas máximas de ondas (Hm) variaram entre 2,2 e 5,1 m; as alturas significativas (Hs) variaram de 1,5 a 4,3 m; as direções dessas ondas foram de SSW, S e SSE (dados do PBA-07).

Durante a perfilagem praial foram constatados os seguintes eventos: 05-11 de abril, 21-23 de junho, 02-06 de agosto, 11-13 de novembro e 13-17 de dezembro. As alturas máximas de ondas variaram entre 2,8 e 5,1 m; as alturas significativas variaram de 1,9 a 4,3 m; as direções foram de SSW, S e SSE (dados do PBA-07).

Os “eventos interpretados” ocorreram nos meses de fevereiro (17-20 e 25-28), março (01, 4-5 e 16-19), abril (24-25), maio (14, 21 e 25-28), junho (1-2, 5-6, 9-10 e 12) e dezembro (7-8). As Hm de ondas variaram entre 2,0 e 5,1 m; as Hs variaram de 1,7 a 4,3 m; as direções foram de SSW, S e SSE (dados do PBA-07).

Em relação às campanhas de monitoramento e à ocorrência de eventos de alta energia de ondas, é importante destacar que:

- Durante a 1ª perfilagem praial (janeiro de 2010) foi constatada a ocorrência de maré meteorológica positiva, mesmo em condição de tempo bom (segundo relatórios climatológicos consultados nos sítios do CPTEC/INPE e do IAG-USP, houve atuação de ciclones e frentes frias que começaram a influenciar a região Sudeste no dia 07 de janeiro);
- Nos meses de fevereiro, março, junho, agosto, setembro e outubro ocorreram de 1 até 4 eventos de alta energia de ondas antecedentes (em até 7 dias) aos dias de monitoramento;

- Apenas nos meses de maio, julho e novembro não ocorreram eventos de alta energia antecedentes aos dias de monitoramento.

## 2011

Neste ano foram levantados 24 eventos de alta energia de ondas. Deste total, 5 foram noticiados pela mídia, 1 coincidiu com dias de monitoramento e 19 foram “eventos interpretados”. Para os meses entre janeiro e setembro foram utilizados os dados climatológicos do PBA-07, para os meses de outubro a dezembro foram consultados os dados no sítio do CPTEC/INPE.

Os eventos veiculados pela mídia ocorreram durante os meses de março (14-16), maio (2-3 e 28-31), junho (4-12) e agosto (20-28). As Hm de ondas variaram entre 2,0 e 4,8 m; as Hs variaram de 0,9 a 3,6 m; as direções também foram de SSW, S e SSE (dados do PBA-07).

Durante as atividades de campo houve coincidência com apenas 1 evento, ocorrido no mês de agosto (dias 20-23). As Hm de ondas atingiram 3,9 m e as Hs 3,1 m; as direções foram de SSW, S e SSE (dados do PBA-07).

Os “eventos interpretados” ocorreram em: janeiro (dia 11), fevereiro (14-16), março (01-03, 19-22 e 29-31), maio (7-11) e 15-18), junho (01, 15-16 e 27-29), julho (3-7), agosto (02, 4-6, 10-12, 15-17 e 31) e setembro (1-9, 12-20 e 24-27). As principais direções de propagação de ondas foram SSW, S e SSE.

Em relação às campanhas de monitoramento e à ocorrência de eventos de alta energia de ondas, é importante destacar que:

- As campanhas de janeiro, fevereiro, abril, junho e julho não foram precedidas de eventos na semana antecedente ao campo;
- As perfilagens de março e maio coincidiram com eventos veiculados na mídia;
- A campanha de agosto foi realizada em condição de ressaca (CF/R), também veiculada na mídia.

- Em outubro, no dia 18, houve a passagem de uma onda frontal próxima ao litoral de São Paulo, a qual não influenciou o tempo (ensolarado) durante a perfilagem praial (17-20);
- Em novembro, uma frente fria de fraca intensidade chegou a Santos nos dias 15 e 16, na semana antecedente à perfilagem (19-22);
- Já em dezembro, uma onda de calor atingiu o litoral de São Paulo, principalmente durante a perfilagem praial (17-20).

Portanto, comparando os dois anos de monitoramento, o de 2010 apresentou maior número de ressacas de forte/muito forte intensidade, sendo 12 eventos em comparação com 2011 que apresentou 4 eventos; as ressacas de média intensidade foram em igual número (1 em cada ano); e os eventos de fraca intensidade, por sua vez, foram mais numerosos em 2011, com 19 eventos em 2011 e 14 em 2010.

Além disso, a distribuição dos eventos também foi anômala em 2010, se estendendo desde fevereiro até dezembro. Em 2011, restringiu-se à temporada de ressacas, que vai de abril até setembro.

Esses resultados refletem muito bem a estatística obtida entre todos os dados diários coletados pelo PBA-07 nos anos de 2010 e 2011, a saber:

- No período de fevereiro a dezembro de 2010 - 49,5 % das ondas apresentaram  $H_s \leq 1,0$  m, 33,5% apresentaram  $H_s$  entre 1,0 e 2,0 m, e 17% tiveram  $H_s \geq 2,0$  m;
- No período de janeiro a setembro de 2011 - 57% das ondas apresentaram  $H_s \leq 1,0$  m, 33,5 % tiveram  $H_s$  entre 1,0 e 2,0 m, e 11% das ondas tiveram  $H_s \geq 2,0$  m.

### **8.3.2. Praia do Góes**

#### **8.3.2.1. Condições meteorológico-oceanográficas**

A síntese das condições meteorológico-oceanográficas medidas no campo é apresentada na Tabela 8.3.2.1-1.

#### 2010

As perfilagens praias foram realizadas sob as seguintes condições meteorológicas:

- CN (condições normais) em: janeiro (com maré meteorológica), fevereiro, março, maio, julho, setembro, outubro e dezembro, totalizando 38 perfis amostrados;
- CF-R (condições frontais com ressaca) em abril (fase terminal do evento), totalizando 5 perfis amostrados;
- CI (condições de instabilidade) em: junho, agosto e novembro, totalizando 15 perfis amostrados.

Tabela 8.3.2.1-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos coletados nos dias de monitoramento praial na Praia do Góes.

Data	PRAIA DO GÓES - Condições Meteo-Oceanográficas Perfilagem Praial (PBA-08)				Condições Meteo-Oceanográficas segundo o PBA-07				
	Condição Meteorológica (CN= Condições Normais; CI= Condições Instáveis; CF= Condições Frontais; R= Ressaca)	Altura Máxima da Onda na Arrebentação (m)	Direção de Propagação da Onda na Linha de Costa	Período da Onda (seg)	Condição Meteorológica (CN= Condições Normais; CF= Condições Frontais)	Altura Máxima de Onda - Hmax (m)	Direção de Propagação da Onda (Hmáx)	Altura Significativa de Onda - Hs (m)	Direção de Propagação da Onda (Hs)
08/01/2010	CN (maré meteorológica)	0,1 a 0,3	27° - 36° NE	11,0 a 18,0	x	x	x	x	x
20/02/2010	CN	0,1 a 0,3	15° NW a 15° NE	3,0 a 9,0	CN	2.7	S	1.6	SSE
07/03/2010	CN	0,1 a 0,2	44° NW a 45° NE	3,0 a 5,5	CN	1.7	SE	1.2	SE
08/04/2010	CF/R (fase terminal)	1,0 a 2,0	30° NW a 13° NE	10,2 a 11,4	CF	5.1	SSE	3.6	SSE
06/05/2010	CN	0,1 a 0,2	05° NW a 13° NE	2,6 a 6,2	CN	1.1	SSW	0.8	SSW
21/06/2010	CI	0,1 a 0,2	10° - 44° NE	6,5 a 8,4	CF	2.4	S	1.6	S
06/07/2010	CN	0,1 a 0,3	20° NW a 40° NE	2,0 a 5,5	CN	1.1	E	0.6	E
01/08/2010	CI	0,05 a 0,2	46° NW a 35° NE	3,2 a 4,2	CF	1.7	E	0.8	E
14/09/2010	CN	0,1 a 0,3	05° - 28° NE	3,0 a 4,6	CF	2.7	E	1.3	E
14/10/2010	CN	0,1 a 0,3	02° - 75° NE	3,5 a 6,5	CN	2.8	SE	2	SE
14/11/2010	CI	0,15 a 0,3	08° - 30° NE	6,1 a 8,3	CN	2.8	SSW	1.6	SSW
12/12/2010	CN	0,1 a 0,3	05° - 35° NE	4,6 a 5,9	CN	2.2	SSW	1	ESE
25/01/2011	CN	0,1 a 0,3	03° - 25° NE	2,7 a 5,7	CN	1.8	ESE	1	E
23/02/2011	CN	0,2 a 0,4	30° NW a 43° NE	7,8 a 8,5	CN	1.2	SSW	0.8	SSW
13/03/2011	CN	0,05 a 0,4	15° NW	5,2 a 6,4	CN	2.3	ESE	1.8	ESE
13/04/2011	CN	0,1 a 0,15	05° NW a 45° NE	4,8 a 10,2	CN	1.2	SSW	0.8	S
22/05/2011	CN	0,1 a 0,3	25° NW a 17° NE	4,6 a 6,0	CN	2.2	SSE	1.3	SSE
22/06/2011	CN	0,1 a 0,2	28° NW a 20° NE	5,8 a 10,4	CF	1.4	SSE	1.1	SSE
25/07/2011	CN	0.1	20° NW a 25° NE	4,2 a 5,4	CN	2.3	E	1.3	ESE
23/08/2011	CF/R	0,8 a 1,5	25° NW a 05° NE	8,7 a 9,3	CF	3.6	S	2.7	S
20/10/2011	CN	0,2 a 0,3	25° NW a 20° NE	5,3 a 6,1	x	x	x	x	x
22/11/2011	CN	00,5 a 0,1	22° NW a 10° NE	4,0 a 5,7	x	x	x	x	x
20/12/2011	CN	0	x	x	x	x	x	x	x

Em relação às condições oceanográficas, os monitoramentos também foram realizados em diferentes situações de entrada de ondulações no interior da Baía de Santos. Estas ondulações apresentaram as seguintes direções de propagação, em ordem de maior frequência: E, SE, SSE, S e SSW (Dados fornecidos pela equipe do PBA-07). Após sofrerem interferências com o fundo da baía (refrações) e com as irregularidades da linha de costa (difrações/reflexões), chegaram à praia apresentando orientações que variaram entre 47° NW e 75° NE (dados de campo).

Nos dias de monitoramento as entradas de ondas foram diversas. As distribuições em relação à direção de propagação e alturas significativas foram: em fevereiro - SSE, 1,6 m; em março - SE e 1,2 m; em abril - SSE e 3,6 m; em maio - SSW e 0,8 m; em junho - S e 1,6 m; em julho - E e 0,6 m; em agosto - E e 0,8 m; em setembro - E e 1,3 m; em outubro - SE e 2,0 m; em novembro - SSW e 1,6 m; e em dezembro - ESE e 1,0 m.

Em condições de CN e CI a altura das ondas variou entre 0,1 e 0,3 m; e em CF/R variou de 1,0 a 1,2 m.

Durante 2010 a altura máxima das ondas variou de 0,05 até 1,2 m, sendo a média de 0,20 m.

## 2011

Neste ano as condições meteorológicas predominantes durante os monitoramentos foram normais (CN), sendo que apenas no mês de agosto a campanha foi feita sob condição frontal com ressaca (CF/R).

Na entrada da Baía de Santos, a direção de propagação e as alturas significativas (dados do PBA-07) das ondas foram: em janeiro, E e 1,0 m; em fevereiro, SSW e 0,8 m; em março ESE e 1,8 m; em abril, S e 0,8 m; em maio SSE e 1,3 m; em junho, SSE e 1,1 m; em julho, ESE e 1,3 m; e em agosto, S e 2,7 m.

Na linha de costa essas direções se transformaram em ondas com orientações variando de 30° NW a 45° NE (campo).

Em 2011, a altura máxima destas ondas na arrebentação variou de 0,0 (dezembro) a 1,5 m, com média de 0,21 m. Em CN a altura oscilou de 0,0 a 0,4 m e em CF/R de 0,8 a 1,5 m.

Comparando os dois anos de monitoramento, verifica-se que as variações de altura de onda medidas no campo se destacam principalmente durante as condições de ressacas (CF/R) (Figura 8.3.2.1-1).

Em condições frontais com ressaca (CF-R) todos os perfis apresentaram alturas muito elevadas, que variaram de 1,0 a 1,2 m em 2010 (fase final do evento) e de 0,8 a 1,5 m em 2011 (fase final do pico do evento). As maiores alturas de ondas foram observadas em Góes-03 (parte central da praia) nos dois eventos (1,2 m em 2010 e 1,5 m em 2011). Em 2010 os demais perfis apresentaram alturas iguais (1,0 m), mas em 2011 as alturas foram decrescendo de Góes-03 para Góes-05 (1,2 m), deste para Góes-04/Góes-02 (1,0 m), e destes para Góes-01 (0,8 m). Portanto, sob estas condições Góes-03 é o local de maior energia de ondas (diretamente proporcional à altura) e Góes-01 o local de menor energia.

Em situações de CN e CI a variação da altura das ondas foi bastante baixa, de 0,0 a 0,30 m, sendo que não houve tendência para qualquer perfil.

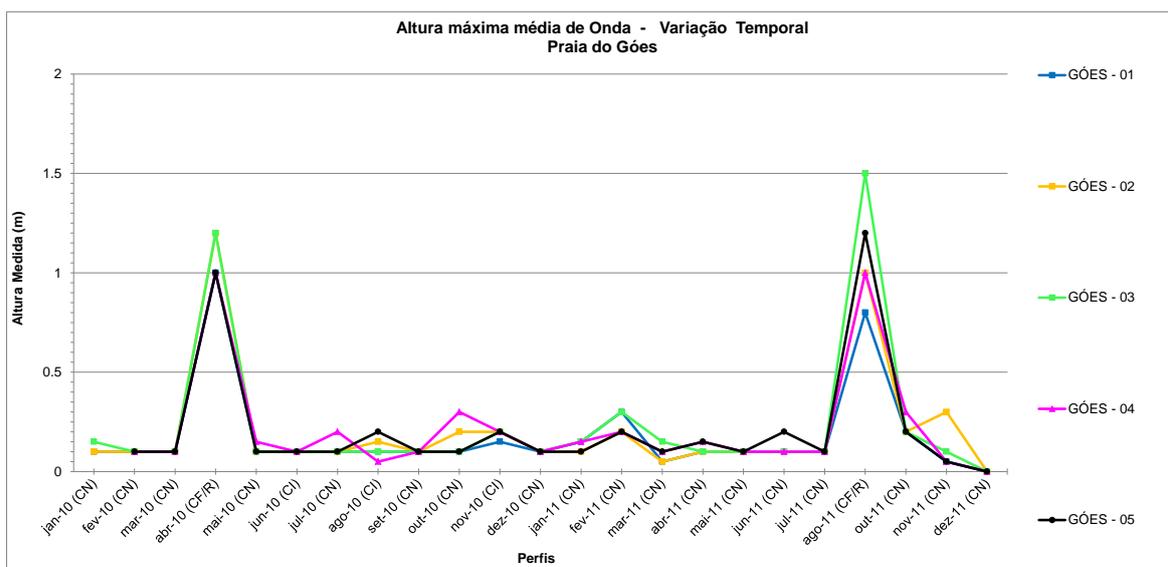


Figura 8.3.2.1-1. Variação têmporo-espacial da altura de ondas medidas durante o monitoramento praiial, na Praia do Góes.

Não se pode concluir que houve aumento de energia das ondas de ressaca de 2010 para 2011, tendo em vista a defasagem no desenvolvimento dos eventos de abril de 2010 (em fase inicial da rotação praial) e agosto de 2011 (em fase bem evoluída da rotação praial), e também a forte alteração do perfil praial durante o intervalo de tempo entre eles (rotação praial). Por outro lado, no caso das ondas nas condições de CN e CI, não foi verificado qualquer aumento da energia entre os dois anos.

### 8.3.2.2. Morfometria praial

Ao contrário dos outros segmentos praiais, a Praia do Góes apresentou grande variação espacial e temporal na largura praial (Figura 8.3.2.2-1).

De maneira geral, as larguras de Góes-01 e Góes-02 foram decrescendo enquanto as larguras de Góes-04 e Góes-05 aumentaram com o tempo. Góes-03 se manteve relativamente estável. Góes-01 se manteve como perfil mais largo em todo o período de monitoramento.

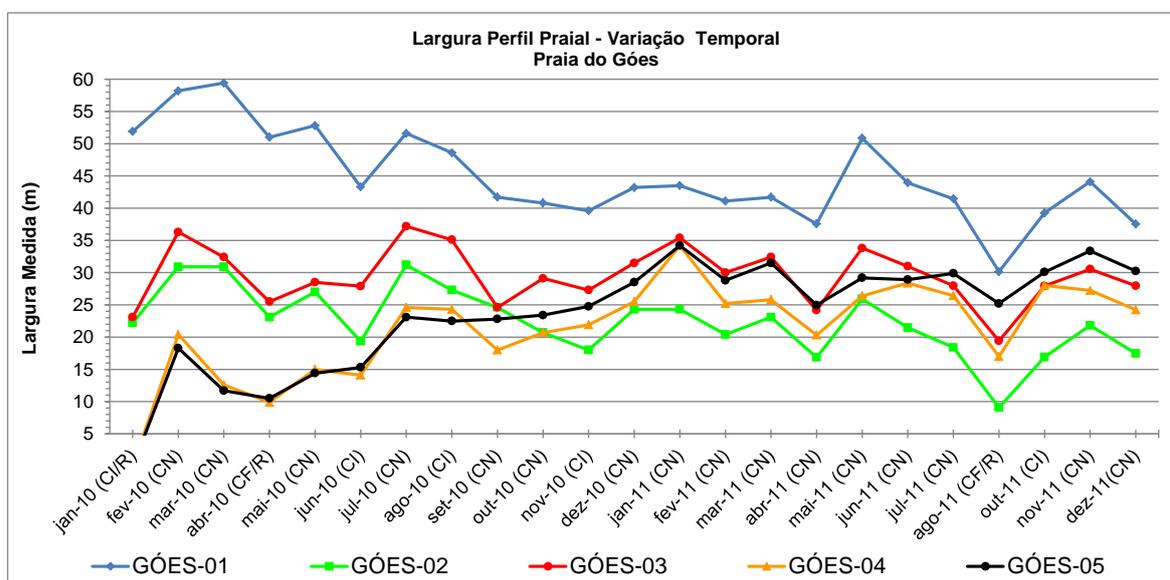


Figura 8.3.2.2-1. Variação têmporo-espacial da largura da Praia do Góes entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011.

Até agosto de 2010 Góes-05 era o perfil mais estreito da praia, seguido de perto por Góes-04. A partir deste mês Góes-05 passou a ser mais largo que

Góes-04 e continuou aumentando sua largura, atingindo valores próximos a Góes-03 a partir de janeiro de 2011, mas ultrapassando este perfil a partir de julho de 2011, se tornando então o segundo perfil mais largo da praia até dezembro de 2011.

Então, em outubro-novembro de 2010, o perfil Góes-02, onde se desenvolve um embaçamento (Figura 8.3.2.2-2), passou a ser o perfil mais estreito da praia, permanecendo assim até dezembro de 2011.

Devido à intensa acumulação de sedimentos no setor leste da praia, a raiz do píer acabou por se consolidar à mesma. Com isso, surgiu no local uma feição do tipo tômbolo, com ápice ancorado na raiz do píer. Assim, o píer e o tômbolo passaram a atuar como anteparos que contribuem para a maior progradação da linha de costa em Góes-05.



Figura 8.3.2.2-2. Embaçamento praial “permanente” no perfil Góes-02.

A variação espacial das larguras (Figura 8.3.2.2-3) mostra curvas sintônicas entre si, ou seja, com a mesma forma/comportamento em praticamente todos os meses. Isto significa que as variações temporais de largura observadas não são anomalias, mas fazem parte de uma evolução natural e lenta da praia, pois a

mesma seguiu a mesma tendência morfológica em todo o período amostral, seja sob condições de tempo bom, instabilidade, frentes frias ou ressacas. Em outras palavras, as mudanças de largura foram gradativas e impulsionadas a cada sucessiva ressaca.

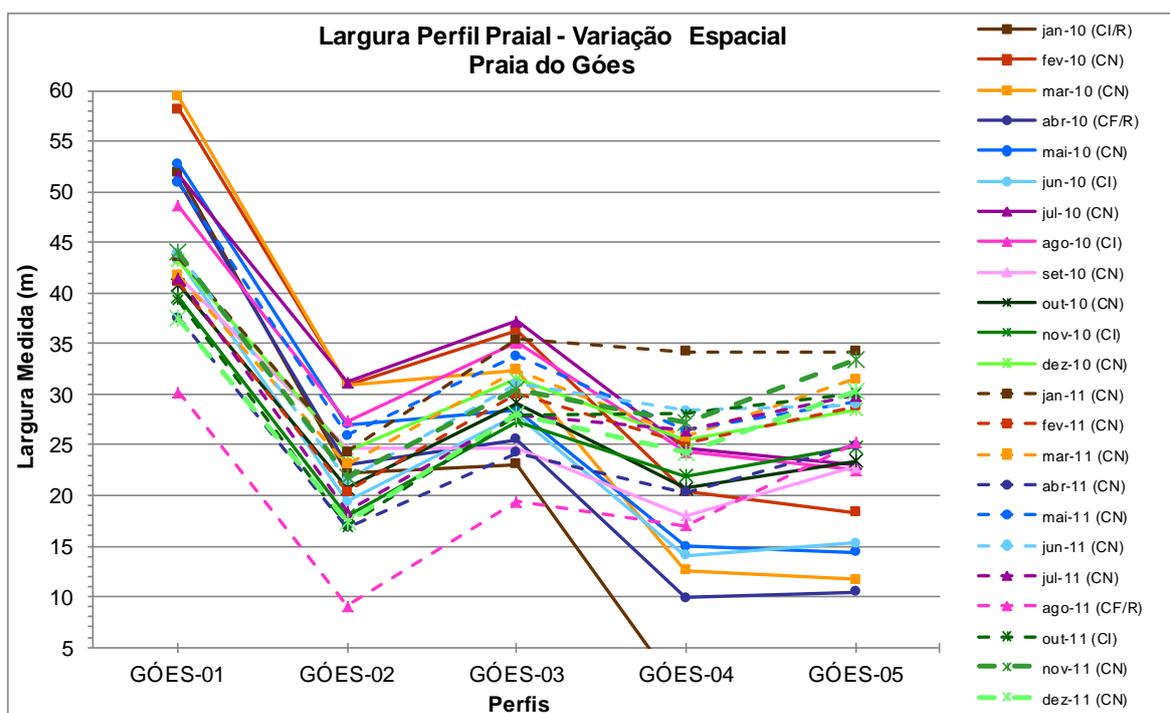


Figura 8.3.2.2-3. Variação espaço-temporal da largura da Praia do Góes, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

No cômputo final, entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011, as variações de largura desta praia foram as seguintes:

- Góes-01: 51,9 m em janeiro de 2010, 37,5 m em dezembro de 2011;
- Góes-02: 22,2 m em janeiro de 2010, 17,5 m em dezembro de 2011;
- Góes-03: 23,1 m em janeiro de 2010, 28 m em dezembro de 2011;
- Góes-04: 0 m em janeiro de 2010, 24,2 m em dezembro de 2011;
- Góes-05: 0 m em janeiro de 2010, 30,2 m em dezembro de 2011.

Outro fato interessante a ser destacado é que na ressaca de abril de 2010 o setor leste da praia (Góes-04 e Góes-05) atingiu as menores larguras de todo o

período de monitoramento, mas o setor oeste (Góes-01 e Góes-02) não parece ter sido muito afetado. Entretanto, na ressaca de agosto de 2011, houve uma inversão, pois os perfis Góes-01, Góes-02 e Góes-03 atingiram as suas menores larguras, anômalas para todos, mas os perfis Góes-04 e Góes-05 apresentaram larguras próximas daquelas que tinham em agosto de 2010, sendo, portanto, menos afetados por essa ressaca (Figura 8.3.2.2-4).



Figura 8.3.2.2-4. Perfis Góes-02 e Góes-01 (à esquerda) e Góes-04 e Góes-05 (à direita) durante a ressaca de agosto de 2011.

A razão para que os dois perfis do setor leste da praia tenham sido menos afetados na ressaca de agosto de 2011 reside no fato de que este trecho ficou bem menos vulnerável à erosão devido ao forte empilhamento sedimentar.

De maneira geral, nos dois anos, como esperado, a praia atingiu as menores larguras durante essas situações de ressaca.

No outro extremo, alguns picos generalizados de maiores larguras da praia foram observados nos meses de fevereiro de 2010 (dia seguinte à atuação de uma ressaca), julho de 2010 (após uma sequência de 5 ressacas no mês de junho), maio de 2011 (após a forte ressaca de 03-04 de maio) e novembro de 2011 (aparentemente sem ressaca, mas com uma frente fria de fraca intensidade na semana antecedente). Esses resultados sugerem que durante o pico dos eventos de ressaca há intensa remobilização de sedimentos de fundo no interior da Enseada do Góes (sedimentos que já se encontravam lá e/ou sedimentos arrastados de fora da enseada pelas ondas de alta energia), com efetivos

transportes costa-adentro e longitudinal de W para E, os quais rapidamente se acomodam no prisma praial emerso, em algumas horas ou até poucos dias após o pico do evento.

O aumento progressivo das declividades médias da praia (Figura 8.3.2.2-5), principalmente a partir de abril de 2010, com pulsos de aumento e diminuição dos ângulos, tendo como evidência destas variações: ocorrência de empilhamento sedimentar e aumento da declividade logo após os eventos de alta energia de ondas; e diminuição da mesma nos meses de normalidade meteorológica-oceanográfica. Os picos de declividade média observados em Góes-05, por exemplo, mostram muito bem esse fato, pois estão associados a ressacas (durante sua evolução ou logo após) nos meses de abril, outubro e dezembro de 2010, além de março, maio e, provavelmente, também outubro de 2011.

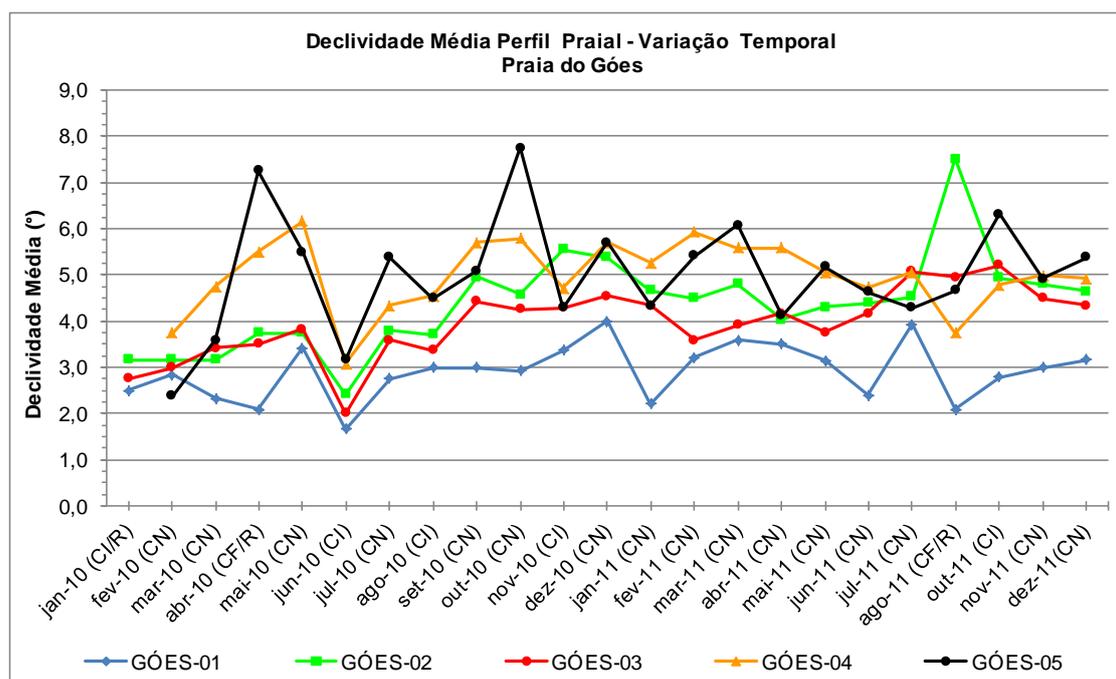


Figura 8.3.2.2-5. Variação têmporo-espacial da declividade média (estirâncio + pós-praia) da Praia do Góes, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

As variações morfométricas verificadas na Praia do Góes são decorrentes de um fenômeno conhecido como “rotação praial”, caracterizado pelo realinhamento da praia em resposta a fortes modificações no transporte litorâneo

longitudinal, como decorrência de súbita mudança na direção e na altura dos trens de ondas incidentes (Souza, 2011).

Diversos autores sugerem que a rotação praial é desencadeada por eventos responsáveis por modificações bruscas na incidência habitual de ondas, como a atuação de sistemas atmosféricos sazonais e anômalos com marés meteorológicas (Short & Masselink, 1999; Klein *et al.*, 2002; Ranasinghe *et al.*, 2004; Martins, 2006).

Segundo conclusões apresentadas no Relatório Final do projeto “*Variação Espaço-Temporal dos Polígonos Praias no Período de 1962 a 2009/2011*” (Fundespa, 2012), após 1987 (pico de outro evento de rotação praial), os sedimentos começaram a retornar paulatinamente para o canto oeste da praia e da Enseada, até pelo menos novembro de 2009, quando ocorria um pico da fase de normalidade (Figura 8.3.2.2-6).

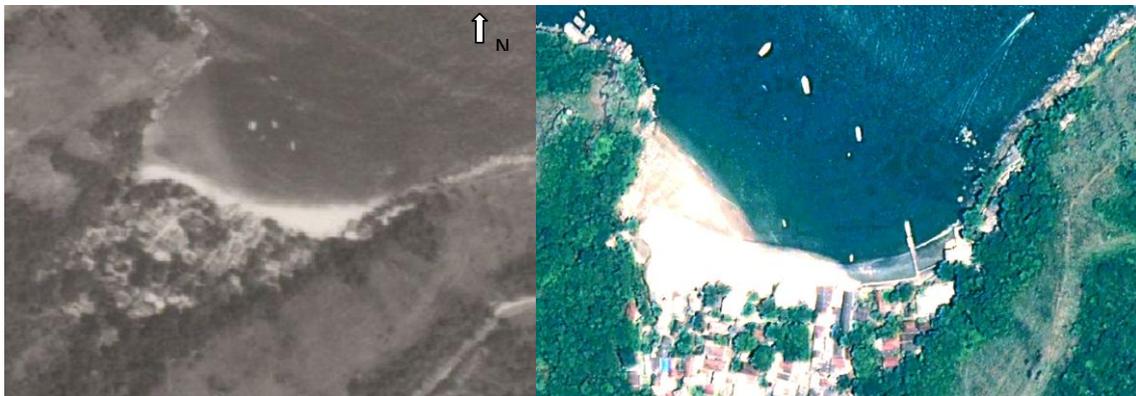


Figura 8.3.2.2-6. Praia do Góes em 1987 (fotografia aérea em escala original 1:35.000; preamar de sizígia; acervo do Instituto Geológico) e 2009 (imagem do satélite Quickbird de 09 de novembro de 2009, baixamar de quadratura). Notar a forte assimetria de largura praial em ambas as imagens, sendo que: em 1987 (esquerda) caracteriza-se um pico do fenômeno de rotação praial, com maior largura no setor leste (observar que ainda existem sedimentos submersos assoreando a porção ocidental da Enseada do Góes; não existe o píer no setor leste da praia); em 2009 (direita) ocorre o inverso, com pico de situação de normalidade, evidenciado pela maior largura no setor oeste da praia devido à forte acumulação de sedimentos nesse canto da Enseada (notar a erosão acelerada e inexistência de pós-praia em todo o trecho centro-leste da praia, onde se encontra o muro e o píer).

Desta forma, as areias estocadas durante muitos anos no setor oeste da Enseada do Góes, bem como areias jovens que por ventura adentraram a enseada durante as diversas ressacas que ocorreram em 2010 e 2011, foram sendo remobilizadas para leste, ora mais rapidamente durante e logo após o pico dos eventos de muito forte a média intensidade, ora mais lentamente após a atuação de marés meteorológicas (sem associação com um sistema frontal) e ressacas de fraca intensidade. Entretanto, ao mesmo tempo em que ocorria a inversão da deriva litorânea resultante prevalecente (passava a ser de oeste para leste durante esses eventos), também acontecia importante transporte costa-adentro, capitaneado pela migração vertical de todo o perfil praial associada à rápida elevação do nível do mar (Souza, 2011).

O início do processo de rotação praial foi constatado nos monitoramentos de fevereiro de 2010 (dia 20) (Figura 8.3.2.2-7 a, b, c, d) e março de 2010 (dia 07). Em ambas as datas verificou-se que havia na praia registros de atuação de maré meteorológica positiva ou ressaca de fraca intensidade (Figura 8.3.2.2-7b). Mas foi somente com a ressaca de abril de 2010 que esse processo ganhou expressão.



Figura 8.3.2.2-7. Trecho leste da Praia do Góes (perfis Góes-04 e Góes-05) em 2010. (a) 08 de janeiro de 2010 – com ausência de praia exposta ou pós-praia (notar a altura da passarela de madeira do píer de acesso à praia). (b) 20 de fevereiro de 2010 – início do empilhamento sedimentar, ainda não há pós-praia, mas o estrêncio já se encontra elevado (notar registros de ressacas e a base do muro exposta, com pedras e restos de saco de areia que anteriormente tentavam minimizar a erosão por ondas). (c) 06 de maio de 2010 – intenso empilhamento sedimentar (alavancado pela ressaca de abril), com a pós-praia já bem desenvolvida (notar o recobrimento de quase toda a base do muro, com o nível da areia chegando à passarela de madeira). (d) 01 de agosto de 2010 – empilhamento sedimentar evoluiu rapidamente, resultando em recobrimento de toda a passarela de madeira.

Assim, ao que tudo indica, uma data provável para o início efetivo do processo teria sido a frente fria com ressaca ocorrida entre 17-19 de fevereiro, acompanhada de ventos máximos de 15,8 nós, ondulações máximas de até 2,7 m e ondas significativas de até 2,0 m (Tabela 8.3.2.2-1) (vide também Tabela 8.3.1-1). De acordo com os registros do CPTEC/INPE e do IAG-USP, durante todo o mês de janeiro de 2010 não ocorreram eventos de alta energia passíveis de desencadear a rotação praial.

Tabela 8.3.2.2-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos do mês de fevereiro de 2010, segundo a modelagem efetuada pelo PBA-07 para a área de descarte da dragagem.

FEVEREIRO																					
Dia	Cond. Tempo	Vento Médio		Vento Máximo		Onda - Hs		Onda - Hmax		Corrente Média		Corrente Máxima		vento e onda	corrente						
		intens. (nós)	direção	intens. (nós)	direção	altura (m)	direção	altura (m)	direção	intens. (nós)	direção	intens. (m/s)	direção								
1	CN	2.4	↙	11.9	↙	0.8	↙	1.1	↙	0.04	↙	0.14	↙	N	↓	N	↑				
2	CN	4.3	↙	12.7	↙	0.7	↙	1.1	↙	0.04	↙	0.15	↙	NNE	↓	NNE	↗				
3	CN	6.5	↙	15.1	↙	0.7	↗	1.0	↙	0.04	↙	0.13	↙	NE	↙	NE	↗				
4	CN	4.5	↙	13.7	↙	0.8	↙	1.0	↙	0.02	↙	0.11	↓	ENE	↙	ENE	↗				
5	CN	1.2	↙	9.9	↙	0.7	↙	1.0	↙	0.01	↙	0.10	↙	E	↙	E	→				
6	CN	3.4	↙	18.4	↙	0.7	↙	1.1	↙	0.03	↙	0.11	↙	ESE	↙	ESE	↘				
7	CN	2.1	↘	13.2	↙	0.7	↙	1.0	↙	0.02	↓	0.10	↘	SE	↙	SE	↘				
8	CN	4.7	↓	21.3	↓	0.5	↙	0.8	↙	0.02	↓	0.12	↘	SSE	↙	SSE	↓				
9	CN	5.9	↘	20.6	↘	0.5	↗	1.0	↗	0.02	↘	0.13	↘	S	↑	S	↓				
10	CN	6.7	↙	20.3	↙	0.5	↗	0.8	↗	0.04	↙	0.12	↘	SSW	↗	SSW	↘				
11	CN	9.5	↙	28.3	↙	0.8	↑	1.2	↗	0.05	↙	0.11	↘	SW	↗	SW	↙				
12	CN	0.2	↗	9.2	↙	0.9	↙	1.2	↙	0.04	↙	0.12	↘	WSW	↗	WSW	↙				
13	CN	0.7	↙	10.3	↙	0.9	↙	1.2	↗	0.05	↙	0.14	↗	W	→	W	←				
14	CN	7.8	↙	15.9	↙	0.8	↗	1.2	↗	0.07	↙	0.13	↙	WNW	↘	WNW	↙				
15	CN	3.2	↓	17.5	↘	0.8	↙	1.5	↑	0.05	↙	0.12	↙	NW	↘	NW	↙				
16	CN	4.0	↙	16.0	↙	0.7	↙	0.9	↑	0.02	↙	0.13	↘	NNW	↘	NNW	↙				
17	CF	1.1	↘	13.3	↙	1.1	↗	1.7	↗	0.04	↘	0.16	↘								
18	CF	4.3	↑	15.8	↗	1.8	↗	2.3	↗	0.03	↙	0.10	↑								
19	CF	4.5	↙	14.6	↙	2.0	↑	2.4	↑	0.06	↙	0.14	↙	vento		corrente					
20	CN	6.1	↙	16.9	↙	1.6	↙	2.7	↑	0.05	↙	0.15	↙	< 10 m/s		< 0.2 m/s					
21	CN	5.2	↙	12.2	↙	1.1	↙	1.6	↙	0.04	↙	0.14	↙	= 10 m/s e < 20 m		= 0.2 m/s e < 0.4 m					
22	CN	4.4	↙	15.4	↙	0.9	↙	1.6	↙	0.02	↙	0.09	↙	>= 20 m/s		>= 0.4 m/s					
23	CN	6.6	↙	25.8	↙	0.8	↙	1.1	↙	0.03	↓	0.12	↘								
24	CN	3.4	↘	11.1	↘	0.9	↑	1.1	↗	0.02	↗	0.16	↘	onda							
25	CF	19.1	↙	23.4	↙	1.8	↑	3.9	↑	0.18	↑	0.26	↑	< 1 m							
26	CF	15.6	↙	17.7	↙	2.5	↗	3.1	↑	0.12	↙	0.23	↙	>= 1 m e < 2 m							
27	CF	14.4	↙	18.9	↙	2.0	↗	2.6	↗	0.12	↙	0.21	↙	>= 2 m							
28	CF	16.2	↙	24.1	↙	1.6	↗	3.0	↗	0.16	↙	0.29	↙								

Na Figura 8.3.2.2-8 é apresentada cópia da carta sinótica do dia 17 de fevereiro de 2010 mostrando a posição da frente fria e dos centros de baixa e alta pressão.

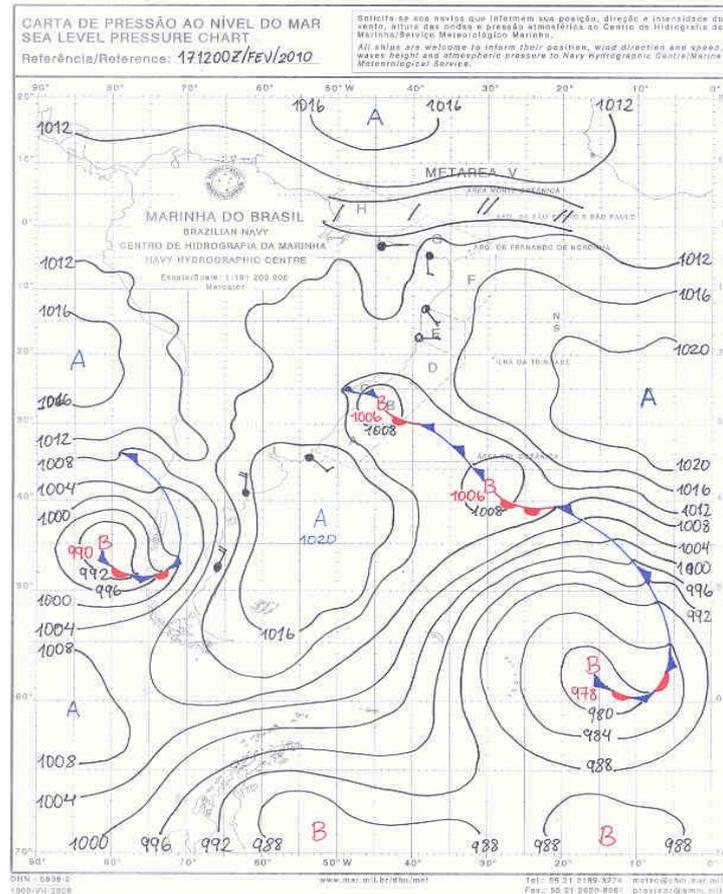


Figura 8.3.2.2-8. Carta sinótica do dia 17 de fevereiro de 2010 mostrando a posição dos sistema frontal na costa de São Paulo/Rio de Janeiro e dos sistemas de baixa (ciclone extratropical) e alta pressão ao sul (fonte: sítio da DHN).

Segundo Harari *et al.* (2010) durante os dias 17-18 de fevereiro 2010 os ventos associados ao sistema frontal tiveram velocidades de 6,2 m/s. No dia 17 a sobre-elevação do nível do mar foi de +0,20 m (marégrafo de Cananéia).

Após esse evento, entre 25 de fevereiro e 06 de março, uma nova e mais intensa frente fria trouxe ondulações ainda maiores, com ventos de 8,4 m/s, e NM sobrelevando-se de +0,9 m, e correntes de maré de 0,2 m/s (Harari *et al.*, 2010). Esta ressaca certamente deu continuidade ao processo de rotação praiar na Praia do Góes.

Em abril, o processo foi substancialmente alavancado (Figura 8.3.2.2-7c) pela mais intensa ressaca de 2010, ocorrida entre os dias 05 e 11.

A persistência e o maior vigor do fenômeno de rotação praiar certamente estiveram relacionados aos sucessivos eventos meteorológicos acompanhados

de ressacas, que ocorreram até o final de 2010 (Tabela 8.3.1-1). Em 2011, por sua vez, foram especialmente favoráveis à continuidade do fenômeno os eventos de ressaca ocorridos durante março (01-03, 19-22 e 29-31) e maio (dias 04-05 e 28-31, principalmente), além de agosto (dia do monitoramento).

Assim, a cada evento, mais areia era empilhada no setor leste da praia. Em agosto de 2010, por exemplo, a ponte de acesso ao píer já se encontrava totalmente encoberta por sedimentos (vide Figura 8.3.2.2-7d). E essa foi a condição que permaneceu até dezembro de 2011, salvo pelas remoções constantes de areia por parte dos moradores locais.

A porção central da praia, representada pelo perfil Góes-03, deve ser o ponto de inflexão da rotação praial, uma vez que foi o perfil que apresentou menor variabilidade morfométrica durante o monitoramento. Esse é também o que apresentou maior energia de ondas durante as ressacas, nos dois anos.

Ainda em relação aos fatores determinantes do fenômeno, não se pode descartar a possibilidade de influência de fenômenos de mesoescala, como o ENOS (*El Niño*-Oscilação Sul). Entre 2009 e meados de 2010, por exemplo, atuou um *El Niño*, que foi sucedido por uma *La Niña* desde junho de 2010 até meados de 2011 (segundo dados do CEPETEC/INPE).

Em relação à rotação praial de 1987, um possível gatilho poderia ter ocorrido em 1985, já que em 1986 e 1987 não foram noticiadas ressacas na região (vide Relatório Final do projeto “*Análise Histórica da Ocorrência de Eventos de Ressacas e Maré Meteorológicas para os Municípios do Estuário Santista, para o período de 1961 a 2011*”) (Fundespa, 2012). Em 1985, fortes ressacas atingiram Santos nos dias 08-09 de junho e 27 de dezembro, conforme noticiado pelo Jornal A Tribuna (Figura 8.3.2.2-9).



Figura 8.3.2.2-9. Matérias do Jornal A Tribuna noticiando ressacas e inundações costeiras na Baixada Santista, em junho e dezembro de 1985, sendo estes eventos os prováveis causadores da rotação praial observada em 1987.

Relatos de alguns antigos moradores locais também confirmam as mudanças que a praia sofre de tempos em tempos, quando inverte a deposição de um lado para o outro. Alguns comentam sobre ciclos de 12 anos, outros de 20 anos. Entre eles, o dono da propriedade em frente ao perfil Góes-04 (Sr. Odair), que afirmou que: “o que se vê hoje também ocorreu em 1987, com o mar aterrando muito todo este trecho da praia; mas entre 1991-1992 ele já tinha sido totalmente desassoreado; nos casos aconteceram depois de ressacas”.

Neste sentido, restos de um antigo píer, provavelmente construído no final da década de 1980-início dos anos 1990 sobre os costões rochosos no extremo oeste da Enseada (Figura 8.3.2.2-10), também comprovam que em determinado momento não havia condições de atracação do lado leste da praia, com certeza devido à rotação praial observada em 1987 (na fotografia aérea de 1987 não aparece o píer do canto leste da praia).

Após 1987, com o retorno paulatino das areias para o canto oeste da praia, o píer do canto leste foi construído, sofrendo posteriormente muitas avarias e reconstruções, uma vez que há restos de uma estrutura mais antiga abaixo do atual. Outro morador local (o Sr. Manoel) se reportou à existência de mais dois píeres soterrados abaixo destes.



Figura 8.3.2.2-10. Restos do antigo píer localizado no setor oeste da Enseada do Góes, já bastante erodido, que era utilizado para atracação dos barcos no final da década de 1980, quando não havia píer no canto leste da praia pois a rotação praial se encontrava em fase aguda de desenvolvimento (foto obtida em 06 de julho de 2010).

Alguns moradores locais afirmam nunca terem visto tamanho volume e altura de areia se acumulando neste lado da praia.

De fato, no passado, tal empilhamento sedimentar pode nunca ter ocorrido desta forma, aparentemente tão anômala. Mas a explicação é simples e reside nas intervenções antrópicas, sobre a praia, efetuadas na década de 2000,

destacando-se: as duas casas e os muros de pedra presentes no extremo leste da praia (Figura 8.3.2.2-11a), o alto e extenso muro construído sobre parte da pós-praia em todo o setor leste da praia (perfis Góes-05, Góes-04), e as casas construídas no setor centro-leste da praia (Figura 8.3.2.2-11b).

De acordo com o Sr. Odair (proprietário da casa em frente ao perfil Góes-04), o primeiro muro construído ali, em 1984, era baixo e tinha alicerces rasos. Anos depois o muro foi sendo erodido e parcialmente destruído por várias ressacas, até que, em 2005, foi totalmente destruído pela forte ressaca que afetou essa praia e também a Ponta da Praia de Santos. Após este evento o muro foi refeito, na época com 4 m de altura, estando 1,5 m encravado na areia (alicerce).

Então, por causa destas construções, o grande volume de areias transportado para este setor durante todo o período de monitoramento (transportes costa-adentro e longitudinal para leste, conforme comentando anteriormente) teve enorme dificuldade para se ajustar morfológicamente a um perfil agora bem mais estreito do que outrora. As estruturas rígidas na pós-praia impedem a acomodação natural dos sedimentos no sentido do continente, como acontece nos trechos livres de construções, como nos perfis Góes-01 e Góes-03 (Figura 8.3.2.2-12).



Figura 8.3.2.2-11. Setores leste (a) e central (b) da Praia do Góes, exibindo as várias construções sobre a pós-praia (fotos obtidas em 12 de dezembro de 2010).



Figura 8.3.2.2-12. Locais dos perfis Góes-03 (esquerda) e Góes-01 e Góes-02 (direita) mostrando o recuo da urbanização e, portanto, maior extensão de pós-praia preservada (fotos obtidas em 12/12/2010).

Em suma, ao que tudo indica, o fenômeno natural de rotação praias na Praia do Góes é desencadeado quando três principais processos, de escalas temporais diferentes, ocorrem simultaneamente (Souza, 2011):

(a) Fase decadal de maior acumulação de sedimentos no setor oeste da praia, com máximo empilhamento no perfil praias e transferência de sedimentos mais finos para o perfil submerso da praia até praticamente a entrada NW da Enseada do Góes (vide Figura 8.3.2.2-6), devido à atuação (por muitos anos) prevaemente de correntes de deriva litorânea com resultante para oeste e correntes de retorno (*mega-rips*) associadas, tudo isso gerando um desajuste morfológico da praia principalmente em seu perfil submerso;

(b) Atuação de ciclones extratropicais (curto período) que formam sistemas frontais e atingem a Baía de Santos com fortes ondulações de SSW e maré meteorológica positiva, de forma que, ao mesmo tempo em que essas ondas de

alta energia (maior altura de onda) induzem correntes de deriva litorânea resultantes para E (encontram um perfil morfológicamente desajustado, mais elevado no setor NW e, portanto, mais vulnerável à forte refração), também são responsáveis por intenso transporte costa-adentro, capitaneado pela migração vertical de todo o perfil praiial associada à ressaca em si (elevação do nível do mar);

(c) Atuação do fenômeno ENOS (*El Niño*-Oscilação Sul), com *El Niño* de média a alta intensidade (escala de alguns anos), que no Brasil é responsável pela presença de área de convergência de baixa pressão na região Sul (Zona de Convergência do Atlântico Sul), pelo transporte da umidade amazônica para as regiões Sul e Sudeste e pelas altas temperaturas do Atlântico Sul, anomalias que juntas, aumentam a frequência e a intensidade dos ciclones extratropicais que por sua vez geram os sistemas frontais que atingem a região Sudeste.

Finalmente, comparando os dados morfológicos de largura e declividade média da praia total, da pós-praia e do estirâncio, observa-se, como esperado, uma correlação negativa entre esses parâmetros, de tal forma que com o aumento da largura ocorre diminuição da declividade e vice-versa (Figura 8.3.2.2-13). É interessante notar que os valores de R para a pós-praia e o estirâncio são próximos. Assim, embora as correlações sejam de nível moderado, os resultados indicam que não há anomalias e que o fenômeno observado nessa praia é de origem natural, pois obedece às tendências esperadas para esse tipo de morfodinâmica praiial.

Os resultados da análise morfométrica dessa praia mostram que a rotação praiial de 2010-2011 ainda não atingiu o seu apogeu, nos moldes observados em 1987.

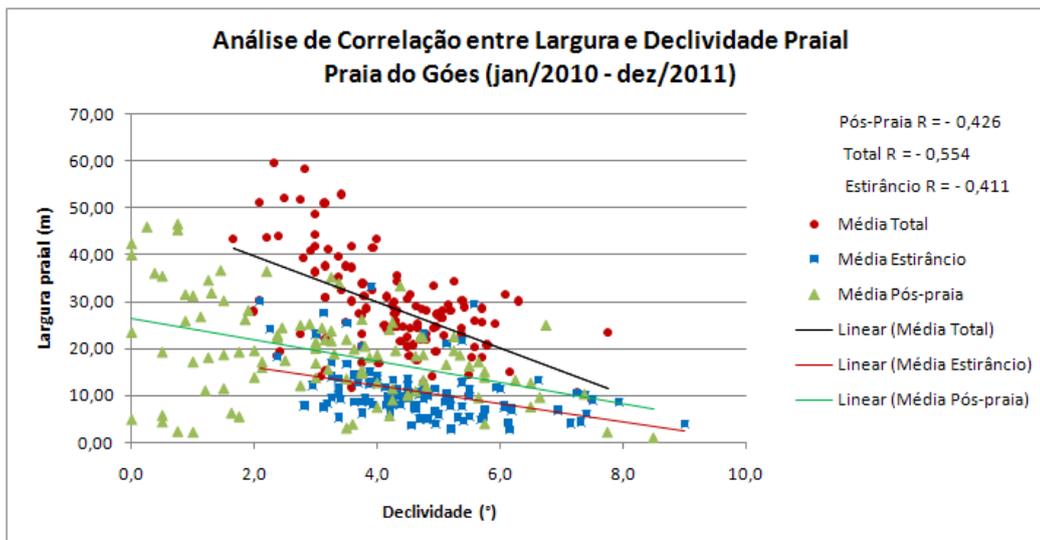


Figura 8.3.2.2-13. Correlação entre largura e declividade média na Praia do Góes, para o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

### 8.3.2.3. Granulometria dos sedimentos do estirâncio

Em função da rotação praial, também ocorreram grandes variações texturais nos sedimentos da Praia do Góes (Figuras 8.3.2.3-1 e 8.3.2.3-2).

Em janeiro de 2010 as areias eram grossas e pobremente selecionadas, mas entre fevereiro e junho começaram a entrar areias médias e finas moderadamente selecionadas, inicialmente no setor leste da praia e depois em toda ela, para então darem lugar às areias finas pobremente a moderadamente selecionadas, que passaram a predominar a partir de julho até dezembro, com algumas variações. Em abril de 2010, quando o monitoramento nessa praia coincidiu com a fase terminal de um evento de ressaca, os sedimentos da praia eram predominantemente de areias médias moderadamente selecionadas.

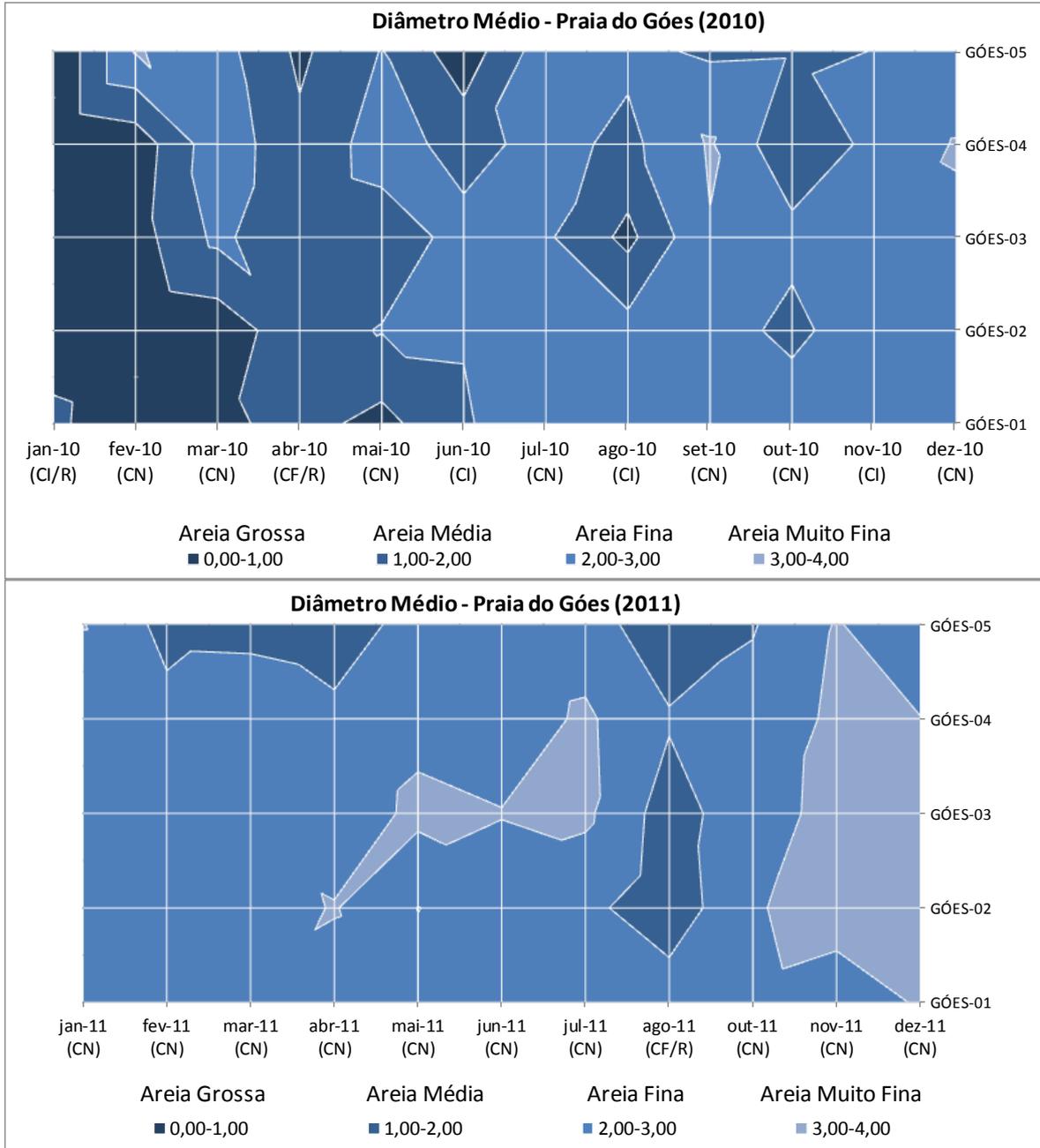


Figura 8.3.2.3-1. Variação do diâmetro médio na Praia do Góes, entre janeiro-dezembro de 2010 e janeiro-dezembro de 2011.

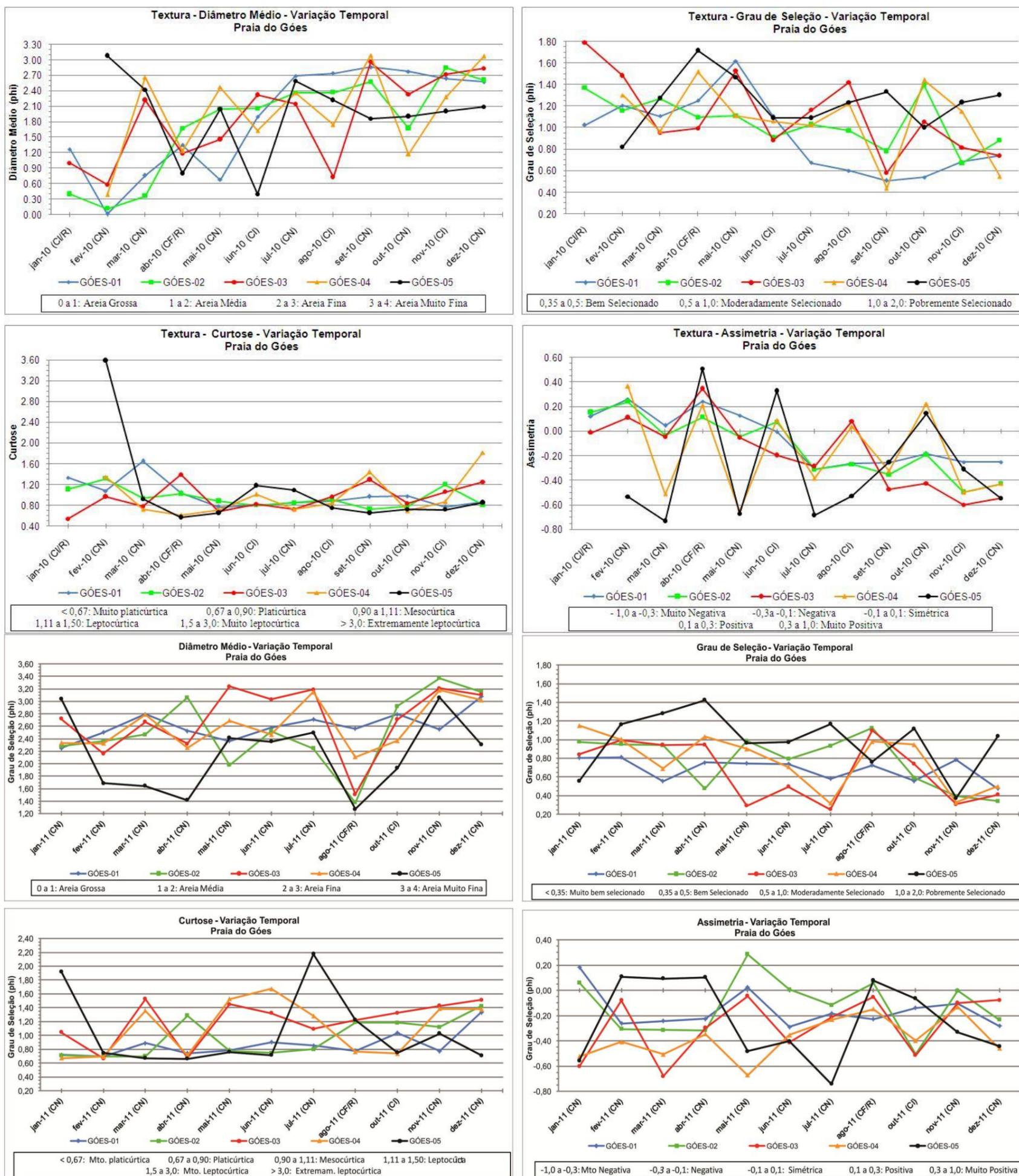


Figura 8.3.2.3-2. Variação dos parâmetros texturais dos sedimentos (estirâncio) da Praia do Góes, entre janeiro-dezembro de 2010 e janeiro-dezembro de 2011.

O processo de empilhamento praial resultou no recobrimento gradual das areias mais grossas, por areias médias, e depois por areias finas (Figura 8.3.2.3-3), estas estocadas no perfil submerso da praia e/ou provenientes de fora da Enseada do Góes (transportadas durante os eventos de alta energia de ondas).



Figura 8.3.2.3-3. Empilhamento de areias no baixo estirâncio do perfil Góes-01, em dezembro de 2011, exibindo afinamento gradativo e bem marcado da base para o topo (areias muito grossas com cascalho biodetrítico na base, que passam a areias grossas, médias, finas e muito finas no topo).

Nos três primeiros meses de 2011 ainda persistiam areias finas pobremente e moderadamente selecionadas em toda a praia, exceto em Góes-05, onde ainda eram médias e pobremente selecionadas (neste perfil eram muito finas e moderadamente selecionadas em janeiro).

Entretanto, em abril de 2011, começaram a surgir areias muito finas e bem-muito bem selecionadas em Góes-02, que provavelmente migraram para oeste,

até o perfil Góes-03, nos meses de maio, junho e julho, e atingiram também Góes-04 em julho (aqui se tornando muito bem selecionadas). Nos demais perfis as areias finas e moderadamente selecionadas se mantiveram.

A presença de areias muito finas e bem-muito bem selecionadas em 2011, até então não observadas nessa praia, deve estar ligada à remobilização de sedimentos mais finos do setor oeste da Enseada do Góes, mas também à atuação de várias ressacas de forte intensidade, que ocorreram em março e, em especial, em maio de 2011, que transportariam sedimentos de fora para dentro da Enseada do Góes (processo este identificado nos estudos do detalhamento costeiro - Relatório Final do projeto “*Monitoramento dos Sedimentos de Superfície de Fundo e Caracterização do Transporte Sedimentar Residual no Setor Nordeste da Baía de Santos*”) (Fundespa, 2012). Essas areias muito finas e bem-muito bem selecionadas somente atingiriam o perfil emerso da praia alguns dias após a ressaca. Nos sedimentos de fundo (perfil submerso da praia) foram encontradas areias muito finas e muito bem selecionadas apenas em frente ao perfil Góes-05, entre o centro e a boca da Enseada (profundidades de 2,4 e 3,3 m), no mês de outubro de 2011. Mas nesse dia, na porção emersa da praia, as areias eram finas e moderadamente selecionadas, exceto em Góes-05, onde eram médias e pobremente selecionadas.

Por outro lado, em agosto de 2011, quando o monitoramento coincidiu com um evento de ressaca de moderada intensidade, as areias da praia se tornaram médias e pobremente selecionadas em Góes-02, Góes-03 e Góes-05, e finas e moderadamente selecionadas nos demais perfis. Essa anomalia esporádica provavelmente esteve ligada à erosão das areias finas superficiais que recobriam o estirâncio antes da ressaca. É importante lembrar também que somente nesse mês de agosto, quatro outras ressacas (fraca intensidade) antecederam a do dia do monitoramento.

Em outubro de 2011, como dito, as areias voltaram a ficar finas e moderadamente selecionadas, mas em novembro e dezembro praticamente toda a praia já estava recoberta pelas areias muito finas e bem-muito bem selecionadas. Como não há dados meteo-oceanográficos disponíveis do Programa PBA-07 após setembro, não é possível estabelecer relações com as

condições oceanográficas prévias aos dias de monitoramento em outubro, novembro e dezembro (todos ocorridos em CN e sem ressaca na semana antecedente).

É interessante observar que o perfil Góes-05, em fevereiro de 2010 (primeira amostragem, para este perfil), mostrou uma anomalia textural generalizada, quando comparado tanto com os demais sedimentos da praia nessa campanha, quanto com o restante dos dados obtidos para esse perfil durante o ano de 2010. Naquela campanha, o perfil apresentava areias muito finas moderadamente selecionadas, extremamente leptocúrticas (muito baixa energia de ondas) e com assimetria muito negativa (grossos na moda). No restante da praia, as areias eram grossas e pobremente selecionadas. Após esse mês, somente em janeiro de 2011 e novembro de 2011 o perfil voltou a apresentar areias muito finas, com grau de seleção moderado e bom, respectivamente.

A média do diâmetro médio obtida para o ano de 2010 foi de 1,89 phi, ou seja, areia média; para 2011, a média foi de 2,52 phi, ou seja, areia fina.

Para o grau de seleção, a média para 2010 foi de 1,08 phi, portanto pobremente selecionada, enquanto que para 2011 foi de 0,78 phi, ou seja, moderadamente selecionada. A predominância de areias pobremente e moderadamente selecionadas nos dois anos de monitoramento sugere que o grau de retrabalhamento desses sedimentos por ondas é muito baixo nessa praia, e sempre foi.

De fato, os resultados obtidos para as alturas de ondas medidas na praia atestam isso (vide Figura 8.3.2.1-1), sendo que a média total para todos os perfis e todas as condições de tempo foi de 0,22 m (média de 0,13 m para CN/CI, e de 1,09 m para CF-R).

Já para a curtose (inversamente proporcional ao nível de energia de ondas), as médias foram de 0,98 em 2010, e 1,04 em 2011 (ambas mesocúrticas), o que sugere que, de maneira geral, em 2010 a praia esteve sujeita a energia de ondas relativamente pouco maior do que em 2011. De fato, conforme demonstrado no item 8.3.1 deste relatório, o número de ressacas em 2010 (27 eventos) foi pouco maior do que em 2011 (24 eventos), .

No caso da assimetria, a média foi de -0,16 em 2010, e de -0,24 em 2011 (ambas assimetrias negativas), indicando a presença contínua de frações grossas na moda dos sedimentos, embora tenha sido pouco maior em 2011.

Finalmente, comparando o comportamento do diâmetro médio e do grau de seleção para todo o período amostral (Figura 8.3.2.3-4), obtém-se um boa correlação estatística negativa (como esperado, sedimentos mais finos possuem melhor grau de seleção e vice-versa), o que indica que a variabilidade textural ocorrida nessa praia está associada a processos naturais.

Os resultados mostrados aqui sugerem que o processo de rotação praial ainda não atingiu o seu apogeu, pois os sedimentos ainda mostraram grande variabilidade textural, pelo menos até agosto de 2011, embora nos últimos 2 meses parecessem mais homogêneos, à exceção de Góes-05.

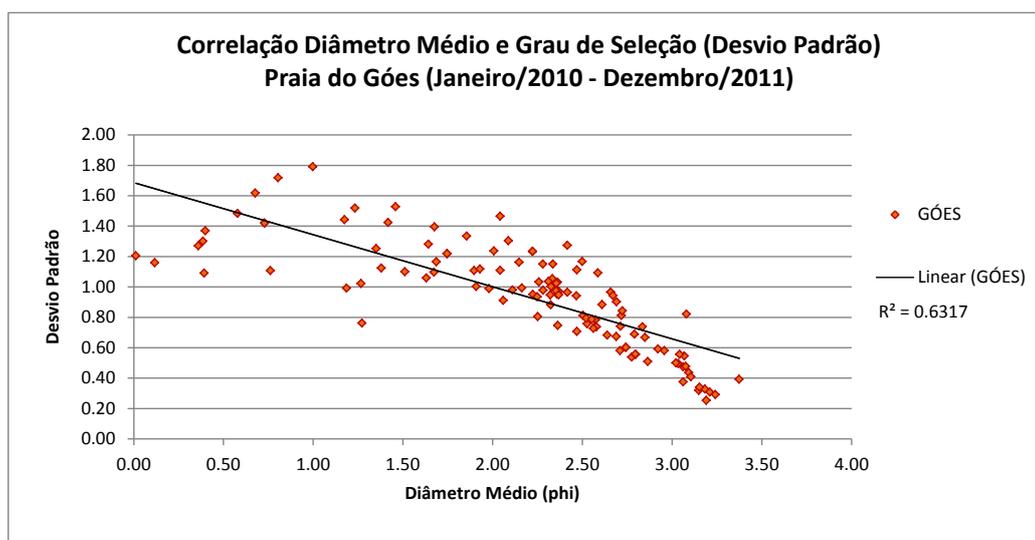


Figura 8.3.2.3-4. Correlação entre diâmetro médio e grau de seleção (desvio padrão) dos sedimentos do estirâncio da Praia do Góes, entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011.

#### **8.3.2.4. Células de deriva litorânea**

A Figura 8.3.2.4-1 e a Tabela 8.3.2.4-1 mostram a variabilidade do comportamento das células de deriva litorânea na Praia do Góes ao longo de 2010 e de 2011.

Em termos de transporte longitudinal ou deriva litorânea resultante, foram obtidas as seguintes tendências:

- Resultante para W - janeiro, março, abril, agosto e novembro de 2010, fevereiro, março, abril, maio, junho, outubro, novembro e dezembro de 2011;
- Resultante para E – fevereiro de 2010.
- Ausência de sentido resultante - maio, junho, julho, setembro, outubro e dezembro de 2010, janeiro, maio, julho e agosto de 2011.

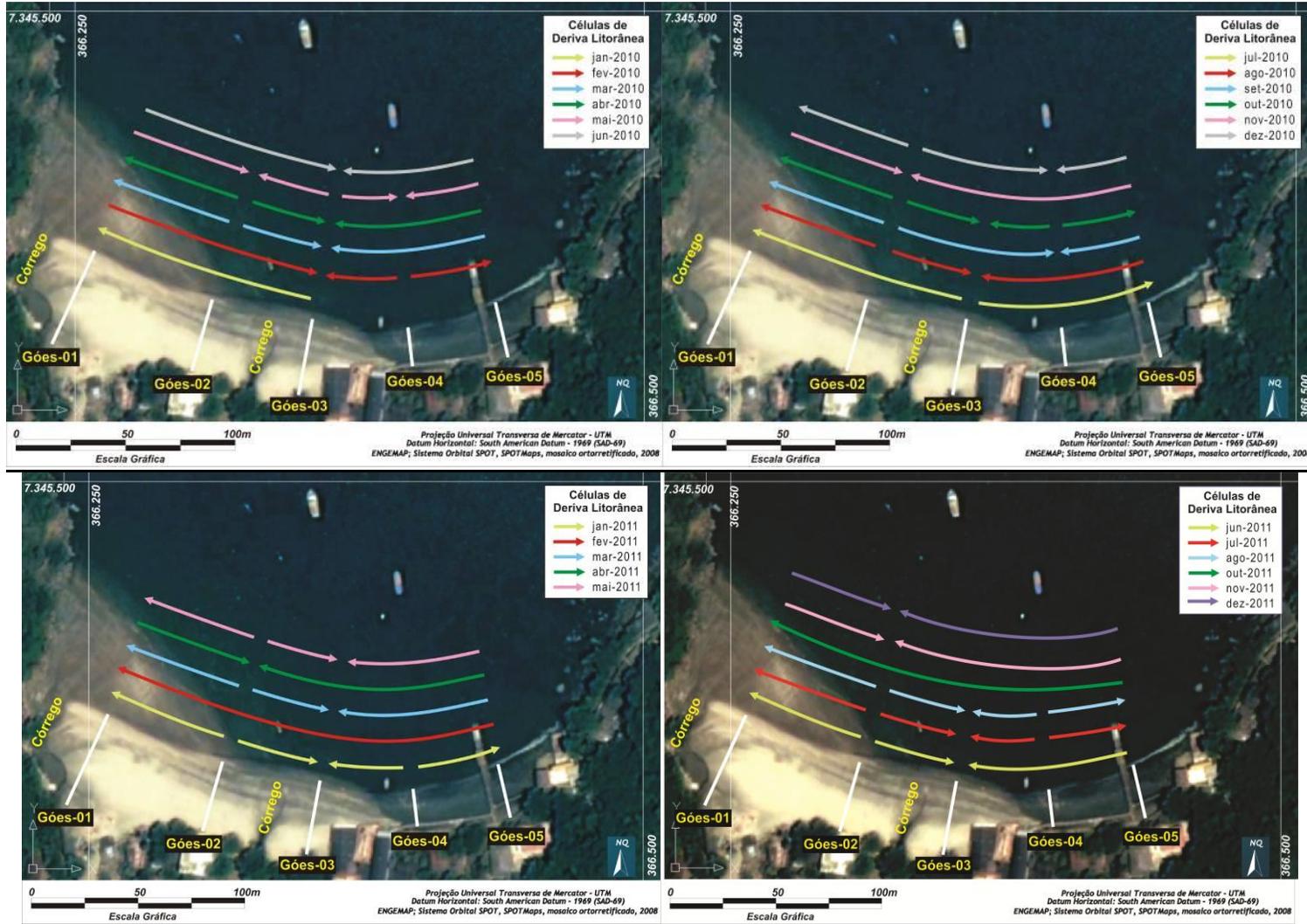


Figura 8.3.2.4-1. Variação do comportamento das células de deriva litorânea na Praia do Góes, entre janeiro e dezembro de 2010 e entre janeiro e dezembro de 2011.

Tabela 8.3.2.4-1. Síntese do comportamento dos perfis, na Praia do Góes, em relação aos processos envolvidos na célula de deriva litorânea (E = Erosão, D = Deposição, T = Transporte; L = Leste, W = Oeste).

PERFIS	2010												2011												N° Ocorrências Erosão (E)	N° Ocorrências Transporte (T)	N° Ocorrências Deposição (D)	Processo Dominante	N° Ocorrências Processo Dominante	Processo Dominante (%)
	jan/10	fev/10	mar/10	abr/10	mai/10	jun/10	jul/10	ago/10	set/10	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	out/11	nov/11	dez/11							
GOES-01	D	E	D	D	E	E	D	D	D	D	E	D	D	D	D	E	D	D	D	D	D	E	E	7	-	16	D	16	69.6	
GOES-02	T	T	E	E	D	T	T	E	E	E	D	E	E	T	E	D	E	E	E	E	T	D	D	12	6	5	E	12	52.2	
GOES-03	E	D	D	D	E	D	E	D	T	D	T	T	D	T	D	T	D	D	D	D	T	T	T	3	8	12	D	12	52.2	
GOES-04		E	T	T	D	T	T	T	D	E	T	D	E	T	T	T	T	T	E	E	T	T	T	5	14	3	T	14	63.6	
GOES-05		D	E	E	E	E	D	E	E	D	E	E	D	E	E	E	E	E	D	D	E	E	E	16	-	6	E	16	72.7	
<b>RUMO RESULTANTE</b>	W	E	W	W	L/W	L/W	L/W	W	L/W	L/W	W	L/W	L/W	W	W	W	W	W	L/W	L/W	W	W	W							

Portanto, nos 23 meses de monitoramento na Praia do Góes, obteve-se o predomínio do transporte longitudinal resultante para W, ocorrendo em 13 meses. Por outro lado, a ausência de sentido resultante também foi expressiva (10 meses), indicando tendências iguais de transporte tanto para W como para E. O único mês em que o transporte resultante foi para E foi fevereiro de 2010, justamente quando se iniciou o fenômeno da rotação praial.

Não se pode esquecer, entretanto, que a maior parte dos dias de monitoramento foi realizada sob condições de tempo bom (durante e antes das coletas) e, por isso, a elevada porcentagem de transporte resultante para W.

Em termos de processos dominantes em cada perfil praial tem-se:

- Góes-01: Deposição, com 69,6% dos casos;
- Góes-02: Erosão, com 52,2% dos casos, comportando-se com zona de divergência de células de deriva litorânea (embaiamento praial, Figura 8.3.2.2-2);
- Góes-03: Deposição, com 52,2% dos casos (zona de convergência de células de deriva litorânea);
- Góes-04: Transporte, com 63,6% dos casos;
- Góes-05: Erosão, com 72,7% dos casos.

Todos estes resultados corroboram com as conclusões já mencionadas de que a rotação praial na Praia do Góes tem sido um fenômeno que ocorre em pulsos intensos e associados a eventos anômalos de alta energia de ondas. Mas a praia ainda não sofreu um total realinhamento, o que significa que o fenômeno não conseguiu atingir seu apogeu, tal qual observado na fotografia aérea de 1987 (Figura 8.3.2.2-6). A depender das ocorrências de ressacas em 2012 e nos anos seguintes, talvez nem chegue a este extremo, pois os transportes para W tem sido efetivos, conforme mostram os resultados acima, bem como a variabilidade morfométrica e textural da praia.

A tendência natural é de que os sedimentos recentemente acumulados no setor leste da praia (Góes-05 e Góes-04) retornem paulatinamente para o setor oeste. A velocidade deste retorno, portanto, vai depender da evolução da rotação

praial. O que se pode constatar a partir de estudos de retroanálise em fotografias aéreas é que o retorno é bastante lento e pode levar anos, até décadas.

Fatores que podem complicar estes processos são as intervenções antrópicas, sejam as obras feitas sobre a praia na década de 2000, ou o aprofundamento do Canal de Navegação em relação à modificação na altura das ondas de maior energia que atingem a Praia do Góes.

### **8.3.2.5. Indicadores morfológicos de transporte costeiro**

Os principais indicadores morfológicos de transporte costeiro longitudinal e transversal na Praia do Góes foram: migração lateral de canal de drenagem (Figura 8.3.2.5-1), embaiamento na linha de costa (Figura 8.3.2.2-2), incidência oblíqua de ondas à linha de costa (Figura 8.3.2.5-2), soterramento de estruturas urbanas (Figuras 8.3.2.2-2, 8.3.2.2-4, 8.3.2.2-7, 8.3.2.2-11, 8.3.2.2-12), empilhamento sedimentar na pós-praia e/ou estirâncio (vide figuras 8.3.2.2-2, 8.3.2.2-4, 8.3.2.2-7, 8.3.2.2-11, 8.3.2.2-12), assoreamento de canal de drenagem, e descalçamento/destruição de estruturas urbanas ou antrópicas (Figura 8.3.2.5-2; Figura 8.3.2.2-10 e também exemplo no item 8.3.2.6 deste relatório) (Tabela 8.2.3.5-1).

Nas perfilagens praias de 2010 e 2011, os indicadores de transporte costeiro longitudinal evidenciaram os seguintes rumos dominantes:

- Para W – janeiro de 2010, fevereiro de 2010, julho de 2010, agosto de 2010, janeiro de 2011, fevereiro de 2011 e abril de 2011.
- Para E – junho de 2010, outubro de 2010, novembro de 2010, dezembro de 2010 e outubro de 2011.
- Sem transporte resultante (para W/E) – março de 2010, abril de 2010, maio de 2010, setembro de 2010, março de 2011, maio de 2011, junho de 2011, julho de 2011, agosto de 2011, novembro de 2011 e dezembro de 2011.



Figura 8.3.2.5-1. Migração lateral do canal do córrego localizado no extremo oeste da Praia do Góes, próximo ao perfil Góes-01 (imagem de 06 de julho 2010). Notam-se dois sentidos opostos: anterior para W e atual para E (esta ocorreu durante uma ressaca de média intensidade que antecedeu o monitoramento).



Figura 8.3.2.5-2. Forte erosão do píer de atracação no final da ressaca de 03-04 de maio 2011, e incidência oblíqua de ondas na linha de costa, indicando transporte para E (imagem de 04 de maio de 2011, Praia do Góes).

Em relação ao transporte longitudinal obteve-se a seguinte distribuição para cada perfil:

- Góes-01: predominou o transporte com rumo E, com 83,3% das ocorrências observadas (migração lateral de canal, fortemente influenciado pelo transporte durante as ressacas; incidência oblíqua de ondas);
- Góes-02: neste perfil o principal indicador é incidência oblíqua de ondas e, por causa do embaiamento, ocorre uma zona de divergência de pequenas células, ocorrendo portanto 50% de transporte com rumo E e 50% com rumo W;
- Góes-03: predominou o transporte com rumo W, com 55,6% das ocorrências observadas (migração lateral de canal, em geral entulhado durante as ressacas; incidência oblíqua de ondas);
- Góes-04: predominou o transporte com rumo W, com 80% das ocorrências observadas (incidência oblíqua de ondas);
- Góes-05: predominou o transporte com rumo E, com 66,7% das ocorrências observadas (incidência oblíqua de ondas);

Tabela 8.3.2.5-1. Síntese do transporte costeiro resultante obtido a partir de indicadores morfológicos observados nos monitoramentos de 2010 e 2011, na Praia do Góes.

PERFIL	Transporte Longitudinal Dominante	Total de Observações	Nº Ocorrências Transporte Longitudinal Dominante	Frequência Transporte Longitudinal Dominante	Transporte Transversal Resultante	Total de Observações	Nº Ocorrências Transporte Transversal Dominante	Frequência Transporte Transversal Dominante	Outras Ocorrências
Góes-01	E	12	10	83.33	costa-adentro	19	19	100	-
Góes-02	E/W	8 (E)/ 8(W)	8	50 (E) 50(W)	costa-adentro	11	11	100	-
Góes-03	W	9	5	55.56	costa-adentro	15	15	100	-
Góes-04	W	15	12	80.00	costa-adentro	17	17	100	-
Góes-05	E	15	10	66.67	costa-adentro	20	18	90	costa-afora(2)

	mês/ano	Transporte Longitudinal Resultante	Transporte transversal Resultante	mês/ano	Transporte Longitudinal Resultante	Transporte Transversal Resultante
<b>Góes</b>	jan/10	W	costa-adentro	jan/11	W	costa-adentro
	fev/10	W	costa-adentro	fev/11	W	costa-adentro
	mar/10	W / E	costa-adentro	mar/11	W / E	costa-adentro
	abr/10	W / E	costa-adentro	abr/11	W	costa-adentro
	mai/10	W / E	costa-adentro	mai/11	E	costa-adentro
	jun/10	E	costa-adentro	jun/11	W / E	costa-adentro
	jul/10	W	costa-adentro	jul/11	W / E	costa-adentro
	ago/10	W	costa-adentro	ago/11	W / E	costa-adentro
	set/10	W	costa-adentro	out/11	E	costa-adentro
	out/10	E	costa-adentro	nov/11	W / E	costa-adentro
	nov/10	E	costa-adentro	dez/11	W	costa-adentro
	dez/10	E	costa-adentro			

Em relação aos transportes costeiros transversais, os do tipo costa-adentro passaram a predominar a partir de fevereiro de 2010, especialmente nos setores central e leste da praia. O soterramento de estruturas urbanas (empilhamento sedimentar na pós-praia e/ou estirâncio, assoreamento de canal de drenagem) predominou dentre os indicadores, em todos os perfis, com pulsos evidenciados durante e logo após as ressacas.

É importante lembrar que, exceto a incidência oblíqua de ondas, os demais indicadores morfológicos ficam especialmente registrados nessa praia quando da atuação de eventos de maior energia de ondas (CF e CF/R).

#### **8.3.2.6. Risco à erosão costeira**

A Tabela 8.3.2.6-1 mostra uma síntese da classificação de risco à erosão costeira obtida para a Praia do Góes durante o período de monitoramento.

Devido ao fenômeno de rotação praial, a maior parte dos indicadores de erosão costeira que havia sido registrada no início de 2010 desapareceu (Figura 8.3.2.2-7), principalmente em Góes-04 e Góes-05. Nestes, restaram apenas indícios erosivos de mais longo período, como a intensa erosão na área do Fortim, localizado na extremidade leste da praia (Figura 8.3.2.6-1), e na base do píer de acesso à praia (erosão pelas sucessivas ressacas). Os restos do antigo píer que existiam no outro extremo da enseada foram completamente destruídos em 2010.

Portanto, esta praia mudou sua classificação de risco, que era considerado Alto no início dos trabalhos até abril de 2010, e passou a ser Baixo a partir de então, mantendo-se nesse grau até dezembro de 2011.

Tabela 8.3.2.6-1. Classificação de risco à erosão costeira para a Praia do Góes (para legenda dos Indicadores de Erosão Costeira I a XI consultar a Tabela 8.2.2.4-1).

Período	Perfil	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Risco Perfil	Nota (ponderada)	RISCO TOTAL (média ponderada)
Janeiro- Abril/2010	GOES - 01		X	X					X		X		MÉDIO	6,00	<b>ALTO (7,6)</b>
	GOES - 02		X	X							X	X	MÉDIO	6,00	
	GOES - 03		X	X							X		BAIXO	2,00	
	GOES - 04	X	X	X					X		X	X	ALTO	12,00	
	GOES - 05	X	X	X					X	X	X		ALTO	12,00	
Maio/2010 a Dezembro/ 2011	GOES - 01		X						X		X		BAIXO	2,00	<b>BAIXO (2,8)</b>
	GOES - 02		X								X	X	MÉDIO	6,00	
	GOES - 03		X										BAIXO	2,00	
	GOES - 04		X										BAIXO	2,00	
	GOES - 05		X						X	X			BAIXO	2,00	

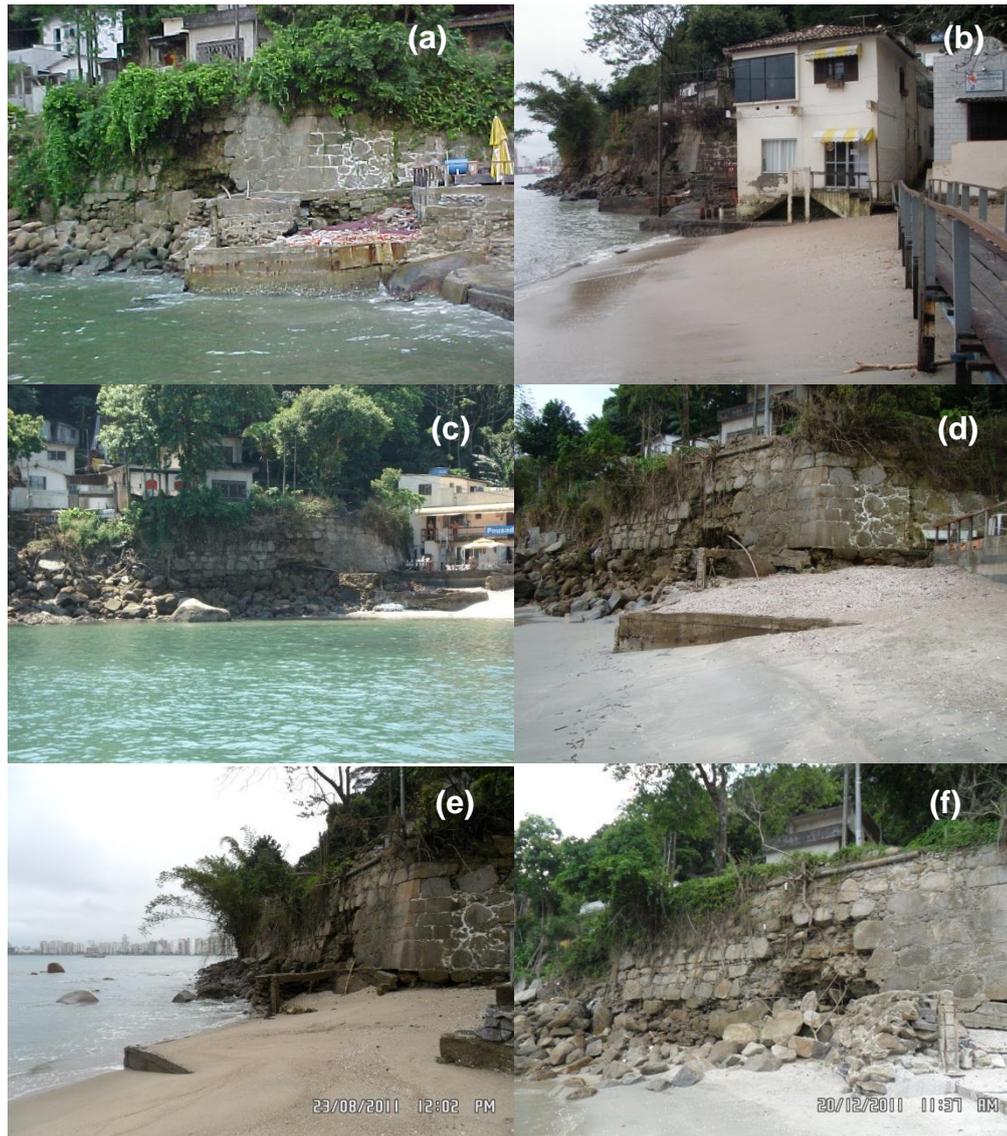


Figura 8.3.2.6-1. Fortim do Góes nos dias: (a) 20 de fevereiro de 2010 (maré de quadratura); (b) 21 de junho de 2010 (maré de quadratura); (c) 12 de dezembro de 2010 (maré de quadratura); (d) 22 de junho de 2011 (maré de quadratura); (e) 23 de agosto de 2011 (maré de quadratura; final de ressaca); (f) 20 de dezembro de 2011 (maré de quadratura).

### 8.3.2.7. Balanço sedimentar

A morfologia dos dois perfis praias (fevereiro de 2010 e dezembro de 2011) utilizados para o cálculo do balanço sedimentar na Praia do Góes é exibida na Figura 8.3.2.7-1.

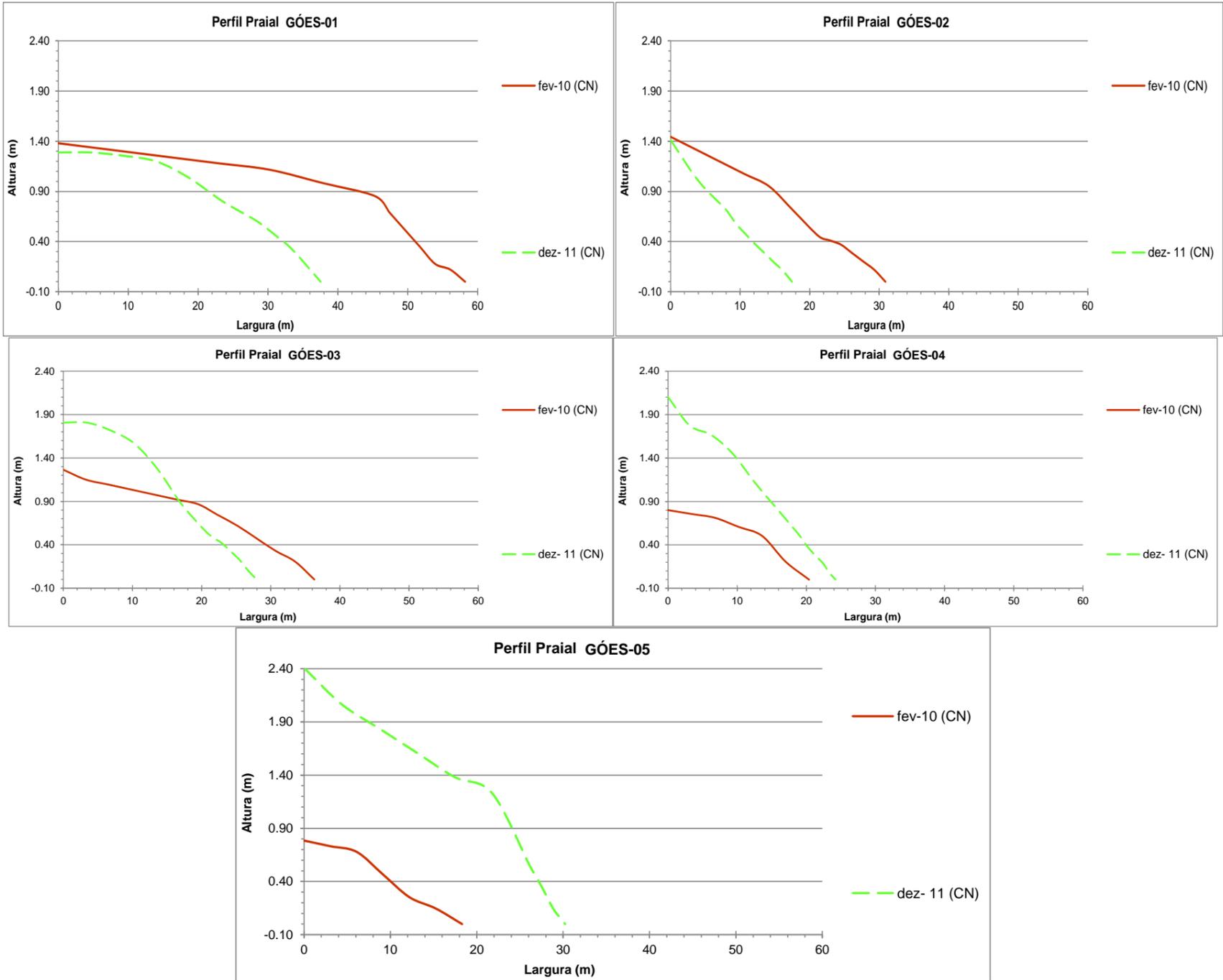


Figura 8.3.2.7-1. Representação morfológica dos perfis realizados na Praia do Góes em fevereiro de 2010 e dezembro de 2011.

Observa-se claramente a variação morfológica ocorrida em todos os perfis entre 2010 e 2011, expressa pelas variações de largura, declividade e empilhamento sedimentar em cada perfil e ao longo da praia.

Os mapas altimétricos do envelope praiial, obtidos com base nesses perfis, são exibidos na Figura 8.3.2.7-2.

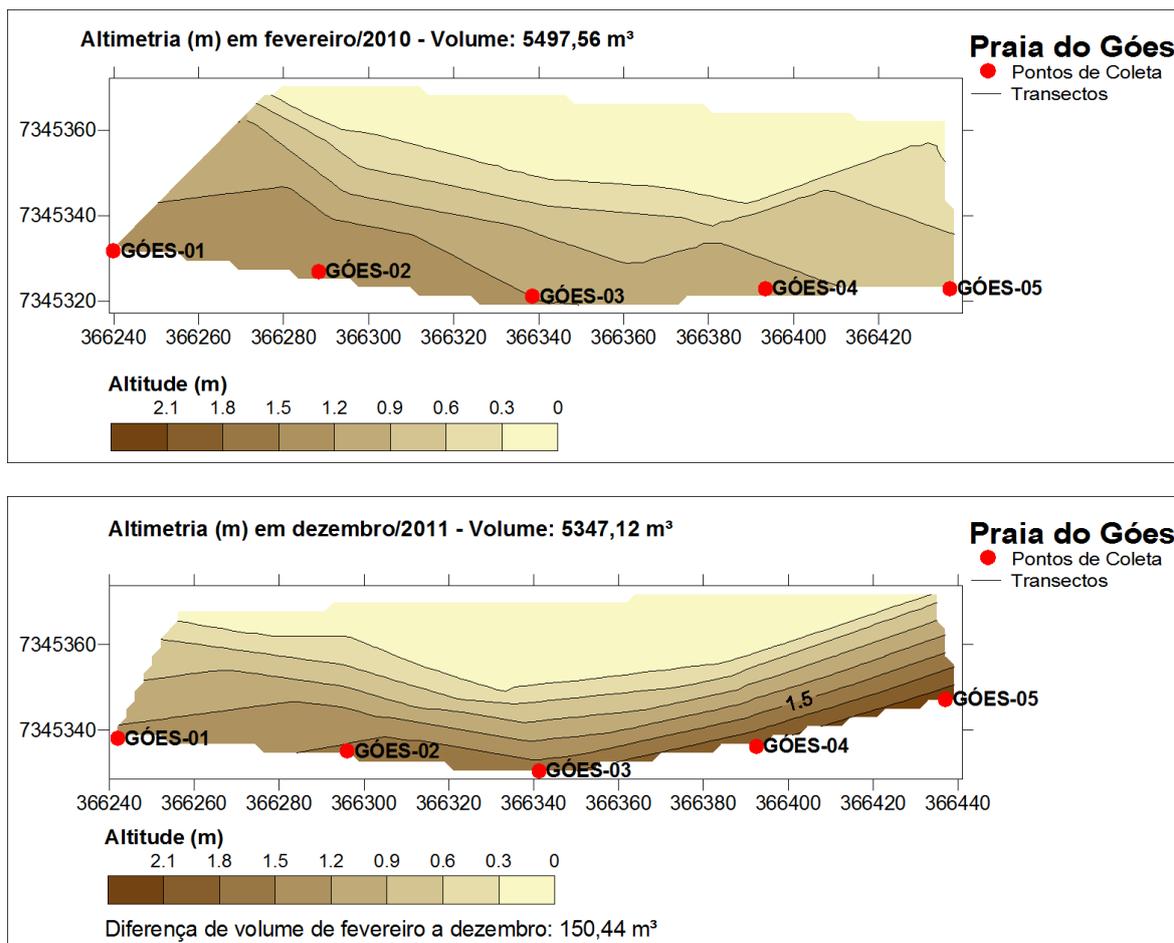


Figura 8.3.2.7-1. Balanço sedimentar da Praia do Góes entre fevereiro de 2010 e dezembro de 2011.

Em fevereiro de 2010, portanto antes do início das obras de dragagem de aprofundamento do Canal de Navegação do Porto de Santos e quando o processo de rotação praiial estava em estágio embrionário, o volume de sedimentos presente na Praia do Góes era de 5.497,56 m<sup>3</sup>.

Em dezembro de 2011, praticamente após dois anos de dragagens e de franca evolução da rotação praial, o volume do envelope praial passou a ser de 5.347,12 m<sup>3</sup>.

Assim, a diferença entre eles foi de apenas -150,44 m<sup>3</sup>. Embora negativo, este valor pode ser interpretado como equilíbrio sedimentar, já que representa apenas 2,7% do volume inicial.

Este resultado mostra que o balanço sedimentar dessa praia está em equilíbrio, demonstrando que as variações morfológicas observadas durante esses dois anos foram produto principalmente de uma reorientação natural dos sedimentos ao longo do arco praial, o que comprova mais uma vez que se tratou do fenômeno de rotação praial. Também sugere que a possível entrada de sedimentos alóctones e a possível saída destes sedimentos da praia não está afetando o seu balanço.

Além disso, este resultado também corrobora com a conclusão apresentada no Relatório Final do projeto “*Variação Espaço-Temporal dos Polígonos Praias no Período de 1962 a 2009/2011*” (Fundespa, 2012), de que a praia permaneceu em equilíbrio sedimentar nas últimas 5 décadas, mesmo sob a atuação de rotação praial e dragagens.

### **8.3.2.8. Conclusões sobre a Praia do Góes**

Os resultados obtidos ao longo dos dois anos de monitoramento na Praia do Góes indicam que, do ponto de vista de sua morfodinâmica (variabilidade morfológica, textural e de transporte resultante) e de seu balanço sedimentar (erosão costeira, transporte resultante e variação volumétrica de sedimentos, que refletem as entradas e saídas de sedimentos da praia), esta praia permaneceu em equilíbrio dinâmico, e sob a ação majoritária de processos essencialmente naturais (como a rotação praial) que já estavam em curso antes do início da dragagem, e podem ser vinculados à variabilidade de ocorrência de eventos meteorológico-oceanográficos.

Os resultados são similares, inclusive, aos obtidos a partir de estudos de retroanálise dessa praia.

Portanto, não foi constatada, até o momento, qualquer alteração ou processo que possa ser atribuído a algum impacto físico decorrente das obras de dragagem de aprofundamento.

### **8.3.3. Segmento Emissário-Ponta da Praia**

#### **8.3.3.1. Condições meteorológico-oceanográficas**

A Tabela 8.3.3.1-1 apresenta a síntese dos dados meteorológico-oceanográficos coletados nos monitoramentos de 2010 e 2011.

#### 2010

Neste segmento praial o contexto meteorológico-oceanográfico variou de:

- CN (condição normal) - janeiro, fevereiro, março, maio, julho, setembro e outubro (dia 16);
- CF-R (condição frontal com ressaca) - abril, junho, agosto, novembro e dezembro;
- CF (condição frontal) - outubro;
- CI (condição instável) - dezembro.

Tabela 8.3.3.1-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos coletados nos dias de monitoramento praial, para segmento Emissário – Ponta da Praia.

Data (perfil)	EMISSÁRIO-PONTA DA PRAIA - Condições Meteo-Oceanográficas Perfilagem Praial (PBA-08)				Condições Meteo-Oceanográficas segundo o PBA-07				
	Condição Meteorológica (CN= Condições Normais; CI= Condições Instáveis; CF= Condições Frontais; R= Ressaca)	Altura máxima da Onda na Arrebentação (m)	Direção de Propagação da Onda na Linha de Costa	Período da Onda (seg)	Condição Meteorológica (CN= Condições Normais; CF= Condições Frontais)	Altura Máxima de Onda - Hmax (m)	Direção de Propagação da Onda Hmáx	Altura Significativa de Onda (m)	Direção de Propagação da Onda Hs
08/01/2010 (3 ao 23)	CN (maré meteorológica)	0,3 a 1,0	65° SW a 05° SE	10,0 a 15,0	x	x	x	x	x
22/02/2010 (3 ao 11)	CN	0,1 a 0,3	40° SW a 30° SE	6,0 a 16,5	CN	1,6	SE	0,9	SE
23/02/2010 (12 ao 23)	CN	0,1 a 0,3	13° - 53° SW	3,0 a 8,0	CN	1,1	ESE	0,8	ESE
09/03/2010 (3 ao 11)	CN	0,1 a 0,3	14° SW a 17° SE	9,8 a 12,0	CN	3,1	ESE	2,5	ESE
10/03/2010 (12 ao 23)	CN	0,1 a 0,3	57° SW a 10° SE	7,0 a 9,9	CN	2,2	ESE	1,7	ESE
07/04/2010 (3 ao 14)	CF/R	0,5 a 2,0	30° SW a 06° SE	7,1 a 12,0	CF	3,2	S	2,2	S
08/04/2010 (15 ao 23)	CF/R	0,5 a 1,5	40° - 68° SW	5,3 a 9,2	CF	5,1	SSE	3,6	SSE
05/05/2010 (3 ao 14)	CN	0,2 a 0,7	33° SW a 07° SE	4,4 a 15,7	CN	0,9	E	0,6	SE
06/05/2010 (15 ao 23)	CN	0,1 a 0,3	23° - 50° SW	5,8 a 12,3	CN	1,1	SSW	0,8	SSW
21/06/2010 (15 ao 23)	CF/R	0,5 a 1,5	25° a 50° SW	4,4 a 15,8	CF	2,4	S	1,6	S
22/06/2010 (3 ao 14)	CF/R	0,5 a 1,5	30° SW a 70° SE	9,4 a 13,1	CF	2,8	SSW	1,9	SSW
04/07/2010 (3 ao 11)	CN	0,3 a 1,0	30° SW a 19° SE	12,5 a 15,6	CN	1	SSW	0,7	SSW
05/07/2010 (23 ao 12)	CN	0,1 a 0,3	10° - 60° SW	6,2 a 12,0	CN	1,1	SSW	0,7	ESE
02/08/2010 (3 ao 11)	CF/R	1,3 a 2,0	15° SW a 10° SE	6,4 a 9,2	CF	2,9	SSW	1,8	SSW
03/08/2010 (12 ao 23)	CF/R	0,5 a 1,5	65° SW a 02° SE	7,8 a 11,0	CF	3,4	SSW	2,4	SSW
12/09/2010 (3 ao 11)	CN	0,3 a 1,0	10° SW a 13° SE	9,1 a 11,0	CN	1,8	SSW	1,2	ESE
13/09/2010 (12 ao 23)	CN	0,1 a 0,3	10° - 67° SW	6,6 a 12,0	CF	1,7	E	0,9	E
15/10/2010 (3 ao 11)	CF	0,2 a 0,7	20° SW a 12° SE	9,0 a 13,4	CN	2,2	SE	1,7	SE
16/10/2010 (12 ao 23)	CN	0,1 a 0,3	13° a 65° SW	7,0 a 12,4	CF	1,7	SE	1,3	SE
12/11/2010 (3 ao 11)	CI/R	1,0 a 3,0	05° SW a 20° SE	9,6 a 11,3	CF	2,8	SSW	2	SSW
13/11/2010 (12 ao 23)	CI/R	0,15 a 1,0	60° SW a S	9,2 a 11,3	CF	2,7	SSW	1,7	SSW
13/12/2010 (3 ao 11)	CI	0,2 a 0,5	20° SW a 17° SE	6,5 a 11,6	CF	2,8	S	0,7	ESE
14/12/2010 (12 ao 23)	CF/R	0,5 a 1,0	50° SW a S	7,0 a 10,8	CF	3,8	SSW	2,6	SSW
26/01/2011 (3 ao 11)	CN	0,2 a 0,4	35° SW a 45° SE	6,0 a 10,1	CN	1,4	E	0,9	ESE
27/01/2011 (12 ao 23)	CN	0,1 a 0,2	10° - 65° SW	6,7 a 10,0	CN	1,3	E	0,9	E
24/02/2011 (3 ao 11)	CN	0,2 a 0,5	27° SW a 20° SE	9,5 a 12,2	CN	1,2	S	0,9	S
25/02/2011 (12 ao 23)	CN	0,2 a 0,3	15° - 65° SW	7,7 a 11,4	CN	2,5	ESE	1,1	SSE
11/03/2011 (3 ao 11)	CN	0,3 a 0,4	10° SW a 25° SE	9,0 a 11,1	CF	2,4	SE	2,1	SE
12/03/2011 (12 ao 23)	CN	0,1 a 0,4	08° - 55° SW	9,4 a 12,1	CN	2,9	ESE	2,2	ESE
11/04/2011 (3 ao 11)	CI	0,7 a 1,5	07° SW a 10° SE	9,7 a 12,4	CF	1,6	SSW	1,3	S
12/04/2011 (12 ao 23)	CN	0,2 a 0,5	05° - 60° SW	7,3 a 10,4	CF	1,5	SSW	1,2	SSW
23/05/2011 (3 ao 11)	CN	0,2 a 0,3	10° SW a 10° SE	9,5 a 12,3	CN	1,5	SSE	1,1	SSE
24/05/2011 (12 ao 23)	CN	0,05 a 0,2	10° - 55° SW	4,4 a 9,4	CN	1,1	SSE	0,6	SSE
24/06/2011 (3 ao 11)	CN	0,2 a 0,5	03° SW a 14° SE	9,2 a 10,4	CN	1,5	S	1	S
25/06/2011 (12 ao 23)	CF	0,2 a 0,3	60° - 08° SW	6,5 a 10,8	CF	0,9	S	0,7	S
23/07/2011 (3 ao 11)	CI	0,3 a 1,0	10° SW a 15° SE	8,9 a 10,9	CF	2,2	SSW	1,5	SSW
24/07/2011 (12 ao 23)	CN	0,1 a 0,3	40° - 15° SW	6,9 a 10,1	CF	2,2	ESE	1,2	SSE
21/08/2011 (3 ao 11)	CF/R	2,0 a 3,0	35° SW a 05° SE	6,6 a 8,7	CF	3,5	S	2,6	SSW
22/08/2011 (12 ao 23)	CF/R	1,0 a 2,5	18° - 60° SW	6,0 a 8,8	CF	3,9	S	2,8	SSW
18/10/2011 (3 ao 11)	CI	0,5 a 1,5	06° SW a 20° SE	7,8 a 9,5	x	x	x	x	x
19/10/2011 (12 ao 23)	CI	0,2 a 0,6	48° SW a 05° SE	7,0 a 9,3	x	x	x	x	x
20/11/2011 (3 ao 11)	CN	0,3 a 1,2	10° SW a 12° SE	7,7 a 9,1	x	x	x	x	x
21/11/2011 (12 ao 23)	CN	0,1 a 0,3	10° - 53° SW	6,4 a 7,8	x	x	x	x	x
18/12/2011 (3 ao 11)	CN	0,4 a 0,8	15° SW a 06° SE	9,7 a 13,3	x	x	x	x	x
19/12/2011 (12 ao 23)	CN	0,15 a 0,4	15° - 53° SW	6,4 a 9,6	x	x	x	x	x

Em relação às condições oceanográficas, os monitoramentos foram realizados em diferentes situações de entrada de ondulações no interior da Baía de Santos, que foram, em ordem de maior frequência: E, ESE, SE, S e SSW (PBA-07). Essas ondulações foram sendo modificadas até atingirem a praia em ângulos variando de 65° SW a 30° SE.

As alturas dessas ondas oscilaram entre 0,1 m e 3,0 m, com média de 0,67 m. Em condições de CN a altura das ondas variou entre 0,2 a 1,0 m; em CI foi de 0,2 m; em CI/R oscilou de 0,2 a 3,0 m; e em CF/R variou de 0,2 a 3,2 m.

Durante as perfilagens praias, as direções de propagação e alturas significativas de ondas (PBA-07) foram: em fevereiro, SE e 0,9 m e ESE e 0,8 m; em março, ESE e 2,5 m e ESE e 1,7 m; em abril, S e 2,2 m e SSE e 3,6 m; em maio, SE e 0,6 m e SSW e 0,8 m; em junho, S e 1,6 m, e SSW e 1,9 m; em julho, SSW 0,7 m e ESE e 0,7 m; em agosto, SSW e 1,8 m e SSW e 2,4 m; em setembro, ESE e 1,2 m e E e 0,9 m; em outubro, SE e 1,7 m e SE e 1,3 m; em novembro, SSW e 2,0 m e SSW e 1,7 m; e em dezembro, ESE e 0,7 m e SSW e 2,6 m.

## 2011

Neste ano as condições meteorológicas variaram da seguinte forma:

- CN - janeiro, fevereiro, março, maio, junho (dia 24), julho (dia 24), outubro, novembro e dezembro;
- CI - abril e julho (dia 23);
- CF - junho (dia 25);
- CF/R - agosto.

As direções de propagação e as maiores alturas significativas que adentraram à Baía de Santos nos dias de monitoramento, variaram da seguinte forma: em janeiro, E e ESE, 0,9 m; em fevereiro, SSE e 1,1 m; em março, ESE, 2,2 m; em abril, S e 1,3 m; em maio, SSE e 1,1 m; em junho, S e 1,0 m; em julho, SSW e 1,5 m e em agosto, SSW e 2,8 m.

A altura máxima das ondas na arrebentação variou de 0,1 a 3,5 m, com média de 0,5 m; a orientação variou de 65° NW a 25° NE.

Durante as condições de CN as alturas variaram de 0,1 a 1,2 m; em CI oscilaram entre 0,1 a 1,5 m; em CF variaram de 0,2 a 1,0 m; e durante as CF/R as alturas estiveram entre 1,0 a 3,5 m.

Comparando a altura média das ondas medidas em 2010 e 2011, verifica-se que ela foi superior em 2010 (0,67 m, contra 0,5 m em 2011), o que corrobora com o maior número de eventos de alta energia ocorridos nesse ano anômalo, embora as alturas medidas durante a ressaca de 2011 fossem maiores do que as de 2010.

As variações na altura de ondas medidas no campo (Figura 8.3.3.1-1) destacam claramente os eventos de ressaca (CF/R) daqueles de condições normais (CN) ou de instabilidade (CI).

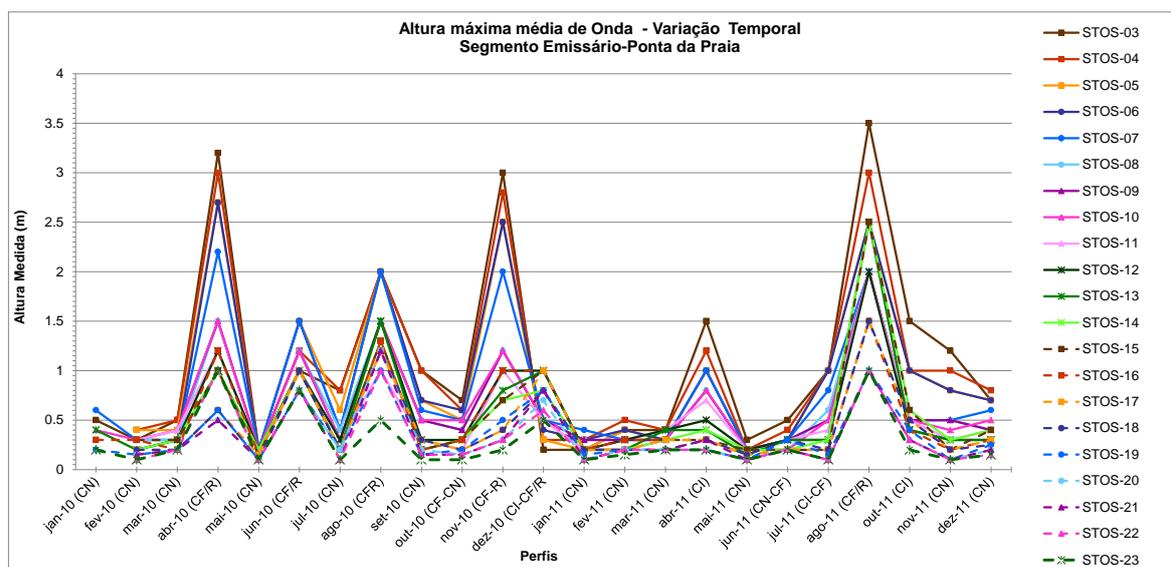


Figura 8.3.3.1-1. Variação têmporo-espacial da altura de ondas (máximas médias) medidas durante o monitoramento praial, em 2010 e 2011.

Comprando as alturas das ondas, pode-se dizer que a ressaca de agosto de 2011 foi mais intensa do que todas as ressacas de 2010 e, neste ano, a ordem de intensidade, da mais para a menos intensa, foi: abril, novembro, agosto e junho.

É interessante notar ainda que numa condição de CI, em abril de 2011, foram medidas alturas de ondas comparáveis com as da ressaca de junho de 2010. Por outro lado, em dezembro de 2010 as ondas estiveram mais baixas que o esperado, o que ocorreu pelo fato da ressaca se iniciar somente no segundo dia do monitoramento, quando a perfilagem percorreu o trecho entre o Canal 3 e a Ponta da Praia, onde a energia de ondas é sempre menor.

Outro fato que chama a atenção são as ondas medidas no setor oeste da praia em novembro de 2011: apesar das condições de CN, o vento era forte e empilhou, temporariamente, muita água na linha de costa naquela manhã.

Em termos de energia de onda, a qual é diretamente proporcional à sua altura, verifica-se um padrão importante nesse segmento praial, observado tanto em condições de CF/R, quanto de CN ou CI: de modo geral a energia de onda decresce, gradualmente, do extremo oeste (Stos-03) para o extremo leste (Stos-23).

Este fato, por si só, sugeriria um transporte preferencial nesse sentido. Entretanto, como será visto adiante, o que se verifica são mecanismos mais complexos, que certamente estão associados a reflexos de impactos das intervenções antrópicas nessa linha de costa, a exemplo do espigão do Emissário submarino e dos canais de saneamento.

#### **8.3.3.2. Morfometria praial**

De maneira geral, os perfis deste segmento praial apresentaram baixa variabilidade temporal de largura praial (Figuras 8.3.3.2-1 e 8.3.3.2-2).

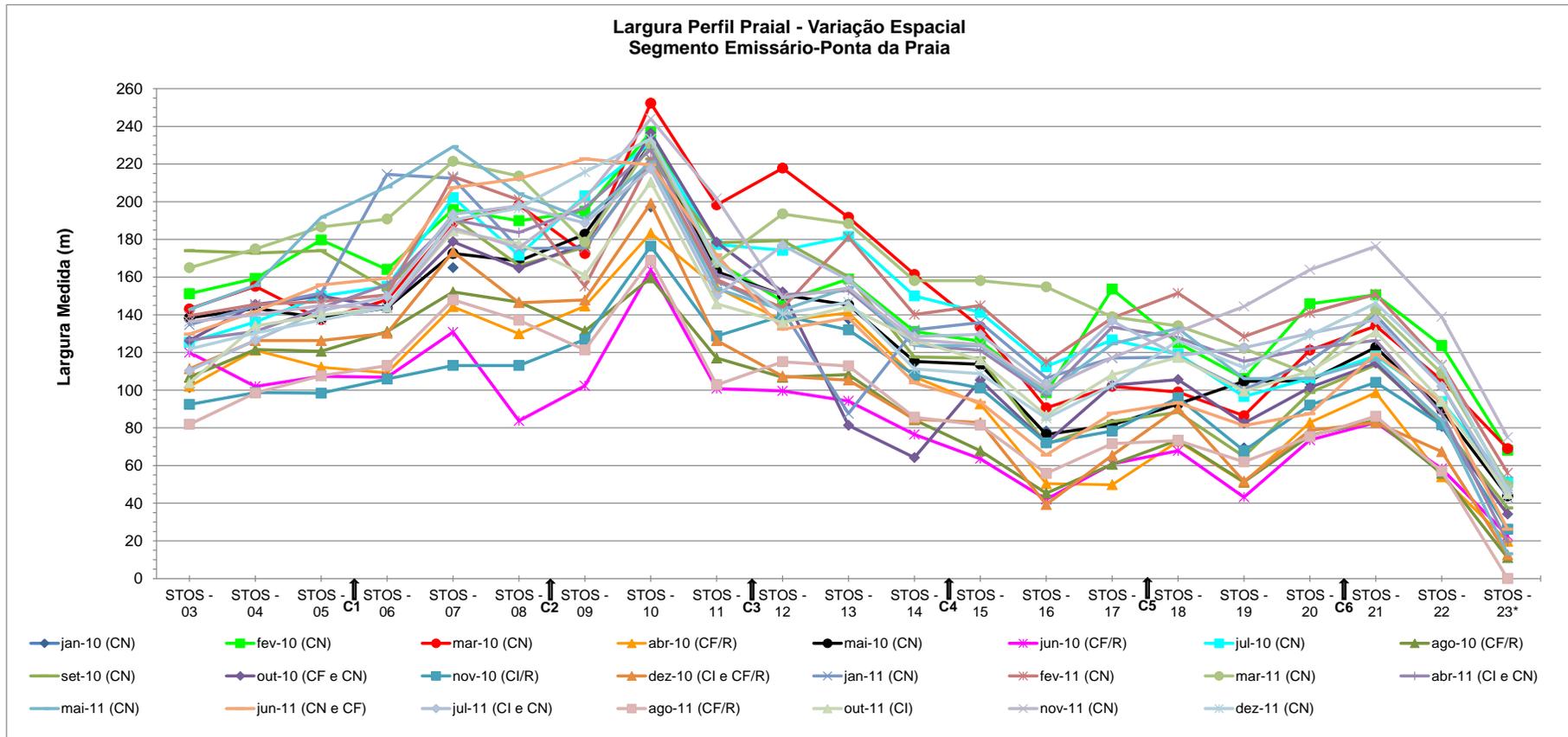


Figura 8.3.3.2-1. Variação espaço-temporal da largura da largura praial no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

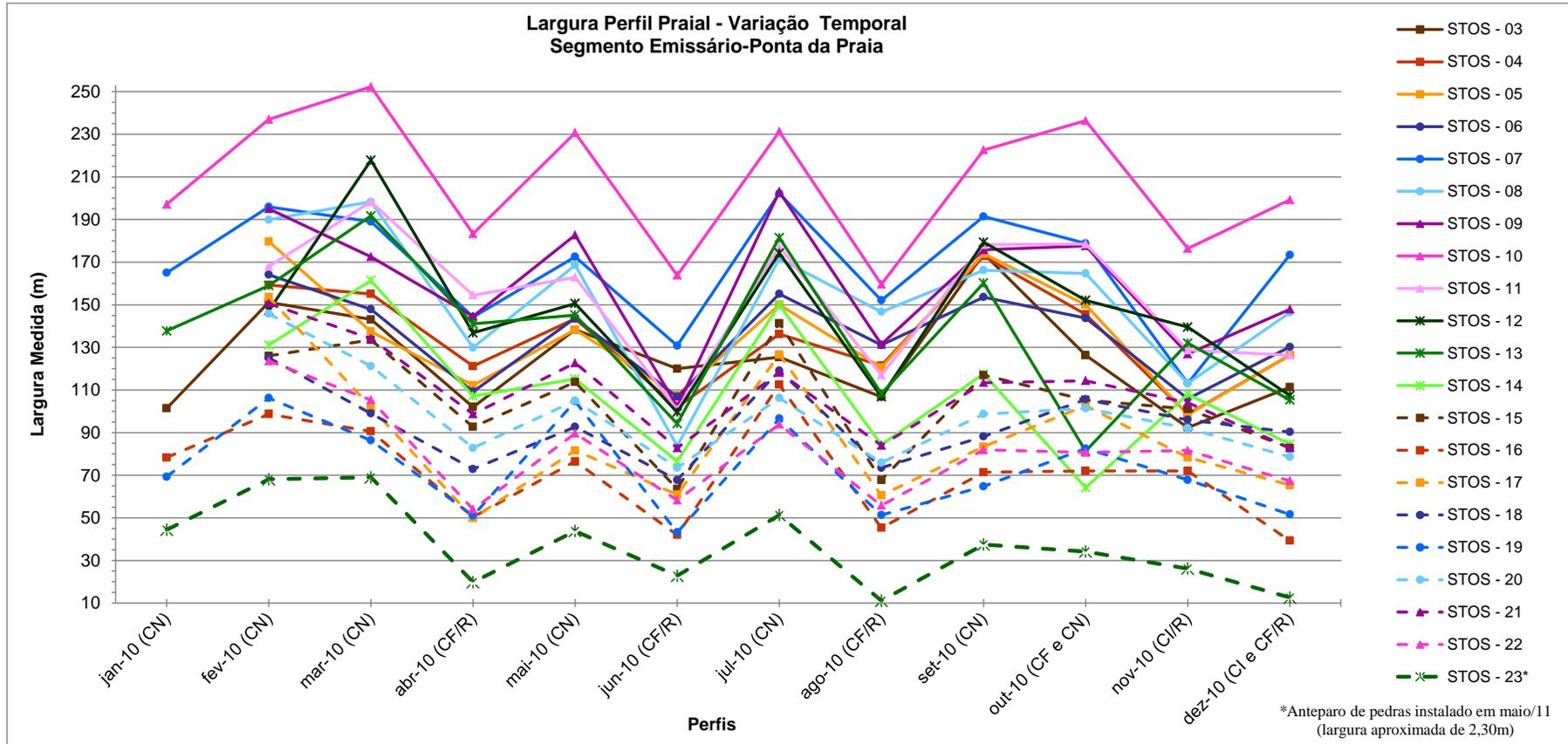


Figura 8.3.3.2-2. Variação têmporo-espacial da largura praial total no segmento Emissário-Ponta da Praia, nos períodos de janeiro-dezembro de 2010 e janeiro-dezembro de 2011.

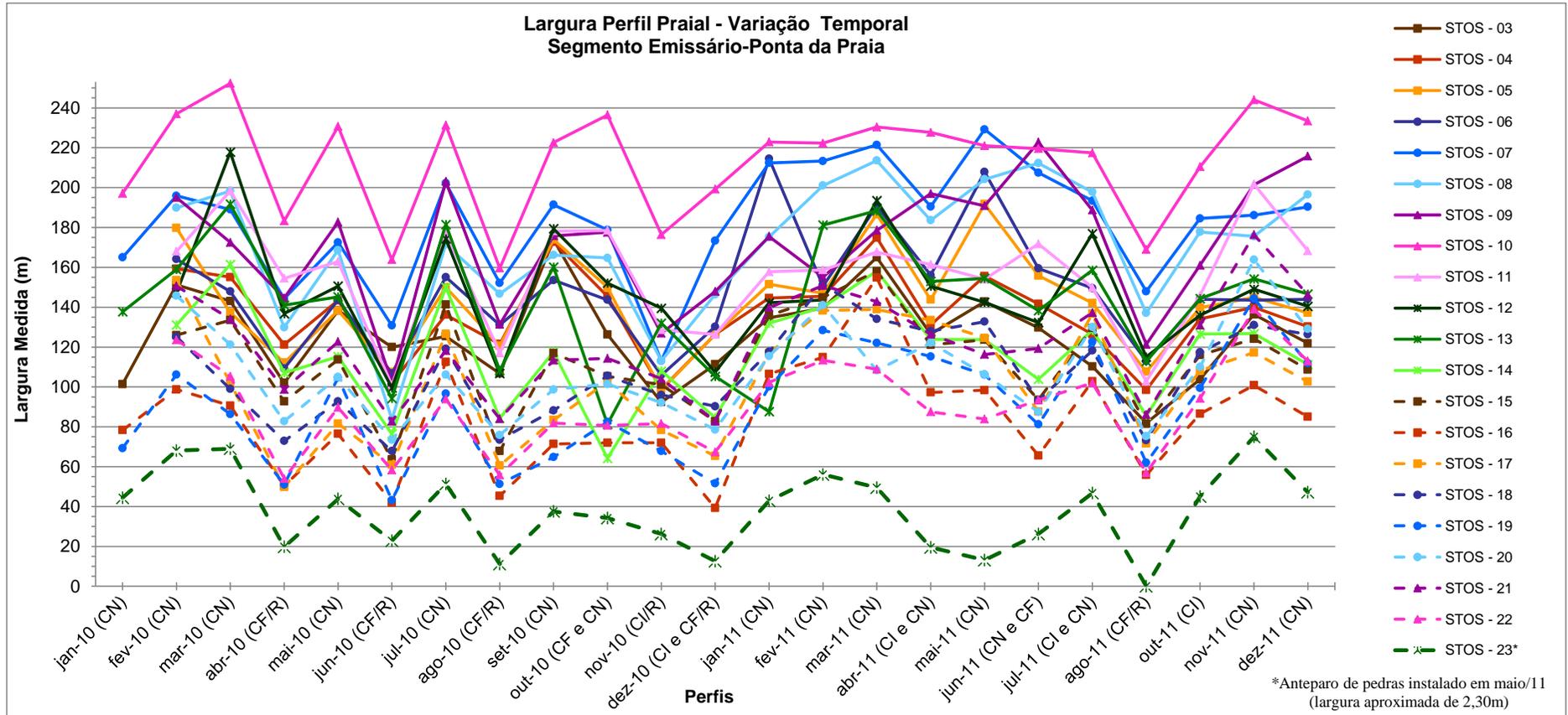


Figura 8.3.3.2-2 (continuação). Variação têmporo-espacial da largura praias total no segmento Emissário-Ponta da Praia, nos períodos de janeiro-dezembro de 2010 e janeiro-dezembro de 2011.

As curvas se mostram sintônicas na maior parte do tempo, estando as maiores variações associadas principalmente a mudanças nas condições meteorológico-oceanográficas. Esse condicionamento é evidenciado por padrões gerais como: larguras menores ocorrendo durante a atuação de ressacas, como esperado e a exemplo dos meses de abril, junho, agosto, novembro e dezembro de 2010, e agosto de 2011; larguras maiores associadas a condições de tempo bom.

Entretanto, a variabilidade da largura ao longo do segmento praiial foi grande, sendo o trecho entre os canais 2 e 3 sempre o mais largo e o setor entre os perfis 16 e 23 o mais estreito de toda a praia.

Entre os perfis, Stos-10 mostrou-se o perfil mais largo durante todo o monitoramento, seguido de Stos-07, cuja largura até chegou a ultrapassar a de Stos-10 em maio de 2011. Stos-23 foi sempre o perfil mais estreito, seguido de Stos-16 e Stos-19.

É interessante notar ainda que, entre o extremo oeste da praia (Emissário) e o Canal 4, os trechos de praia localizados entre os canais de saneamento são invariavelmente mais largos que junto aos canais. Porém, entre os canais 4 e 6 a situação se inverte. Esses comportamentos parecem indicar impactos da presença dos canais no padrão de sedimentação da praia e, portanto, transporte longitudinal.

O *Boxplot* da Figura 8.3.3.2-3 mostra que a média total das larguras desse segmento praiial foi de 128,6 m, sendo de 119,93 m em 2010 e de 136,24 m em 2011. Observa-se ainda grande simetria na distribuição dos valores de largura para cima e para baixo da média, que variaram entre 0 e 252,3 m, valores estes que correspondem respectivamente ao valor mínimo medido em Stos-23 e ao máximo medido em Stos-10 (valores discrepantes). O coeficiente de variação foi de 36,37%.

**Largura Medida Total-Segmento Emissário-Ponta da Praia (jan/10-dez/11)**

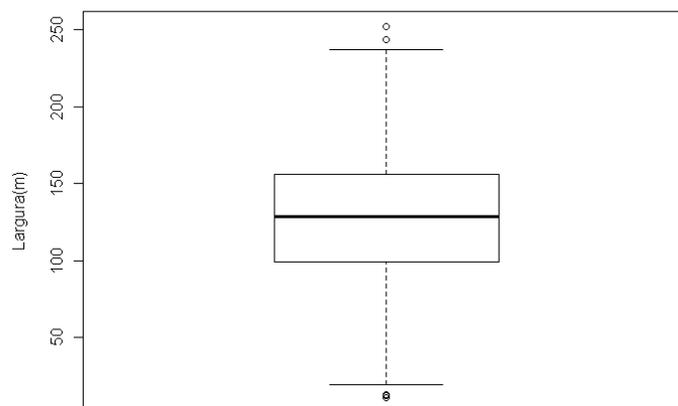


Figura 8.3.3.2-3. *Boxplot* para a largura praial no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

Comparando as médias anuais das larguras de cada perfil desse segmento praial observa-se que, em quase todos os perfis, elas foram maiores em 2011 (Figura 8.3.3.2-4). As razões para isso provavelmente residem nas diferenças de comportamento das condições meteorológicas-oceanográficas nos dois anos. Quando uma praia é atingida por sucessivas ressacas é normal haver redução paulatina de sua largura, como ocorreu em 2010, quando as ressacas se distribuíram ao longo do ano todo. Já em 2011 além de ocorrerem menos eventos, eles se concentraram na temporada de ressacas (abril-setembro), dando mais tempo para a praia se reestabelecer.

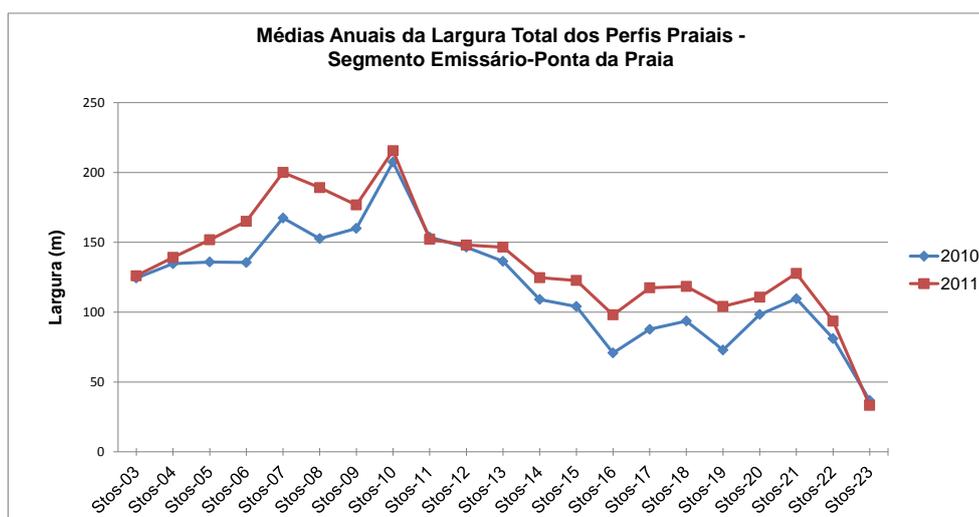


Figura 8.3.3.2-4. Médias das larguras da pós-praia obtidas em 2010 (janeiro-dezembro) e 2011 (janeiro-dezembro) para o segmento Emissário-Ponta da Praia.

Em relação à declividade média da praia, em geral, os perfis deste segmento praiar também apresentaram baixa variabilidade temporal e espacial (Figura 8.3.3.2-5). As curvas se mostram aproximadamente sintônicas na maior parte do tempo, estando as maiores variações condicionadas a mudanças nas condições meteorológico-oceanográficas. Este condicionamento é evidenciado por padrões como: declividades menores associadas a condições de tempo bom, e declividades mais elevadas ocorrendo durante a atuação de frentes frias, em especial aquelas com ressaca, durante ou alguns dias antes do período do monitoramento.

As declividades médias exibiram valores sempre muito baixos, com a média de  $0,8^\circ$  (Figura 8.3.3.2-6).

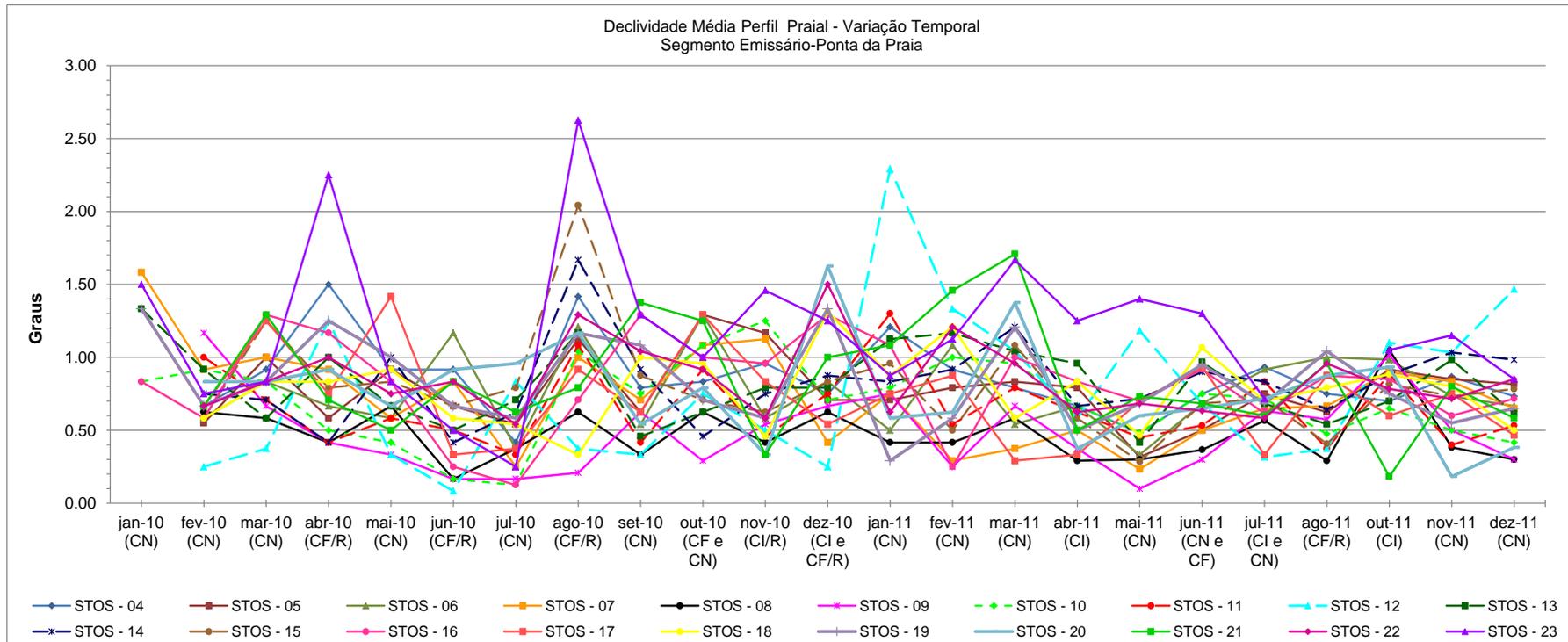


Figura 8.3.3.2-5. Variação têmporo-espacial da declividade média da praia (pós-praia + estirâncio) no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

**Declividade Total-Segmento Emissário-Ponta da Praia (jan/10-dez/11)**

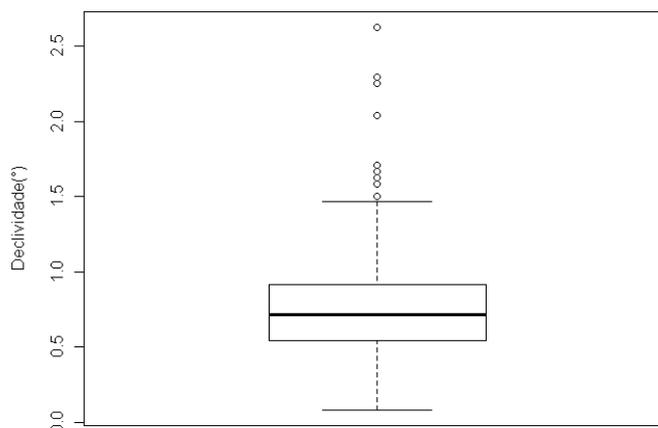


Figura 8.3.3.2-6. *Boxplot* para a declividade média da praia (pós-praia + estirâncio) no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

As variações da média das declividades entre 2010 e 2011 também foram muito pequenas, com valores de 0,79 e 0,75, respectivamente. O coeficiente de variação total foi de 44,28%. Nota-se uma simetria na distribuição dos valores de declividade da praia total, que variaram entre 0° e 2,6°, este último bastante discrepante e associado ao perfil Stos-23 em agosto de 2010, durante uma ressaca de forte intensidade. Na ressaca de abril de 2010 esse mesmo perfil apresentou um valor elevado de declividade média, de 2,25°.

Todos os resultados obtidos a partir da análise dos parâmetros morfométricos deste segmento praiar sugerem que as variações observadas podem ser explicadas em função da ocorrência dos eventos meteorológicos-oceanográficos, destacando-se as condições de tempo bom (normais) e os eventos de alta energia de ondas, como as frentes frias acompanhadas de ressaca.

Portanto, elas não podem ser atribuídas a efeitos da dragagem de aprofundamento do Canal do Porto, nem mesmo na região da Ponta da Praia.

### Comparações dos resultados obtidos com dados de largura praial pretéritos

Tendo como objetivo validar a conclusão de que as variabilidades morfológicas observadas no segmento Emissário-Ponta da Praia durante o período de monitoramento foram somente dependentes das condições meteorológicas-oceanográficas reinantes, são apresentadas a seguir algumas análises de comparação com dados de largura praial antecedentes ao monitoramento.

A primeira análise se refere a uma escala de tempo maior, da ordem de décadas, conforme exibido na Figura 8.3.3.2-7.

Comparando esta figura com a Figura 8.3.3.2-1, observa-se que, de maneira geral, a variação espacial das larguras nos perfis praiais das diferentes décadas (em relação à forma das curvas) é muito semelhante à observada em 2010-2011. Destaca-se a curva de 2009, cuja forma é bastante similar à curva de junho de 2010, lembrando que ambas as situações resultaram de eventos de frentes frias com ressacas.

Em termos de valores absolutos de largura, os valores da Figura 8.3.3.2-7 devem ser comparados com dados obtidos para a pós-praia em 2010-2011 (Figura 8.3.3.2-8). Nota-se que estes são bastante semelhantes aos valores observados nas ortofotos de 2001, embora a forma da curva seja exatamente a mesma da imagem de 2009.

Portanto, pode-se deduzir que o comportamento morfológico observado atualmente no segmento praial Emissário-Ponta da Praia tem sido o mesmo pelo menos desde a última década (2001).

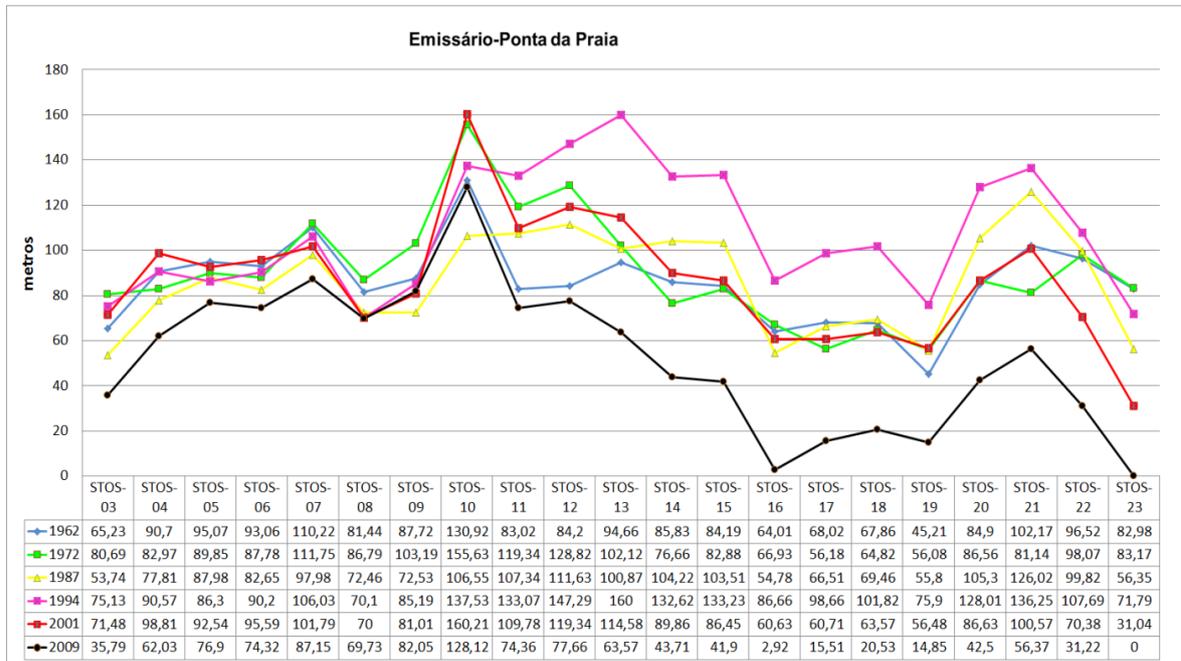


Figura 8.3.3.2-7. Variação das larguras da pós-praia nos perfis praias do segmento Emissário-Ponta da Praia, entre 1962-2009, com base em produtos de sensoriamento remoto (2009 = imagem ©Google Earth) (fonte: Relatório Final do projeto “Variação Espaço-Temporal dos Polígonos Praias no Período de 1962 a 2009/2011”).

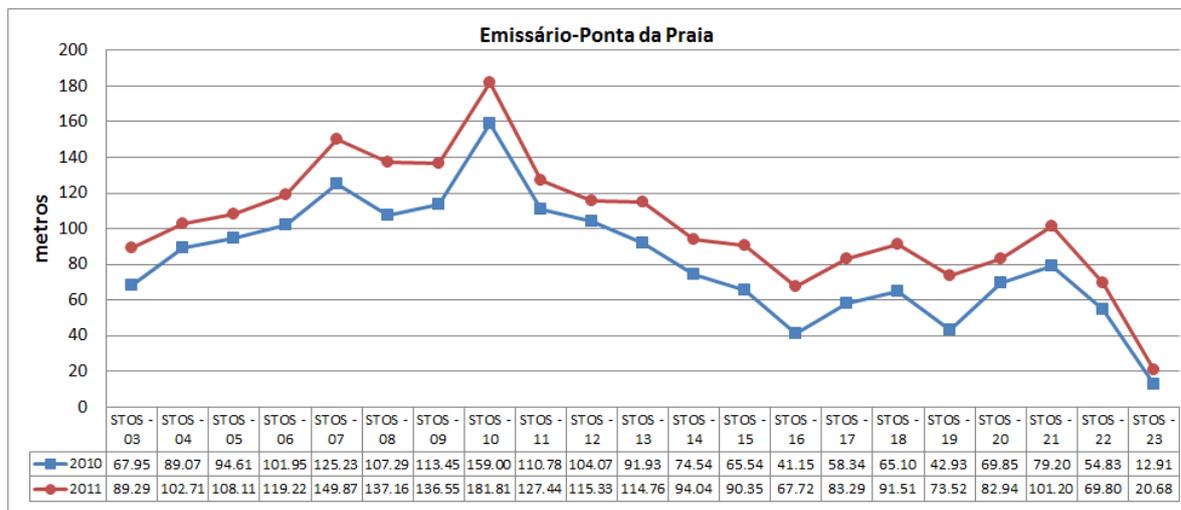


Figura 8.3.3.2-8. Variação das larguras médias da pós-praia nos perfis praias do segmento Emissário-Ponta da Praia, em 2010 e 2011.

Em uma escala de tempo menor, vale a pena também comparar os dados de 2010 e 2011, com os dos levantamentos realizados em 2009, por Garcia-Rosa (2010), nos trechos de praia localizados entre os canais de saneamento (Figura 8.3.3.2-9). Como estes levantamentos foram semanais, para

permitir comparações, os dados foram filtrados selecionando-se aqueles obtidos em fases de marés de quadratura em cada mês e sob as mesmas condições meteorológico-oceanográficas dos monitoramentos. Os resultados obtidos mostram que em 2009 os perfis apresentavam características muito semelhantes às observadas em 2010 e 2011.

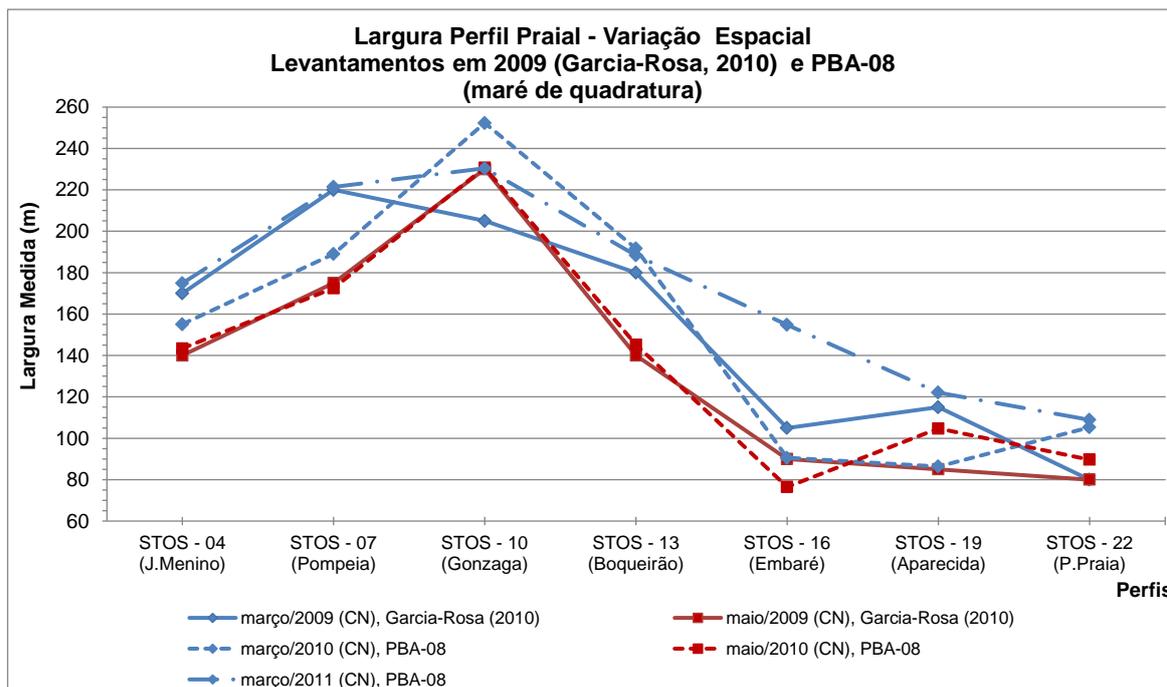


Figura 8.3.3.2-9. Comparação entre os dados de largura praial do trecho entre o Canal (2010) em 2009 (linhas cheias, Garcia-Rosa, 2010), e pelo PBA-08 em 2010 e 2011 (linhas interrompidas).

O trecho entre o Canal 6 e a extremidade leste da Ponta da Praia também foi monitorado durante o ano de 2009, desta vez por Munarin & Freitas (2010). Os procedimentos de filtragem foram os mesmos. Os resultados (Figura 8.3.3.2-10) mostram que praticamente todo esse trecho se apresentava mais erosivo em 2009 do que em 2010/2011, à exceção de abril de 2010, quando ocorreu a mais forte ressaca desse ano, que aparentemente também foi mais intensa do que a ressaca de abril de 2009.

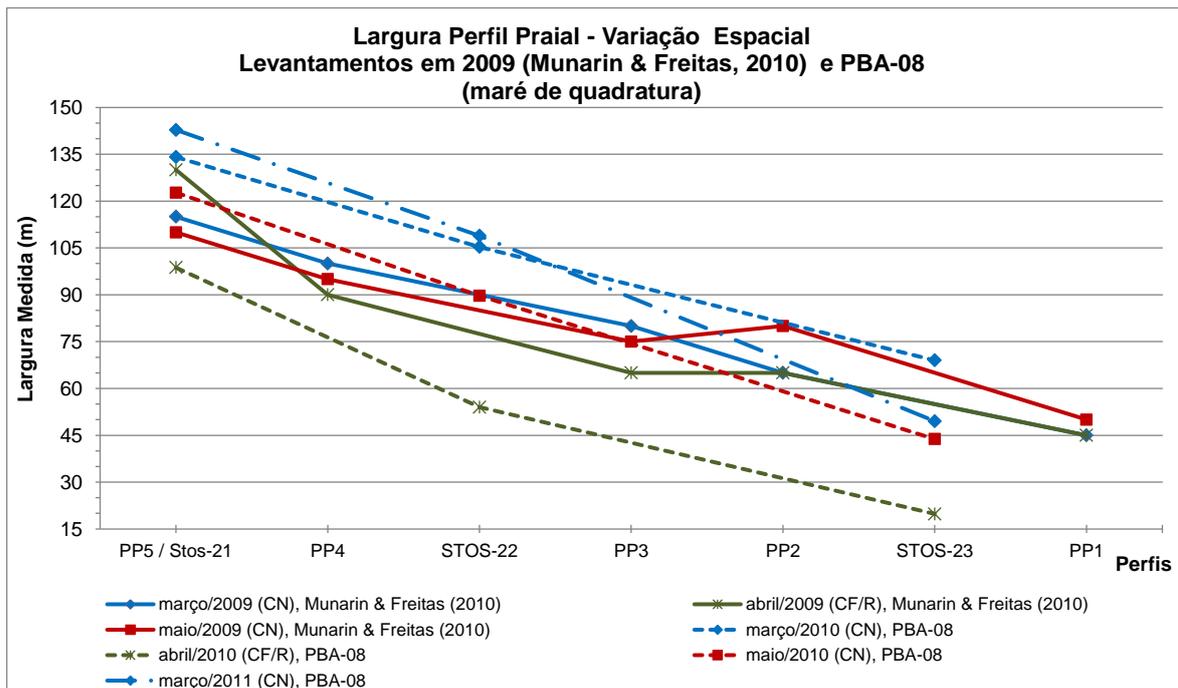


Figura 8.3.3.2-10. Comparação dos dados de largura praial do trecho entre o Canal 6 e a Ponta da Praia, obtidos por Munarin & Freitas (2010) em 2009 (linhas cheias), e pelo PBA-08 em 2010 e 2011 (linhas interrompidas).

Estes resultados demonstram que a Ponta da Praia já sofria erosão acelerada em 2009, lembrando que aquele também foi um ano em que ocorreram muitas ressacas (vide Relatório Final do projeto “*Análise Histórica da Ocorrência de Eventos de Ressaca nos Municípios do Estuário Santista, no Período de 1961 a 2011*”) (Fundespa, 2012).

Por outro lado, nesse contexto não se pode esquecer das contribuições antrópicas à “melhoria” do balanço sedimentar local, pois na Ponta da Praia é recorrente a reposição artificial de areias, especialmente após as ressacas mais intensas, como observado várias vezes durante os dois anos de monitoramento praial (Figuras no item 8.3.3.4).

Considerando uma à escala de tempo decadal (vide Figura 8.3.3.2-6) observa-se que o perfil Stos-23 vem apresentando progressiva diminuição de largura desde 1962.

Porém, bem antes disso, é sabido que já ocorria erosão acelerada na Ponta da Praia de Santos. Entre o início do século passado e 1940 existia uma extensa faixa de areia em toda a Ponta da Praia, que adentrava o Canal Estuarino

(Figuras 8.3.3.2-11 e 8.3.3.2-12). Porém, em meados da década de 1940, parte dessa faixa de areia já havia desaparecido, sendo possível observar erosão acelerada em toda a orla na desembocadura do Canal Estuarino (Figura 8.3.3.2-13).

As causas desse processo erosivo parecem estar principalmente associadas a intervenções antrópicas irreversíveis nessa linha de costa, destacando-se: a construção da avenida à beira-mar sobre a própria praia; a construção de diversas estruturas de lazer, pesca e apoio náutico ao longo do século passado e até recentemente; a implantação de estruturas de “proteção” costeira, como o extenso anteparo de blocos rochosos colocado na área após a ressaca muito forte de abril de 2005.

Entretanto, outras importantes intervenções na região da Ponta da Praia/entrada do Canal Estuarino não podem ser desconectadas desse processo, tais como: a destruição de dunas, depósitos marinhos antigos (cordões litorâneos) e manguezais; a consequente impermeabilização dos terrenos próximos à linha de costa devido à urbanização; mudanças na rede de drenagem costeira, incluindo aterros de canais e dragagens de sedimentos no estuário e na Baía de Santos; e implantação de muitas estruturas nas margens e sobre o Canal Estuarino. Estas afirmações são baseadas em resultados apresentados nos relatórios finais dos projetos “*Variação Espaço-Temporal dos Polígonos Praias no Período de 1962 a 2009/2011*” e “*Marcos Temporais de Alterações Ambientais Devido a Intervenções Antrópicas na Linha de Costa Estuarina de Santos*” (Fundespa, 2012).

**Um navio passa pelo estreito acesso ao porto, entre a Fortaleza da Barra Grande e a Ponta da Praia, observado pelos turistas, em foto-postal de José Marques Pereira, feita nos primeiros anos do século XX:**

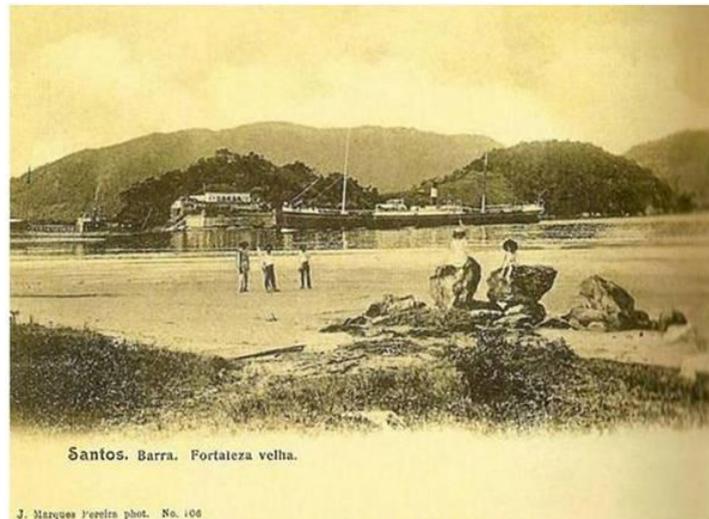


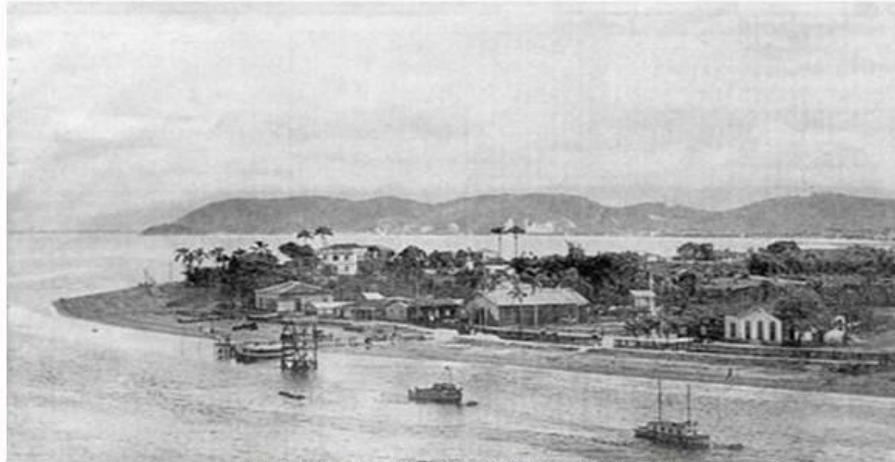
Imagem enviada a *Novo Milênio* por *Ary O. Célilo*, de Santos/SP

**Nesta vista da Ponta da Praia, possivelmente no início da década de 1930, ela ainda é um lugar bucólico, apesar dos postes com a fiação elétrica, sendo então um bairro ocupado por pescadores, e onde turistas iam para se distrair:**



Figura 8.3.3.2-11. Entrada do Canal Estuarino no início do século XX (acima) e no início da década de 1930 (abaixo), quando ainda existiam pequenas dunas vegetadas e uma faixa de praia relativamente larga (fonte: [www.novomilenio.inf.br/santos](http://www.novomilenio.inf.br/santos)).

**A** fotografia mostra a **Ponta da Praia**, onde hoje funcionam os clubes, fotografada do transatlântico francês *L'Atlantique*, em 1932. Antes do início dos chamados "**anos dourados**", a praia ainda não era amurada e tinha um pontão de atracação e um trampolim de madeira. Na imagem, pode-se notar a **Escola de Marinheiros**, logo transformada em **Escola de Pesca e Instituto de Pesca Marítima**, onde hoje é o **Museu de Pesca**:



Reprodução: jornal *A Tribuna* de Santos, 29/8/2003  
Foto: acervo do despachante aduaneiro [Lairé José Giraud](#)

**Anos depois, cerca de 1940, a faixa da praia estava mais aberta, surgindo os clubes náuticos e aumentando o interesse dos turistas:**



Foto enviada a *Novo Milênio* por [Ary O. Célio](#), de Santos/SP

Figura 8.3.3.2-12. Ponta da Praia em meados do século XX (1932 e 1940). Notar a faixa de praia existente em toda a orla do Canal Estuarino, com as estruturas náuticas dos clubes e locais para estacionamento de carros (fonte: [www.novomilenio.inf.br/santos](http://www.novomilenio.inf.br/santos)).



Em 1944, a revista santista *Flama* destacava (na edição de janeiro de 1944), entre os melhoramentos da cidade na gestão do [prefeito Antonio Gomide Ribeiro dos Santos](#), a realização da balaustrada no paredão em frente ao mar, e o meio-fio assente na Avenida Bartolomeu de Gusmão, "que dentro em breve será pavimentada":

Registra o jornalista e cartofilista [José Carlos Silveiras](#): "Há muitos detalhes mostrados neste cartão postal editado pela Wessel no início dos anos 40. Em primeiro plano já aparece a sede atual do [Clube de Regatas Saldanha da Gama](#), tendo ao lado um barracão do [Vasco da Gama](#) e terrenos vazios aonde seriam construídos os outros clubes. Mais à esquerda aparece a antiga Escola de Aprendizes Marinheiros (atual [Museu de Pesca](#)). Acima, à direita, entre os canais 6 e 5, um círculo mostra o que era o [Jockey Club](#), onde se realizavam corridas de cavalos com apostas e tudo. É curioso notar que havia um longo trecho de praias com barcos pesqueiros e casinhas de pescadores, onde hoje há a avenida e as muretas":



Foto: Acervo José Carlos Silveiras/Santos Ontem



Figura 8.3.3.2-13. Ponta da Praia e desembocadura do Canal Estuarino (fonte: [www.novomilenio.inf.br/santos](http://www.novomilenio.inf.br/santos)). Acima, em 1944, durante a construção da balaustrada sobre um muro/mureta de contenção (notar a faixa de praia já bastante restrita e evidências de ocorrência de ressaca). No meio e abaixo, provavelmente após essa época, quando não existia mais aquela faixa de areia; no interior do canal ainda se observa uma faixa de areia (área do píer). Abaixo, indicação do local aproximado do perfil de monitoramento Stos-23.

### **8.3.3.3. Granulometria dos sedimentos do estirâncio**

As características texturais dos sedimentos ao longo do segmento Emissário-Ponta da Praia, também se apresentaram muito homogêneas durante os dois anos de monitoramento, tanto em termos de variação temporal, quanto de variação espacial ao longo da praia (Figuras 8.3.3.3-1 e 8.3.3.3-2). Salvo algumas poucas exceções, os valores se enquadraram em intervalos de pequena amplitude de variação (pequenos desvios-padrões).

As areias desse segmento praiar são invariavelmente muito finas e muito bem selecionadas, predominando as leptocúrticas e simétricas.

O diâmetro médio variou de 3,07 a 3,43 phi (ambos areias muito finas), com média de 3,25 phi. A maior variabilidade ocorreu no perfil Stos-19 em 2010, e em Stos-20 em 2011, mas foi muito baixa para os demais perfis nos 2 anos.

O desvio padrão (grau de seleção) variou de 0,51 (moderadamente/bem selecionado) a 0,17 phi (muito bem selecionado), com média de 0,25 phi (bem selecionado). A maior variabilidade ocorreu no perfil Stos-19 em 2010, e em Stos-23 e Stos-22 em 2011; nos demais perfis foi muito baixa.

A curtose variou de 0,8 (platicúrtica) até 1,5 (leptocúrtica), com média de 1,2 (leptocúrtica) excluindo-se dois valores anômalos de 2,40 (muito leptocúrtica) em Stos-19 (2010), e 3,02 (extremamente leptocúrtica) em Stos-23 (2011). Para o ano de 2010 observou-se grande variabilidade de valores em todos os perfis e ao longo da praia, em especial no perfil Stos-19. Já em 2011, a variabilidade foi baixa em cada perfil e ao longo da praia. Estas diferenças estão relacionadas à maior ocorrência de eventos de alta energia de ondas em 2010 e ao fato de que, em 2011, apenas uma ressaca coincidiu com dias de monitoramento nessa praia. Por outro lado, a variabilidade espacial ao longo da praia indica que, de maneira geral, ocorreu um aumento relativo e crescente nos valores médios, do setor oeste (Stos-03) para o setor leste (Stos-23), sugerindo decréscimo da energia de ondas de W para E. Estes resultados são compatíveis com a variabilidade de altura de ondas observada na Figura 8.3.3.1-1, apresentada anteriormente.

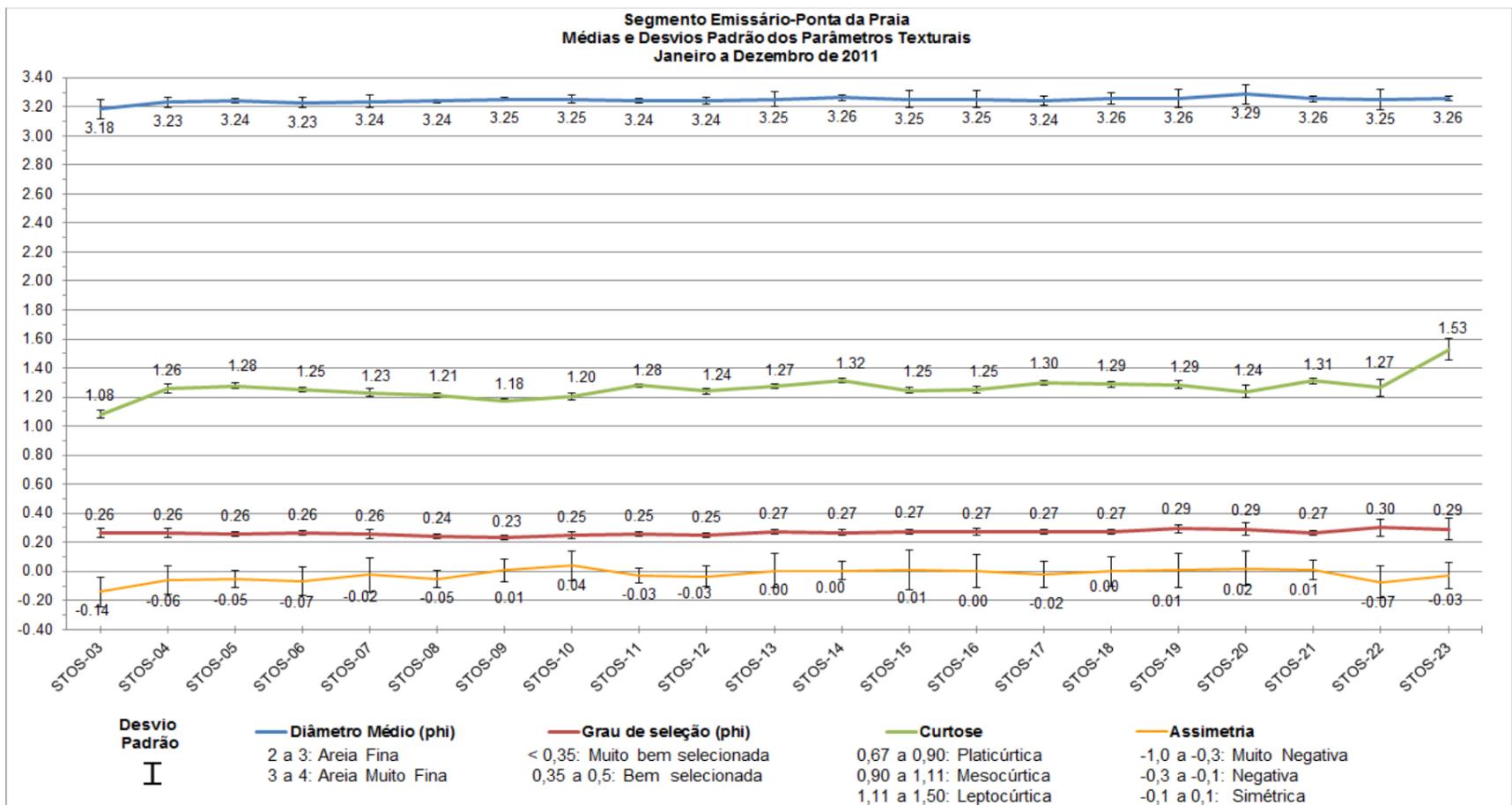
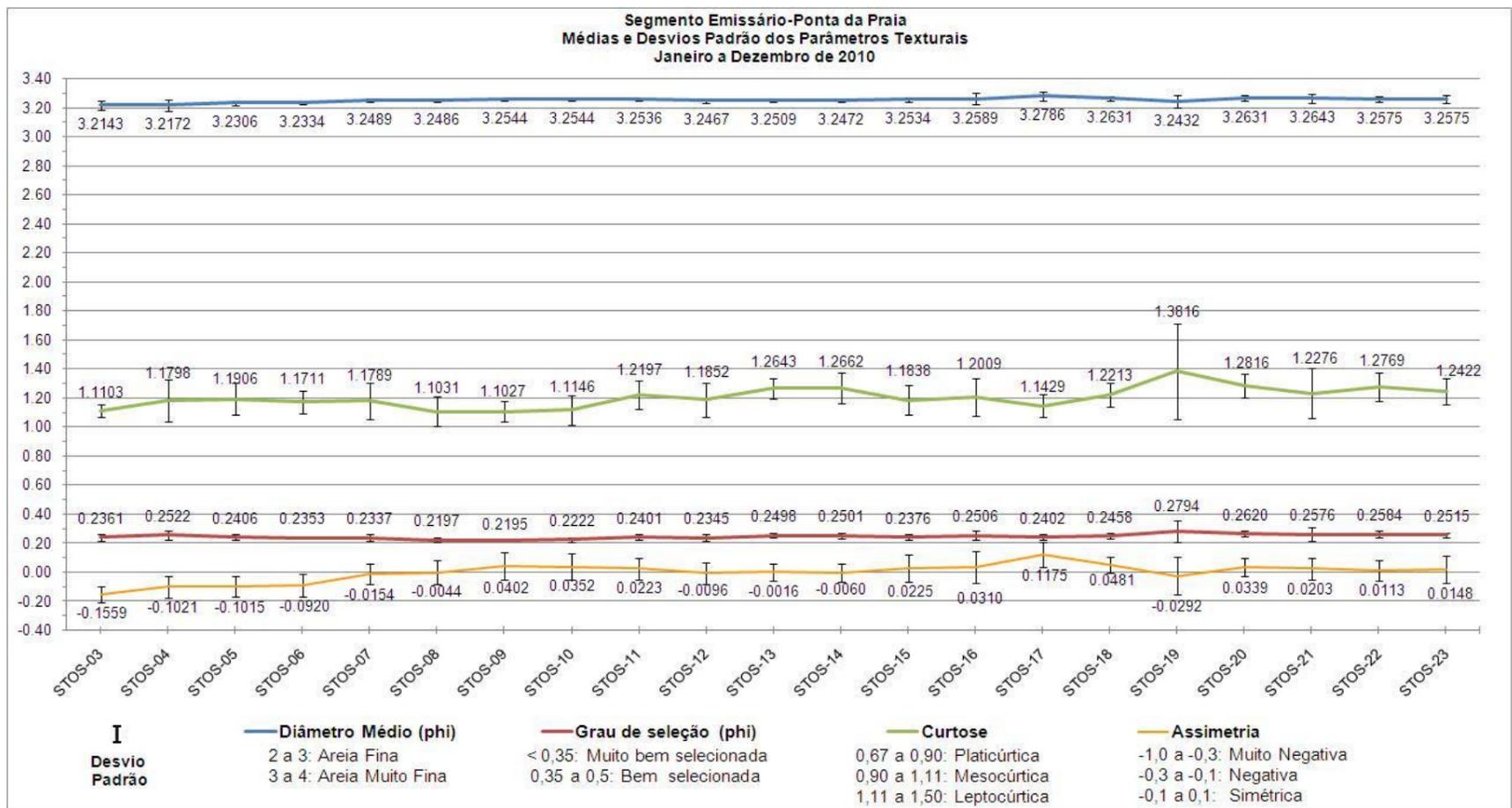


Figura 8.3.3.3-1. Médias e respectivos desvios-padrões dos parâmetros texturais dos sedimentos (estirâncio) do segmento Emissário-Ponta da Praia, nos períodos de janeiro-dezembro de 2010 e janeiro-dezembro de 2011.

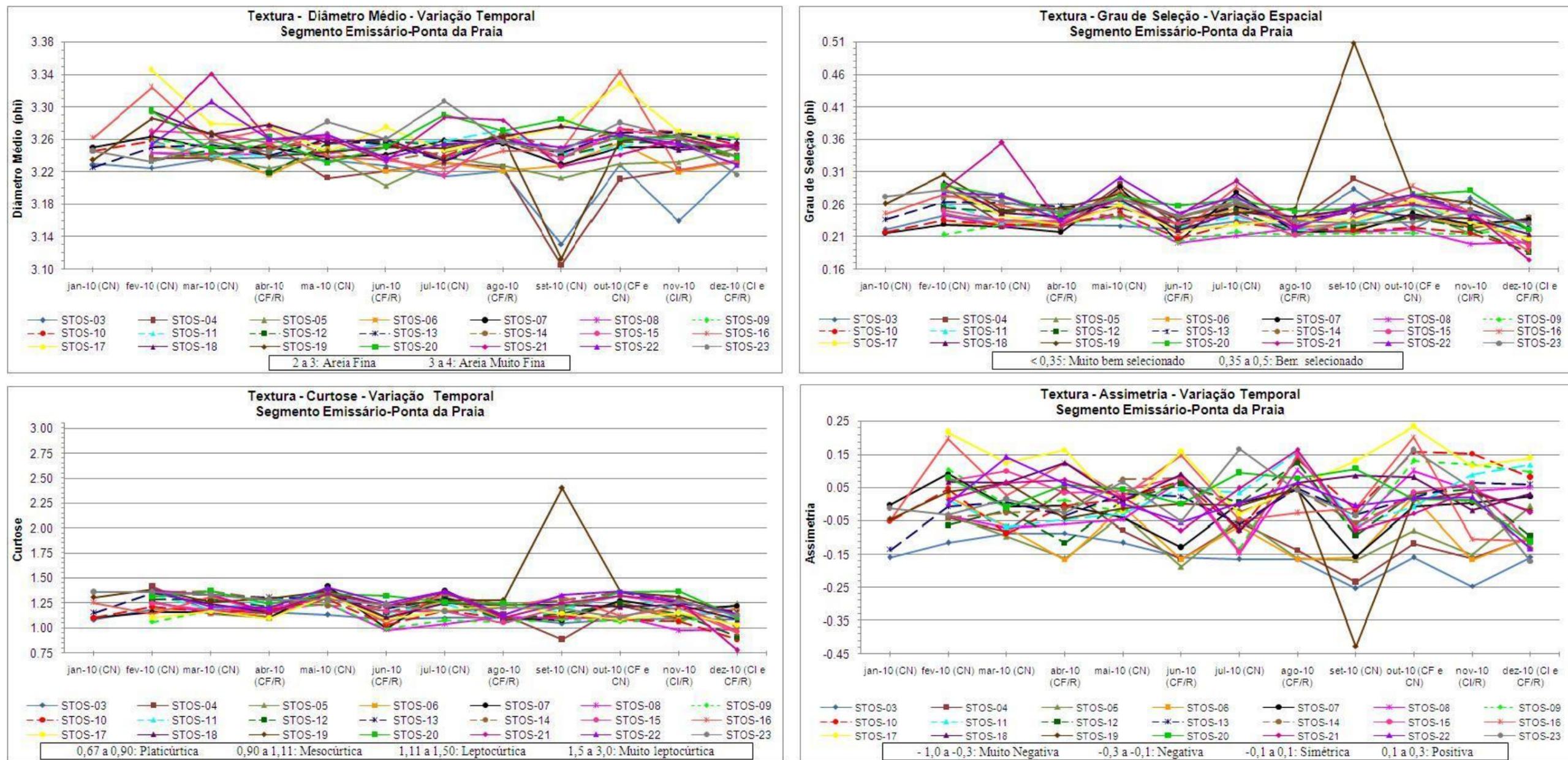


Figura 8.3.3.3-2. Variação têmporo-espaical dos parâmetros texturais dos sedimentos (estirâncio) do segmento Emissário-Ponta da Praia, nos períodos de janeiro-dezembro de 2010 e janeiro-dezembro de 2011.

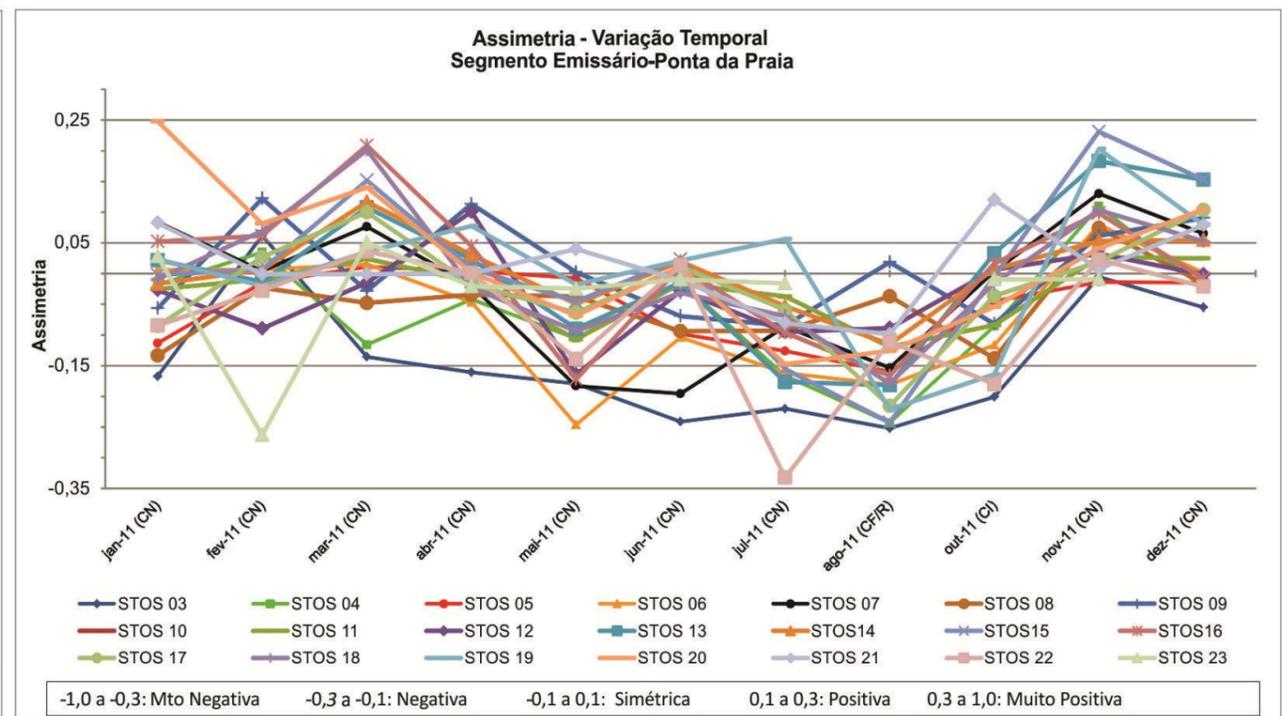
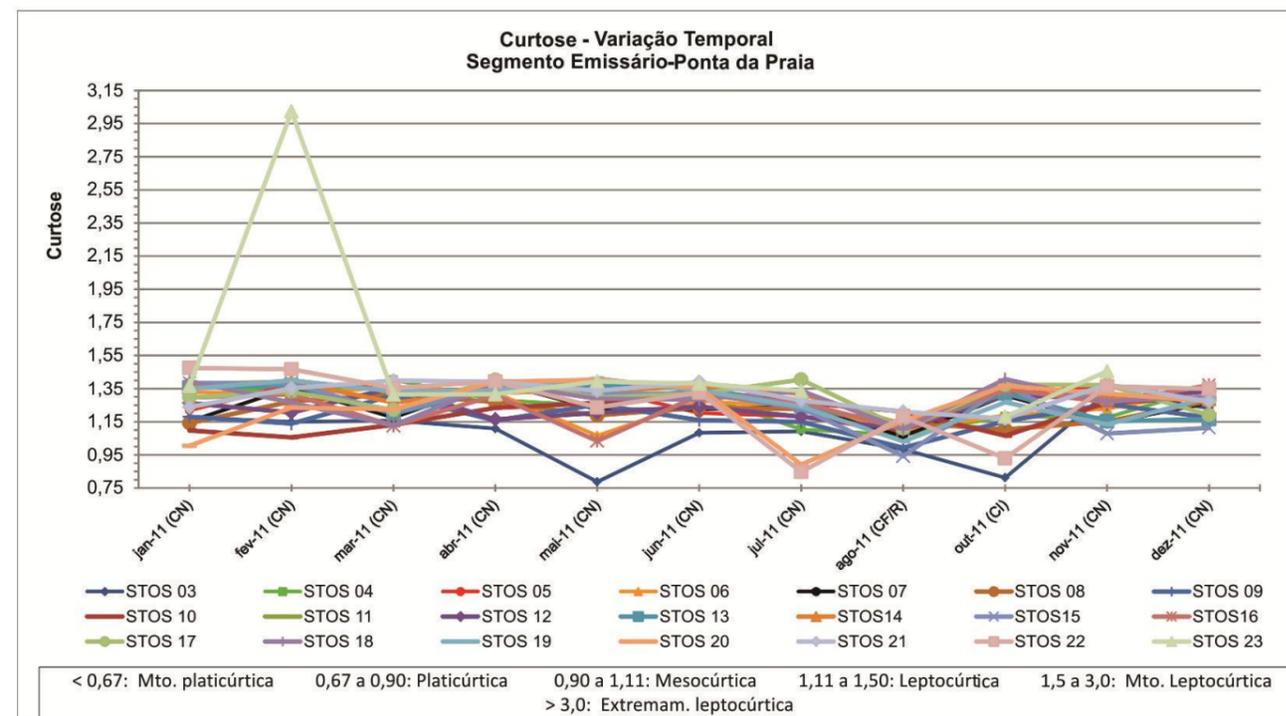
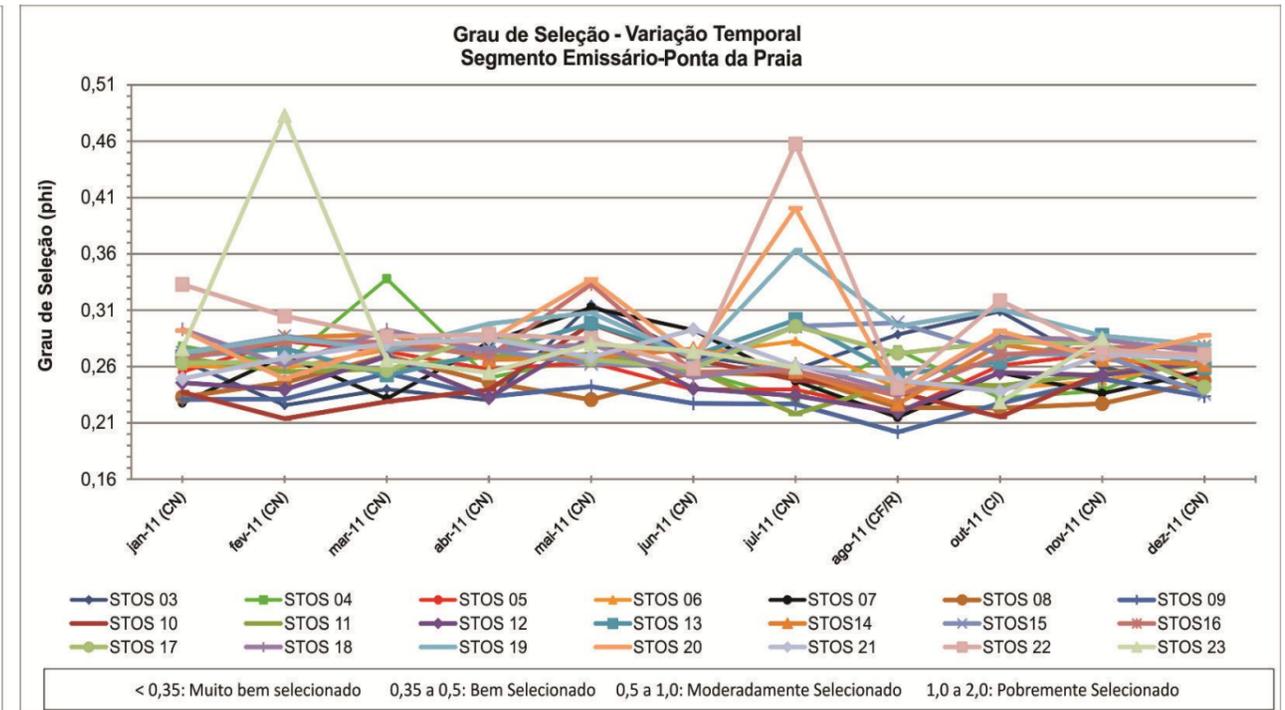
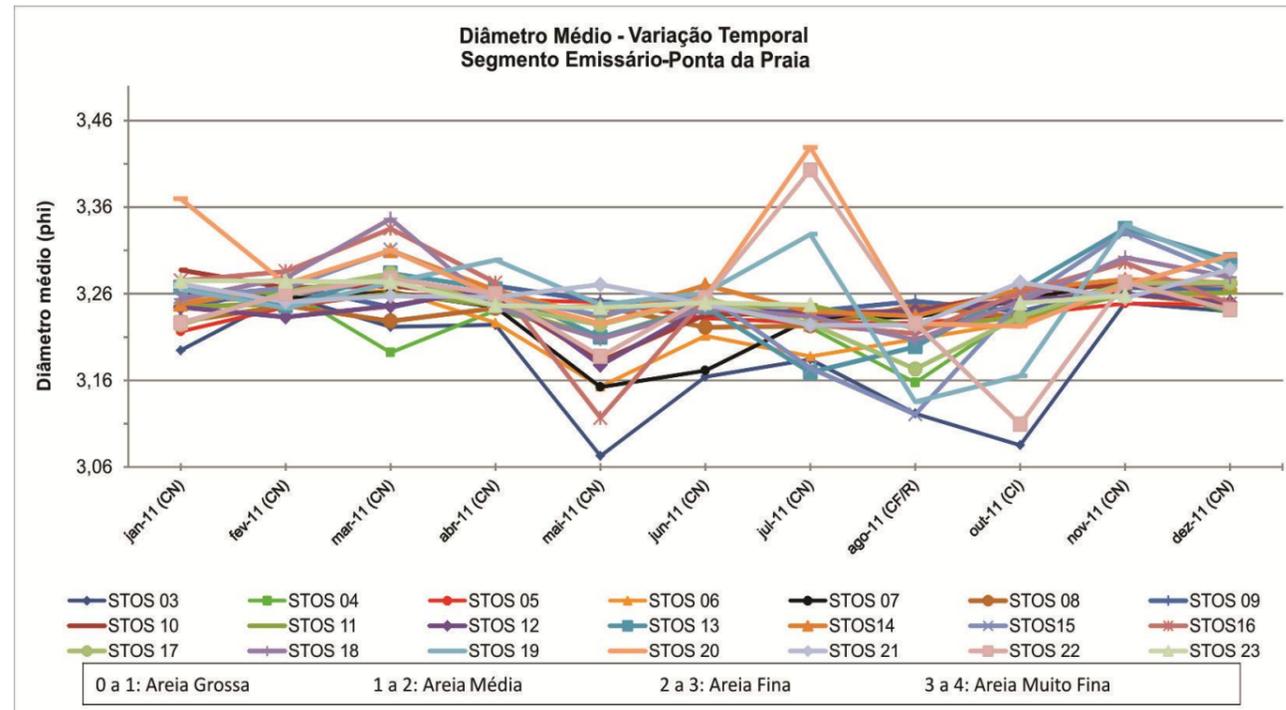


Figura 8.3.3.3-2 (continuação). Variação tempo-espacial dos parâmetros texturais dos sedimentos (estirâncio) do segmento Emissário-Ponta da Praia, nos períodos de janeiro-dezembro de 2010 e janeiro-dezembro de 2011.

A assimetria variou de -0,4 (muito negativa) a 0,2 (positiva), com média de 0,0 (simétrica). Este parâmetro apresentou variabilidade em todos os perfis e ao longo dos 2 anos de monitoramento, indicando que as dispersões de finos e grossos nas modas dos sedimentos foi diferente ao longo da praia e do tempo. Em 2010, a maior variabilidade foi observada no perfil Stos-19. As assimetrias mais negativas ocorreram no setor oeste da praia, entre os perfis Stos-03 e Stos-07, indicando que ali há relativamente maior quantidade de grossos dispersos na moda dos sedimentos. Os valores mais positivos, portanto, com maior quantidade de partículas finas na moda, estiveram nos perfis Stos-17 e Stos-18, seguidos de Stos-09 e Stos-10. Em 2011, a maior variabilidade foi em Stos-15. Os valores mais negativos estiveram concentrados novamente no setor oeste da praia (entre Stos-03 e Stos-08) e também no extremo leste em Stos-22 e Stos-23. Os mais positivos predominaram em Stos-10.

Neste tipo de praia, de morfodinâmica predominantemente dissipativa de baixa energia e onde a energia de ondas é em geral baixa, as variações da assimetria estarão intimamente relacionadas com o transporte longitudinal. Isto ocorre porque irá prevalecer o transporte seletivo (os finos são transportados para sotamar e os grossos permanecem e se concentram no local/barlamar), salvo quando ocorrerem alterações forçadas por eventos meteorológico-oceanográficos anômalos (ressacas). Assim, as áreas com concentração de partículas mais grossas estarão relacionadas àquelas com predomínio de erosão (e, conseqüentemente, maior energia relativa de ondas), e as com concentração de mais finos às com predomínio de deposição. Essas interpretações são compatíveis com os resultados obtidos com as células de deriva litorânea, apresentados no próximo item.

Em síntese, a variabilidade temporal dos parâmetros texturais mostrou que em condições de frontogênese com ressaca ocorre relativo afinamento dos grãos e aumento do grau de seleção dos sedimentos, acompanhados de diminuição da curtose (aumento de energia) e aumento das partículas finas na moda. Isto se dá em decorrência da migração vertical do perfil praial, rumo ao continente, durante esses eventos, sendo que a amostragem de sedimentos (baixo estirâncio) passa a ser feita em local normalmente ocupado pela pós-praia, onde os sedimentos

são em geral mais finos e melhor selecionados devido ao retrabalhamento eólico que sofrem constantemente.

Finalmente, a análise de correlação entre o diâmetro médio e o desvio padrão (grau de seleção) nessa praia resultou em um valor de  $R^2$  extremamente baixo (Figura 8.3.3.3-3), indicando que as pequenas variações do diâmetro médio (todos dentro da classe de areia muito fina) não influenciaram o grau de seleção (predominantemente muito bem selecionado).

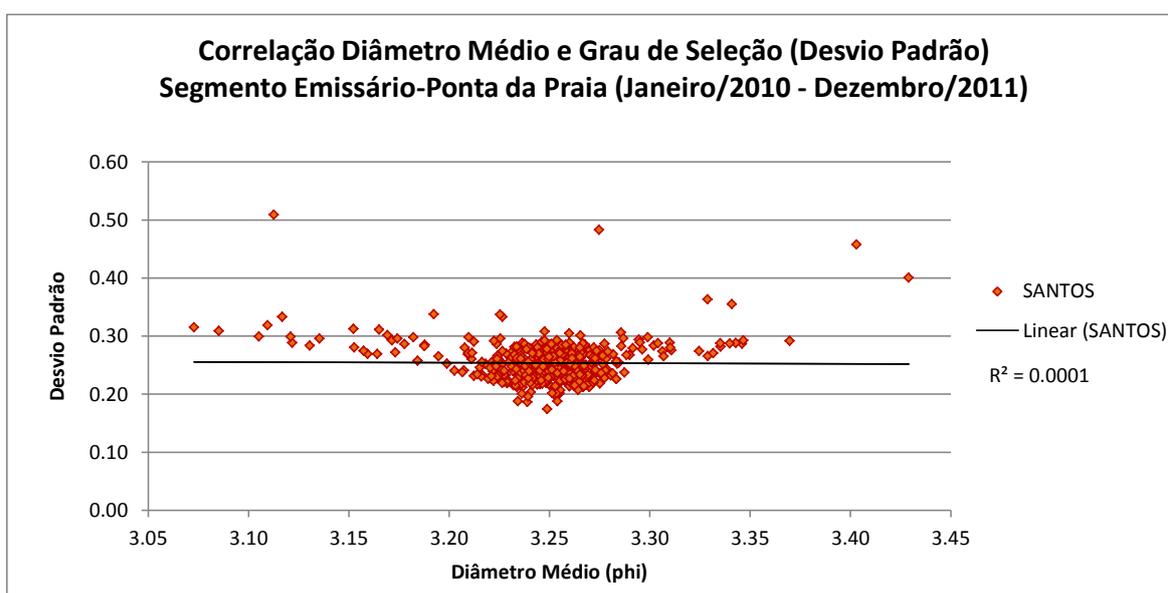


Figura 8.3.3.3-3. Correlação entre diâmetro médio e desvio-padrão dos sedimentos (estirâncio) do segmento Emissário-Ponta da Praia, para o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

Da mesma forma, a correlação entre o diâmetro médio e a curtose (Figura 8.3.3.3-4) também resultaram em muito baixo  $R^2$ , indicando que o diâmetro médio não é muito afetado pelas variações de energia de onda nessa praia.

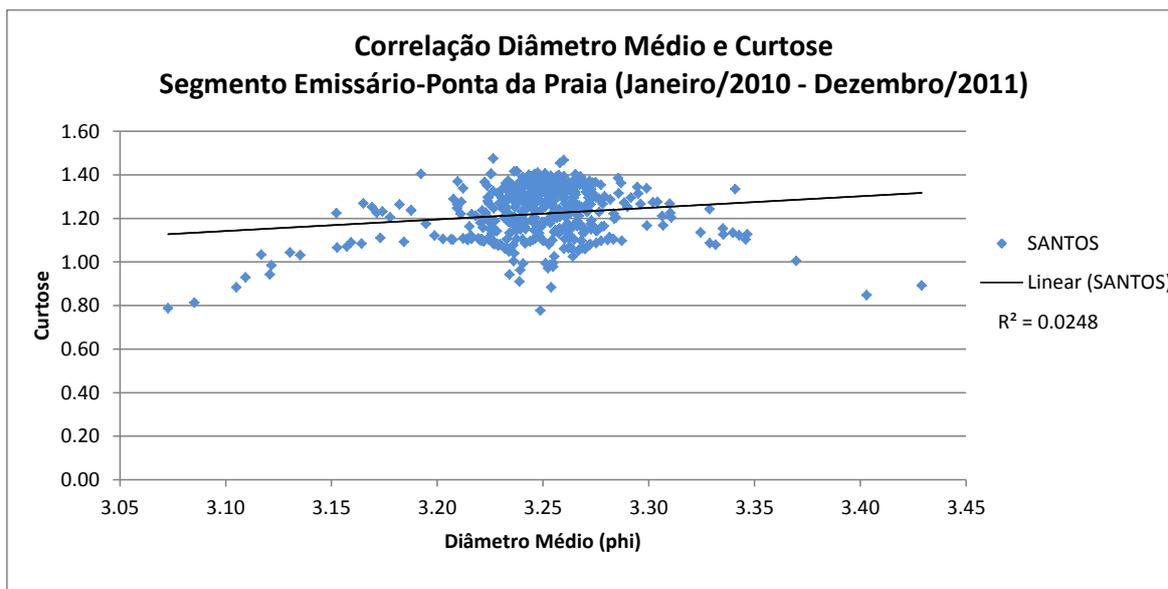


Figura 8.3.3.3-4. Correlação entre diâmetro médio e assimetria dos sedimentos (estirância) do segmento Emissário-Ponta da Praia, para o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

Por outro lado, a comparação entre o diâmetro médio e a assimetria (Figura 8.3.3.3-5), resultou em uma boa correlação positiva, indicando que, como esperado, a presença de finos na moda induz a um afinamento relativo da granulometria dessas areias muito finas (aumenta o valor de phi), e a presença de partículas mais grossas resulta no engrossamento relativo das mesmas (diminui o phi).

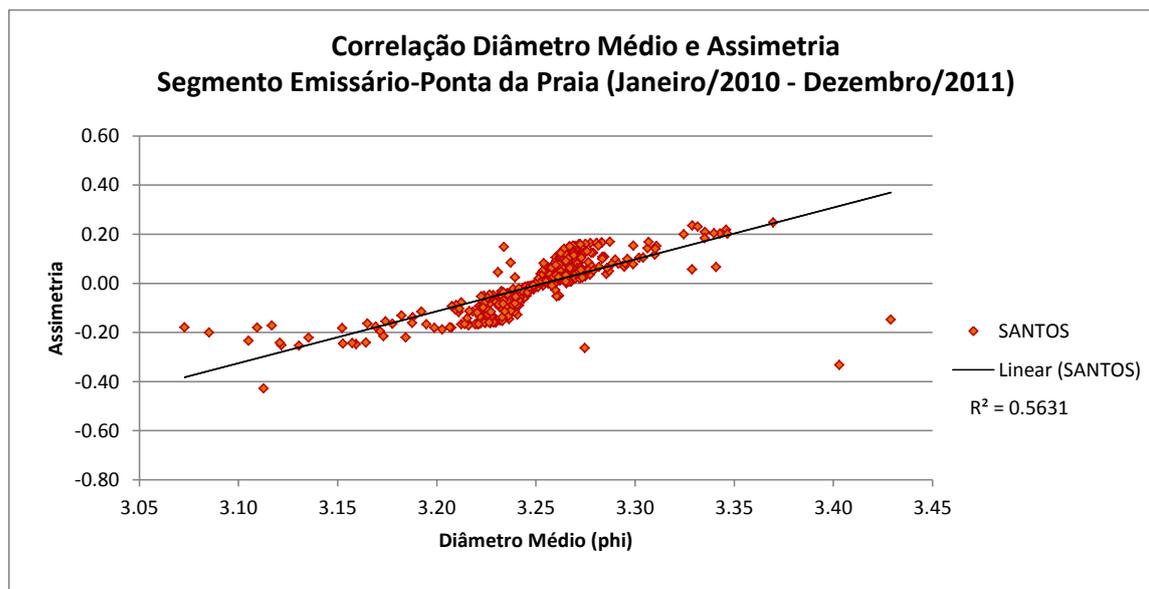


Figura 8.3.3.3-5. Correlação entre diâmetro médio e assimetria dos sedimentos (estirância) do segmento Emissário-Ponta da Praia, para o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

Todos os resultados sobre o comportamento textural do segmento Emissário-Ponta da Praia mostram que os sedimentos são muito maduros e que durante o período amostral, não foram modificados. A pouca variabilidade ocorrida foi reflexo de mecanismos naturais de transporte ao longo da praia e atuação de eventos meteorológicos-oceanográficos anômalos.

#### 8.3.3.4. Células de deriva litorânea

O comportamento dos perfis do segmento Emissário-Ponta da Praia, em relação aos processos que determinam as células de deriva litorânea é exibido na Tabela 8.3.3.4-1.

Os resultados do perfil Stos-23 devem ser vistos com cautela, pois durante os dois anos de monitoramento ocorreram muitas intervenções antrópicas no local (meses marcados com \* na Tabela 8.3.3.4-1), que modificaram os parâmetros morfológicos e até texturais da praia, os quais são os pilares do método de identificação das células de deriva litorânea.

Em geral, após as ressacas mais fortes de 2010 e de 2011, era colocada areia proveniente da pós-praia do perfil Stos-22 (segundo relato de trabalhadores

locais), ou da região entre os canais 1 e 4 (indícios de campo). Estas interferências antrópicas foram claramente observadas nas campanhas dos meses de maio, julho e setembro de 2010 e janeiro de 2011, quando se notou a colocação de areias “novas”. No entanto, as maiores alterações da morfologia da praia se deram após a ressaca de 03-04 de maio de 2011, quando foi feito o prolongamento do anteparo de blocos rochosos até a rampa de acesso à praia, resultando no soterramento da pós-praia no perfil Stos-23 (Figura 8.3.3.4-1). Nos meses seguintes houve colocação de areia sobre o anteparo e no entorno, parte da qual foi erodida durante a ressaca de agosto de 2011 (Figura 8.3.3.4-1). A última grande intervenção nesse trecho foi em outubro de 2011, quando o perfil foi reafeiçoado mecanicamente com a colocação de grande quantidade de areia (Figura 8.3.3.4-2).

Tabela 8.3.3.4-1. Síntese do comportamento dos perfis, do segmento Emissário-Ponta da Praia, em relação aos processos envolvidos na célula de deriva litorânea (E = Erosão, D = Deposição, T = Transporte; L = Leste, W = Oeste). Para os cálculos das ocorrências foram excluídos os resultados de janeiro de 2010, porque nem todos os perfis foram realizados nesse mês. O “\*” em alguns meses do perfil Stos-23 indica quando as intervenções antrópicas na praia podem ter comprometido os resultados deste e dos seus vizinhos.

PERFIS	2010												2011												N° Ocorrências Erosão (E)	N° Ocorrências Transporte (T)	N° Ocorrências Deposição (D)	Processo Dominante	Processo Dominante (%)
	jan/10	fev/10	mar/10	abr/10	mai/10	jun/10	jul/10	ago/10	set/10	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	out/11	nov/11	dez/11						
STOS-03	E	E	E	E	D	D	E	E	D	D	E	E	E	D	E	E	E	E	E	E	D	D	15	0	7	E	68,2		
STOS-04	T	T	D	E	T	T	D	E	E	T	T	T	T	E	T	T	T	T	T	D	T	T	4	15	3	T	68,2		
STOS-05		D	D	E	D	E	D	E	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	T	E	E		5	4	13	D	59,1		
STOS-06		D	E	E	D	E	E	E	E	D	E	E	D	E	E	E	E	E	E	D	D		11	4	7	E	50		
STOS-07	T	T	T	D	E	T	D	D	T	E	T	D	T	D	D	E	E	D	T	D	E	T	5	9	8	T (D)	41 (36.4)		
STOS-08		E	D	E	D	D	T	E	T	T	T	T	E	T	T	T	D	T	T	T		6	12	4	T	54,5			
STOS-09		E	D	D	E	E	E	D	T	T	T	T	D	T	E	D	E	T	E	T	E		8	7	7	E (T/D)	36.4 (31.8)		
STOS-10	D	D	E	T	D	D	D	E	D	D	D	D	D	T	T	D	T	T	D	T	T		3	9	10	D	45,5		
STOS-11		E	D	E	E	E	T	D	E	E	T	T	E	T	E	D	T	D	T			10	8	4	E	45,5			
STOS-12		E	D	E	D	D	T	D	T	D	E	T	E	E	T	D	D	E	E	D		8	5	9	D (E)	40.9 (36.4)			
STOS-13	E	D	T	T	E	T	E	T	D	T	D	T	D	D	D	T	D	E	E	D	E		6	7	9	D	41		
STOS-14		E	E	D	D	E	D	E	E	E	E	T	E	T	E	E	D	D	D	E	E	T	13	3	6	E	59,1		
STOS-15		D	D	D	D	D	E	D	D	D	D	D	D	T	E	T	D	E	E	E	D		6	4	13	D	59,1		
STOS-16	D	T	E	E	E	E	T	E	E	E	E	E	E	E	T	D	T	T	T			13	8	1	E	59,1			
STOS-17		E	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	D	T	E		3	2	17	D	77,3			
STOS-18		D	E	D	E	D	E	E	D	D	D	D	D	D	E	D	T	T	T			8	4	10	D	45,5			
STOS-19	E	E	D	E	T	E	D	T	E	E	E	T	D	E	D	T	D	E	E	D	T		10	6	6	E	45,5		
STOS-20		D	E	D	D	D	E	D	D	D	D	D	D	E	E	D	T	T	D			7	2	13	D	59,1			
STOS-21		D	D	E	E	E	E	E	E	E	D	D	D	E	D	E	D	E	D	E	E		6 (- meses*)	0	5 (- meses*)	E/D	54.5 (45.5)		
STOS-22		T	E	D	T	T	T	D	D	T	T	T	E	T	D	E	D	E	T	T		1 (- meses*)	6 (- meses*)	4 (- meses*)	T	54,5			
STOS-23	D	E	D	E	D*	D	D*	E	E*	E	E	E	D*	E*	D*	E*	D*	D*	D*	D*	D*		8 (- meses*)	0	3 (- meses*)	E	72,7		
RUMO RESULTANTE		W	L/W	L/W	L	W	L	L	L	L/W	L	W	L/W	L/W	W	L	W	L/W	L	L/W	L	L/W							

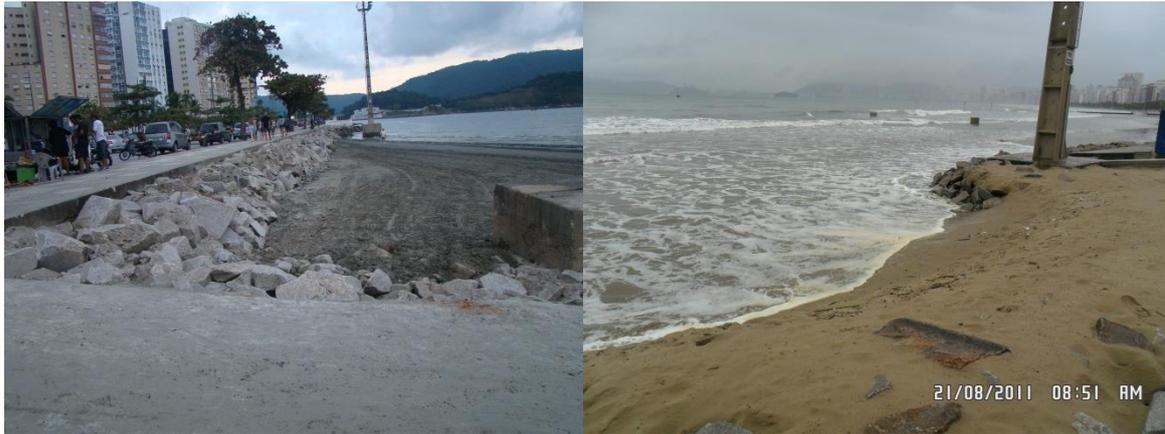


Figura 8.3.3.4-1. Perfil Stos-23: (à esquerda) após a forte ressaca dos dias 03-04 de maio de 2011, exibindo o prolongamento do anteparo de blocos rochosos até a rampa de acesso à praia (foto de 24 de maio de 2011); e (à direita) durante a forte ressaca de agosto de 2011, quando parte das areias colocadas sobre o anteparo foi erodida (notar a coloração amarelada da areia, totalmente diferente da usual acinzentada da praia) (foto de 21 de agosto de 2011).

Portanto, os resultados da deriva litorânea em Stos-23 relativos à estes meses com intervenção podem estar comprometidos, da mesma forma que os dos seus vizinhos, os perfis Stos-22 e Stos-21, que juntos quase sempre compõem uma célula costeira isolada do resto da praia, devido à presença do Canal 6, que em geral interrompe a deriva litorânea (situação em que sua raiz está dentro da água e avança a zona de surfe).

Sendo assim, optou-se por excluir os meses com interferências antrópicas neste trecho da praia nas análises que se seguem.



Figura 8.3.3.4-2. Obras na Ponta da Praia: reposição mecânica de areias trazidas de outros trechos da praia, em geral de áreas da pós-praia (monte de areia aguardando remoção no Posto 5, foto inferior) (imagens de 19 de outubro de 2011). Isto provocou o reafeiçoamento do perfil e entrada de novas areias nesse trecho da praia (notar a cor das areias semelhantes à da figura anterior).

Em relação aos processos envolvidos nas células (E, D e T), para cada perfil, obteve-se a seguinte distribuição:

- Perfis onde predominou o processo erosivo (E): Stos-03 (68,2%), Stos-06 (50%), Stos-11 (45,5%), Stos-14 (59,1%), Stos-16 (59,1%), Stos-19 (45,5%), Stos-21 (59,1%) e Stos-23 (72,7%, dados filtrados, com exclusão dos meses com intervenções antrópicas nesse perfil);
- Perfis onde predominou o processo de transporte (T): Stos-02 (68,2%), Stos-4 (68,2%), Stos-07 (41%), Stos-08 (54,5%) e Stos-22 (54,5%, dados filtrados, com exclusão dos meses com intervenções antrópicas em Stos-23);
- Perfis onde predominou o processo deposicional (D): Stos-05 (59,1%), Stos-10 (45,5%), Stos-13 (41%), Stos-15 (59,1%), Stos-17 (77,3%), Stos-18 (45,5%) e Stos-20 (59,1%);
- Perfis onde não houve predominância de processo (número igual ou diferença de 1 ocorrência): Stos-07 (T/D), Stos-09 (E/T/D), Stos-12 (E/D) e Stos-21 (E/D, dados filtrados, com exclusão dos meses com intervenções antrópicas em Stos-23).

Esses resultados corroboram com as tendências morfométricas e sedimentares observadas nesse segmento praiial nos anos de amostragem, e também com as tendências históricas de largura praiial (vide item 8.3.3.2), de tal forma que:

- ✓ O setor mais deposicional da praia está e sempre esteve (pelo menos desde a década de 1960) localizado entre os canais 1 e 3, onde a maioria dos perfis se comportou como área de deposição ou de transporte, e onde ocorrem as mais importantes zonas de convergência de células de deriva da praia, na maior parte do tempo localizadas em Stos-10 e Stos-07;
- ✓ Os trechos mais erosivos da praia estão e historicamente sempre estiveram localizados em Stos-16, Stos-19 e em especial em Stos-23, locais onde predomina o processo erosivo, destacado pela elevada ocorrência de zonas de divergência de células de deriva litorânea.

O comportamento geral das células de deriva litorânea resultante ao longo de todo o arco praiial é exibido na Figura 8.3.3.4-3.

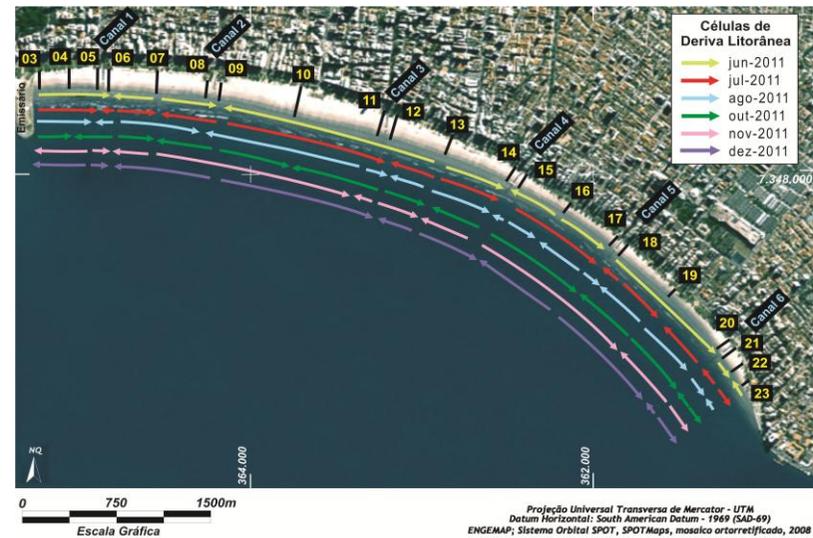
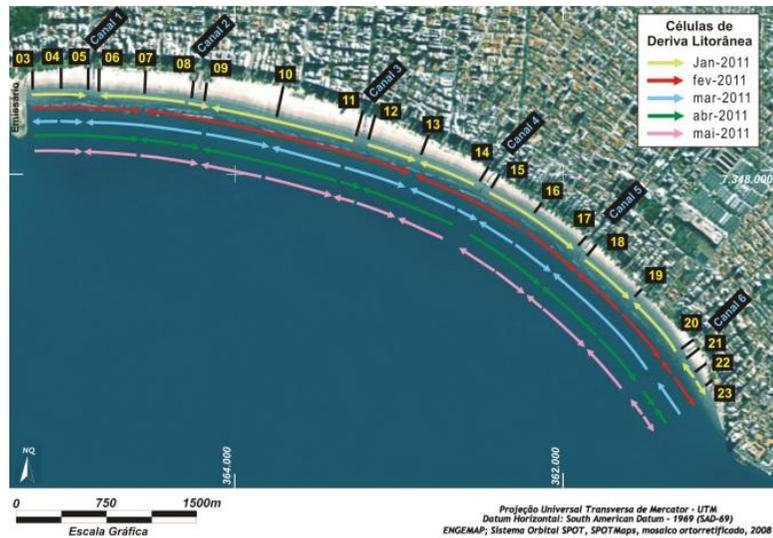
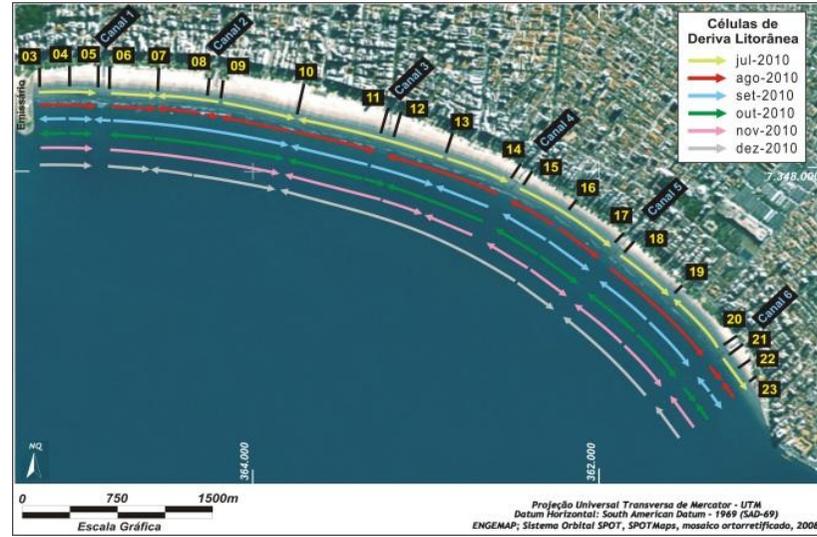
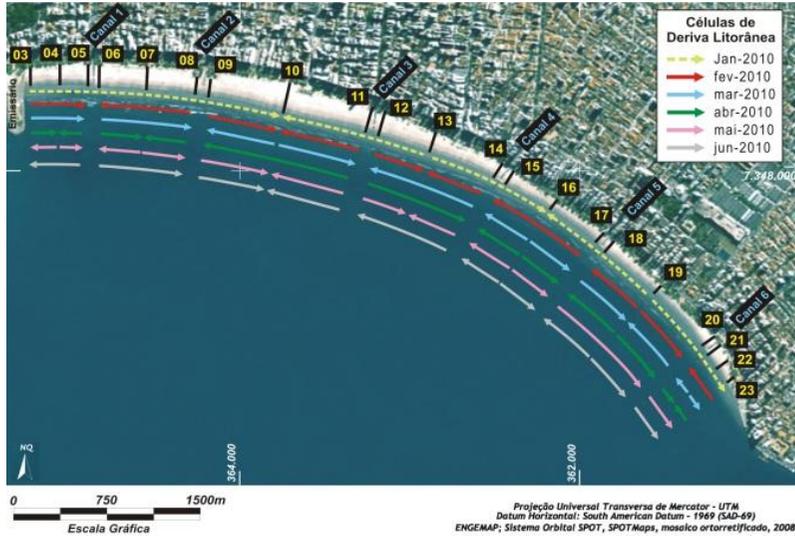


Figura 8.3.3.4-3. Variação do comportamento das células de deriva litorânea segmento Emissário-Ponta da Praia, entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011.

Os problemas constatados em Stos-23/Stos-22/Stos-21 não afetarão diretamente os demais perfis da praia, desde que seja constatado o isolamento da célula costeira a leste do Canal 6, como aconteceu em quase todos os meses, exceto em novembro e dezembro de 2011.

Então, para determinar o transporte resultante em cada mês, para todos os meses com problemas (\*) foram excluídos da somatória os 3 perfis (Stos-21, Stos-22 e Stos-23). Os resultados de novembro e dezembro de 2011 não foram contabilizados porque nestes meses não havia isolamento da célula costeira na Ponta da Praia. O mês de janeiro de 2010 também foi excluído pois não pode ser comparado com os demais meses.

Desta forma, os transportes resultantes, para os 20 meses de análise, foram:

- ✓ Deriva litorânea resultante para W (oeste): fevereiro, maio, junho, julho, setembro e dezembro de 2010, e março de 2011;
- ✓ Deriva litorânea resultante para E (leste): agosto e novembro de 2010, abril, junho e julho de 2011;
- ✓ Sem transporte longitudinal resultante (igual número de ocorrências, ou diferença de 1 ocorrência) entre W/L: março, abril, outubro de 2010, janeiro, fevereiro, maio, agosto e outubro de 2011.

Portanto, nessa praia predominaram os transportes para W (35%) e as situações sem transporte resultante (W/E) (40%).

Não foi possível estabelecer uma associação direta entre o transporte resultante e as condições meteorológicas reinantes na praia no dia ou nos dias antecedentes ao monitoramento.

#### **8.3.3.5. Indicadores morfológicos de transporte costeiro**

Neste segmento, os principais indicadores morfológicos de transporte costeiro longitudinal e transversal foram: assimetria da largura praial ao lado dos canais de saneamento, empilhamento sedimentar na pós-praia (transporte eólico, principalmente) e no estirâncio (ao lado dos canais de saneamento), migração lateral de barra de desembocadura de canal de drenagem (nos canais de

saneamento), assoreamento de canal artificial, corrente de retorno, incidência oblíqua de ondas na linha de costa (para todos os perfis) e descalçamento de estruturas urbanas (nos canais de saneamento).

A Tabela 8.3.3.5-1 sintetiza os dados de frequência dos indicadores de transporte costeiro longitudinal e transversal, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

No período de monitoramento os indicadores de transporte costeiro longitudinal indicaram os seguintes rumos predominantes:

- Para W – em todos os meses de 2010, de janeiro a junho de 2011 e de outubro a dezembro de 2011;
- Para E – apenas no Canal 4 na maioria dos meses de 2010 e 2011;
- Sem transporte resultante (W/E) – julho e agosto de 2011.

É importante lembrar, como já comentado, que as escalas temporal e espacial desses indicadores são diferentes entre si e também daquelas da deriva litorânea. Por isso, nem sempre é possível estabelecer comparações diretas entre os resultados.

Tabela 8.3.3.5-1. Síntese do transporte costeiro para o segmento Emissário-Pontoa da Praia, resultante obtido a partir de indicadores morfológicos observados nos dias de monitoramento em 2010 e 2011.

PERFIL	Transporte Longitudinal Dominante	Total de Observações	Nº Ocorrências Transporte Longitudinal Dominante	Frequência Transporte Longitudinal Dominante	Transporte Transversal Resultante	Total de Observações	Nº Ocorrências Transporte Transversal Dominante	Frequência Transporte Transversal Dominante	Outras Ocorrências
STOS-03	W	17	16	94.12	costa-afora/adentro	22	11	50/cada	
STOS-04	W	13	11	84.62	costa-adentro	17	11	64.71	costa-afora(6)
Canal 1 (Stos-05 e Stos-06)	W	21	20	95.24	costa-adentro	24	17	70.83	costa-afora(7)
STOS-07	W	10	9	90.00	costa-adentro	14	11	78.57	costa-afora(3)
Canal 2 (Stos-08 e Stos-09)	W	26	18	69.23	costa-adentro	19	17	89.47	costa-afora(2)
STOS-10	W	12	12	100.00	costa-adentro	11	8	72.73	costa-afora (3)
Canal 3 (Stos-11 e Stos-12)	W	24	18	75.00	costa-adentro	20	16	80.00	costa-afora (4)
STOS-13	W/E	12	6 (cada)	50% cada	costa-adentro/afora	12	6/cada	50/cada	
Canal 4 (Stos-14 e Stos-15)	E	25	18	72.00	costa-adentro	24	16	66.67	costa-afora(8)
STOS-16	W	8	7	87.50	costa-afora	6	5	83.33	costa-adentro(1)
Canal 5 (Stos-17 e Stos-18)	W	22	20	90.91	costa-adentro	23	15	65.22	costa-afora(8)
STOS-19	W	11	10	90.91	costa-afora	11	6	54.55	costa-adentro(5)
Canal 6 (Stos 20 e Stos-21)	W	21	21	100.00	costa-adentro/afora	20	10/cada	50/cada	
STOS-22	W	9	9	100.00	costa-afora	5	3	60.00	costa-adentro (2)
STOS-23	W	11	11	100.00	costa-afora	14	14	100.00	-

	mês/ano	Transporte Longitudinal Resultante	Transporte transversal Resultante	mês/ano	Transporte Longitudinal Resultante	Transporte Transversal Resultante
Santos	jan/10	-	-	jan/11	W	costa-adentro
	fev/10	W	-	fev/11	W	costa-adentro
	mar/10	W	costa-afora	mar/11	W	costa-adentro
	abr/10	W	-	abr/11	W	costa-adentro
	mai/10	W	costa-afora	mai/11	W	costa-adentro
	jun/10	W	costa-afora	jun/11	W	costa-adentro
	jul/10	W	costa-adentro	jul/11	W / E	costa adentro e costa-afora
	ago/10	W	costa-afora	ago/11	W / E	costa adentro e costa-afora
	set/10	W	costa-adentro	out/11	W	costa adentro e costa-afora
	out/10	W	costa-adentro	nov/11	W	costa adentro e costa-afora
	nov/10	W	costa-adentro	dez/11	W	costa adentro e costa-afora
	dez/10	W	costa-adentro			

Em relação aos transportes transversais, os indicadores do tipo costa-adentro (principalmente associados ao transporte eólico) predominaram na maior parte do tempo e principalmente no trecho entre os canais 1 e 3 (porção oeste do segmento praial). No restante da praia, os transportes transversais costa-afora foram os de maior ocorrência nos meses de março de 2010, maio de 2010, junho de 2010, agosto de 2010, e voltaram a ganhar importância também entre julho e dezembro de 2011.

O forte assoreamento dos canais de saneamento, em especial os canais 1, 2 e 3 é decorrente de dois principais mecanismos: o intenso transporte costa-adentro associado à atuação de ressacas (durante e logo após), e o transporte eólico durante condições de tempo bom e muito vento (Figura 8.3.3.5-1).



Figura 8.3.3.5-1. À esquerda, intenso assoreamento do Canal 2 em decorrência das ressacas do início de 2010, em especial a de 08 de abril (imagem de 05 de maio de 2010). À direita, evidências de transporte eólico promovendo o cavalgamento das areias sobre a mureta do Canal 3 e o consequente transporte para o seu interior (imagem de 24 de fevereiro de 2011).

### 8.3.3.6. Risco à erosão costeira

A Tabela 8.3.3.6-1 apresenta uma síntese da classificação de risco à erosão costeira obtida para o segmento Emissário – Ponta da Praia durante o período de monitoramento.

Tabela 8.3.3.6-1. Classificação de risco à erosão costeira para segmento Emissário – Ponta da Praia (para legenda dos Indicadores de Erosão Costeira I a XI consultar a Tabela 8.2.2.4-1).

Perfil	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Risco Perfil	Nota (ponderada)	RISCO TOTAL (média ponderada)
STOS - 03		X						X				BAIXO	2.0	BAIXO (2,4)
STOS - 04		X										BAIXO	2.0	
STOS - 05		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 06		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 07		X										MUITO BAIXO	1.0	
STOS - 08		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 09		X						X				BAIXO	1.0	
STOS - 10		X										MUITO BAIXO	1.0	
STOS - 11		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 12		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 13		X			X			X				BAIXO	2.0	
STOS - 14		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 15		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 16		X										MUITO BAIXO	1.0	
STOS - 17		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 18		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 19		X			X			X				BAIXO	2.0	
STOS - 20		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 21		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 22		X						X				BAIXO	2.0	
STOS - 23	X	X		X	X		X	X	X	X	X	MUITO ALTO	15.0	

De maneira geral, o grau de risco à erosão não mudou na praia toda, que apresentou Risco Baixo à erosão durante todo o monitoramento.

Exceção foi o perfil Stos-23 e arredores, que tiveram sua erosão intensificada em função da atuação de ressacas sucessivas e de forte intensidade. Assim, inicialmente esse perfil apresentava classificação de Risco Alto, mas mudou para Risco Muito Alto. As Figuras 8.3.3.6-1 e 8.3.3.6-2 mostram a evolução do processo em 2010 e 2011, respectivamente.

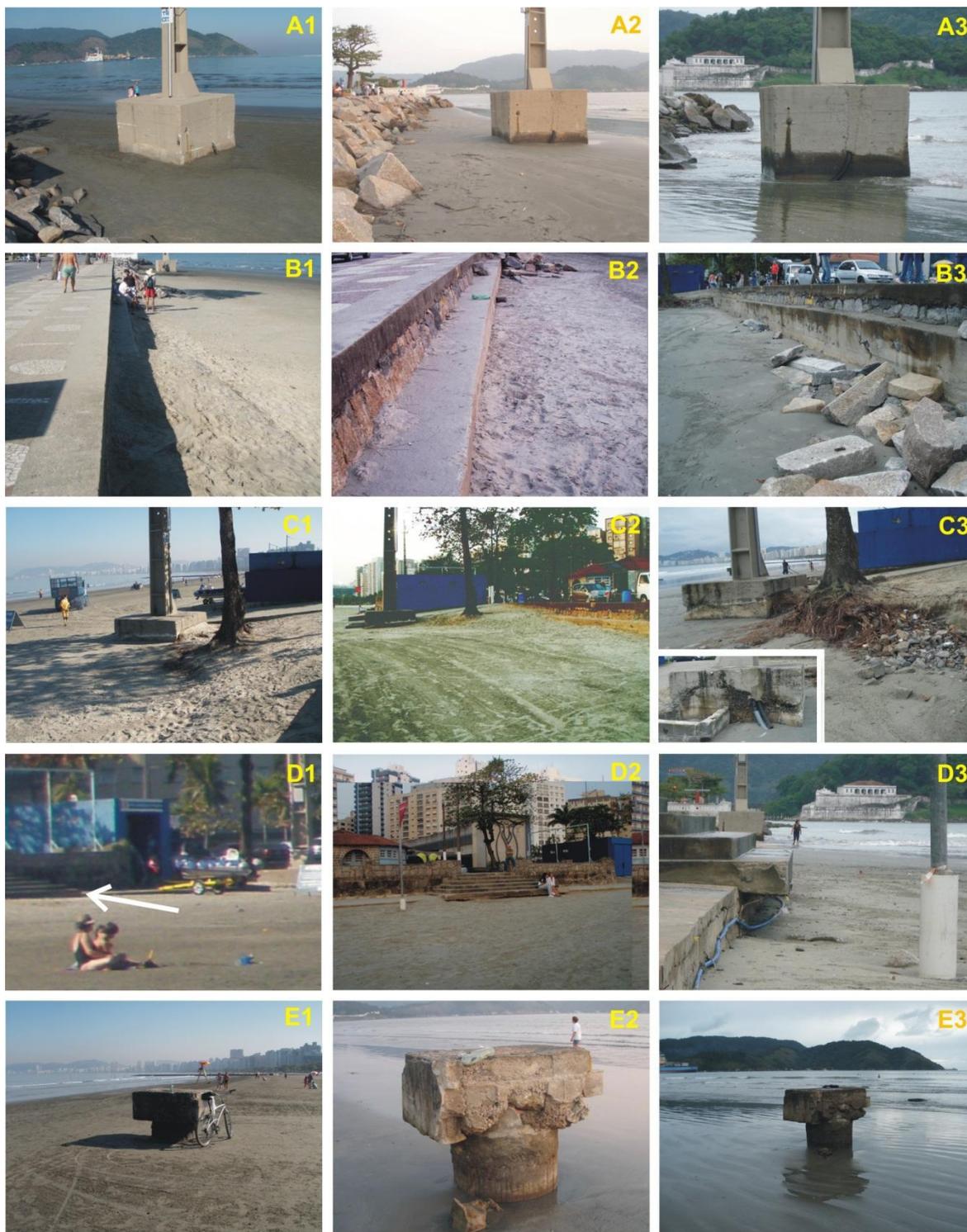


Figura 8.3.3.6-1. Evolução da erosão em Stos-23 e arredores em 2010. Coluna 1: imagens obtidas em 06 de julho de 2010; Coluna 2: imagens obtidas em 13 de setembro de 2010; Coluna 3: imagens obtidas em 14 de dezembro de 2010. (A): Poste de iluminação (holofote) na extremidade leste da Praia de Santos. (B): Local do perfil Stos-23. (C): Poste de iluminação e árvore próximos ao perfil Stos-23. (D): Área entre os perfis Stos-22 e Stos-23 (em frente à bandeira da Cetesb). (E): Remanescente de estrutura aero-hidráulica do Aquário.

Como demonstrado no item 8.3.3.2, esse trecho da Praia de Santos sofre erosão acelerada desde a década de 1940. Em 2009, portanto antes do início das obras de dragagem de aprofundamento, já se encontrava bastante comprometido, apresentando locais com larguras até menores do que as medidas em 2010 e 2011 (Figura 8.3.3.2-9).

No ano de 2009 ocorreram 11 ressacas de intensidade forte a muito forte (vide Relatório Final do projeto "*Análise Histórica da Ocorrência de Eventos de Ressaca nos Municípios do Estuário Santista, no Período de 1961 a 2011*") (Fundespa, 2012), a última delas ocorrida em setembro daquele ano. Nos dias 17-19 de fevereiro de 2010, portanto poucos dias antes do início das obras de dragagem de aprofundamento, uma ressaca de moderada a fraca intensidade atingiu novamente a região. Então, é fácil deduzir que desde 2009 essa praia não teve tempo de se recuperar de um balanço sedimentar bastante deficitário (a recuperação das praias geralmente se dá nos meses de verão), ficando assim mais vulnerável e suscetível à erosão quando as obras de dragagem começaram. Logo após o início das obras, nos meses de março e abril de 2010, mais duas ressacas, respectivamente, de forte e muito forte intensidades, voltaram a atingir a Ponta da Praia. Eventos sucessivos foram ocorrendo ao longo de 2010, até dezembro; em 2011 eles se concentraram principalmente nos meses de março, maio e agosto.

Soma-se a isso o fato de que na série histórica de ressacas, desde 1960 os dois eventos de maior intensidade foram justamente os ocorridos em 07-08 de abril de 2010 e 03-04 maio de 2011. Nestes eventos foram registradas ondas fora da baía de Santos com alturas máximas significativas de 4,19 m (abril) e de 5,6 m (maio) (dados do CPTEC/INPE).



Figura 8.3.3.6-2. Evolução da erosão em Stos-23 e arredores em 2011. Coluna 1: imagens obtidas em 24 de maio de 2011 (após a forte ressaca de 03-04 de maio); Coluna 2: imagens obtidas em 19 de outubro de 2011 (durante obras de “recuperação” da praia, com colocação artificial de areia e sobre o anteparo de blocos rochosos e a praia, com reafeiçoamento do perfil praiar); Coluna 3: imagens obtidas em 19 de dezembro de 2011 (último dia do monitoramento nessa praia). (A): Poste de iluminação na extremidade leste da praia (este foi removido em 2012). (B): Área do perfil Stos-23. (C): Poste de iluminação ao lado da rampa de acesso à praia no Aquário (próximo ao perfil Stos-23); a árvore que havia no local foi removida após a ressaca de 03-04 de maio de 2011. (D): Área entre os perfis Stos-22 e Stos-23 (em frente à bandeira da Cetesb na praia). (E): Remanescente de estrutura aero-hidráulica do Aquário, que aparece reconstruída em outubro de 2011.

### **8.3.3.7. Balanço sedimentar**

A morfologia dos perfis praias do segmento Emissário – Ponta da Praia (fevereiro de 2010 e dezembro de 2011) utilizados para o cálculo do balanço sedimentar desta praia é exibida na Figura 8.3.3.7-1.

Dentre os perfis, Stos-23 se destaca por apresentar maior perda de sedimentos, evidenciada pela franca redução de largura e altura do perfil, de 2010 para 2011, com total alteração morfológica do perfil.

Entretanto, os perfis Stos-17 (margem direta do Canal 5) e principalmente Stos-20 (margem direita do Canal 6) também sofreram modificações morfológicas, com perda substancial de volume.

Os mapas altimétricos do envelope praias, obtidos com base nos perfis apresentados, são exibidos na Figura 8.3.3.7-2.

Em fevereiro de 2010, portanto antes do início das obras de dragagem de aprofundamento do Canal de Navegação do Porto de Santos, o volume de sedimentos presente no segmento Emissário-Ponta da Praia era de 781.522,60 m<sup>3</sup>.

Em dezembro de 2011, praticamente após dois anos de dragagens, o volume do envelope praias passou a ser de 792.347,87 m<sup>3</sup>.

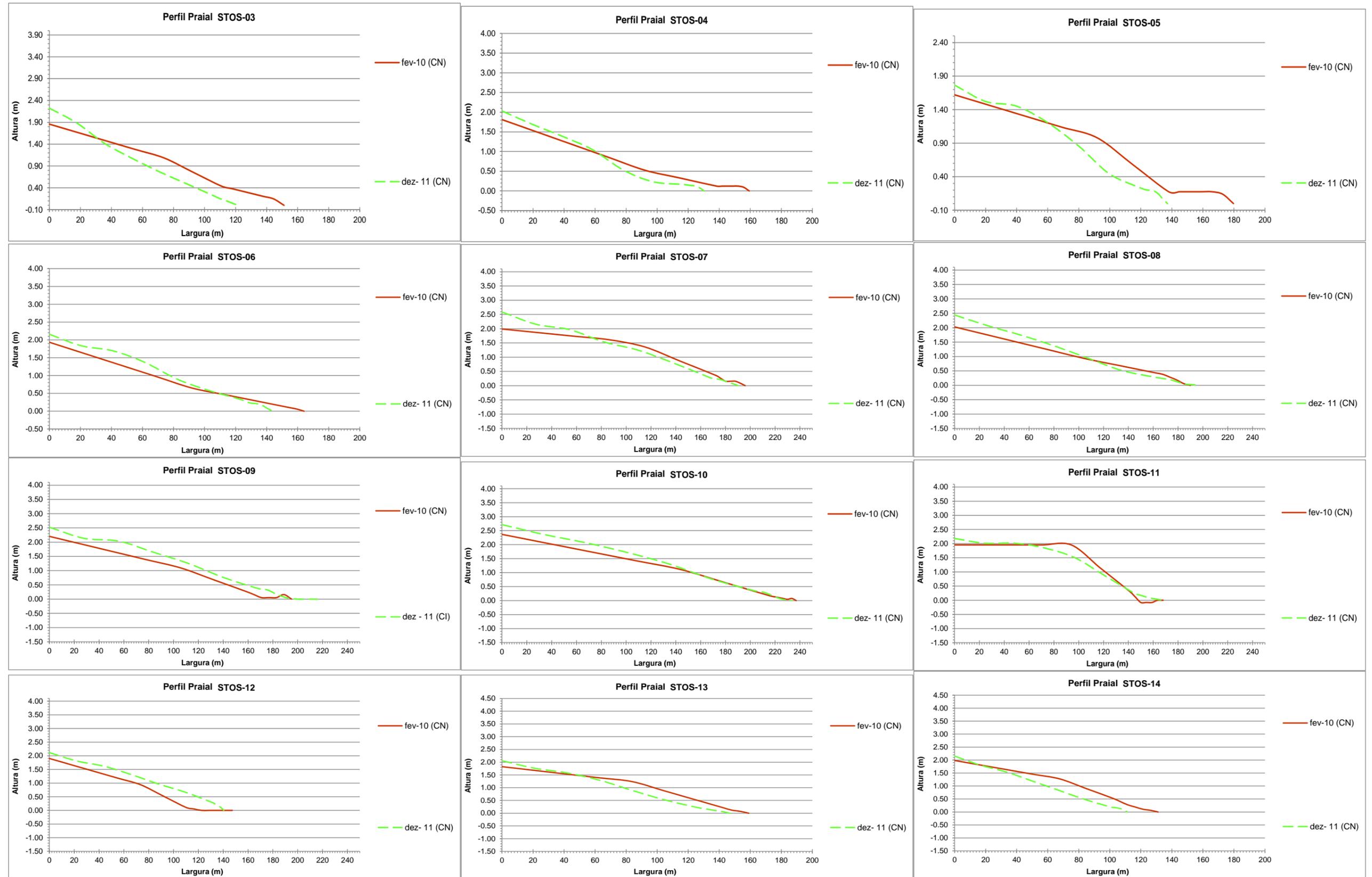


Figura 8.3.3.7-1. Representação morfológica dos perfis realizados no segmento Emissário-Ponta da Praia em fevereiro de 2010 e dezembro de 2011.

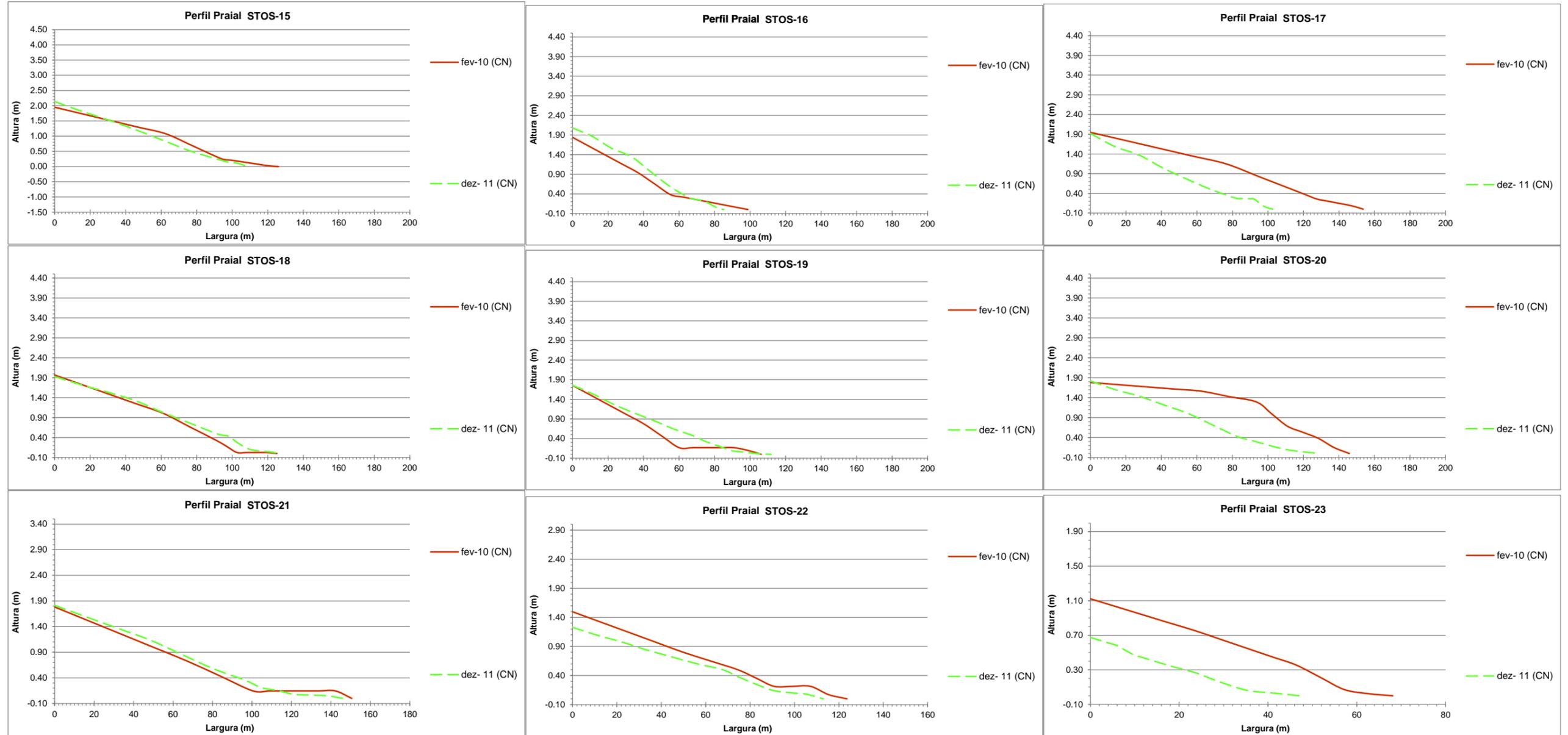


Figura 8.3.3.7-1. (continuação) Representação morfológica dos perfis realizados no segmento Emissário-Ponta da Praia em fevereiro de 2010 e dezembro de 2011.

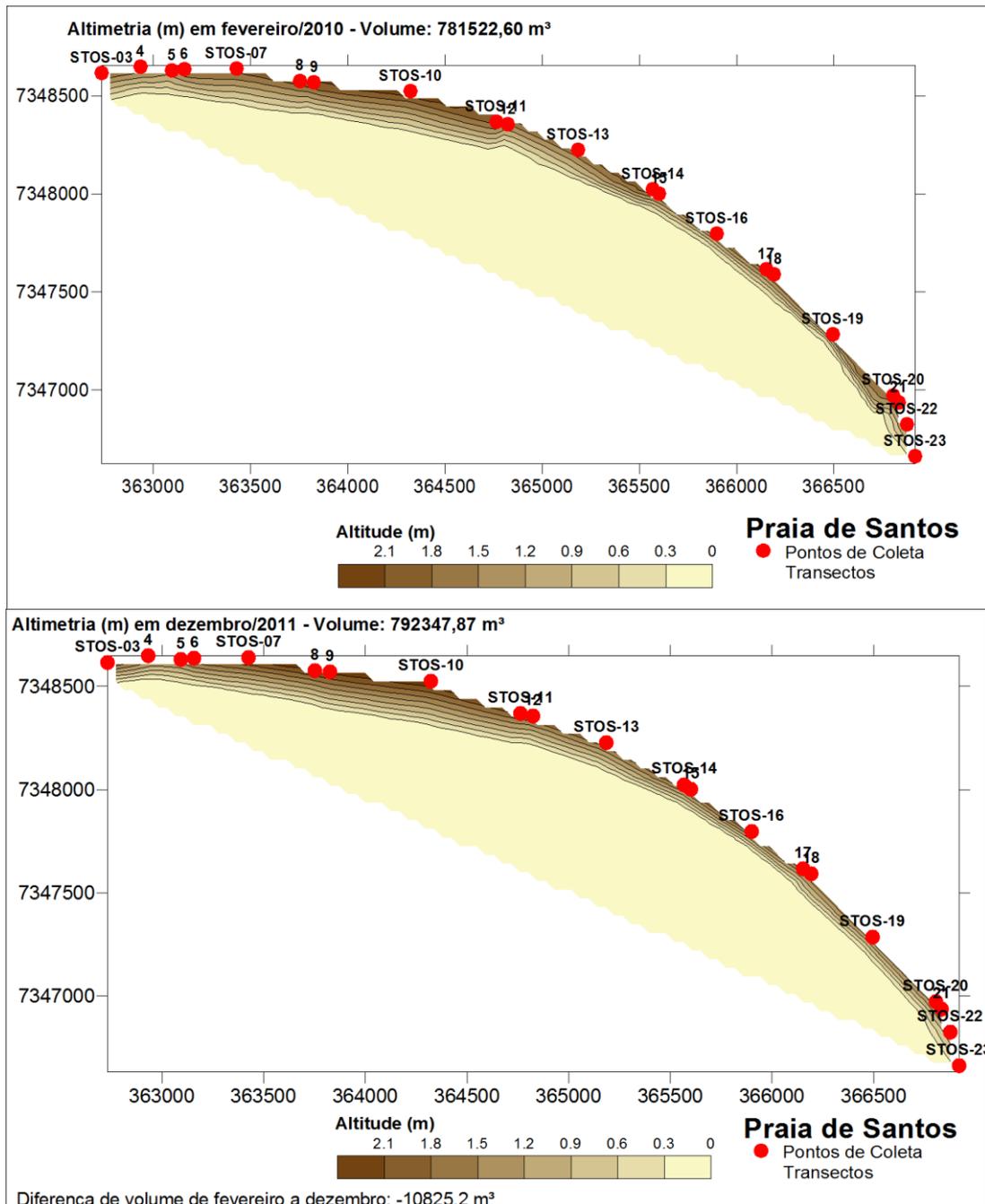


Figura 8.3.3.7-2. Balanço sedimentar do segmento Emissário-Ponta da Praia de Santos, entre fevereiro de 2010 e dezembro de 2011.

Assim, a diferença entre eles foi de 10.825,20 m<sup>3</sup>, evidenciando um ligeiro aumento no volume de sedimentos de 2010 para 2011, mas que pode ser interpretada como um equilíbrio sedimentar, visto representar somente 1,4% do volume inicial.

Como visto anteriormente, este resultado se refletiu também nas variações de largura dessa praia, invariavelmente pouco maiores em 2011. Ambos estão relacionados às diferenças na quantidade e distribuição do número de ressacas ocorridas nesses anos, principalmente as de forte e muito forte intensidades.

Estes resultados mostram que este segmento praiial está em equilíbrio sedimentar, e que as pequenas modificações morfológicas observadas durante os dois anos de monitoramento foram produto da variabilidade de eventos meteorológico-oceanográficos.

#### **8.3.3.8. Conclusões sobre o segmento Emissário-Ponta da Praia**

Os resultados obtidos ao longo dos dois anos de monitoramento no segmento Emissário-Ponta da Praia indicam que, considerando sua morfodinâmica (variabilidade morfológica, textural e de transporte resultante) e seu balanço sedimentar (erosão costeira, transporte resultante e variação volumétrica de sedimentos, que refletem as entradas e saídas de sedimentos da praia), esta praia permaneceu em equilíbrio dinâmico, essencialmente controlado pela variabilidade de intensidade, frequência e distribuição temporal dos eventos meteorológico-oceanográficos, não sendo constatada, até o momento, qualquer alteração que possa ser atribuída a algum impacto físico decorrente das obras de dragagem de aprofundamento.

O perfil Stos-23, dada a sua extrema vulnerabilidade à erosão, por se encontrar em erosão acelerada há pelo menos 6 décadas, foi o mais atingido pelas sucessivas e fortes ressacas que ocorreram durante os dois anos de monitoramento (em especial em 2010, um ano anômalo), dentre os quais se destacaram os eventos de abril de 2010 e maio de 2011, que podem ser classificados como os dois eventos mais intensos ocorridos desde 1960.

Em decorrência disto, esse perfil foi muito alterado por intervenções antrópicas, que resultaram em modificações morfológicas e até texturais dos sedimentos.

### 8.3.4. Segmento Itararé-Emissário

#### 8.3.4.1. Condições meteorológico-oceanográficas

A Tabela 8.3.4.1-1 exibe a síntese dos dados meteorológico-oceanográficos coletados no campo, para o segmento Itararé-Emissário.

#### 2010

As perfilagens praias neste segmento foram realizados sob as seguintes condições meteorológicas:

- CN (condições normais) - janeiro, fevereiro, março, maio, julho, agosto, outubro e dezembro;
- CF (condições frontais) - setembro.
- CF/R (condições frontais com ressaca) - abril, junho e novembro;

Em relação às condições oceanográficas, os monitoramentos foram realizados em diferentes situações de entrada de ondulações no interior da Baía de Santos, com direções de propagação SSW, SE, ESE, S e E (segundo dados do PBA-07). Na linha de costa, a orientação das ondas passou a ser de 45° SW a 65° SE.

A distribuição da direção de propagação e altura significativa das ondas (PBA-07), ao longo do ano, variou da seguinte forma: em fevereiro, SE e 1,1 m; em março, ESE e 1,3 m; em abril, SSW e 2,8m; em maio, SE e 0,6 m; em junho, SSW e 1,7 m; em julho, S e 0,98 m; em agosto, E e 0,8 m; em setembro, ESE e 1,2 m; em outubro, SE e 1,9 m; em novembro, SSW e 2,5 m e em dezembro, SSW e 1,3 m.

As alturas das ondas apresentaram a seguinte variação: em CN de 0,2 m a 1,5 m; em (CF) de 0,2 m a 0,7 m; e em CF/R de 0,8 m a 2,2 m.

Portanto, as alturas variaram de 0,2 a 2,2 m, com média de 0,72 m.

Tabela 8.3.4.1-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos coletados nos dias de monitoramento praial no Segmento Praial Itararé-Emissário.

Data	ITARARÉ-EMISSÁRIO - Condições Meteo-Oceanográficas Perfilagem Praial (PBA-08)				Condições Meteo-Oceanográficas segundo o PBA-07				
	Condição Meteorológica (CN= Condições Normais; CI= Condições Instáveis; CF= Condições Frontais; R= Ressaca)	Altura máxima da Onda na Arrebentação (m)	Direção de Propagação da Onda na Linha de Costa	Período da Onda (seg)	Condição Meteorológica (CN= Condições Normais; CF= Condições Frontais)	Altura Máxima de Onda - Hmax (m)	Direção de Propagação da Onda Hmáx	Altura Significativa de Onda (m)	Direção de Propagação da Onda Hs
07/01/2010	CN (maré meteorológica)	0,3 a 0,4	20° SW a 55° SE	10,0 a 17,3	x	x	x	x	x
21/02/2010	CN	0,2 a 0,4	35° SW a 63° SE	7,5 a 14,5	CN	1,6	SE	1,1	SE
06/03/2010	CN	0,3 a 0,6	40° SW a 55° SE	11,0 a 13,0	CN	1,8	ESE	1,3	ESE
06/04/2010	CF/R	1,2 a 2,2	37° SW a 55° SE	11,0 a 12,0	CF	3,7	SSW	2,8	SSW
04/05/2010	CN	0,3 a 0,5	33° SW a 65° SE	11,5 a 15,4	CN	1,1	SSW	0,6	SE
23/06/2010	CF/R	0,8 a 1,5	20° SW a 55° SE	9,6 a 11,5	CF	2,2	SSW	1,7	SSW
03/07/2010	CN	0,3 a 0,6	40° SW a 60° SE	1,6 a 2,3	CN	1,1	S	0,9	S
31/07/2010	CN	0,2 a 0,7	40° SW a 65° SE	10,9 a 13,1	CF	1,5	E	0,8	E
15/09/2010	CF	0,2 a 0,7	23° SW a 42° SE	7,0 a 10,7	CF	1,9	E	1,2	ESE
13/10/2010	CN	0,4 a 1,2	40° SW a 75° SE	9,2 a 12,2	CN	2,4	SE	1,9	SE
11/11/2010	CF/R	1,0 a 2,0	45° SW a 60° SE	5,8 a 10,9	CN	3,6	SSW	2,5	SSW
11/12/2010	CN	0,2 a 0,5	05° - 60° SE	8,2 a 10,7	CN	2,2	SSW	1,3	SSW
24/01/2011	CN	0,2 a 0,4	17° SW a 65° SE	8,1 a 10,8	CN	1,3	ESE	0,8	E
22/02/2011	CN	0,2 a 0,5	28° SW a 70° SE	10,1 a 12,5	CN	0,9	E	0,6	SE
10/03/2011	CN	0,3 a 0,6	25° SW a 60° SE	9,5 a 11,1	CN	2,8	SE	1,8	ESE
10/04/2011	CN	0,3 a 1,0	40° SW a 70° SE	9,4 a 13,2	CN	1,1	S	0,9	SSW
21/05/2011	CN	0,3 a 0,7	30° SW a 57° SE	9,0 a 12,0	CN	2,3	SSE	1,5	SSE
23/06/2011	CI	0,3 a 1,0	25° SW a 72° SE	9,5 a 10,2	CF	1,5	SSE	1,1	SSE
22/07/2011	CF	0,3 a 1,5	10° SW a 65° SE	9,2 a 10,3	CF	2,3	SSW	1,1	SSW
20/08/2011	CF-R	0,7 a 2,0	25° SW a 50° SE	6,2 a 8,1	CF	3,2	SSW	1,5	S
17/10/2011	CI	0,3 a 0,6	30° SW a 60° SE	8,7 a 10,4	x	x	x	x	x
19/11/2011	CN	0,3 a 1,0	30° SW a 67° SE	6,6 a 8,9	x	x	x	x	x
17/12/2011	CN	0,3 a 0,6	20° SW a 63° SE	8,6 a 11,9	x	x	x	x	x

## 2011

As perfilagens praias foram realizadas sob as seguintes condições meteorológicas:

- CN (condições normais) - janeiro, fevereiro, março, abril, maio e dezembro;
- CF (condições frontais) - julho e outubro;
- CI (condições instáveis) - junho e novembro;
- CF/R (condições frontais com ressaca) - agosto.

As direções de propagação e as alturas significativas que adentraram à Baía de Santos (PBA-07) variaram da seguinte forma: em janeiro, E e 0,8 m; em fevereiro, SE e 0,6 m; em março, ESE e 1,8 m; em abril, SSW e 0,9 m; em maio, SSE e 1,5 m; em junho, SSE e 1,1 m; em julho, SSW e 1,1 m; em agosto e em agosto, S e 1,5 m. Na praia, as direções de propagação das ondas variaram de 40° SW a 65° SE.

As alturas das ondas medidas no campo variaram de acordo com as condições de tempo: em CN de 0,2 m a 1,0 m; em CF de 0,3 m a 1,5 m; em CI de 0,3 m a 1,0 m; e em CF/R de 0,7 m a 2,0 m.

Portanto, a altura das ondas variou de 0,2 a 2,0 m, com média de 0,58 m.

A comparação dos anos de 2010 e 2011 mostrou, também para este segmento praias, que a altura média das ondas foi maior em 2010.

Na Figura 8.3.4.1-1 ficam evidentes as diferenças entre as alturas atingidas durante as ressacas e nas demais condições atmosféricas.

Comparativamente, a ressaca de abril de 2010 foi a mais intensa, seguida pela de novembro de 2010, a de agosto de 2011 e a de junho de 2010. Curiosamente, na maioria das campanhas de 2011, mesmo em mesmas condições de CN e CF, entre os meses de abril e dezembro as ondas apresentaram alturas mais elevadas do que em 2010.

Em relação à energia relativa das ondas (proporcional à altura), o perfil Itar-05 apresentou as maiores energias durante as ressacas (CF/R), seguido ou se

igualando a Itar-04, Itar-02 e Stos-01. Nessas condições Itar-01 apresentou sempre a menor energia da praia.

Em situações de CN os pontos de maior energia variaram entre Itar-04 em 2010 e Itar-05 em 2011. Nestas condições, Stos-02 e Itar-01 foram, em geral, os locais de menor energia da praia, seguido de Itar-03.

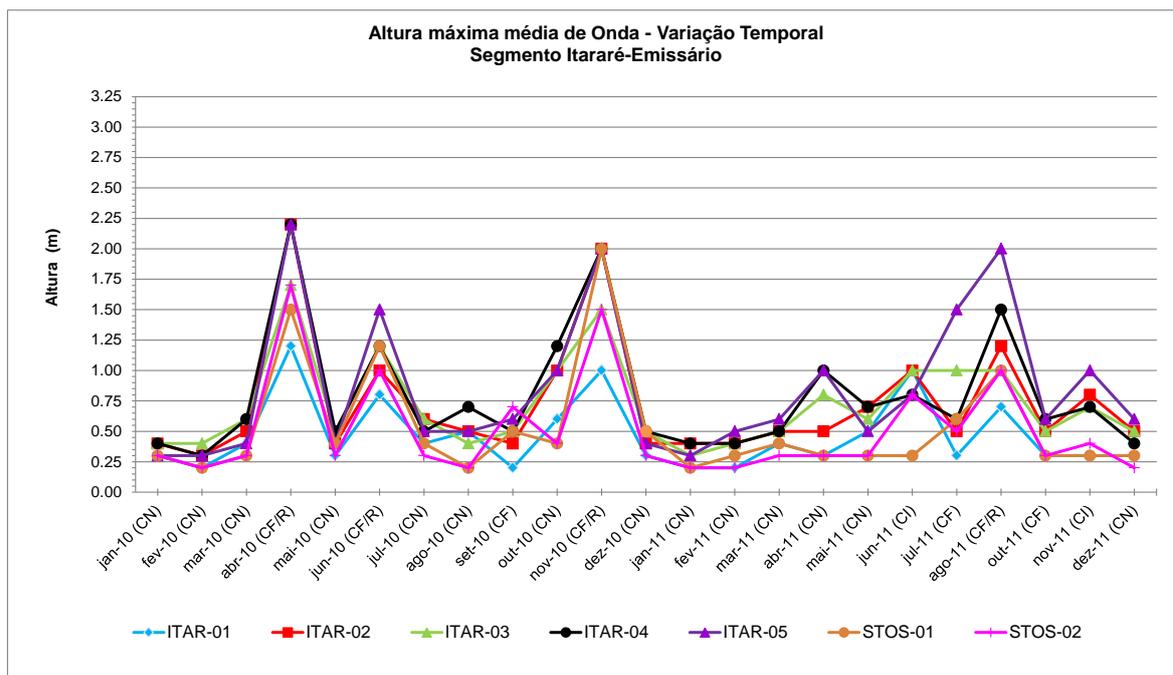


Figura 8.3.4.1-1. Variação têmporo-espacial da altura máxima média das ondas medidas no campo em 2010 e 2011, no segmento Itararé-Emissário.

### 8.3.4.2. Morfometria praial

De maneira geral, os perfis deste segmento praial apresentaram baixa variabilidade temporal de largura praial (Figuras 8.3.4.2-1 e 8.3.4.2-2). As curvas se mostram sintônicas na maior parte do tempo, estando as maiores variações associadas principalmente a mudanças nas condições meteorológico-oceanográficas. Este condicionamento é evidenciado por padrões gerais como: maiores larguras associadas a condições de tempo bom, e menores larguras ocorrendo durante a atuação de ressacas ou logo após, como esperado e a exemplo dos meses de abril, junho e novembro de 2010, e agosto de 2011. Assim, as larguras médias de todos os perfis são pouco maiores em 2011, pois

neste ano ocorreram menos eventos de ressacas (Figura 8.3.4.2-3). A exceção foi Stos-01, que se mostrou pouco mais estreito em 2011.

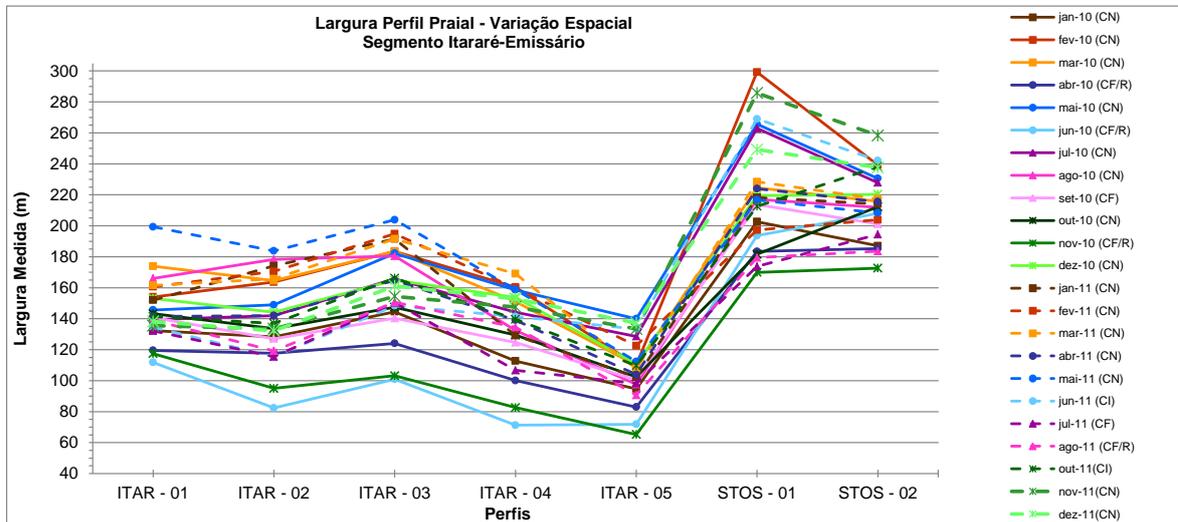


Figura 8.3.4.2-1. Variação espaço-temporal da largura da largura praial no segmento Praia do Itararé-Emissário, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

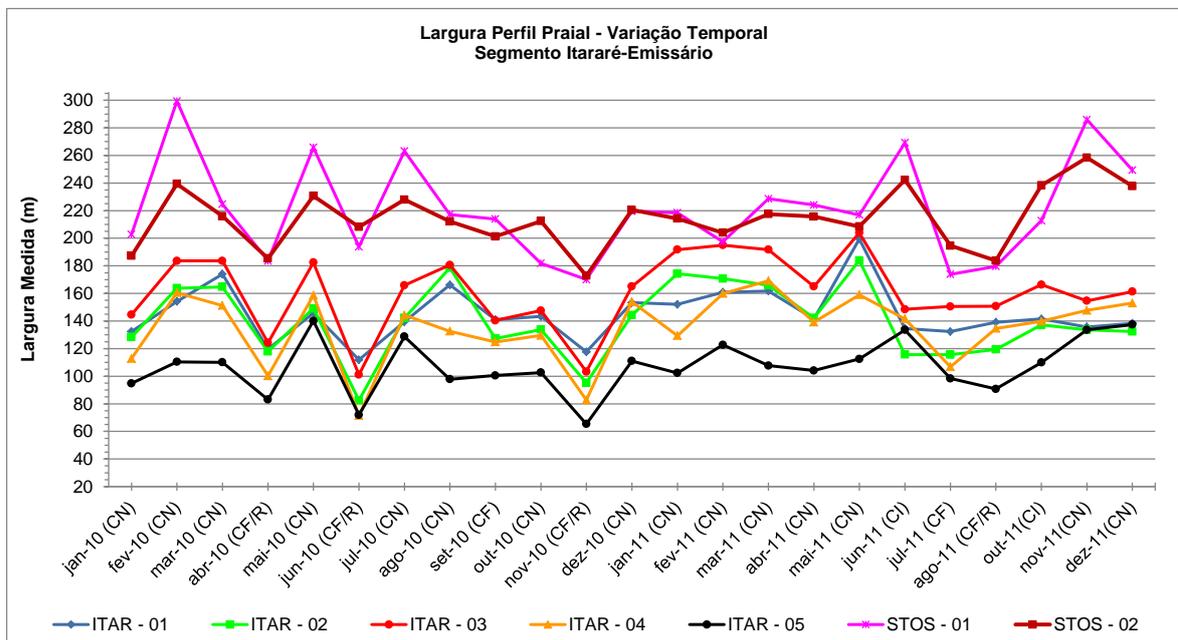


Figura 8.3.4.2-2. Variação têmporo-espacial da largura praial total nos perfis do segmento Praia do Itararé-Emissário, entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011.

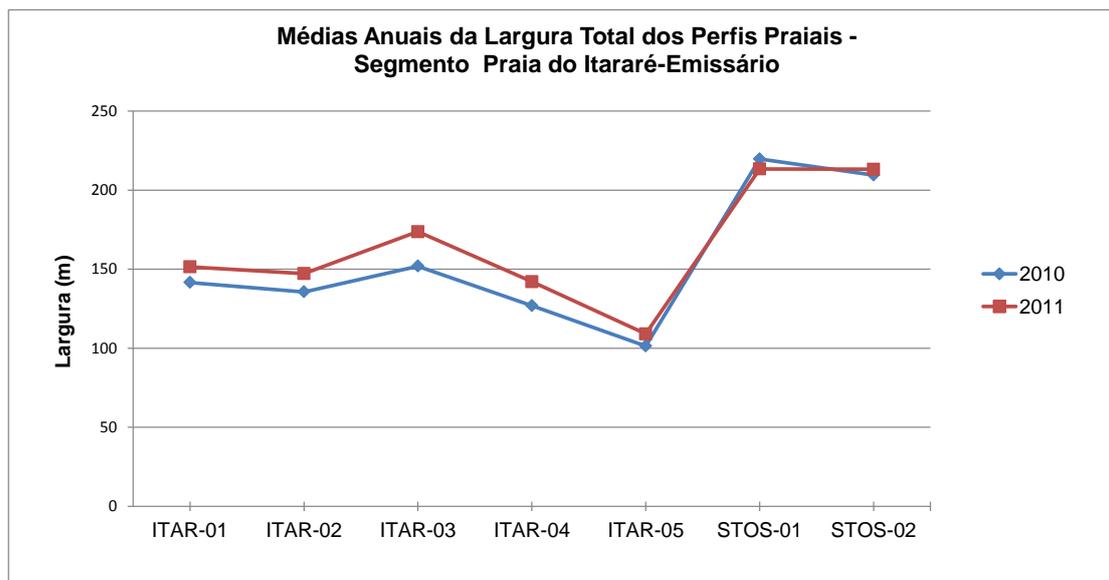


Figura 8.3.4.2-3. Variação espacial da largura praial total média no segmento Praia do Itararé-Emissário, para 2010 e 2011.

Nota-se, também, uma variabilidade da largura ao longo do segmento praial, que permite a identificação de três setores: Itar-01 a Itar-03, Itar-04 a Itar-05 e Stos-01 a Stos-02. Esta variabilidade está associada à presença de feições naturais, como as ilhas de Urubuqueçaba e da Feiticeira, e antrópicas, como o Emissário e o conjunto de prédios que foram construídos sobre a pós-praia em frente ao perfil Stos-01 (Figura 8.3.4.2-4), mas também à distribuição de energia de ondas na praia.

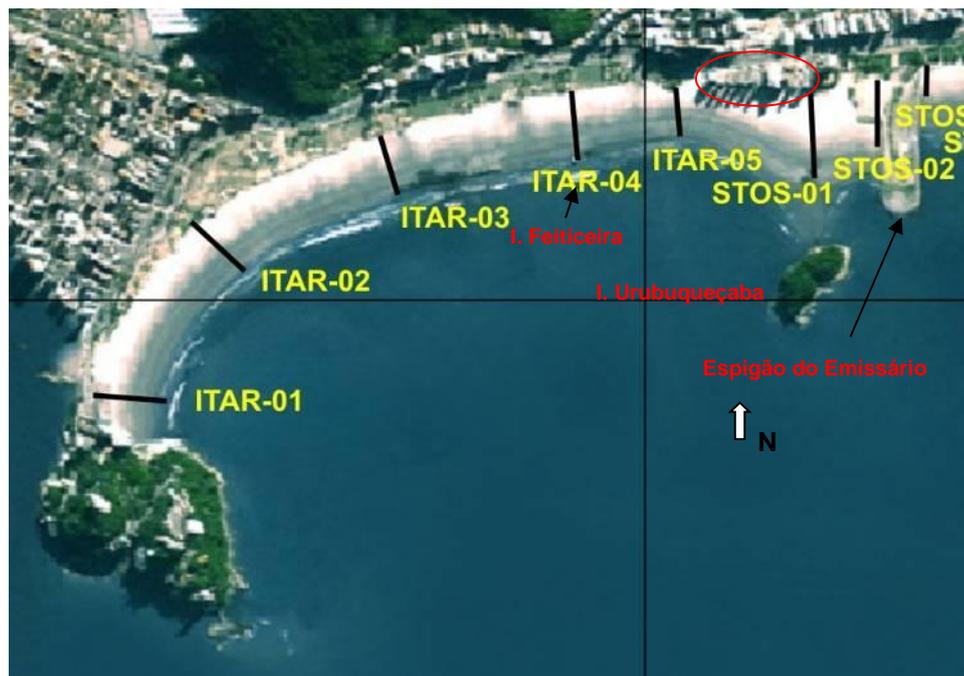


Figura 8.3.4.2-4 Irregularidades de largura da praia, com destaque para o embaiamento em Itar-05, o tómbolo em Stos-01 e a extensa faixa de areia em Stos-02 resultante do acúmulo de sedimentos devido à interação entre a Ilha de Urubuqueçaba/tômbolo e o espigão do Emissário. Notar o conjunto de prédios (círculo vermelho e sombra na praia) que foram construídos sobre a pós-praia entre Itar-05 e Stos-01.

Itar-05 representa um embaiamento praial formado pela presença da Ilha de Urubuqueçaba, mas com influência da Ilha da Feiticeira (Figura 8.3.4.2-5). Stos-01 está associado a um tómbolo bem pronunciado, formado atrás da Ilha de Urubuqueçaba (resulta da refração e difração de ondas ao redor da ilha, gerando pequenas células de deriva litorânea convergentes). Stos-02 está entre essa ilha e o espigão do Emissário submarino, e resulta da relação entre ambos e da contribuição antrópica de recuperação da área, com aterros e manutenção da pós-praia com colocação mecânica de areias (Figura 8.3.4.2-6).

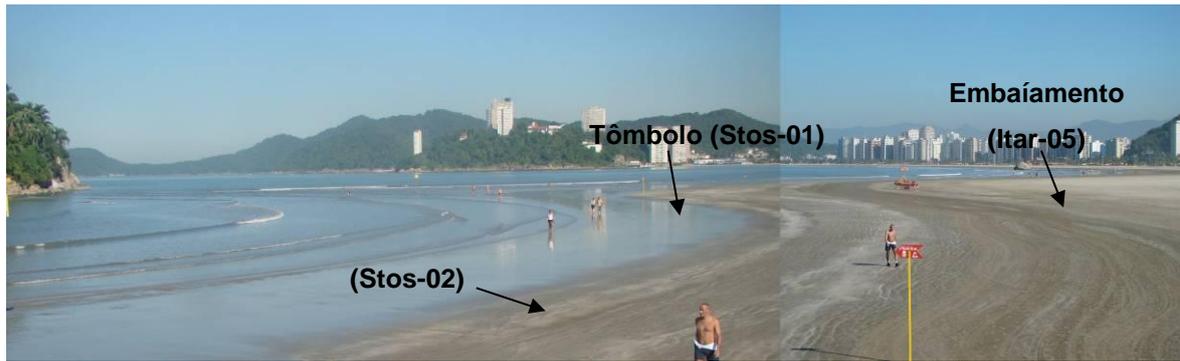


Figura 8.3.4.2-5. Tômbolo (perfil Stos-01) da Ilha de Urubuqueçaba e embaíamento praiar no trecho do perfil Itar-05 (ao fundo à direita a Ilha da Feiticeira) (imagem de 21 de maio de 2011).



Figura 8.3.4.2-6. Perfil Stos-02 em 10 de março de 2011 (esquerda), mostrando sinais de erosão pluvial (linha de drenagem bem marcada e exposição de leito de pequenas pedras sob a areia), e em 22 de junho de 2011 (direita), exibindo evidências de reposição artificial de areia (recobrimento do leito de pedras e da drenagem).

Esses resultados também podem ser explicados pelo comportamento da energia das ondas neste arco praiar. Conforme descrito anteriormente (Figura 8.3.4.1-1), os locais de maior energia da praia (em todas as condições de tempo) são os perfis Itar-05 e Itar-04 (menores larguras), seguidos de Itar-02 (maior largura que os anteriores), Itar-03 e Itar-01 (maiores larguras que os anteriores).

Itar-05 e Itar-04 se encontram na área mais aberta da enseada, voltada para o sul e para boca da Baía de Santos. Itar-01 é o ponto mais abrigado da praia, localizado atrás da Ilha Porchat. O perfil Stos-01 é um pouco abrigado devido à zona de sombra atrás da Ilha de Urubuqueçaba, que mantém o tômbolo e a

extensa largura praial. A baixa energia de ondas em Stos-01 está associada ao abrigo formado pela Ilha de Urubuqueçaba e o espigão do Emissário submarino, que contribuem também para a manutenção de larga faixa de areia.

Nos dois anos de monitoramento, a largura total média dessa praia foi de 159,77 m, sendo de 155,21 m em 2010 e de 164,32 m em 2011. Os valores foram de 64,4 m até 299,4 m, que correspondem, respectivamente, ao valor mínimo medido em Itar-05 e ao máximo medido em Stos-01. O coeficiente de variação foi de 36,37%.

Em relação à declividade média da praia, em geral, os perfis deste segmento também apresentaram baixa variabilidade temporal e espacial (Figura 8.3.4.2-7). As declividades médias exibiram valores baixos, com valor médio de  $0,66^\circ$  para os dois anos, sendo  $0,67^\circ$  em 2010 e  $0,64^\circ$  em 2011. As variações foram de  $0,2^\circ$  a  $1,7^\circ$ . O coeficiente de variação foi de 42,2%.

É interessante notar que, ao contrário das outras praias, no segmento Praial do Itararé-Emissário observou-se tendências de redução das declividades médias na maioria dos perfis durante a atuação de ressacas, estando as maiores declividades médias associadas a condições de tempo bom.

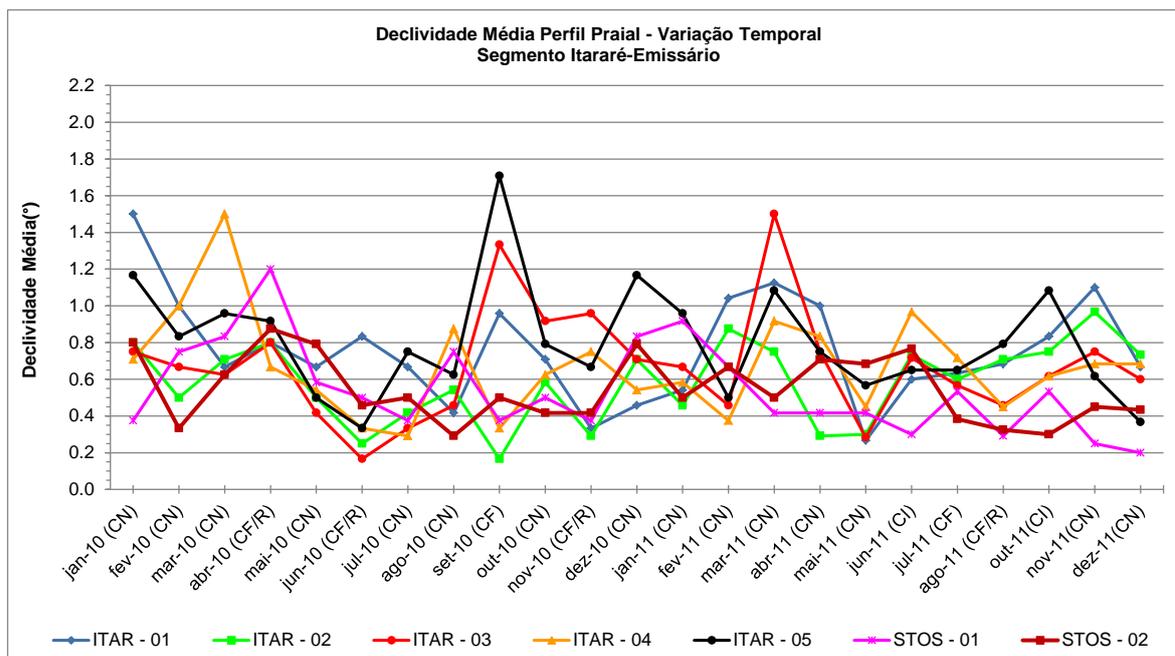


Figura 8.3.4.2-7. Variação têmporo-espaical da declividade média da praia (pós-praia + estirância) nos perfis do segmento Praia do Itararé-Emissário, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

Levando em consideração uma escala de tempo maior, o comportamento morfológico dessa praia não parece ter mudado muito nas últimas 5 décadas, como demonstra a Figura 8.3.4.2-8.

De acordo com este estudo, as principais variações ocorreram no perfil Stos-01, em decorrência da implantação do espigão do Emissário submarino no início da década de 1970, dos impactos que ele causou neste perfil e até nos seus vizinhos (com relativa estabilização somente na década de 1990), e de outras intervenções antrópicas que se sucederam na década de 2000 (e.g. a recuperação da praia com aterros e recondução da drenagem pluvial).

Observa-se que o comportamento das curvas de largura da série histórica apresenta tendências semelhantes aos resultados obtidos no presente monitoramento (Figura 8.3.4.2-9), embora com valores absolutos menores (a maioria dos produtos de sensores remotos utilizados foi obtida após a atuação de sistemas frontais com ou sem ressacas).

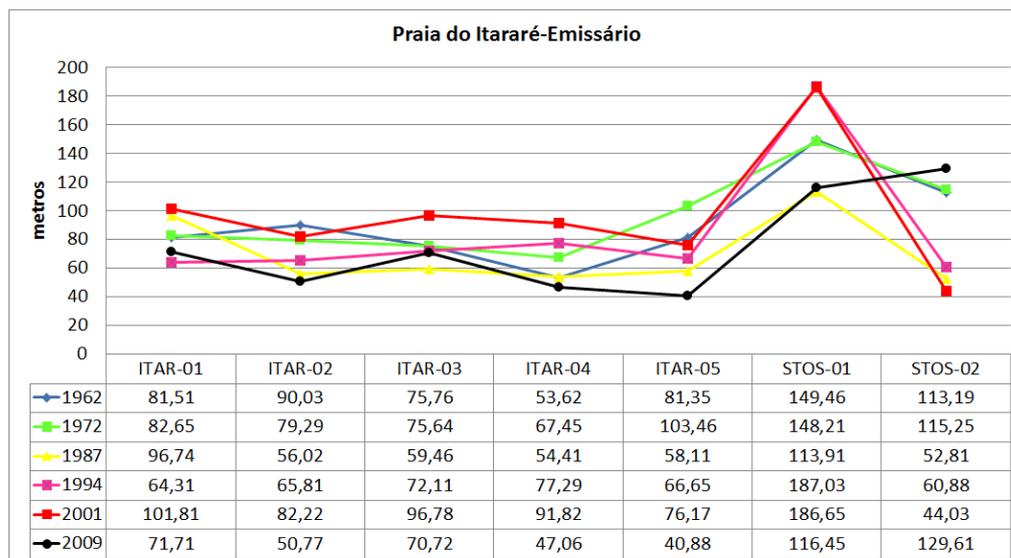


Figura 8.3.4.2-8. Variação das larguras praias (pós-praia) no segmento Praia do Itararé-Emissário entre 1962 e 2009 (fonte: Relatório Final do projeto “Variação Espaço-Temporal dos Polígonos Praias no Período de 1962 a 2009/2011”).

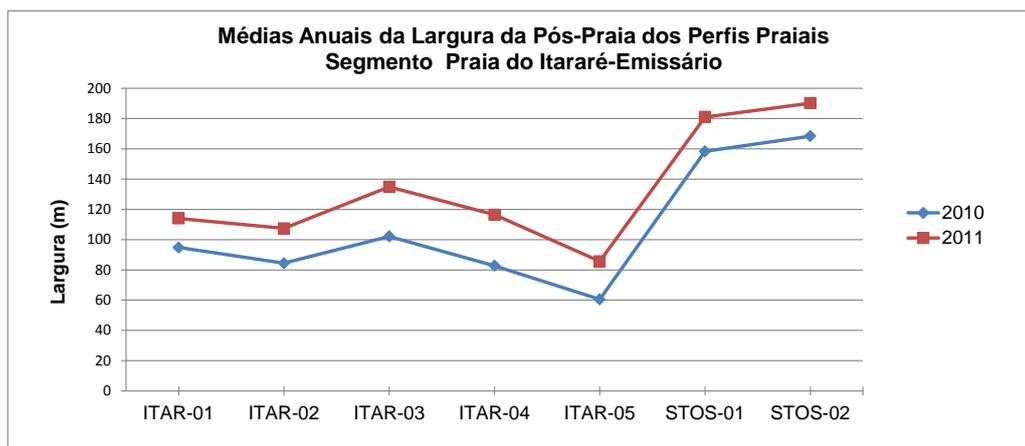


Figura 8.3.4.2-9. Variação das larguras médias anuais da pós-praia nos perfis do segmento Praia do Itararé-Emissário em 2010 e 2011.

Assim, os resultados obtidos a partir da análise dos parâmetros morfométricos deste segmento praias sugerem que as variações observadas podem ser explicadas principalmente em função da resposta natural dessa praia face à ocorrência dos eventos meteorológicos-oceanográficos, destacando-se as condições de tempo bom (normais) e os eventos de alta energia de ondas, como as frentes frias, em especial as acompanhadas de ressacas.

### **8.3.4.3. Granulometria dos sedimentos do estirâncio**

Os sedimentos do segmento praiial Itararé-Emissário também se apresentaram muito homogêneos durante ambos os anos, com muito baixa variabilidade de todos os parâmetros, tanto em cada perfil, quanto ao longo da praia (Figura 8.3.4.3-1).

Durante todo o período amostral predominaram areias muito finas e muito bem selecionadas, meso (Itar-02, Stos-01 e Stos-02) a platicúrticas (demais perfis) e simétricas.

Alguma variabilidade pode ser notada nos valores de assimetria e curtose em cada perfil, denotando variações temporais de energia de ondas.

Em 2011, além da variabilidade em cada perfil, ocorreu uma variabilidade da curtose média ao longo da praia, de tal forma que o trecho entre os perfis Itar-03 e Itar-05 apresentou valores médios de curtose relativamente maiores (platicúrticos) que os demais (mesocúrticos), o que significa que ali atuou menor energia de ondas neste ano, quando comparado a 2010. De fato, como este trecho é o de maior energia de ondas da praia, a curtose parece ter sido sensível à série anômala de fortes ressacas que ocorreram em 2010, mas não em 2011.

Por outro lado, os valores médios da assimetria nestes perfis se elevaram, indicando maior distribuição de finos nas modas desse sedimento em 2011, o que corrobora com a menor energia de ondas neste ano. Também o diâmetro médio acompanhou essa variação, exibindo areias levemente mais finas que nos demais trechos.

Em relação à variabilidade temporal, observou-se que em condições de frontogênese com ressaca ocorreu relativo afinamento e aumento do grau de seleção dos sedimentos, acompanhado de diminuição da curtose (aumento de energia) e aumento das partículas finas na moda (Figura 8.3.4.3-2).

O diâmetro médio variou de 3,1 a 3,3 phi (areias muito finas), portanto com média de 3,2 phi.

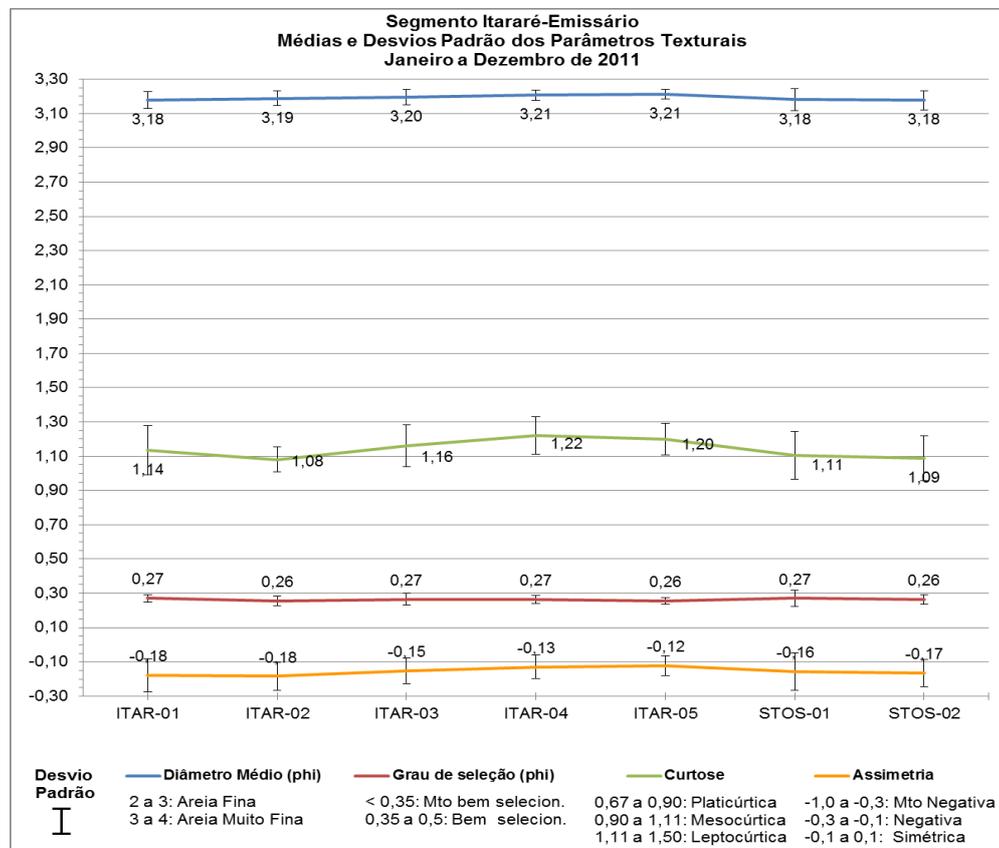
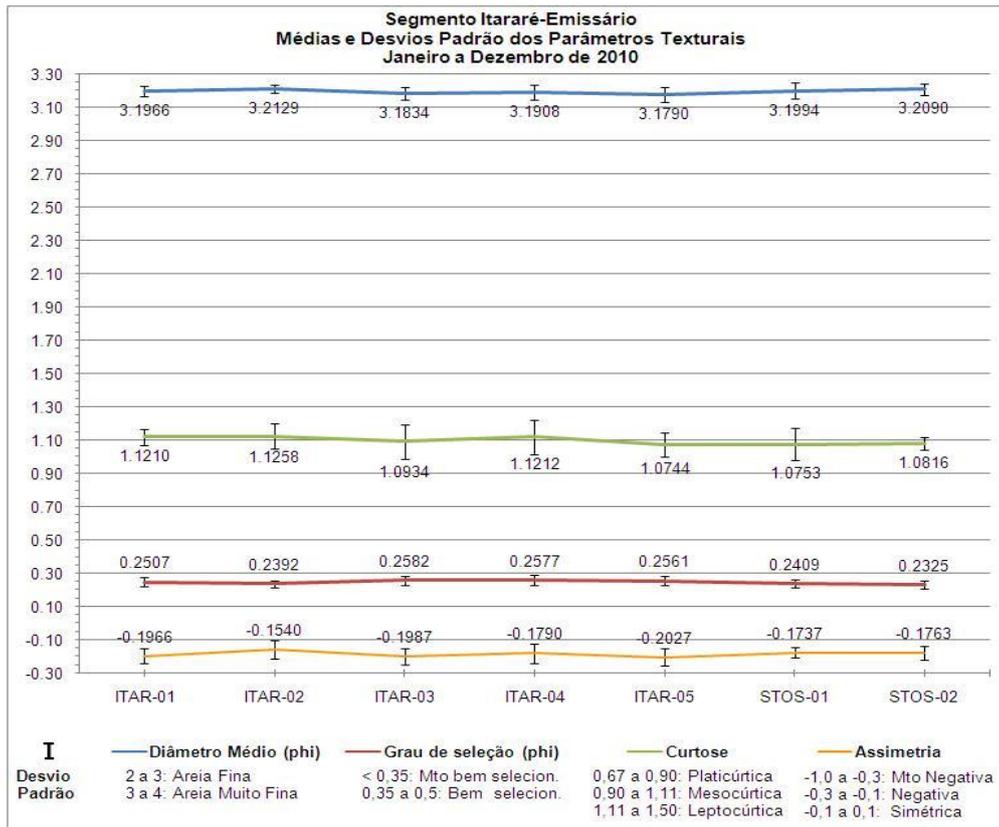


Figura 8.3.4.3-1. Médias e respectivos desvios-padrões dos valores dos parâmetros texturais dos sedimentos (estrâncio) do segmento Praia do Itararé-Emissário, no período de janeiro-dezembro de 2010 e janeiro-dezembro de 2011.

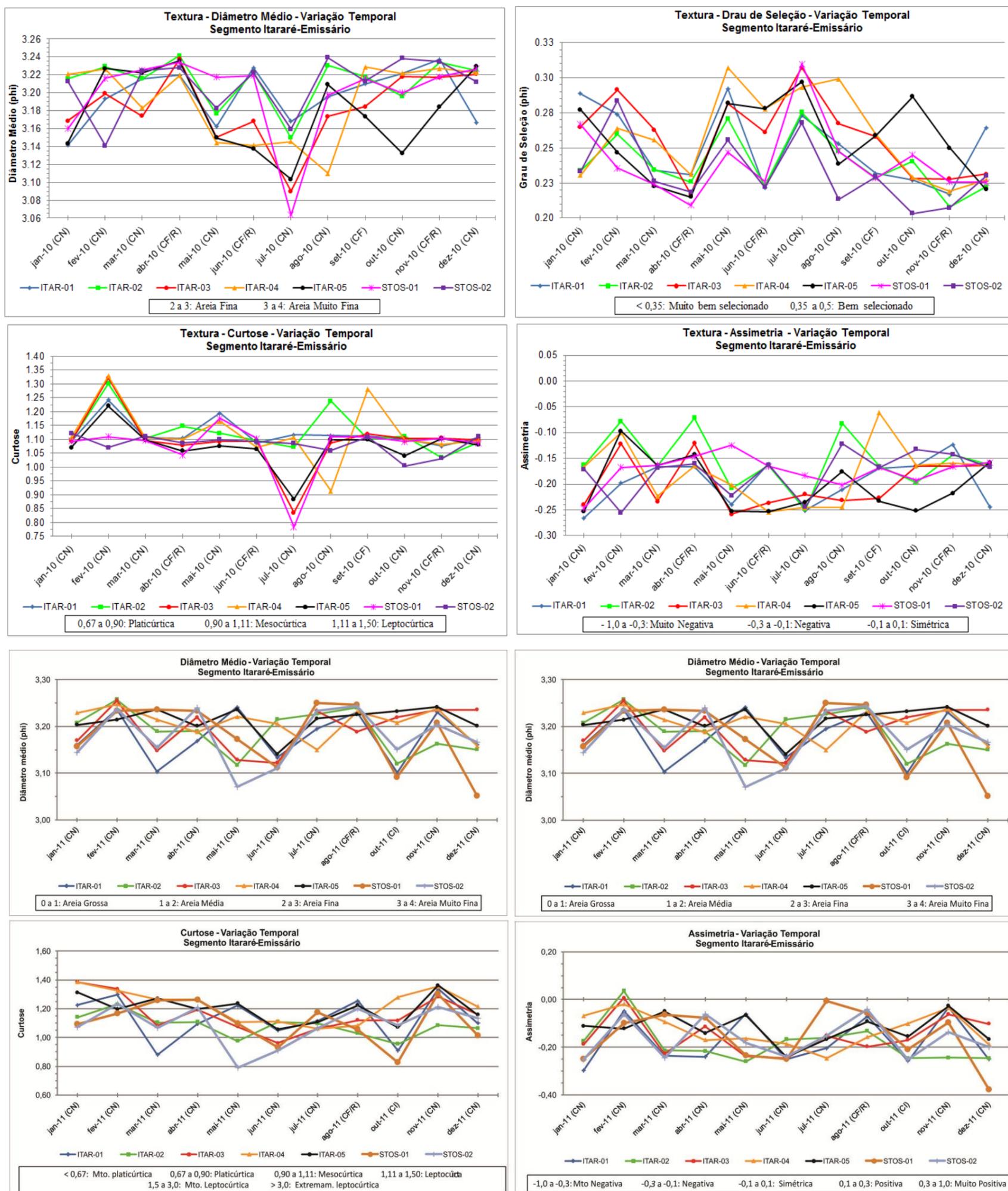


Figura 8.3.4.3-2. Variação dos parâmetros texturais dos sedimentos (estrânção) do segmento Praia do Itararé-Emissário, nos períodos de janeiro-dezembro de 2010 e janeiro-dezembro de 2011.

O grau de seleção também variou muito pouco, entre 0,2 e 0,4 phi (moderadamente selecionado), com média de 0,3 phi.

A curtose, por outro lado, variou bastante, com mínimo de 0,8 (platicúrtica) e máximo de 1,4 (leptocúrtica), e média de 1,1 (mesocúrtica), evidenciando a ampla variação temporal de energia de ondas, sempre maior nas ressacas e condições frontais (menores valores de curtose), e menor nas condições de tempo bom (maiores valores).

A assimetria oscilou entre -0,4 (muito negativa) até 0,0 (simétrica), com média de -0,2 (negativa), mostrando a elevada distribuição de partículas grossas na moda dos sedimentos.

A correlação entre o diâmetro médio e o desvio padrão (Figura 8.3.4.3-3) apresenta-se boa e negativa, como esperado, indicando que a diminuição no tamanho dos grãos é acompanhada pelo aumento no grau de seleção e vice-versa.

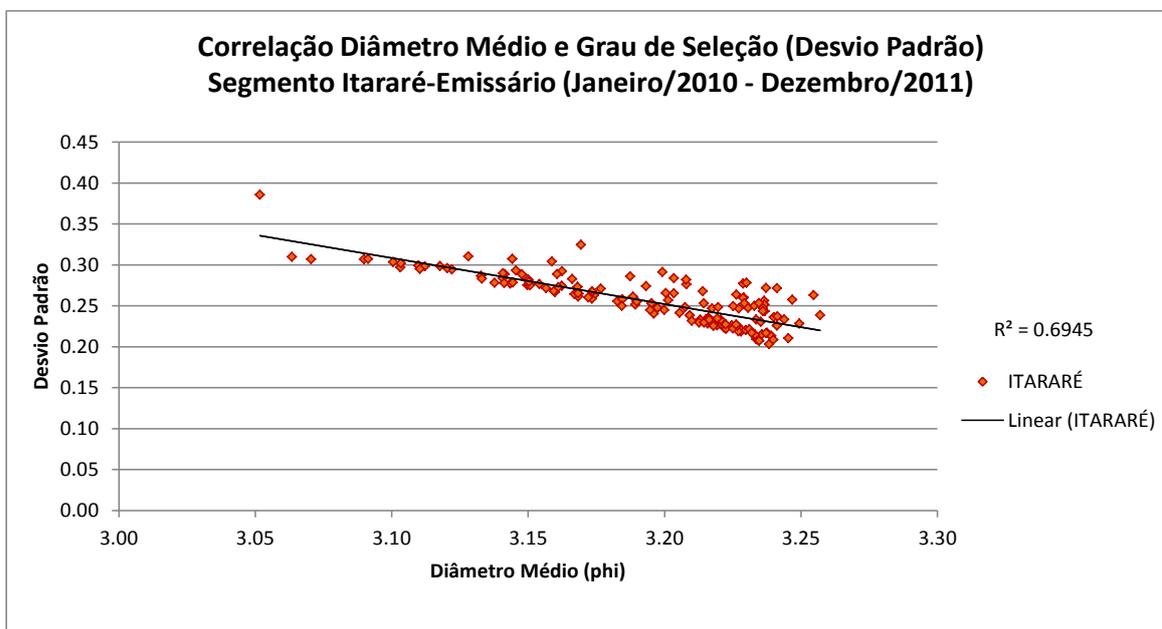


Figura 8.3.4.3-3. Correlação entre diâmetro médio e desvio-padrão dos sedimentos (estirância) do segmento Praia do Itararé-Emissário, para o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

Em relação à curtose, a correlação é baixa, mas mostra uma tendência gráfica de aumento dos valores (diminuição de energia de ondas) em função da diminuição do tamanho dos grãos (Figura 8.3.4.3-4), o que corrobora a relação com a energia de ondas.

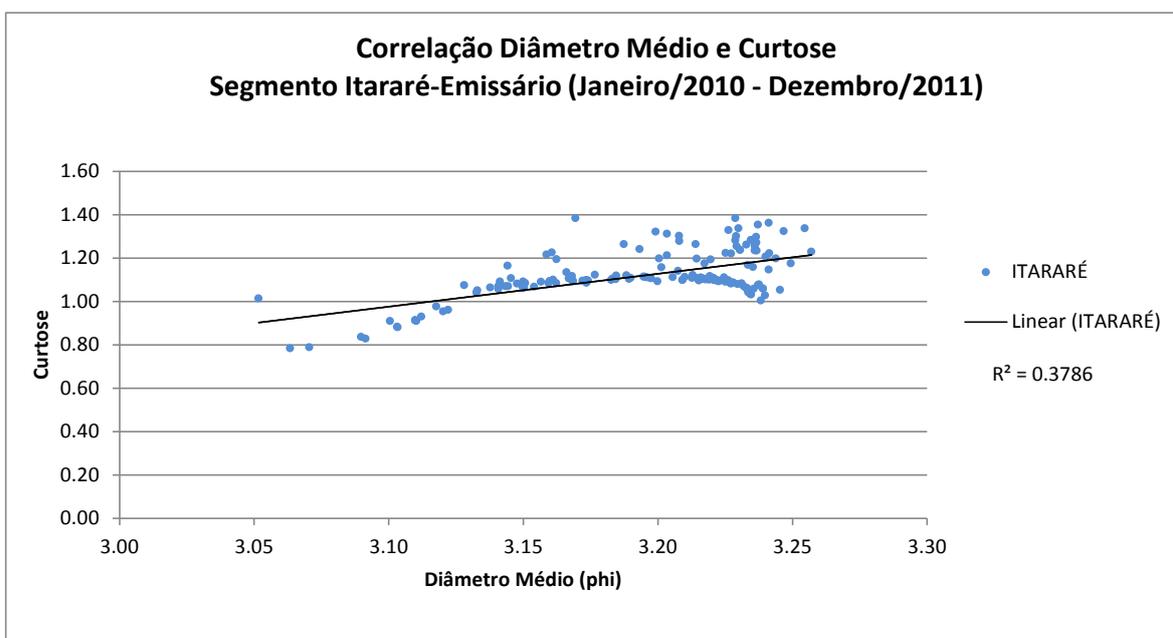


Figura 8.3.4.3-4. Correlação entre diâmetro médio e assimetria dos sedimentos (estirâncio) do segmento Praia do Itararé-Emissário, para o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

Já com a assimetria a correlação é boa e positiva indicando que, como esperado, a presença de finos na moda induz a um afinamento relativo da granulometria dessas areias muito finas (aumenta o valor de phi), e a presença de partículas mais grossas resulta no engrossamento relativo das mesmas (diminui o phi) (Figura 8.3.4.3-5).

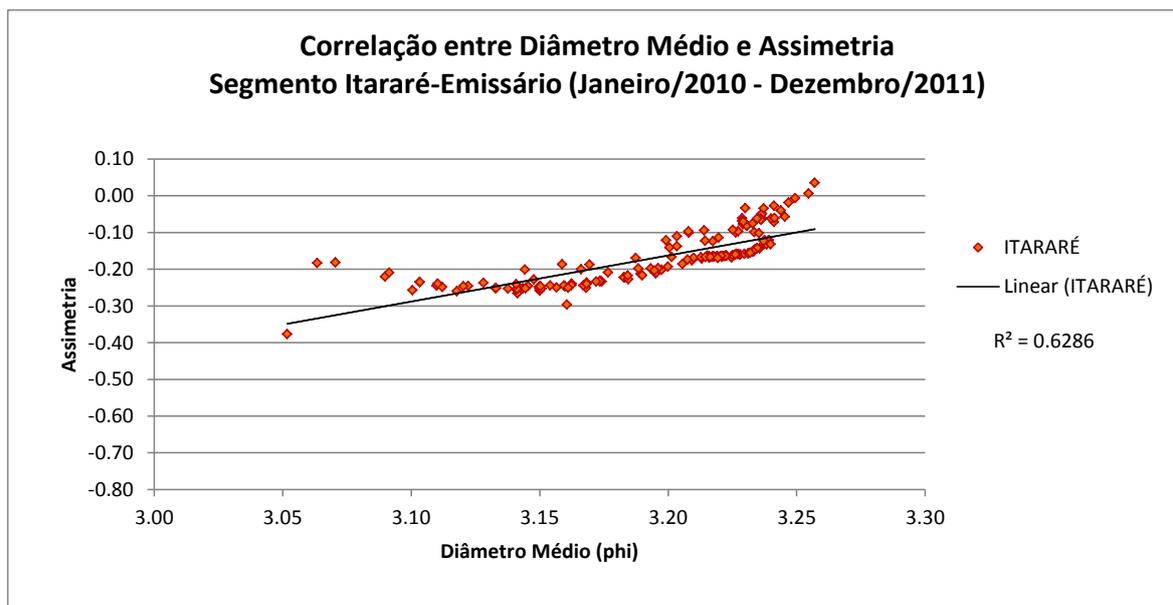


Figura 8.3.4.3-5. Correlação entre diâmetro médio e assimetria dos sedimentos (estirância) do segmento Praia do Itararé-Emissário, para o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

Todos os resultados sobre o comportamento textural do segmento Praia do Itararé-Emissário mostram que os sedimentos são muito maduros e que durante o período amostral, não foram modificados. A pouca variabilidade ocorrida foi reflexo de mecanismos naturais de transporte ao longo da praia e atuação de eventos meteorológicos-oceanográficos anômalos.

#### 8.3.4.4. Células de deriva litorânea

O comportamento das células de deriva litorânea no segmento Itararé-Emissário (Figura 8.3.4.4-1) mostra, como esperado, certa variabilidade em microescala, mas com algumas tendências de sentido de transporte resultante.

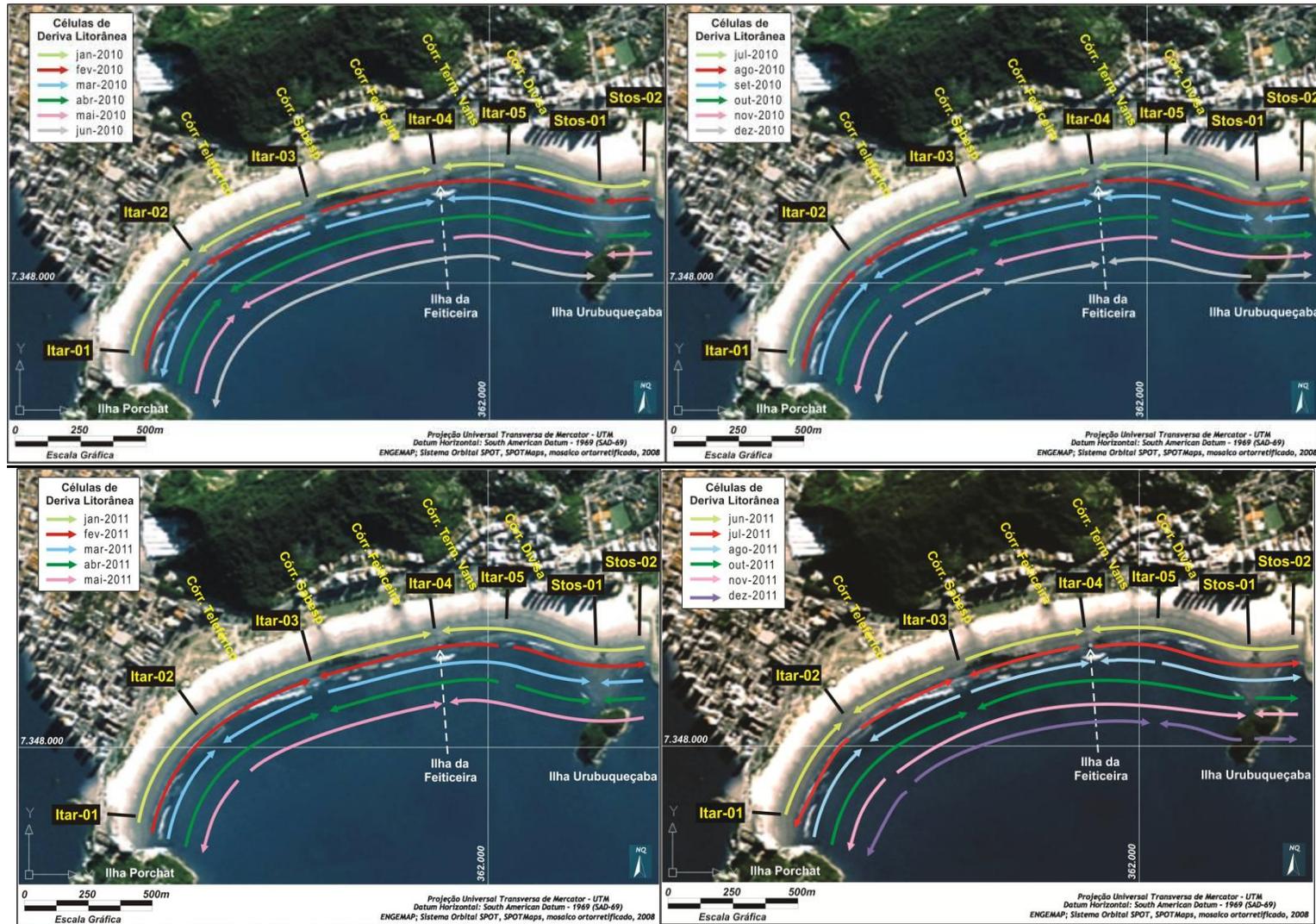


Figura 8.3.4.4-1. Variação do comportamento das células de deriva litorânea no segmento Praia do Itararé-Emissário, entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011.

Os transportes resultantes apresentaram a seguinte distribuição:

- Deriva litorânea resultante para L (leste) - janeiro, fevereiro e agosto de 2010, janeiro, agosto, julho, novembro e dezembro de 2011;
- Deriva litorânea resultante para W (oeste) - março, abril, junho, julho de 2010, fevereiro, março, abril e junho de 2011;
- Ausência de sentido resultante (L/W) - maio, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2010, maio e outubro de 2011.

Assim, o comportamento da deriva litorânea resultante foi praticamente igual para todos os tipos, com as resultantes para E e para W correspondendo a 8 meses cada, e a ausência de rumo resultante de transporte em 7 meses. Portanto, de fato não houve, no período amostral, uma dominância de sentido de transporte nessa praia.

Em termos de processo dominante em cada perfil (Tabela 8.3.4.4-1) tem-se a seguinte distribuição:

- Itar-01: E (erosão), com 60,9 % dos casos;
- Itar-02: D (deposição), com 43,5% (zona de convergência de células de deriva litorânea);
- Itar-03: E/T (erosão e transporte), com 39,1% cada um;
- Itar-04: D/T (deposição e transporte), com 39,1 cada em %;
- Itar-05: T (transporte), com 60,9%;
- Stos-01: T (transporte), com 47,8%;
- Stos-02: D (deposição), com 52,2%.

Tabela 8.3.4.4-1. Síntese do comportamento dos perfis do segmento Itararé – Emissário, em relação aos processos envolvidos na célula de deriva litorânea (E = Erosão, D = Deposição, T = Transporte; L = Leste, W = Oeste).

PERFIL	2010												2011												Nº Ocorrências Erosão (E)	Nº Ocorrências Transporte (T)	Nº Ocorrências Deposição (D)	Processo Dominante	Processo Dominante (%)
	jan/10	fev/10	mar/10	abr/10	mai/10	jun/10	jul/10	ago/10	set/10	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	out/11	nov/11	dez/11						
ITAR-01	E	E	D	E	E	D	D	E	E	D	D	E	E	E	E	E	D	E	D	E	E	D	D	14	-	9	E	60,87	
ITAR-02	D	D	T	D	D	T	T	D	D	E	E	D	T	T	D	T	E	D	E	D	T	E	E	6	7	10	D	43,48	
ITAR-03	E	E	E	T	T	T	E	T	E	D	D	E	T	D	E	D	T	E	D	E	D	T	T	9	8	6	E/T	39,13	
ITAR-04	D	T	D	T	E	T	D	E	D	T	T	D	D	T	T	T	D	D	E	D	T	T	T	5	9	9	D/T	39,13	
ITAR-05	E	T	T	T	T	E	T	T	E	E	E	T	T	E	T	E	T	T	T	E	T	T	D	8	14	1	T	60,87	
STOS-01	T	D	T	E	D	D	E	T	D	T	T	E	T	T	D	D	T	T	T	T	E	D	E	5	11	7	T	47,83	
STOS-02	D	E	E	D	E	E	D	D	E	D	D	D	E	D	E	E	E	E	D	D	D	E	D	11	-	12	D	52,17	
RUMO RESULTANTE	L	L	W	W	L/W	W	W	L	L/W	L/W	L/W	L/W	L/W	L/W	W	L	W	W	L	L	L/W	L	L						

#### **8.3.4.5. Indicadores morfológicos de transporte costeiro**

Os principais indicadores morfológicos de transporte costeiro longitudinal e transversal no segmento Itararé-Emissário foram: migração lateral de canal de drenagem natural, assoreamento de desembocadura e/ou interior de canal de drenagem, empilhamento sedimentar na pós-praia, embaiamento na linha de costa, presença de tômbolo, incidência oblíqua de ondas na linha de costa e descalçamento de estruturas urbanas.

A distribuição da frequência dos indicadores de transporte costeiro longitudinal e transversal é apresentada na Tabela 8.2.3.5.3-1.

Neste segmento, os indicadores de transporte costeiro longitudinal apresentaram a seguinte distribuição de sentido resultante:

- Para W – fevereiro, março, agosto, setembro e dezembro de 2010, de fevereiro a maio, e outubro a novembro de 2011.
- Para E – janeiro, abril, junho e julho de 2010, janeiro, julho, agosto e dezembro de 2011;
- Sem sentido resultante (W/E) – janeiro, maio, outubro e novembro de 2010, e junho de 2011.

Em relação aos indicadores de transportes costeiros transversais, nas campanhas de janeiro, maio, julho a outubro e dezembro de 2010, e de janeiro, fevereiro, março, maio, junho, julho, outubro, novembro e dezembro de 2011 predominaram os do tipo costa-adentro. Nas campanhas de novembro de 2010 e abril e agosto de 2011 predominaram o transporte costa-afora.

Tabela 8.3.4.5-1. Síntese do transporte costeiro resultante obtido a partir de indicadores morfológicos observados nos monitoramentos de 2010 e 2011, no segmento Itararé-Emissário.

	Transporte Longitudinal Resultante			Transporte Transversal Resultante		
	mês/ano	Transporte Longitudinal Resultante	Transporte Transversal Resultante	mês/ano	Transporte Longitudinal Resultante	Transporte Transversal Resultante
<b>Itararé</b>	jan/10	E	costa-adentro	jan/11	E	costa-adentro
	fev/10	W	-	fev/11	W	costa-adentro
	mar/10	W	-	mar/11	W	costa-adentro
	abr/10	E	-	abr/11	W	costa-afora
	mai/10	W / E	costa-adentro	mai/11	W	costa-adentro
	jun/10	E	-	jun/11	W / E	costa-adentro
	jul/10	E	costa-adentro	jul/11	E	costa-adentro
	ago/10	W	costa-adentro	ago/11	E	costa-afora
	set/10	W	costa-adentro	out/11	W	costa-adentro
	out/10	W / E	costa-adentro	nov/11	W	costa-adentro
	nov/10	W / E	costa-afora	dez/11	E	costa-adentro
	dez/10	W	costa-adentro			

PERFIL	Transporte Longitudinal Dominante	Total de Observações	Nº Ocorrências Transporte Longitudinal Dominante	Frequência Transporte Longitudinal Dominante	Transporte Transversal Resultante	Total de Observações	Nº Ocorrências Transporte Transversal Dominante	Frequência Transporte Transversal Dominante	Outras Ocorrências
Itar-01	E	19	10	52.63	costa-afora	21	14	66.67	costa-adentro(7)
Itar-02	E	7	7	100.00	costa-adentro/afora	12	6/cada	50/cada	
"Córrego do Teleférico"	W/E	10	5/cada	50/cada	costa-adentro	13	13	100.00	-
Itar-03	W/E	8	4/cada	50/cada	costa-adentro	7	5	71.43	costa-afora(2)
"Córrego da Sabesp" (leste de Itar-03)	W	18	10	55.56	costa-adentro	16	15	93.75	costa-afora(1)
"Córrego da Feiticeira" (oeste de Itar-04)	W	21	12	57.14	costa-adentro	8	8	100.00	-
Itar-04	W	26	16	61.54	costa-adentro	13	9	69.23	costa-afora(4)
"Córrego do Terminal Vans" (entre Itar-04 e Itar-05)	E	15	9	60.00	costa-adentro	8	7	87.50	costa-afora(1)
Itar-05	W	33	18	54.55	costa-afora	7	5	71.43	costa-adentro(2)
"Córrego da Divisa" (leste de Itar-05)	W	16	13	81.25	costa-adentro	6	6	100.00	-
Stos-01	W/E	66	33/cada	50/cada	costa-afora	12	9	75.00	costa-adentro(3)
Stos-02	W	37	19	51.35	costa-afora	7	5	71.43	costa-adentro(2)

### 8.3.4.6. Risco à erosão costeira

A classificação de risco à erosão costeira não se alterou durante todo o ano em todos os perfis do segmento praiar Itararé-Emissário, sendo de Risco Baixo de erosão costeira (Tabela 8.3.4.6-1).

Tabela 8.3.4.6-1. Classificação de risco à erosão costeira nos perfis do segmento Itararé-Emissário (para legenda dos Indicadores de Erosão Costeira I a XI consultar a Tabela 8.2.2.4-1).

Perfil	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Risco Perfil	Nota (ponderada)	RISCO TOTAL (média ponderada)
ITAR - 01		X						X	X			BAIXO	2.0	BAIXO (1,6)
ITAR - 02		X										MUITO BAIXO	1.0	
ITAR - 03		X										MUITO BAIXO	1.0	
ITAR - 04		X							X			BAIXO	2.0	
ITAR - 05		X										MUITO BAIXO	1.0	
STOS - 01		X							X			BAIXO	2.0	
STOS - 02		X						X	X			BAIXO	2.0	

No extremo oeste da Praia de Itararé, junto ao Ilha Porchat Clube, foi observado incremento da erosão, perceptível em relação ao aumento da exposição da base das estruturas urbanas como as pilastras da passarela do Clube da Ilha Porchat e a calçada lateral do mesmo (Figuras 8.3.4.6-1 e 8.3.4.6-2), aparentemente por causas naturais, devido à atuação de ressacas e à dinâmica de circulação costeira. Note-se bem que essas estruturas foram construídas sobre a praia.

Mesmo assim, as classificações de risco do perfil Itar-01 e do segmento praiar não se alteraram, sendo de Risco Baixo.



Março de 2010



Junho de 2010



Setembro de 2010



Dezembro de 2010



Maio de 2011



Dezembro de 2011

Figura 8.3.4.6-1. Erosão no extremo oeste da Praia do Itararé, ao longo do ano de 2010 e 2011. Nota-se que em todas as imagens as preamares ordinárias de sizígia atingem o topo da pós-praia, o que é constatado pela presença de zona de deixa e marcas onduladas geradas por ondas se estendendo até próximo da calçada. A erosão aumentou neste perfil.



Setembro de 2010



Dezembro de 2010



Fevereiro de 2011



Maio de 2011



Julho de 2011



Dezembro de 2011

Figura 8.3.4.6-2. Erosão na base das estruturas do Ilha Porchat Clube em 2010 e 2011.

### 8.3.4.7. Balanço sedimentar

A morfologia dos perfis praias (fevereiro de 2010 e dezembro de 2011) utilizados para o cálculo do balanço sedimentar do segmento Itararé-Emissário é exibida na Figura 8.3.4.7-1.

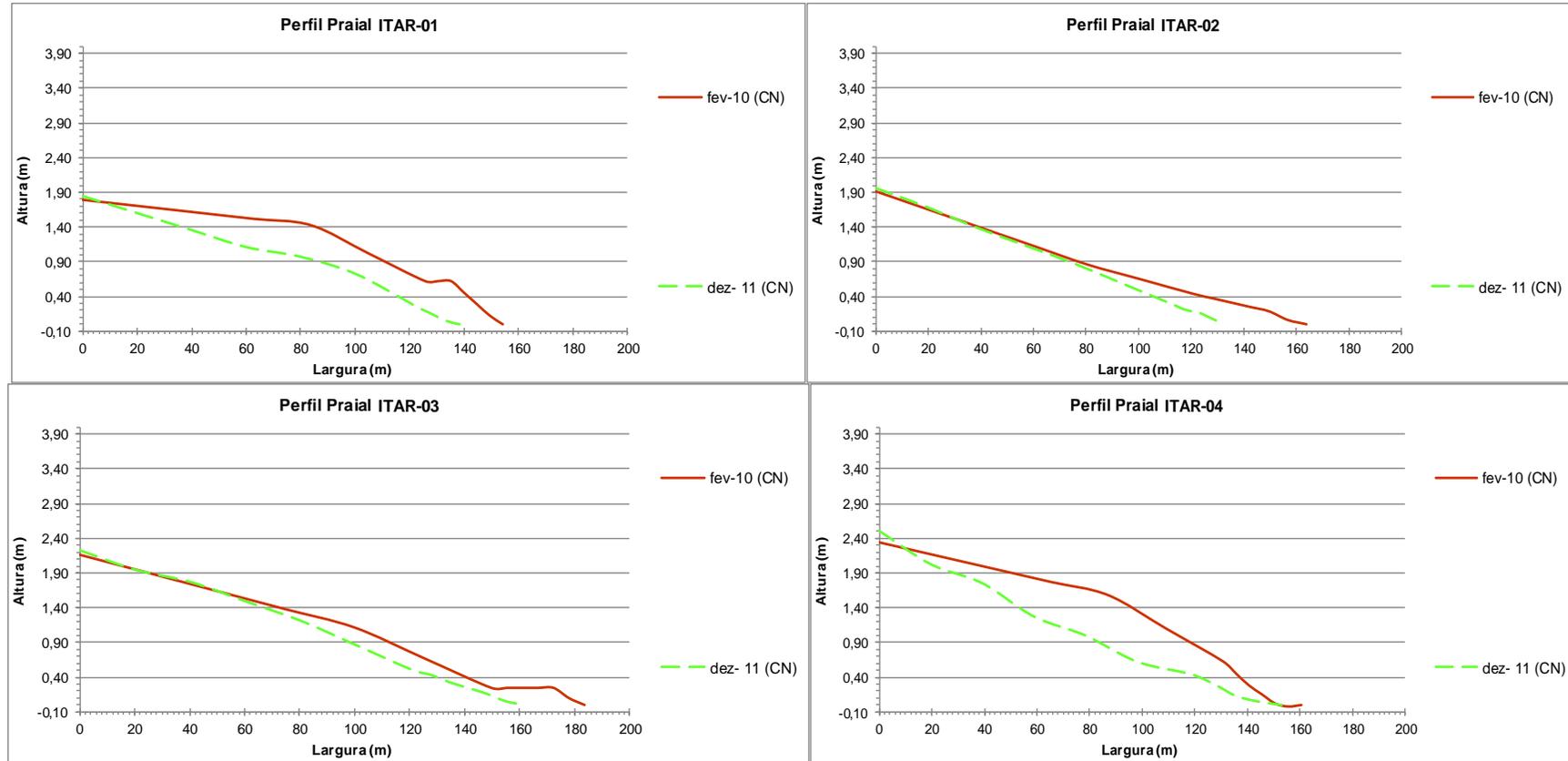


Figura 8.3.4.7-1. Representação morfológica dos perfis realizados no segmento Praia do Itararé-Emissário em fevereiro de 2010 e dezembro de 2011.

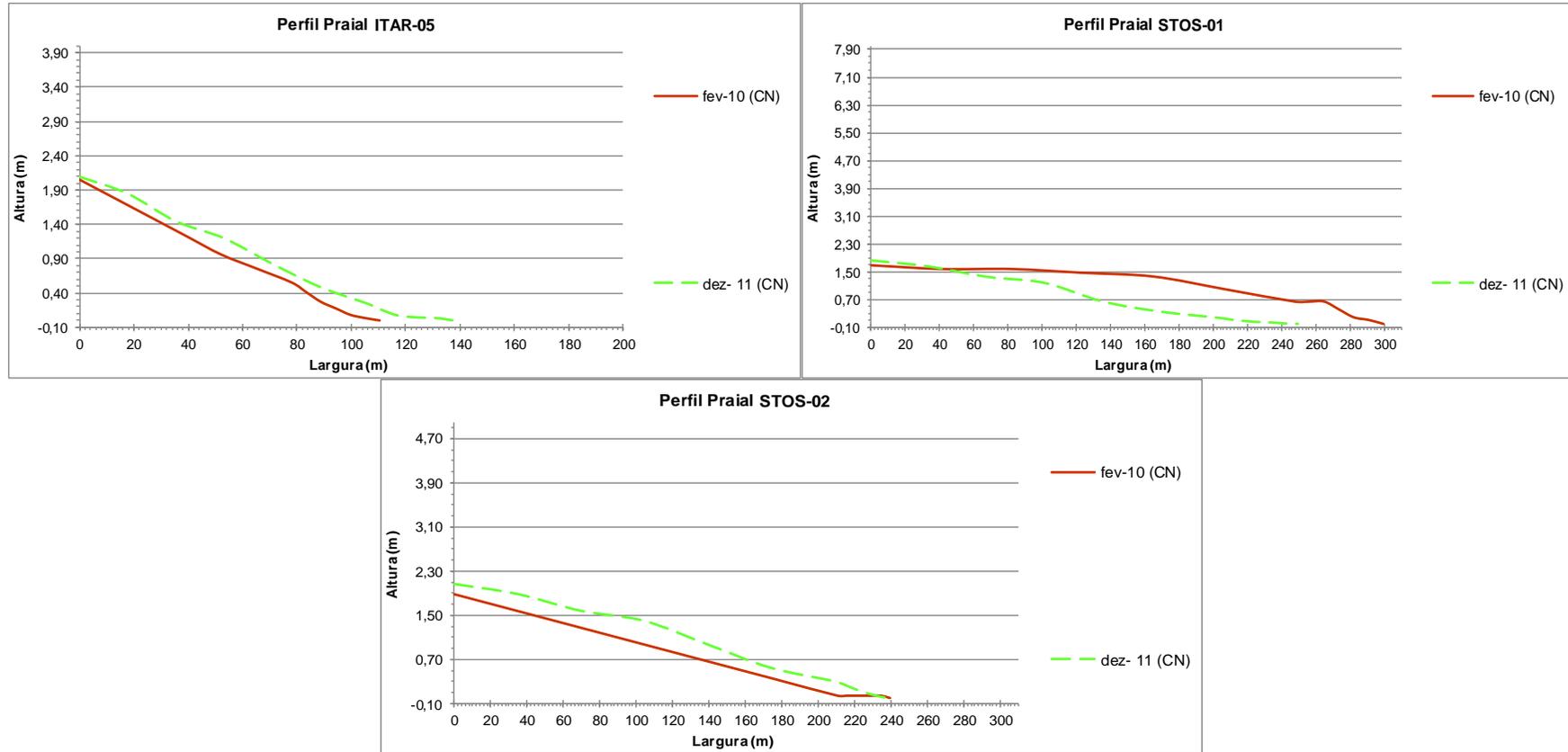


Figura 8.3.4.7-1(continuação). Representação morfológica dos perfis realizados no segmento Praia do Itararé-Emissário em fevereiro de 2010 e dezembro de 2011.

Os perfis Itar-01 (vide Figuras 8.3.4.6-1 e 8.3.4.6-2), Itar-04 e Stos-01 sofreram as maiores modificações morfológicas, com redução substancial de volume de sedimentos.

Os mapas altimétricos do envelope praial, obtidos com base nestes perfis, são exibidos na Figura 8.3.4.7-2.

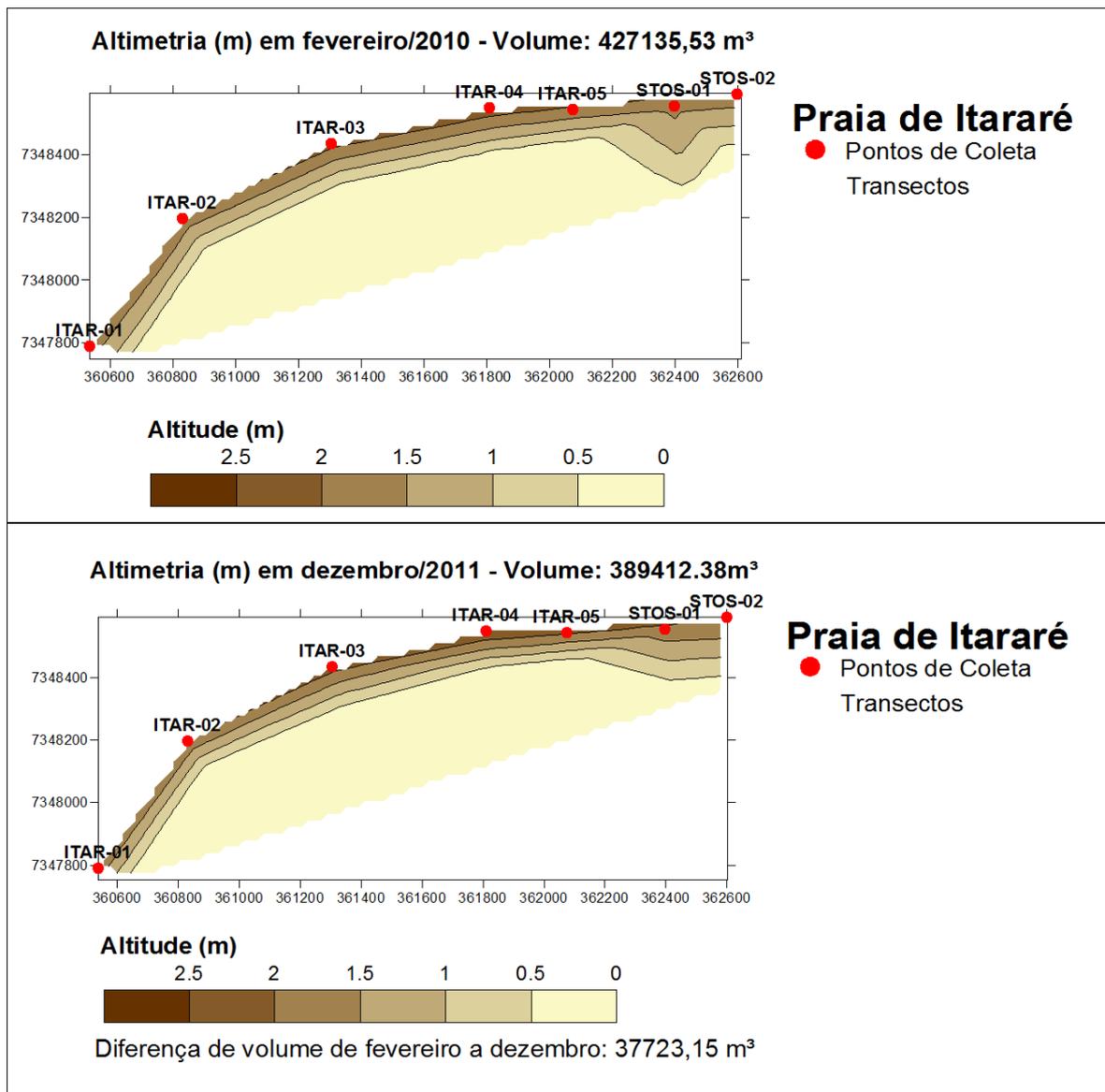


Figura 8.3.4.7-2. Balanço sedimentar do segmento Praia do Itararé-Emissário, entre fevereiro de 2010 e dezembro de 2011.

Em fevereiro de 2010, portanto antes do início das obras de dragagem de aprofundamento do Canal de Navegação do Porto de Santos, o volume de sedimentos presente no segmento Praia do Itararé-Emissário era de 427.135,53 m<sup>3</sup>.

Em dezembro de 2011, praticamente após dois anos de dragagens, o volume do envelope praial passou a ser de 389.412,38 m<sup>3</sup>.

A diferença entre ambos foi -37.723,15 m<sup>3</sup>, evidenciando uma ligeira diminuição no volume de sedimentos de 2010 para 2011, que pode ser considerada um equilíbrio sedimentar, visto que a redução foi de apenas 8,8% do volume inicial.

Estes resultados mostram que o balanço sedimentar do segmento Praia do Itararé-Emissário está em equilíbrio, e que as pequenas modificações morfológicas observadas durante os dois anos de monitoramento foram respostas da praia à variabilidade de eventos meteorológicos-oceanográficos, como concluído para os outros estudos efetuados.

#### **8.3.4.8. Conclusões sobre o segmento Praia do Itararé-Emissário**

Os resultados obtidos ao longo dos dois anos de monitoramento no segmento Praia do Itararé-Emissário indicam que, do ponto de vista de sua morfodinâmica (variabilidade morfológica, textural e de transporte resultante) e de seu balanço sedimentar (erosão costeira, transporte resultante e variação volumétrica de sedimentos, que refletem as entradas e saídas de sedimentos da praia), esta praia permaneceu em equilíbrio dinâmico, essencialmente controlado pela variabilidade de intensidade, frequência e distribuição temporal dos eventos meteorológicos-oceanográficos, não sendo constatada, até o momento, qualquer alteração que possa ser atribuída a algum impacto físico decorrente das obras de dragagem de aprofundamento.

#### **8.4. Conclusões**

Os resultados obtidos nos dois anos de monitoramento das praias ao fundo da Baía de Santos mostraram que os processos costeiros ocorridos entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011, bem como as anomalias morfológicas e texturais observadas, foram prioritariamente influenciadas pela variabilidade de eventos de alta energia de ondas, principalmente em 2010, ano que pode ser considerado anômalo em relação a tais eventos.

O ano de 2010 apresentou maior número de ressacas de forte/muito forte intensidade que 2011. Além disso, em 2010 a distribuição dos eventos também foi anômala, começando em fevereiro e se estendendo até dezembro. Já em 2011, ocorreram na chamada temporada de ressacas, que vai de abril até setembro (outono-inverno). Também no período de monitoramento ocorreram as duas ressacas mais intensas desde a década de 1960, cujos picos de deram em 08 de abril de 2010 e 03 de maio de 2011.

Em relação à Praia do Góes, os resultados obtidos indicam que, do ponto de vista de sua morfodinâmica (variabilidade morfológica, textural e de transporte resultante) e de seu balanço sedimentar (erosão costeira, transporte resultante e variação volumétrica de sedimentos), esta praia permaneceu em equilíbrio dinâmico, e sob a ação majoritária de processos essencialmente naturais e que já estavam em curso, como a rotação praial, desencadeada antes do início da dragagem. O balanço sedimentar mostrou uma variação negativa de apenas 2,7% do volume inicial.

Portanto, para esta praia não foi constatada, até o momento, qualquer alteração ou processo que possa ser atribuído a algum impacto físico decorrente das obras de dragagem de aprofundamento.

Levando em consideração os estudos de retroanálise feitos na Praia do Góes, parece que o fenômeno da rotação praial possui uma ciclicidade de cerca de 20 anos, estimados entre o início da rotação praial (transporte relativamente rápido dos sedimentos para leste, impulsionado por evento de alta energia de ondas), o completo realinhamento da praia, com maior largura no canto leste (situação de pico da rotação praial), depois o retorno lento dos sedimentos para o

setor oeste da praia até o seu completo realinhamento, com maior largura neste setor (pico situação de normalidade), fechando-se assim o ciclo. Obviamente, o tempo total decorrido dependerá também do comportamento e da variabilidade de eventos de alta energia de ondas.

Atualmente, o fenômeno, provavelmente iniciado em janeiro de 2010, parece não ter atingido seu apogeu, tal qual observado em 1987, pois a praia ainda não sofreu seu total realinhamento. A depender das ocorrências de eventos de alta energia de ondas em 2012 e nos próximos anos, talvez nem chegue a este extremo. Por outro lado, alguns fatores não existentes em 1987 podem impactar a evolução do processo e o retorno da praia à condição de normalidade, entre eles, as intervenções antrópicas efetuadas sobre a praia na década de 2000 (muro de contenção e outras construções no setor leste da praia), e o aprofundamento do Canal de Navegação (Fundespa, 2012) que corresponderia a um aumento na altura/energia das ondas que atingem a Praia do Góes e aumento do transporte de sedimentos para leste e para fora da praia. O primeiro fator foi o que de fato modificou a acomodação dos sedimentos transportados para o setor leste da praia, aumentando a altura e a declividade da mesma em relação ao esperado. O segundo não foi constatado na praia, já que o balanço sedimentar se manteve praticamente inalterado e os transportes para oeste se mostraram também efetivos.

Os resultados obtidos para o segmento Emissário-Ponta da Praia indicam que, do ponto de vista de sua morfodinâmica (variabilidade morfológica, textural e de transporte resultante) e de seu balanço sedimentar (erosão costeira, transporte resultante e variação volumétrica de sedimentos), esta praia permaneceu em equilíbrio dinâmico, essencialmente controlado pela variabilidade de intensidade, frequência e distribuição temporal dos eventos meteorológicos-oceanográficos. O balanço sedimentar mostrou uma variação positiva de apenas 1,4% do volume inicial. Lembrando que esta praia sofre constante retirada mecânica de areias (limpeza pública e desassoreamento dos canais de saneamento).

Portanto, também para o segmento Emissário-Ponta da Praia, não foi constatada, até o momento, qualquer alteração que possa ser atribuída a algum impacto físico decorrente das obras de dragagem de aprofundamento.

Os resultados obtidos para este segmento praias corroboram com as tendências históricas, e em especial da última década: o setor mais deposicional da praia está e tem estado (ao menos desde a década de 1960) localizado entre os canais 1 e 3; os trechos mais erosivos da praia estão e historicamente sempre estiveram localizados em Stos-16, Stos-19 e em especial em Stos-23. Mas é importante lembrar que desde 2009 (ano de muitas ressacas) a praia já apresentava sinais de extrema erosão e não havia conseguido se recuperar quando as primeiras ressacas de 2010 vieram e as obras de dragagem se iniciaram.

A erosão acelerada na Ponta da Praia ocorre há pelo menos 6 décadas. Ao que tudo indica, as causas deste processo erosivo estão associadas principalmente a intervenções antrópicas irreversíveis, destacando: a construção da avenida à beira-mar sobre a própria praia; a destruição de fontes sedimentares (dunas, depósitos marinhos antigos, cordões litorâneos e manguezais); a construção de diversas estruturas de lazer, pesca e apoio náutico ao longo do século passado e até recentemente; a implantação de estruturas de “proteção” costeira; mudanças na rede de drenagem costeira, incluindo aterros de canais; e dragagens de sedimentos no estuário e na Baía de Santos.

Os resultados obtidos ao longo do estudo para o segmento Praia do Itararé-Emissário também indicam que, do ponto de vista de sua morfodinâmica (variabilidade morfológica, textural e de transporte resultante) e de seu balanço sedimentar (erosão costeira, transporte resultante e variação volumétrica de sedimentos), esta praia permaneceu em equilíbrio dinâmico, essencialmente controlado pela variabilidade de intensidade, frequência e distribuição temporal dos eventos meteorológicos-oceanográficos. O balanço sedimentar mostrou uma variação negativa de apenas 8,8% do volume inicial. Lembrando que essa praia sofre constante retirada mecânica de areias (limpeza pública e desassoreamento dos canais de drenagem).

Portanto, até o momento, neste segmento praias também não foi constatada qualquer alteração que possa ser atribuída a algum impacto físico decorrente das obras de dragagem de aprofundamento.

## 8.5. Referências Bibliográficas

- Camargo, R. de; Harari, J.; Dias, P.L.S. 2000. A storm surge modeling and forecast for the South-Western Atlantic Ocean. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 72(2):
- Campos, R.M; Camargo, R. de & Harari, J. 2010. 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. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, p. 175-184.
- CERC - Coastal Engineering Research Center – U.S. ARMY. 1977. Shore Protection Manual. 3<sup>rd</sup> Edition. Department of the Army Corps of Engineers. Washington, D.C. 3 vol.
- Davidson-Arnott, R.G.D. 2005. Conceptual model of the effects of sea level rise on sandy coasts. Journal of Coastal Research, 21(6):1166-1172.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27, p. 3-26.
- Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas. 2012. Estudo sobre a hidrodinâmica e o transporte de sedimentos na Ponta da Praia de Santos e Praia do Góes. Relatório Técnico RDC – 120612. Fundespa, São Paulo, 55 p. + Anexos.
- Garcia-Rosa, E.G., 2010. Análise Morfosedimentar das Praias Santistas em Relação às Variáveis Hidrometeorológicas no Verão e Outono de 2009. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário Monte Serrat-UNIMONTE, Santos. 81p.
- Hanslow, D.J., 2007. Beach erosion trend measurement: a comparison of trend indicators. Journal of Coastal Research, SI 50, p. 588-593.
- Harari, J.; Camargo, R.; Miranda, L.B. 2002. Modelagem numérica hidrodinâmica tridimensional da região costeira e estuarina de São Vicente e Santos (SP) – Pesquisa Naval. Revista Marítima Brasileira. Suplemento Especial, n° 15, p. 79-97.

- Harari, J.; Kato, V.M.; Uehara, S.A; Nonnato, L.V.; Vicentini Neto, F.L. & Szajnbok, C. 2010. Measurements and modeling of sea level and currents in Santos coastal area (São Paulo State, Brazil). *Afro-America Gloss, News*, 13(2): 1-15.
- Jacobsen, E.E. & Schwartz, M.L. 1981. The use of geomorphic indicators to determine the direction of net shore-drift. *Shore & Beach*, 49: 38-43.
- Klein, A.H.F.; Benedet Filho, L.; Schumacher, D.H. 2002. Short-term beach rotation process in distinct headland bay beach system. *Journal of Coastal Research*, 18(3): 442-458.
- Komar, P.D. 1991. *Handbook of Coastal Processes and Erosion* (4<sup>th</sup> edition). CRC Press. 297 p.
- Komar, P.D. 2000. Coastal erosion – Underlying factors and human impacts. *Shore & Beach*, 68, p.3-16.
- Magini, C.; Harari, J. & Abessa, D.M.S. 2007. Circulação recente de sedimentos costeiros nas praias de Santos durante eventos de tempestades: dados para a gestão de impactos físicos costeiros. *Geociências (São Paulo)*, v. 26, p. 349-355.
- Martins, C.C. 2004. *Morfodinâmica de Praia Refletiva: Estudo de Caso a Praia da Sununga, Litoral Norte do Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico-USP. 209p.
- Munarin, P.C. & Freitas, F.P. 2010. *Variação dos Perfis Praiais da Ponta da Praia, Santos-SP em Relação os Agentes Oceanográficos e Meteorológicos Locais*. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário Monte Serrat-UNIMONTE, Santos. 62p.
- Noda, E.K. 1971. State-of-the-art of littoral drift measurements. *Shore & Beach*, 39: 35-41.
- Pugh, D.T. 1987. *Tides, Surges and Mean Sea Level*. John Wiley & Sons. Chichester, U.K. 472 p.

- Ranasinghe, R.; Mcloughlin, R.; Short, A.; Symonds, G. 2004. The Southern Oscillation Index, wave climate, and beach rotation. *Marine Geology*, 204, p. 273 – 287.
- Short, A.D & Masselink, G. 1999. Embayed and structurally controlled beaches. In: Short, A.D. (ed.) *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*, p. 230-249. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA (ISBN 978-0-471-96570-1).
- Souza, C.R. de G. 1997. As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências-USP. Volume I – Texto (184p.) e Volume II – Anexos (174p.).
- Souza, C.R. de G. 2007. Determination of net shore-drift cells based on textural and morphological gradations along foreshore of sandy beaches. *Journal of Coastal Research*, SI 50, p. 620-625.
- Souza, C.R. de G. 2009. A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, Consequências, Indicadores de Monitoramento e Risco. In: *Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de um Ano de Conhecimento Acumulado*. Vera L. R. Bononi; Nelson A. Santos Júnior (Org.). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Instituto de Botânica /SMA. p. 48-69 (ISBN 978-85-7523-025-1).
- Souza, C.R. de G. 2011. Rotação praias na Praia do Góes (Guarujá, SP/Brasil). In: XIV Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar – COLACMAR, Balneário Camboriú (SC). Resumos Expandidos, CD-ROM.
- Souza, C.R. de G. & Luna, G.C. 2010. Variação da linha de costa e balance sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (Litoral Norte de São Paulo). *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10(2): 179-199.
- Souza, C.R. de G. & Suguio, K. 2003. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo State Plan for Coastal Management. *Journal of Coastal Research*, SI 35, p. 530-592.

- Souza, C.R. de G., Souza, A.P. & Ferreira, R.S. 2012. Monitoramento praias antes e durante as obras de dragagem do Porto de Santos, São Paulo (Brasil). In: I Congresso Iberoamericano de Gestión Integrada de Áreas Litorales (GIAL), Cadiz, Espanha, 25-27/01/2012. Libro de Comunicaciones y de Pósters, 802-812.
- Souza, C.R. de G.; Souza Filho, P.W.M.; Esteves, S.L.; Vital, H.; Dillenburg, S.R.; Patchineelam, S.M. & Addad, J.E. 2005. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: C.R. de G. Souza et al. (eds.). Quaternário do Brasil. Holos, Editora, Ribeirão Preto (SP). p. 130-152.
- Suguio, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. Ed. Edgard Blucher/EDUSP. 317p.
- Taaouati, M. Nachite, D., Benavente, J. & Elmrini, A. 2011. Seasonal changes and morphodynamic behavior of a high-energy mesotidal beach: case study of Charf el Akab beach on the North Atlantic coast of Morocco. Environmental Earth Sciences, 64:1225–1236.
- Taggart, B.E. & Schwartz, M.L. 1988. Net shore-drift direction determination: a systematic approach. Journal of Shoreline Management, 3 (4): 285-309.
- Tanner, W.F. 1995. Environmental Clastic Granulometry. Department of Environmental Protection, Florida Geological Survey. Special Public. nº 40, 142p.

## **8.6. Equipe Técnica**

Dra. Celia Regina de Gouveia Souza – Geóloga-Oceanógrafa (Coordenadora)

MSc. Agenor Pereira Souza - Geólogo

Eduardo Garcia Rosa - Oceanógrafo

Paulo Cesar Munarim - Oceanógrafo

Reinaldo Silveira Ferreira – Geógrafo (estagiário graduando)

Jéssica Viera de Faria – Geógrafa (estagiária graduanda)

Ivete Costa - Química

José Alves de Andrade – Químico