

8. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO PERFIL PRAIAL.....	1
8.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	2
8.2. METODOLOGIA.....	4
8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
8.4. CONCLUSÕES	157
8.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168
8.6. EQUIPE TÉCNICA.....	169

8. Programa de Monitoramento do Perfil Praial

Este relatório apresenta a síntese dos resultados obtidos pelo Programa de Monitoramento do Perfil Praial realizado entre julho de 2013 e fevereiro de 2014, correspondente à etapa de monitoramento após as obras de dragagem de aprofundamento do Canal de Navegação do Porto de Santos e concomitante à dragagem de manutenção do canal de navegação. Também são feitas comparações com todos os resultados obtidos no período de janeiro a junho de 2013 (pós-dragagem) e de janeiro a dezembro de 2010 e janeiro a dezembro de 2011 (etapas de pré-dragagem e concomitante às obras).

Os resultados dos monitoramentos realizados antes e durante as obras de dragagem de aprofundamento encontram-se integrados no 4º Relatório Técnico Semestral de Atividades do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos (RTS – 030912) de setembro de 2012. Já os resultados obtidos entre janeiro a junho de 2013 encontram-se no 1º Relatório Técnico Semestral de 2013 (RTS – 300913).

Como no ano de 2012 não houve monitoramento das praias deste estudo, não foi possível determinar os processos de dinâmica costeira que ali se desenvolveram durante esse período, sejam os naturais ou os induzidos por possíveis intervenções antrópicas que tenham ocorrido na costa. Tal lacuna também pode dificultar as interpretações dos processos observados em 2013 e 2014. No entanto, é importante saber que em 2012 praticamente não ocorreram eventos de alta energia de ondas, mas apenas poucas ressacas de fraca a muito fraca intensidades. Isto sugere que as modificações físicas observadas em alguns locais (p. ex.: erosão acelerada na Ponta da Praia de Santos e rotação praial na Praia do Góes), em 2010 e 2011, e que foram aceleradas/desencadeadas por ressacas, não devem ter se manifestado ou se intensificado durante o ano 2012 ou até podem ter evoluído para outras direções.

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 (Souza *et al.*, 2012).

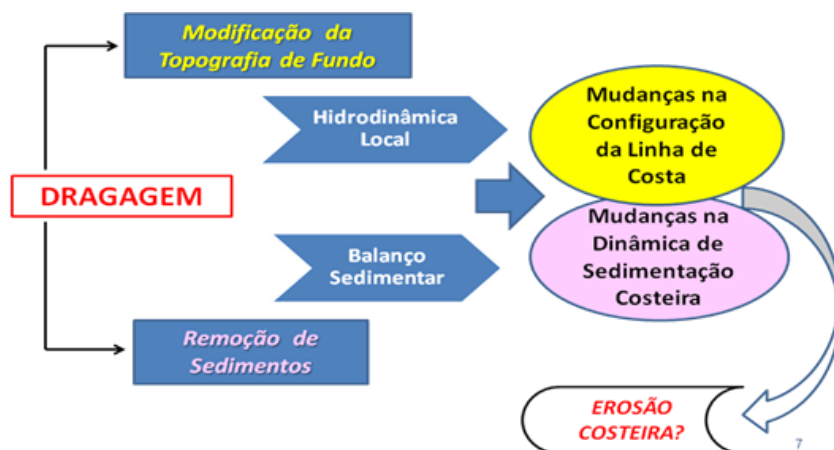


Figura 8.1-1. Possíveis impactos físicos da dragagem de um canal portuário (Fonte: Souza *et al.*, 2012).

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.

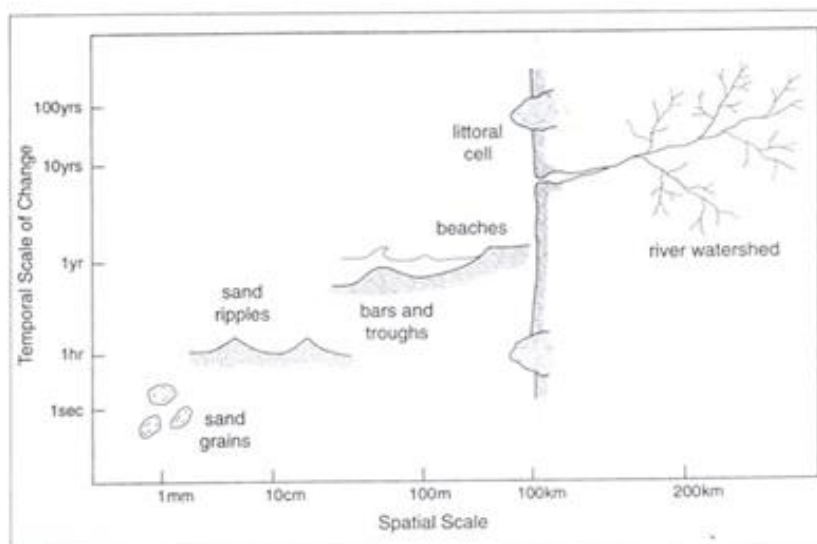


Figura 8.1-2. Escalas temporais e espaciais dos processos costeiros (fonte: Komar, 2000).

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 Praia

Toda a extensão das praias é monitorada por meio de perfis praias perpendiculares à linha de costa. O espaçamento adotado entre estes perfis praias não segue uma sistemática linear, mas depende 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 desenvolvem em 33 perfis praiais 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.

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

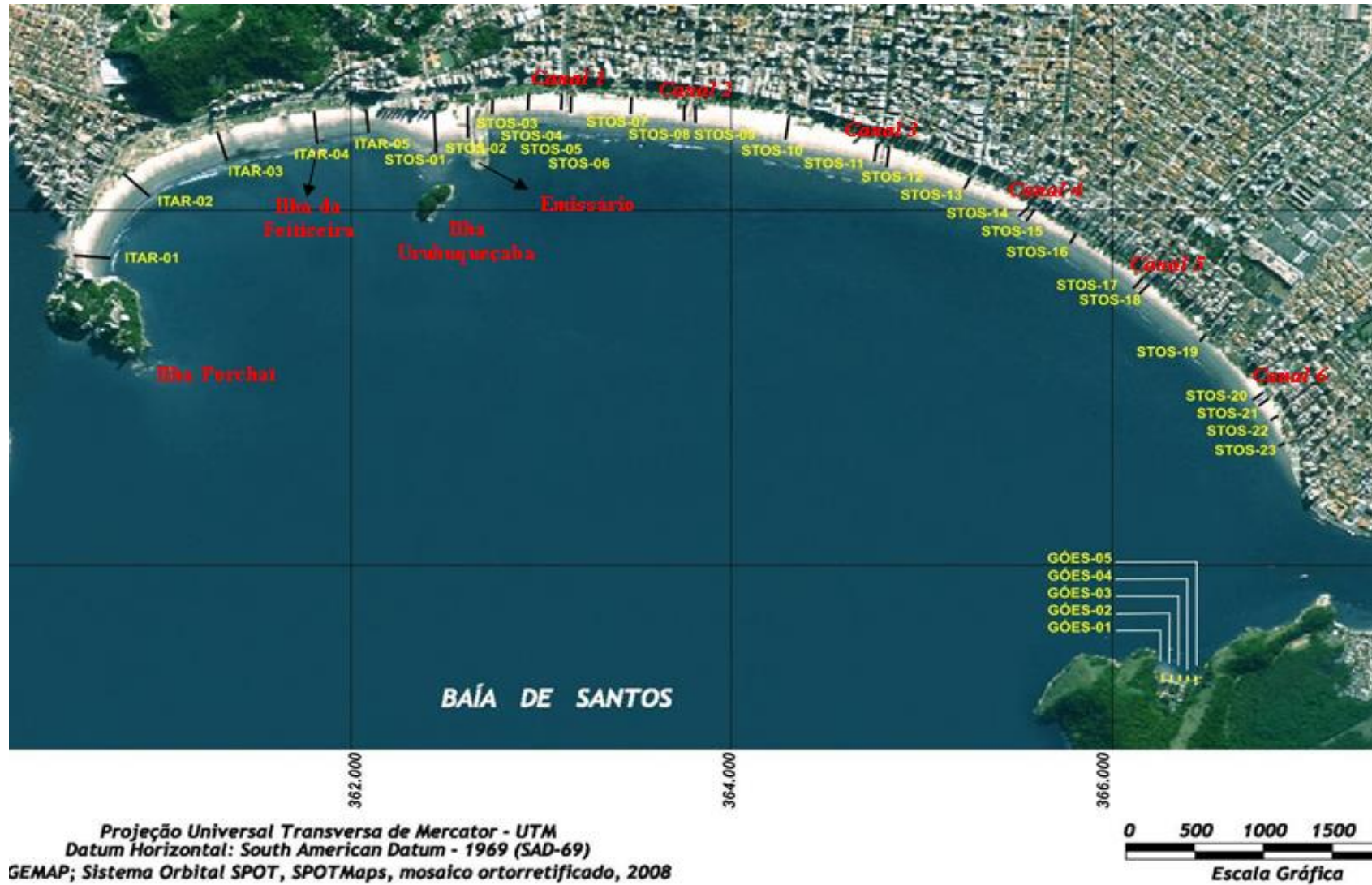


Figura 8.2.1-1. Localização dos perfis de monitoramento nas praias estudadas.

O único ponto fixo de cada perfil é 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 são 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 são 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 é 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 contempla 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 são 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 são levantados sempre na mesma sequência, de forma que os horários são próximos em cada mês (exceto nos meses de horário de verão).

Dessa forma, os dados consolidados de todas as campanhas garantem que todos os perfis são 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).

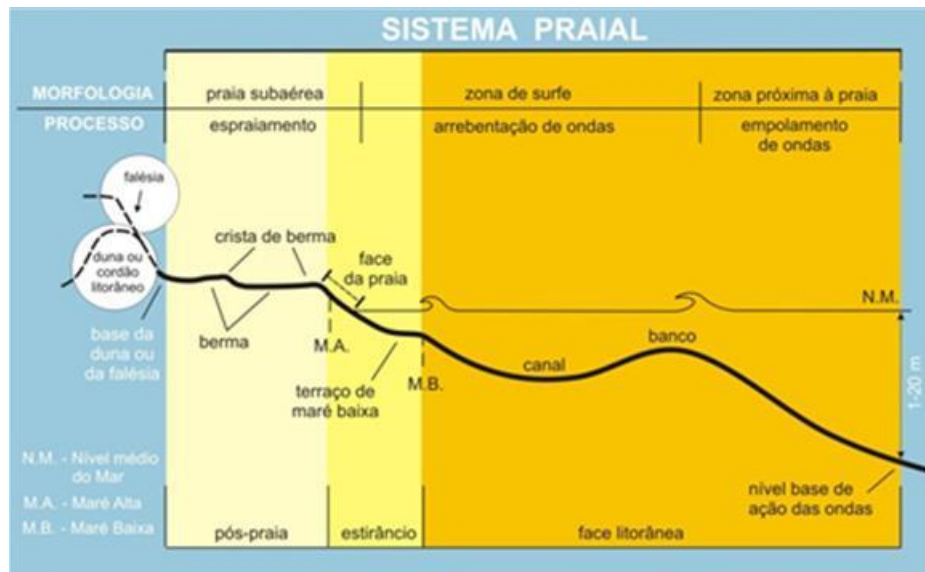


Figura 8.2.2.1-1. Sistema praial (Fonte: Souza *et al.*, 2005).

Para a coleta dos parâmetros morfométricos, primeiramente são identificadas e medidas as larguras totais da pós-praia e do estirâncio. Com o auxílio de uma corda-guia/trena, ambos são alinhados e seccionados em três partes de mesma largura cada (Figura 8.2.2.1-2), cujos limites são 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 seção é medida a declividade da praia, com trena eletrônica, e a altura da praia em cada ponto, com auxílio de um nível

topográfico e baliza de Emery (Figura 8.2.2.1-4). O horário de início de cada perfil também é anotado.



Figura 8.2.2.1-4. Leitura da altura da praia com auxílio de nível topográfico e baliza de Emery.

8.2.2.2. Dados oceanográficos e meteorológicos

Em cada perfil são realizadas também medidas do clima de ondas, que incluem 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 é obtido por meio do intervalo de tempo, medido em segundos, decorrido entre duas quebras consecutivas no início da zona de arrebentação (limite externo), sendo contabilizadas 10 medidas. O resultado final é a média aritmética dos valores.

Também são 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.



Figura8.2.2.2-1. Medição da ortogonal de ondas com bússola geológica.

As condições meteorológicas observadas no campo são descritas como: condições normais (CN), caracterizada por tempo bom, quente, estável, ensolarado, ventos fracos, ondas menores e associada a sistemas atmosféricos de alta pressão (anticiclone); condições frontais ou de atuação de frente fria (CF), caracterizadas por tempo instável, nublado, frio, chuvoso, ventos moderados a fortes, ondas médias a maiores e associadas a sistemas atmosféricos (depressões/cavados, tempestades, ciclones extratropicais etc.) de baixa pressão formados no oceano; e condições intermediárias (CI), que podem caracterizar uma situação atmosférica entre as condições de alta e baixa pressão ou uma condição de transição entre as mesmas, portanto incluindo as situações pré e pós-frontais e as variações meteorológicas de curto período como chuvas de verão.

A atuação de maré meteorológica positiva, causando nível do mar anormalmente elevado ou ressaca também é caracterizada (R). As ressacas, neste monitoramento, são interpretadas como ondulações costeiras de alturas elevadas para o padrão da praia, geralmente resultantes da atuação de ciclones extratropicais e outras tempestades oceânicas, posicionadas no Atlântico Sul. Essas ondas geralmente chegam à linha de costa acompanhadas de massas de ar frio (condição frontal) ou até 1 ou 2 dias após a passagem da frente fria.

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 e colaboradores (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 8 m/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 nível do mar (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. Os eventos podem ocorrer até 34 dias após a passagem do sistema frontal.

Segundo Magini e colaboradores (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.

A seguir, são apresentadas brevemente algumas informações sobre as marés meteorológicas e ressacas, visto a sua importância no desenvolvimento dos processos costeiros.

8.2.2.3. Coleta de amostras de sedimentos

A amostragem de sedimentos é feita no terço inferior do estirâncio, entre 0 e 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 praial, 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) é 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 e Suguio, 2003).

I	Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação pelas preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não).
II	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).
III	Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, sem o desenvolvimento de falésias (praias urbanizadas ou não).
IV	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).
V	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.
VI	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).
VII	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.
VIII	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.
IX	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).
X	Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outros indicadores erosivos (praias urbanizadas ou não).
XI	Desenvolvimento de embaixamentos formados pela presença de correntes de retorno concentradas e de zona de barlar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em local(s) mais ou menos fixo(s) da linha de costa.

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 e no Laboratório de Sedimentologia da SALT – Sea and Limno Technology.

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 contém 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 para eliminação do carbonato biodetrítico.

8.2.4. Tratamento e Análise dos Dados

Os dados coletados no campo e os resultados de análises laboratoriais foram sistematizados em planilhas, as quais compõem os bancos de dados específicos para cada tema estudado.

8.2.4.1. Caracterização da morfologia praial

Os dados morfométricos (largura e declividade) 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 embaixamentos) 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 (derivada dos dados de altura e largura da praia) e sua variabilidade espacial (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, como as frentes frias e ressacas.

Para a representação da variabilidade morfológica temporal entre 2010 e 2014 das praias estudadas, foram selecionados os perfis mais representativos de processos sedimentares específicos em cada segmento praiial durante duas condições meteorológico-oceanográficas distintas e opostas: Condições de Tempo Bom (CN) e Condições de Ressaca (CR), com ou sem a atuação de sistema frontal (CF/R, CI/R, CN/R). O objetivo foi caracterizar cada praia em relação a períodos mais construtivos do perfil ou de maior deposição (CN) e mais destrutivos ou de maior erosão (CR). Para a escolha dos meses foi importante a sua repetitividade ao longo de todos os anos de monitoramento, tanto em cada praia como entre as praias, e a sazonalidade (verão e temporada de ressacas).

Assim, os perfis e os meses escolhidos foram:

- a) Praia do Góes: devido ao fenômeno de rotação praiial ocorrido em 2010-2011 (Souza, 2011), foram escolhidos todos os perfis (Góes-01, Góes-02, Góes-03, Góes-04 e Góes-05) e os meses de fevereiro de 2010, 2011, 2013 e 2014 para representar a CN, e os de abril de 2010, agosto de 2011 e julho de 2013 para CR.
- b) Itararé-Emissário: devido às características mais erosivas e mais construtivas observadas ao longo desse segmento praiial, foram escolhidos os perfis Itar-02, Itar-05 e Stos-01 e os meses de fevereiro de 2010, 2011, 2013 e 2014 para CN e os de abril de 2010, agosto de 2011 e dezembro de 2013 para CR.
- c) Emissário-Ponta da Praia: devido às características mais erosivas e mais construtivas observadas ao longo desse segmento praiial, foram escolhidos os perfis Stos-07, Stos-10 (setor historicamente mais deposicional), Stos-16, Stos-19, Stos-20, Stos-21, Stos-22 e Stos-23 (perfis historicamente mais erosivos) e os meses de fevereiro de 2010, 2011, 2013 e 2014 para CN e os de abril de 2010, agosto de 2011 e maio de 2013 para CR.

8.2.4.2. Parâmetros estatísticos texturais dos sedimentos

Os resultados das análises granulométricas são inseridos no *software* ANASED de análise sedimentológica (Instituto Geológico), através do qual são calculados os parâmetros estatísticos texturais ou granulométricos de Folk e 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 e 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 e correntes geradas por elas 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 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; Jacobsene 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 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 praias 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).

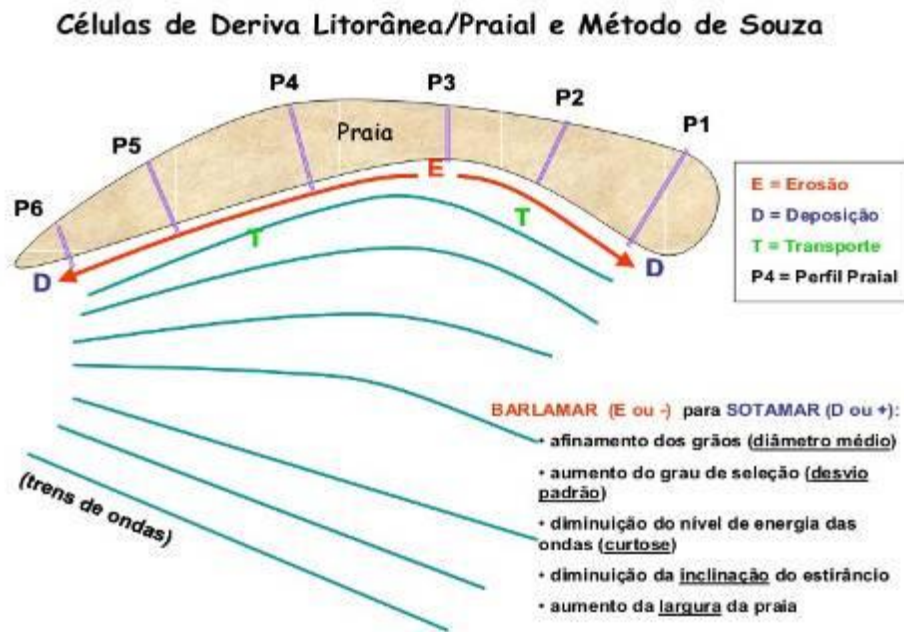


Figura 8.2.4.3-1. Variações das características morfotexturais da praia em função da atuação de uma célula de deriva litorânea, de E para D (Souza, 2007).

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 são espacializados 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) são 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 e 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: 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 EROSÃO 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 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 consequência 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:

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

- 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 praiiais.

NOTA MÉDIA PONDERADA DA PRAIA	CLASSIFICAÇÃO DE RISCO TOTAL DA PRAIA
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 de uma praia pode ser medido por meio da sua variação volumétrica de areia ao longo do tempo.

Para o cálculo do balanço sedimentar são utilizados os volumes correspondentes a cada perfil monitorado, cujos valores são obtidos a partir dos dados morfométricos medidos em cada campanha. O balanço sedimentar final é obtido pela diferença entre os volumes obtidos.

O balanço sedimentar apresentado aqui se destinou a analisar em detalhe os perfis mais representativos de processos sedimentares específicos e/ou críticos em cada segmento praiar, em duas condições meteorológico-oceanográficas distintas e opostas: Condições de Tempo Bom (CN) e Condições de Ressaca (R) com ou sem a atuação de sistema frontal (CF/R, CI/R). O objetivo foi caracterizar cada perfil e trechos de praia em relação a situações de maior deposição (CN) e de maior erosão (R). Para a escolha dos meses foi importante a sua repetitividade ao longo de todos os anos de monitoramento, tanto em cada praia como para todas as praias.

Assim, repetem-se aqui as escolhas indicadas para a caracterização morfológica das praias, como segue.

- a) Praia do Góes: devido ao fenômeno de rotação praiar ocorrido em 2010-2011 (Souza, 2011), foram escolhidos todos os perfis (Góes-01, Góes-02, Góes-03, Góes-04 e Góes-05) e os meses de fevereiro de 2010, 2011, 2013 e 2014 para representar a CN, e os de abril de 2010, agosto de 2011 e julho de 2013 para CR;
- b) Itararé-Emissário: devido às características mais erosivas e mais construtivas observadas ao longo desse segmento praiar, foram escolhidos os perfis Itar-02, Itar-05 e Stos-01 e os meses de fevereiro de 2010, 2011, 2013 e 2014 para CN e os de abril de 2010, agosto de 2011 e dezembro de 2013 para CR;
- c) Emissário-Ponta da Praia: devido às características mais erosivas e mais construtivas observadas ao longo desse segmento praiar, foram escolhidos os perfis Stos-07, Stos-10 (setor historicamente mais

deposicional), Stos-16, Stos-19, Stos-20, Stos-21, Stos-22 e Stos-23 (perfis historicamente mais erosivos) e os meses de fevereiro de 2010, 2011, 2013 e 2014 para CN e os de abril de 2010, agosto de 2011 e maio de 2013 para CR.

Nota-se que os valores obtidos se referem ao volume de sedimentos contido num retângulo correspondente a cada perfil praial, cujo lado menor (largura) foi fixado em 1 m. Sendo assim, a somatória dos valores obtidos não representará o volume total da praia, no caso da Praia do Góes. É importante destacar que, devido a possíveis erros inerentes ao método, esses valores devem ser utilizados apenas para se estabelecer comparações e tendências temporais e não podem ser usados em termos absolutos.

8.2.4.6. Análises estatísticas multivariadas

Para as análises de séries de dados e sua variabilidade ao longo do tempo, são efetuados alguns tratamentos estatísticos texturais de Folk & Ward (1957), diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose, por meio do *software* ANASED 1.0.

8.2.4.7. Banco de dados

O desenvolvimento de um banco de dados alfanumérico e espacial, permanentemente atualizado, destina-se 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, 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) Dados meteorológicos-oceanográficos coletados nas campanhas;
- b) Morfometria praial;
- c) Granulometria dos sedimentos do estirâncio;
- d) Células de deriva litorânea;
- e) Erosão costeira;
- f) Balanço sedimentar da praia.

Para cada um desses temas são feitas descrições e interpretações dos dados relativos ao período do presente relatório (julho de 2013 a fevereiro de 2014) e, a seguir, é apresentado um subitem contendo a integração comparativa de todos os resultados obtidos pelo Programa de Monitoramento do Perfil Praial, desde janeiro de 2010.

Para uma melhor identificação dos fatores que influenciam o perfil praial, quer sejam eles naturais ou antropogênicos, optou-se por manter a sequência numérica das amostragens, compreendendo os dados analisados entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011, considerando assim a campanha de pré-dragagem e

as 22 campanhas realizadas durante as operações de dragagem. As datas das campanhas realizadas durante esse período e após a obra de aprofundamento (da Campanha 23 a 36) encontram-se na Tabela 8.3-1 abaixo.

Tabela 8.3-1. Datas das campanhas realizadas entre janeiro de 2010 e fevereiro de 2014.

Campanhas de 2010		Campanhas de 2011	
1ª Campanha	7 e 8 de janeiro	13ª Campanha	24 a 27 de janeiro
2ª Campanha	20 a 23 de fevereiro	14ª Campanha	22 a 25 de fevereiro
3ª Campanha	6 a 10 de março	15ª Campanha	10 a 13 de março
4ª Campanha	5 a 11 de abril	16ª Campanha	10 a 13 de abril
5ª Campanha	4 a 6 de maio	17ª Campanha	21 a 24 de maio
6ª Campanha	21 a 23 de junho	18ª Campanha	22 a 25 de junho
7ª Campanha	3 a 6 de julho	19ª Campanha	22 a 25 de julho
8ª Campanha	31 de julho a 6 de agosto	20ª Campanha	20 a 28 de agosto
9ª Campanha	12 a 15 de setembro	21ª Campanha	17 a 20 de outubro
10ª Campanha	13 a 16 de outubro	22ª Campanha	19 a 22 de novembro
11ª Campanha	11 a 14 de novembro	23ª Campanha	17 a 20 dezembro
12ª Campanha	13 a 17 de dezembro		
Campanhas de 2013		Campanhas de 2014	
24ª Campanha	3 a 6 de janeiro	35ª Campanha	21 a 24 de janeiro
25ª Campanha	2 a 5 de fevereiro	36ª Campanha	4 a 7 de fevereiro
26ª Campanha	3 a 6 de março		
27ª Campanha	15 a 20 de abril		
28ª Campanha	15 a 20 de maio		
29ª Campanha	15 a 19 de junho		
30ª Campanha	13 a 17 de julho		
31ª Campanha	26 de setembro a 1 de outubro		
32ª Campanha	25 a 28 de outubro		
33ª Campanha	8 a 10 e 24 de novembro		
34ª Campanha	07 a 10 de dezembro		

8.3.1. Praia do Góes

8.3.1.1. Condições meteorológico-oceanográficas

A síntese das condições meteorológico-oceanográficas medidas no campo é apresentada na Tabela 8.3.1.1-1.

No período entre julho de 2013 e fevereiro de 2014, com exceção do mês de agosto de 2013, as campanhas foram realizadas nas seguintes condições meteorológica-oceanográficas:

- julho de 2013 - CI/R-pósCF (condição intermediária com ressaca, após passagem de sistema frontal);

- setembro de 2013 – CI-pósR (condição intermediária entre condição normal e frontal, após ocorrência de ressaca);
- outubro de 2013 – CF (condição frontal – sistema de baixa pressão);
- novembro de 2013 - CI (condição intermediária);
- dezembro de 2013 – CI-pósR (condição intermediária, após ocorrência de ressaca); e
- janeiro e fevereiro de 2014 - CN (condição normal – sistema de alta pressão de longa duração).

Tabela 8.3.1.1-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos coletados na Praia do Góes entre julho de 2013 e fevereiro de 2014 (não houve monitoramento no mês de agosto).

SEGMENTO PRAIAL: PRAIA DO GÓES					
PERFILAGEM PRAIAL					CONDIÇÕES ANTECEDENTES À PERFILAGEM PRAIAL
Data da Perfilagem	Condição Meteorológica e Tempo Atmosférico	ONDAS NATURAIS			Sistemas Meteorológicos (continente-oceano)
		Altura média (m)	Período (seg)	Ortogonal (rumo)	
16/07/2013	CI/R (pósCF) Nublado	0,2 a 1,0	5,7 a 9,9	40°-06°NW e 35°NE	9: Anticiclone Pós-Frontal; 10 a 14: Anticiclone; 15: SAP passando a SBP
29/09/2013	CI (pós-R) Nublado e seco	0,2 a 0,4	7,6 a 9,3	50°-15°NW e 35-03°NE	22: ASAS; 23 a 24: Sistema Frontal; 25 a 26: Anticiclone Pós-Frontal 27 e 28: ASAS
25/10/2013	CF Nublado com chuva fina a moderada	0,05 a 0,2	9,7 a 11,3	25°-15°NW e 05-40°NE	18: ASAS - SBP (RS) 19 a 21: ASAS - ASAS 22: ASAS - SBP (SC) 23 a 24: ASAS - SBP (RS)
24/11/2013	CI Nublado e seco	0,15 a 0,4	9,8 a 11,4	30°-12°NW e 03-33°NE	17: FF - FF 18: SAP - SAP 19 e 20: SAP - FF 21: FF - SAP 22 e 23: FF - FF
10/12/2013	CI (pós-R) Nublado e chuva fina	0,10 a 0,20	7,3 a 9,2	35°-27°NW	03 a 05: ASAS - FF e CE (região Sul) 06: SBP/SAP - FF e CE (Sul) 07 e 08: ASAS - OF (Sul) 09: ASAS - FF (região Sul)
21/01/2014	CN Ensolarado	0,05 a 0,10	7,3 a 10,8	10°NW a 40°NE	14 a 16: ASAS - SBP 17 a 19: SAP - SAP 20: SAP - SAP e CE (RS)
05/02/2014	CN Ensolarado	0,05 a 0,10	2,7 a 8,4	22°NW a 05°NE	29/01 a 04/02: ASAS - ASAS

CN: CONDIÇÃO NORMAL (tempo estável); CF: CONDIÇÃO FRONTAL (tempo instável-frente fria); CI: CONDIÇÃO INTERMEDIÁRIA (entre normal e frontal); CpósF: CONDIÇÃO PÓSFRONTAL; SAP: Sistema de Alta Pressão; SBP: Sistema de Baixa Pressão; ASAS: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (massa de ar quente); Anticiclone Pós-Frontal (massa de ar frio e seco); SBP: Sistema de Baixa Pressão; FF: Frente Fria; OF: Onda Frontal; CE: Ciclone Extratropical; ZC: Zona de Convergência; MTA: Massa Tropical Atlântica; MAP: Massa de Ar Polar; MTC: Massa Tropical Continental.

Assim, uma perfilagem foi feita em condição de ressaca (julho), duas foram feitas em condição de pós-ressaca (setembro e dezembro) e quatro em condição sem ressaca (outubro e novembro de 2013 e janeiro e fevereiro de 2014).

A ressaca observada durante a Campanha de julho foi de fraca intensidade, mas a ressaca que ocorreu anterior à Campanha de setembro de 2013 parece ter sido de média intensidade (Figura 8.3.1.1-1).



Figura 8.3.1.1-1. Ondas durante as ressacas de fraca intensidade, em julho de 2013 (à esquerda), e de média intensidade, em setembro de 2013 (à direita; foto: Fausto Jr. Manhani), no setor leste da Praia do Góes.

A distribuição espacial da altura de ondas mostra que, em geral, o setor leste (perfis Góes-05 e Góes-04) da praia apresenta as ondas de maior altura e o extremo oeste (Góes-01) as de menor altura; já na parte centro-oeste da praia (Góes-02 e Góes-03) as alturas são intermediárias (Figura 8.3.1.1-2). Há, portanto, uma diminuição gradativa da energia de ondas (diretamente proporcional à altura) de E para W. Este é o comportamento esperado para uma praia com essa fisiografia costeira, ou seja, encaixada ao fundo de uma enseada de orientação W-E, cujo extremo E recebe maior influência das ondulações que adentram a Baía de Santos (saída/entrada da baía voltada para S), e o extremo W, por ser completamente abrigado, se comporta como zona de sombra.

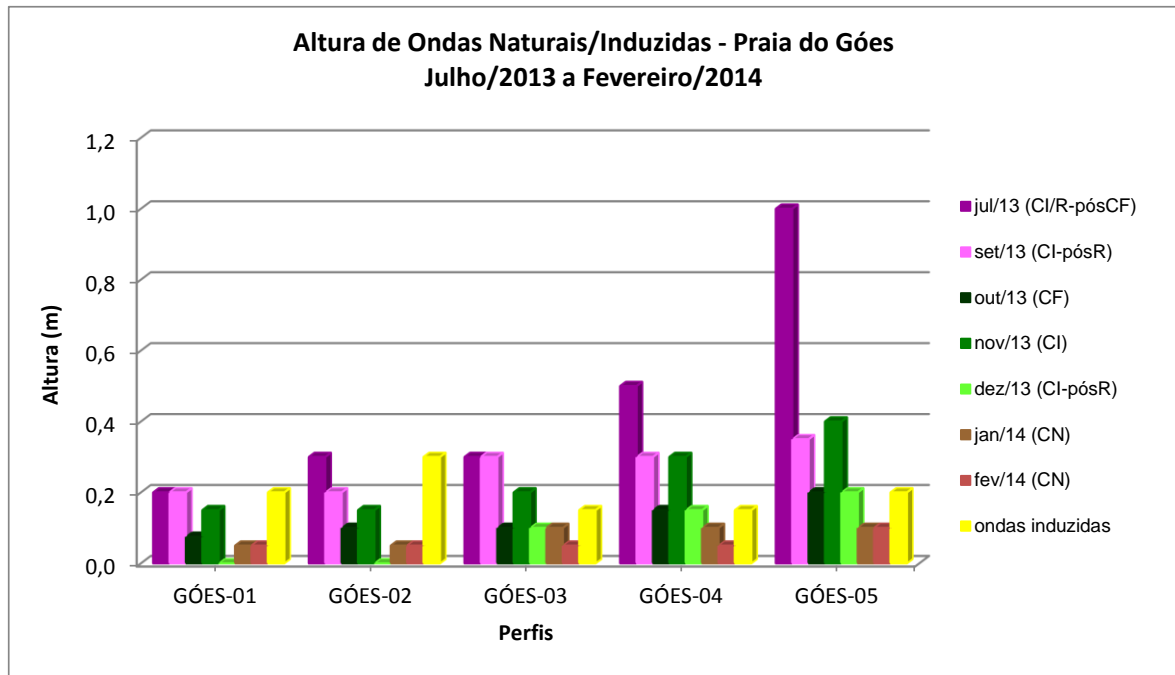


Figura 8.3.1.1-2. Variação espaço-temporal da altura de ondas naturais e induzidas no segmento Praia do Góes no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Também como esperado, as maiores ondulações estiveram associadas às condições de ressaca, como as ocorridas nos meses de julho (CI/R-pósCF) e setembro (CI-pósR) de 2013, cujas alturas variaram de 0,2 m (Góes-01) até 1,0 m (Góes-05). Nessas condições, o sentido de propagação das ondas variaram de 06° - 50°NW (setor oeste) a 03° - 35°NE (setor leste).

Durante as situações de CN (condições normais), as ondulações estiveram sempre muito baixas, predominando alturas entre 0,05 (setor oeste da praia) e 0,10 m (setor leste). O sentido de propagação das ondas nessas condições variou de 10° - 22°NW (setor oeste) e 05° - 40°NE (setor leste).

Nas demais situações, a variação da altura das ondas foi de 0,05 m (setor oeste) a 0,40 m (setor leste).

Ondas induzidas por embarcações também foram medidas e suas alturas apresentaram valores de 0,10 m (Góes-03, Góes-04), 0,20 m (Góes-01, Góes-05) e 0,30 m (Góes-02) (Figura 8.3.1.1-2). O perfil mais atingido por essas ondas é Góes-02, e isso ocorre especialmente durante os finais de semana e os períodos

de férias e feriados prolongados, quando as atividades náuticas e o transporte de passageiros na praia se intensificam.

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

As comparações que seguem dizem respeito ao comportamento das ondas medidas em campo, em relação aos parâmetros altura e direção.

O conjunto total de dados coletados nos monitoramentos realizados em 2010, 2011 e 2013/2014 é apresentado na Figura 8.3.1.1-3.

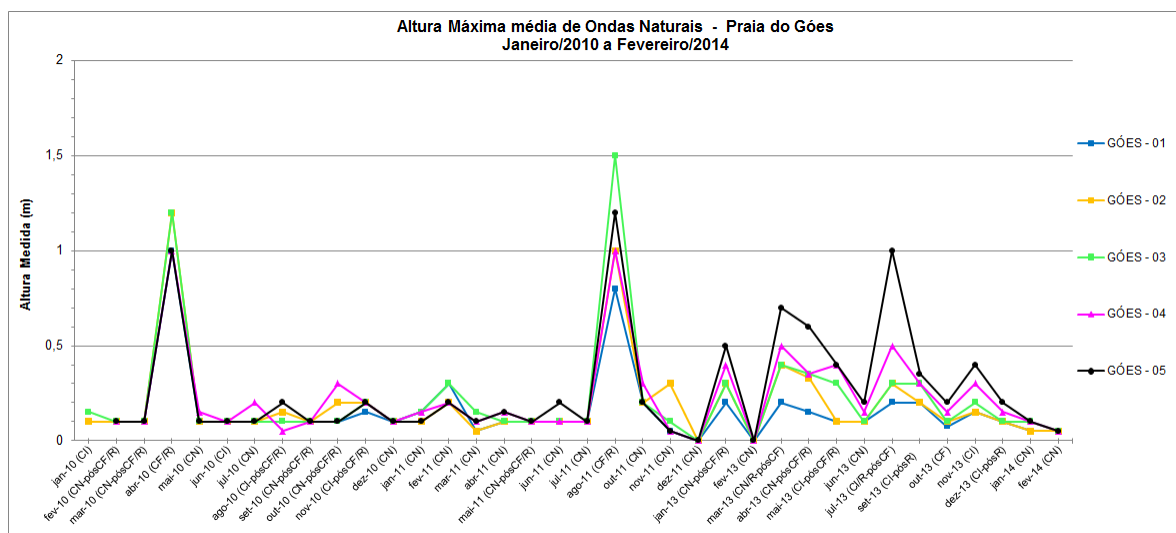


Figura 8.3.1.1-3. Variação têmpero-espaçial da altura máxima média de ondas observadas durante os monitoramentos praias de 2010, 2011 e 2013/2014.

Como esperado, as alturas das ondas foram maiores durante as condições de ressaca ($CF/R \gg CI/R \geq CN/R$) e menores em condições de tempo bom (CN). Nas situações após ressaca (pós-R), seja em CI ou CN, as alturas apresentaram valores intermediários.

Nos anos de 2010 e 2011, sob CF/R, o perfil Góes-03 foi o local de maior energia de ondas, seguido de Góes-05, e Góes-01 o de menor energia. Na Campanha de abril de 2010, que ocorreu durante a fase final de uma ressaca de forte intensidade, todos os perfis apresentaram alturas de ondas muito elevadas, variando de 1,0 (Góes-05) a 1,2 m (Góes-03). Em agosto de 2011, também

durante fase final do pico de uma ressaca de forte intensidade, as alturas foram de 0,8 (Góes-01) a 1,5 m (Góes-03). Já durante 2013, a única situação monitorada em condição de ressaca foi na Campanha de julho de 2013, embora sob CI/R, quando a maior ondulação ocorreu no perfil Góes-05 (1,0 m), mas nos demais perfis as alturas foram menores, variando de 0,5 m (Góes-04) a 0,20 m (Góes-01).

Em todo o período, em situações sem ressaca, seja sob condições de CN, CI ou CF, a variação da altura das ondas foi bastante baixa, ficando sempre entre 0,0 e 0,20 m. Mas em situações de pós-ressaca (sob condições de CN ou CI), como esperado, as alturas foram pouco maiores, variando em geral de 0,20 a 0,40 m.

As menores ondas ocorreram em condição normal (CN) plena, variando de 0,0 a 0,10 m, com raras situações atingindo 0,20 m no perfil Góes-05 em 2011 e 2013.

Comparando as médias anuais das alturas máximas obtidas nos 3 anos de monitoramento, observa-se que o maior valor médio ocorreu em 2013 (0,24 m), seguido de 2011 (0,21 m) e 2010 (0,20 m) (Tabela 8.3.1.1-2).

Durante os anos de 2010 e 2011, não foram notados padrões de altura e energia de ondas para a maioria dos perfis, exceto a condição de menor energia da praia sempre no perfil Góes-01 (como esperado) e a de maior energia relativa em Góes-03 durante as situações de CF/R e no decorrer de 2011. Pode-se dizer que este último também é um padrão esperado, já que Góes-03 está localizado no centro da praia, que é costumeiramente a zona de inflexão de uma praia em rotação praial (Souza, 2011).

Por outro lado, em 2013/2014 já se observa um nítido padrão de variação relativa de energia, sempre maior em Góes-05 e paulatinamente decrescente no sentido de Góes-01, sob qualquer condição meteorológica-oceanográfica. Isto denota que a praia já deve ter atingido um certo equilíbrio relativo à sua nova condição de praia rotacionada.

Tabela 8.3.1.1-2. Médias anuais das alturas máximas médias das ondas medidas nos perfis do segmento Praia do Góes, durante os monitoramentos de 2010, 2011, 2013 e 2014.

PERFIS	MÉDIA DAS ALTURAS MÁXIMAS (m)		
	2010	2011	2013 e 2014
GÓES-01	0,18	0,18	0,14
GÓES-02	0,21	0,20	0,19
GÓES-03	0,20	0,25	0,22
GÓES-04	0,22	0,21	0,27
GÓES-05	0,20	0,22	0,38
MÉDIA	0,20	0,21	0,24

Comparando o gráfico de altura de ondas (Figura 8.3.1.1-3) e a tabela acima apresentada, a princípio, pode-se ter uma falsa impressão de que as alturas das ondas aumentaram em 2013/2014. Porém, isso não ocorreu de fato, como apontam alguns pontos importantes considerados a seguir;

- a) O número de eventos de ressaca e pós-ressaca que coincidiram com os dias de monitoramento foi bem maior em 2013 (em 13 meses: 2 eventos em R, 5 em pós-R, 1 em CF, 1 em CI e 4 em CN) quando comparado a 2010 (em 12 meses: 1 evento em R, 6 em pós-R, 2 em CI e 3 em CN) e 2011 (em 11 meses: 1 evento em R, 1 em pós-R e 9 em CN). Essas diferenças fizeram com que a média de 2013/2014 fosse pouco mais alta que as demais;
- b) Além disso, praticamente todos os eventos de ressaca ocorridos em 2013 foram de baixa intensidade, enquanto que em 2010 e 2011 predominaram eventos de forte a muito forte intensidade, o que explica as menores alturas relativas nos eventos de 2013, quando comparadas a 2010 e 2011;
- c) Ao comparar cada perfil de individualmente, nota-se que cada trecho se comportou de maneira diferente ao longo do tempo, sendo que a altura média de ondas ficou estável e depois diminuiu consideravelmente em Góes-01; diminuiu sensivelmente em Góes-02; aumentou consideravelmente, mas depois voltou a diminuir em Góes-3; diminuiu um pouco e depois aumentou consideravelmente em Góes-04; e aumentou um pouco e depois aumentou muito em Góes-05;

- d) Outro fato importante a ser ponderado é a evolução morfodinâmica que essa praia sofreu ao longo desses 3 anos e o reajuste morfológico pós- rotação praial, principalmente, no setor leste da praia (mais afetado pela rotação praial, com grande e rápido empilhamento de sedimentos) entre 2011 e 2013/2014, que causou a diminuição da declividade e o aumento da largura praial (Figura 8.3.1.1-4). Essa nova situação morfológica é resultado do transporte de sedimentos em sentido costa afora, em especial durante as ressacas, que tem promovido o deslocamento de areias da parte emersa para a parte submersa da praia (largo), bastante evidenciado ao longo do píer. Com isso, desenvolveu-se uma estreita zona de surfe, no trecho entre Góes-05 e Góes-04 (parcialmente exposta na imagem inferior à esquerda da Figura 8.3.1.1-4), induzindo ao aumento relativo da altura de ondas nesse trecho em 2013/2014.

Todos esses resultados parecem estar de acordo com a evolução do fenômeno de rotação praial, que se iniciou em fevereiro de 2010 e evoluiu rapidamente entre abril e agosto do mesmo ano, atingindo seu ápice até o final do ano. A ausência de qualquer padrão de variação de energia sugere uma fase aguda de instabilidade morfodinâmica da praia em 2010. Durante 2011, com o processo já estabelecido, mas ainda evoluindo em pulsos mais esparsos até agosto (ressacas de forte a muito forte intensidade), a praia começou a apresentar algum padrão de variação de energia ao longo do arco praial, com maior altura de ondas na sua parte central (Góes-03), justamente no ponto de inflexão da rotação praial (Souza, 2011), e menor altura em Góes-01 (zona mais abrigada). Durante 2012, ano em que eventos de alta energia de ondas praticamente não ocorreram, o fenômeno parece ter desacelerado ou até cessado. Em 2013/2014, já se observou uma clara tendência de diminuição gradual de energia do setor leste para o oeste, em qualquer condição de tempo, como esperado para uma praia com essa fisiografia costeira. Também ocorre um reajuste morfológico no setor leste da praia, responsável pelo desenvolvimento de uma estreita zona de surfe, inexistente até então. Do ponto de vista hidrodinâmico essas características indicam que atualmente a praia se encontra em uma fase de

pós-rotação praial e de retomada paulatina de sua estabilidade morfodinâmica nessa nova condição, com tendência à predominância de transportes de sedimentos no sentido costa-afora e para oeste.



Figura 8.3.1.1-4. Setor leste da Praia do Góes (Góes-05 no primeiro plano) entre 2011 (imagens superiores) e 2013-14 (imagens inferiores), mostrando variações na altura e na energia das ondas em situações de ressaca de fraca intensidade (imagens à esquerda) e em condições de tempo bom (imagens à direita).

Em relação à distribuição espacial das direções de ondas que adentram a Enseada do Góes, devido a orientação da praia ser aproximadamente W-E e a fisiografia costeira da enseada (Figura 8.2.1-1), há uma tendência natural de variação de direção de ondas ao longo do arco praial, de forma a predominar direções NE/NNE no setor oeste (Góes-01 e Góes-2); direções NW/NNW no setor leste (Góes-4 e Góes-5); e direções NNW-N-NNE na porção central da praia (Góes-03).

Porém, como os trens de ondas que adentram a Baía de Santos mudam de orientação conforme a condição meteorológica vigente, então a distribuição dos intervalos azimutais também pode variar na Praia do Góes em função dos diferentes contextos meteorológico-oceanográficos. Neste sentido obteve-se a seguinte distribuição anual: em 2010 - CF/R (condição frontal com ressaca), CI-pósR (condição intermediária pós-ressaca), CN-pósR (condição normal pós-ressaca), CI (condição intermediária) e CN (condição normal); em 2011 - CF/R, CN-pósR e CN; e em 2013/14 - CI/R, CN/R, CI-pósR, CN-pósR, CF, CI e CN.

Assim, como a cada perfil praiial corresponde apenas uma medida de onda, então a distribuição espacial desses intervalos de direção é aproximadamente igualitária ao longo da praia, totalizando 5 medidas por campanha (por mês).

Para a representação das direções de ondas foi feito o agrupamento estatístico das medidas segundo os seguintes intervalos de azimutes: NW=305°-327°; NNW=328°-350°; N=351°-09°; NNE=10°-32°; NE=33°-55°; ENE=56°-78°.

Também foi efetuado um agrupamento considerando a ocorrência ou não de ressacas, a saber: com ressaca, pós-ressaca e sem ressaca.

A Tabela 8.3.1.1-3 apresenta a síntese das classes de direção de ondas (161 medidas) obtidas nos anos de 2010, 2011 e 2013/2014 e agrupadas em função dos filtros descritos acima.

Tabela 8.3.1.1-3. Síntese dos dados de direção da ortogonal de ondas medidas nos monitoramentos de 2010, 2011, 2013/2014.

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE DIREÇÃO DE ONDAS NATURAIS - PRAIA DO GÓES											
ANO	DIREÇÃO	RESSACA (T=20)			PÓS RESSACA (T=50)		SEM RESSACA (T=91)			TOTAL	%
		CF	CI	CN	CI	CN	CF	CI	CN		
2010 (T=55)	NW										
	NNW	3				3		1		7	12.7
	N	1				5		4	7	17	30.9
	NNE	1			5	10		3	5	24	43.6
	NE							3	3	6	11.0
	ENE					1				1	1.8
2011 (T=48)	NW										
	NNW	3				1			14	18	37.5
	N	2							11	13	27.1
	NNE					2			13	15	31.3
	NE								2	2	4.1
	ENE										
2013/14 (T=58)	NW		1		2	2				5	8.6
	NNW		2	2	3	5	2	2	4	20	34.4
	N		1		2	2	1	1	6	13	22.4
	NNE			2		3	1	1	4	11	19.0
	NE		1	1	1	3	1	1	1	9	15.6
	ENE										
TOTAL		10	5	5	13	37	5	16	70	161	
PREDOMÍNIO POR CONDIÇÃO METEOROLÓGICA		NNW=60%	NNW=40%	NNW=40%; NNE=40%	NNE=38%; NNW=23%	NNE=40%; NNW=24%	NNW=40%	NNE=25%; NE=25%	N=34%; NNE=31%; NNW=25%		
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL EM FUNÇÃO DA OCORRÊNCIA OU NÃO DE RESSACAS		NNW (10) = 50%; N (4) = 20%; NNE (3) = 15%; NE (2) = 10%; NW (1) = 5%			NNE (20) = 40%; NNW (12) = 24%; N (9) = 18%; NW (4) = 8%; NE (4) = 8%; ENE (1) = 2%		N (30) = 33%; NNE (27) = 29,6%; NNW (23) = 25,4%; NE (11) = 12%				

Em 2010 foram tomadas 55 medidas de direção de ondas, que tiveram a seguinte distribuição: NNE (43,6%), N (30,9%), NNW (12,7%), NE (11%) e ENE (1,8%).

Em 2011, para um total de 48 medidas, os valores dos intervalos foram: NNW (37,5%), NNE (31,3%), N (27,1%) e NE (4,1%).

Já em 2013/2014, num total de 58 medidas, a distribuição foi NNW (34,4%), N (22,4%), NNE (19%), NE (15,6%) e NW (8,6%).

Para o grupo de eventos com ressaca, obteve-se a seguinte distribuição dos intervalos azimutais: NNW (50%), N (20%), NNE (15%), NE (10%) e NW (5%). Para a categoria de eventos pós-ressaca, os valores foram NNE (40%), NNW (24%), N (18%), NW (8%), NE (8%) e ENE (2%).

Para o grupo de eventos sem ressaca os intervalos foram os seguintes: N (33%), NNE (29,6%), NNW (25,4%) e NE (12%).

Em relação a cada condição meteorológica-oceanográfica específica obteve-se a seguinte distribuição de ondas predominantes:

- a) CF/R: NNW (60%);
- b) CI/R: NNW (40%);
- c) CN/R: NNW (40%) e NNE (40%);
- d) CI-pósR: NNE (38%) e NNW (23%);
- e) CN-pósR: NNE (40%) e NNW (24%);
- f) CF: NNE (25%) e NE (25%);
- g) CI: NNE (25%) e NE (25%);
- h) CN: N (34%), NNE (31%)

Assim, são observadas as seguintes tendências de predomínio de direções nos anos de 2010, 2011 e 2013/2014:

- a) durante as ressacas - direção NNW;
- b) nas situações pós-ressaca - direção NNE;
- c) nas situações sem ressaca - direção N e NNE;

- d) durante a atuação de sistemas frontais (CF) - direções NNW;
- e) nas situações de tempo bom (CN) - NNE e N;
- f) em situações intermediárias (CI) - maior amplitude de direções, entre NNW, NNE e NE.

Ainda, devido à orientação desta praia, é esperado teoricamente que as ondas provenientes do quadrante NW gerem correntes de deriva litorânea para leste, enquanto as ondas do quadrante NE desenvolvam correntes para oeste, e as de N gerem correntes para os dois sentidos ou correntes nulas.

Esses resultados são perfeitamente compatíveis com a movimentação de sedimentos observada ao longo desta praia durante o processo de rotação praial em 2010-2011 (Souza, 2011), quando grande volume de areia era transportado de oeste para leste durante as ressacas (pulsos), enquanto em condições de pós-ressaca e de tempo bom parte dessas areias era lentamente retrabalhada e rumavam novamente para oeste.

Portanto, as variações observadas em relação à direção de ondas nessa praia apenas refletem as condições meteorológicas-oceanográficas que ocorreram durante os monitoramentos, não constituindo mudanças significativas ao longo do tempo.

8.3.1.2. Morfometria praial

O gráfico de variação espaço-temporal da largura da Praia do Góes é exibido na Figura 8.3.1.2-1. As curvas se mostram sintônicas, revelando tendências semelhantes de comportamento dos perfis ao longo do tempo, mesmo sob diferentes condições meteorológico-oceanográficas.

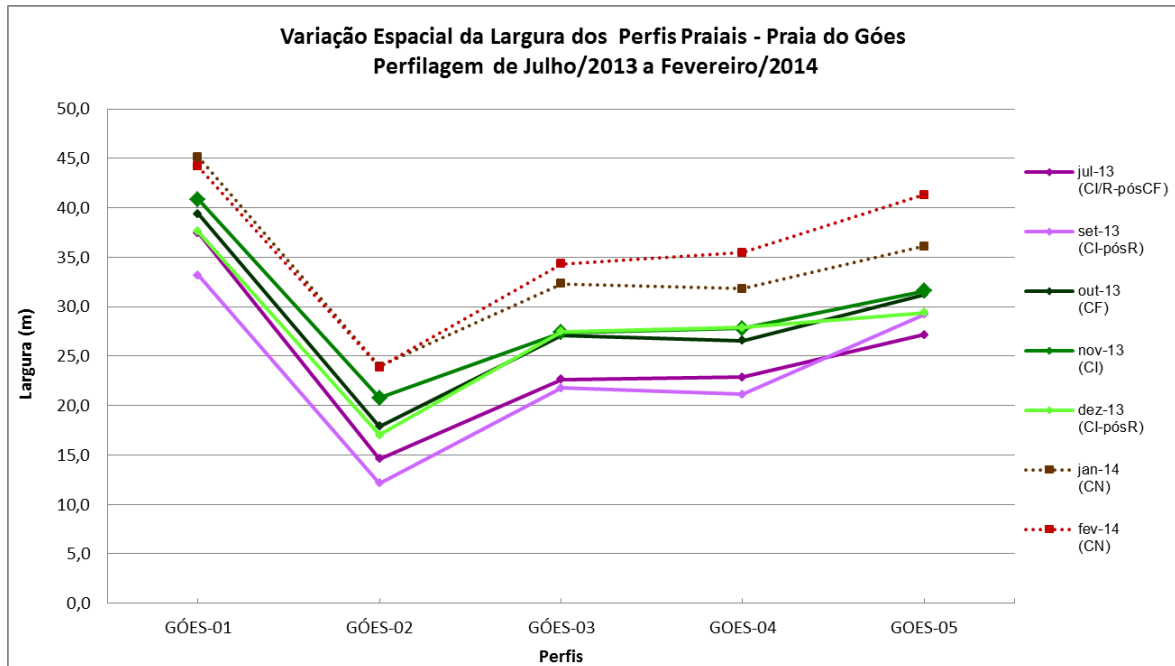


Figura 8.3.1.2-1. Variação espaço-temporal da largura da Praia do Góes entre julho de 2013 e fevereiro de 2014.

Como esperado, a praia apresentou-se mais estreita em condições de ressaca e pós-ressaca e mais larga em condições de tempo bom. As maiores larguras ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro de 2014 (CN) e as menores em setembro (CI pós-R) e julho de 2013 (CI/R). O maior valor de largura da praia foi em Góes-01 (45,1 m), em janeiro de 2014 (CN), e o menor em Góes-02 (12,1 m), em setembro de 2013 (CI/pós-R).

É interessante notar que as menores larguras de toda a praia, exceto no perfil Góes-05, ocorreram na Campanha de setembro de 2013, em condição de CI/pós-R, pois a campanha foi realizada no dia seguinte ao pico de uma ressaca de média intensidade. Esses valores foram muito próximos aos de julho de 2013, cuja condição era de CI/R. Isto se deve à conjugação de três fatos: intensidade diferente das ressacas; durante o monitoramento de setembro a maré estava em fase de preamar (com pico de 1,2 m) e bem alta para uma maré de quadratura, e as ondas estavam pouco mais altas (0,20-0,3 m); em julho, apesar das ondulações estarem bem mais altas (0,20 a 1,0 m), a maré estava em fase de baixamar (pico de 0,6 m).

O perfil Góes-01 apresentou as maiores variações mensais de largura, sendo também o perfil mais largo da praia, com larguras entre 45,1 m (janeiro de 2014) e 33,2 m (setembro de 2013). O perfil Góes-05 foi o segundo perfil mais largo, atingindo entre 41,3 e 27,2 m, respectivamente, nos mesmos meses já mencionados. O perfil Góes-02, por outro lado, se manteve com as menores larguras (24,0 a 12,1 m). Os perfis Góes-03 (34,3 a 21,8 m) e Góes-04 (35,5 a 21,2 m) apresentaram larguras e variações similares entre si e intermediárias em relação aos demais perfis.

A variação espacial da declividade média (estirâncio + pós-praia) da Praia do Góes é exibida na Figura 8.3.1.2-2. As menores declividades médias ocorreram em Góes-01, cuja média total foi de 2,9°. Na sequência está Góes-03, com média de 4,5°, e os demais perfis apresentam médias totais similares em torno de 5 e 5,1°.

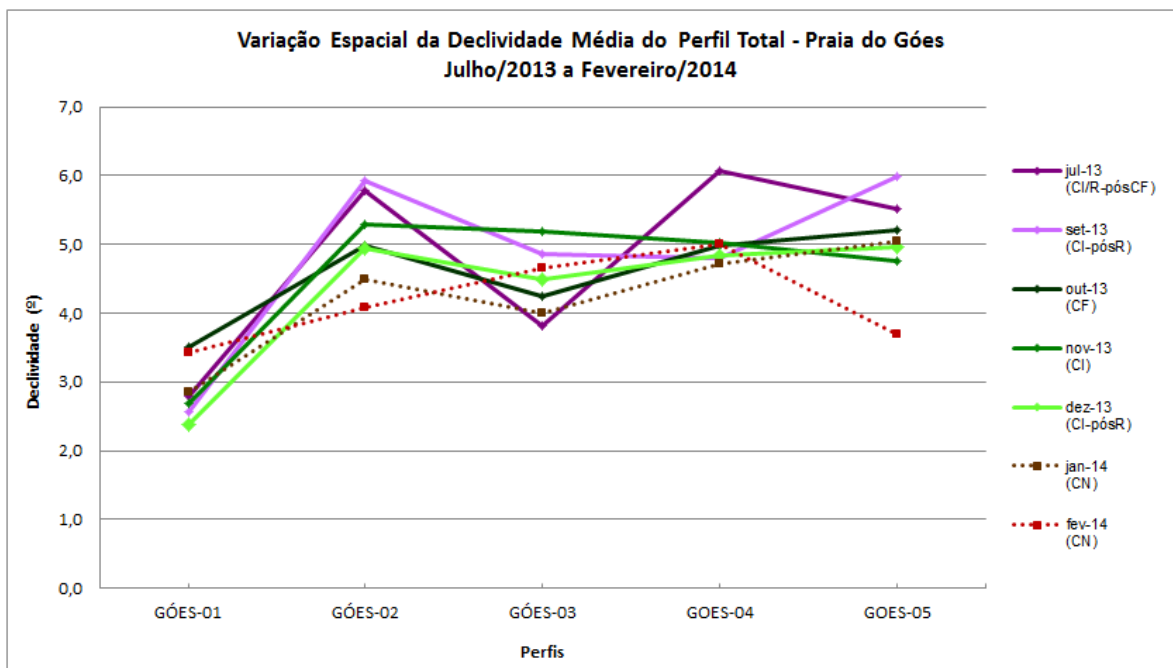


Figura 8.3.1.2-2. Variação espaço-temporal da declividade média (estirâncio + pós-praia) da Praia do Góes, no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Como esperado, o perfil mais erosivo da praia, Góes-02, apresentou as maiores declividades médias, principalmente quando associadas aos eventos de

maior energia de ondas (ressacas e pós-ressacas). Durante esses eventos, a praia fica ainda mais estreita nesse trecho e as águas invadem a pós-praia, fazendo com que esta se torne muito estreita e o estirâncio fique mais largo e muito íngreme (Figura 8.3.1.2-3).



Figura 8.3.1.2-3. Perfil Góes-02 em situações de: (a) ressaca de fraca intensidade e fase de baixamar, em julho de 2013; (b) ressaca de média intensidade e fase de preamar, em 25/09/2013 (foto: Fausto Jr. Manhani); (c) após a ressaca e maré vazante, em 25/09/2009; (d) tempo bom e baixamar.

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

Os gráficos das Figuras 8.3.1.2-4 e 8.3.1.2-5 mostram claramente as grandes variações de largura ocorridas ao longo de toda a praia, em especial durante o ano de 2010.

Em 2010, os setores leste e oeste da praia e, em especial, as suas extremidades, seguiram tendências inversas de mudanças rápidas mas progressivas, com aumentos de largura em Góes-05 (mais significativa) e

Góes-04, e reduções em Góes-01 (mais significativa) e Góes-02. O perfil Góes-03 (parte central) sofreu mudanças pouco significativas.

Em 2011, essas tendências continuaram, porém mais lentas e mais significativas nos perfis Góes-05, que foi ficando cada vez mais largo do que Góes-04 e Góes-03, e Góes-02, que se tornou cada vez mais estreito que os demais; por outro lado, Góes-4 foi se assemelhando a Góes-3.

Ao longo de 2013/2014, a largura de Góes-05 foi se tornando mais parecida com a de Góes-01 e até chegou a ser maior em duas oportunidades (janeiro e abril de 2013). O perfil Góes-02 sofreu maior variabilidade e se manteve bem mais curto que os demais, embora a taxa de redução da sua largura tenha diminuído. Já os perfis Góes-04 e Góes-03 foram se assemelhando paulatinamente, até igualarem suas larguras a partir de agosto de 2011.

As maiores variações se deram nas extremidades da praia. O perfil Góes-01 atingiu sua maior largura (59,4 m) em março de 2010 e a menor em abril de 2013 (20,58 m); já a largura em Góes-05 variou de 0,0 m em janeiro de 2010 a 41,3 m em fevereiro de 2014. Ao longo de 2010 e 2011, as larguras desses dois perfis foram paulatinamente assumindo valores mais próximos entre si. Em janeiro de 2013 (CN-pósCF/R), pela primeira vez, Góes-05 se tornou o perfil mais largo da praia, com 38,3 m, seguido de Góes-01, com 34,9 m. Até abril de 2013, ambos apresentaram larguras bastante próximas entre si e dividiam os papéis de perfis mais largos. A partir de maio de 2013 até janeiro de 2014, Góes-01 reassumiu as maiores larguras, mas as larguras de Góes-05 foram muito próximas. Em fevereiro de 2014, após longo período de condições normal (CN) (Anticiclone desde dezembro de 2013) e em fase de baixamar anormalmente baixa para uma maré de quadratura, os valores de largura de ambos foram próximos novamente, mas menor em Góes-05. Esses resultados sugerem que Góes-05 e Góes-01 vêm sofrendo reajustamentos morfológicos paulatinos desde o pico da rotação praial em meados de 2011.

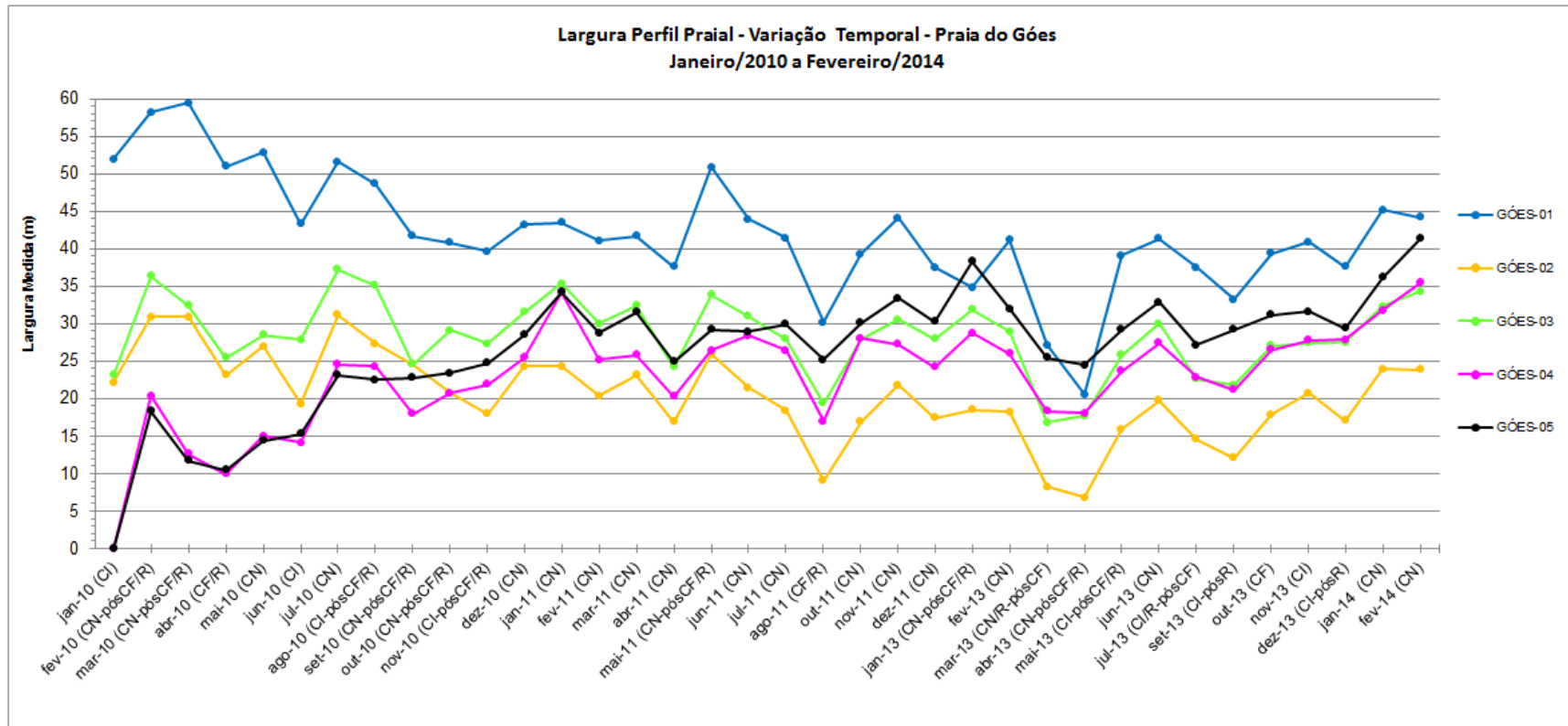


Figura 8.3.1.2-4. Variação têmporo-espacial da largura da Praia do Góes no período de janeiro de 2010 e fevereiro de 2014.

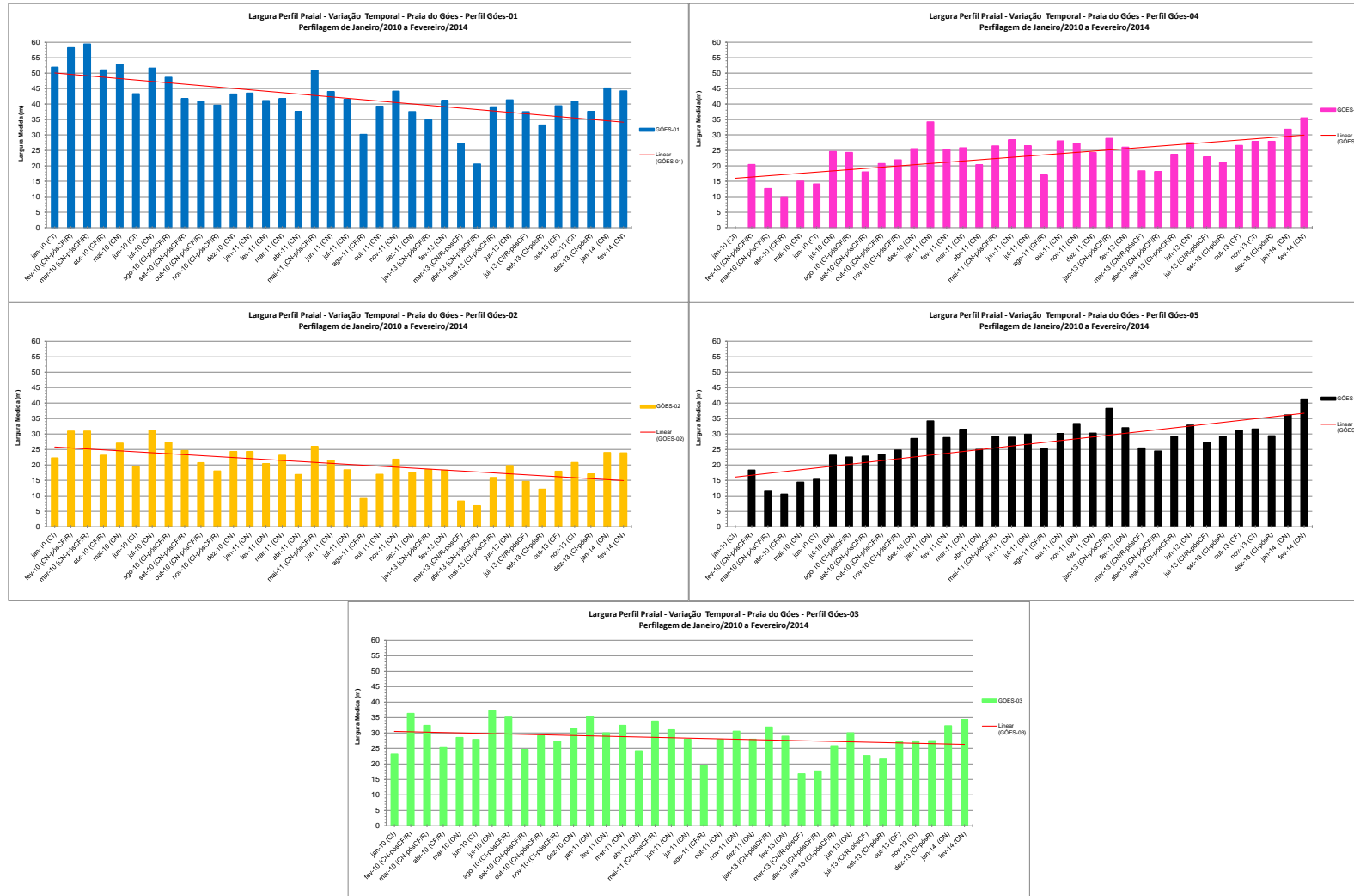


Figura 8.3.1.2-5. Variações têmpero-espaciais e linhas de tendência das larguras de cada perfil da Praia do Góes, no período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014.

O perfil Góes-02 apresentou largura máxima de 31,2 m em julho de 2010 e mínima de 6,78 m em abril de 2013. Até outubro de 2010 este era mais largo que Góes-04 e Góes-05, mas passou à condição de perfil mais estreito a partir de novembro de 2010, permanecendo assim até fevereiro de 2014. Esta condição está associada à presença de um embaiamento (Figura 8.3.1.2-6) que se formou nessa área entre setembro e outubro de 2010 e permaneceu ali desde então, provavelmente devido a um controle forçado pelas ondas durante o processo de rotação praial, e que resultou no estabelecimento de uma zona de divergência de células de deriva litorânea quase que permanente neste local (como constatado entre 2010 e 2011).

A menor variabilidade de largura praial ocorreu em Góes-03, localizado na parte central da praia. De acordo com a literatura, este comportamento é esperado para uma praia em rotação praial, cuja zona de inflexão é justamente a sua parte central, que se mantém pouco variável durante o fenômeno (Souza, 2011).



Figura 8.3.1.2-6. Embaiamento praial “permanente” no perfil Góes-02.

A variação espaço-temporal das larguras desta praia (Figura 8.3.1.2-7) mostra curvas sintônicas entre si no trecho entre os perfis Góes-01 e Góes-03, ou seja, com a mesma forma/comportamento em praticamente todos os meses. Porém, no setor leste da praia (perfis Góes-04 e Góes-05), o comportamento mudou ao longo do tempo, mostrando 3 grupos de curvas assintóticas entre si,

mas sintônicas dentro dos seguintes intervalos: de janeiro de 2010 a maio de 2011, de junho de 2011 a dezembro de 2013, e de janeiro a fevereiro de 2014.

Comparando o comportamento dos perfis nos períodos de 2010-2011 e 2013/2014, notam-se as seguintes tendências: diminuição considerável da taxa de redução da largura praiar em Góes-01 e Góes-02; aproximação entre os valores de largura de Góes-04 e Góes-03; relativa estabilização da largura de Góes-5.

Esse comportamento de certa forma “organizado” para toda a praia, principalmente entre fevereiro de 2010 e maio de 2011, sugere que as variações temporais de largura observadas neste período não poderiam ser anomalias temporárias causadas por alguma intervenção antrópica no sistema costeiro, como por exemplo as obras de dragagem. Pelo contrário, reforçam que elas fazem parte de uma evolução natural e lenta desta praia, inicialmente regida pelo fenômeno da rotação praiar, desencadeado por uma sucessão de ressacas desde fevereiro de 2010 (antes das obras de dragagem) até agosto de 2011, período em que a praia evoluiu significativamente. Após essa fase, o fenômeno foi desacelerado até o final de 2011 e provavelmente cessou em 2012. Em 2013/2014, as curvas do setor leste da praia começam a apresentar comportamento assintótico em relação aos anos anteriores, o que parece representar um novo e lento reajuste morfológico do sistema praiar. Apesar das diferenças em termos de condições meteoceanográficas durante os monitoramentos de 2011 (alta frequência de CN e baixa de CR) e 2013/2014 (baixa frequência de CN e alta de CR), neste último, toda a praia parece ter conservado as tendências gerais de largura observadas entre junho e dezembro de 2011.

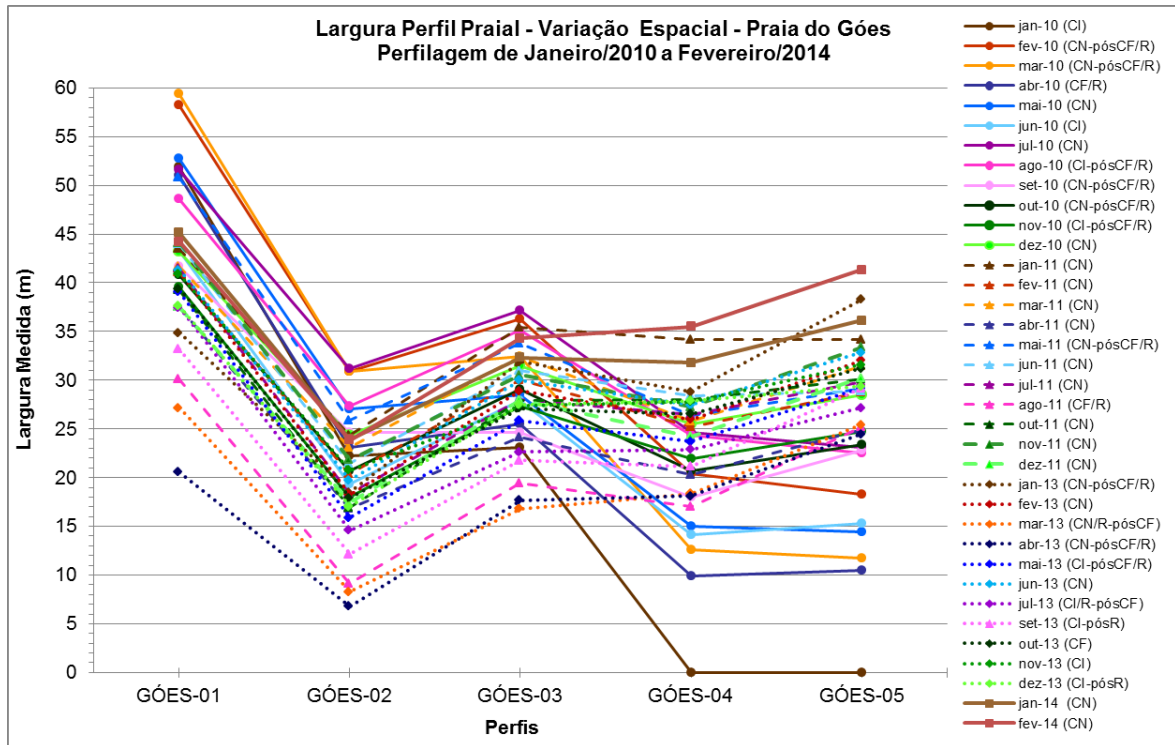


Figura 8.3.1.2-7. Variação espaço-temporal da largura da Praia do Góes, no período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014.

A Figura 8.3.1.2-8 exemplifica a rápida evolução da rotação praial no setor leste da praia, com destaque à área do perfil Góes-04 no período de janeiro de 2010 até julho de 2013, e do perfil Góes-05 (onde se localiza o Fortim) na fase aguda da rotação praial, entre janeiro de 2010 e agosto de 2010. Nota-se o intenso processo deposicional ao longo de 2010, em especial após os eventos de ressaca, e a sua estabilização nos anos de 2011 e 2013.

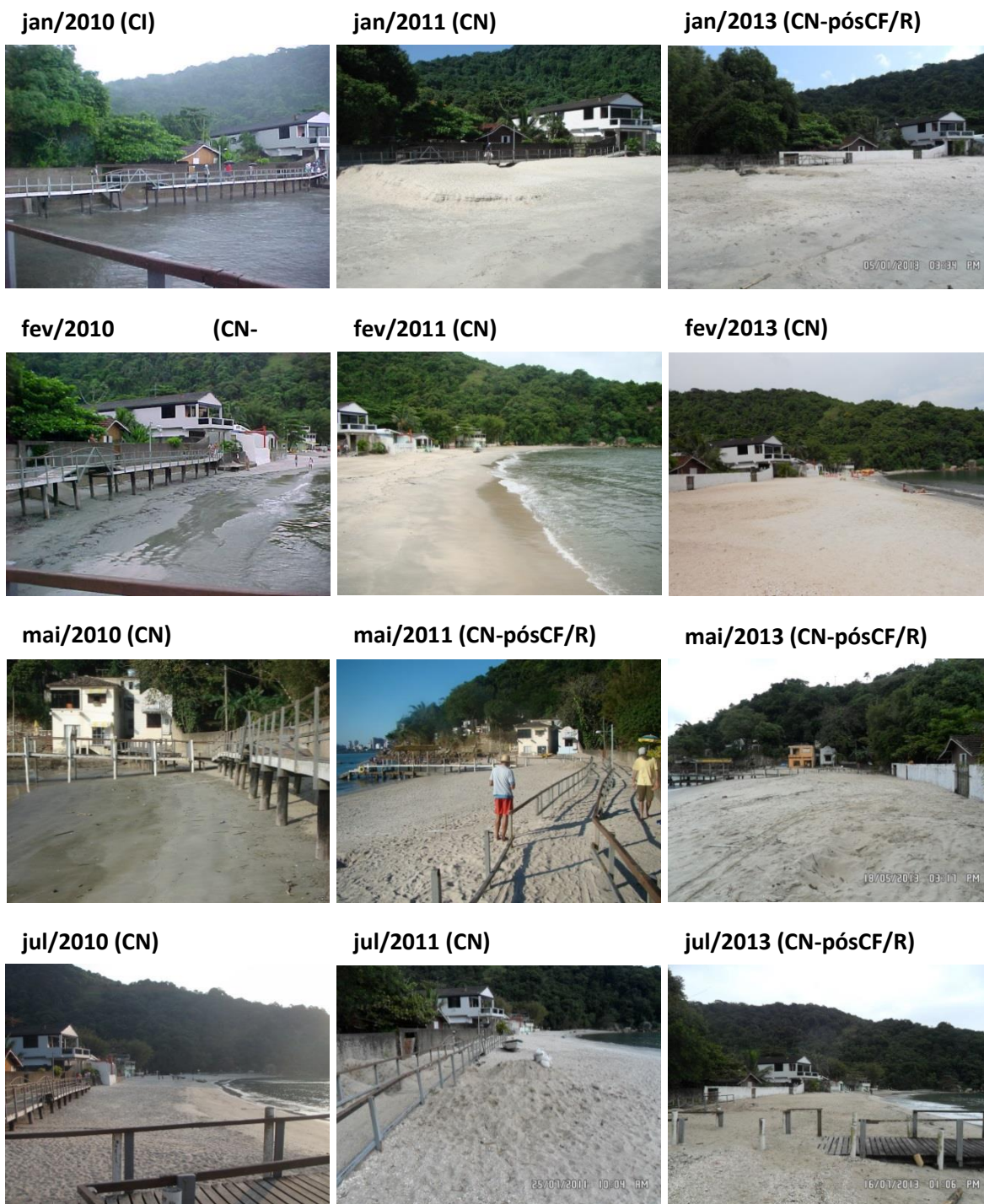


Figura 8.3.1.2-8. Variação temporal da morfologia da Praia do Góes nos perfis Góes-04 (sequência de jan/2010 — anterior à dragagem — a jul/2013 — posterior à dragagem), e entre o perfil Góes-05 e o Fortim (sequência de jan/2010 a ago/2010). Fotos foram tiradas a partir do píer de atracação, que deixou de ser utilizado completamente em 2013.



Figura 8.3.1.2-8. (continuação) Variação temporal da morfologia da Praia do Góes nos perfis Góes-04 (sequência de jan/2010 — anterior à dragagem — a jul/2013 — posterior à dragagem), e entre o perfil Góes-05 e o Fortim (sequência de jan/2010 a ago/2010). Fotos foram tiradas a partir do píer de atracação desativado.

Para ilustrar essa dinâmica cíclica e natural da praia em décadas passadas, a Figura 8.3.1.2-9 mostra um ciclo completo desde a última fase de pico de rotação praial ocorrida no início da década de 1980, até a completa reversão do fenômeno (registros fotográficos até 2005), que se ajustaria à situação semelhante à encontrada no início dos monitoramentos, em janeiro de 2010.

Assim, entre 1979 e 1992, a praia se encontrava numa fase de pico de rotação praial, indicada pela máxima deposição de sedimentos no setor leste da praia. O início da inversão de direção de transporte, que culminou com o começo da erosão acelerada no setor leste, se deu em julho de 1992, após uma ressaca muito forte. A partir de então, atravessando a década de 1990 e até 2005 (final dos registros fotográficos) e sempre regida por fortes ressacas, a praia evoluiu para uma situação de completa reversão do processo (“normalidade”), com máxima deposição no canto oeste da praia, onde o arco praial se estendia até quase a ponta do embasamento na extremidade oeste da boca da Enseada, e extrema erosão e desaparecimento completo da praia no setor leste.

Desta forma, sabendo-se que a fase aguda dessa reversão persistiu até o final de 2009 ou janeiro de 2010 e que um novo ciclo de rotação praial foi iniciado em fevereiro de 2010 (dados do monitoramento praial), então o intervalo de tempo decorrido entre dois ciclos é de 18 anos e corrobora o período deduzido com base em fotografias aéreas e apresentado no 4º Relatório Consolidado do PBA 08, de 2012 (FUNDESPA, 2012).



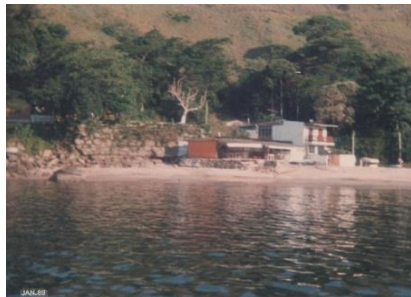
nov/1979 (Góes-05/pier, rotação)



fev/1980 (Góes-05/Fortim)



jan/1987 (Góes-04)



jan/1989 (Góes-05/Fortim)



jan/1989 (Góes-05)



fev/1990 (Góes-05)



jul/1992 (Góes-05)



jul/1992 (Góes-05: início da erosão)



1993-1994 (Góes-05)

Figura 8.3.1.2-9. Evolução morfodinâmica da Praia do Góes. Último pico de rotação praiial: entre 1979 e 1990; início da inversão do processo: provavelmente após uma ressaca muito forte em julho de 1992; fases agudas de erosão: meados da década de 1990 (possivelmente após ressacas fortes) e meados da década de 2000, após a ressaca muito forte de abril/2005 (fase de reconstrução do muro atual entre Góes-05 e Góes-03 e do pier e da passarela de acesso) (fotos cedidas pelo Sr. Odair Marcelo).



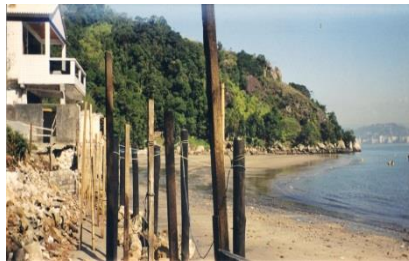
1993-1994 (Góes-04)



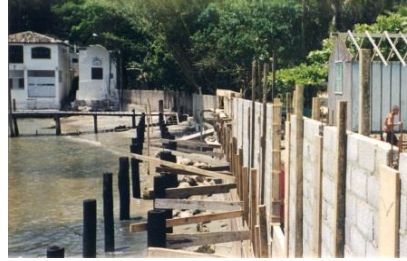
1994-1995 (Góes-05/Fortim)



1994-1995 (Góes-03/Góes-02)



2005 após forte ressaca em abril (vista do setor central e oeste, que se estendia até quase a boca da enseada)



2005 (Góes-04 e Góes-05: reconstrução do muro e da passarela do píer após a ressaca)



2005 (Góes-04: após a construção do muro e da passarela do píer, nos moldes de em janeiro/2010)

Figura 8.3.1.2-9. (continuação) Evolução morfodinâmica da Praia do Góes. Último pico de rotação praiar: entre 1979 e 1990; início da inversão do processo: provavelmente após uma ressaca muito forte em julho de 1992; fases agudas de erosão: meados da década de 1990 (possivelmente após ressacas fortes) e meados da década de 2000, após a ressaca muito forte de abril/2005 (fase de reconstrução do muro atual entre Góes-05 e Góes-03 e do píer e da passarela de acesso) (fotos cedidas pelo Sr. Odair Marcelo).

Em relação à variabilidade da declividade dessa praia, para apresentar a evolução temporal procedeu-se à análise dos dados filtrados segundo a declividade média na pós-praia e no estirâncio, para duas situações extremas: em CN/sem ressaca (maio, julho e dezembro de 2010, janeiro, fevereiro, março, abril, junho, julho, outubro, novembro e dezembro de 2011, fevereiro e junho de 2013 e janeiro e fevereiro de 2014); e em condições de ressaca (abril e agosto de 2011 março e julho de 2013).

Os resultados (Tabela 8.3.1.2-1) mostram mudanças significativas da declividade média principalmente da pós-praia, e com tendências inversas entre os perfis do setor oeste-central (Góes-01, Góes-02 e Góes-03) e do setor leste (Góes-04 e Góes-05), de 2010-2011 para 2013/2014, como se segue.

Tabela 8.3.1.2-1. Distribuição anual da declividade média da Praia do Góes, discriminada para situações de ressaca de condições de tempo bom sem ressaca.

CONDIÇÃO NORMAL						
PERFIL	PÓS-PRAIA			ESTIRÂNCIO		
	2010	2011	2013/2014	2010	2011	2013/2014
GÓES-01	1,08	1,66	2,38	4,54	3,80	2,99
GÓES-02	4,58	5,09	5,20	4,17	4,34	3,87
GÓES-03	1,79	3,13	4,81	5,08	4,91	4,21
GÓES-04	5,33	4,62	4,25	5,44	5,49	4,90
GÓES-05	5,33	2,90	2,54	5,63	6,14	5,74

CONDIÇÃO DE RESSACA						
PERFIL	PÓS-PRAIA			ESTIRÂNCIO		
	2010	2011	2013/2014	2010	2011	2013/2014
GÓES-01	1,13	0,25	1,19	3,74	4,69	2,84
GÓES-02	4,19	3,88	6,96	4,33	3,66	4,77
GÓES-03	2,90	1,81	4,37	4,21	4,50	4,50
GÓES-04	4,56	6,19	3,79	5,21	4,94	5,97
GÓES-05	3,94	6,50	1,99	5,70	4,25	6,86

- a) Góes-01: na pós-praia, aumento progressivo e significativo (\leq ao dobro) de declividade tanto em CN e como em CF; no estirâncio, diminuição progressiva e muito significativa (\geq ao dobro) em CN e CR.
- b) Góes-02: na pós-praia, aumento em CN e aumento muito significativo em CF; no estirâncio, redução em CN e pequeno aumento em CF. O valor anômalo obtido para as ressacas de 2013/2014 está muito mais

associado à sucessão de campanhas sob condições de ressaca e pós-ressaca, do que a um aumento muito significativo de fato, já que em CN (maior consistência estatística) o aumento foi pequeno e também as larguras dessa praia até exibiram tendência de ligeiro aumento.

- c) Góes-03: na pós-praia, aumentos progressivos e muito significativos em CN e CF; no estirâncio, pequena redução em CN e manutenção em CF.
- d) Góes04: na pós-praia, reduções progressivas e significativas em CN e CF; no estirâncio, redução em CN e pequeno aumento em CF.
- e) Góes-05: na pós-praia, reduções progressivas e muito significativas em CN e CF; no estirâncio, redução em CN e aumento em CF.

No estirâncio as reduções de declividade durante CN e os aumentos durante as CR são normais e esperados. Esses aumentos são proporcionais à intensidade da ressaca e à maneira como ela afeta cada perfil, de forma que perfis mais expostos (parte leste da praia) ficam proporcionalmente mais íngremes e os menos expostos (parte oeste) ficam menos declivosos, exatamente como mostram os resultados para essa praia.

Por outro lado, as mudanças na pós-praia serão mais sensíveis a processos diferentes, como aqueles que ocorrem em resposta aos eventos de maior energia de ondas como as ressacas. Neste sentido, os dados mostrados acima indicam que em 2010-2011, durante as ressacas, a praia seguia basicamente um padrão morfológico de empilhamento crescente de sedimentos na pós-praia de Góes-05 e Góes-04 (setor leste) e remoção de sedimentos de Góes-01 e Góes-02 (setor oeste), com a inversão desses processos durante as CN. Em 2013/2014, a franca redução das declividades nos perfis do setor leste da praia e aumento nos perfis do setor oeste e central, tanto em CF quanto em CN, demonstram que o padrão morfológico mudou sensivelmente e os processos também. Em outras palavras, não há mais empilhamento de sedimentos no setor leste da praia durante/após as ressacas; as ressacas passaram a retrabalhar os sedimentos da pós-praia desse setor e a levá-los em direção ao largo, reafeiçoando (redução de declividade) o perfil do setor leste da praia e criando uma zona de surfe (vide figuras 8.3.1.1-3 e 8.3.1.2-6).

8.3.1.3. Granulometria dos sedimentos do estirâncio

A Figura 8.3.1.3-1 apresenta a variação temporal dos parâmetros texturais relativos à granulometria dessa praia.

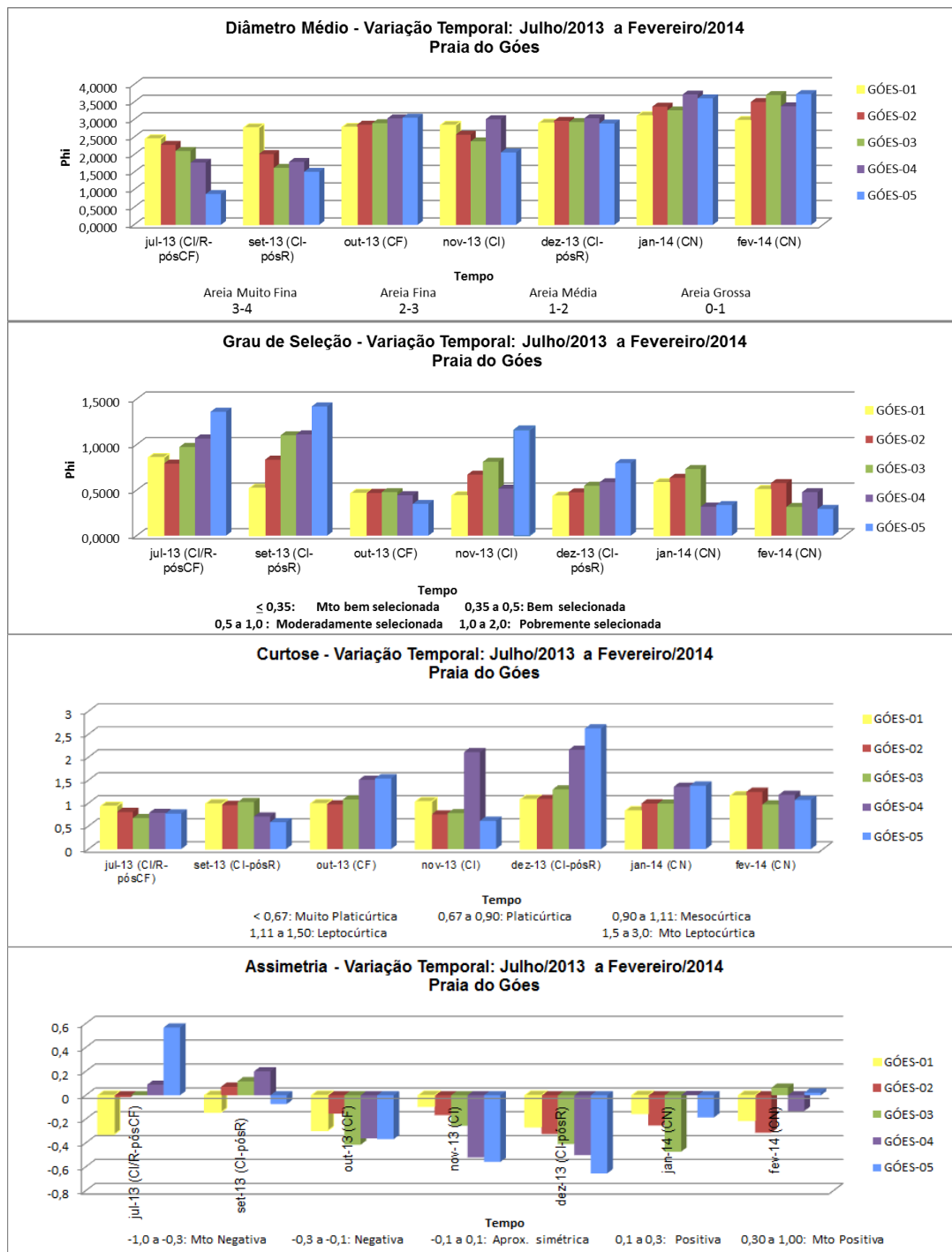


Figura 8.3.1.3-1. Variação temporal dos parâmetros texturais (diâmetro médio, grau de seleção, curtose e assimetria) dos sedimentos do estirâncio da Praia do Góes, no período de julho de 2013 a janeiro de 2014.

De maneira geral, observa-se nítida variação granulométrica em todos os meses, com tendência de afinamento e melhora relativa do grau de seleção das areias de julho de 2013 (areias grossas pobremente selecionadas e finas bem selecionadas) para fevereiro de 2014 (predomínio de areias muito finas bem e muito bem selecionadas). Além disso, os meses associados a ressacas (julho e setembro de 2013) e os meses com longa permanência de condições de tempo bom (janeiro e fevereiro de 2014) apresentaram comportamentos bem diferentes dos demais meses.

Em julho de 2013 (CI/R-pósCF) houve nítida e progressiva variação textural ao longo da praia: afinamento dos grãos e aumento do grau de seleção de Góes-05 (areia grossa pobremente selecionada) para Góes-04 (areia média pobremente selecionada), e deste para Góes-03 até Góes-01 (predomínio de areias finas, mas que se afinam no sentido de Góes-01, e que passam de moderadamente selecionadas para bem selecionadas); a curtose também sofreu variação, aumentando de Góes-05 para Góes-01, o que indica diminuição de energia de ondas nesse sentido; a assimetria revelou tendências simétricas entre Góes-02 e Góes-03, mas muito positiva em Góes-05 (presença de frações finas na moda) e muito negativa em Góes-01 (presença de frações grossas).

O comportamento textural do mês de julho de 2013, aliado ao morfológico mostrado anteriormente, é sugestivo de que durante esse evento de ressaca o transporte longitudinal de sedimentos se deu de leste (Góes-05) para oeste (Góes-01) (como também será demonstrado mais adiante, no item sobre células de deriva litorânea). Além disso, demonstra também que além do transporte longitudinal, ocorreu o transporte costa-afora nos perfis Góes-05 e Góes-04, ou seja, houve retrabalhamento das areias mais grossas da pós-praia (no pico da ressaca) e transporte e deposição no estirâncio (Figura 8.3.1.3-2).

Em setembro de 2013 (CI-pósCF/R) o comportamento foi basicamente similar a julho, também demonstrando tendência geral de diminuição do diâmetro médio, aumento do grau de seleção e diminuição da energia de Góes-05 para Góes-01, porém com areias médias pobremente a moderadamente selecionadas entre Góes-05 e Góes-04, e areias finas bem selecionadas em Góes-01.



Figura 8.3.1.3-2. Retrabalhamento de sedimentos grossos da pós-praia e transporte/deposição no estirâncio do perfil Góes-05, durante a ressaca de julho de 2013.

Os resultados obtidos para esses dois meses sob a influência de ressacas sugerem que o processo de rotação praial não esteve mais ativo em 2013/2014, já que apresentaram características inversas daquelas observadas nos anos anteriores. Ou seja, durante todo o ano de 2010 e no primeiro semestre de 2011 as ressacas provocavam pulsos de rápida transposição de sedimentos do setor leste para setor oeste da praia, simultaneamente a transporte costa-adentro.

Os meses de janeiro e fevereiro de 2014 (ambos em CN de muito longa duração, desde o final de dezembro de 2013) também apresentaram variações graduais ao longo da praia, porém com tendências inversas às descritas para julho e setembro. Ou seja, ligeira diminuição do tamanho granulométrico e aumento do grau de seleção do setor oeste para o setor leste da praia, sendo finas em Góes-01 e muito finas nos demais perfis, e bem selecionadas no setor leste a moderadamente selecionadas no setor oeste (embora as areias tenham se tornado mais finas em toda a praia, em relação aos meses anteriores). A curtose, porém, não apresentou comportamentos coerentes com as variações do diâmetro médio e do grau de seleção, e a assimetria foi sempre negativa, indicando a presença de frações grossas importantes nesses sedimentos.

Assim, ao que tudo indica, nesses 2 últimos meses de monitoramento, a muito baixa competência das ondas naturais (alturas de 0,10-0,05 m entre

Góes-05 e Góes-03, e de 0,05 m em Góes-02 e Góes-01) apenas retrabalhou localmente os sedimentos, promovendo joeiramento diferencial ao longo da praia, que foi relativamente mais intenso no setor leste (Góes-05 e Góes-04) devido à maior exposição à ação das ondulações. Nessas condições a ação de ondas induzidas por embarcações (alturas entre 0,10 e 0,30 m) também pode ter contribuído para aumentar a competência desse retrabalhamento.

Em outubro (CF), novembro (CI) e dezembro de 2013 (CI-pósR) o comportamento dos sedimentos não foi tão organizado como nos demais meses, porém as areias se tornaram predominantemente finas e bem a pobremente selecionadas, ora com ligeiro afinamento e aumento de seleção para leste (outubro), ora sem comportamentos coerentes.

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

A Figura 8.3.1.3-3 evidencia a variabilidade do diâmetro médio dos perfis perante a evolução do fenômeno da rotação praial.

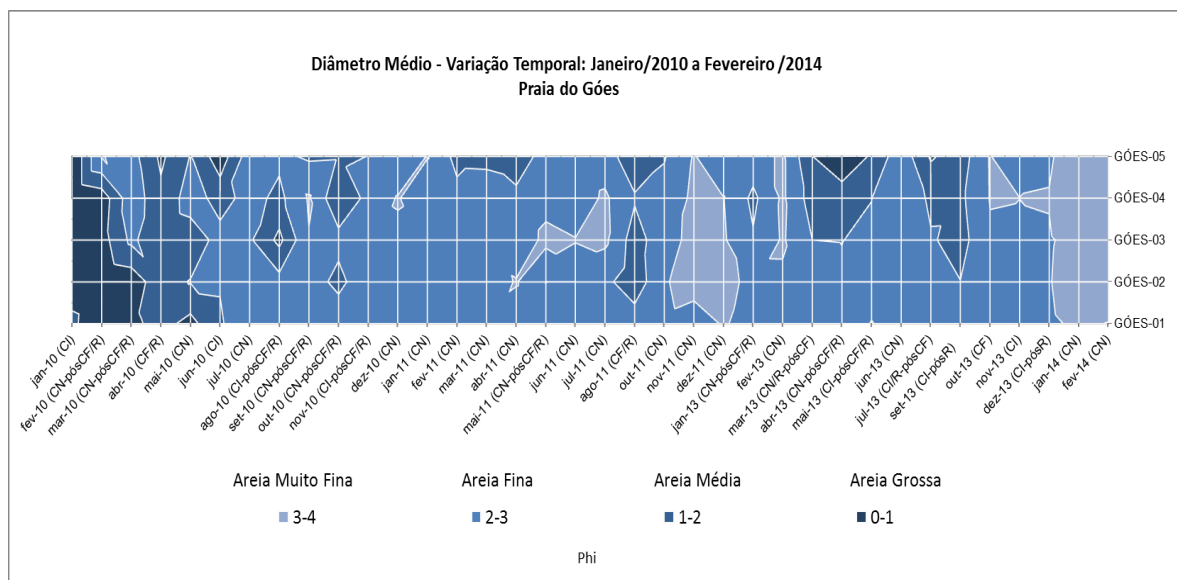


Figura 8.3.1.3-3. Evolução do comportamento do diâmetro médio dos sedimentos da Praia do Góes no período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014.

De maneira geral, de janeiro de 2010 até dezembro de 2011, à medida que o fenômeno da rotação praias evoluía, em pulsos determinados por sucessivas ressacas entre fevereiro e dezembro de 2010 e algumas ressacas em março, maio e agosto de 2011, as areias iam se tornando paulatinamente mais finas. Elas passaram de predominantemente grossas entre janeiro-março de 2010, para predominantemente médias entre abril-junho de 2010, essencialmente finas entre julho de 2010-julho de 2011, e muito finas entre novembro-dezembro de 2011. Essa fase de areias muito finas em toda a praia pode ter sido o ápice da rotação praias, com o término do transporte seletivo de oeste para leste. No entanto, não se pode ter certeza, já que não houve monitoramento em 2012.

Em 2013 e 2014 as areias se mostraram predominantemente finas, mas se percebe a presença de areias médias e grossas no setor leste e central da praia em fases associadas a ressacas (2013), além da mudança para areias muito finas durante a permanência longa de CN (2014), como esperado.

Os perfis das duas terminações da praia podem ser a chave para se analisar em detalhe os processos sedimentares da rotação praias.

No perfil Góes-01 as areias passaram de grossas entre janeiro-março de 2010, para médias entre abril (primeira ressaca muito forte) e junho de 2010, e depois permaneceram finas o restante do período, até se tornarem muito finas em dezembro de 2011 (longa CN). Em todo o ano de 2013 permaneceram finas, e em 2014 muito finas (longa CN). O vizinho Góes-02 teve comportamento similar, com raras entradas de areias médias em condições de ressaca e de areias muito finas em CN prolongadas.

O perfil Góes-05 recebeu, entre fevereiro de 2010 e junho de 2010 grande aporte de areia média e depois grande aporte de areia fina, que prevaleceram de julho de 2010 até dezembro de 2011. Durante este período ocorreram alguns aportes de areia média, aparentemente independentes das condições meteoceanográficas. Em 2013 predominaram areias finas, com aportes esporádicos de areias médias (e raramente de grossas) em situações associadas apenas à ocorrência de ressacas. O vizinho Góes-04 mostrou padrão igual. A presença de areias muito finas parece condicionada a situações de permanência

de CN e, talvez, durante as CF, e pode ser produto do transporte costa-adentro de sedimentos presos no largo dessa praia e na sua zona de surfe.

Esses resultados mostram que durante a fase aguda da rotação praial (fevereiro de 2010 a junho de 2011) ambas as terminações da praia apresentaram afinamento generalizado das suas areias e que a entrada ou permanência de sedimentos mais grossos ocorreu apenas no setor leste da praia e não associada a uma condição meteoceanográfica específica. Entretanto, após essa fase, desde julho de 2011 até dezembro de 2013, a presença desses sedimentos grossos passou a ser condicionada apenas a eventos de ressacas. A permanência de areias muito finas na praia, por outro lado, sempre esteve principalmente ligada a fases prolongadas de CN. No final de 2010 a presença dessas areias pode ter marcado a fase final da rotação praial, como produto do transporte costa-adentro de sedimentos presos no largo dessa praia, processo este ainda ativo (2013 e 2014).

8.3.1.4. Células de deriva litorânea

O comportamento das células de deriva litorânea ao longo do 2º semestre de 2013 e início de 2014 é mostrado na Figura 8.3.1.4-1.

Em julho (CI/R-pósCF) foi identificada apenas uma célula, com a zona de sotamar (deposição) no perfil Góes-01 e a zona de barlamar (erosão) no perfil Góes-05. Portanto, o transporte longitudinal resultante foi para W.

Nos meses de setembro (CI-pósR), novembro (CI) e dezembro (CI-pósR) de 2013 e em janeiro de 2014 (CN) a praia apresentou o mesmo comportamento de circulação definindo três células, com uma zona de divergência em Góes-03, uma zona de convergência (deposição) em Góes-04, uma zona de sotamar (deposição) em Góes-01 e uma zona de barlamar (erosão) em Góes-05. O transporte resultante foi para W.

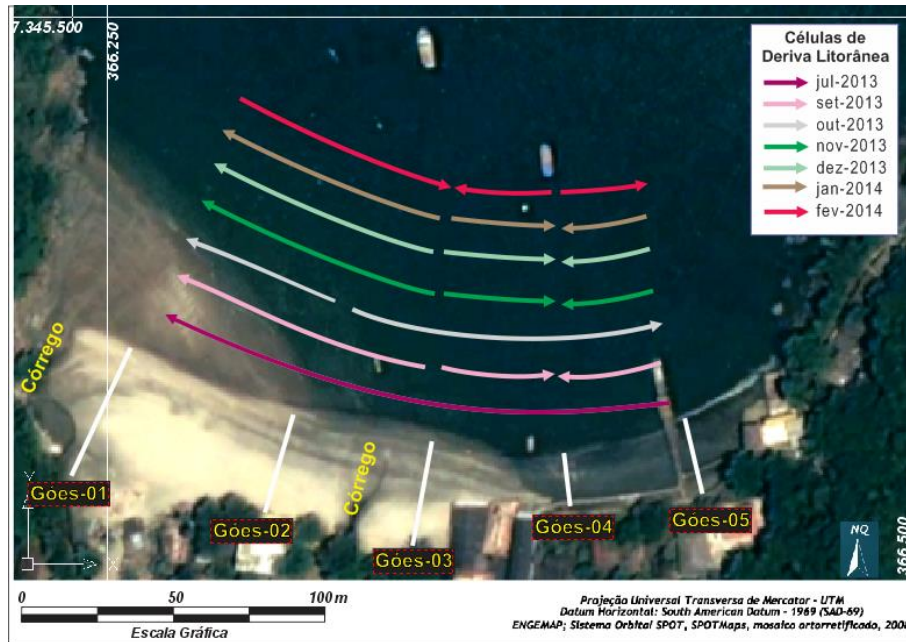


Figura 8.3.1.4-1. Representação da variação do comportamento das células de deriva litorânea na Praia do Góes, entre julho de 2013 e fevereiro de 2014.

Em outubro (CF) foram identificadas duas células opostas, com zona de divergência (erosão) em Góes-02 e zonas de sotamar (deposição) em Góes-01 e Góes-05. Assim, o transporte costeiro longitudinal resultante foi para E.

Para fevereiro (CN) foram definidas três células, com resultante de transporte para E (primeira ocorrência), formando uma zona de convergência em Góes-03, uma zona de divergência em Góes-04, uma zona de barlamar em Góes-05.

Portanto, nesses 7 meses de monitoramento obteve-se o predomínio do transporte longitudinal resultante para W. Apenas em fevereiro (CN prolongada) o transporte resultante se deu no sentido E, e em outubro (CF) para ambos os sentidos.

O perfil Góes-01 se comportou predominantemente como zona de sotamar, o que lhe teria conferido maior deposição no período. Góes-04 também apresentou predomínio de deposição, sendo zona de convergência de células na maioria do tempo. Em Góes-02 predominou o transporte. Já o perfil Góes-05 foi predominantemente zona de barlamar, portanto com maior processo erosivo.

Quando se comparam esses resultados com as variações de largura praial obtidas nesse período observa-se certa correspondência, em especial com a evolução de Góes-01 e Góes-02 (aumento progressivo de largura, estabilização de janeiro para fevereiro de 2014), Góes-04 (aumento progressivo de largura e aproximação com os valores de largura de Góes-05 e Góes-03, todos seguindo tendências semelhantes entre outubro e janeiro de 2014), Góes-03 (a largura se aproxima e até iguala a Góes-04), e Góes-05 (aumento em relação a Góes-04 nos meses em que se torna sotamar de célula).

Embora o número de meses seja reduzido para se tentar estabelecer alguma tendência em termos de condição meteorológica-oceanográfica e a circulação de células, algumas ilações podem ser feitas.

O único mês com ressaca foi o de julho (CI/R-pósCF), que apresentou um padrão diferente dos demais no período, com uma única grande célula de transporte resultante para W. O único mês em CF foi o de outubro, que também apresentou um padrão de circulação diferente dos demais (transporte resultante para E).

Para assumir que ambos sejam de fato os padrões para essas condições meteoceanográficas específicas, na situação morfológica atual dessa praia, é importante fazer uso de outros indicadores (inegáveis) de transporte costeiro na praia, que são as desembocaduras fluviais próximas aos perfis Góes-01 e Góes-03. Assim, a Figura 8.3.1.4-2 mostra como estavam essas desembocaduras em julho e outubro.

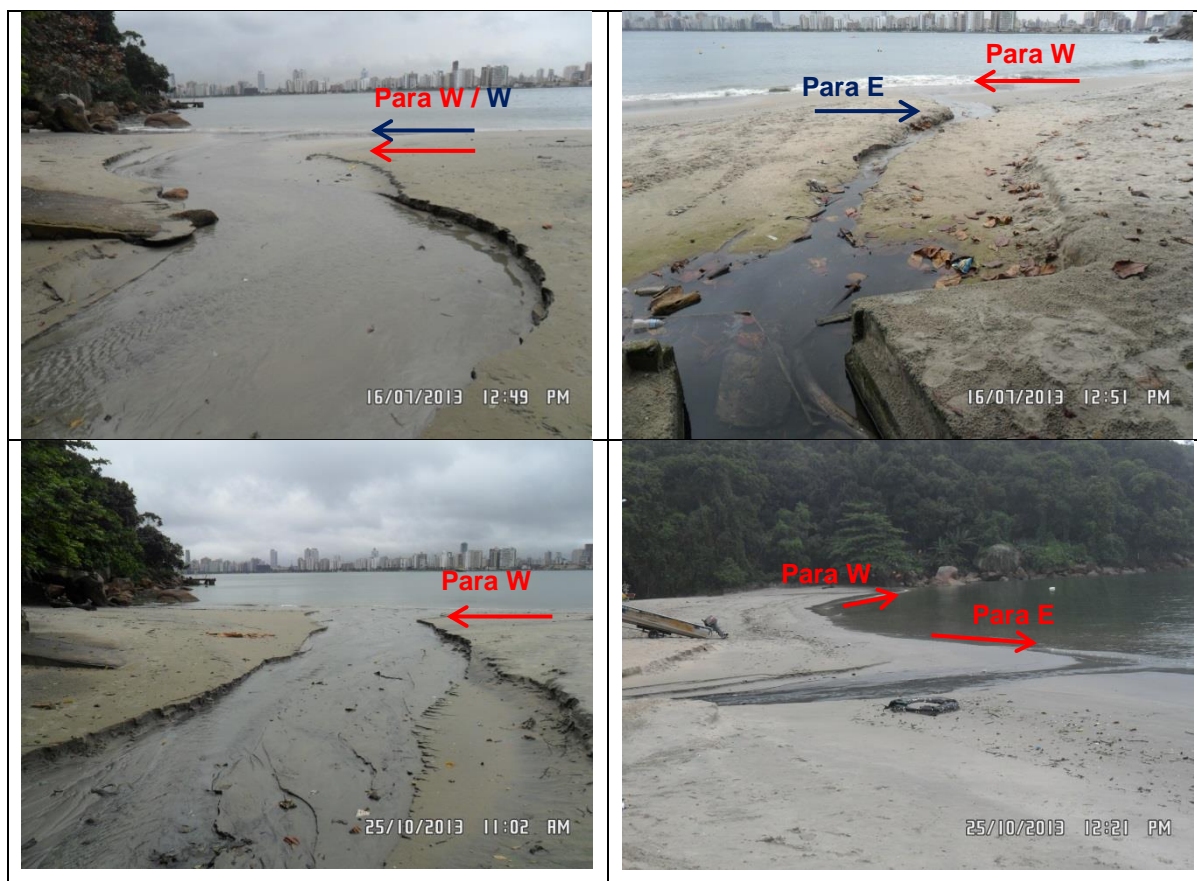


Figura 8.3.1.4-2. Migração lateral da barra de desembocadura dos córregos próximos aos perfis Góes-01 (à esquerda) e Góes-03 (à direita), acima em julho de 2013 (CI/R-pósCF), abaixo em outubro de 2013 (CF). As setas vermelhas indicam o sentido do transporte no momento do monitoramento. As setas azuis indicam o sentido do transporte em situação anterior ao monitoramento. Notar o forte embaçamento de Góes-02 entre os dois córregos.

No córrego próximo ao perfil Góes-03 nota-se que em julho (foto superior-direita) são marcadas duas situações de sentidos opostos de transporte: uma anterior ao monitoramento, durante a atuação de CF, e que indica transporte para E, e a observada no momento da coleta (em CI/R), indicando transporte para W. Ambos os rumos corroboram com os sugeridos pelo método da deriva litorânea para esse perfil, nas respectivas condições de tempo.

Ainda em julho, no córrego de Góes-01 (foto superior-esquerda) o transporte foi para W nas duas condições de tempo, também corroborando os resultados obtidos pela deriva litorânea.

Nas fotos inferiores são indicados os rumos observados durante a CF de outubro, ou seja, para E no córrego de Góes-03, e para W no córrego de Góes01.

Portanto, pode-se assumir que os padrões de circulação para condições de CF e CR são os obtidos para esses meses, nas atuais condições morfodinâmicas dessa praia.

Não foi possível estabelecer um padrão para CN, já que os comportamentos foram diferentes em janeiro e fevereiro de 2014. Como dito anteriormente, o mês de fevereiro foi anômalo em relação à maré, anormalmente baixa para a quadratura, o que poderia ter alterado resultados esperados. De qualquer forma, no mês de janeiro há correspondência em relação aos indicadores de transporte da praia, com transporte para W no córrego de Góes-01 e transporte para E no córrego de Góes-03 (Figura 8.3.1.4-3).

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

A Tabela 8.3.1.4-1 apresenta os dados obtidos de deriva litorânea durante os monitoramentos de 2010, 2011 e 2013/2014.



Figura 8.3.1.4-3. Migração lateral da barra de desembocadura dos córregos próximos aos perfis Góes-01 (à esquerda), indicando deriva para W, e Góes-03 (à direita), indicando deriva para E, em janeiro de 2014 (CN).

Em 2010 o transporte resultante predominante foi E/W (50%), indicando que não houve direção resultante preferencial na maior parte do tempo, ou que houve igualdade de termos para E (25%) e para W (25%). Por outro lado, as campanhas

com resultante para W totalizaram 41,7%, e as para E apenas 8,3% (este último associado a um evento em CN-pósCF/R). Portanto, em todas as condições meteorológico-oceanográficas registradas, 66,7% das células resultaram em transportes para W e 33,3% das células transferiram sedimentos para E.

Em 2011 o transporte resultante predominante foi para W, com 72,7%, enquanto a ausência de resultante (E/W) foi de 27,3%, não ocorrendo resultantes para E. Portanto, nas condições meteorológico-oceanográficas registradas, 86,7% das células resultaram em transportes para W e 13,7% das células transferiram sedimentos para E.

Em 2013/2014 o transporte resultante predominante foi para W, com 69,2%, seguido de E (23,1%), e apenas 7,7% sem transporte resultante (E/W). Então, nas condições meteorológico-oceanográficas registradas, 71,7% das células resultaram em transportes para W e 28,3% das células transferiram sedimentos para E.

Tabela 8.3.1.4-1. Síntese do comportamento dos perfis em relação aos processos envolvidos na célula de deriva litorânea (E = Erosão, D = Deposição, T = Transporte; L = Leste, W = Oeste) no período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014.

PERFIS	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	Nº Ocorrências	Nº Ocorrências	Nº Ocorrências	Processo	Nº Ocorrências	Processo
	(CI)	(CN-pósCF/R)	(CN-pósCF/R)	(CF/R)	(CN)	(CI)	(CN)	(CI-pósCF/R)	(CN-pósCF/R)	(CN-pósCF/R)	(CI-pósCF/R)	(CN)	(CN)	(CN)	(CN)	(CN)	(CN-pósCF/R)	(CN)	(CN)	(CF/R)	(CN)	(CN)	(CN)	Erosão (E)	Transporte (T)	Deposição (D)	Dominante	Processo Dominante	Dominante (%)
GOES-01	D	E	D	D	E	E	D	D	D	D	E	D	D	D	E	D	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
RUMO RESULTANTE	W	L	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				W	13	56,5

PERFIS	jan/13	fev/13	mar/13	abr/13	mai/13	jun/13	jul/13	set/13	out/13	nov/13	dez/13	jan/14	fev/14	Nº Ocorrências	Nº Ocorrências	Nº Ocorrências	Processo	Nº Ocorrências	Processo
	(CN-pósCF/R)	(CN)	(CN/R-pósCF)	(CN-pósCF/R)	(CI-pósCF/R)	(CN)	(CI/R-pósCF)	(CI-pósR)	(CF)	(CI)	(CI-pósR)	(CN)	(CN)	Erosão (E)	Transporte (T)	Deposição (D)	Dominante	Processo Dominante	Dominante (%)
GOES-01	D	D	D	D	E	E	D	D	D	D	D	D	E	3	-	10	D	10	76,9
GOES-02	E	E	T	T	D	T	T	T	E	T	T	T	T	3	9	1	T	9	69,2
GOES-03	D	D	T	T	T	T	T	E	T	E	E	E	D	4	6	3	T	6	46,2
GOES-04	E	T	T	E	T	D	T	D	T	D	D	D	E	3	5	5	T/D	5	38,5
GOES-05	D	E	E	D	E	E	E	E	D	E	E	E	D	9	-	4	E	9	69,2
RUMO RESULTANTE	L/W	W	W	W	W	L	W	W	L	W	W	W	L				W	9	69,2

No cômputo geral, para os 3 períodos de monitoramento, ~61% dos eventos apresentaram transporte resultante para W, ~28% para E/W e ~11% para E. Portanto, nas condições meteorológico-oceanográficas registradas, ~75% das células resultaram em transportes para W e ~25% das células transferiram sedimentos para E.

Mesmo durante o período em que a rotação praial (transferência efetiva de sedimentos de oeste para leste da praia) esteve em seu pleno desenvolvimento, entre fevereiro de 2010 e maio de 2011, a direção de transporte predominante também foi para W (~72% das células foram para W, e 28% para E), obviamente em função das condições meteorológicas vigentes nos dias de monitoramento. Mas esses resultados, na realidade, já eram esperados, por três razões principais: a transferência de sedimentos para E característica da rotação praial ocorria sempre em pulsos determinados pela ocorrência de ressacas; durante aquele intervalo de tempo e também nos três anos de monitoramento, foram poucas as vezes em que houve coincidência entre a coleta e um evento de ressaca forte; o fato de que Góes-01 nunca perdeu o status de perfil mais largo da praia, e de que Góes-02, apesar de ter sido o perfil com maior redução de largura, acabou se mantendo ao longo do tempo, indicam que os transportes para W devem ter atuado durante a maior parte do tempo, embora seu efeito fosse menos potente em termos de carga sedimentar.

Em relação à determinação de padrões de correlação entre as condições meteoceanográficas e as resultantes de transporte, não é possível estabelecer muitas tendências, pela falta de consistência estatística para cada condição meteoceanográfica.

Finalmente, em termos de processos dominantes em cada perfil praial para os três anos de monitoramento, obteve-se:

- Góes-01: Deposição, com ~83% dos casos;
- Góes-02: Transporte, com ~67% dos casos;
- Góes-03: Transporte, com 50% dos casos;
- Góes-04: Transporte, com ~42% dos casos;

- Góes-05: Erosão, com 75% dos casos.

Comparando os processos observados em cada perfil isoladamente para os períodos de 2010-2011 e de 2013/2014, observa-se que Góes-01 e Góes-05 continuam apresentando as mesmas tendências, respectivamente de zona de sotamar (processo dominante D) e zona de barlamar (processo dominante E), porém com porcentagens que se elevaram um pouco para Góes-01, mas se mantiveram em Góes-05. No entanto, os demais perfis mudaram basicamente de tendência: em Góes-02 o processo dominante passou de E para T (o que deve ter contribuído para a manutenção do perfil); Góes-03 passou de D para T; e Góes-04 passou de T para T/D. Esses resultados são corroboráveis com as tendências verificadas para as larguras das praias em 2013/2014, entre elas: diminuição considerável da taxa de redução da largura praias em Góes-01 e Góes-02; proximidade de larguras em Góes-04 e Góes-03; relativa estabilização da largura de Góes-5.

Todos esses resultados sugerem que o desenvolvimento da rotação praias parece ter cessado no período 2013/2014. A tendência predominante de transporte para W sugere que os sedimentos acumulados no setor leste da praia durante 2010-2011 (Góes-05 e Góes-04) retornem lentamente para o setor oeste da praia.

8.3.1.5. Risco à erosão costeira

A Tabela 8.3.1.5-1 mostra uma síntese da classificação de risco à erosão costeira obtida para essa praia durante o período de janeiro de 2013 a fevereiro de 2014. O risco total da praia foi classificado como baixo e não se alterou desde 2011.

Tabela 8.3.1.5-1. Classificação de risco à erosão costeira (para legenda dos Indicadores de Erosão Costeira I a XI consultar a Tabela 8.2.2.4-1).

Perfil	INDICADORES DE EROSIÃO COSTEIRA											Risco Perfil	Nota (ponderada)	RISCO TOTAL (média ponderada)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI			
GÓES-01		X							X	X		BAIXO	2,0	BAIXO (2,8)
GÓES-02		X	X							X	X	MÉDIO	6,0	
GÓES-03		X										BAIXO	2,0	
GÓES-04		X										BAIXO	2,0	
GÓES-05		X						X	X			BAIXO	2,0	

O perfil Góes-02 é o mais erosivo da praia, e praticamente o único que é completamente inundado durante as ressacas (desde as de média intensidade), quando as águas alcançam as construções (vide Figura 8.3.1.2-3). Como comentado anteriormente, essa condição está associada à presença de um embaçamento (vide Figura 8.3.1.2-6) que se formou nessa área entre setembro-outubro de 2010, e permaneceu ali desde então, devido a um controle forçado pelas ondas durante o processo de rotação praial, e que resultou no estabelecimento de uma zona de divergência de células de deriva litorânea quase que permanente nesse local.

A erosão no Fortim, no extremo leste da praia, não se alterou desde fevereiro de 2010 (Figura 8.3.1.5-2). Isto sugere que a energia das ondas no canto E da praia não sofreu incremento desde então, caso contrário a erosão certamente teria aumentado, já que esse é o setor mais exposto às ondas que adentram a Baía de Santos e, por isso, sempre o de maior energia de ondas. Esse fato também corrobora a conclusão apresentada anteriormente de que o aparente aumento relativo na altura das ondas observada no setor leste da praia está, de fato, relacionada à mudança morfológica da praia e não propriamente à dinâmica de ondas pós-obras de dragagem.



Figura 8.3.1.5-2. Fortim da Praia do Góes (extremo leste da praia) durante o período de monitoramento: (a) 20/02/2010 (CN-pósCF/R); (b) 20 de dezembro de 2011 (CN); (c) 05 de janeiro de 2013 (CN-pósCF/R); (d) 16 de julho de 2013 (CI/R-pósCF); (e) 24 de novembro de 2013 (CI); (f) 05 de fevereiro de 2014 (CN).

8.3.1.6. Balanço sedimentar

A Figura 8.3.1.6-1 apresenta os conjuntos de curvas morfológicas dos perfis representativos de condições de: tempo bom (sem ressaca) - CN (fevereiro de 2010, 2011, 2013 e 2014), e de ressaca - CF (abril de 2010, agosto de 2011 e julho de 2013).

As condições de contorno para cada um desses meses são encontradas na Tabela 8.3.1.6-1. Algumas situações importantes devem ser destacadas porque refletiram nos volumes e no balanço sedimentar obtido, como se segue.

- a) As intensidades das ressacas foram diferentes: a de agosto de 2011 foi a mais intensa; a de abril de 2010, embora também de forte intensidade, foi pouco mais fraca do que a anterior; e a ressaca de julho de 2013 foi de fraca intensidade. Essas diferenças e o fato da amostragem de julho de 2013, ao contrário das anteriores, ter sido efetuada em fase de maré descendente e baixamar, contribuem para que os volumes desta campanha sejam maiores em relação às anteriores.
- b) A morfologia da praia era diferente até abril de 2010, quando a praia se encontrava em estado anterior ao pico da rotação praial (pequeno volume de sedimentos no setor leste), mas em 2011 o fenômeno já estava em sua fase de maior desenvolvimento. Essas diferenças também se refletirão nos volumes e no balanço dos perfis nas duas condições.
- c) Dentre os perfis em CN, o de fevereiro de 2010 foi realizado em condições de pós-R e, por isso, deve-se esperar um volume menor quando comparado aos demais meses de fevereiro. Mas a opção em usá-lo é porque essa data amarra o início do monitoramento dos 5 perfis dessa praia.
- d) Os perfis de fevereiro de 2014 podem ser considerados anormais em termos de largura praial, pois foram efetuados em fase de baixamar anormalmente baixa para maré de quadratura (talvez uma maré meteorológica negativa). Por isso é esperado que os volumes sejam bastante elevados em relação aos demais meses.

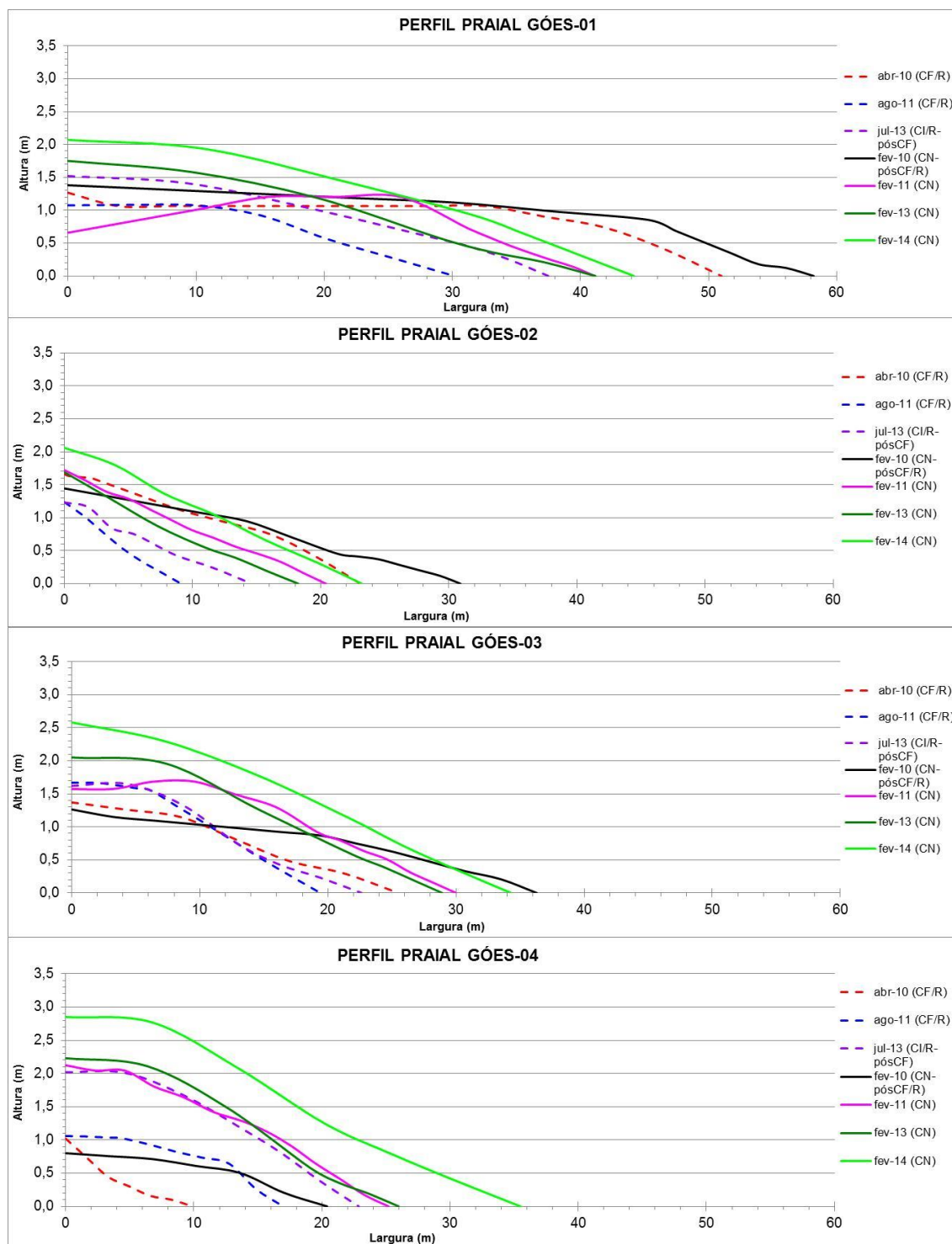


Figura 8.3.1.6-1. Representação morfológica dos perfis da Praia do Góes, para as condições de CN e CR.

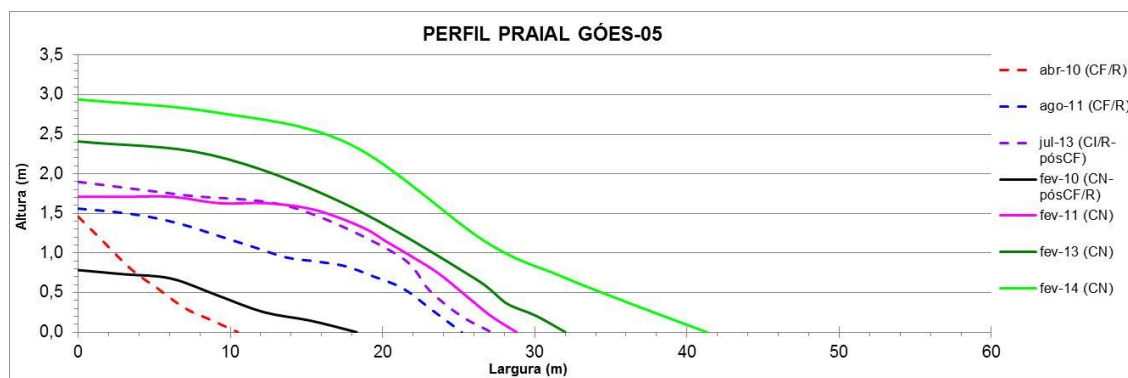


Figura 8.3.1.6-1. (continuação) Representação morfológica dos perfis da Praia do Góes, para as condições de CN e CR.

Tabela 8.3.1.6-1. Condições de contorno referentes aos meses selecionados em CN e CR.

Condição Morfodinâmica	Data	Condição Atmosférica (dia)	Altura de Ondas (m)	Ventos	Marés (hora-altura)	Condição Atmosférica antecedente (d = dias)
Perfil Construtivo (CN)	20/02/2010	CN-pósCF/R, Ensolarado a parcialm. nublado	0,1 a 0,3	Calmaria a brisa leve	11:41h-0,6m; 18:00h-1,1m	CN(4d) e CF(3d)
	23/02/2011	CN, Ensolarado a parcialm. nublado	0,2 a 0,4	Aragem a brisa leve	12:36h-0,5m; 17:34h-1,2m	CF(3d) e CN(4d)
	03/02/2013	CN, Nublado	0,2	Calmaria a aragem	10:53h-0,9m; 14:51h-0,5m	CF(2d), ZC(3d) e CN(2d)
	05/02/2014	CN, Ensolarado	0,05 a 0,10	Calmaria a brisa leve	11:54h-0,5m; 17:13h-1,1m	CN(7d)
Perfil Erosivo (CR)	08/04/2010	CF/R, Nublado e chuvoso	0,6 a 1,0	Calmaria a aragem	11:54h-1,2m; 17:08h-0,5m	CF(5d) e CN(2d)
	23/08/2011	CF/R, Nublado e chuvoso	0,8 a 1,5	Calmaria a brisa suave	12:00h-1,1m; 16:51h-0,6m	CF(5d) e CN(2d)
	16/07/2013	CI/R-pósCF, Nublado	0,2 a 1,0	Calmaria a aragem	9:28h-1,0m; 14:45h-0,6m	CN(6d) e CF(1d)

Os cálculos do balanço sedimentar foram feitos para cada uma dessas curvas e são apresentados nas Tabelas 8.3.1.6-2 e 8.3.1.6-3.

Tabela 8.3.1.6-2. Balanço sedimentar dos perfis da Praia do Góes, relativo à condição de perfil destrutivo (CR), nos meses de abril de 2010, agosto de 2011 e julho de 2013.

Perfil	Volumes dos Perfis (m ³)			Balanço Sedimentar (m ³ e %) - CF					
	abr-10 (CF/R)	ago-11 (CF/R)	jul-13 (CI/R-pósCF)	abr-10 a ago-11	%	ago-11 a jul-13	%	abr-10 a jul-13	%
Góes-01	39,88	22,45	35,25	-17,43	-43,71	12,80	57,02	-4,63	-11,61
Góes-02	22,03	5,22	8,70	-16,81	-76,29	3,48	66,52	-13,33	-60,51
Góes-03	19,92	20,22	21,33	0,30	1,50	1,11	5,50	1,41	7,08
Góes-04	3,71	12,88	30,90	9,17	247,12	18,02	139,94	27,19	732,86
Góes-05	6,74	25,09	36,56	18,35	272,18	11,47	45,71	29,82	442,29
TOTAIS	92,29	85,87	132,75	-6,42	-6,96	46,88	54,60	40,46	43,84

Tabela 8.3.1.6-3. Balanço sedimentar dos perfis da Praia do Góes, relativo à condição de perfil construtivo (CN), nos meses de fevereiro de 2010, 2011, 2013 e 2014.

Perfil	Volumes dos Perfis (m³)				Balanço Sedimentar (m³ e %) - CN							
	fev-10 (CN-pósCF/R)	fev-11 (CN)	fev-13 (CN)	fev-14 (CN)	fev-10 a fev-11	%	fev-11 a fev-13	%	fev-13 a fev-14	%	fev-10 a fev-14	%
Góes-01	57,38	33,82	40,83	57,48	-23,56	-41,06	7,01	20,74	16,65	40,77	0,11	0,18
Góes-02	24,53	17,04	13,54	24,33	-7,49	-30,52	-3,50	-20,55	10,79	79,68	-0,20	-0,81
Góes-03	28,17	33,35	34,76	49,74	5,18	18,41	1,41	4,22	14,98	43,11	21,58	76,60
Góes-04	10,99	32,26	33,21	55,67	21,27	193,61	0,96	2,96	22,46	67,64	44,69	406,79
Góes-05	8,07	37,21	48,55	72,13	29,14	360,95	11,34	30,47	23,58	48,57	64,06	793,54
TOTAIS	129,13	153,68	170,90	259,36	24,55	19,01	17,22	11,20	88,47	51,77	130,23	100,85

Nas condições mais erosivas da praia (CR) constata-se as seguintes tendências:

- Como dito, os volumes de julho de 2013 parecem estar superdimensionados.
- Em relação aos volumes totais obtidos para a praia em cada ano, verifica-se que os valores se mantiveram semelhantes entre 2010 (~92 m³) e 2011 (~86 m³), mas se elevaram bastante em 2013 (~133 m³).
- Em termos percentuais, isso significa balanço em equilíbrio entre 2010-2011 (-7%) e balanço positivo entre 2011-2013 (54,6%), contabilizando um balanço total positivo de ~44%. Mas como dito, este balanço foi superdimensionado por julho de 2013, podendo ser reajustado para a casa de 35%.
- Por outro lado, embora o balanço total final (2010-2014) seja positivo, observa-se um padrão de variações ao longo da praia, com balanço negativo no setor oeste, equilíbrio na porção central e balanço hiper positivo no setor leste (grande remobilização de sedimentos do fundo da Enseada).
- Analisando apenas os volumes dos perfis, percebe-se que no início da rotação praial (abril de 2010) havia grande diferença de estoque de sedimentos entre o setor oeste (~62 m³) e o setor leste (~10 m³) da praia. Em agosto de 2011 a distribuição já era mais igualitária, mas com estoque pouco maior a leste (~28 m³ no setor oeste, e 38 m³ a leste). Em julho de 2013, embora ambos tenham aumentado de volume, o setor leste já se

destacava (~44 m³ no setor oeste, e 67,5 m³ a leste). Além disso, em 2011 e em 2013 os dois extremos da praia apresentavam volumes semelhantes, mas pouco maiores em Góes-05. Góes-02 sofreu uma redução de volume muito grande em 2011, mas praticamente se manteve em 2013. Já Góes-04 teve enormes incrementos em 2011 e 2013.

- f) O setor central da praia (Góes-03) se manteve em equilíbrio relativo durante todo o período, com aumentos sutis de volume ao longo do tempo (até 1 m³; 1,5 a 7%). Essa característica é esperada para esse setor da praia, que é o ponto de inflexão da rotação praial (Souza, 2011).
- g) No setor E da praia (Góes-04 e Góes-05), como esperado e devido à rotação praial, o balanço sedimentar foi extremamente positivo em todos os períodos analisados. Entre abril/2010-agosto/2011 Góes-05 apresentou a maior taxa de aumento, de 272,2%, e Góes-04 atingiu cerca de 247%. Entre agosto/2011-julho/2013 as taxas foram muito próximas para ambos os perfis, porém drasticamente inferiores, sendo de 29,8% (Góes-05) e 27,2% (Góes-04). Isso demonstra que a rotação praial cessou entre agosto/2011 e julho/2013. No total, entre abril/2010-julho/2013, esses perfis apresentaram balanços hiper positivos, de ~442% em Góes-05, e ~733% em Góes-04.
- h) O setor oeste da praia (Góes-01 e Góes-02), como esperado e devido à rotação praial, apresentou balanço muito negativo no período de abril de 2010 a agosto de 2011, com taxa de quase 44% em Góes-01 e 76% em Góes-02. Porém, entre agosto de 2011 e julho de 2013 o balanço foi positivo, com taxas de 57% e 66,5% respectivamente, demonstrando que a rotação praial cessou. No total, os balanços foram negativos, com taxas de -11,6% em Góes-01 e -60,5% em Góes-02, sugerindo que este último perdeu bem mais areia do que o seu vizinho.
- i) Note-se bem que as taxas de balanços entre os extremos da praia não foram equivalentes, porque o maior volume de sedimentos que migrou de oeste para leste não foi do perfil emerso da praia, mas sim do perfil submerso, ou seja, sedimentos que estavam estocados no setor ocidental e mais abrigado da Enseada do Góes. Além disso, embora as taxas

percentuais de variação pareçam grandes, na realidade os valores reais de volumes dos perfis são muito pequenos, oscilando entre 3,71 m³ (Góes-04) e 39,88 m³ (Góes-01). Por isso, pequenas diferenças representam valores percentuais elevados.

Em relação aos meses de perfil construtivo (CN), constatam-se as seguintes tendências:

- a) Os volumes de fevereiro de 2014 estão superdimensionados devido as condições de maré meteorológica negativa.
- b) Em relação aos volumes totais obtidos para a praia em cada ano, verifica-se que os valores aumentaram progressivamente até 2013 (entre 17 e 24 m³), mas deram um salto em 2014 (como esperado), implicando num balanço final muito positivo.
- c) Em termos percentuais isso significa balanço levemente positivo entre 2010-2011 (19%), certo equilíbrio entre 2011-2013 (11%), balanço positivo entre 2013-2014 (~52%), e balanço total final bastante positivo de 101%. Mas se descontarmos 2014, o balanço 2010-2013 fica na casa de 30%.
- d) Analisando apenas os volumes dos perfis, percebe-se que antes da rotação praiial (fevereiro de 2010) havia grande diferença de estoque de sedimentos entre o setor oeste (~82 m³) e o setor leste (~19 m³) da praia. Em fevereiro de 2011 a distribuição já era mais igualitária, mas com estoque pouco maior a leste (~51 m³ no setor oeste, e 69,5 m³ a leste). Em fevereiro de 2013, embora ambos tenham aumentado de volume, o setor leste já se destacava (~54 m³ no setor oeste, e ~82 m³ a leste). O mesmo se deu em fevereiro de 2014 (~82 m³ no setor oeste, e ~128 m³ a leste).
- e) Góes-01 e Góes-02 sofreram grande redução de volume em 2011, se mantiveram em 2013, mas em 2014 voltaram aos patamares de 2010. Góes-02 sofreu as maiores reduções em volume em relação a fevereiro de 2010, com reduções paulatinas até 2013, mas no cômputo final se

manteve em relativo equilíbrio, devido ao volume superdimensionado de 2014 (valor igual ao de 2010).

- f) Já Góes-04 e Góes-05 tiveram enorme incremento em 2011, praticamente se mantiveram em 2013, e tornaram a apresentar grande incremento em 2014 (como esperado).
- g) No setor E da praia (Góes-04 e Góes-05), como esperado e devido à rotação praial, o balanço sedimentar foi extremamente positivo em todos os períodos analisados. Góes-05 apresentou a maior taxa de aumento, 361% entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011 (~793,5% entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2014), e Góes-04 atingiu cerca de 194% no mesmo período (~407% entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2014). Entre fevereiro de 2011 e fevereiro de 2013 e fevereiro de 2013 e fevereiro de 2014 as taxas foram próximas para ambos os perfis, porém drasticamente inferiores em relação ao período antecedente, o que demonstra que a rotação praial cessou após 2011.
- h) O setor oeste da praia (Góes-01 e Góes-02), como esperado e devido à rotação praial, apresentou balanço muito negativo no período de fevereiro de 2010 a fevereiro de 2011, com taxas de -41% em Góes-01 e -30,5% em Góes-02. Entre fevereiro de 2011 e fevereiro de 2013 o balanço foi positivo em Góes-01 (~21%), mas continuou negativo em Góes-02 (~ -21%). Por outro lado, entre fevereiro de 2013 e fevereiro de 2014 o balanço de ambos foi muito positivo, com ~41% em Góes-01 e ~80% em Góes-02. Esses resultados demonstram que a rotação praial cessou após 2011 e que ambos têm tendências positivas de balanço nessas condições.
- i) A julgar pelas observações tecidas sobre as condições de contorno desses meses, nas condições de perfil construtivo entre 2010 e 2014 o balanço sedimentar total para essa praia foi positivo. Apesar disso, foram notadas tendências bem marcadas e diferentes ao longo da praia, com balanço negativo no setor oeste, equilíbrio no setor central e balanço muito positivo no setor leste.

Portanto, os resultados obtidos para ambas as condições de tempo/morfodinâmica indicam balanço sedimentar positivo para a praia, mas com tendências diferentes entre os seus setores, com balanço negativo no setor oeste, equilíbrio no setor central e balanço muito positivo no setor leste. As diferenças entre os balanços totais encontrados para as duas condições são devidas ao superdimensionamento dos volumes de fevereiro de 2014. Porém, levando em consideração que o volume total de julho de 2013 também foi um pouco elevado, se descontarmos o volume de fevereiro de 2014, então os balanços totais para as duas condições ficam bastante próximos e na casa dos 30-35%.

As discrepâncias entre as taxas percentuais de balanço sedimentar para os dois setores opostos da praia são explicadas pelo maior aporte de sedimentos provenientes da porção submersa do perfil praiial no setor ocidental da Enseada, e não somente do perfil emerso da praia.

O perfil Góes-02 foi o mais afetado em termos de erosão. No embaiamento que ali se instalou no início do processo de rotação praiial, a atuação de uma zona de divergência de células de deriva litorânea quase que permanente, resultou na fuga de sedimentos tanto para leste, quanto para oeste, o que explica a boa manutenção relativa de Góes-01 durante todo o período de monitoramento, alimentado também pelo estoque de sedimentos no seu perfil submerso.

Os resultados também apontam que a maior evolução da rotação praiial se deu entre 2010 e meados de 2011, e que o fenômeno atualmente não está mais ativo ou está em estado de dormência.

8.3.2. Segmento Emissário-Ponta da Praia

8.3.2.1. Condições meteorológico-oceanográficas

No período entre julho de 2013 e fevereiro de 2014 (não foi realizada perfilagem no mês de agosto de 2013), os monitoramentos (2 dias de duração cada) foram realizados em diferentes condições meteorológico-oceanográficas.

No período de monitoramento ocorreram várias situações em que cada um dos dias de monitoramento a praia apresentou uma condição meteoceanográfica distinta (Tabela 8.3.2.1-1). Por isso, os dados e resultados obtidos para esta praia devem ser observados com cautela, em especial outubro e dezembro, quando houve atuação de ressacas apenas em metade do dias de monitoramento. Outro fato interessante foi a ocorrência de ressacas em condição de tempo bom, não observadas nos períodos anteriores.

Tabela 8.3.2.1-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos obtidos entre julho de 2013 e fevereiro de 2014 para o segmento Emissário-Ponta da Praia.

SEGMENTO PRAIAL EMISSÁRIO-PONTA DA PRAIA					
PERFILAGEM PRAIAL					CONDIÇÕES ANTECEDENTES À PERFILAGEM PRAIAL
Data da Perfilagem	Condição Meteorológica e Tempo Atm osférico no Campo	ONDAS NATURAIS			Sistemas Meteorológicos (continente-oceano)
		Altura média (m)	Período (seg)	Ortogonal (rumo)	
14/07/2013	CN Ensolarado	0,3 a 0,5	8,5 a 17,1	23°SW a S	7: Anticiclone; 8: Sistema de Baixa Pressão; 9: Anticiclone Pós-Frontal; 10 a 13: Anticiclone
15/07/2013	CN-CF Encoberto seco a nublado com chuva fina	0,3 a 0,4	5,3 a 12,9	42°-08°SW	8: Sistema de Baixa Pressão; 9: Anticiclone Pós-Frontal; 10 a 14: Anticiclone
28/09/2013	CNR Ensolarado a nublado e seco	0,4 a 1,5	8,0 a 11,8	40°-05° SW, S e 10°-05°SE	21 a 22: ASAS; 23 a 24: Sistema Frontal; 25 a 26: Anticiclone Pós-Frontal 27: Sistema de Alta Pressão
30/09/2013	Cl-pósR Nublado seco a nublado com chuva fina	0,15 a 0,5	7,0 a 11,8	80°-12°SW	23 a 24: Sistema Frontal; 25 a 26: Anticiclone Pós-Frontal 27 a 28: Sistema de Alta Pressão 29: Cl
27/10/2013	CN Ensolarado a encoberto e seco	0,3 a 0,5	7,7 a 12,1	30°SW a 05°SE	20 e 21: ASAS - ASAS 22: ASAS - SBP (SC) 23 a 24: ASAS - SBP (RS) 25: SBP - SBP (SP) 26: SAP - FF
28/10/2013	CNR Ensolarado a encoberto e seco	0,55 a 1,2	8,3 a 11,2	50°- 20°SW	21: ASAS - ASAS 22: ASAS - SBP (SC) 23 a 24: ASAS - SBP (RS) 25: SBP - SBP (SP) 26: SAP - FF 27: SAP - SBP
08/11/2013	CN Ensolarado	0,35 a 0,50	11,0 a 13,9	13°SW a 20°SE	01 e 02: ASAS - ASAS 03: ASAS - OF (RS) 04: FF - FF e CE (região Sul) 05 a 06: ZCAS - SBP (região Sul) 07: ZCAS - SAP (ASAS)
09/11/2013	CN Ensolarado a encoberto e seco	0,10 a 0,30	7,6 a 17,7	50°- 03°SW	02: ASAS - ASAS 03: ASAS - OF (RS) 04: FF - FF e CE (região Sul) 05 a 06: ZCAS - SBP (região Sul) 07: ZCAS - SAP (ASAS) 08: ASAS - ASAS
08/12/2013	CNR (pósCF) Ensolarado	0,9 a 1,40	5,4 a a 11,5	05°SW a 13°SE	01: SBP - FF (região SE) 02: SBP - FF/SAP (região SE) 03 a 05: ASAS - FF e CE (região Sul) 06: SBP/SAP - FF e CE (região Sul) 07: ASAS
09/12/2013	CN-pósR Ensolarado	0,20 a 0,50	7,6 a 13,4	32°- 07°SW	02: SBP - FF/SAP (região SE) 03 a 05: ASAS - FF e CE (região Sul) 06: SBP/SAP - FF e CE (região Sul) 07 e 08: ASAS - OF (região Sul)
23/01/2014	CN Ensolarado	0,2 a 0,3	8,3 a 10,5	15°SW a 12°SE	16: ASAS - SBP 17 a 19: SAP - SAP 20: SAP - SAP e CE (RS) 21: SAP - SBP (região Sul) 22: SAP - SAP
24/01/2014	CN Ensolarado	0,10 a 0,15	6,1 a 11,1	58°- 03°SW	17 a 19: SAP - SAP 20: SAP - SAP e CE (RS) 21: SAP - SBP (região Sul) 22 a 23: SAP - SAP
06/02/2014	CN Ensolarado	0,15 a 0,30	9,4 a 12,9	33°SW a 10°SE	30/1 a 05/02: ASAS - ASAS
07/02/2014	CN Ensolarado	0,10 a 0,15	7,3 a 10,8	55°-18°SW	31/1 a 06/02: ASAS - ASAS

CN: CONDIÇÃO NORMAL (tempo estável); CF: CONDIÇÃO FRONTAL (tempo instável-frente fria); Cl: CONDIÇÃO INTERMEDIÁRIA (entre normal e frontal); CpósF: CONDIÇÃO PÓSFRONTAL; SAP: Sistema de Alta Pressão; SBP: Sistema de Baixa Pressão; ASAS: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (massa de ar quente); Anticiclone Pós-Frontal (massa de ar frio e seco); SBP: Sistema de Baixa Pressão; FF: Frente Fria; OF: Onda Frontal; CE: Ciclone Extratropical; ZC: Zona de Convergência; MTA: Massa Tropical Atlântica; MAP: Massa de Ar Polar; MTC: Massa Tropical Continental.

Assim, nesse segmento praias a perfilagem praias foi realizada nas seguintes condições meteorológica-oceanográficas:

- a) Julho de 2013: condição normal (dia 14) e condição normal passando a frontal (dia 15);
- b) Setembro de 2013: condição normal com ressaca (dia 28) e condição intermediária pós-ressaca (dia 30);
- c) Outubro de 2013: condição normal (dia 27) e condição normal com ressaca (dia 28);
- d) Novembro de 2013: condição normal (dias 08 e 09);
- e) Dezembro de 2013: condição normal com ressaca, pós-condição frontal (dia 08) e condição normal pós-ressaca (dia 09);
- f) Janeiro de 2014: condição normal (dias 23 e 24);
- g) Fevereiro de 2014: condição normal (dias 06 e 07).

Portanto, foram realizadas 3 campanhas sob influência da atuação de eventos de ressaca de fraca e média intensidades (setembro, outubro e dezembro de 2013), 2 em condição pós-ressaca (setembro e dezembro de 2013) e 6 em situações sem ressacas (julho, setembro, outubro e novembro de 2012 e janeiro e fevereiro de 2014).

A Figura 8.3.2.1-1 mostra, como esperado, uma relação direta entre as ressacas (setembro, outubro e dezembro de 2013) e as maiores alturas de ondas.

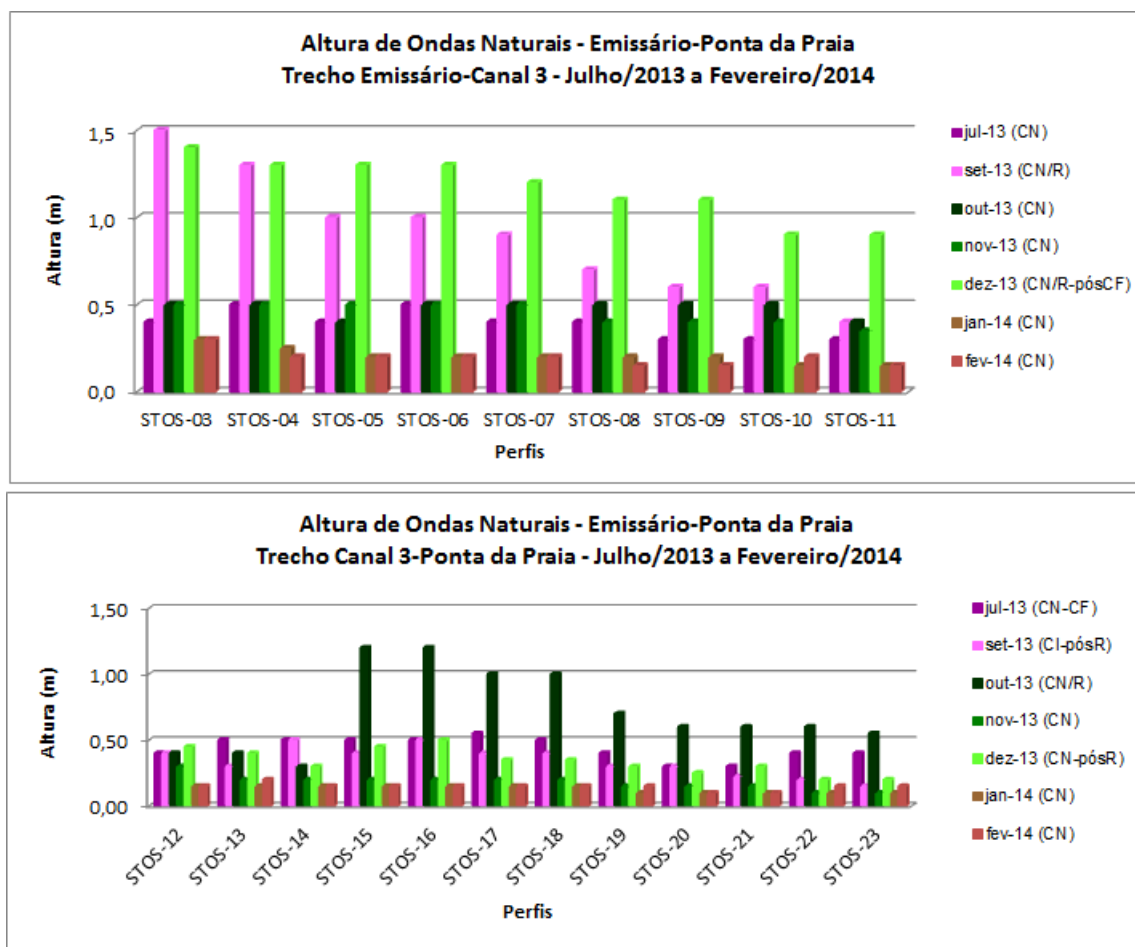


Figura 8.3.2.1-1. Variação espaço-temporal da altura de ondas máximas medidas entre julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Nota-se também uma tendência geral de diminuição das alturas de ondas do setor W (Stos-03) para o setor E (Stos-23) da praia, independente da condição meteoceanográfica. Isso ocorre por causa da fisiografia costeira desse segmento praiar, disposto aproximadamente na direção W-E ao fundo da Baía de Santos (vide Figura 8.2.1-1), que determina dois setores distintos em relação à energia de ondas: o setor oriental (Stos-16 até Stos-23/Ponta da Praia) mais abrigado devido à zona de sombra criada pela Ilha de Santo Amaro; e o setor ocidental (Stos-03 até Stos-15/Canal 4), mais aberto para a boca da Baía de Santos, sem ou com pouca influência da Ilha de Santo Amaro e da Ponta do Itaipu (Praia Grande).

As alturas máximas medidas foram de 1,5 m em Stos-03 (setembro de 2013), e as mínimas de 0,10 m em Stos-22 e Stos-23 (novembro de 2013), entre Stos-19 e Stos-23 (janeiro de 2014), e em Stos-20 e Stos-21 (fevereiro de 2014).

Durante as ressacas a altura máxima média foi de 1,5 m (Stos-03, setembro) e a mínima de 0,55 m (Stos-23, outubro).

Em condições de CN sem ressacas a altura máxima média foi de 0,50 m (vários perfis no trecho entre Stos-03 e Stos-10, entre julho, outubro e novembro) e a mínima de 0,10 m (Stos-23, fevereiro).

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

O conjunto total de dados coletados nos monitoramentos de 2010, 2011 e 2013/2014 é apresentado na Figura 8.3.2.1-2.

Como esperado, as alturas das ondas foram bem maiores durante as condições de ressaca ($CF/R \gg CI/R \geq CN/R$) e bem menores em condições de tempo bom (CN). Nas situações de pós-R, seja em CI ou CN, as alturas apresentaram valores intermediários.

O setor oeste da praia apresenta invariavelmente as maiores alturas de ondas, em especial Stos-03 (mais aberto para a boca da Baía de Santos), enquanto o setor leste, em especial Stos-23, as menores alturas (setor mais abrigado). As alturas diminuem paulatinamente de oeste para leste.

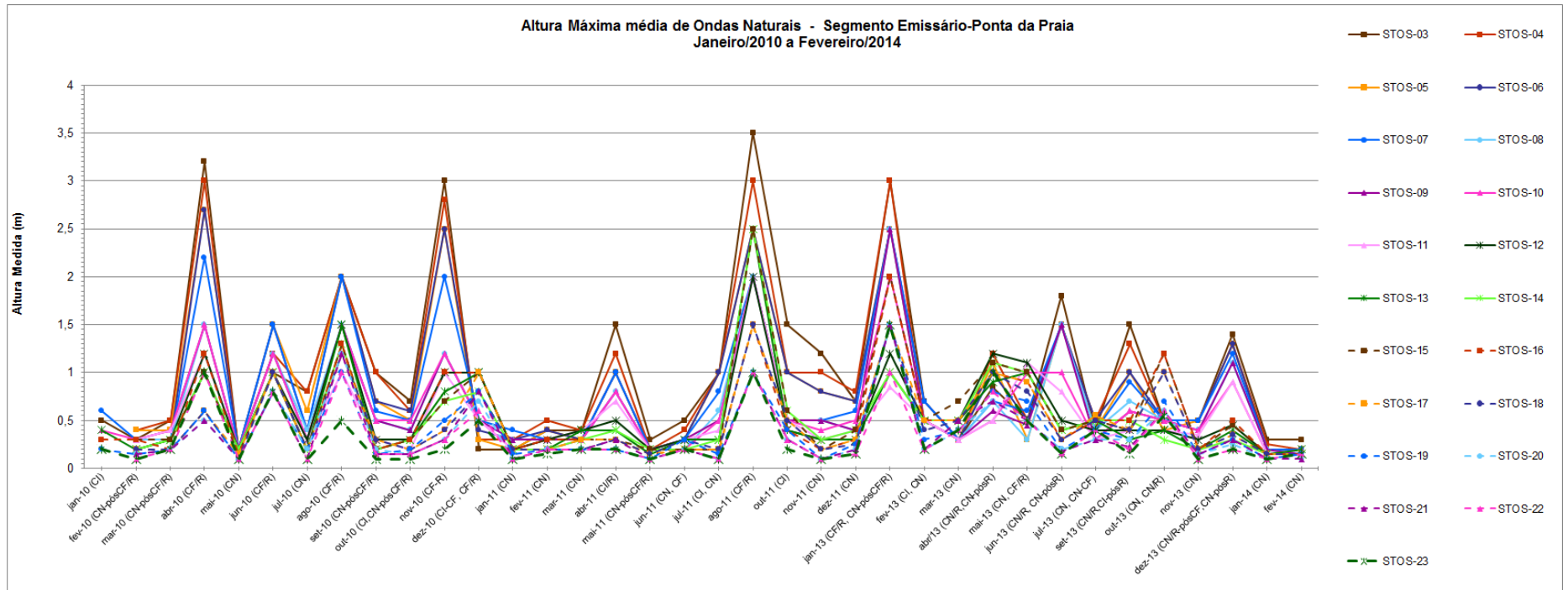


Figura 8.3.2.1-2. Variação têmporo-espacial da altura máxima média de ondas observadas durante os monitoramentos praias de 2010, 2011 e 2013/2014.

Em 2010, as alturas das ondas oscilaram entre 0,20 e 3,2 m, com média de 0,71 m (Tabela 8.3.2.1-2). Em condições sem ressaca (13 campanhas) de 0,10 m a 1,0 m; nas condições de ressaca (11 campanhas) a altura das ondas variou de 0,5 m a 3,2 m.

Em 2011, as alturas máximas das ondas variaram de 0,10 a 3,5 m, com média de 0,66 m (Tabela 8.3.2.1-2). Durante as condições sem ressaca (20 campanhas) as alturas variaram entre 0,10 m a 1,5 m, enquanto nas condições de ressaca (2 campanhas) as alturas variaram de 1,0 m a 3,5 m.

Em 2013/2014 as alturas máximas médias das ondas variaram entre 0,10 e 3,0 m, com média de 0,61 (Tabela 8.3.2.1-2). Durante as condições sem ressaca (20 campanhas) as alturas estiveram entre 0,10 m a 1,0 m (extremos leste e oeste da praia); já nas condições de ressaca (6 campanhas) as alturas variaram entre 1,0 m e 3,5 m (extremos leste e oeste da praia).

Tabela 8.3.2.1-2. Médias das alturas máximas médias das ondas medidas nos perfis do segmento Emissário-Ponta da Praia, durante os monitoramentos de 2010 (janeiro a dezembro), 2011 (janeiro a dezembro) e 2013 e 2014 (janeiro de 2013 a fevereiro de 2014).

PERFIS	MÉDIA DAS ALTURAS MÁXIMAS (m)		
	2010	2011	2013 e 2014
STOS-03	1,28	1,40	0,93
STOS-04	1,25	1,20	0,89
STOS-05	1,10	1,05	0,78
STOS-06	1,10	1,05	0,82
STOS-07	1,00	0,78	0,78
STOS-08	0,75	0,70	0,71
STOS-09	0,73	0,70	0,70
STOS-10	0,75	0,68	0,64
STOS-11	0,55	0,65	0,52
STOS-12	0,73	0,60	0,56
STOS-13	0,67	0,68	0,50
STOS-14	0,58	0,72	0,51
STOS-15	0,62	0,68	0,67
STOS-16	0,67	0,47	0,66
STOS-17	0,55	0,48	0,58
STOS-18	0,52	0,49	0,56
STOS-19	0,48	0,37	0,46
STOS-20	0,46	0,32	0,43
STOS-21	0,45	0,32	0,41
STOS-22	0,38	0,31	0,37
STOS-23	0,25	0,29	0,41
MÉDIA	0,71	0,66	0,61

A comparação desses dados evidencia que desde 2010 não ocorreram grandes variações nas alturas de ondas naturais em ambas as condições, tanto nos valores máximos, quanto nos mínimos. Entretanto, em relação às médias das alturas máximas obtidas para cada ano, verifica-se uma diminuição gradual ao longo do tempo, superior em 2010 (0,71 m), seguida de 2011 (0,66 m) e inferior em 2013/2014 (0,61 m).

Essa aparente contradição é respaldada pelos fatos descritos a seguir:

- a) Diferenças entre o número e a intensidade das ressacas que atuaram em cada ano do intervalo amostral: em 2010 foram 5 eventos, sendo 1 de muito forte (abril, novembro), 1 de forte (agosto), 1 de média (junho) e 1 de fraca (dezembro) intensidade, e 1 anomalia (ondas altas em CN-pósR, em setembro); em 2011 houve 2 eventos, 1 de muito forte (agosto) e 1 de

média (abril) intensidade, além de 3 anomalias (julho, outubro e novembro); 7 eventos em 2013, sendo 1 de muito forte (janeiro), 1 de forte (junho), 2 de média (setembro, dezembro) e 3 de fraca (abril, maio, outubro) intensidade, mas todos eles com apenas 1 dia de duração (correspondendo a metade das medidas da praia: 4 eventos medidos no trecho entre Stos-03 e Stos-11, 2 eventos medidos no trecho Stos-12 a Stos-23), além de 2 anomalias (maio e outubro).

- b) Além disso, o número de situações em CN/sem ressaca (excluindo-se também as situações de pós-ressaca) amostradas em campo foi bastante diferente; no ano de 2010 foram 04 dias em 24, em 2011 totalizaram 10 dias em 22 e em 2013/2014 foram 08 dias em 26.
- c) Mudanças reais na altura das ondas de alguns perfis em relação aos anos anteriores, de forma que em 2013/2014 ocorreram franca diminuição nos trechos de Stos-03 a Stos-06 e Stos-10 a Stos-14 e aumento muito significativo em Stos-23 (de 64% em relação a 2010 e 41% em relação a 2011). Os perfis do trecho Stos-16 a Stos-21 também sofreram considerável aumento da altura de ondas em relação a 2011, mas os valores se aproximaram dos obtidos em 2010.

Por causa da orientação W-E do arco praiial entre o Emissário (Stos-03), a oeste, e a Ponta da Praia (Stos-23), a leste, as ondas que adentram a Baía de Santos assumem direções diferentes de acordo com o setor: no setor oeste predominam as direções de SSE; no setor central as direções são de SSW; e no setor leste as direções são de S.

Como a cada perfil praiial corresponde uma medida de direção de onda, o total por campanha mensal é de 21 medidas mas, conforme assinalado anteriormente, a distribuição desses intervalos azimutais também pode variar em função das diferentes condições meteoceanográficas ocorridas durante as campanhas praiiais.

Então, em 2010 foram realizadas campanhas praiiais em cinco condições específicas: CF/R (condição frontal com ressaca), CI/R (condição intermediária com ressaca), CN/R (condição normal com ressaca), CN-pósR (condição normal

pós-ressaca) e CI (condição intermediária sem ressaca); em 2011 também foram cinco contextos distintos: CF/R, CN-pós-R, CF/R (condição frontal sem ressaca), CI e CN (condição normal sem ressaca); no período 2013/2014, também foram cinco contextos: CF/R, CN/R, CN-pósR, CI e CN.

Para a representação das direções de ondas foi feito um agrupamento estatístico das direções de ondas, com os seguintes intervalos de azimutes: ESE=102°-124°, SE=125°-147°, SSE=148°-170°, S=171°-192°, SSW=193°-215°, SW=216°-238° e WSW=239°-261°.

Outro agrupamento considerou a ocorrência ou não de ressacas: **com ressaca, pós-ressaca e sem ressaca**.

Assim, a Tabela 8.3.2.1-3 apresenta a síntese das classes de direção de ondas (744 medidas) obtidas nos anos de 2010, 2011 e 2013/2014 e agrupadas em função dessas situações.

Em 2010 foram tomadas 237 medidas de direção de ondas com a seguinte distribuição: SSW (40%), S (28,7%), SW (20,3%), SSE (6,8%) e WSW (4,2%).

Em 2011 para um total de 231 medidas, as direções preferenciais foram: S (32,5%), SSW (29,5%), SW (24,3%), SSE (11,5%) e WSW (2,2%).

No período 2013/2014, num total de 276 medidas, a distribuição foi S (37,3%), SSW (34,8%), SW (19,2%), ESE (6,5%), SE (1,1%) e WSW (1,1%).

Tabela 8.3.2.1-3. Síntese dos dados de direção da ortogonal de ondas medidas nos monitoramentos de 2010, 2011, 2013/2014.

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE DIREÇÃO DE ONDAS NATURAIS - EMISSÁRIO-PONTA DA PRAIA											
ANO	DIREÇÃO	RESSACA (T=247)			PÓS RESSACA (T=157)		SEM RESSACA (T=340)			TOTAL	%
		CF	CI	CN	CI	CN	CF	CI	CN		
2010 (T=237)	SSE	7		2		5		2		16	6,8
	S	27		10		20		11		68	28,7
	SSW	37		19		28		11		95	40
	SW	19		10		19				48	20,3
	WSW	6		1		2		1		10	4,2
2011 (T=231)	SSE		2			2		11	12	27	11,5
	S	8	8			8	1	10	40	75	32,5
	SSW	7	6			5	6	4	40	68	29,5
	SW	6	5			6	4	3	32	56	24,3
	WSW						1	2	2	5	2,2
2013/2014 (T=276)	SSE	4		5				1	9	19	6,9
	S	10		30	1	8		6	51	106	38,4
	SSW	4		5	5	27	4	2	49	96	34,8
	SW	3		6	5	14	4		21	53	19,2
	WSW				1	1				2	0,7
TOTAL		138	21	88	12	145	20	64	256	744	
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL POR CONDIÇÃO METEOROLÓGICA		SSW=34,8%; S=32,6%; SW=20,3%; SSE=8%; WSW=4,3%	S=38%; SSW=28,6%; SW=23,8%; SSE=9,6%	S=45,4%; SSW=27,3%; SW=18%; SSE=8%; WSW=1,3	SSW=42%; SW=42%; S=8%; WSW=8%	SSW=41%; SW=27%; S=25%; SSE=5%; WSW=2%	SSW=50%; SW=40%; S=5%; WSW=5%	S=42,1%; SSW=26,6%; SSE=21,9%; SW=4,7%; WSW=4,7%	S=35,5%; SSW=35%; SW=20,7%; SSE=8%; WSW=0,8%		
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL EM FUNÇÃO DA OCORRÊNCIA OU NÃO DE RESSACAS		S (93)=37,7%; SSW (78)=31,6%; SW (40)=9,8%; SSE (20)=8,1%; WSW (7)=2,8%;			SSW (65)=41,4%; SW (44)=28%; S (37)=23,6%; SSE (7)=4,5%; WSW (4)=2,5%		S (119)=35%; SSW (116)=34,2%; SW (64)=18,8%; SSE (37)=10,3%; WSW (5)=1,7%				

Portanto, nessa praia observam-se as seguintes tendências: as direções de ondas não mudaram com o tempo, sendo predominantes os azimutes de S e SSW; as distribuições percentuais com que elas ocorreram em todo o período amostral foram sempre bastante próximas, embora em 2010 a direção predominante tenha sido SSW, e em 2011 e 2013/2014 a S.

Em relação às condições meteorológico-oceanográficas específicas obteve-se a seguinte distribuição de predominância dos intervalos azimutais:

- a) frontal com ressaca - SSW (34,8%), S (32,6%), SW (20,3%);
- b) frontal sem ressaca - SSW (50%), SW (40%);
- c) intermediária com ressaca - S (38%), SSW (28,6%), SW (23,8%);
- d) intermediária pós-ressaca - SSW (42%), SW (42%);
- e) intermediária sem ressaca - S (42,1%), SSW (26,6%), SSE (21,9%);
- f) normal com ressaca - S (45,4%), SSW (27,3%), SW (18%);
- g) normal pós-ressaca - SSW (41%), SW (27%), S (25%);
- h) normal sem ressaca - S (35,5%), SSW (35%), SW (20,7%).

Na categoria de eventos **com ressaca** a distribuição dos intervalos azimutais foi de: S (37,7%), SSW (31,6%), SW (9,8%), SSE (8,1%), WSW (2,85%).

Para o grupo de eventos **pós-ressaca**, a distribuição dos intervalos foi de: SSW (41,4%), SW (28%), S (23,6%), SSE (4,5%) e WSW (2,5%).

Nos eventos **sem ressaca** a distribuição dos intervalos foi de: S (35%), SSW (34,2%), SW (18,8%), SSE (10,3%) e WSW (1,7%).

Portanto, durante os eventos de ressaca predominaram as direções de ondas S, SSW; durante as situações de pós-ressaca o domínio foi de SSW, SW e S; já nas condições sem ressaca, predominaram S, SSW e SW. Isso significa que a Baía de Santos tem uma grande capacidade de reduzir os impactos das ondas de tempestade graças aos efeitos da refração de fundo, mas também que essa praia está, em geral, em equilíbrio morfodinâmico.

Entretanto, considerando apenas o perfil Stos-23, que apresentou grande aumento na altura de ondas e é uma área muito crítica em termos de erosão, observa-se em 2013/2014 uma mudança significativa na direção das ondas, com a redução das porcentagens de SW e aparecimento do azimute de WSW (16,7%) (Tabela 8.3.2.1-4). Devido à orientação NW-SE da linha de costa nesse perfil, essa nova direção de ondas gera correntes de deriva litorânea para E (rumo ao canal estuarino) e de maior velocidade e, portanto, aumenta a fuga de areias dessa praia. As ondas de S e de SSW geram correntes para W (rumo ao Canal 6), e as ondas de SW não geram correntes, pois são aproximadamente perpendiculares à linha de costa.

Tabela 8.3.2.1-4. Distribuição percentual da direção da ortogonal de ondas medidas no perfil Stos-23 nos anos de 2010, 2011 e 2013/2014.

ANO	DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DIREÇÃO DA ORTOGONAL DE ONDAS MEDIDAS EM STOS-23			
	SW	SSW	S	WSW
2010 (12 medidas)	83,40%	8,30%	8,30%	-
2011 (11 medidas)	91%	9%	-	-
2013/2014 (12 medidas)	66,70%	8,30%	8,30%	16,70%

Todos esses resultados mostram que as obras de dragagem não produziram impactos a ponto de alterar o comportamento geral das ondas (altura e direção) nesse arco praiado ao longo do tempo.

Entretanto, na área mais próxima ao Canal do Porto, a Ponta da Praia (perfil Stos-23), percebe-se uma alteração significativa no comportamento das ondas em 2013/2014, que contribuem para o aumento da erosão nessa área, a saber: grande aumento nas alturas (de 64% maior em relação a 2010 e 41% maior em relação a 2011) e, portanto, aumento de sua energia; inclusão de nova direção de ondas que geram correntes de deriva litorânea de maior velocidade; atuação de um trem de ondas secundário originado pela reflexão de ondas no anteparo de pedras em situações de ressaca (Figura 8.3.2.1-3), que potencializam o poder erosivo na praia (obviamente, quanto mais forte for a ressaca, mais ampla será a propagação desses trens de ondas, que aprisionam energia na costa).

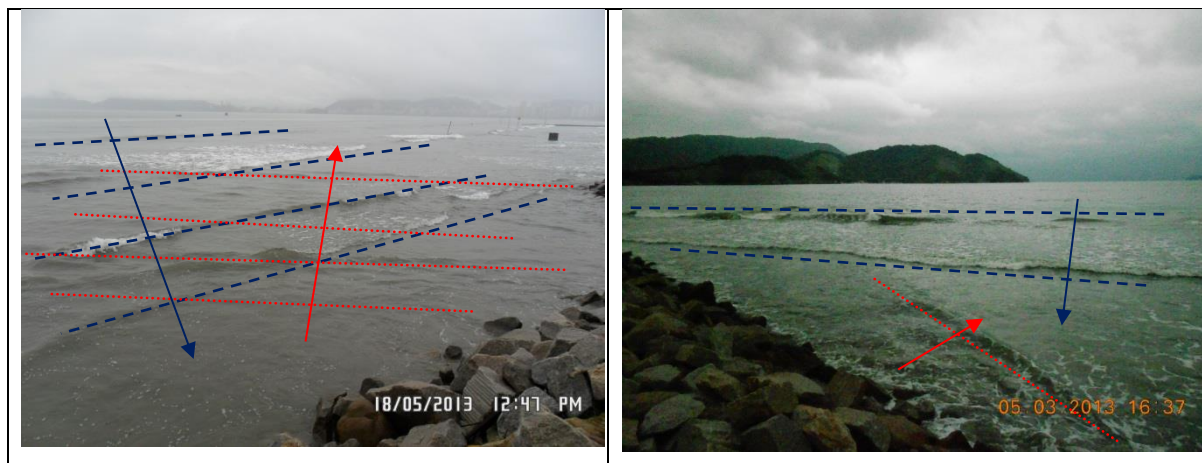


Figura 8.3.2.1-3. Reflexão de ondas no anteparo de pedras durante eventos de ressaca no perfil Stos-23, em 2013. Em azul os trens de ondas incidentes e em vermelho os trens de ondas gerados pela reflexão no anteparo. As setas indicam os sentidos de propagação (ortogonal) dos trens de ondas correspondentes.

8.3.2.2. Morfometria praial

De maneira geral, os perfis deste segmento praial apresentaram baixa variabilidade temporal de largura praial (Figura 8.3.2.2-1).

As curvas se mostram sintônicas na maior parte do tempo, estando as maiores variações associadas principalmente às mudanças nas condições meteorológico-oceanográficas. Esse condicionamento é evidenciado por padrões gerais de larguras menores durante a atuação de ressacas (como esperado), a exemplo dos meses de setembro, outubro e dezembro de 2013 em partes da praia, e larguras maiores associadas às condições de tempo bom sem ressaca, como em novembro de 2013 e janeiro e fevereiro de 2014.

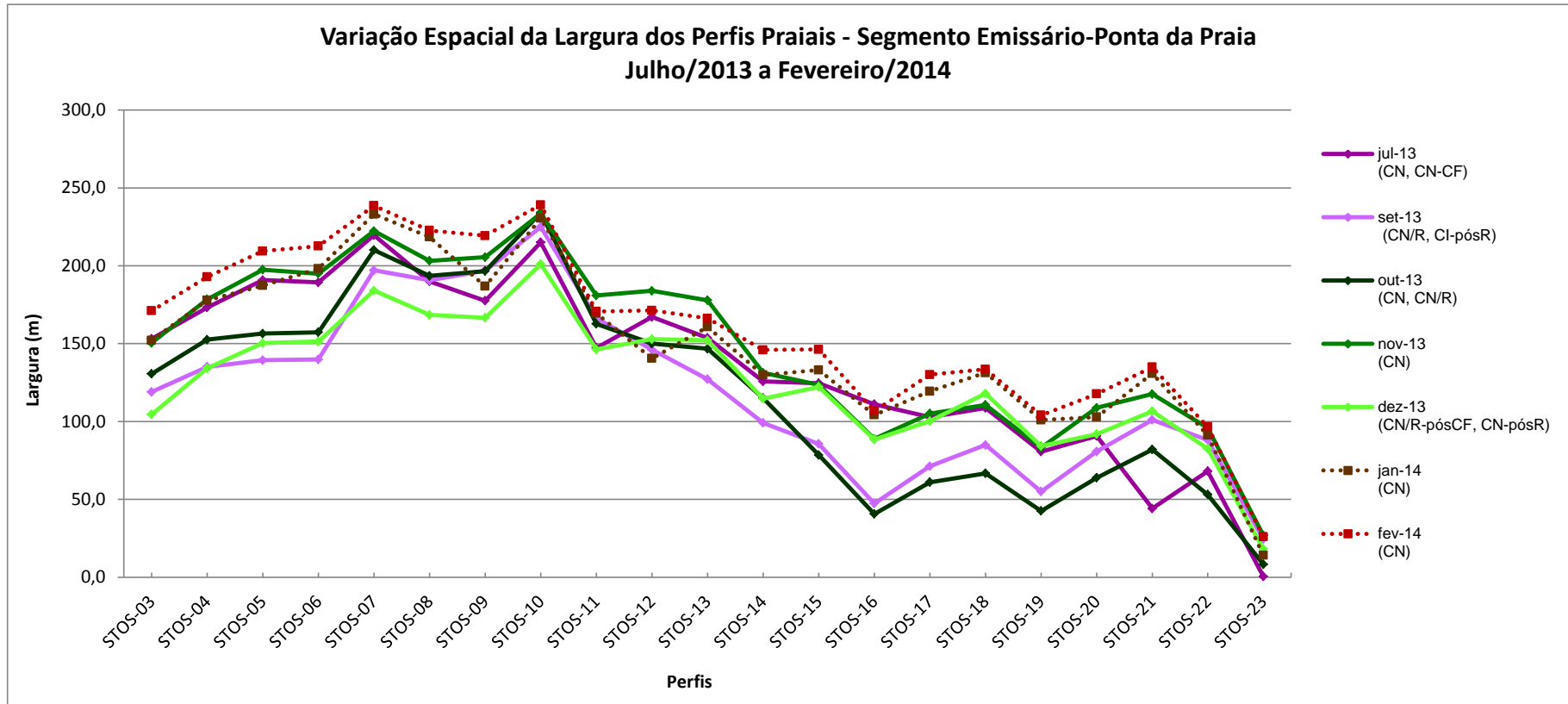


Figura 8.3.2.2-1. Variação espaço-temporal da largura praial total no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

O trecho entre os perfis Stos-06 a Stos-10 foi sempre o mais largo da praia, o setor entre os perfis 16 e 23 o mais estreito, e os trechos entre os perfis Stos-03 a Stos-05 e Stos-11 a Stos-15 os de largura intermediária.

Dentre todos os perfis, Stos-10 mostrou-se via-de-regra o mais largo (239,1 a 201,1 m, com média de 225,5 m), exceto em julho de 2013 e janeiro de 2014, quando foi superado por Stos-07 (219,6 m – largura máxima de todo o período; média de 215,0 m).

Stos-23 (26,9 a 0,5 m; média de 16,9 m) foi destacadamente o perfil mais estreito durante o período de monitoramento, seguido de Stos-19 (104,1 a 42,6 m; média de 78,7 m), Stos-22 (96,6 a 53,1 m; média de 82,2 m) e Stos-20 (117,7 a 63,9 m; média de 93,8 m).

Em relação à declividade média da praia, em geral, os perfis deste segmento praial também apresentaram baixa variabilidade espaço-temporal (Figura 8.3.2.2-2). As curvas se mostram aproximadamente sintônicas na maior parte do tempo, estando as maiores variações condicionadas a mudanças nas condições meteoceanográficas. Este condicionamento é evidenciado por padrões como: declividades menores associadas a condições de tempo bom sem ressaca (novembro, janeiro e fevereiro), e declividades mais elevadas ocorrendo durante a atuação de ressacas e frentes frias durante alguns dias do período do monitoramento (julho, setembro, outubro e dezembro).

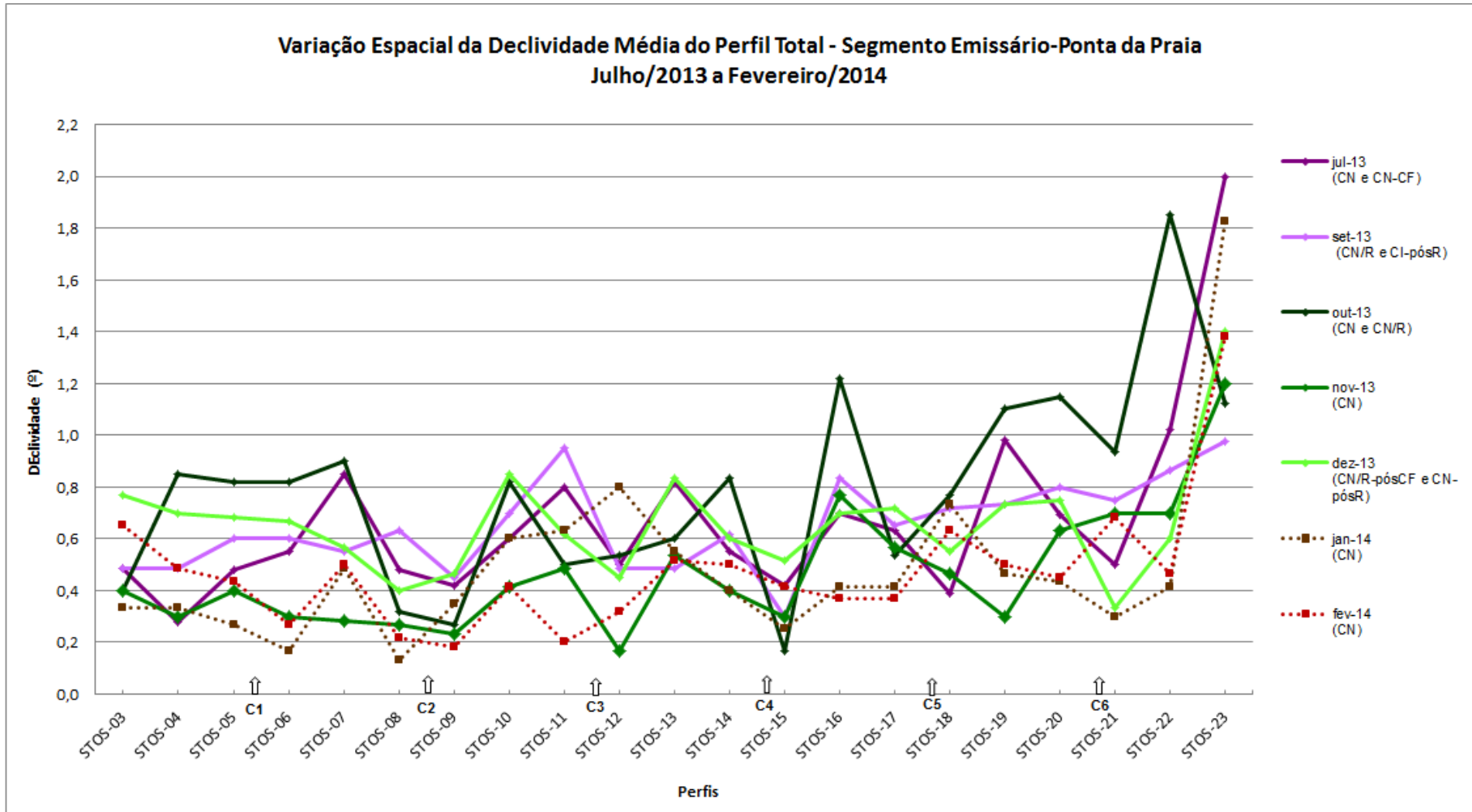


Figura 8.3.2.2-2. Variação espaço-temporal da declividade média total no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

As declividades médias exibiram valores sempre muito baixos, com a média de 0,6°.

Os maiores valores de declividade são observados em Stos-23, sob qualquer condição de tempo, em decorrência da erosão extrema. Os menores valores correspondem sempre ao trecho entre os perfis Stos-06 e Stos-10, que são os mais deposicionais. Esses resultados, quando comparados à largura da praia, corroboram as tendências esperadas.

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

A variação temporal de largura no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 é exibida na Figura 8.3.2.2-3.

Durante os anos de 2010 e 2011, Stos-10 foi o perfil via de regra mais largo (252,3 a 159,6 m; média de 213,4 m), sendo ultrapassado apenas por Stos-07 em raras ocasiões. Stos-07 (média de 182,0 m) e Stos-09 (média de 171,3 m) foram os mais largos depois de Stos-10, padrão que se repetiu nos monitoramentos de 2013/2014.

Stos-23, por outro lado, sempre se comportou como o mais estreito da praia (de 0,0 a 74,97 m; média de 33,35 m).

O perfil Stos-23, aliás, está em processo de desaparecimento. Em 2013/2014 ele apresentou pós-praia apenas nos meses de novembro de 2013 e fevereiro de 2014 e a menor média de largura desde 2010: 36,7 m em 2010, 42,1 m em 2011 e 19,1 m em 2013/2014.

A Figura 8.3.2.2-4 mostra a evolução do perfil Stos-23 nos meses em que o perfil atingiu sua maior largura entre o início (2010) e o final dos monitoramentos (2014), o que se deu em situações de tempo bom/sem ressaca.

Os perfis Stos-16 (39,30 a 154,8 m; média de 79,58 m), Stos-19 (41,40 a 144,39 m; média de 84,30 m) e Stos-22 (39,75 a 138,90 m; média de 85,19 m) se apresentaram como os mais estreitos depois de Stos-23.

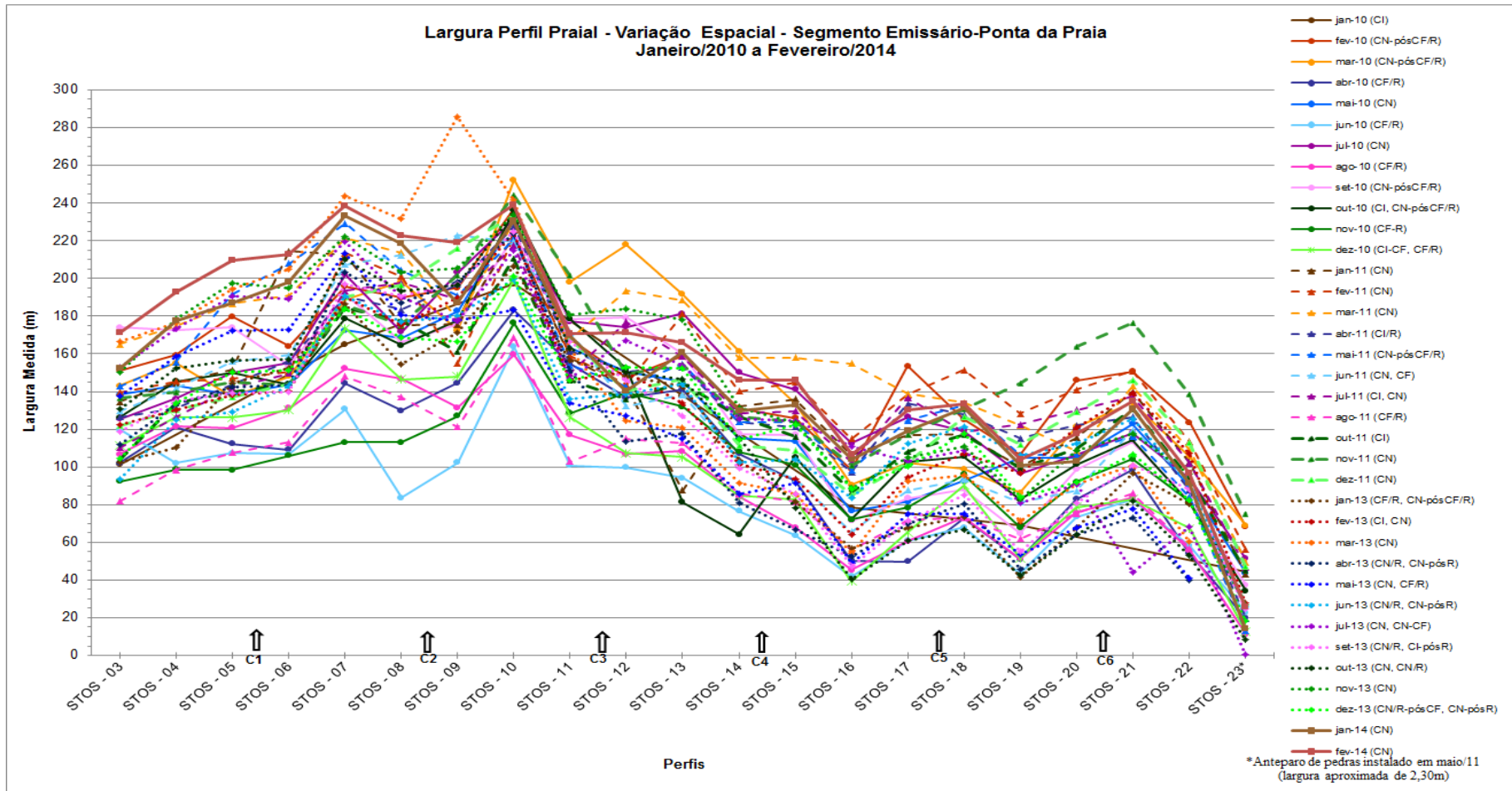


Figura 8.3.2.2-3. Variação espaço-temporal da largura praiar no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014.



Figura 8.3.2.2-4. Evolução temporal da largura do perfil Stos-23 em situações de maiores larguras observadas (CN sem ressaca) nos anos de monitoramento: março de 2010 (69,0m de largura), novembro de 2011 (~75m), fevereiro de 2013 (27,7m) e fevereiro de 2014 (26,0m). Notar que em 2011 o anteparo de pedras já havia sido prolongado sobre o perfil e que houve colocação de areia sobre o mesmo (aterramento artificial). Em 2014 observa-se a implantação de um espigão de pedra à frente do poste de iluminação, junto à rampa de acesso à praia.

Comparando as curvas obtidas com as médias anuais das larguras dos perfis (Figura 8.3.2.2-5), conclui-se que:

- a) Em 2013/2014 observam-se tendências diferentes entre dois setores da praia – de Stos-04 a Stos-09 houve aumento generalizado das larguras médias, maior em relação a 2010 e menor em comparação com 2011; por outro lado, entre Stos-14 e Stos-23 constata-se diminuição generalizada de larguras médias, maior em relação a 2011 e pequena ou nenhuma em relação a 2010. As causas para essa tendência geral podem estar principalmente nas diferenças ocorridas em termos de situações meteorológica-oceanográficas (relação entre o número de eventos com ressaca e sem ressaca que atuaram nesses setores nos dias de

monitoramento), como já destacado nas discussões sobre as variações na altura das ondas.

- b) Entretanto, os perfis Stos-03, Stos-10, Stos-11, Stos-12 e Stos-13 pouco se alteraram com o tempo, apresentando valores muito próximos ou iguais nos três anos, o que sugere que nesses trechos da praia os processos sedimentares variaram pouco e estão em equilíbrio.

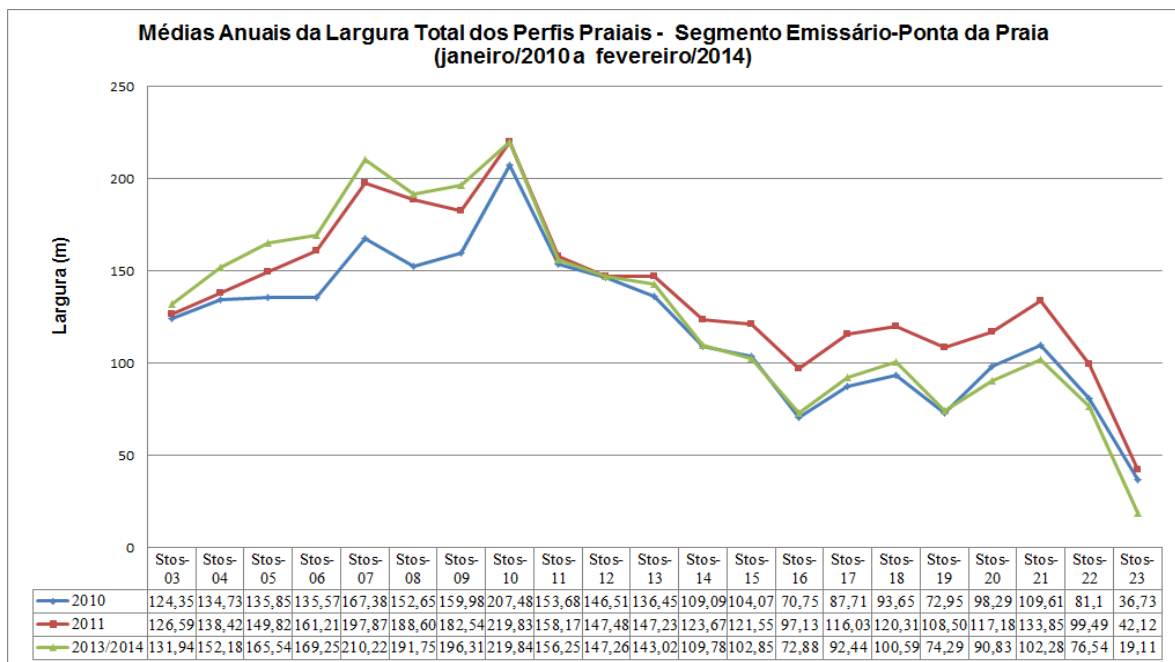


Figura 8.3.2.2-5. Evolução temporal das larguras médias da praia no segmento Emissário-Ponta da Praia, entre janeiro de 2010 e fevereiro de 2014.

Para representar as variações das declividades dessa praia, a Figura 8.3.2.2-6 mostra a variabilidade das declividades médias obtidas nos monitoramentos de 2010, 2011 e 2013/2014, mas com a aplicação de um filtro para duas condições específicas e opostas: condições de ressacas (CR) e em condições de tempo bom (CN) sem ressaca.

As variações da média das declividades dessa praia foram de $0,79^\circ$, $0,75^\circ$ e $0,60^\circ$, respectivamente para 2010, 2011 e 2013/2014. Portanto, a declividade média da praia diminuiu consideravelmente em 2013/2014.

Os gráficos mostram que de maneira geral, as declividades médias aumentam de oeste para leste da praia, o que é esperado, já que historicamente o primeiro é mais construtivo e o segundo mais erosivo.

Em CR, nos 3 anos e como esperado, as curvas do estirâncio apresentam valores ligeiramente maiores, ou acompanham de perto os valores da pós-praia. Em CN/sem ressaca não se observam tendências gerais, havendo alternâncias entre as curvas, dependentes de cada perfil.

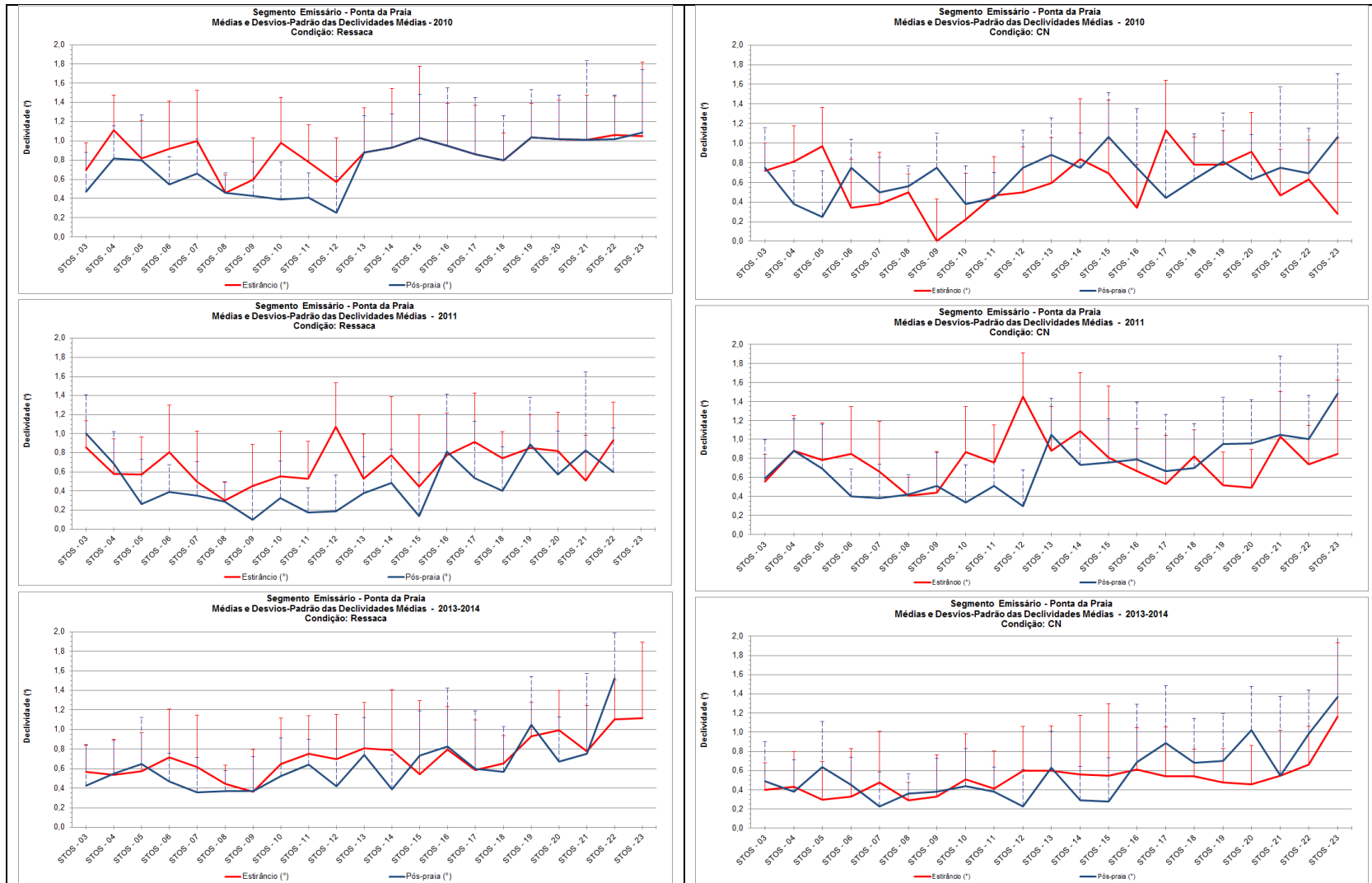


Figura 8.3.2.2-6. Variação da declividade média na pós-praia e no estrâncio do segmento Emissário-Ponta da Praia, em CR e em CN/sem ressacas para os anos de 2010, 2011 e 2013/2014.

É notório que em 2013/2014 as amplitudes entre as curvas são menores, indicando que a praia se tornou mais suave e mais plana. Da mesma forma, em relação às médias da pós-praia e do estirâncio de todo o arco praiial, para as situações específicas de CR e CN/sem ressaca verifica-se que elas sofreram redução generalizada em 2013/2014, para ambas as condições (Tabela 8.3.2.2-2). Essas tendências são esperadas, dadas as diferenças em termos de situações meteorológicas-oceanográficas vigentes nos anos anteriores (mais ressacas) e em 2013/2014 (mais situações sem ressaca).

Tabela 8.3.2.2-1. Variação temporal da média total das declividades médias da pós-praia e do estirâncio de todo o segmento Emissário-Ponta da Praia, nas condições de CR e CN/sem ressaca.

CONDIÇÃO	PÓS-PRAIA (°)			ESTIRÂNCIO (°)		
	2010	2011	2013/2014	2010	2011	2013/2014
CN	0,66	0,72	0,57	0,59	0,77	0,51
CR	0,76	0,47	0,63	0,88	0,68	0,72

Observando apenas o perfil Stos-23, verifica-se que ele apresentou a maior variabilidade de declividade média, tanto em CR quanto em CN, passando a permanecer com valores elevados em ambas as condições (Tabela 8.3.2.2-2). Em 2013/2014 verifica-se: franca redução da média da pós-praia mas aumento considerável da média do estirâncio em CN; e forte redução da média do estirâncio em CR. A ausência de pós-praia em condições de CR em 2013/2014 não permite comparações nessa situação, mas indica ligeira diminuição entre 2010 e 2011. Esses dados são compatíveis com o aumento progressivo da erosão nesse perfil, indicando que o desequilíbrio morfológico da praia, bastante sensível entre pós-praia e estirâncio em CN, tem aumentado desde 2010.

Tabela 8.3.2.2-2. Variação temporal da médias das declividades médias da pós-praia e do estirâncio do perfil Stos-23, em CR e CN/sem ressaca.

CONDIÇÃO	PÓS-PRAIA (°)			ESTIRÂNCIO (°)		
	2010	2011	2013/2014	2010	2011	2013/2014
CN	1,06	1,48	0,82	0,28	0,85	0,93
CR	1,67	1,38	-	1,05	1,19	0,56

Todos os resultados dos parâmetros morfométricos deste segmento praial sugerem que as variações observadas podem ser explicadas em função das diferenças na ocorrência dos eventos meteoceanográficos entre os períodos anteriores e 2013/2014, com maior número de eventos com ressaca de forte a muito forte intensidade e de maior duração em 2010 e 2011, e maior número de situações sem ressaca e ressacas fracas com apenas 1 dia de duração em 2013/2014.

Como consequência disso, pode-se dizer que, de maneira geral, em 2013/2014 o perfil dessa praia se tornou pouco mais largo, mais homogêneo e mais plano (menor declividade).

A exceção parece ser o perfil Stos-23, que está em total desequilíbrio morfodinâmico devido à erosão acelerada em aumento progressivo desde 2010. Em 2013/2014 esse perfil se tornou bem mais estreito e mais íngreme.

8.3.2.3. Granulometria dos sedimentos do estirâncio

As Figuras 8.3.2.3-1 e 8.3.2.3-2 mostram a variação do diâmetro médio e do grau de seleção desse segmento praial no período amostral.

Em todas as campanhas ocorreram somente areias muito finas e muito bem selecionadas em toda a praia. Apenas no mês de fevereiro, Stos-19 se mostrou bem selecionada e Stos-22 moderadamente selecionada.

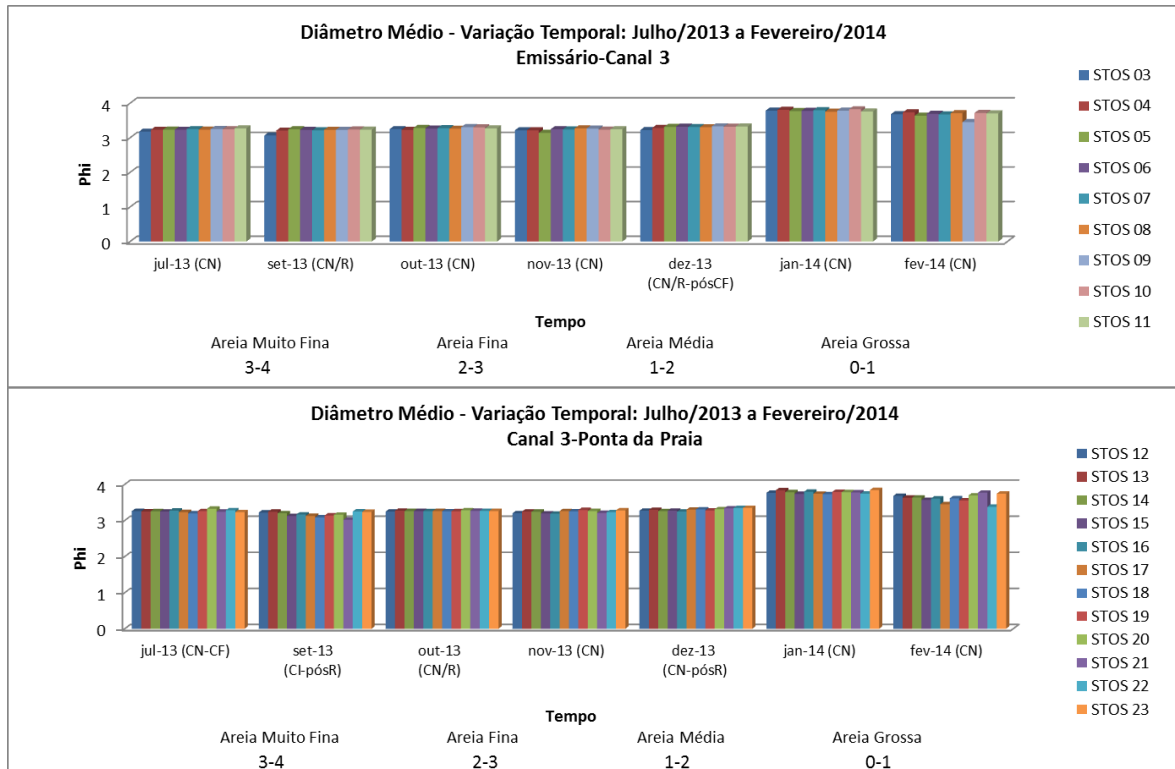


Figura 8.3.2.3-1. Variação temporal do diâmetro médio dos sedimentos do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Em relação à curtose (Figura 8.3.2.3-3), em julho, os valores da curtose não apresentaram variações, sendo os sedimentos classificados como leptocúrticos. Já em setembro, ocorreram variações e os valores variaram de platicúrticos, mesocúrticos a leptocúrticos e apenas Stos-21 aparece como muito leptocúrtico. Em outubro, novembro, dezembro e fevereiro os sedimentos de toda a praia estiveram sempre no limiar dos valores mesocúrticos e leptocúrticos, e apenas Stos-22 aparece como muito leptocúrtico em fevereiro. Em janeiro todos os sedimentos eram leptocúrticos em toda praia.

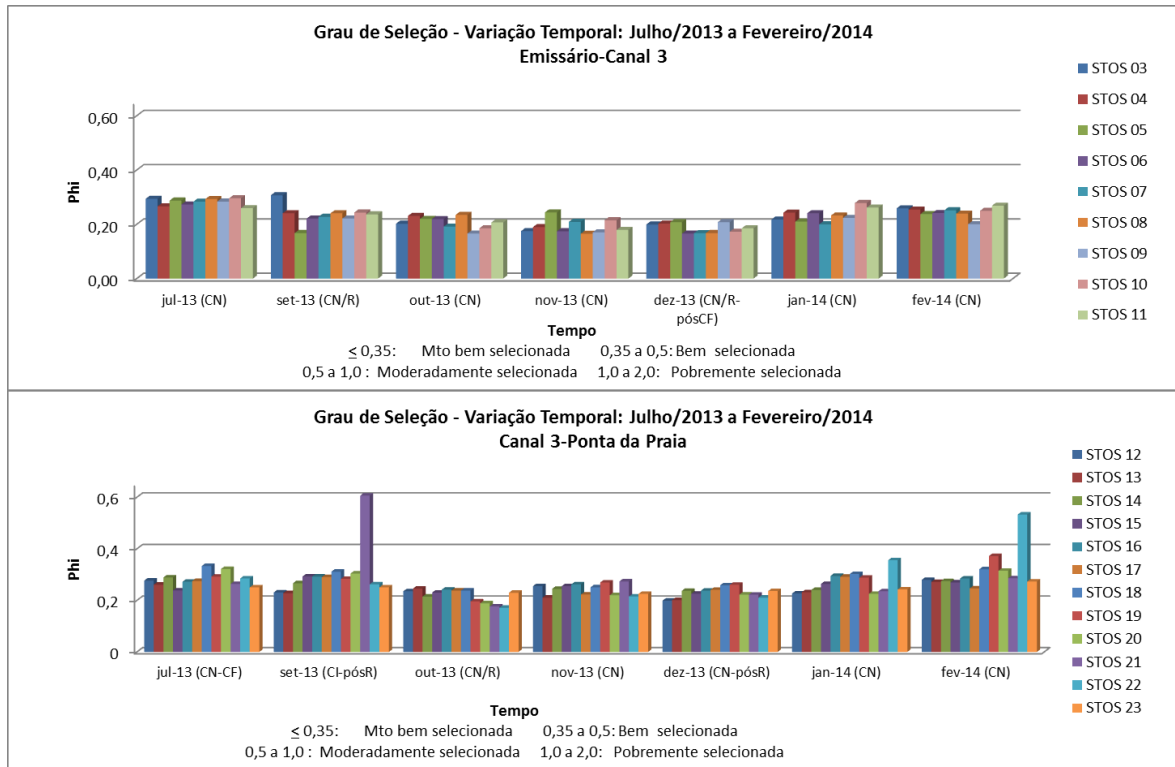


Figura 8.3.2.3-2. Variação temporal do grau de seleção dos sedimentos do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

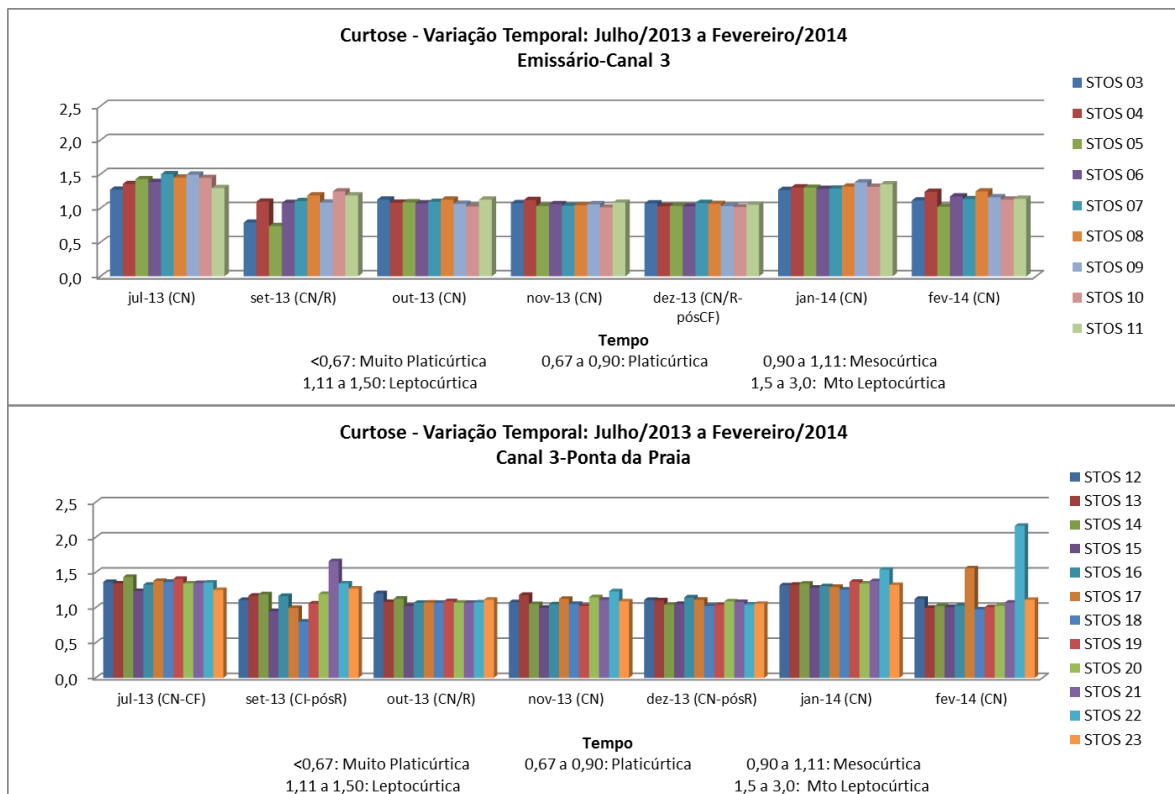


Figura 8.3.2.3-3. Variação temporal da curtose dos sedimentos do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Em relação ao grau de assimetria (Figura 8.3.2.3-4), apesar do predomínio de sedimentos classificados como simétricos, ocorreram pequenas variações ao longo do tempo e da praia. Em julho, predominaram os valores simétricos, e apenas o perfil Stos-03 mostrou assimetria negativa. Em setembro, toda a praia apresentou tendências de assimetrias negativas a muito negativas. No mês de outubro, novembro e dezembro os sedimentos apresentaram-se simétricos em toda a praia. Já em janeiro, a maioria se apresentou simétrico, mas ocorrendo assimetrias positivas nos perfis Stos-04, Stos-07, Stos-10, Stos-13 e Stos-23. No mês de fevereiro o predomínio foi de valores simétricos no setor oeste, e positivos e muito positivos no restante da praia.

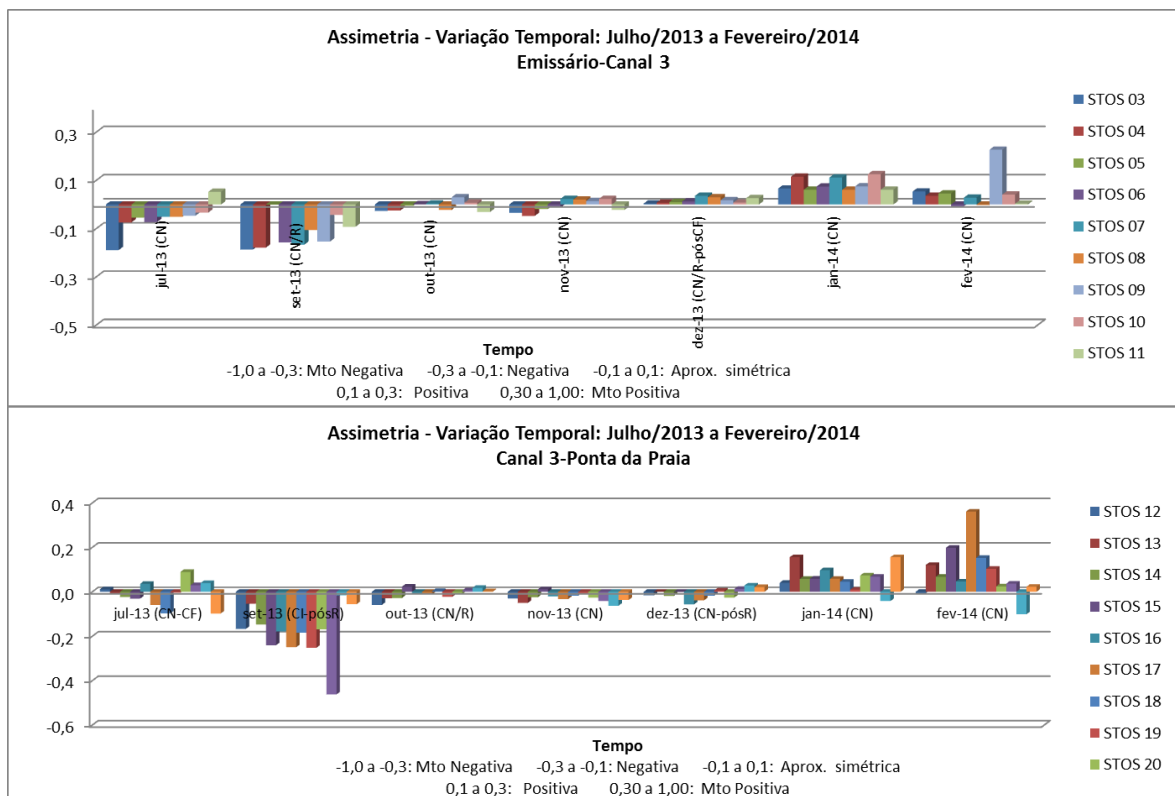


Figura 8.3.2.3-4. Variação temporal da assimetria dos sedimentos do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

Os gráficos das médias e desvios-padrão dos 4 parâmetros texturais obtidos para cada perfil praiar em 2010, 2011 e 2013/2014 são exibidos na (Figura 8.3.2.3-5).

Os gráficos mostram que em todo o período de monitoramento as areias foram sempre muito finas, muito bem a bem selecionadas, e predominando os termos mesocúrticos a leptocúrticos e simétricos a negativos.

O diâmetro médio e o grau de seleção foram sempre os parâmetros menos variáveis, com desvios-padrão muito baixos. A assimetria foi a mais variável nos três anos. A curtose também variou bastante em 2010, mas muito pouco em 2011 e 2013/2014.

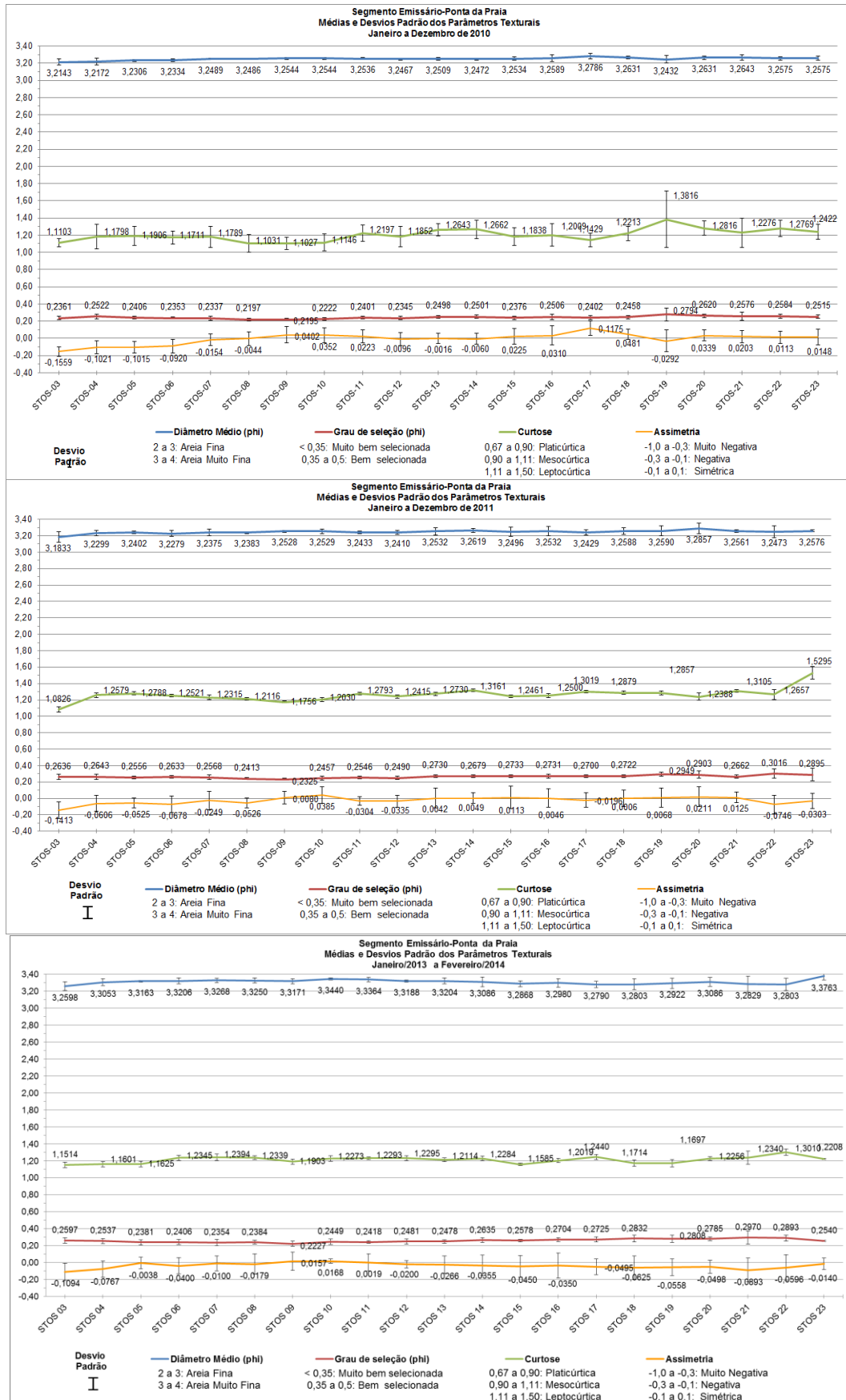


Figura 8.3.2.3-5. Distribuição das médias e desvios-padrão dos 4 parâmetros texturais nos perfis do segmento Emissário-Ponta da Praia, nos anos de 2010, 2011 e 2013/2014.

De maneira geral, as variações entre os 4 parâmetros foram quase imperceptíveis no período entre 2010 e 2011. Porém, em 2013/2014 já podem ser notadas ligeiras alterações nas curvas: o diâmetro médio sofreu ligeiro afinamento dos grãos ao longo de toda a praia, subindo seus valores para mais próximos de 3,4 phi; o grau de seleção manteve os padrões anteriores, com os termos relativamente melhor selecionados no setor entre os perfis Stos-07 e Stos-12; a curtose ficou bem menos variável ao longo da praia e se manteve bem mais próxima de 1,20; a assimetria também mostrou ligeira diminuição, com aumento das tendências negativas (influência de frações grossas na moda) para quase toda a praia.

Essas sensíveis diferenças são sentidas quando se comparam as médias totais da praia para cada ano (Tabela 8.3.2.3-1). Entre 2010 e 2011 as médias dos 4 parâmetros basicamente não se alteraram. Em 2013/2014, porém, verifica-se ligeiro afinamento dos grãos (embora continuem areias muito finas), sutil melhora do grau de seleção em relação a 2011 e piora em relação a 2010 (embora todos os valores correspondam a “muito bem selecionado”), a curtose tende para uma sutil redução (embora todos sejam leptocúrticos), e a assimetria foi a que mais sofreu alteração, passando de grau simétrico em 2010-2011 para negativa, o que representa a maior inserção de frações mais grossas na moda, talvez pela maior ocorrência de eventos de alta energia de ondas em 2013.

As areias do perfil Stos-23 se tornaram relativamente mais finas, melhor selecionadas e com menor valor de curtose, que corresponde a um aumento relativo na energia de ondas.

Essas mudanças, mesmo que sutis, quando comparadas às variações morfológicas da praia, são até esperadas, já que houve ligeiro aumento das larguras em todo o setor oeste (Stos-03 a Stos-09) da praia e manutenção das larguras no setor centro-leste, enquanto a declividade média da praia diminuiu sensivelmente, deixando então a praia mais aplainada. Portanto, essas sutis mudanças parecem ser resposta da dinâmica natural dessa praia.

Tabela 8.3.2.3-1. Médias gerais dos 4 parâmetros texturais obtidas para toda a praia do segmento Emissário-Ponta da Praia, nos anos de 2010, 2011 e 2013/2014.

ANO	MÉDIAS			
	Diâmetro Médio (ϕ)	Grau de Seleção (ϕ)	Curtose	Assimetria
2010	3,2495	0,2437	1,2022	-0,0570
2011	3,2463	0,2666	1,2628	-0,0226
2013/2014	3,3087	0,2580	1,1715	-0,7660

8.3.2.4. Células de deriva litorânea

As diversas configurações das células de deriva litorânea obtidas entre julho de 2013 e fevereiro de 2014 são apresentadas na Figura 8.3.2.4-1.

Durante o período de monitoramento o transporte resultante ao longo da praia apresentou os seguintes rumos: para W nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro; para E nos meses de setembro e fevereiro; e para E/W (sem resultante) em julho.

Alguns perfis apresentam configurações predominantes de células, que tornam os processos erosivos ou deposicionais mais intensos, como se segue:

- a) Stos-03, Stos-16 e Stos-23: zonas de barlar ou de divergência de células (predomínio de Erosão), o que explica a maior erosão nesses perfis quando comparados aos seus vizinhos;
- b) Stos-07, Stos-09 e Stos-22: zonas de sotamar ou de convergência de células (predomínio de Deposição), o que explica as maiores larguras desses perfis;
- c) nesse período o perfil Stos-10 apresentou variações entre zonas de sotamar, barlar e transporte, que se refletiram na sua variação de largura;
- d) da mesma forma, o perfil Stos-19 teve o mesmo comportamento de Stos-10, o que refletiu na minimização da erosão que até então ocorria nesse perfil.

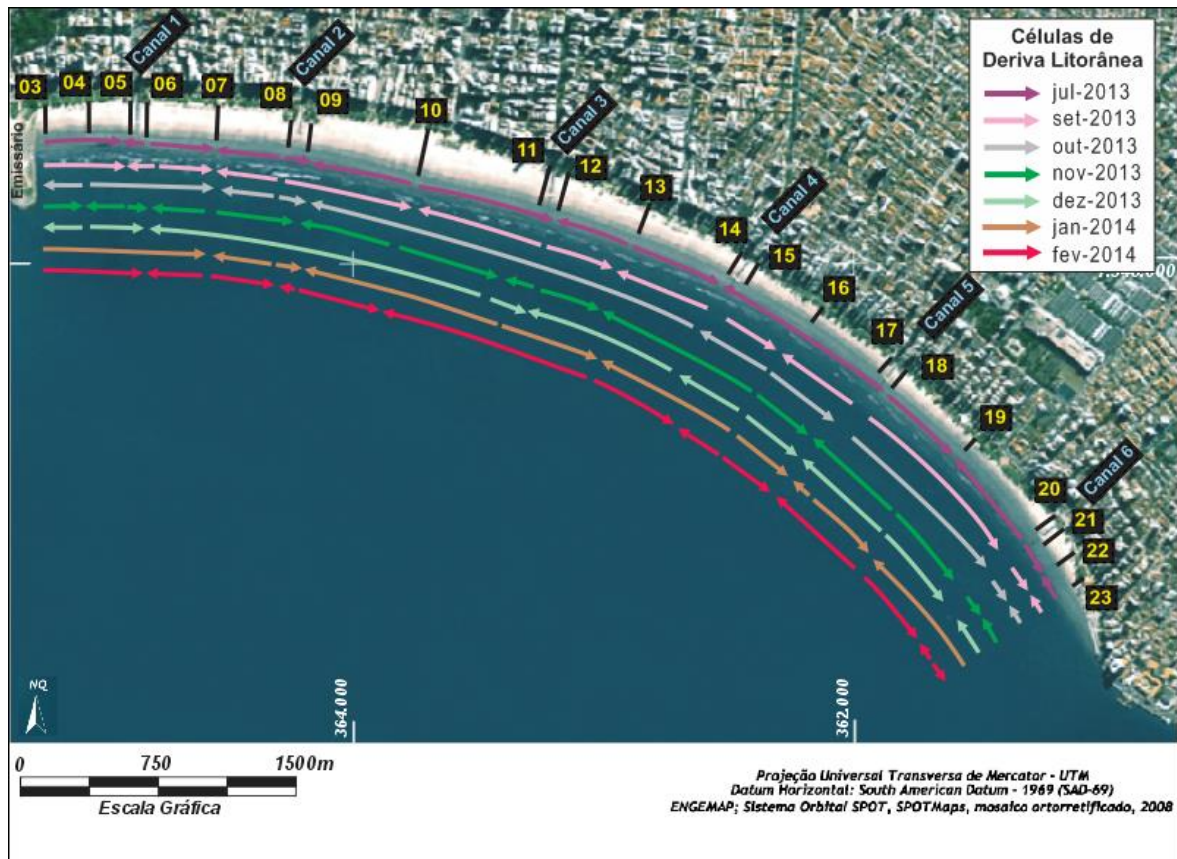


Figura 8.3.2.4-1. Representação do comportamento das células de deriva litorânea no segmento Emissário-Ponta da Praia, entre julho de 2013 e fevereiro de 2014.

Outras evidências desses processos são observadas em menor escala na praia, a exemplo do que ocorreu no Canal 3, em julho (Figura 8.3.2.4-2).



Figura 8.3.2.4-2. Migração lateral da barra de desembocadura do Canal 3, entre os perfis Stos-11 e Stos-12. Notam-se dois sentidos opostos de transporte: um anterior e para E (ocorreu durante a ressaca do dia anterior) e o atual para W (no dia do monitoramento).

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

A Tabela 8.3.2.4-1 apresenta os resultados obtidos para a deriva litorânea durante os monitoramentos de 2010, 2011 e 2013/2014.

Em 2010-2011 praticamente não houve rumo preferencial de transporte longitudinal resultante, sendo igualmente importantes os transportes para W e para E (31,8% cada) ao longo da praia, o que resultou no predomínio do termo E/W (36,4%). Já em 2013/2014, verifica-se predomínio do rumo W (53,8%), seguido do rumo E (38,5%).

Tabela 8.3.2.4-1. Síntese do comportamento dos processos sedimentares obtidos para cada perfil praiar a partir do método de células de deriva litorânea e rumos do transporte resultante no período de janeiro de 2010-dezembro de 2011 e janeiro de 2013-fevereiro de 2014. Onde: E= Erosão, D= Deposição, T= Transporte; L= Leste, W= Oeste (rumos da deriva litorânea resultante). (*): em 2010-2011 indica intervenções antrópicas em Stos-23 (aterramento artificial e outros) que podem comprometer os resultados; por isso, para a contagem do transporte resultante, não foram contabilizados os perfis Stos-21 a Stos-23. (E): em 2013/2014, indica o processo interpretado (perfil submerso durante a ressaca).

PERFIS	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	N° Ocorrências Erosão (E)	N° Ocorrências Transporte (T)	N° Ocorrências Deposição (D)	Processo Dominante	N° Ocorrências Processo Dominante	Processo Dominante (%)	
	(CI)	(CN- pósCF/R)	(CN- pósCF/R)	(CF/R)	(CN)	(CF/R)	(CN)	(CF/R)	(CN- pósCF/R)	(CI, CN- pósCF/R)	(CF/R)	(CI-CF, CF/R)	(CN)	(CN)	(CN)	(CI/R)	(CN- pósCF/R)	(CN, CF)	(CI, CN)	(CF/R)	(CI)	(CN)	(CN)							
STOS-03	E	E	E	E	D	D	E	E	D	D	E	E	E	D	E	E	E	E	E	E	E	D	D	15	0	7	E	16	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	T	4	15	3	T	15	68,2	
STOS-05		D	D	E	D	E	D	E	D	D	D	D	D	T	D	T	D	D	D	T	E	E	E	5	4	13	D	13	59,1	
STOS-06		D	E	E	D	E	E	E	E	D	E	E	D	T	T	T	T	D	E	E	E	D	D	11	4	7	E	11	50,0	
STOS-07	T	T	T	D	E	T	D	D	T	E	T	D	T	D	T	D	E	E	D	T	D	E	T	5	9	8	T (D)	10	41 (36,4)	
STOS-08		E	D	E	D	D	T	E	T	T	T	E	E	T	E	T	T	T	D	T	E	T	T	6	12	4	T	12	54,5	
STOS-09		E	D	D	E	E	E	D	T	T	T	T	D	T	E	D	D	D	E	T	E	T	E	8	7	7	E (T/D)	8	36,4 (31,8)	
STOS-10	D	D	E	T	D	D	D	E	D	D	D	D	D	T	T	D	T	T	T	D	T	T	T	3	9	10	D	11	45,5	
STOS-11		E	D	E	E	E	T	D	E	E	T	T	E	T	E	E	D	T	T	E	T	D	T	10	8	4	E	10	45,5	
STOS-12		E	D	E	D	D	T	D	T	D	E	T	E	E	T	D	E	T	D	D	E	E	D	8	5	9	D (E)	9	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	E	D	D	E	6	7	9	D	9	41,0	
STOS-14		E	E	D	D	E	D	E	E	E	E	T	E	T	E	E	D	D	D	E	E	E	T	13	3	6	E	13	59,1	
STOS-15		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	T	E	T	D	E	D	D	E	E	E	D	6	4	13	D	13	59,1	
STOS-16	D	T	E	E	E	E	T	E	E	E	E	E	T	E	E	T	E	E	T	D	T	T	T	13	8	1	E	13	59,1	
STOS-17		E	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	T	D	D	D	D	E	D	T	E	3	2	17	D	17	77,3	
STOS-18		D	E	D	E	D	E	E	D	D	D	D	D	E	D	T	T	E	E	D	D	T	T	8	4	10	D	10	45,5	
STOS-19	E	E	D	E	T	E	D	T	E	E	E	T	D	E	T	E	D	T	D	E	E	D	T	10	6	6	E	11	45,5	
STOS-20		D	E	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	D	E	D	E	D	E	D	T	T	D	7	2	13	D	14	59,1	
STOS-21		D	D	E	E	E	E	E	E	E	D	D	D	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	6 (- meses*)	0	5 (- meses*)	E/D	13	54,5 (45,5)	
STOS-22		T	E	D	T	T	T	D	D	D	T	T	E	T	T	D	E	D	E	D	E	T	T	1 (- meses*)	6 (- meses*)	4 (- meses*)	T	10	54,5	
STOS-23	D	E	D	E	D*	D	D*	E	E*	E	E	E	D*	D	E	E	D*	E*	E*	D*	D*	D*	D*	8 (- meses*)	0	3 (- meses*)	E	12,0	72,7	
RUMO RESULTANTE		W	L	L/W	W	W	W	L/W	W	L/W	L	W	L/W	L/W	W	L	L/W	L	L	L/W	L/W	L	L				L/W	8	36,4	
																												W	7	31,8
																												L	7	31,8

PERFIS	jan/13 (CF/R e CN- pósCF/R)	fev/13 (Cl e CN)	mar/13 (CN)	abr/13 (CN/R e CN- pósR)	mai/13 (CN e CF/R)	jun/13 (CN/R e CN- pósR)	jul/13 (CN e CN-CF)	set/13 (CN-pósR e Cl)	out/13 (CN/Cl e CN/R)	nov/13 (CN)	dez/13 (CN/R-pósCF e CN-pósR)	jan/14 (CN)	fev/14 (CN)	Nº Ocorrências Erosão (E)	Nº Ocorrências Transporte (T)	Nº Ocorrências Deposição (D)	Processo Dominante	Nº Ocorrências Processo Dominante	Processo Dominante (%)
STOS-03	E	E	E	D	E	D	E	E	D	E	D	E	E	9	-	4	E	9	69,2
STOS-04	T	T	T	E	T	E	T	T	E	D	E	T	T	4	8	1	T	8	61,5
STOS-05	T	T	T	D	T	D	D	D	T	E	T	T	T	1	8	4	T	8	61,5
STOS-06	D	T	T	E	T	E	E	E	T	D	D	T	D	4	5	4	E/T	5	38,5
STOS-07	E	D	T	D	D	T	D	D	D	E	T	D	E	3	3	7	D	7	53,8
STOS-08	T	E	T	E	E	T	E	E	E	T	T	E	D	7	5	1	E	7	53,8
STOS-09	T	D	D	T	D	T	D	T	D	D	T	D	E	1	5	7	D	7	53,8
STOS-10	D	E	T	D	T	T	E	D	T	E	T	T	D	3	6	4	T	6	46,2
STOS-11	T	T	T	T	T	D	T	T	T	D	E	E	T	2	9	2	T	9	69,2
STOS-12	T	D	T	T	T	E	D	E	T	E	D	T	T	3	7	3	T	7	53,8
STOS-13	E	T	T	T	T	D	E	D	T	D	T	D	E	3	6	4	T	6	46,2
STOS-14	D	E	T	E	E	T	D	E	E	T	E	T	T	6	5	2	E	6	46,2
STOS-15	E	D	T	D	D	E	T	E	D	T	D	T	D	3	4	6	D	6	46,2
STOS-16	D	T	T	E	E	T	T	D	E	E	E	E	E	7	4	2	E	7	53,8
STOS-17	E	E	E	D	D	D	T	E	D	D	D	D	D	4	1	8	D	8	61,5
STOS-18	E	D	D	D	D	E	E	E	E	T	D	E	T	6	2	5	D	6	46,2
STOS-19	D	E	E	T	T	T	D	T	T	E	E	D	E	5	5	3	T	5	38,5
STOS-20	E	D	D	E	E	D	E	D	D	D	D	T	T	4	2	7	D	7	53,8
STOS-21	D	D	T	E	D	T	T	E	E	E	D	T	D	4	4	5	E/D	5	38,5
STOS-22	E	E	E	D	E	E	D	D	D	D	T	T	E	6	2	5	E/D	6	46,2
STOS-23	(E)	D	(E)	(E)	(E)	D	E	E	E	E	E	E	D	10	-	3	E	10	76,9
RUMO RESULTANTE	L	L	W	W	W	L	L/W	L	W	W	W	W	L				W	7	53,8
																	L	5	38,5

Comparando os processos envolvidos nas células (E, D, T, mistos) de 2010-2011 para 2013/2014 (Tabela 8.3.2.4-2), merecem destaque:

- a) Os perfis Stos-03, Stos-14, Stos-16 e Stos-23 permaneceram na categoria de processo erosivo (E) predominante, o que corrobora os dados de diminuição da largura praial em Stos-03 e Stos-14, erosão em Stos-16 e erosão acelerada em Stos-23.
- b) Apenas os perfis Stos-15 e Stos-20 permaneceram com tendências deposicionais (D). Mas, em 2013/2014 foram incorporados nessa categoria os perfis Stos-07, Stos-09 e Stos-17, o que é corroborado pelo aumento substancial da largura observada nos dois primeiros, que se aproximaram de Stos-10.
- c) Apenas o perfil Stos-04 continuou com tendências de transporte (T), mas foram incluídos os perfis do trecho entre Stos-10 e Stos-13 nesta categoria, o que explica a estabilidade temporal das larguras desses perfis.
- d) O perfil Stos-21 foi o único que permaneceu na categoria de processos mistos (E/D), e o perfil Stos-22 (E/D) foi incorporado também. A ocorrência desses processos antagônicos em ambos confirma a desestabilização morfodinâmica desses dois perfis, mas ao mesmo tempo pode ser útil, gerando um equilíbrio dinâmico de forma a protegê-los da erosão acelerada que vem migrando na direção desses perfis, desde a extremidade da Ponta da Praia.

Tabela 8.3.2.4-2. Processos sedimentares predominantes observados nos perfis praias em 2010-2011 e 2013/2014, com base no método das células de deriva litorânea.

ANO	EROSÃO	DEPOSIÇÃO	TRANSPORTE	MISTOS
2010-2011	Stos-03 Stos-06 Stos-11 Stos-14 Stos-16 Stos-19 Stos-21 Stos-23	Stos-05 Stos-10 Stos-13 Stos-15 Stos-17 Stos-18 Stos-20	Stos-02 Stos-04 Stos-07 Stos-08 Stos-22	Stos-07 (T/D) Stos-09 (E/T/D) Stos-12 (E/D) Stos-21 (E/D)
2013/2014	Stos-03 Stos-08 Stos-14 Stos-16 Stos-18 Stos-23	Stos-07 Stos-09 Stos-15 Stos-17 Stos-20	Stos-04 Stos-05 Stos-10 Stos-11 Stos-12 Stos-13 Stos-19	Stos-06 (E/T) Stos-21 (E/D) Stos-22 (E/D)

8.3.2.5. Risco à erosão costeira

A Tabela 8.3.2.5-1 mostra uma síntese da classificação de risco à erosão costeira obtida para essa praia durante o período de monitoramento.

O risco total à erosão dessa praia obteve classificação de Risco Baixo. Essa classificação não mudou em relação a 2010 e 2011, mantendo-se nos monitoramentos de 2013/2014.

Entretanto, a erosão na Ponta da Praia vem se intensificando cada vez mais e migrando rumo ao perfil Stos-22 a uma velocidade notável (Figura 8.3.2.5-1). Por isso, esse perfil teve sua classificação de risco elevada para Risco Médio.

Na área do perfil Stos-23, a erosão aumentou ainda mais em relação aos anos anteriores de monitoramento (Figura 8.3.2.5-2).

Tabela 8.3.2.5-1. Classificação de risco à erosão costeira (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 (2,6)
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	X	X	X	MÉDIO	6,0	
STOS - 23	X	X			X		X	X	X	X	X	MUITO ALTO	15,0	



Figura 8.3.2.5-1. Erosão acelerada nas estruturas urbanas em frente ao Aquário Municipal (garagem náutica, área de lazer e chuveirinho), no período de dezembro de 2011 a fevereiro de 2014. Essas estruturas foram originalmente construídas sobre a praia no trecho entre os perfis Stos-22 e Stos-23. Notar: em dezembro de 2011 - embora já houvesse erosão, era constante o aterramento artificial, com areia de praia, na base das estruturas; no início de 2013 (janeiro e março) - observa-se forte erosão das estruturas urbanas após a atuação de ressacas sucessivas; em maio de 2013 - obras de recuperação das estruturas (e construção da balaustrada), implantação de um anteparo de pedras na base das mesmas e novo aterramento com areia, que são novamente atacados por ressacas; no decorrer de 2013 até fevereiro de 2014 - remoção da escadaria, reconstrução do muro de arrimo e do anteparo de pedras e algum aterramento apenas no trecho de Stos-22.



Figura 8.3.2.5-2. Erosão acelerada no perfil Stos-23, entre dezembro de 2011 e fevereiro de 2014. Notar o aterramento artificial do anteparo de pedras, com areia praiar em dezembro de 2011, e a aparente não manutenção dessa atividade em 2013/2014.

As possíveis causas do “recente” aumento da erosão e rápida migração para oeste na Ponta da Praia parecem estar relacionadas a vários fatos, interdependentes entre si:

- a) Impactos causados por intervenções antrópicas recentes (desde 2011) - prolongamento do anteparo de pedras até a rampa de acesso à praia, após uma ressaca muito forte em maio de 2011, e posterior implantação

de outro anteparo na base das estruturas urbanas em frente ao Aquário Municipal;

- b) Interrupção ou diminuição da manutenção do aterramento artificial na praia e no anteparo de pedras na área do perfil Stos-23 (entre a rampa de acesso à praia e a extremidade leste da mesma) – essa prática era frequente nos anos anteriores aos monitoramentos e também durante os anos de 2010-2011, e até foi recomendada pessoalmente à Prefeitura Municipal (exemplos de observações de campo: fotos de dezembro de 2011 exibidas nas Figuras 8.3.2.5-1 8.3.2.5-2 e de novembro de 2011 mostrada na Figura 8.3.2.2-4, e Tabela 8.3.2.4-1), porém, no período 2013/2014 aparentemente não houve manutenção de reposição de areias na área do perfil Stos-23, mas apenas na base das estruturas urbanas em frente ao Aquário;
- c) Efeitos causados por ressacas fortes e sucessivas durante o início de 2013;
- d) Impactos causados pelas obras de dragagem de aprofundamento - ajuste morfológico da porção submersa do perfil praiial, aumento da altura e da energia de ondas e mudanças na direção dos trens de ondas na Ponta da Praia;
- e) Impactos causados pela elevação atual do nível do mar (mudanças climáticas).

8.3.2.6. Balanço sedimentar

A Figura 8.3.2.6-1 apresenta os conjuntos de curvas morfológicas dos perfis selecionados para o cálculo do balanço sedimentar (Stos-07, Stos-10, Stos-16, Stos-19, Stos-20, Stos-21, Stos-22 e Stos-23), em condições de tempo bom sem ressaca - CN (fevereiros de 2010, 2011, 2013 e 2014) e de condições de frente fria com ressaca – CF/R (abril de 2010, agosto de 2011 e maio de 2013).

Os perfis Stos-07 e Stos-10 representam o setor centro-oeste da praia, entre os canais 1 e 2, historicamente reconhecido como o mais deposicional de toda a

praia; como visto, durante os monitoramentos ambos sempre foram os perfis mais largos da praia. Os demais perfis representam o setor leste da praia, entre o Canal 4 e a Ponta da Praia, sendo os perfis Stos-16, Stos-19 e Stos-20 os mais erosivos entre os canais 4 e 6, e os perfis Stos-21, Stos-22 e Stos-23, localizados entre o Canal 6 e a extremidade leste da praia, os da área mais crítica, onde a erosão vem avançando mais a cada ano. A simples comparação entre os gráficos da Figura 8.3.2.6-1, por si só já destaca essas diferenças importantes entre os perfis, em relação aos processos sedimentares predominantes.

É importante destacar mais uma vez que os perfis Stos-20, Stos-22 e Stos-23 têm sofrido interferências antrópicas constantes, que podem estar mascarando os resultados de volumes e balanços apresentados aqui, para mais ou para menos.

As condições de contorno para cada um desses meses é encontrada na Tabela 8.3.2.6-1. Algumas situações importantes devem ser destacadas porque se refletem nos volumes e no balanço sedimentar obtido, como se segue.

- a) As intensidades das ressacas foram diferentes: a de agosto de 2011 foi a mais intensa; a de abril de 2010, embora também de forte intensidade, foi pouco mais fraca do que a de agosto; e a ressaca de maio de 2013 foi de fraca intensidade. Essas diferenças e o fato de que a amostragem de maio de 2013 ter sido realizada sob duas condições meteorológicas diferentes, sendo um dia em CN e o outro em CF/R, ao contrário das anteriores (ambas em CF/R nos dois dias), contribuem para que os volumes desta campanha sejam maiores em relação às primeiras. Também é esperado que os volumes de agosto sejam os menores.
- b) Dentre os perfis em CN, o de fevereiro de 2010 foi realizado em condições de pós-R; o de fevereiro de 2013 foi realizado após a ocorrência de várias ressacas em janeiro e no início de fevereiro. Por isso, deve-se esperar volumes menores para esses meses quando comparados aos demais.
- c) O monitoramento de fevereiro de 2014, ao contrário dos demais, foi efetuado após uma longa fase de CN (Anticiclone e onda de calor e ausência de chuvas), que perdurou em São Paulo desde o final de

dezembro de 2013. Por isso, é esperado que os volumes sejam pouco maiores nesse mês, exceto naqueles perfis em erosão acelerada (o que atesta esse processo).

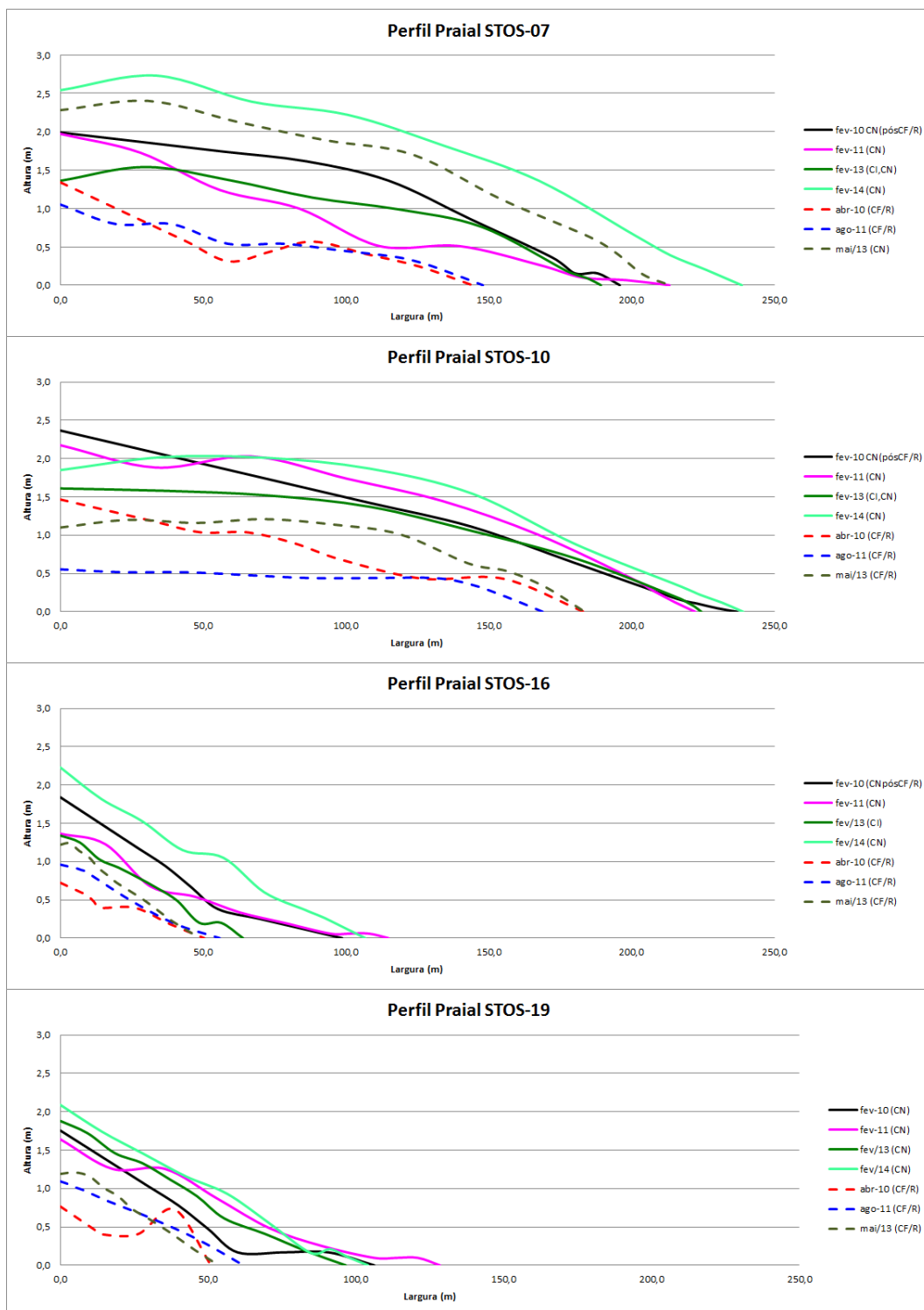


Figura 8.3.2.6-1. Representação morfológica dos perfis selecionados, representativa de CN e CR.

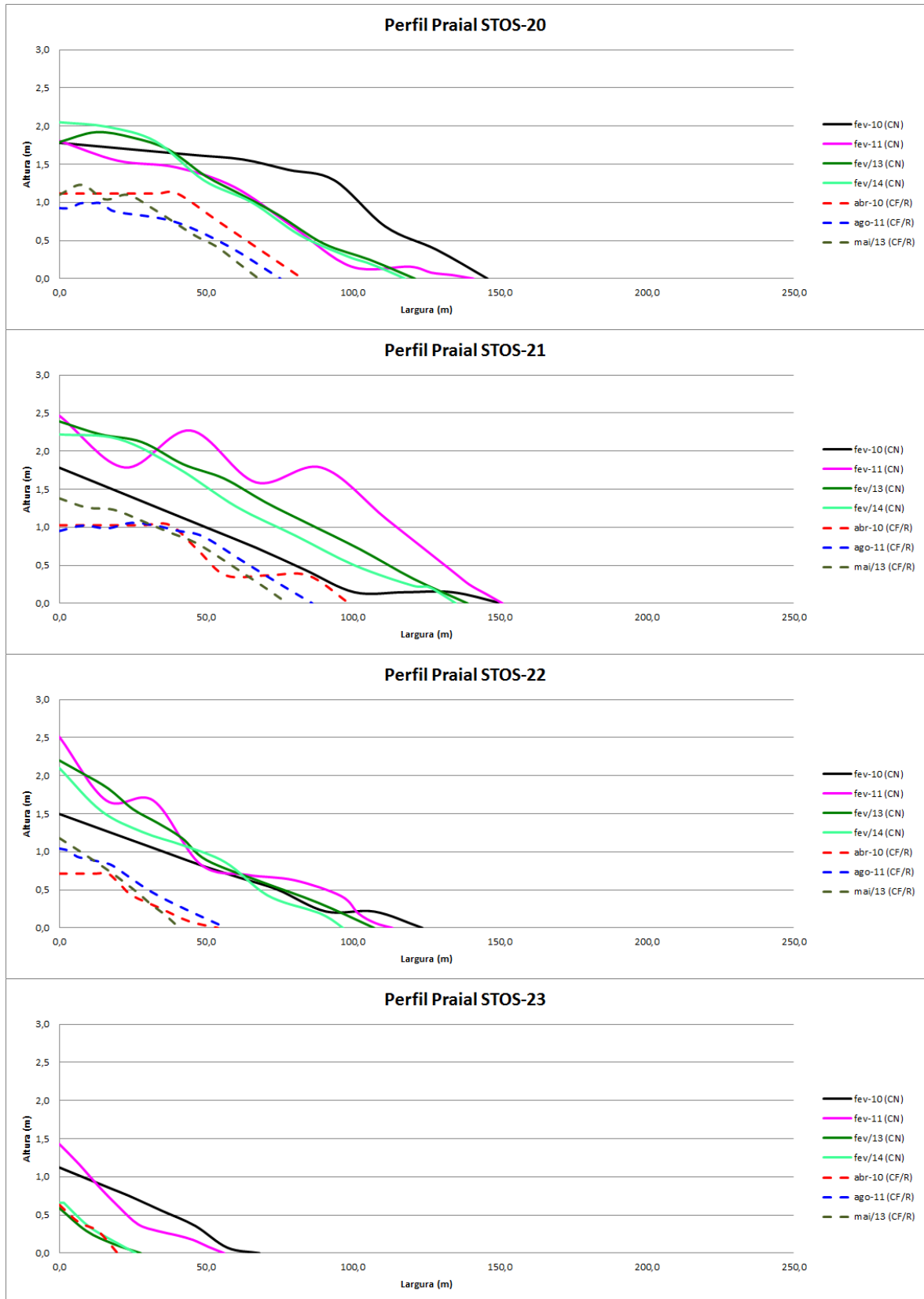


Figura 8.3.2.6-1. Representação morfológica dos perfis selecionados, representativa de CN e CR.

Tabela 8.3.2.6-1. Condições de contorno referentes aos meses selecionados em CN e CR.

Emissário-Pta Praia	Data	Condição Atmosférica (dia)	Altura de Ondas (m)	Ventos	Marés (hora-altura)	Condição Atmosférica antecedente (d= dias)
Perfil Construtivo (CN)	22/02/2010	CN/Ensolarado com onda de calor	0,3 a 0,4	Aragem a vento	7:06h-0,9m; 15:47h-0,7m	CN(5d) e CF(2d)
	23/02/2010	CN/Ensolarado com onda de calor	0,1 a 0,3	Brisa suave a vento forte	5:47h-0,7m; 12:23h-1,0m; 18:04h-0,5m	CN(5d) e CF(2d)
	24/02/2011	CN/Ensolarado a parcialmente nublado	0,2 a 0,5	Aragem a vento fresco	9:04h-0,7m; 13:30h-0,6m; 18:19h-1,1m	CF(4d) e CN(3d)
	25/02/2011	CN/Ensolarado	0,2 a 0,3	Aragem a vento fresco	9:00h-0,7m; 11:36h-0,8m; 14:51h-0,6m	CF(4d) e CN(3d)
	04/02/2013	CI/Nublado	0,5 a 0,7	Brisa leve a vento forte	7:38h-0,7m; 12:00h-0,9m; 16:26h-0,5m	CF(1), CI(3d) e CN(3d)
	05/02/2013	CN/Nublado	0,2 a 0,5	Aragem a vento fresco	7:54h-0,6m; 12:54h-1,1m; 17:43h-0,3m	CI(4d) e CN(3d)
Perfil Destrutivo (CR)	06/02/2014	CN/Ensolarado	0,15 a 0,30	Calmaria a brisa suave	10:43h-0,6m; 17:43h-0,9m	CN(7d)
	07/02/2014	CN/Ensolarado	0,10 a 0,15	Calmaria a brisa moderada	11:00h-0,7m; 13:58h-0,7m	CN(7d)
	07/04/2010	CF/R Nublado e chuvoso	0,5 a 2,0	Calmaria a vento forte	7:28h-0,8m; 11:21h-1,0m; 16:04h-0,5m	CF(4d) e CN(3d)
	08/04/2010	CF/R Nublado e chuvoso	0,5 a 1,5	Brisa leve a vento	7:13h-0,8m; 11:54h-1,2m; 17:08h-0,5m	CF(4d) e CN(3d)
	21/08/2011	CF-R/Nublado	2,0 a 3,5	Calmaria a vento fresco	14:04h-0,6m; 18:24h-0,9m	CF(5d) e CN(2d)
	22/08/2011	CF-R/Nublado	1,0 a 2,5	Calmaria a brisa moderada	11:04h-0,9m; 15:17h-0,6m	CF(5d) e CN(2d)
	16/05/2013	CN Nublado	0,3 a 0,6	Calmaria a vento	13:09h-0,5m; 19:36h-1,0m	CI(3d) e CN(4d)
	17/05/2013	CF/R Nublado e chuvoso	0,5 a 1,1	Calmaria a vento fresco	7:36h-0,9m; 14:06h-0,5m	CI(2d), CN(4d) e CF(1d)

Os cálculos do balanço sedimentar feitos para cada uma dessas curvas são apresentados nas tabelas 8.3.2.6-2 e 8.3.2.6-3.

Tabela 8.3.2.6-2. Balanço sedimentar dos perfis selecionados do segmento Emissário-Ponta da Praia, relativo à condição de perfil destrutivo (CR), nos meses de abril de 2010, agosto de 2011 e julho de 2013.

Perfil	Volume dos Perfis (m³)			Balanço Sedimentar - Emissário-Ponta da Praia - Perfis em Fase Destrutiva (CF/R)					
	abr/10	ago/11	mai/13	(abr/10 a ago/11) (m³)	(%)	(ago/11 a mai/13) (m³)	(%)	(abr/10 a mai/13) (m³)	(%)
STOS-07	79,01	81,18	338,32	2,17	2,75	257,14	316,74	259,31	328,19
STOS-10	141,38	72,77	172,62	-68,61	-48,53	99,85	137,20	31,24	22,09
STOS-16	17,70	25,64	30,75	7,94	44,83	5,11	19,95	13,05	73,72
STOS-19	24,67	36,30	36,41	11,62	47,10	0,11	0,31	11,73	47,55
STOS-20	68,58	49,08	52,06	-19,50	-28,43	2,97	6,06	-16,52	-24,09
STOS-21	64,77	64,71	64,73	-0,06	-0,09	0,02	0,03	-0,04	-0,05
STOS-22	21,88	31,15	25,57	9,26	42,32	-5,57	-17,90	3,69	16,85
STOS-23	6,65	0,00	0,00	-6,65	-100,00			-6,65	-100,00
Total	424,66	360,84	720,47	-63,82	-15,03	359,63	99,67	295,81	69,66

Tabela 8.3.2.6-3. Balanço sedimentar dos perfis selecionados do segmento Emissário-Ponta da Praia, relativo à condição de perfil construtivo (CN), nos meses de fevereiro de 2010, 2011, 2013 e 2014.

Perfil	Volume dos Perfis (m³)				Balanço Sedimentar - Emissário-Ponta da Praia - Perfis em Fase Construtiva (CN)							
	fev/10	fev/11	fev/13	fev/14	(fev/10 a fev/11) (m³)	(%)	(fev/11 a fev/13) (m³)	(%)	(fev/13 a fev/14) (m³)	(%)	(fev/10 a fev/14) (m³)	(%)
STOS-07	251,28	174,96	195,21	417,53	-76,32	-30,37	20,25	11,57	222,32	113,89	166,25	66,16
STOS-10	298,05	318,92	257,55	343,71	20,87	7,00	-61,36	-19,24	86,15	33,45	45,66	15,32
STOS-16	71,60	59,11	42,84	110,40	-12,49	-17,45	-16,27	-27,53	67,57	157,73	38,80	54,19
STOS-19	66,63	89,99	84,31	100,75	23,36	35,06	-5,68	-6,32	16,45	19,51	34,12	51,21
STOS-20	178,54	121,30	131,97	131,08	-57,25	-32,06	10,67	8,80	-0,89	-0,68	-47,46	-26,58
STOS-21	104,95	225,86	180,82	159,39	120,91	115,21	-45,04	-19,94	-21,42	-11,85	54,45	51,88
STOS-22	84,37	114,23	105,63	91,34	29,85	35,38	-8,59	-7,52	-14,29	-13,53	6,97	8,26
STOS-23	37,43	29,76	6,51	8,02	-7,67	-20,49	-23,26	-78,14	1,51	23,18	-29,42	-78,59
Total	1092,86	1134,13	1004,84	1362,22	41,26	3,78	-129,29	-11,40	357,38	35,57	269,36	24,65

Nas condições mais erosivas da praia (CF/R) são constatadas as seguintes tendências:

- a) Como esperado, o mês de agosto de 2011 apresentou o menor volume total (~361 m³), seguido de abril de 2010 (~425 m³), e o mês de maio de 2013 o maior (720,5 m³).
- b) O volume de maio de 2013 foi superdimensionado pelo perfil Stos-07, cuja amostragem foi efetuada sob CN/sem ressaca (dia anterior à ressaca que acometeu os demais perfis). Assim, levando em consideração as características desse perfil, que em 2013 se comportou muito semelhante a Stos-10, então o seu volume em CR estaria em torno de 170 m³.
- c) Em termos percentuais, entre 2010-2011 observa-se balanço levemente negativo (-15%), porém entre 2011-2013 o balanço foi muito positivo (~100%), totalizando um balanço final de ~70%. Mas como comentado acima, este balanço foi superdimensionado pelo perfil Stos-07. Então, utilizando o volume reajustado para esse perfil, o balanço sedimentar da praia entre 2011/2013 seria da ordem de 53% (191,49 m³), e o balanço total final (2010-2014) seria de 30,02%, ou seja, também positivo.
- d) Comparando todos os perfis, o maior volume médio foi obtido para o perfil Stos-07 (~166 m³), seguido de perto de Stos-10 (~129 m³). Como visto anteriormente, em 2013 Stos-07 se destacou em ganho de largura, atingindo valores semelhantes aos de Stos-10 (vide Figuras 8.3.2.2-3 e 8.3.2.2-5). Isto se deveu, basicamente a mudanças na circulação de células de deriva litorânea, a saber: em 2010-2011 Stos-7 se comportava como zona de transporte na maior parte do tempo, mas em 2013/2014 passou a ser zona de sotamar de células de deriva litorânea; Stos-10 teve evolução inversa.
- e) O perfil Stos-07 se manteve em equilíbrio entre 2010 e 2011, mas em 2013 ganhou enorme quantidade de sedimentos, com aumentos em volume superiores a 300% em relação aos dois anos anteriores.
- f) Em compensação, Stos-10 apresentou balanço bastante negativo de 2010 para 2011 (redução em volume de 48,5%), mas balanço muito positivo de 2011 para 2013 (incremento em volume de 137%).

- g) O menor volume médio, como também esperado, foi obtido em Stos-23 (6,7 m³), seguido de Stos-16 (24,7 m³), Stos-22 (26,2 m³) e Stos-19 (32,5 m³).
- h) Portanto, o perfil Stos-23 foi o mais erosivo, apresentando balanço negativo nos dois períodos. Nos meses apresentados se encontrava parcialmente emerso somente em abril de 2010, mas completamente submerso (volumes = 0,0 m³) nos demais meses (vide foto de maio de 2013 na Figura 8.3.2.5-2). Por isso, seu balanço foi extremamente negativo (-100%).
- i) O perfil Stos-16, apesar de ser o segundo na hierarquia de maior erosão nessa praia, mostrou certo incremento de volume ao longo do tempo, com balanço positivo nos dois períodos, embora bem maior entre 2010-2011 (~45%) do que entre 2011-2013 (~20%).
- j) Stos-22, por outro lado, apresentou balanço positivo (~42%) no primeiro período, mas negativo (~18%) no segundo.
- k) Stos-19 apresentou balanço positivo entre 2010-2011 (47%), mas se manteve em equilíbrio entre 2011-2013 (0,3%).
- l) Stos-20 (volume médio de 56,6 m³) apresentou balanço negativo entre 2010-2011 (~ -28%), mas se manteve em equilíbrio entre 2011-2013 (~6%).
- m) O perfil Stos-21 (volume médio de ~65 m³) foi o único a apresentar equilíbrio nos três anos, com volumes praticamente iguais e balanço nulo. Este fato é provavelmente decorrência do impacto positivo exercido pelo Canal 6 na Ponta da Praia e pelos restos do Navio Recreio, que em 1973 encalhou próximo à margem esquerda do Canal 6. Ambos são responsáveis pelo aprisionamento de sedimentos nesse local e minimizam os efeitos da erosão acelerada há muitas décadas.
- n) No cômputo final, comparando todo o período, durante as ressacas os perfis Stos-20 e Stos-23 foram os que apresentaram balanço sedimentar negativo. Stos-21 resultou em equilíbrio; Stos-22 e Stos-10 tiveram

balanço positivo, porém pequeno; em Stos-16 e Stos-19 o balanço foi bastante positivo; em Stos-07 o balanço foi excepcionalmente positivo.

Nas condições mais construtivas da praia (CN) aparecem as seguintes tendências:

- a) Como esperado, o maior volume total correspondeu ao mês de fevereiro de 2014 (~1.362 m³, ou 36% superior a 2013).
- b) O menor volume foi o de fevereiro de 2013 (~1.005 m³), praticamente igual ao de fevereiro de 2010 (~1.093 m³), o que se explica pela ocorrência de ressacas nos períodos antecedentes a essas campanhas; o volume de fevereiro de 2011 foi de ~1.134 m³.
- c) Em termos percentuais, o balanço entre 2010-2011 e 2011-2013 foi caracterizado pelo equilíbrio (respectivamente ~4% e ~11%), 2013-2014 foi positivo (~36%), totalizando um balanço total final positivo, de ~25%.
- d) Como esperado, os maiores volumes médios foram obtidos para os perfis Stos-10 (304,6 m³) e Stos-07 (~260 m³).
- e) O menor volume médio, como também esperado, foi obtido em Stos-23 (20,4 m³), seguido de Stos-16 (~71 m³), Stos-19 (85,4 m³) e Stos-22 (~100 m³).
- f) Portanto, o perfil Stos-23 foi o mais erosivo, apresentando balanço negativo entre 2010-2011 (~-20,5%) e ente 2011-2013 (~-78%), mas balanço positivo entre 2013-2014 (23%).
- g) O perfil Stos-16 mostrou balanços negativos entre 2010-2011 (~ -17,5%) e entre 2011-2013 (~ -27,5%), mas balanço bastante positivo entre 2013-2014 (~158%).
- h) Stos-19 apresentou balanço positivo entre 2010-2011 (~35%), se manteve em certo equilíbrio entre 2011-2013 (~-6%), e voltou a ter balanço ligeiramente positivo entre 2013-2014 (19,5%).
- i) Stos-22 seguiu as mesmas tendências de Stos-19, inclusive com valores percentuais muito próximos.

- j) Stos-20 (volume médio de 140,7 m³) apresentou balanço negativo entre 2010-2011 (~ -32%), mas se manteve em equilíbrio entre 2011-2013 (~-9%) e entre 2013-2014 (~ -0,7%).
- k) O perfil Stos-21 (168 m³) apresentou balanço muito positivo entre 2010-2011 (~115%), mas balanço pouco negativo entre 2011-2013 (~-20%) e entre 2013-2014 (~-12%).
- l) No cômputo final, comparando todos os meses desde fevereiro de 2010 (início dos monitoramentos/antes das obras de dragagem de aprofundamento) até fevereiro de 2014 (final dos monitoramentos/4 anos após o início das obras e 2 anos após o término das obras), conclui-se que para as condições de CN sem ressaca, os perfis Stos-20 (-26,6%) e Stos-23 (-78,6%) apresentaram balanço negativo. O perfil Stos-22 apesar de apresentar certo equilíbrio nesse período, tem apresentado balanço com ligeira tendência negativa desde 2011 (-7,5% entre 2011-2013 e -13,5% entre 2013-2014) e, por isso, merece atenção. Os perfis Stos-16, Stos-19 e Stos-21 tiveram balanço positivo com porcentagens semelhantes entre si. Stos-07 apresentou balanço bastante positivo (66%), enquanto Stos-10 parece estar em equilíbrio ligeiramente positivo.

Assim, comparando os resultados obtidos para CF/R e CN e levando em consideração as restrições de volume esperadas em função das condições de contorno específicas, conclui-se que:

- a) Nas situações de CN e de CF/R os volumes totais de cada ano variaram pouco, o que significa que essa praia está em equilíbrio relativo.
- b) O balanço total final (2010-2014) foi ligeiramente positivo e semelhante para ambas as condições, de 30% para CR e 25% para CN.
- c) Os perfis Stos-10 e Stos-07 apresentaram balanço muito positivo nas duas situações, com Stos-10 exibindo maior estabilidade ao longo do tempo, e Stos-07 aumento de volume mais recentemente (talvez mais influenciado pelas condições de contorno).
- d) O perfil Stos-16, apesar de ser um perfil bastante reduzido em termos de largura, apresentou pequeno aumento de volume ao longo do tempo em

CF/R (balanço positivo), mas balanço negativo em CN entre 2010 e 2013, e balanço muito positivo entre 2013-2014 (mais influenciado pelas condições de contorno), o que resultou num balanço final positivo. Assim, pode-se dizer que esse perfil ou está atualmente em equilíbrio relativo, ou com tendência a balanço negativo. Além disso, ele parece especialmente afetado pela dinâmica de circulação de células de deriva litorânea.

- e) Stos-19 apresentou balanço positivo entre 2010-2011 e se manteve em certo equilíbrio entre 2011-2013 nas duas condições, e voltou a ter balanço ligeiramente positivo entre 2013-2014 (CN) (mais influenciado pelas condições de contorno).
- f) Stos-21 e Stos-22 se mantiveram em equilíbrio relativo para as duas condições. Entretanto, ambos exibiram balanços negativos em CF/R e em especial em CN de 2011 para 2013 e de 2013 para 2014.
- g) Os perfis Stos-20 e Stos-23 apresentaram balanços negativos entre 2010 e 2014, para as duas condições, sendo da ordem de 24-27% em Stos-20 e de 79-100% em Stos-23.

É importante destacar mais uma vez que os perfis Stos-20, Stos-22 e Stos-23 têm sofrido interferências antrópicas constantes, que podem estar mascarando os resultados de volumes e balanços apresentados aqui, para mais ou para menos.

Portanto, os resultados sugerem que os processos observados fazem parte da dinâmica natural dessa praia, à exceção da Ponta da Praia, entre os perfis Stos-20 e Stos-23. Nesses perfis identifica-se aumento da erosão, com redução no balanço sedimentar desde 2011, que pode estar sendo direta ou indiretamente causado por intervenções antrópicas, como a dragagem de aprofundamento e a não manutenção dos níveis de areia (alimentação artificial da praia) em Stos-23 e Stos-22 desde 2012.

Note-se bem que no perfil Stos-23 foram identificadas mudanças na direção e na altura das ondas incidentes e refletidas do anteparo de pedras, que estão provocando aumento no nível de energia das ondas e na sua potência destrutiva.

Esses resultados também corroboram os obtidos para os demais estudos realizados (morfometria, granulometria, erosão costeira e células de deriva litorânea) nessa praia entre 2010-2011 e 2013/2014.

8.3.3. Segmento Itararé-Emissário

8.3.3.1. Condições meteorológico-oceanográficas

No período entre julho de 2013 e fevereiro de 2014 (em agosto não houve campanha), as perfilagens praias foram realizadas em vários contextos meteorológico-oceanográficos (Tabela 8.3.3.1-1), conforme se segue:

- a) Julho de 2013: condição normal (CN);
- b) Setembro de 2013: condição normal com ressaca, pós condição frontal (CN/R-pósCF);
- c) Outubro de 2013: condição intermediária (CI);
- d) Novembro de 2013: condição normal (CN);
- e) Dezembro de 2013: condição normal com ressaca, pós condição frontal (CN/R-pósCF);
- f) Janeiro de 2014: condição normal (CN);
- g) Fevereiro de 2014: condição normal (CN).

Em relação à ocorrência ou não de ressacas, foram realizadas duas perfilagens praias em períodos de ressacas (setembro e dezembro) e outras cinco em condições sem ressacas.

A distribuição espaço-temporal das alturas de ondas naturais (Figura 8.3.3.1-1) mostra, como esperado, as maiores alturas de ondas durante a ocorrência de ressacas (setembro e dezembro de 2013), com alturas máximas atingindo 1,50 m nos dois meses. Mesmo nessas condições, Stos-01 não ultrapassou 1,20 m. Aliás, este é o perfil que sempre apresenta menor altura de ondas quando comparado aos demais, o que é esperado, já que está localizado na zona de sombra atrás da Ilha de Urubuqueçaba (tombolo).

Tabela 8.3.3.1-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos do segmento praiar Itararé-Emissário.

SEGMENTO PRAIAL ITARARÉ-EMISSÁRIO					
PERFILAGEM PRAIAL					CONDIÇÕES ANTECEDENTES À PERFILAGEM PRAIAL
Data da Perfilagem	Condição Meteorológica e Tempo Atmosférico	Condições Oceanográficas			Sistemas Meteorológicos (continente-oceano)
		ONDAS NATURAIS			
		Altura média (m)	Período (seg)	Ortogonal (rumo)	
13/07/2013	CN Ensolarado	0,15 a 0,50	9,5 a 16,2	65°-12°SE, S, E e 55°SW	6 e 7: Anticiclone; 8: Sistema de Baixa Pressão; 9: Anticiclone Pós-Frontal; 10 a 12: Anticiclone
27/09/2013	CN/RpósCF Ensolarado a encoberto e seco	1,0 a 1,5	7,0 a 11,9	65°-07°SE, 10°SW, 43°SW	20 a 22: ASAS; 23 a 24: Sistema Frontal; 25 a 26: Anticiclone Pós-Frontal.
26/10/2013	CI Ensolarado, encoberto e seco e nublado com chuva fina	0,3 a 0,8	6,9 a 14,9	65°-17°SE, 10°SW, 15°SW, 25°SW	19 a 21: ASAS - ASAS 22: ASAS - SBP na altura de SC 23 a 24: ASAS - SBP na altura do RS 25: SBP - SBP na altura de SP
10/11/2013	CN Ensolarado	0,1 a 0,5	6,5 a 12,6	60°-07°SE, 23°SW, 10°SW	03: ASAS - OF (RS) 04: FF - FF e CE (região Sul) 05 a 06: ZCAS - SBP (região Sul) 07: ZCAS - ASAS 08 e 09: ASAS - ASAS
07/12/2013	CN/RpósCF Ensolarado a encoberto e seco	1,3 a 1,5	8,9 a 10,9	55°-03°SE, 35°SW, 03°SW	30/11 a 01/12: SBP - FF (região SE) 02: SBP - FF/SAP (região SE) 03 a 05: ASAS - FF e CE (região Sul) 06: SBP/SAP - FF e CE (região Sul)
22/01/2014	CN Ensolarado	0,15 a 0,3	8,7 a 12,1	78°-10°SE, 40°SW, 17°SW	15 a 16: ASAS - SBP 17 a 19: SAP - SAP 20: SAP - SAP e CE (RS) 21: SAP - SBP (região Sul)
04/02/2014	CN Ensolarado	0,10 a 0,30	9,5 a 12,5	80°-05° SE e 45° SW	28/01 a 03/02: ASAS - ASAS

OBS: CN: Condição normal (sistema de alta pressão); CI: Condição intermediária; CI/R: Condição intermediária com ressaca; CF: Condição frontal (sistema de baixa pressão); pósCF/R: pós- frontal com ressaca; préCF: pré-frontal; CF/R: Condição frontal com ressaca; pósCF: pós-condição frontal; CN/R: Condição normal com ressaca; pósR: pós-ressaca; ASAS: Alta Subtropical do Atlântico Sul; Anticiclone: Sistema de alta pressão; SF-CE: Sistema frontal associado a ciclone extratropical;

Em condições de CI (outubro) a altura máxima foi de 0,80 m, em Itar-04. Já em CN (condições de tempo bom) sem ressaca a maioria das alturas de ondas não ultrapassou 0,50 m, sendo esta a condição de menor altura, como em janeiro e fevereiro de 2014.

A altura máxima média do período de julho de 2013 a fevereiro de 2014 foi de 1,44 m.

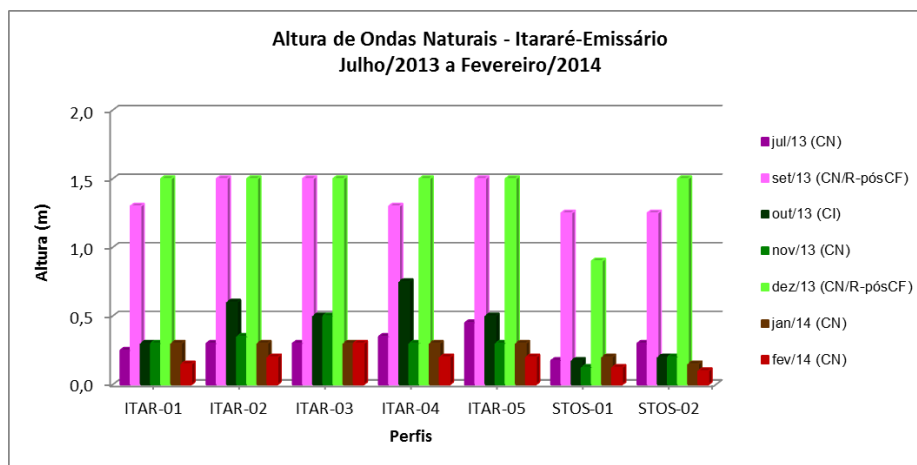


Figura 8.3.3.1-1. Variação têmporo-espacial da altura de ondas máximas médias medidas entre julho de 2013 e fevereiro de 2014.

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

A Figura 8.3.3.1-2 mostra as alturas máximas de ondas medidas para o monitoramento de 2010, 2011 e 2013/2014.

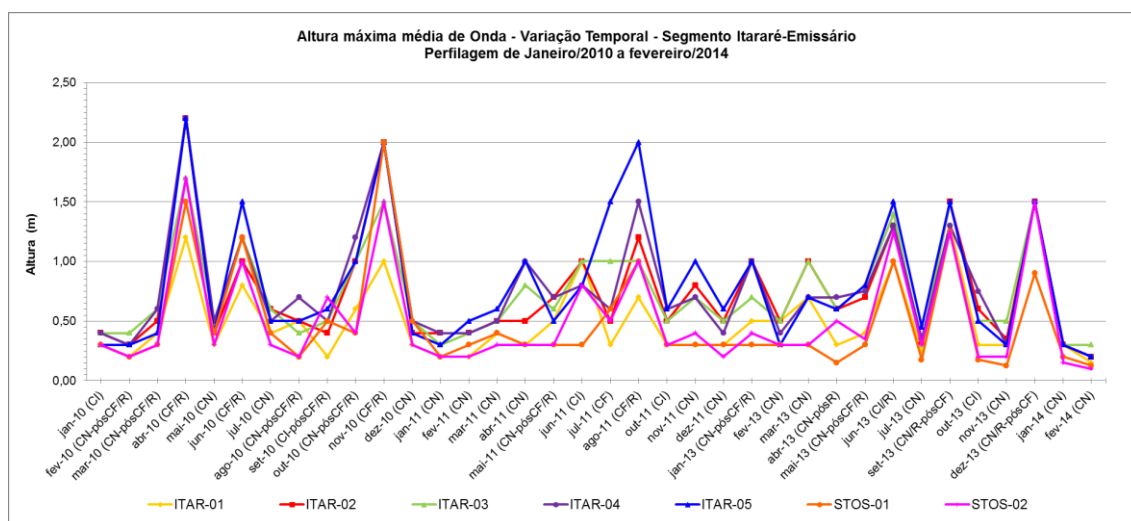


Figura 8.3.3.1-2. Variação têmporo-espacial da altura de ondas (máximas médias) medidas durante os monitoramentos praias em 2010, 2011 e 2013/2014.

Em 2010 as alturas dessas ondas oscilaram entre 0,2 m e 2,2 m, com média das alturas máximas de 0,72 m. As alturas das ondas apresentaram a seguinte variação: em condições sem ressaca (8 perfilagens) variaram de 0,2 m a 1,0 m e nas condições com ressaca (4 perfilagens) de 0,8 m a 2,2 m.

Em 2011, a altura máxima foi de 2,0 m e a mínima de 0,2 m e a média das alturas máximas foi de 0,58 m. Nas condições de ressaca (1 perfilagem) as alturas das ondas variaram de 0,7 m a 2,0 m, enquanto nas condições sem ressaca (10 perfilagens) de 0,2 m a 1,5 m.

No período 2013/2014, a altura máxima variou entre 0,10 m e 1,5 m, com média das alturas máximas de 0,64 m. Nas condições de ressaca (2 perfilagens) as alturas variaram de 0,8 m a 1,5 m e nas condições sem ressaca (10 perfilagens) de 0,10 m a 1,0 m.

Comparando as alturas máximas para os três períodos, observa-se diminuição das mesmas com o tempo, de 2010 (2,2 m), para 2011 (2,0 m) e 2013/2014 (1,5 m). As alturas mínimas pouco variaram nesse período, mas também indicam diminuição, entre 0,13 m e 0,10 m.

Por outro lado, as médias das alturas máximas (Tabela 8.3.3.1-2) indicam o maior valor em 2010 (0,72 m), seguido de 2013/2014 (0,64 m) e de 2011 (0,58 m).

Esses resultados são compatíveis com a distribuição dos eventos de alta energia em cada ano e também com a intensidade dos mesmos: em 2010 foram 3 eventos de ressacas, 2 de muito forte intensidade e 1 de média; em 2011 ocorreu apenas 1 de forte intensidade; em 2013/2014 foram 3 eventos de média intensidade.

Em relação aos perfis, Itar-05 foi aquele que via-de-regra apresentou as maiores alturas de ondas, enquanto Stos-01 as menores. Essas características são esperadas, já que o primeiro corresponde à área mais erosiva da praia devido à presença de um forte embaçamento natural (interação entre as ilhas de Urubuqueçaba e Feiticeira), e o outro é a área mais deposicional da praia devido à formação do tómbolo atrás da Ilha de Urubuqueçaba e da interação com o espigão do Emissário Submarino (Figura 8.3.3.1-3).

Tabela 8.3.3.1-2. Médias das alturas máximas médias das ondas medidas nos perfis do segmento Itararé-Emissário, durante os monitoramentos de 2010 (janeiro a dezembro), 2011 (janeiro a dezembro) e 2013 e 2014 (janeiro de 2013 a fevereiro de 2014).

PERFIS	MÉDIA DAS ALTURAS MÁXIMAS (m)		
	2010	2011	2013 e 2014
ITAR-01	0,52	0,41	0,58
ITAR-02	0,81	0,64	0,76
ITAR-03	0,78	0,66	0,76
ITAR-04	0,88	0,69	0,73
ITAR-05	0,80	0,85	0,74
STOS-01	0,66	0,39	0,41
STOS-02	0,60	0,41	0,52
MÉDIA	0,72	0,58	0,64

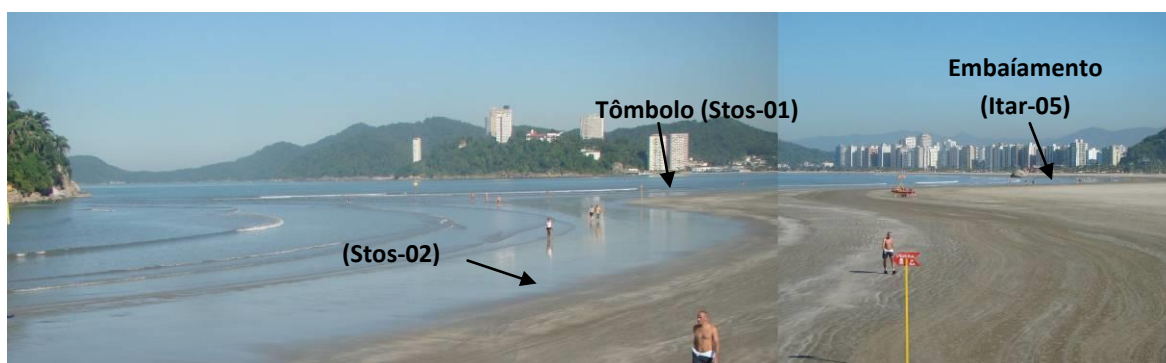


Figura 8.3.3.1-3. Tômbolo (perfil Stos-01) da Ilha de Urubuqueçaba e forte embaçamento praial no trecho do perfil Itar-05 (ao fundo à direita a Ilha da Feiticeira) (foto de 21 de maio de 2011).

Em 2010-2011 praticamente não houve rumo preferencial de transporte longitudinal resultante, sendo igualmente importantes os transportes para W e para E (31,8% cada) ao longo da praia, o que resultou no predomínio do termo E/W (36,4%). Já em 2013/2014, verifica-se predomínio do rumo W (53,8%), seguido do rumo E (38,5%).

Em relação à distribuição dos intervalos azimutais, os mesmos podem variar com os diferentes contextos meteoceanográficos. Entretanto, considerando a disposição geográfica desse segmento praial, há um padrão geral de direções de ondas que variam de ESE (setor ocidental) a S (setor oriental).

Em 2010, foram realizadas perfilagens praias em quatro condições específicas: CF/R (condição frontal com ressaca), CI/R (condição intermediária

com ressaca), CN-pósR (condição normal pós-ressaca) e CN (condição normal sem ressaca).

No período de 2011, as perfilagens praias foram realizadas em cinco condições meteorológica-oceanográficas distintas: CF/R, CN-pósR, CF (condição frontal sem ressaca), CI (condição intermediária sem ressaca) e CN.

Em 2013/2014, foram em cinco contextos meteorológico-oceanográficos: CI/R, CN/R (condição normal com ressaca), CN-pósR, CI e CN.

Para a representação das direções de ondas foi feito o agrupamento estatístico das medidas de direção de ondas, com os seguintes intervalos de azimutes: E=79°-101°; ESE=102°-124°; SE=125°-147°; SSE=148°-170°; S=171°-192°; SSW=193°-215° e SW=216°-238°.

Considerando a ocorrência ou não de ressacas, pode-se delinear três grupos: **com ressaca, pós-ressaca e sem ressaca.**

A Tabela 8.3.3.1-3 apresenta a síntese das classes de direção de ondas (299) obtidas nos anos de 2010, 2011 e 2013/2014 e agrupadas em função dessas situações.

Em 2010 (96 medidas) a direção de ondas apresentou a seguinte distribuição: SSE (30%), S (25%), SE (23%), SSW (10,5%), ESE (8,3%) e SW (3,2%).

Tabela 8.3.3.1-3. Síntese das ocorrências de direção da ortogonal de ondas medidas nas perfilagens praias de 2010, 2011 e 2013/2014 no segmento praiar Itararé-Emissário.

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE DIREÇÃO DE ONDAS NATURAIS - ITARARE-EMISSÁRIO											
ANO	DIREÇÃO	RESSACA (T=67)			PÓS RESSACA (T=72)		SEM RESSACA (T=160)			TOTAL	%
		CF	CI	CN	CI	CN	CF	CI	CN		
2010(T=96)	ESE	1				4			3	8	8,3
	SE	6			3	6		2	5	22	23
	SSE	7			1	11		4	6	29	30
	S	7			3	7			7	24	25
	SSW	2			1	2		2	3	10	10,5
	SW	1				2				3	3,2
2011(T=88)	ESE	1				1	1	2	6	11	12,5
	SE	2				1	1	3	8	15	17,0
	SSE	1				3	4	5	18	31	35,3
	S	3				2	2	3	10	20	22,7
	SSW	1				1		3	6	11	12,5
2013/14(T=115)	E					1			2	3	2,6
	ESE		2			2		1	6	11	9,5
	SE		1	16		4		2	8	31	26,9
	SSE		3	5		10		2	19	39	33,9
	S		1	4		4		1	6	16	14,0
	SSW			2		2		2	4	10	8,8
	SW		1			1			3	5	4,3
TOTAL		32	8	27	8	64	8	32	120	299	
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL POR CONDIÇÃO METEOROLÓGICA		S=31,1%;SSE=25%;SE=25%;ESE=6,3%;SSW=6,3%;SW=6,3%	SSE=37,5%;ESE=25%;SE=12,5%;SW=12,5%;S=12,5%	SE=59%;SSE=18,5%;S=15%;SSW=7,5%	SE=37,5%;S=37,5%;SSE=12,5%;SSW=12,5%	SSE=37,5%;S=20,3%;SE=17,2%;ESE=11%;SSW=7,7%;SW=4,7%;E=1,6%	SSE=50%;S=25%;SE=12,5%;ESE=12,5%	SSE=34,3%;SSW=21,9%;SE=21,9%;S=12,5%;ESE=9,4%	SSE=36%;S=19%;SE=17,5%;ESE=12,5%;SSW=10,8%;SW=2,5%;E=1,7%		
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL EM FUNÇÃO DA OCORRÊNCIA OU NÃO DE RESSACAS		SE(25)=37,2%;SSE(16)=23,9%;S(15)=22,4%;SSW(5)=7,5%; ESE(4)=6%; SW(2) = 3%			SSE(25)=34,7%; S(16)=22,3%;SE(14)= 19,4%; ESE(7)=9,7%;SSW(6)=8,3%;SW (3)=4,2%;E(1)=1,4%		SSE(58)=36,2%;S (29)=18,2%; SE(29)=18,2%; ESE(19)=11,8%;SSW(20)=12,5%;SW(3)=1,8%;E(2)=1,3%				

Em 2011 (88 medidas), as direções foram: SSE (35,3%), S (22,7%), SE (17%), ESE (12,5%) e SSW (12,5%).

No período 2013/2014 (115 medidas), a distribuição foi de: SSE (33,9%), SE (26,9%), S (14%), ESE (9,5%), SSW (8,8%), SW (4,3%) e E (2,6%).

Esses dados mostram que ao longo do período monitorado não ocorreram modificações nas direções de ondas (SSE, S e SE) nem nas respectivas distribuições percentuais de ocorrência dos azimutes.

Em função das condições meteoceanográficas específicas nos três períodos, obteve-se a distribuição dos seguintes intervalos azimutais:

- a) frontal com ressaca - S (31,1%), SSE (25%), SE (25%), ESE (6,3%) e SW (6,3%);
- b) intermediária com ressaca - SSE (37,5%), ESE (25%), SE (12,5%), SW (12,5%) e S (12,5%);
- c) normal com ressaca - SE (59%), SSE (18,5%), S (15%) e SSW (7,5%);
- d) intermediária pós-ressaca - SE (37,5%), S (37,5%), SSE (12,5%) e SSW (12,5%);
- e) frontal sem ressaca - SSE (50%), S (25%), SE (12,5%) e ESE (12,5%);
- f) intermediária sem ressaca - SSE (34,3%), SE (21,9%), SSW (21,9%), S (12,9%), ESE (9,4%);
- g) normal sem ressaca - SSE (36%), S (19%), SE (17,5%), ESE (12,5%), SSW (10,8%), SW (2,5%) e E (1,7%).

Assim, no grupo de medidas sob condições de **ressaca**, as direções preferenciais foram: SE (37,5%), SSE (23,9%), S (22,4%), SSW (7,5%), ESE (6%) e SW (3%).

No grupo de eventos **pós-ressaca**, a distribuição foi: SSE (34,7%), S (22,3%), SE (19,4%), ESE (9,7%), SSW (8,3%), SW (4,2%) e E (1,4%).

Nos eventos **sem ressaca** os intervalos foram os seguintes: SSE (36,2%), S (18,2%), SE (18,2%), ESE (11,8%), SSW (12,5%), SW (1,8%) e E (1,3%).

Portanto, nas ressacas predominaram as direções SE, SSE e S, nas demais situações as direções SSE, S e SE.

Ao contrário dos demais arcos praias, neste observa-se a influência direta das ondas de S e SSE nos eventos de ressaca, em especial quando concomitante com frentes frias. Nas condições intermediárias e normais com ressaca, as ondas vão paulatinamente mudando de direção, passando de SSE para SE.

8.3.3.2. Morfometria e Morfologia praial

Em relação à largura da praia, os perfis deste segmento praial, também apresentaram baixa variabilidade temporal de largura praial (Figura 8.3.3.2-1).

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 esperados, como: maiores larguras associadas a condições de tempo bom (CN), e menores larguras ocorrendo durante a atuação de ressacas (R) ou logo após (pós-R), como em setembro e dezembro de 2013.

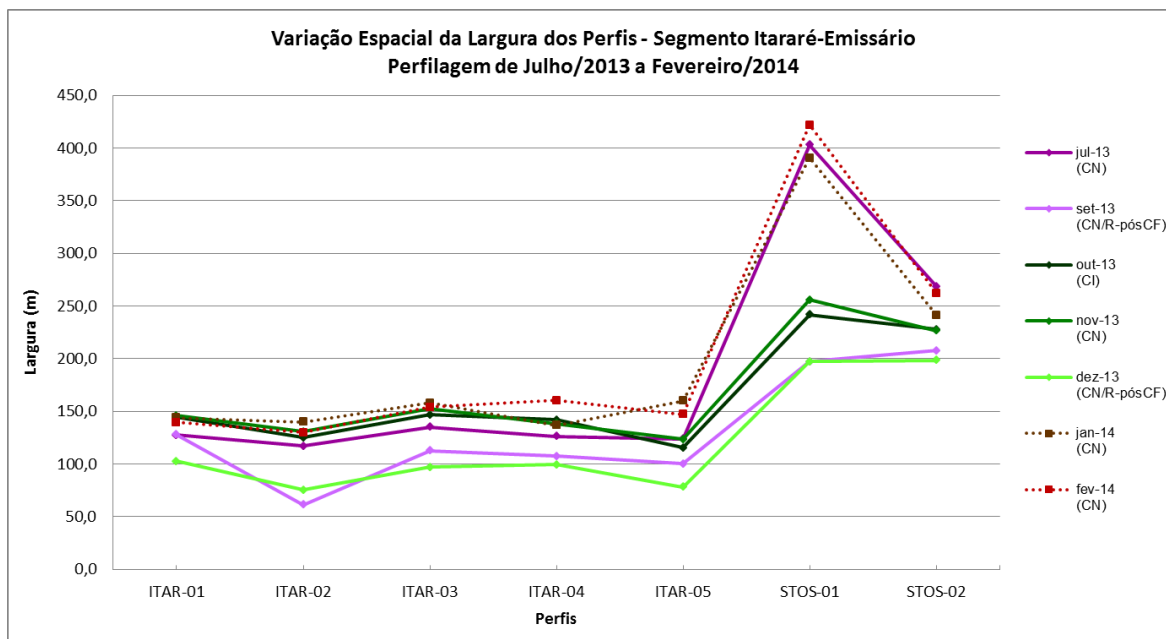


Figura 8.3.3.2-1. Variação espacial da largura praias no segmento Itararé-Emissário, no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

A variação espacial da declividade média do segmento praias Itararé-Emissário é exibida na Figura 8.3.3.2-2. A tendência geral das curvas indica padrões de maior declividade nos eventos de ressacas, e de menor declividade nas condições sem ressacas. Ao longo do tempo, não ocorreram variações substanciais nos valores da declividade média, em sua maioria inferiores a 1,0°.

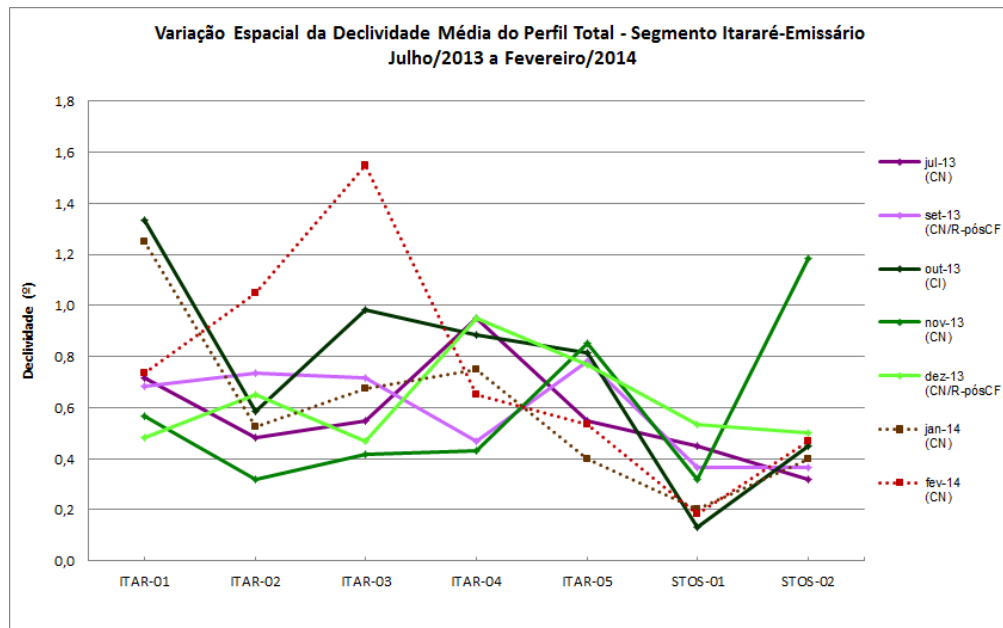


Figura 8.3.3.2-2. Variação espacial da declividade média (estirâncio + pós-praia) do segmento Itararé-Emissário, no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Comparação entre os monitoramentos 2010, 2011 e 2013/2014

Comparando os 3 anos de monitoramento (Figura 8.3.3.2-3) destaca-se que em 2013/2014 ocorreu um forte aumento nas larguras do perfil Stos-01 e, em menor proporção, do perfil Stos-02, ambos localizado no setor leste da praia. No setor oeste, por outro, os perfis Itar-01 e Itar-02 apresentaram reduções nas suas larguras, sendo que Itar-02 parece ter sido especialmente afetado pelas ressacas. Já nos perfis Itar-04 e Itar-05 as larguras se mantiveram aproximadamente constantes.

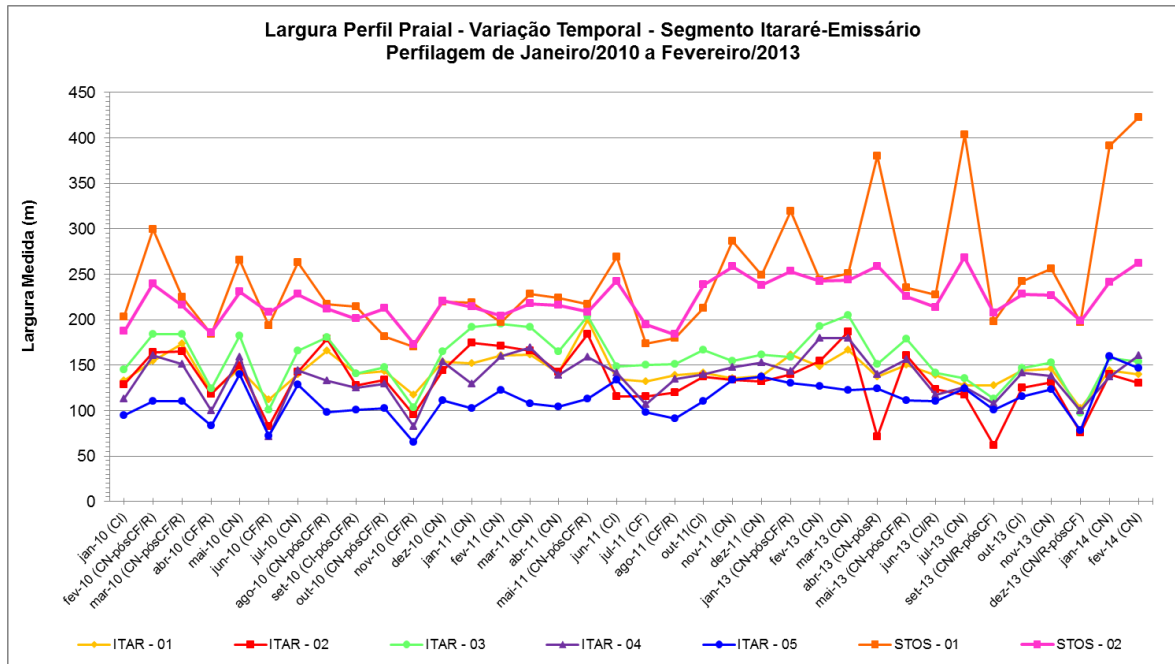


Figura 8.3.3.2-3. Variação têmporo-espacial da largura praial total nos perfis do segmento Itar r -Emissário, entre janeiro de 2010 e fevereiro de 2014.

  importante destacar que parte do aumento verificado em Stos-01 está associado, na verdade,   execu o do perfil em picos de baixamar. Em fevereiro de 2014 (CN perdurando desde o final de dezembro de 2013 e maré meteorológica negativa), por exemplo, toda a praia se encontrava totalmente exposta até o limite da Ilha de Urubuqueçaba (Figura 8.3.3.2-4), situa o esta nunca presenciada durante os monitoramentos desde 2010, mas somente em fases de baixamar de sizígia.

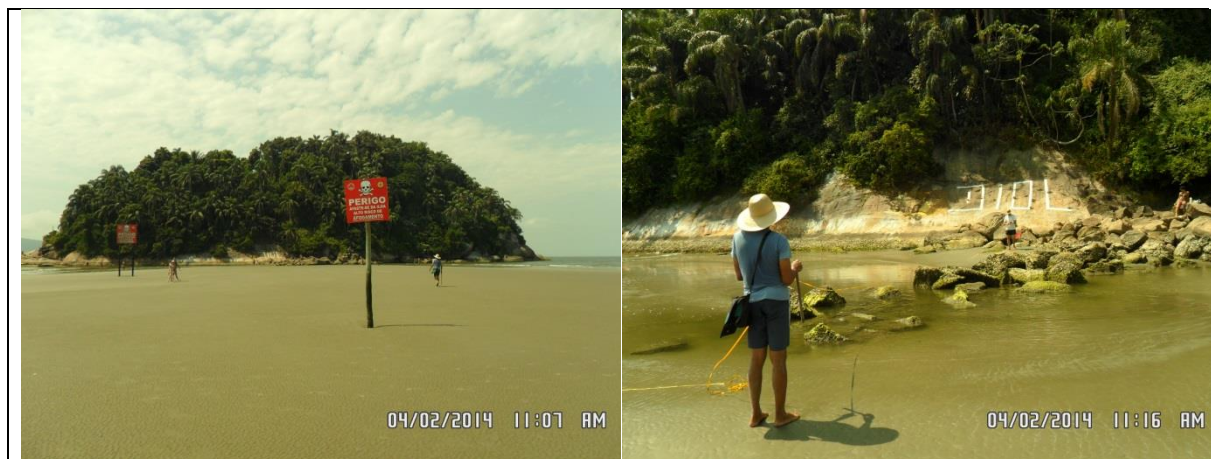


Figura 8.3.3.2-4. Perfil Stos-01 anormalmente extenso, terminando junto à Ilha de Urubuqueçaba, no pico da baixamar de quadratura, porém em atuação de maré meteorológica negativa (fevereiro de 2014).

8.3.3.3. Granulometria dos sedimentos do estirâncio

As Figuras 8.3.3.3-1 mostram a variação do diâmetro médio e do grau de seleção, no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014. Observa-se predomínio de areias muito finas (phi entre 3 e 4) e muito bem selecionadas (phi grau menor que 0,35) em todo o segmento praial.

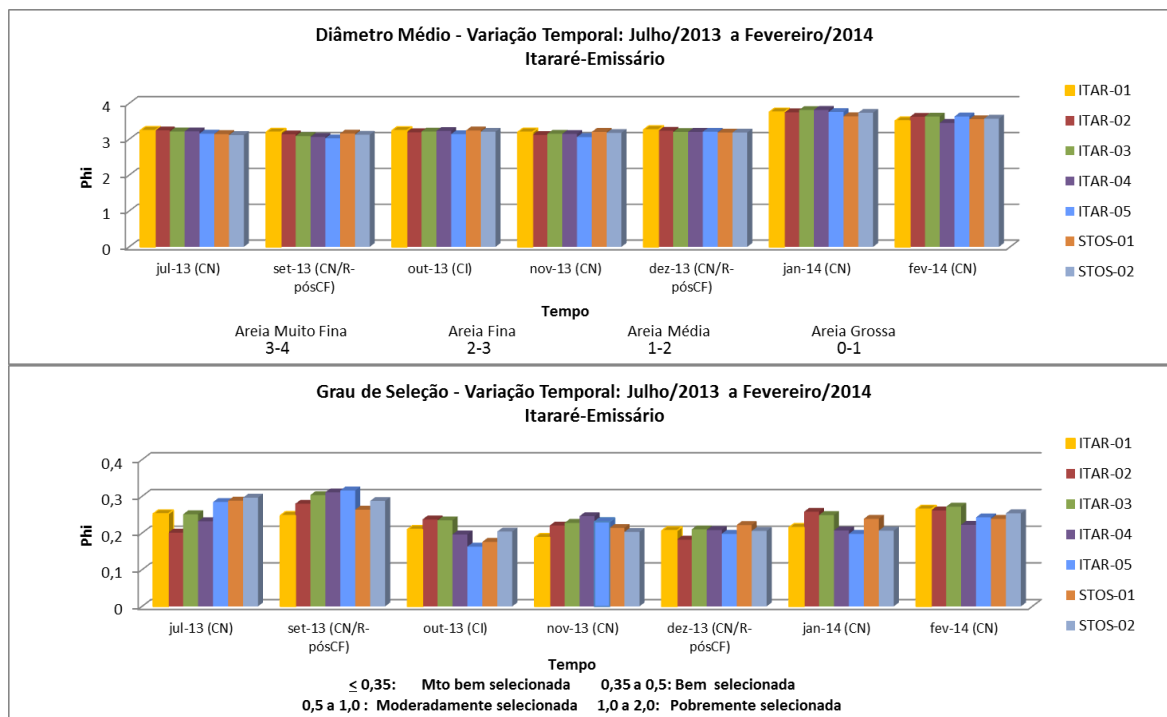


Figura 8.3.3.3-1. Variação textural do diâmetro médio e grau de seleção dos sedimentos do segmento Itararé-Emissário no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Em relação aos valores de curtose (Figura 8.3.3.3-2), ocorreram variações espaciais e também temporais. Em julho (CN), houve redução da curtose no sentido de W para E, respectivamente, de sedimentos leptocúrticos para mesocúrticos. Em setembro (CN/R) os sedimentos mesocúrticos ocorreram nas extremidades do arco praiar, e os platicúrticos na porção central. Já em outubro (CI) e novembro (CN) ocorreu alternância de sedimentos mesocúrticos e leptocúrticos ao longo da praia. No mês de dezembro (CN/R) ocorreu a predominância de valores mesocúrticos. Em janeiro (CN) a curtose apresentou valores leptocúrticos em todos os perfis, exceto em Stos-01 (mesocúrticos). No mês de fevereiro (CN) predominaram valores mesocúrticos em toda praia, exceto em Itararé-04 (leptocúrticos).

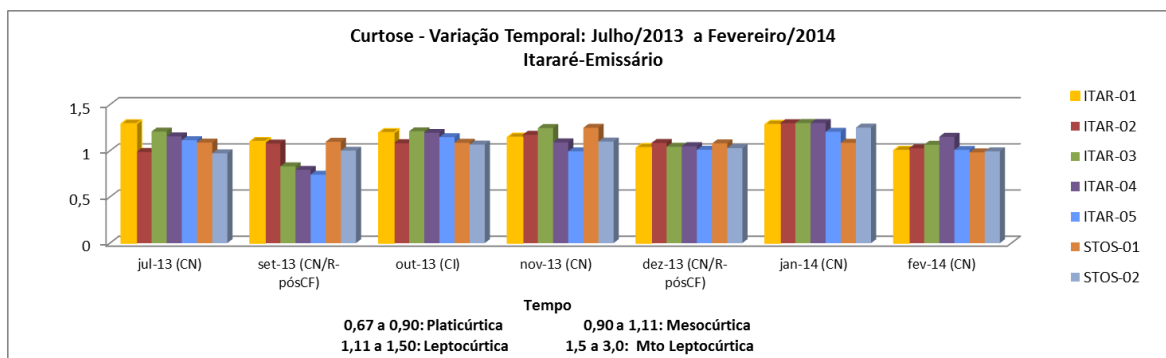


Figura 8.3.3.3-2. Variação textural da curtose dos sedimentos do segmento Itararé-Emissário no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Em relação ao grau de assimetria (Figura 8.3.3.3-3), em julho e setembro houve predominância de assimetrias negativas, tanto ao longo da praia, como ao longo do tempo, exceto em Itar-01 e Itar-02 (julho) e Itar-05 (setembro). Em outubro, novembro, dezembro e janeiro o predomínio foi dos valores simétricos, com exceções de tendências negativas em Itar-02 e Itar-03 (novembro) e positivas em Itar-03 e Itar-04 (janeiro). Em fevereiro ocorreram variações entre grau simétrico e valores positivos.

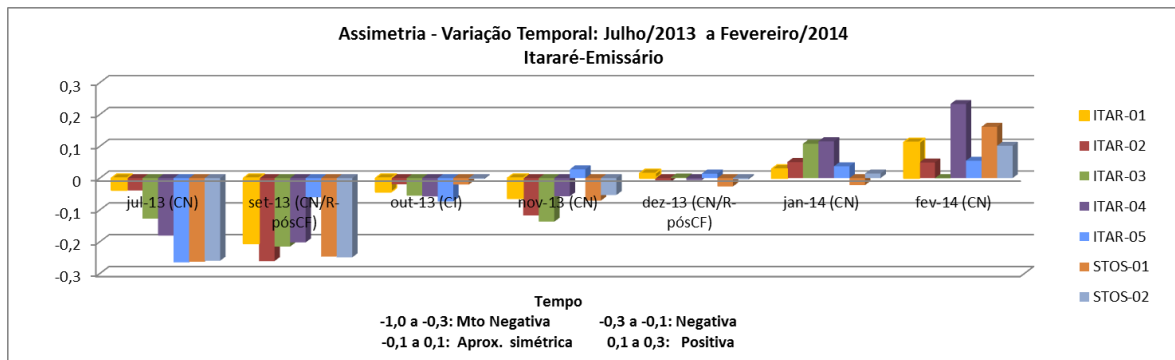


Figura 8.3.3.3-3. Variação textural do grau de assimetria dos sedimentos do segmento Itararé-Emissário no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

De maneira geral, os sedimentos dessa praia apresentaram a mesma classificação textural ao longo dos anos: areias muito finas, muito bem selecionadas, mesocúrticas e com assimetrias negativas (Figura 8.3.3.3-4).

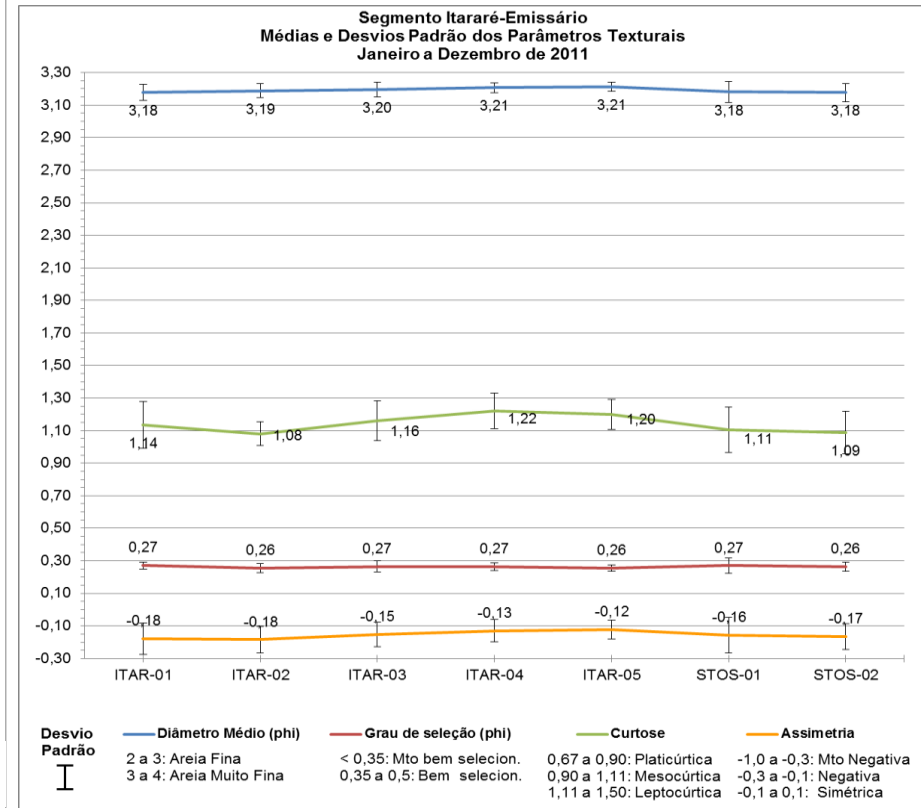
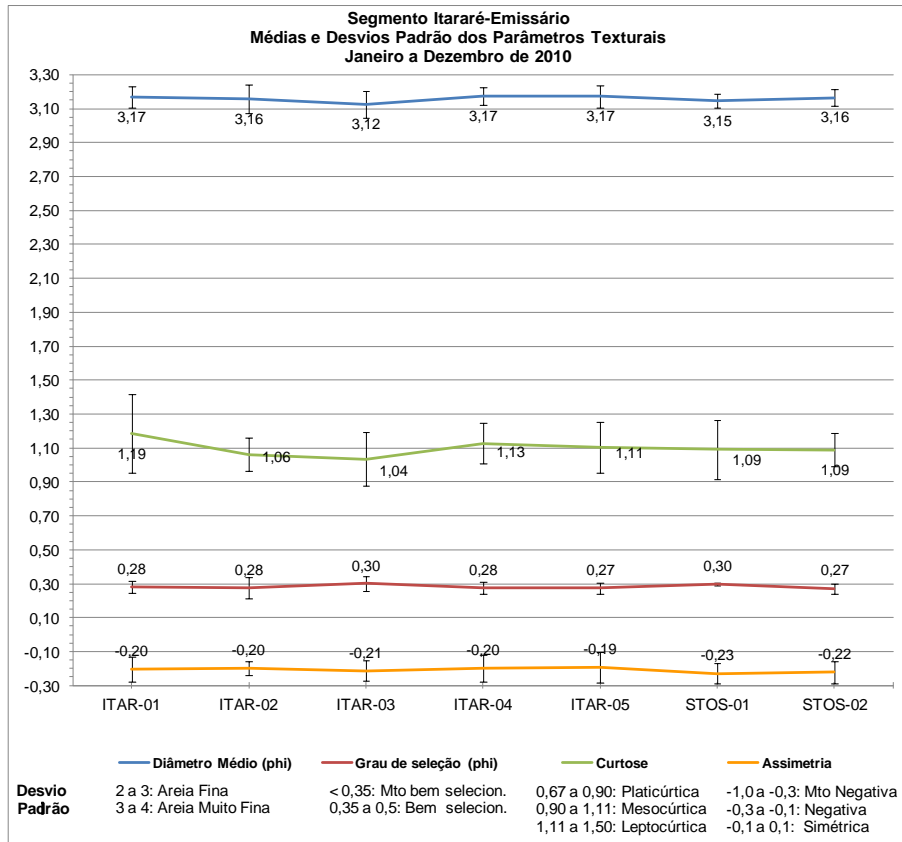


Figura 8.3.3-4. Distribuição das médias/desvios-padrão dos parâmetros texturais do segmento Itararé-Emissário no período de janeiro-dezembro de 2010.

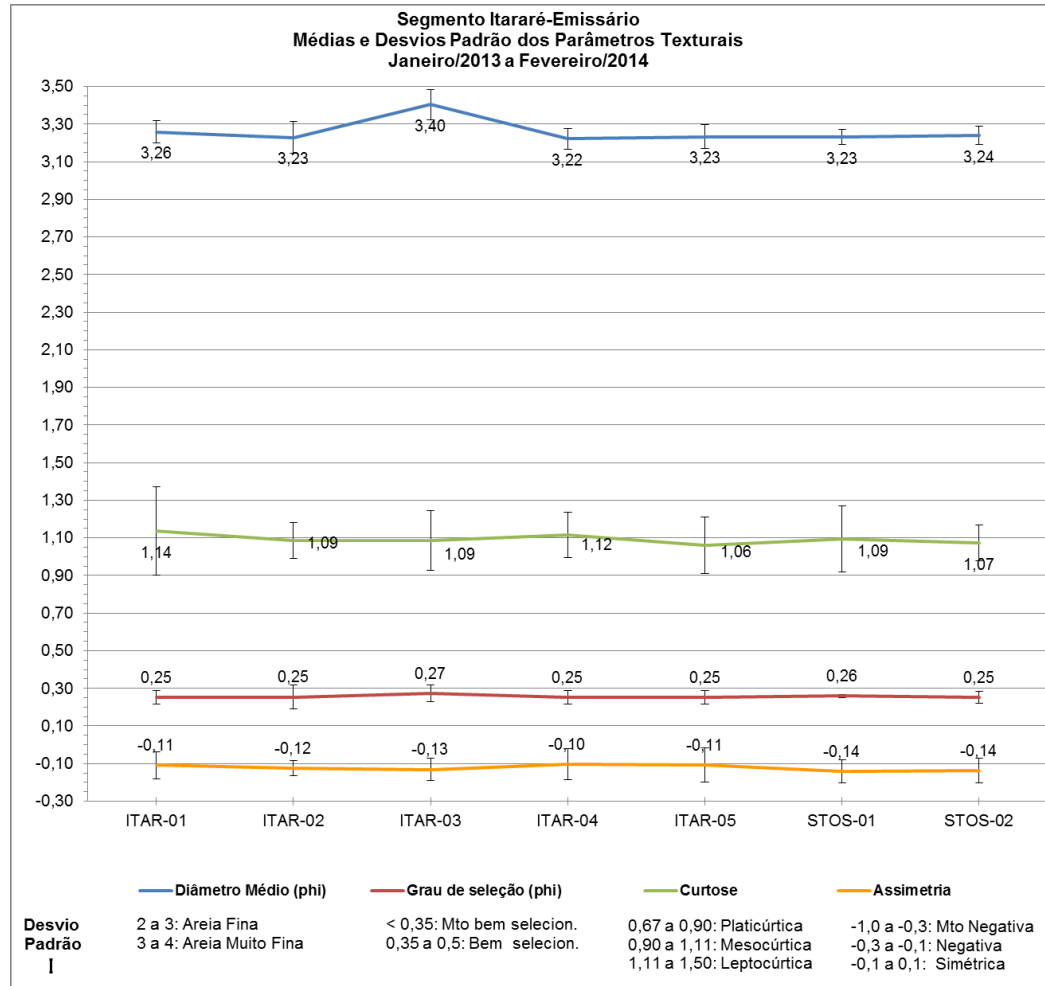


Figura 8.3.3.3-4. Distribuição das médias/desvios-padrão dos parâmetros texturais do segmento Itararé-Emissário no período de janeiro-dezembro de 2010.

Entretanto, comparando-se esse período em detalhe verifica-se que entre 2010 e 2011 não ocorreram alterações significativas nas propriedades texturais dos sedimentos. Entretanto, em 2013/2014 os sedimentos se tornaram relativamente pouco mais finos, melhor selecionados e com assimetrias pouco menos negativas. Essa sutil mudança pode ser explicada pelas diferenças em termos de eventos meteoceanográficos e também pelas alterações morfométricas e de transporte ao longo da praia.

8.3.3.4. Células de deriva litorânea

As diversas configurações das células de deriva litorânea obtidas entre julho de 2013 e fevereiro de 2014 são apresentadas na Figura 8.3.3.4-1.

No período de monitoramento, o transporte costeiro longitudinal resultante ao longo da praia apresentou os seguintes rumos: para W nos meses de julho, setembro e novembro; para E nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro; e para E/W (sem resultante) em outubro.

Vários perfis apresentam configurações predominantes de células, que tornam os processos erosivos ou deposicionais mais intensos, como se segue:

- a) Itar-02 e Itar-05: zonas de barlamar ou de divergência de células (predomínio de Erosão), representativas de maior erosão nesses perfis quando comparados aos seus vizinhos;
- b) Stos-01: zonas de sotamar ou de convergência de células (predomínio de deposição no tómbolo Urubuqueçaba), o que explica as maiores larguras desses perfis;
- c) Itar-03 e Itar-04: nesses perfis houve predomínio de zonas de transporte.

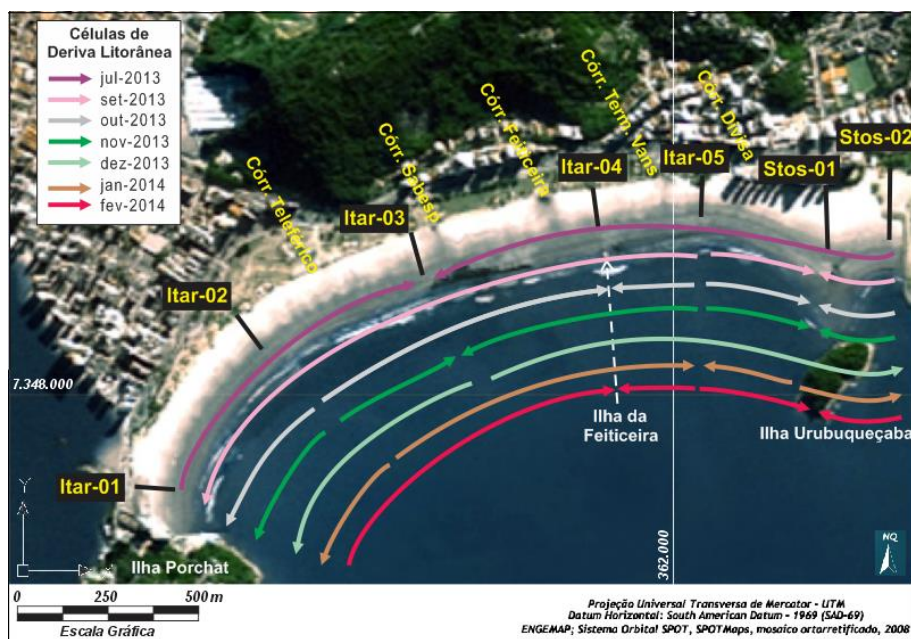


Figura 8.3.3.4-1. Representação da variação do comportamento das células de deriva litorânea no segmento Itararé-Emissário, entre julho de 2013 e fevereiro de 2014.

Comparação entre os anos de 2010, 2011 e 2013/2014

A Tabela 8.3.3.4-1 apresenta os resultados obtidos para a deriva litorânea durante os monitoramentos de 2010, 2011 e 2013/2014.

Em 2010-2011 praticamente não houve rumo preferencial de transporte longitudinal resultante, sendo igualmente importantes os transportes para E (34,8%) e para W (30,4% cada) ao longo da praia, o que resultou no predomínio do termo E/W (34,8%). No período 2013/2014, não foi verificado um rumo preferencial, E (38,4%) e W (38,4%), seguido do equivalente E/W (23,2%).

Tabela 8.3.3.4-1. Síntese do comportamento dos perfis em relação aos processos envolvidos na célula de deriva litorânea (E= Erosão, D= Deposição, T= Transporte; L= Leste, W= Oeste) no período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014.

PERFIL	jan/10 (C/R)	fev/10 (CN-pósCF/R)	mar/10 (CN-pósCF/R)	abr/10 (CF/R)	mai/10 (CN)	jun/10 (CF/R)	jul/10 (CN)	ago/10 (CN-pósCF/R)	set/10 (CF-pósCF/R)	out/10 (CN-pósCF/R)	nov/10 (CF/R)	dez/10 (CN)	jan/11 (CN)	fev/11 (CN)	mar/11 (CN)	abr/11 (CN)	mai/11 (CN-pósCF/R)	jun/11 (CI)	jul/11 (CF)	ago/11 (CF/R)	out/11 (CI)	nov/11 (CN)	dez/11 (CN)	Nº Ocorrências Erosão (E)	Nº Ocorrências Transporte (T)	Nº Ocorrências Deposição (D)	Processo Dominante	Nº Ocorrências Processo Dominante	Processo Dominante (%)
ITAR-01	E	E	D	E	E	D	D	E	E	D	D	E	E	E	E	D	E	D	E	E	E	D	D	14	-	9	E	14	60,9
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	10	43,5
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	9	39,1
ITAR-04	D	T	D	T	E	T	D	E	D	T	T	D	D	T	T	D	D	E	D	T	T	T	T	5	9	9	D/T	9	39,1
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	14	60,9
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	11	47,8
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	12	52,2
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				L/W	8	34,8

PERFIL	jan/13 (CN-pósCF/R)	fev/13 (CN)	mar/13 (CN)	abr/13 (CN-pósR)	mai/13 (CN-pósCF/R)	jun/13 (CI/R)	jul/13 (CN)	set/13 (CN/R-pósCF)	out/13 (CI)	nov/13 (CN)	dez/13 (CN/R-pósCF)	jan/14 (CN)	fev/14 (CN)	Nº Ocorrências Erosão (E)	Nº Ocorrências Transporte (T)	Nº Ocorrências Deposição (D)	Processo Dominante	Nº Ocorrências Processo Dominante	Processo Dominante (%)
ITAR-01	D	E	E	D	D	E	E	D	D	D	D	D	E	5	-	8	D	8	61,5
ITAR-02	E	D	T	E	E	D	T	T	E	E	T	E	T	6	5	2	E	6	46,2
ITAR-03	T	E	D	T	T	T	D	T	T	D	E	T	T	2	8	3	T	8	61,5
ITAR-04	T	T	T	D	D	E	T	T	D	T	T	T	D	1	8	4	T	8	61,5
ITAR-05	D	D	T	E	E	T	T	E	E	E	T	D	E	6	4	3	E	6	46,2
STOS-01	E	T	T	T	D	D	T	D	D	D	T	E	D	2	5	6	D	6	46,2
STOS-02	D	E	E	D	E	E	E	E	E	E	D	D	E	9	-	4	E	9	69,2
RUMO RESULTANTE	L	L/W	W	L	W	L/W	W	W	E/W	W	L	L	L				L/W	8	61,5

Comparando os processos envolvidos nas células (E, D, T, mistos) de 2010-2011 para 2013/2014 (Tabela 8.3.3.4-2), observa-se uma mudança significativa:

- a) processos erosivos (E) - em 2010/2011 ficaram restritos ao perfil Itar-01, mas em 2013/2014 abrangeram os perfis Itar-02, Itar-05 e Stos-02;
- b) processos deposicionais (D) - em 2010/2011 predominaram nos perfis Itar-02 e Stos-02, mas em 2013/2014 ocorreram nos perfis Itar-01 e Stos-01;
- c) processos de transporte (T) - em 2010/2011 predominaram nos perfis Itar-05 e Stos-01, mas em 2013/2014, nos perfis Itar-03 e Itar-04;
- d) processos mistos (E/T e D/T) ocorreram apenas em 2010/2011 nos perfis Itar-03 e Itar-04.

Tabela 8.3.3.4-2. Processos sedimentares predominantes observados nos perfis praias em 2010-2011 e 2013/2014, com base no método das células de deriva litorânea.

ANO	EROSÃO	DEPOSIÇÃO	TRANSPORTE	MISTOS
2010-2011	Itar-01	Itar-02 Stos-02	Itar-05 Stos-01	Itar-03(E/T) Itar-04(D/T)
2013/2014	Itar-02 Itar-05 Stos-02	Itar-01 Stos-01	Itar-03 Itar-04	

8.3.3.5. Risco à erosão costeira

A classificação de risco à erosão costeira deste segmento praias é de risco baixo (Tabela 8.3.3.5-1).

Tabela 8.3.3.5-1. Classificação de risco à erosão costeira (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	X			MÉDIO	3,0	BAIXO (1,6)
ITAR - 02		X										MUITO BAIXO	1,0	
ITAR - 03		X										MUITO BAIXO	1,0	
ITAR - 04		X										MUITO BAIXO	1,0	
ITAR - 05		X									X	BAIXO	1,0	
STOS - 01		X							X			BAIXO	2,0	
STOS - 02		X						X	X			BAIXO	2,0	

Comparando com os anos anteriores (2010-2011), o grau de risco total não se alterou em 2013/2014.

Entretanto, o trecho mais crítico dessa praia, que está no seu extremo oeste, junto ao Ilha Porchat Clube e próximo ao perfil Itar-01, aumentou sua classificação de risco para grau médio, pois tem se tornado cada vez mais estreito e a pós-praia está desaparecendo. Conseqüentemente, o local tem sido palco de frequentes inundações durante as ressacas, mesmo as de fraca intensidade (Figura 8.3.3.4-2). Note-se bem que os indicadores de erosão costeira apontados para o perfil Itar-01 são, na realidade, referentes a essa área.



Figura 8.3.3.4-2. Extremidade oeste da Praia do Itararé em condições de tempo bom/sem ressaca (esquerda) e tempo bom/com ressaca (ressaca).

8.3.3.6. Balanço sedimentar

A Figura 8.3.3.6-1 apresenta os conjuntos de curvas morfológicas dos perfis selecionados para o cálculo do balanço sedimentar (Itar-02, Itar-05 e Stos-01), em condições de tempo bom sem ressaca - CN (fevereiros de 2010, 2011, 2013 e 2014) e de condições de frente fria com ressaca – CF/R (abril de 2010, agosto de 2011) e CN/R (dezembro de 2013).

Como dito anteriormente, Itar-05 e Stos-01 representam, respectivamente, o perfil mais estreito e o mais largo da praia, e ambos sofrem influência das ilhas de Urubuqueçaba e da Feiticeira. O perfil Itar-02 representa o conjunto de perfis do setor central e oeste da praia, tendo sido o mais afetado pelas ressacas de 2013.

As condições de contorno para cada um desses meses são encontradas na Tabela 8.3.3.6-1. Algumas situações importantes devem ser destacadas porque se refletem nos volumes e no balanço sedimentar, como as que se seguem.

- a) As intensidades das ressacas foram diferentes: a de abril de 2010 foi a mais intensa (muito forte intensidade); a agosto de 2011, embora também de forte intensidade, foi pouco mais fraca; a de dezembro de 2013 foi de média intensidade e, ao contrário das demais, não ocorreu em CF, mas em CN. Então, é esperado que os volumes de abril sejam menores que os demais.
- b) Dentre os perfis em CN, o de fevereiro de 2010 foi realizado em condições de pós-CF/R e, por isso, esperam-se menores volumes para esse mês em comparação com os demais nessas condições.
- c) O monitoramento de fevereiro de 2014 foi efetuado após uma longa fase de CN (Anticiclone e onda de calor e ausência de chuvas), que perdurou em São Paulo desde o final de dezembro de 2013. Além disso, foi verificada uma baixamar muito baixa para os padrões de quadratura (provável maré meteorológica negativa). Por exemplo, o perfil Stos-01 se estendia até a Ilha de Urubuqueçaba, situação nunca constatada durante os monitoramentos (vide Figura 8.3.3.1-3). Por isso, é esperado que os volumes sejam maiores nesse mês.

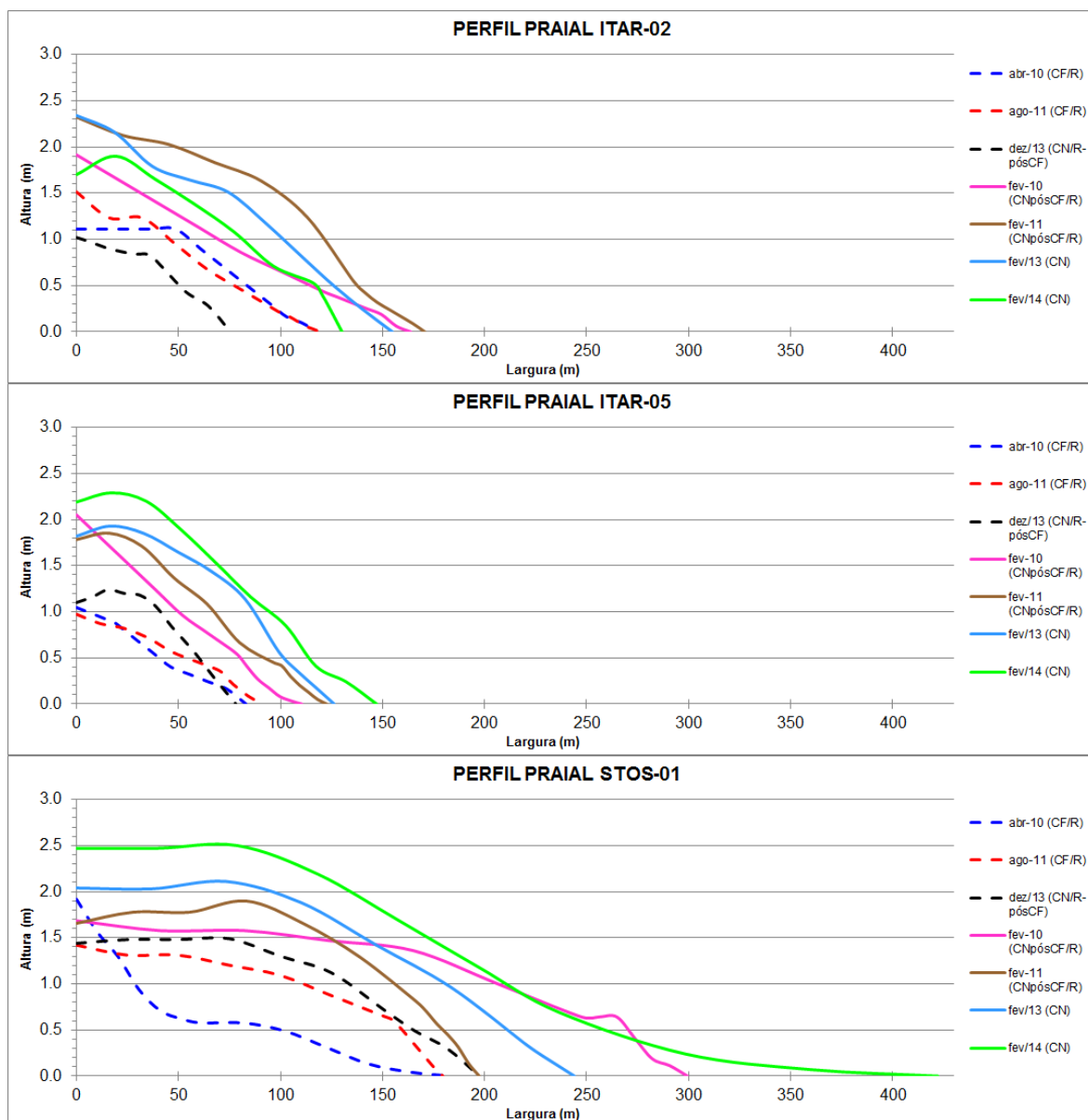


Figura 8.3.3.6-1. Representação morfológica dos perfis selecionados, representativa de CN e CR.

Tabela 8.3.3.6-1. Condições de contorno referentes aos meses selecionados em CN e CR.

Itararé-Emissário	Data	Condição Atmosférica (dia)	Altura de Ondas (m)	Ventos	Marés (hora-altura)	Condição Atmosférica antecedente (d= dias)
Perfil Construtivo (CN)	21/02/2010	CN-pósCF/R Ensolarado com onda de calor	0,2 a 1,0	Aragem a brisa suave	6:09h-1,0m; 13:00h-0,6m	CN(4d) e CF(3d)
	22/02/2011	CN Ensolarado com chuva rápida	0,2 a 0,4	Aragem a brisa suave	11:54h-0,4m; 16:58h-1,4m	CF(2d) e CN(5d)
	02/02/2013	CN Ensolarado	0,3 a 0,5	Aragem a vento fresco	6:04h-1,0m; 13:26h-0,5m; 19:04h-1,1m	CF(2d), ZC(3d) e CN(2d)
	04/02/2014	CN Ensolarado com onda de calor	0,1 a 0,3	Brisa leve a moderada	11:36h-0,7m; 16:51h-1,2m	CN(7d)
Perfil Destrutivo (CR)	06/04/2010	CF/R Nublado e chuvoso	1,2 a 2,2	Vento a ventania	8:11h-0,8m; 10:51h-0,9m; 14:56h-0,6m	CF(5d) e CN(2d)
	20/08/2011	CF-R Nublado e chuvoso	0,7 a 2,0	Brisa moderada a vento fresco	13:09h-0,5m; 17:54h-1,0m	CF(5d) e CN(2d)
	07/12/2013	CN/R-pósCF Ensolarado a encoberto	1,3 a 2,5	Brisa leve a moderada	11:58h-0,7m; 16:23h-1,0m	CF(4d) e CN(3d)

Os cálculos do balanço sedimentar feitos para cada uma dessas curvas são apresentados nas tabelas 8.3.3.6-2 e 8.3.3.6-3.

Tabela 8.3.3.6-2. Balanço sedimentar dos perfis selecionados do segmento Itararé-Emissário, relativo à condição de perfil erosivo (CR), nos meses de abril de 2010, agosto de 2011 e julho de 2013.

Volume dos Perfis (m³)				Balanço Sedimentar (m³) - Perfis em Fase Destrutiva (CR)					
Perfil	abr-10 (CF/R)	ago-11 (CF/R)	dez-13 (CN/R-pósCF)	(abr-10 a ago-11)	%	(ago-11 a dez-13)	%	abr-10 a dez-13	%
ITAR-02	89.85	92.96	48.25	3.11	3.46	-44.71	-48.10	-41.60	-46.30
ITAR-05	43.91	51.32	66.15	7.42	16.90	14.83	28.89	22.25	50.67
STOS-01	102.33	177.07	216.32	74.74	73.04	39.25	22.17	113.99	111.40
TOTAIS	236.09	321.36	330.73	85.27	36.12	9.37	2.92	94.64	40.09

Tabela 8.3.3.6-3. Balanço sedimentar dos perfis selecionados do segmento Itararé-Emissário, relativo à condição de perfil construtivo (CN), nos meses de fevereiro de 2010, 2011, 2013 e 2014.

Volume dos Perfis (m³)					Balanço Sedimentar (m³) - Perfis em Fase Construtiva (CN)							
Perfil	fev-10 (CN-pósCF/R)	fev-11 (CN)	fev-13 (CN)	fev-14 (CN)	(fev-10 a fev-11)	%	(fev-11 a fev-13)	%	(fev-13 a fev-14)	%	(fev-10 a fev-14)	%
ITAR-02	148.10	239.35	197.69	154.27	91.25	61.62	-41.66	-17.41	-43.43	-21.97	6.17	4.16
ITAR-05	104.85	131.47	155.60	193.46	26.62	25.39	24.13	18.35	37.85	24.33	88.60	84.50
STOS-01	344.80	267.14	347.76	500.07	-77.66	-22.52	80.62	30.18	152.31	43.80	155.27	45.03
TOTAIS	597.75	637.97	701.05	847.79	40.21	6.73	63.09	9.89	146.74	20.93	250.04	41.83

Nas condições mais erosivas da praia (CF/R) são constatadas as seguintes tendências:

- Como esperado, o maior volume total foi de dezembro de 2013 (330,7 m³), seguido de agosto de 2011 (321,4 m³) e de abril de 2010 (236 m³). Portanto, houve incremento paulatino de volume.
- Assim, em termos percentuais de balanços anuais, entre 2010-2011 o balanço foi positivo (~36%), entre 2011-2013 manteve-se em equilíbrio (~3%), contabilizando um balanço final de 40%.
- Em relação ao volume médio dos perfis, como esperado, Itar-05 apresentou o menor (54 m³), seguido de Itar-02 (77 m³), e Stos-01 o maior volume (165 m³).
- Stos-01 apresentou balanço bastante positivo em todos os períodos, com aumento progressivo e significativo dos volumes com o tempo, e balanço total de 111,4%. Esse resultado pode ser explicado pela dinâmica de circulação de células de deriva litorânea desse perfil, onde em 2010-2011

predominava o processo de transporte, mas em 2013-2014 passou a predominar o processo de deposição (vide Tabela 8.3.3.4-1).

- e) Itar-05 também mostrou balanço positivo em todos os períodos, com aumento progressivo e significativo dos volumes com o tempo, e balanço total de 50,7%.
- f) Itar-02, por outro lado, exibiu balanço negativo total de 46,3%, cujo grande déficit de volume ocorreu entre 2011-2013, já que entre 2010-2011 houve equilíbrio. Esse resultado pode ser explicado pela dinâmica de circulação de células de deriva litorânea desse perfil, onde em 2010-2011 predominava o processo de deposição, mas em 2013-2014 passou a predominar o processo de erosão (vide Tabela 8.3.3.4-1).

Nas condições mais construtivas da praia (CN) aparecem as seguintes tendências:

- a) O maior volume total, como esperado, ocorreu em fevereiro de 2014 (~848 m³), seguido de fevereiro de 2013 (701 m³), fevereiro de 2011 (638 m³) e fevereiro de 2010 (598 m³). Portanto, houve incremento paulatino de volume.
- b) Assim, em termos percentuais de balanços anuais, entre 2010-2011 e 2011-2013 ocorreu equilíbrio (~7% e 10%, respectivamente), entre 2013-2014 o balanço levemente positivo (~21%), contabilizando um balanço final de 42%.
- c) Em relação ao volume médio do perfis, como esperado, Itar-05 apresentou o menor (146,4 m³), seguido de Itar-02 (185 m³), e Stos-01 o maior (365 m³).
- g) Stos-01 apresentou balanço negativo entre 2010-2011, mas positivo nos demais períodos, com balanço total de 45%. Esse resultado pode ser explicado pela dinâmica de circulação de células de deriva litorânea desse perfil, onde em 2010-2011 predominava o processo de transporte, mas em 2013-2014 passou a predominar o processo de deposição (vide Tabela 8.3.3.4-1).

- d) Itar-05 mostrou balanço positivo em todos os períodos, com aumento progressivo e significativo dos volumes com o tempo, e balanço total de 84,5%.
- e) Itar-02 exibiu balanço muito positivo entre 2010-2011, mas negativo nos demais períodos, contabilizando um balanço final de 4%, que corresponde ao equilíbrio. Esse resultado pode ser explicado pela dinâmica de circulação de células de deriva litorânea desse perfil, onde em 2010-2011 predominava o processo de deposição, mas em 2013-2014 passou a predominar o processo de erosão.

Assim, comparando os resultados obtidos para CR e CN e levando em consideração as restrições de volume esperadas em função das condições de contorno específicas, conclui-se que:

- a) Nas situações de CN e de CR os volumes totais de cada ano mostraram incremento com o tempo, sugerindo balanço positivo com porcentagens finais muito próximas para ambas as situações (~40% em CR e ~42% em CN).
- b) Stos-01 e Itar-05 apresentaram balanço positivo final nas duas condições, como resultado da dinâmica de circulação de células de deriva litorânea.
- c) Itar-02 exibiu balanço final negativo em CR e em equilíbrio em CN, ambos controlados pela dinâmica de circulação de células de deriva litorânea desse perfil.

Portanto, esses resultados sugerem que os processos observados fazem parte da dinâmica natural dessa praia e não podem ser atribuídos a impactos das obras de dragagem de aprofundamento.

8.4. Conclusões

As principais conclusões obtidas para os segmentos praias estudados no período de monitoramento entre janeiro de 2010 e fevereiro de 2014 são apresentados a seguir.

8.4.1. Praia do Góes

Os resultados apresentados para esta praia parecem estar de acordo com a evolução do fenômeno de rotação praial e a variabilidade de condições meteoceanográficas ocorridas durante o período avaliado. Portanto, os processos observados são coerentes com a evolução dinâmica natural dessa praia, e não podem ser atribuídos a impactos das obras de dragagem de aprofundamento.

A rotação praial foi desencadeada por uma sucessão de ressacas ocorridas pelo menos desde meados de fevereiro de 2010 (antes das obras de dragagem) até agosto de 2011, período em que evoluiu significativamente. Após essa fase, o fenômeno foi desacelerado até o final de 2011, e provavelmente cessou ou esteve em estado de dormência em 2012, estado este controlado pela não ocorrência de ressacas de forte intensidade naquele ano. Em 2013, a atuação de várias ressacas de fraca a média intensidades não foram capazes de retomar o processo, que permaneceu não ativo ou em estado de dormência, ou pode até ter cessado.

Os resultados que embasaram essas conclusões são destacados a seguir.

- a) Altura de ondas: em 2010, durante a fase aguda da rotação praial, não havia qualquer padrão de variação de altura nos perfis (instabilidade morfodinâmica); durante 2011, com o processo já estabelecido, mas ainda evoluindo em pulsos até agosto (última ressaca de muito forte intensidade na região, até o presente), a praia começou a apresentar algum padrão de variação de energia ao longo de seu arco, com as maiores alturas de ondas na sua parte central (área de inflexão da rotação praial) e as menores no extremo oeste (Góes-01); em 2013/2014, com o fenômeno não mais ativo, já se observava uma clara tendência de diminuição gradual de energia (e de altura) do setor leste para o oeste, em qualquer condição de tempo, configuração esta esperada para uma praia com essa fisiografia costeira e morfodinâmica. Essa aparente mudança está associada a um reajuste morfológico da praia devido ao desenvolvimento de uma zona de surfe entre os perfis Góes-05 e Góes-04, como resultado de transporte costa-afora durante/logo após as ressacas. Destaca-se então, que não foi constatado, até o momento, qualquer aumento real na altura das ondas

naturais no setor oriental da praia, conforme havia sido preconizado a partir dos resultados obtidos pela modelagem de ondas efetuada em 2011, como sendo um impacto provável das obras de dragagem de aprofundamento (Fundespa, 2012).

- b) Direção de ondas: em todo o período de monitoramento observou-se que durante as ressacas predomina a direção NNW, que gera correntes de deriva litorânea mais fortes de W para E (transportes mais efetivos de sedimentos); nas demais situações de tempo predominam as direções NNE e N, que geram correntes de E para W e para ambos os sentidos, com transportes de menor intensidade. Durante todo o período de monitoramento não foram percebidas alterações nas direções de ondas ao longo do tempo, mas apenas o controle exercido pelas condições meteorológicas-oceanográficas vigentes.
- c) Morfometria e morfologia: de janeiro de 2010 até agosto de 2011, durante o pleno desenvolvimento da rotação praial, observou-se forte empilhamento de sedimentos (perfis curtos e com elevada declividade) no setor leste da praia, que evoluía em pulsos desencadeados por sucessivas ressacas de forte a muito forte intensidade, ocorrendo, portanto, transporte longitudinal de W para E e transporte costa-adentro muito efetivos em cada pulso. Em 2013/2014 (apenas ressacas de fraca a média intensidade) encontrou-se uma praia com reajuste morfológico, em especial no setor leste, onde ocorreu ligeiro aumento de largura e diminuição da declividade do perfil, além do desenvolvimento de uma estreita zona de surfe, inexistente até então, como resultado do retrabalhamento de sedimentos do perfil emerso para o perfil submerso (transporte costa-afora) durante as ressacas, e da maior efetividade do transporte longitudinal de E para W. Em outras palavras, em 2013/2014 não houve mais empilhamento de sedimentos no setor leste da praia durante/após as ressacas. Outras evidências desse reajuste morfológico são: diminuição considerável da taxa de redução da largura praial em Góes-01 e Góes-02; aproximação das larguras de Góes-04 e Góes-03, que chegam a se igualar; estabilização da largura de Góes-5, que se aproxima da de Góes-01 (agora por causa do reajuste

morfológico e não mais da evolução da rotação como ocorria em 2010-2011).

- d) Granulometria: de janeiro de 2010 até agosto de 2011, à medida que o fenômeno da rotação praiial evoluía, as areias do estirâncio se tornavam paulatinamente mais finas e melhor selecionadas nos perfis do setor leste da praia (Góes-04 e Góes-05), em decorrência do rápido transporte longitudinal de W para E e transporte costa-adentro, e cujas fontes das areias (areias finas e cascalho biodetrítico) eram o perfil emerso e o perfil submerso da praia no setor oeste (sedimentos estocados há muitos anos no setor ocidental da Enseada do Góes). Nas ressacas de 2013 as areias se tornaram relativamente mais grossas e pior selecionadas nos perfis do setor leste da praia, em decorrência do retrabalhamento dos sedimentos mais grossos que haviam sido empilhados na pós-praia durante a rotação praiial e do seu transporte costa-afora. Nas condições de pós-ressacas e sem a influência das mesmas aumentou a efetividade do transporte longitudinal de E para W das areias mais finas (competência para transportar apenas essa granulometria), que passaram a ser reconduzidas para o largo (formação da zona de surfe), retomando assim o seu caminho de volta para o outro canto da praia. Esse processo também causa joeiramento e “engrossa” das areias do estirâncio.
- e) Deriva litorânea: de 2010-2011 para 2013/2014 os perfis Góes-01 e Góes-05 continuaram apresentando as mesmas tendências anteriores, respectivamente de zona de sotamar (processo dominante de deposição) e zona de barlamar (processo dominante de erosão), porém com porcentagens que se elevaram um pouco em Góes-01, mas se mantiveram em Góes-05; os demais perfis mudaram basicamente de tendência, apresentando predominância de zonas de transporte, que resultou em outros reajustes morfológicos.
- f) Erosão praiial: a erosão no Fortim não se alterou desde fevereiro de 2010, o que sugere que a energia das ondas no canto leste da praia não sofreu incremento desde aquela época, caso contrário aumentaria o processo erosivo. Mas esse fato também corrobora a conclusão de que o aparente

aumento relativo na altura das ondas observado no setor leste da praia está, de fato, relacionado ao reajuste morfológica da praia e não à dinâmica das ondas pós-obras de dragagem. O perfil Góes-02 foi o mais afetado em termos de erosão, em decorrência do embaiamento que ali se instalou no início do processo de rotação praial, e a instalação de uma zona de divergência de células de deriva litorânea resultando na fuga de sedimentos tanto para E, quanto para W. Este fato explica parte da boa manutenção de Góes-01 durante todo o período de monitoramento, mas que também foi alimentado pelo grande estoque de sedimentos existente no setor ocidental da enseada.

- g) Balanco sedimentar: para ambas as condições de tempo/morfodinâmica (CN/perfil construtivo e CR/perfil erosivo) os volumes totais de cada ano mostraram incremento com o tempo, resultando em balanços sedimentares finais totais (2010-2014) similares e ligeiramente positivos, com taxas de 30% para CR e 35% para CN, o que demonstra que a praia está equilibrada morfodinamicamente. Entretanto, a praia apresentou um marcado padrão de balanço diferenciado para cada setor, de balanço negativo no setor oeste, equilíbrio no setor central e balanço muito positivo no setor leste, ou seja, tendências já esperadas para uma morfodinâmica regida pela rotação praial. As discrepâncias entre as taxas percentuais de balanço sedimentar observadas para os dois setores opostos da praia (muito maiores no setor oeste e menores no leste), são explicadas pelo grande aporte de sedimentos que estavam estocados na porção submersa da praia no setor ocidental da Enseada do Góes.

8.4.2. Emissário-Ponta da Praia de Santos

Os resultados apresentados para este segmento praial parecem estar de acordo com a variabilidade de condições meteoceanográficas ocorridas durante os monitoramentos, sendo que os processos observados estão coerentes com a evolução dinâmica natural dessa praia, e não podem ser atribuídos a impactos das obras de dragagem de aprofundamento.

A exceção é a região da Ponta da Praia, onde a erosão se acelerou ainda mais desde 2011 e está migrando rapidamente rumo ao Canal 6. As causas para isso parecem ser induzidas direta ou indiretamente por atividades antrópicas, como destacado a seguir.

- ✓ Impactos causados por intervenções antrópicas recentes (desde 2011) na pós-praia - prolongamento do anteparo de pedras até a rampa de acesso à praia, após a ressaca muito forte de 03 de maio de 2011, e posterior implantação de outro anteparo na base das estruturas urbanas em frente ao Aquário Municipal.
- ✓ Interrupção ou diminuição da manutenção do aterramento artificial que era efetuado na praia e no anteparo de pedras na área do perfil Stos-23, entre a rampa de acesso à praia em frente ao Aquário e a extremidade leste da praia. Essa prática era frequente nos anos anteriores aos monitoramentos e também durante os anos de 2010-2011, e até foi recomendada à Prefeitura Municipal. Porém, no período 2013/2014 aparentemente não houve reposição de areias nesse trecho, mas apenas na base das estruturas urbanas em frente ao Aquário.
- ✓ Efeitos causados por ressacas sucessivas durante o início de 2013.
- ✓ Impactos causados pelas obras de dragagem de aprofundamento - ajuste morfológico da porção submersa do perfil praiar, sendo constatados aumento da altura e da energia de ondas e mudanças na direção dos trens de ondas na Ponta da Praia.
- ✓ Impactos causados pela elevação atual do nível do mar (mudanças climáticas).

Os resultados que embasaram essas conclusões são destacados a seguir.

- a) Altura de ondas: de 2010 a 2014 não ocorreram grandes variações nas alturas de ondas naturais ao longo da praia (tanto durante as ressacas como nas demais condições de tempo), tanto nos valores máximos quanto nos mínimos; mas as médias das alturas anuais diminuíram em função das variações meteorológicas-oceanográficas de cada ano. Entretanto, mudanças reais na altura das ondas foram observadas em

alguns perfis, com franca diminuição nos trechos de Stos-03 a Stos-06 e Stos-10 a Stos-14, e aumento significativo em Stos-23 (64% de aumento em relação a 2010, e 41% de aumento em relação a 2011).

- b) Direção de ondas: em geral, as direções de ondas nesse arco praiial não mudaram com o tempo, sendo predominantes os azimutes de S e SSW; as distribuições percentuais com que elas ocorreram em todo o período amostral foram sempre bastante próximas. Entretanto, no perfil Stos-23 observou-se mudança significativa na direção das ondas, com redução das porcentagens de SW e aparecimento do azimute de WSW (16,7%). Devido à orientação NW-SE da linha de costa nesse perfil, esta nova direção de ondas gera correntes de deriva litorânea para E (rumo ao canal estuarino), e de maior velocidade (maior ângulo em relação à linha de costa), aumentando, portanto, a fuga de areias dessa área. Outro fato importante observado em 2013/2014 é a formação de um trem de ondas secundário originado pela reflexão de ondas no anteparo de pedras, em especial durante as ressacas. Essas ondas potencializam o poder erosivo das ondas, removendo mais sedimentos desse trecho da praia. Obviamente, quanto mais forte for a ressaca, mais ampla será a propagação desses trens de ondas, que aprisionam energia na costa. Elas também podem gerar correntes com sentidos opostos.
- c) Morfometria e morfologia: em 2013/2014 observam-se tendências diferentes entre dois setores da praia – de Stos-04 a Stos-09 houve aumento generalizado das larguras médias, maior em relação a 2010 e menor em comparação com 2011; entre Stos-14 e Stos-23 constata-se diminuição generalizada de larguras médias, maior em relação a 2011 e menor ou nenhuma em relação a 2010; os perfis Stos-03, Stos-10, Stos-11, Stos-12 e Stos-13, por outro lado, pouco se alteraram com o tempo, apresentando valores muito próximos ou iguais nos três anos, o que sugere que nesses trechos da praia os processos sedimentares variaram pouco e estão em grande equilíbrio. O perfil Stos-23 está desaparecendo e exibe forte desequilíbrio morfológico, sendo que em

2013/2014 se tornou bem mais estreito e mais íngreme. De maneira geral, a praia se tornou pouco mais larga e menos declivosa, cujas causas estão principalmente nas diferenças ocorridas em relação às situações meteorológica-oceanográficas (relação entre o número de eventos com ressaca e sem ressaca) que atuaram nos anos de monitoramento.

- d) Granulometria: em 2010-2011 as médias dos quatro parâmetros texturais praticamente não se alteraram em relação aos anos anteriores (também sem alterações). Mas algumas diferenças muito sutis em 2013/2014 apontam um ligeiro afinamento dos grãos (embora continuem areias muito finas), uma leve melhora do grau de seleção em relação a 2011 e piora em relação a 2010 (embora todos os valores correspondam a muito bem selecionado), a curtose tende para uma leve redução (embora todos sejam leptocúrticos), e a assimetria foi a que mais sofreu alteração, passando de grau simétrico em 2010-2011 para negativa. As areias do perfil Stos-23 se tornaram relativamente mais finas, melhor selecionadas e com menor valor de curtose (aumento de energia de ondas). Essas sutis variações corroboram os resultados obtidos com a morfologia e a dinâmica de células de deriva litorânea na praia.
- e) Deriva litorânea: os perfis Stos-03, Stos-14, Stos-16 e Stos-23 permaneceram na categoria de processo erosivo predominante; apenas os perfis Stos-15 e Stos-20 permaneceram com tendências deposicionais, mas foram incorporados nessa categoria os perfis Stos-07 (explica o aumento de largura), Stos-09 e Stos-17; apenas o perfil Stos-04 continuou com tendências de transporte, mas nesta categoria foram incluídos os perfis do trecho entre Stos-10 e Stos-13; o perfil Stos-21 foi o único que permaneceu na categoria de processos mistos (E/D), e o perfil Stos-22 (E/D) foi incorporado também. A ocorrência desses processos antagônicos em Stos-21 e Stos-22 afirma a desestabilização morfodinâmica desses perfis, mas ao mesmo tempo pode ser útil, de forma a protegê-los da erosão acelerada que vem

migrando na sua direção desde a área de Stos-23 (extremidade da Ponta da Praia).

- f) Erosão praial: o risco total à erosão dessa praia se manteve na classificação de risco baixo. Entretanto, especificamente nos perfis da Ponta da Praia a erosão se tornou mais intensa, com Stos-22 passando a risco médio, e Stos-23 a risco muito alto.
- g) Balanço sedimentar: nas situações de CN e de CF/R os volumes totais de cada ano variaram pouco, e o balanço total final (2010-2014) foi ligeiramente positivo e semelhante para ambas as condições, de 30% para CR e 25% para CN, o que demonstra que a praia está equilibrada morfodinamicamente. Os perfis Stos-10 e Stos-07 apresentaram balanço muito positivo nas duas situações; o perfil Stos-16 está atualmente em equilíbrio relativo, ou com tendência a balanço negativo; Stos-19 apresentou balanço positivo a equilíbrio; Stos-21 e Stos-22 se mantiveram em equilíbrio relativo para as duas condições, mas exibiram balanços negativos em CN e CF/R desde 2011; Stos-20 e Stos-23 apresentaram balanços negativos entre 2010 e 2014, para as duas condições, sendo da ordem de 24 e 27% em Stos-20 e de 79 e 100% em Stos-23. É importante destacar que os perfis Stos-20, Stos-22 e Stos-23 têm sofrido interferências antrópicas constantes, que podem estar mascarando os resultados de volumes e balanços apresentados aqui, em geral para mais.

8.4.2. Praia do Itararé-Emissário

Os resultados apresentados para este segmento praial parecem estar de acordo com a variabilidade de condições meteorológico-oceanográficas ocorridas durante os monitoramentos, sendo que os processos observados estão coerentes com a evolução dinâmica natural dessa praia, e não podem ser atribuídos a impactos das obras de dragagem de aprofundamento.

Os resultados que embasaram essas conclusões são destacados a seguir.

- a) Altura de ondas: de 2010 a 2014 não ocorreram grandes variações nas alturas de ondas naturais ao longo da praia (tanto durante as ressacas como nas demais condições de tempo), tanto nos valores máximos quanto nos mínimos, e nas médias das alturas, estando as sutis variações dentro do esperado em função dos contextos meteorológico-oceanográficos de cada ano. As maiores alturas ocorreram sempre em Itar-05 e as menores em Stos-10, como esperado para a morfodinâmica dessa praia.
- b) Direção de ondas: Não ocorreram modificações nas direções de ondas (SSE, S e SE) nem nas respectivas distribuições percentuais de ocorrência. Nas ressacas predominaram as direções SE, SSE e S, nas demais situações as direções SSE, S e SE.
- c) Morfometria e morfologia: em 2013/2014 ocorreu forte aumento nas larguras do perfil Stos-01 e, em menor proporção, do perfil Stos-02, ambos localizados no setor leste da praia. No setor oeste, por outro lado, os perfis Itar-01 e Itar-02 apresentaram reduções nas suas larguras, sendo que Itar-02 parece ter sido especialmente afetado pelas ressacas de 2013. Já nos perfis Itar-04 e Itar-05 as larguras se mantiveram aproximadamente constantes. Essas variações são devidas às mudanças na dinâmica de circulação costeira.
- d) Granulometria: em geral, não ocorreram alterações significativas nas propriedades texturais dos sedimentos ao longo do tempo; entretanto, uma sutil diferença em 2013/2014 foi os sedimentos se tornarem relativamente pouco mais finos que nos anos anteriores, melhor selecionados e com assimetrias pouco menos negativas.
- e) Deriva litorânea: processos erosivos - em 2010/2011 ficaram restritos ao perfil Itar-01, mas em 2013/2014 incluíram os perfis Itar-02, Itar-05 e Stos-02; processos deposicionais - em 2010/2011 predominaram nos perfis Itar-02 e Stos-02, mas em 2013/2014 ocorreram apenas nos perfis Itar-01 e Stos-01; processos de transporte - em 2010/2011 predominaram nos perfis Itar-05 e Stos-01, mas em 2013/2014, nos

perfis Itar-03 e Itar-04; processos mistos (E/T e D/T) ocorreram apenas em 2010/2011 nos perfis Itar-03 e Itar-04.

- f) Erosão praial: o risco total à erosão dessa praia se manteve na classificação de risco baixo. Entretanto, no trecho mais crítico dessa praia, que está no seu extremo oeste, junto a Ilha Porchat e próximo ao perfil Itar-01, a classificação de risco foi aumentada para grau médio.
- g) Balanço sedimentar: nas situações de CN e de CF/R os volumes totais de cada ano mostraram incremento com o tempo, sendo que o balanço total final (2010-2014) foi ligeiramente positivo e semelhante para ambas as condições, de 40% para CR e 42% para CN, o que demonstra que a praia está equilibrada morfodinamicamente. Stos-01 e Itar-05 apresentaram balanço positivo final nas duas condições, como resultado da dinâmica de circulação de células de deriva litorânea; Itar-02 exibiu balanço final negativo em CR e em equilíbrio em CN, ambos controlados pela dinâmica de circulação de células de deriva litorânea desse perfil.

Comparando as praias de estudo, é interessante destacar que todas apresentaram balanço sedimentar total (2010-2014) positivo, e com valores percentuais muito próximos entre si, variando entre 30-40% para CR e 25-42% para CN. Esses resultados sugerem que essas praias estão em equilíbrio morfodinâmico relativo e que essa tendência única somente poderia acontecer sob uma regulação controlada por processos naturais. Além disso, indicam que o sistema costeiro parece estar em equilíbrio relativo e com bom aporte/estoque sedimentar. Não se pode esquecer também dos efeitos da herança evolutiva da praia durante o ano de 2012, quando eventos meteoceanográficos de alta energia de ondas não atingiram a região.

Com exceções da Ponta da Praia de Santos, cujas causas do aumento da erosão podem estar relacionadas às modificações na altura e na direção das ondas constatadas nessa área. Pode-se concluir que, de maneira geral, a morfodinâmica dessas praias ainda não está sendo afetada por possíveis impactos decorrentes das obras de dragagem de aprofundamento do Canal do Porto.

8.5. Referências Bibliográficas

- Campos, R.M; Camargo, R. de & Harari, J. 2010. Caracterização de eventos extremos do nível do mar em Santos e sua correspondência com as re-análises 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. 3rd Edition. Department of the Army Corps of Engineers. Washington, D.C. 3 vol.
- 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.
- 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.
- Komar, P.D. 1991. Handbook of Coastal Processes and Erosion (4th 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.
- Noda, E.K. 1971. State-of-the-art of littoral drift measurements. Shore & Beach, 39: 35-41.
- 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. V.L.R. Bononi; N.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. & 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.
- 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

Manuel Luiz Gouveia – Engenheiro Civil

Sérgio Asché – Biólogo

Mayra Caroline de Assis – Engenheira Ambiental

Eduardo Garcia Rosa – Oceanógrafo

Camila Alves de Brito - Geógrafa

Ivete Costa - Química

José Alves de Andrade – Químico