

45 mm

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO PRAIAL PARA AVALIAÇÃO DE
POSSÍVEIS IMPACTOS DA DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO DO CANAL
DO PORTO DE SANTOS: SÍNTESE DA ABORDAGEM METODOLÓGICA**

**Celia Regina de Gouveia Souza¹; Agenor Pereira Souza²; Reinaldo Silveira Ferreira³;
Eduardo Garcia Rosa⁴; Paulo César Munarin⁵**

**¹Instituto Geológico-SMA/SP e Depto. de Geografia Física-FFLCH/USP; ²Geólogo
Autônomo; ³Graduando do Depto. de Geografia Física-FFLCH/USP; ⁴Pós-Graduando
do Depto. de Geografia Física-FFLCH/USP; ⁵Oceanógrafo Autônomo.**

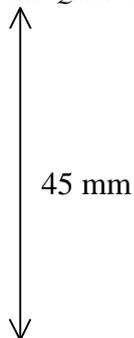
**celiagouveia@gmail.com / celia@igeologico.sp.gov.br
Av. Miguel Stéfano, 3900. 04301-903. São Paulo (SP)**

Resumo. A dragagem de portos pode desequilibrar o balanço sedimentar costeiro e causar erosão praial. No Porto de Santos, obras de dragagem para aprofundamento (de 12,9 para 15 m) e alargamento do canal de acesso e de navegação (de 150 para 220 m) foram iniciadas no final de fevereiro de 2010 e têm término previsto para setembro de 2011. No âmbito do licenciamento ambiental dessas obras estão sendo desenvolvidos 28 programas de monitoramento ambiental, visando à avaliação de possíveis impactos e proposição de medidas de mitigação e/ou compensação. Um deles é o Programa de Monitoramento do Perfil Praial (PMPPr), que acompanha mensalmente, desde janeiro de 2010, as sete praias do município de Santos, a Praia do Itararé (São Vicente) e a Praia do Góes (Guarujá). Este trabalho apresenta uma síntese da abordagem metodológica utilizada para o desenvolvimento do PMPPr, cujo objetivo principal é avaliar os possíveis impactos das obras de dragagem nessas praias e propor medidas de mitigação e/ou compensação caso eles sejam constatados.

Palavras-chave: dragagem, Porto de Santos, monitoramento praial, erosão costeira, metodologia.

Abstract. Dredging activities in ports may modify the coastal sedimentary budget, likely leading to beach erosion. Since February/2010, dredging works are deepening (from 12,9 down to 15 m) and widening (from 150 up to 220 m) the access and navigation channel of the Santos Port, which deadline is going to be expected by September/2011. In order to get the environmental licensing, 28 environmental programs are being carried out, among them the Beach Profile Monitoring Program (BPMP). So, seven beaches in Santos County, Itararé Beach (São Vicente County), and Góes Beach (Guarujá County) are being monthly monitored since January, 2010. This paper presents the methodological approach developed for the BPMP, which main objectives are to evaluate possible impacts of the dredging and to purpose mitigation and/or compensation measures once they are confirmed.

Keywords: dredging, Santos Port, beach monitoring, coastal erosion, methodology



1. INTRODUÇÃO

Atividades de dragagem de aprofundamento e alargamento do canal de navegação de um porto podem desequilibrar os processos sedimentares das praias próximas a ele, sendo a erosão dessas praias um dos tipos possíveis de impactos físicos.

Desde 21 de fevereiro de 2010 o Porto de Santos está em fase de dragagem de aprofundamento (de 12,9 para 15 m) e alargamento (de 150 para 220 m) de todo o seu canal de navegação e acesso (interior da Baía de Santos), cujas obras têm término previsto para o final de setembro de 2011. Para o licenciamento ambiental dessa obra, o IBAMA exigiu o desenvolvimento de 28 programas de monitoramento ambiental, dentre os quais está o Programa de Monitoramento do Perfil Praial (PMPPr).

O PMPPr compreende o monitoramento geológico-geomorfológico das praias de Santos (José Menino, Pompéia, Gonzaga, Boqueirão, Embaré, Aparecida e Ponta da Praia), de Itararé (município de São Vicente) e do Góes (Guarujá), com o objetivo de estudar a dinâmica sedimentar dessas praias e verificar se e como as obras de dragagem estão impactando fisicamente as mesmas.

As praias estudadas são urbanas, mas apresentam diferentes estágios e históricos de antropização e de uso regular. O estado morfodinâmico das praias varia de dissipativo de baixa energia (praias abrigadas) com tendências intermediárias nos segmentos Praia do Itararé-Emissário e Praias de Santos (Emissário-Ponta da Praia), a “misto” na Praia do Góes (Souza, 1997). O estado “misto” se refere a características que não se encaixam nos modelos morfodinâmicos clássicos descritos por Wright & Short (1984), provavelmente por ser uma praia embaiada (*headland bay-beach*) semi-controlada geologicamente pelo embasamento ígneo-metamórfico circundante (segundo modelo de Jackson & Cooper, 2009).

Para compreender as modificações que a linha de costa sofre são necessárias investigações que envolvam diferentes escalas espaciais e temporais e uma gama de processos, desde o movimento dos grãos de areia sob a ação das ondas, até o comportamento de uma praia num contexto de célula litorânea (porção da costa com um ciclo completo de balanço sedimentar, envolvendo fontes/créditos, transporte e perdas/débitos de sedimentos), incluindo também as intervenções antrópicas na zona costeira (Komar, 2000).

O presente trabalho apresenta, de maneira sucinta, a abordagem metodológica utilizada para a realização dos estudos no âmbito do PMPPr. Esta abordagem foi fundamentada nas diferentes escalas de tempo e de respostas espaciais (geológicas e geomorfológicas) dos processos costeiros.

2. PERFILGEM PRAIAL

O monitoramento é realizado mensalmente durante uma fase de maré de quadratura (menor variação da largura praial) por meio de 07 perfis no segmento Praia do Itararé-Emissário (espigão do emissário submarino de Santos-São Vicente), 20 perfis no segmento Praias de Santos e 05 perfis na Praia do Góes (Figura 1).

Os trabalhos de monitoramento foram iniciados em janeiro de 2010 e ainda estão em curso, e têm previsão de encerramento para no mínimo 2 anos após término das dragagens.

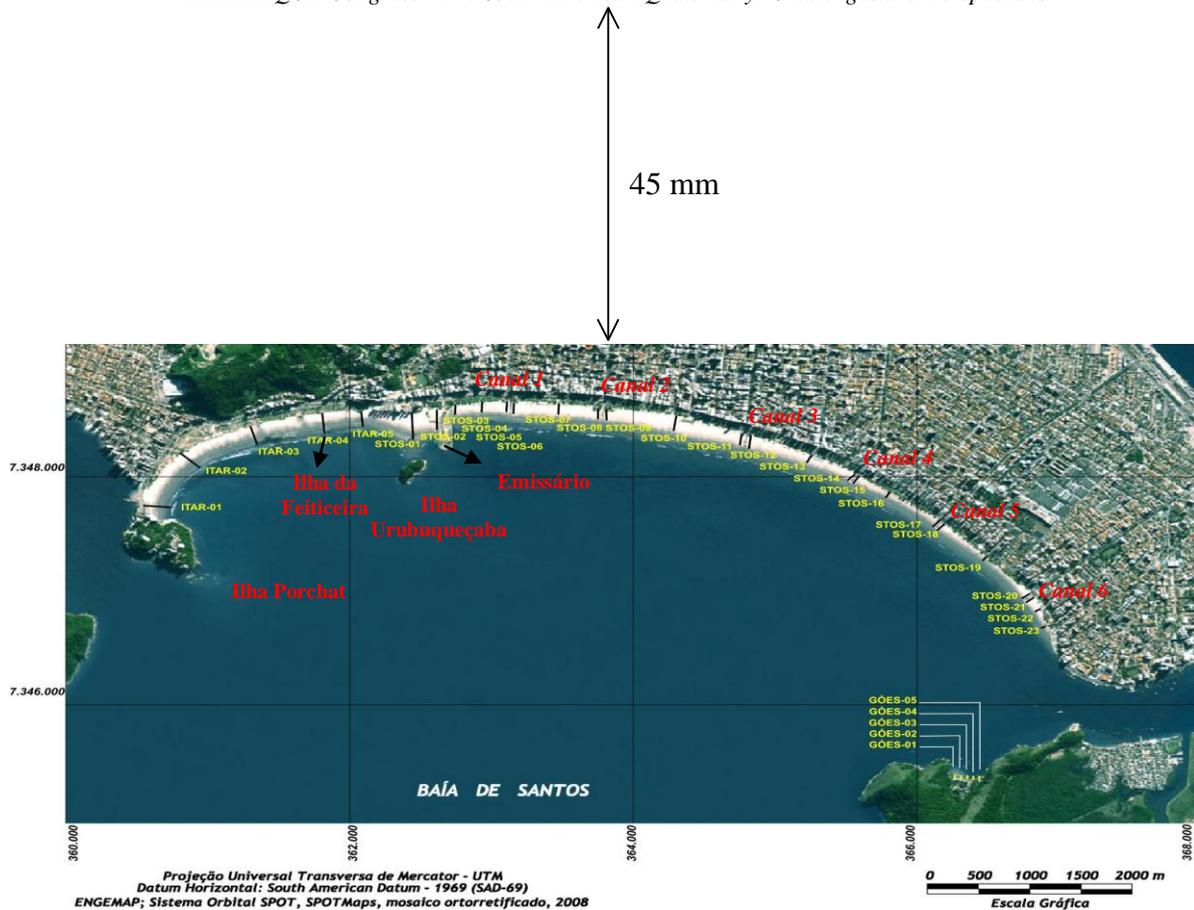


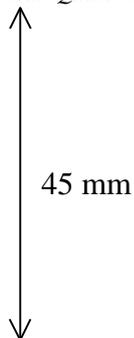
Figura 1. Localização das praias e perfis monitorados.

Os perfis de monitoramento, perpendiculares à linha de costa, foram inicialmente alocados segundo um espaçamento regular (praias do Itararé e Góes), ou em função de feições morfológicas importantes (tômbolo da Ilha de Urubuqueçaba – Praia do José Menino) e de intervenções antrópicas na linha de costa (canais de saneamento de Santos).

Os perfis são georreferenciados a cada perfilagem, de acordo com a orientação da linha de costa no momento da amostragem, sendo o único ponto fixo o ponto inicial, previamente alocado junto à calçada/estrutura urbana/vegetação fixa.

Em cada perfil são levantados os seguintes tipos de dados:

- medida da orientação da linha de costa e cálculo da orientação do perfil, balizado pelo ponto inicial fixo;
- reposicionamento espacial de todo o perfil, por georreferenciamento (GPS de mapeamento), com controle dos pontos-chave - início do perfil, terminação (a 10 cm de coluna d'água), local da amostragem e limite superior do estirâncio,
- caracterização do clima de ondas - direção de propagação da ortogonal, período, altura média, número de quebras, intensidade relativa da agitação marítima;
- identificação do estágio da maré segundo a tábua de marés e atuação de maré meteorológica, com controle da horário do monitoramento;
- caracterização das condições meteorológicas reinantes - normais, instabilidade, pré-frontal, frontal e pré-frontal no dia e nos dias anteriores, incluindo medidas da direção e da intensidade do vento segundo a escala de Beaufort;
- levantamento dos dados morfométricos do perfil praiado emerso - larguras, declividades e alturas das zonas praiadas (Souza, 1997);



- g) identificação e caracterização de indicadores morfológicos, hidrológicos, biológicos e antrópicos de transportes longitudinal (correntes de deriva litorânea) e transversal à costa (costa-adentro e costa-afora);
- h) identificação e monitoramento de indicadores de erosão costeira (Souza, 1997; Souza & Suguio, 2003);
- i) caracterização de intervenções antrópicas que possam afetar o balanço sedimentar da praia, como retirada de areia da praia (limpeza pública, desassoreamento de canais de drenagem etc.), construção de obras de engenharia e equipamentos urbanos fixas na orla, movimentações para instalação de equipamentos urbanos subterrâneos, instalação de estruturas temporárias de lazer/esporte etc.;
- j) amostragem de sedimento (5 cm superficiais) no terço inferior do estirâncio (Souza, 1997, 2007);
- k) amostragens de sedimentos em subsuperfície quando no local da amostragem forem observadas alterações na granulometria em relação à superfície;

3. VARIABILIDADE MORFOMÉTRICA E BALANÇO SEDIMENTAR DAS PRAIAS

A variabilidade morfológica das praias é obtida por meio de tratamentos estatísticos e gráficos espaço-temporais e temporo-espaciais das variáveis morfológicas medidas, para a análise das tendências de cada praia e perfil, sempre em conjunto com as condições de contorno (sistemas atmosféricos e climáticos, variáveis oceanográficas, intervenções antrópicas) responsáveis pela morfologia da praia durante o monitoramento e na semana anterior.

O balanço sedimentar é obtido com base na variação volumétrica espacial dos perfis praias ao longo do tempo.

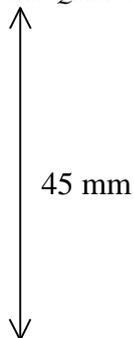
4. VARIABILIDADE TEXTURAL DAS PRAIAS

As amostras sedimentares são analisadas quanto à granulometria, com remoção prévia de carbonato biodetrítico (Suguio, 1973) e de resíduos plásticos (pellets plásticos são muito frequentes nessas areias – Manzano, 2009).

Os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957) são calculados e utilizados para a descrição granulométrica e indicações sobre os processos sedimentares atuantes, as fontes de sedimentos (Folk & Ward, 1957) e as variações de energia de ondas (Tanner, 1995; Souza, 1997). Tratamentos estatísticos e gráficos de variabilidade espaço-temporal e temporo-espacial dos quatro parâmetros estatísticos são utilizados para a análise das tendências de cada praia e perfil, sempre em conjunto com as condições de contorno responsáveis pela morfologia da praia durante o monitoramento e na semana anterior.

5. CÉLULAS DE DERIVA LITORÂNEA

As células de deriva litorânea são identificadas por meio da aplicação do método morfotextural de Souza (1997, 2007), que utiliza três parâmetros texturais dos sedimentos do estirâncio inferior (diâmetro médio, desvio padrão e curtose) e dois dados morfométricos da praia (declividade da praia no local da amostragem e largura total da praia). Os indicadores de



cada perfil praial 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 ocorrem as seguintes modificações na praia: os sedimentos se tornam 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. Os resultados são plotados em mapa e analisados em conjunto com as condições de contorno e os indicadores de transporte costeiro observados no campo.

6. CLASSIFICAÇÃO DE RISCO À EROSÃO COSTEIRA

A classificação do grau de risco à erosão costeira é feita conforme proposta de Souza & Suguio (2003), baseada numa matriz que dispõe o número de indicadores de erosão costeira observados e sua distribuição espacial na praia.

No presente estudo essa proposta foi readequada para permitir o estabelecimento de uma classificação individual de cada perfil e também da praia toda. Assim, para cada perfil foi inicialmente aplicada essa classificação matricial. A classificação de risco na praia toda foi feita baseada nos seguintes passos: atribuição de notas ponderadas (diferentes notas e pesos para cada grau de risco) para cada classe de risco obtida em cada perfil (Muito Baixo=1,0; Baixo=2,0; Médio=6,0; Alto=12,0; Muito Alto=15,0); cálculo da média aritmética das notas dos perfis; e reclassificação em função dos intervalos das médias obtidas (Muito Baixo=1,0; Baixo=1,1-2,0; Médio=2,1-6,0; Alto=6,1-12,0; Muito Alto=12,1-15,0).

7. OUTROS ESTUDOS NECESSÁRIOS

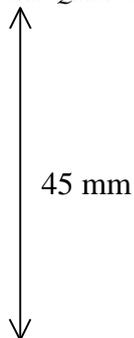
Monitoramentos mensais do perfil praial de Santos foram realizados durante o ano de 2009 (e.g. Garcia-Rosa, 2010; Munarin & Freitas, 2010), com objetivos e malhas de amostragem diferentes do presente. As demais praias não foram monitoradas previamente.

Então, outros estudos que envolvam o conhecimento de processos pretéritos e contemporâneos também estão sendo desenvolvidos, entre eles: retroanálises da variabilidade espacial da linha de costa, das intervenções antrópicas na linha de costa oceânica e estuarina e da atuação de eventos atmosféricos-oceanográficos anômalos (principalmente ressacas e seus efeitos); monitoramento de ondas (ondógrafo) para modelagens posteriores nas áreas críticas (Ponta da Praia de Santos e Praia do Góes); levantamento batimétrico de detalhe nas áreas críticas; modelagem do transporte residual de fundo nas áreas críticas.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento realizado englobou todas as situações meteorológicas possíveis e, por conseguinte, também oceanográficas.

Os resultados obtidos até o momento, que são objeto de outros trabalhos, demonstram que a abordagem metodológica proposta tem sido adequada para entender o funcionamento das praias de estudo, em função das condições de contorno e de intervenções antrópicas antigas e recentes.



Como esperado para a escala de processos costeiros abrangida, ainda não foram sentidos quaisquer impactos das obras de dragagem na dinâmica dos processos sedimentares dessas praias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia Docas de Santos e à Secretaria Especial dos Portos pelo suporte financeiro do PMPPr.

REFERÊNCIAS

- Folk, R.L., & Ward, W.C., 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 27, pp. 3-26.
- Garcia-Rosa, E.G., 2010. Análise Morfosedimentar das Praias Santistas em Relação às Variáveis Hidrometeorológicas no Verão e Outono de 2009. TCC. Santos, Unimonte. 81p.
- Jackson, D.W.T., & Cooper, J.A.G., 2009. Geological control on beach form: accommodation space and contemporary dynamics. *Journal of Coastal Research*, SI 56, pp. 69-72.
- Komar, P.D., 2000. Coastal erosion – underlying factors and human impacts. *Shore & Beach*, vol. 68, pp. 3-16.
- Manzano, A.B. 2009. Distribuição, Taxa de Entrada, Composição Química e Identificação de Fontes de Grânulos Plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico-USP.
- Munarin, P.C., & Freitas, F.P., 2010. Variação dos Perfis Praiais da Ponta da Praia, Santos-SP, em Relação aos Agentes Oceanográficos e Meteorológicos Locais. TCC. Santos, Unimonte. 62p.
- 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. 2 Volumes.
- 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, pp. 620-625.
- 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, pp. 530-592.
- Suguio, K., 1973. *Introdução à Sedimentologia*. Ed. Edgard Blucher/EDUSP. 317p.
- Tanner, W.F., 1995. *Environmental Clastic Granulometry*. Department of Environmental Protection, Florida Geological Survey, Special Publication n° 40, 142p.
- Wright, L.D., & Short, A.D., 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, vol. 56, pp.93-118.