

EVOLUÇÃO SEDIMENTAR DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ ENTRE OS ANOS DE 1966, 1995 E 2009

Juliane Castro CARNEIRO^{1,2}; Eduardo Vedor de PAULA³; Marcelo Renato LAMOUR¹
julianecastro@uol.com.br

¹Centro de Estudos do Mar (CEM/UFPR) - Laboratório de Oceanografia Geológica (LOGeo); ²Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos (PGSISCO/UFPR). ³Departamento de Geografia (UFPR).
Av. Beira Mar, s/n - Caixa Postal: 50.002 - Pontal do Paraná - PR.

Palavras-chave: granulometria, sedimentologia, CEP, banco de dados.

1. INTRODUÇÃO

Estuários funcionam como ambiente deposicional permanente, e simultaneamente, como exportador de sedimentos, suprindo os sistemas adjacentes (as praias e o oceano aberto) com material sedimentar necessário para a estabilidade dos processos físicos naturais (PERILLO, 1995). Esses ambientes estão submetidos ao aporte de águas, cargas dos rios e efeitos da pluviosidade, os quais influenciam na circulação, transporte e distribuição de sedimentos e componentes químicos, contribuindo com os impactos na estrutura dos ecossistemas costeiros ao longo do tempo (MOLISANI *et al.*, 2007). As características morfológicas do substrato em estuários são uma herança das variações do nível relativo do mar durante o Quaternário, das áreas fonte, dos processos hidrodinâmicos que ocorrem nessas áreas abrigadas, dos processos de interação entre o mar aberto e o estuário e, dependendo do caso, do tectonismo (LAMOUR *et al.*, 2004).

Nesse contexto, o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) possui importância ecológica, pois várias Unidades de Conservação foram demarcadas na região. Ademais, o CEP abriga portos públicos e privados paranaenses, operando com cargas variadas nas regiões de Paranaguá e Antonina demandando frequentemente operações de dragagem para a manutenção das vias navegáveis. Nesse sentido, estudos de evolução sedimentar no CEP se tornam necessários para avaliar as mudanças sedimentológicas com o tempo, para o manejo das operações de dragagens, além de subsidiar estudos de conservação e gerenciamento costeiro. O objetivo geral deste estudo foi avaliar a evolução sedimentar das regiões de Antonina e Paranaguá entre três conjuntos de dados obtidos nos anos de 1966, 1995 e 2009 identificando as mudanças no padrão de distribuição dos sedimentos de fundo ao longo de 43 anos.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O Complexo Estuarino de Paranaguá (Figura 1), localizado na porção centro-norte do litoral paranaense, tem uma área superficial aproximada de 612 km², com dois eixos principais, denominados de Baía das Laranjeiras (N-S) e Baía de Paranaguá (E-W), onde além das atividades de lazer e pesca artesanal são desenvolvidas atividades portuárias. De acordo com Lamour *et al.* (2004), na Baía de Antonina ocorrem sedimentos finos como os siltes

grossos e finos (Phi 5 a 7, respectivamente) associados às áreas rasas, concentrando-se nas margens da baía. Próximo à sua margem sudoeste, o diâmetro médio dos sedimentos aumenta para areia grossa a média (Phi 1 a 2, respectivamente). Entre a ilha das Pedras e as adjacências do porto de Paranaguá a tendência é de redução do diâmetro médio, variando entre areias finas e siltes médios (Phi 3 e 6, respectivamente). De uma forma geral a Baía de Antonina apresenta sedimentos pobremente selecionados, gradando para muito pobremente selecionados. O mesmo ocorre na baía de Paranaguá, onde o predomínio de sedimentos pobremente selecionados é ainda maior.

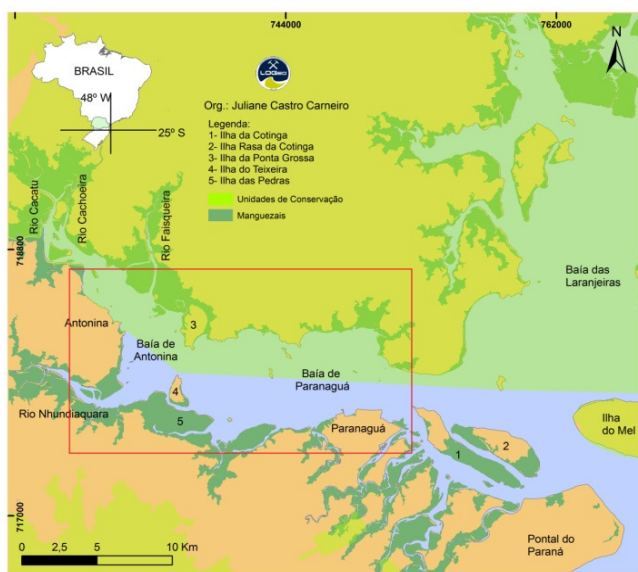


Figura 1 – Mapa de localização do Complexo Estuarino de Paranaguá evidenciando o eixo E-W e as áreas de proteção ambiental.

Nesse compartimento também se nota a expressiva alteração morfológica dos canais fluviais devido ao assoreamento dos mesmos e solapamento das margens (PAULA & CUNICO, *Op Cit.*).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os trabalhos foram iniciados com a compilação das informações relativas aos sedimentos de fundo das regiões de Paranaguá e Antonina, obtidas nos trabalhos de Bigarella *et. al* (1978), Petrobrás (1995) e do acervo do Laboratório de Oceanografia Geológica (CEM/UFPR). Os dados foram organizados e padronizados quanto às características cartográficas (*datum* horizontal e sistema de projeção – WGS84/UTM) e quanto aos seus parâmetros granulométricos estatísticos, sendo este último com o auxílio do *software Sysgran 3.0*, pelo método descrito por Folk & Ward (1957).

Os dados do ano de 1966 consistem em 225 amostras de sedimentos de fundo, com um espaçamento amostral variando entre 200 e 1000 m. Nesse conjunto de dados, as amostras estão dispostas de forma irregular, com concentração de pontos na foz dos rios Cachoeira e Caxatu na Baía de Antonina. Com relação aos dados de 1995, a amostragem foi realizada em forma de transectos totalizando 157 amostras com espaçamento de aproximadamente 200 m e de 1500 m entre transectos. Nesse caso, a foz dos rios Nhundiaquara e Faisqueira também

A área de drenagem das baías de Antonina e Paranaguá evidenciam predominantemente dois grandes compartimentos geomorfológicos: Serra do Mar e Planície Litorânea. No primeiro encontram-se solos pouco desenvolvidos, também se verificam significativas declividades, bem como os mais elevados registros pluviométricos do estado do Paraná, por exemplo, na estação Vêu da Noiva o acumulado anual supera em média os 3.500 mm. Essa configuração paisagística proporciona elevada suscetibilidade natural à ocorrência de movimentos de massa e desenvolvimento de processos erosivos (PAULA & CUNICO, 2007).

A pluviosidade também se demonstra significativa, cerca de 2.000 mm ao ano.

foram amostradas. No levantamento relativo ao ano de 2009, foram coletadas 309 amostras em uma malha regular, com espaçamento de aproximadamente 1000 metros.

As análises granulométricas, foram realizadas por pipetagem para sedimentos finos (<0,062 mm) e peneiramento para sedimentos grossos (>0,062 mm). Porém, constatou-se que houve diferença entre os procedimentos prévios para as análises granulométricas. Nas amostras de 1966, não foram eliminados os teores de carbonatos e de matéria orgânica diferentemente de como ocorreu nas amostras de 1995. Com relação aos dados de 2009, o tratamento prévio foi realizado com a eliminação da matéria orgânica.

Os mapas referentes à distribuição das características granulométricas, foram elaborados no *software ArcGIS 9.3*, no qual foram geradas estruturas de grade triangular TIN (*Triangular Irregular Network*) padronizando a interpolação dos conjuntos de dados para comparação, com a criação de mapas temáticos. O procedimento seguinte foi à utilização da ferramenta CUT/FILL (corte e enchimento) do *software* de geoprocessamento para a comparação e verificação de possíveis mudanças nas características sedimentares entre os conjuntos de dados.

4. RESULTADOS

Nas comparações entre os anos de 1966/1995 e 1995/2009, foi possível observar mudanças nas características sedimentares como diâmetro médio, grau de seleção e percentual de finos. Nos dados referentes ao ano de 1966, o eixo central da Baía de Antonina apresentou predomínio dos sedimentos arenosos, com aumento da granulometria em direção à cabeceira do estuário e a ocorrência de areias muito finas e finas.

Em 1995, as margens norte e sul da região de Antonina apresentaram areias finas a muito finas com regiões de siltes grossos e médios na sua porção. A margem norte que em 1966 era ocupada por siltes médios e finos, passou a apresentar areias muito finas com porções de siltes grossos em 1995 (Figura 3). Em 2009, observou-se aumento no diâmetro médio na região do rio Cachoeira. Em Paranaguá, observaram-se sedimentos mais finos variando entre as areias muito finas e os siltes grossos. Com relação ao grau de seleção, em 1995 os sedimentos de fundo encontram-se melhor selecionados que em 1966, em contrapartida a 2009 onde a predominância é de grãos pior selecionados.

Entre os anos de 1995 e 2009, os sedimentos passaram de moderadamente a pobremente selecionados na região de Paranaguá, com aumento do percentual de finos. Na região de Antonina, os sedimentos passaram de moderadamente a bem selecionados em algumas regiões. Na região de Antonina, entre os anos de 1966/1995, os sedimentos, em geral, passaram de siltes grossos para areias finas e entre os anos de 1995/2009 de areias finas para areias médias. Entretanto, na região de Paranaguá, entre os anos de 1966/1995, o diâmetro médio variou de silte grosso para areia fina e em 2009 os sedimentos voltaram à classe areia muito fina (Figura 3).

5. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A comparação das características dos sedimentos de fundo entre os anos de 1966, 1995 e 2009, mostrou diferenças tanto na região de Antonina quanto de Paranaguá. Antonina apresentou aumento no diâmetro médio enquanto que Paranaguá redução com piora do grau de seleção. Fatores importantes que contribuíram para as diferenças encontradas nos

parâmetros granulométricos podem estar relacionados às amostragens e aos métodos de análises laboratoriais diferentes em cada conjunto de dados.

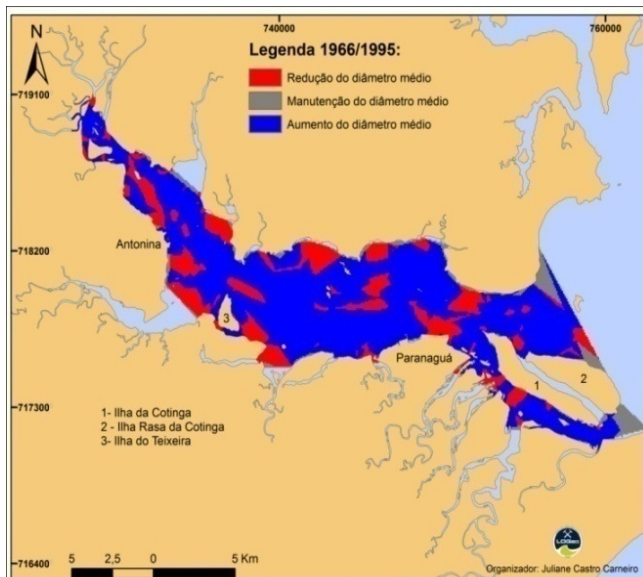


Figura 2 - Comparação com relação ao diâmetro médio dos sedimentos de fundo das regiões de Antonina e Paranaguá entre os anos de 1966 e 1995.

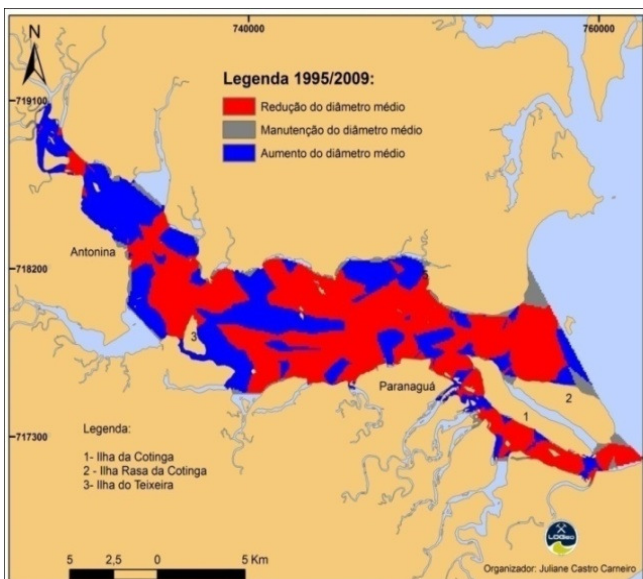


Figura 3 – Comparação com relação ao diâmetro médio dos sedimentos de fundo das regiões de Antonina e Paranaguá entre os anos de 1995 e 2009.

Segundo Odreski, (2005), as malhas amostrais de 1966 e 1995 não contemplaram os mesmos espaçamentos e pontos, o que pode ter resultado em diferenças no produto gerado pela interpolação, assim como os dados de 2009, que apresenta uma malha regular. Ademais, nas análises granulométricas em laboratório o tratamento prévio foi diferente para os conjuntos de dados no que se refere à eliminação de teores de carbonatos e matéria orgânica. Esses dois teores podem ser eliminados previamente porque a matéria orgânica pode causar a floculação de finos (siltes e argilas), dificultando a análise por pipetagem e as quantificações dos teores de carbonatos, que podem causar um falso aumento do tamanho do grão devido à presença de conchas. Por esse motivo, torna-se importante uma análise prévia e visual das amostras em paralelo com a análise granulométrica em laboratório.

Em geral, a variação dos parâmetros granulométricos ao longo dos anos pode estar associada ao aporte sedimentar. Ambientes estuarinos estão submetidos ao aporte de rios, carga de materiais e pluviosidade que influenciam na distribuição e transporte dos sedimentos. No caso do Complexo Estuarino de Paranaguá, a pluviosidade considerada significativa na região (de 2.000 a 3.600 mm por ano) pode ser um fator importante para o aporte sedimentar e carreamento de sedimentos finos para a região.

Para exemplificar a importância das chuvas convectivas no processo de carreamento de material sedimentar à baía de Antonina, tomou-se o evento ocorrido em 27/11/2006 na bacia do rio do Pinto (afluente do rio Nhundiaquara), quando foram registrados 70,6 mm em 24 horas, na estação pluviométrica de Morretes. Esse evento resultou no registro de uma vazão de 49,7 m³/s nesta bacia, valor aproximadamente 15 vezes superior à vazão média identificada para o ano de 2006 (PAULA, 2010). Outro fator que contribui à produção e disponibilização de sedimentos para o estuário

estudado refere-se à elevada suscetibilidade geopedológica a movimentos de massa e processos erosivos nas bacias hidrográficas situadas à montante. Paula (2010) estimou a produção de $40,3 \text{ t.km}^{-2}.\text{a}^{-1}$, na bacia do rio do Marumbi (afluente do rio Nhundiaquara), num cenário em que a totalidade da área era recoberta por vegetação natural. Este valor retrata a elevada suscetibilidade da região, já que de acordo com Shen e Julien (1992) o fluxo típico de sedimentos refere-se a $24,6 \text{ t.km}^{-2}.\text{a}^{-1}$ em regiões vegetadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bigarella, J. J. Becker, R. D.; Matos, D. J.; Werner, A. 1978. A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento, Governo do Paraná.
- Campagnoli, F. 2006. The production of the sediment from South American: propose of mapping of the erosion rates based on geological and geomorphological aspects. Revista Brasileira de Geomorfologia. Uberlândia: UFU. ano 7, n.1, p. 3-8.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27:3-26.
- Lamour, M.R.; Soares, C. R.; Carrilho, J. C. 2004. Mapas de parâmetros texturais de sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR. Boletim Paranaense de Geociências, v. 55, p. 77.
- Molisani, M. M.; Kjerfve, B.; Barreto, R.; Lacerda, L. D., 2007. Landsea Mercury transport through a modified watershed, SE Brazil. Water Research, 41: 1929-1938.
- Odreski, L. L. 2005. Evolução sedimentar e batimétrica da Baía de Antonina – PR. Boletim Paranaense de Geociências, UFPR, Curitiba, Paraná.
- Paula, E. V.; Cunico, C. 2007. O assoreamento das baías de Antonina e Paranaguá e a gestão de suas bacias hidrográficas. In: Boldrini, E. B.; Soares, C. R.; Paula, E. V.(Orgs.). Dragagens Portuárias no Brasil: Licenciamento e Monitoramento Ambiental. Antonina: Governo do Estado do Paraná; SEMA/PR; ADEMADAN; UNIBEM.
- Paula, E. V. 2010. Análise da Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina/PR: uma abordagem geopedológica. Tese doutorado Geografia. UFPR, 168 p.
- Perillo, G.M.E. 1995. Geomorphology and sedimentology of Estuaries. The Netherlands: Elsevier Science B.V. p 1-16.
- Petrobrás. 1997. Estudos ambientais em áreas oceânicas e costeiras no sul do Brasil. CD-ROM.
- Shen, H. W.; Julien, P. 1992. Erosion and sediment transport. In: MAIDMENT, D. R. (Ed.). Handbook of hydrology. McGraw-Hill. p.12.1-12.61.