

## **Critérios Físicos e Projeto Orla: um Estudo de Caso na Orla Associada à Foz do Rio Paraíba do Sul, Município de São João da Barra (RJ)**

Thaís Baptista da Rocha

Departamento de Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense. E-mail: thaisitc5@yahoo.com.br

Thiago Gonçalves Pereira

Programa de Pós Graduação em Geologia e Geofísica Marinha. Universidade Federal Fluminense. E-mail: thiago@igeo.uff.br

Ricardo Álvares Santos

Programa de Pós Graduação em Geologia e Geofísica Marinha. Universidade Federal Fluminense. E-mail: Ricardo@igeo.uff.br

Guilherme Borges Fernandez

Departamento de Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia. Programa de Pós Graduação em Geologia e Geofísica Marinha. Universidade Federal Fluminense. E-mail: guilherme@igeo.uff.br.

**Resumo.** O Projeto de Gestão Integrada da Orla (Projeto Orla) foi lançado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2004 com a finalidade de promover o ordenamento do uso e ocupação do solo e promover a preservação patrimonial e ambiental da orla. Contudo, o programa apresenta algumas fragilidades e lacunas que podem inviabilizar sua aplicação e implementação. Nesse sentido, o presente trabalho abordou essas limitações no sentido físico-ambiental, uma vez que as orlas marítimas são compostas de diferentes ambientes costeiros. A fase de diagnóstico pode ser a mais comprometida, sobretudo, ao se querer delimitar a orla marítima para a gestão de forma geral e áreas de restrição de uso, em função de processos erosivos, suposta elevação do nível do mar ou, ainda, preservação paisagística. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo, delimitar a orla e aplicar critérios físicos que venham a dar subsídios à delimitação de áreas restritivas, considerando as particularidades fisiográficas e morfodinâmicas de parte da orla associada à planície deltáica do Rio Paraíba do Sul. Os critérios sugeridos foram representados por dados morfodinâmicos, dados hidrológicos e histórico erosivo da área, uma vez que todos estes elementos devem ser considerados. Os resultados indicaram que em orlas associadas à desembocaduras fluviais, talvez deva ser mais importante considerar a instabilidade morfodinâmica intrínseca à área do que mudanças do nível do mar, ou outros fatores de escalas temporais geológica propriamente dita, norteando, desta forma, metodologias e aplicações mais condizentes com o tipo de ambiente costeiro e orla marítima. **Palavras-chaves:** Projeto Orla, Critérios morfodinâmicos, limites de orla marítima, Foz do Paraíba do Sul.

**Abstract.** The coastline of Atafona is characterized by a regressive coastal sandy barriers associated with fluvial input of sediment. Instead the main feature of coastal geomorphology suggest a prograded shoreline, the last few decades show a huge erosional process close to the river mouth in the Atafona city. The main objective of this work is discussed the coastal managements attributes for mitigation this process. The results showed that if Projeto Orla is applied in terms of coastal dynamics the losses will be not too severe.

**Key Worlds:** Coastal management; coastal morphodynamics; deltas.

## 1. Introdução

A orla marítima apareceu recentemente como um espaço prioritário às ações voltadas ao ordenamento da ocupação e uso do solo, e como espaço estratégico ao gerenciamento costeiro, necessitando de diretrizes à preservação e conservação ambiental, onde foi introduzida, desta forma, a idéia de gestão. Esta aparece de fato instrumentalizada ao ser lançado o Projeto de Gestão Integrada da Orla (Projeto Orla) que, inclusive, encontra-se amparado pela lei 5.300/04. O programa é baseado na descentralização das políticas públicas, ressaltando a esfera municipal, e compreende cinco fases de metodologia: instrumentalização, diagnóstico, consolidação, planejamento das ações locais e implementação.

Muitos municípios costeiros vêm adotando o programa, entretanto há algumas lacunas e desafios, e até contradições, referentes à aplicação do programa. Voivodic (2007) já havia feito tais apontamentos em relação à esfera político-administrativo da implementação do Projeto Orla (PO). Entretanto, uma outra limitação do PO refere-se à complexidade fisiográfica e ambiental (aqui, no sentido geomorfológico) da orla marítima, o que pode levar ao comprometimento sobretudo das duas primeiras fases do programa, instrumentalização e diagnóstico.

Uns dos principais fundamentos do programa recaem sobre a *delimitação da orla*, sem a qual a gestão se torna inviável; e a *delimitação de áreas de usos restritivos ou de não edificação*, a partir de um diagnóstico e conseqüentemente de critérios. Estes fundamentos têm como base a fisiografia e a geomorfologia, uma vez que o próprio conceito de Orla, de acordo com o PO, foi desenvolvido do ponto de vista geomorfológico e do equilíbrio morfodinâmico. Além disso, a delimitação de áreas restritivas, sobretudo em função do risco representado por uma elevação do nível do mar e/ou de intensificação de ressacas, ou de áreas tradicionalmente instáveis e vulneráveis à erosão, deve ter como base à aplicação de critérios relativos aos processos e condicionantes geomorfológicos, conforme sugerido por Muehe (2004) no próprio Projeto Orla.

Contudo, o que se tem no litoral brasileiro é uma expressiva diversidade de ambientes e feições costeiras como manguezais, marismas, deltas, lagoas, praias arenosas, entre outros. È nesse sentido, que o presente trabalho tem por objetivo, num ambiente específico, delimitar a orla e aplicar critérios físicos que venham a dar subsídios à delimitação de áreas restritivas, considerando as particularidades fisiográficas e geomorfológicas de parte da orla associada à planície deltáica do rio Paraíba do Sul. Desta forma, este trabalho visa contribuir para a aplicação

de uma gestão (diagnóstico) em áreas associadas à desembocaduras fluviais, sobretudo de formação deltáica, amenizando, desta forma, as limitações do PO.

### **1.1. Critérios físicos e Projeto Orla**

A delimitação da orla marítima, segundo o PO, deve compreender uma faixa marítima e uma terrestre, assim como a zona costeira. Para isto, sugere-se na zona marinha considerar um limite até a isóbata de 10m; e no caso terrestre, demarcar 50m (em orlas urbanizadas) e 200m (em orlas não urbanizadas) a partir do limite final de feições, como o reverso do cordão litorâneo, de dunas, escarpas, costões, manguezais, entre outros.

No caso de delimitação de áreas de uso e ocupação restritos, Muehe (2004) em geral sugere que dois aspectos devam ser considerados: o alcance do processo morfodinâmico atual e o efeito de uma elevação do nível do mar, onde foram sugeridos muitos critérios e indicadores. Entretanto, são ressaltadas no Programa especificidades a cerca do assunto. Muehe (2004) faz menções pontuais sobre determinadas feições geomorfológicas naturalmente instáveis como cordões litorâneos e pontais estreitos, áreas de dunas ativas e planícies costeiras nas proximidades imediatas de desembocaduras fluviais. No caso particular de desembocaduras fluviais o autor sugere o estabelecimento da largura do canal, transportada para o perímetro da parte oceânica da feição (excetuando-se de excepcionais larguras como a foz do Amazonas e baías).

Contudo, Rocha *et. al* (2007) ao aplicar tal critério na foz do Paraíba do Sul, verificou lacunas com relação ao ponto de medida a ser tomado como referência e a variabilidade morfológica do canal ao longo do tempo, reforçando desta forma, os objetivos do presente trabalho.

## **2. Caracterização da Área de Estudo**

A área de estudo compreende uma faixa de praia e orla marítima de aproximadamente 10 km de extensão, situada entre as localidades de Atafona e Grussaí, no município de São João da Barra no litoral Norte Fluminense (Figura 1). A área é um trecho representativo da faixa de praia da planície deltáica do rio Paraíba do Sul, formada no Quaternário.

Muitos foram os autores e trabalhos publicados acerca das mudanças morfológicas e dos processos evolutivos, principalmente relacionados aos episódios erosivos recorrentes na foz do

rio Paraíba (Dias *et al.*, 1981; Dominguez *et al.*, 1983; Bastos, 1997 entre outros). De modo geral, todos os autores ressaltam que as características morfológicas da linha de costa estão associadas a feições típicas regressivas, mas que recentemente, porém, foi verificado que a correspondente linha de costa apresentou modificações sutis em seu alinhamento, principalmente nas proximidades da desembocadura. Este realinhamento provocou certa retrogradação junto à foz (Atafona), conforme mostra a figura 2, e uma gradual progradação em áreas mais ao sul da desembocadura (Grussaí). Um dos trabalhos mais recentes a cerca dos processos de erosão e deposição foi realizado por Santos (2006), onde além da identificação de valores absolutos de velocidade de erosão e progradação, e área total erodida, o autor verificou uma correlação entre erosão e El Niño no local.

Mesmo os autores concordando a cerca da tendência erosiva no pontal, há muitas questões divergentes como o papel da deriva litorânea, fonte de sedimentos e processos evolutivos de forma geral. Martin *et al.* (1984) sugerem uma forte inter-relação entre a hidrodinâmica fluvial e a costeira, relacionando esses processos evolutivos o efeito do molhe hidráulico, onde as areias dos depósitos arenosos ao sul do rio Paraíba seriam provenientes da plataforma continental. Essas areias ao atingirem a praia seriam transportadas para norte, até serem barradas na foz pela atividade hidráulica do rio. Entretanto, Dias *et al.* (1984), Fernandez *et al.* (2006) e Murillo *et al.* (2007), utilizando dados geofísicos e sedimentológicos, mapearam o depósito de lamas e concluíram que os sedimentos para a construção da planície seriam provenientes de uma faixa estreita de areias próxima à linha de costa.

Apesar do histórico erosivo e de ser reconhecidamente uma área de grande instabilidade, e atualmente a orla ser alvo de um projeto destinado a um complexo industrial, o município de São João da Barra não possui seu Projeto Orla. Em outros instrumentos, como o Plano Diretor, a única diretriz referente à orla marítima diz respeito à garantia do livre acesso. Entretanto, é sugerido o mapeamento e o monitoramento de áreas de risco e o não-incentivo da ocupação destas.



Fig.1 Mapa de localização da área de estudo



Fig. 2. Edificações severamente afetadas pela erosão nas proximidades do pontal de Atafona. Foto do autor principal registrada em fevereiro de 2008.

### 3. Metodologia

Em função da problemática e dos objetivos do presente trabalho, a metodologia foi desenvolvida considerando algumas questões como: a feição a ser considerada na delimitação de forma mais geral da orla; a obtenção da tendência evolutiva do litoral, o papel do rio nos processos recorrentes da orla e o mapeamento de processos erosivos e/ou deposicionais, no caso da delimitação de áreas de restrição. Desta forma, considerando ainda a escala temporal que os

planos de gestão e gerenciamento estão habituados, os critérios que aqui serão apresentados, e consequentemente os métodos, estão relacionados à processos de curta escala temporal, indo no máximo à décadas. O que não quer dizer que o arcabouço geológico e geomorfológico mais amplo devam ser desconsiderados.

Nesse sentido, os critérios são representados pelos Dados Morfodinâmicos, Dados Hidrológicos e Histórico Erosivo. No primeiro, estão ancorados ainda a determinação do estágio morfodinâmico, direção predominante de transporte e o acompanhamento espaço-temporal, mais o potencial de instabilidade. No segundo, os dados hidrológicos remetem-se a dados de vazão e sedimentos; e por último, a obtenção do histórico erosivo, aqui sugerido por imagens e técnicas de geoprocessamento. (Figura 3).

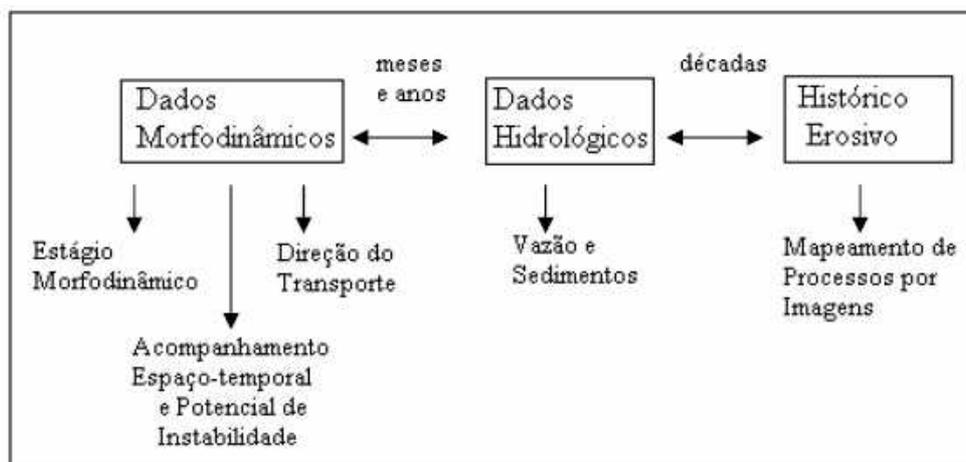


Fig. 3. Critérios sugeridos para instrumentalização e diagnóstico de gestão de orla associada à desembocadura fluvial, sobretudo para delimitações de áreas restritivas.

Com relação aos dados morfodinâmicos, cabe ressaltar que estes vêm sendo obtidos desde 2005 na referente área de estudo, onde há dez pontos de controle ao longo da costa (Fig 4A). O estágio morfodinâmico foi obtido através de determinação paramétrica descrita em Muehe (1998), associado a levantamentos de perfis transversais topobatimétricos descrito em Fernandez et.al. (2006), para o também acompanhamento espaço-temporal da morfodinâmica das praias. Para a obtenção da direção do transporte foi utilizada a equação de CERC juntamente com a análise granulométrica de amostras obtidas na antepraia.

Os dados de vazão foram obtidos no site do Hidroweb, em uma estação localizada à aproximadamente 36km da foz. Esses dados foram correlacionados com a variação

morfodinâmica de um ponto próximo à desembocadura e com episódios erosivos mapeados em outras décadas por fotografias aéreas. Esses episódios foram obtidos a partir de dados secundários, precisamente no trabalho de Santos (2006) em que foram comparadas fotografias aéreas de 1954, 1964, 1974, 1976, 2000 e 2004. Entretanto serão melhor aproveitados os episódios mapeados em 1974-1976 e 2000-2004 em função do menor intervalo de tempo entre as imagens.

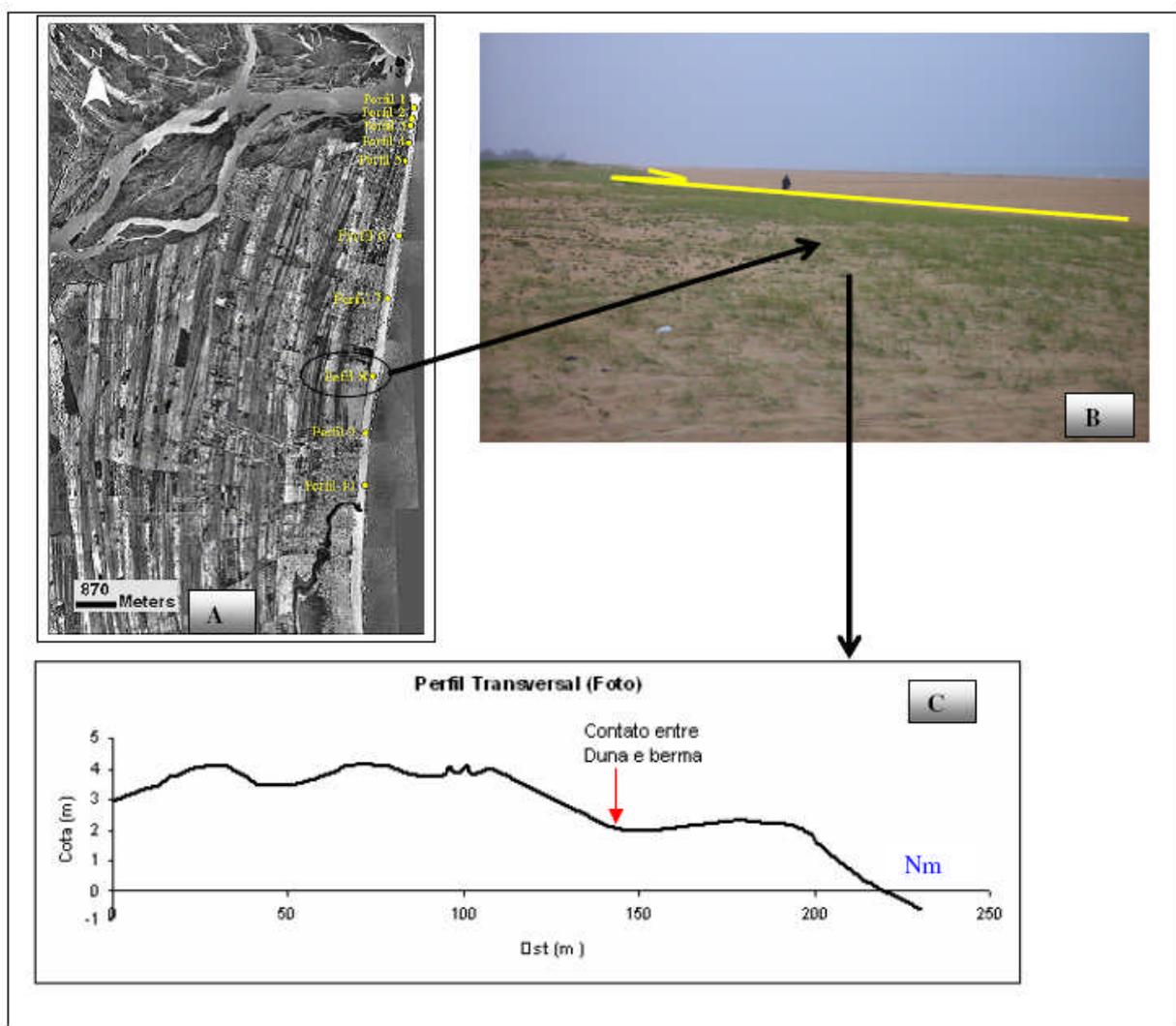


Fig.4. A figura 4A indica a localização dos dez pontos de monitoramento, onde o ponto destacado indica o local do caminhamento representado na foto. A foto 4B mostra o caminhamento sendo realizado, em que o contato entre a berma e a duna apresenta-se destacada pela linha amarela. A figura 4C representa a amarração do caminhamento com o perfil transversal topográfico, onde também é visualizada a fisiografia local.

Por fim, a delimitação da orla foi obtida a partir do contato entre a duna mais frontal e a berma, uma vez que as sucessivas cristas de praia que formam a planície dificultam a individualização de uma feição mais evidente na maior parte da orla. Este contato entre duna e berma foi obtido a partir de um caminhamento com GPS, sendo amarrado topograficamente (Fig 4B-C), conforme descrito em Leitão et.al (2007) e, finalmente, espacializado no Arc Gis 9.2. Também foram utilizadas as coordenadas da batimétrica de 10m para a delimitação da zona marinha, conforme sugere o PO.

#### **4. Resultados**

Os levantamentos morfodinâmicos indicaram ao longo dos três anos de monitoramento que há uma tendência erosiva nas proximidades da foz e de progradação mais ao sul, havendo uma área de relativa estabilidade entre elas (figura 5). Esse monitoramento permitiu a obtenção de uma taxa erosiva de 15m/ano no pontal. O acompanhamento espaço-temporal dos pontos também indicou intensa instabilidade, sobretudo nos pontos próximo à desembocadura (figura 6A). A classificação paramétrica da praia resultante foi intermediária em toda a orla, apenas com algumas nuances, corroborando a instabilidade mencionada.

Os dados de transporte litorâneo indicaram segundo a aplicação de CERC uma resultante para sul. Entretanto, a partir do perfil 8 foi verificado uma inversão do sentido da deriva, predominando o sentido norte (figura 5). Tal resultado foi corroborado, inclusive, pela análise granulométrica de amostras coletadas na antepraia, onde foi verificado um afinamento dos grãos do ponto 1 em direção ao 8, e do ponto 10 em direção ao 8 (figura 6B). Tal fato indicaria uma convergência de sentido de derivas nas proximidades de Grussái, logo, sugerindo também uma contribuição de sedimentos oriundos de áreas mais ao sul. Desta forma o rio Paraíba não seria a única fonte de fornecimento de sedimentos.

A correlação entre os dados de vazão e o comportamento morfodinâmico aparentemente não indicou relação entre eles, conforme sugerida por muitos autores a respeito do efeito do “molhe hidráulico”<sup>1</sup> (figura 7). Segundo eles, em épocas de maior vazão o rio barraria sedimentos oriundos de um transporte no sentido norte, promovendo o crescimento da planície próximo à

---

<sup>1</sup> Ao contrário do que é apresentado no Paraíba do Sul, Bittencourt *et.al.* (2007) num trabalho sobre refração de ondas e erosão no delta do São Francisco, concluem que há relação entre a diminuição da vazão e a erosão no delta, corroborando a hipótese do efeito do molhe hidráulico no processo de evolução da planície. Nesta foz também há intensos processos erosivos, destruindo parte do vilarejo de Cabeço.

foz. Já a correlação entre os dados de vazão e episódios erosivos mapeado por Santos (2006) nas últimas décadas demonstrou que os dois períodos erosivos considerados ocorreram em períodos de baixa vazão. Contudo, o mesmo autor verificou nesses mesmos intervalos a ocorrência de El Niños, podendo ser esse um dos fatores dos intensos eventos erosivos, cuja média da taxa erosiva anual encontrada por comparação de fotografias aéreas ficou em torno de 3,2m. Entretanto, cabe ressaltar que os dados de sedimentos oriundos do rio ainda não foram processados, reconhecendo a falta deste dado para esta discussão de forma mais ampla.

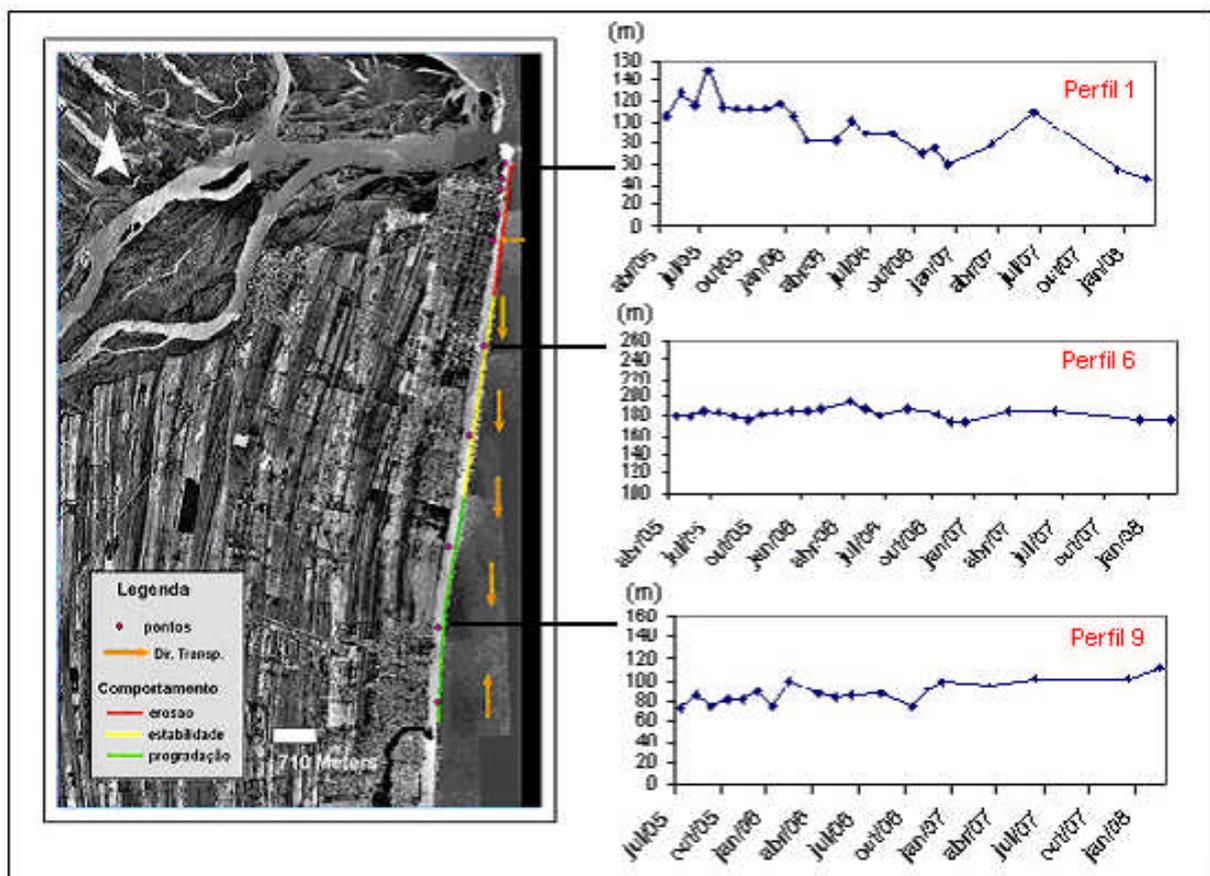


Fig. 5. Representação das tendências de comportamento da linha de costa e direção resultante de transporte litorâneo, obtido a partir de estudos de morfodinâmica de praia, com a variação da largura da parte emersa de perfis representativos dos distintos comportamentos.

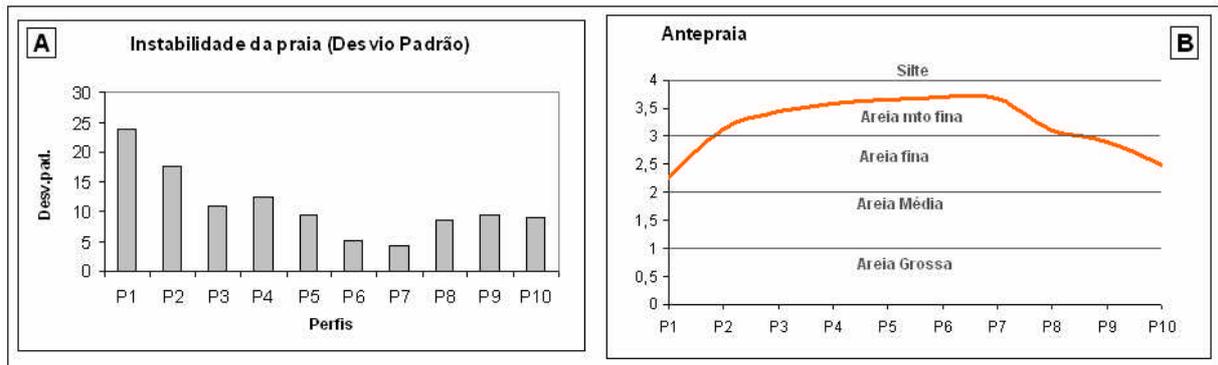


Fig. 6. 6A- Gráfico de potencial de instabilidade obtido a partir do desvio padrão das larguras da parte emersa das praias. 6B- Gráfico de análise granulométrica das amostras retiradas na antepraia, a partir das médias encontradas em Phi.

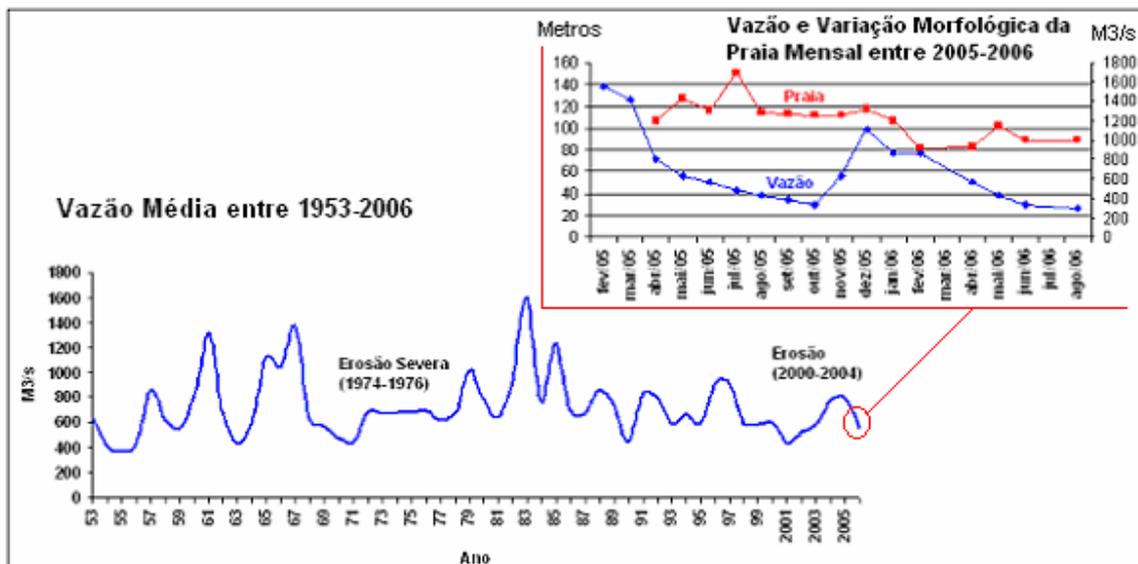


Fig 7. Gráfico da vazão média do rio Paraíba do Sul no período entre 1953 e 2006 correlacionado com os eventos erosivos mapeados em Santos (2006). Ao lado, entre 2005 e 2006, o gráfico refere-se a variação mensal da vazão (m<sup>3</sup>/s) e da largura da praia em metros (perfil 1), indicando que não há influência do efeito do “molhe hidráulico”.

Considerando todos os dados e as respectivas implicações aqui mencionadas, a figura 8 mostra uma sugestão de delimitação para fins de gestão, na área de estudo, podendo servir de referência para outras orlas sob influência fluvial. Primeiramente, foi delimitada a orla a partir do caminhamento na feição escolhida. Como esta não se trata de um reverso de feição, foram somatizados mais 50m aos 200m proposto pelo PO, totalizando 250m em direção à retroterra.

Além desta área delimitada, que serve a gestão de forma geral, foi delimitada uma “área de regime especial”, ou de restrição de usos, em função da instabilidade natural do ambiente. Em termos de extensão, esta foi obtida a partir do mapeamento dos processos erosivos, tanto em termos morfoodinâmicos quanto pelo mapeamento da linha de costa em fotografias aéreas. A esta faixa, foi delimitada em direção à retroterra a resultante de 250m multiplicado pela média da taxa erosiva anual obtida em três pesquisas, uma vez que foram usados metodologias e escalas temporais distintas. A partir da taxa mencionada no presente trabalho (15m/ano), de Santos (2006) (3,2m/ano) e de Bastos (1997) (7m/ano), calculou-se uma média (8,4), gerando, desta forma resultante de 2.100m em direção a retroterra e uma área de um suposto “regime especial”.

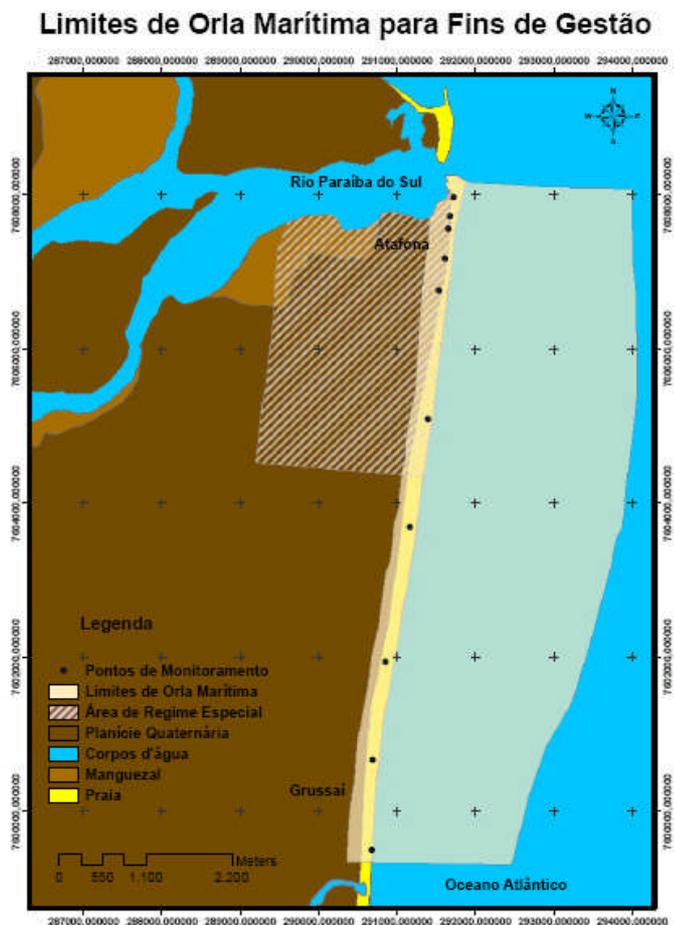


Fig.8: Sugestão de delimitação da orla baseado no Projeto Orla, a partir da batimétrica de 10m como limite marinho e os 250m em direção a retroterra (realizado em função de um caminhar no contato entre a duna mais frontal e berma); e delimitação de uma Área de Regime Especial em função da instabilidade natural

do ambiente, considerando a extensão do processo erosivo e a taxa erosiva anual (2100m em direção à retroterra).

## 5. Conclusão

A aplicação da metodologia tanto para a delimitação da orla, quanto para a delimitação de uma área de regime especial, ou de usos restritivos, mostrou-se positiva conforme mostraram os resultados. A fisiografia, os processos morfodinâmicos e a tendência evolutiva da orla devem ser considerados, sobretudo em função da complexidade e particularidades dos ambientes costeiros. No caso específico da orla associada à desembocaduras fluviais, talvez deva ser mais importante considerar a instabilidade morfodinâmica intrínseca à área do que mudanças do nível do mar, ou outros fatores de escalas temporais geológica propriamente dita. Nesse sentido, foi interessante abordar o papel do rio na relação morfodinâmica e evolutiva da planície costeira. Os resultados indicaram que o rio Paraíba do Sul não é a única fonte de sedimentos, e que aparentemente não há o “efeito de molhe hidráulico” e relação entre a vazão e processos de progradação e erosão. Contudo, um melhor resultado será obtido com o processamento da descarga de sedimentos na foz.

Apesar da complexidade físico-ambiental da área e da severa erosão próxima a foz, presume-se que os critérios possam ser aplicados em demais áreas associadas a desembocaduras fluviais, auxiliando, desta forma, a instrumentalização e os diagnósticos para gestão de orla marítima e conseqüentemente, direcionar ações que sejam de cunho restritivo e/ou preventivo.

## Bibliografia

Bastos, A.C. (1997) Análise morfodinâmica e caracterização dos processos erosivos ao longo do litoral norte fluminense, entre Cabiúnas e Atafona. *Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, UFF.* (133p.).

Bittencourt, A.C.S.P., Dominguez, J.M.L; Fontes, L.C.S., Souza, D.L.; Silva, I.R., Da Silva, F.R. (2007) Wave Refraction, River Damming, and Episodes of severe Shoreline Erosion: The São Francisco River Mouth, Northeastern Brazil. *Journal of Coastal Reserach*, 23(4), 930-938. July 2007.

Dias,G.T.M.; Silva, C.G.; Malschitzky, I.H. e Piermes,C. (1984) A frente deltáica do rio Paraíba do Sul – fisiografia submarina e distribuição sedimentar. *Anais do XXXIII Cong. Bras. De geologia, Rio de Janeiro; Vol. IV (1565-1576).*

Dominguez J.M.L.; Bittencourt. A.C.S.P.; e MARTIN, L.. (1981) Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (Se\Al), Jequitinhonha (Ba), Doce (ES), e Paraíba do Sul (RJ), Revista Brasileira de Geociências. 11(4):227-237.

Fernandez, G.B.; Rocha, T.B.; Pereira, T.G. & Figueredo JR. A.G. (2006) Morfologia e dinâmica de praia entre Atafona e Grussaí, litoral norte do estado do Rio de Janeiro. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia. Anais em CD-ROM.

Leitão, P.S.; Santos, R.A.; Rocha, T.B. ; Fernandez, G.B. (2007) A Influência da Maré na Determinação da Linha de Costa a partir da Linha D'água. XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2007, Natal. Anais em CD-ROM.

Martin,L.; Suguio, K.; Flexor, J.M.; Dominguez J.M.L.; Azevedo, A.E.G. (1984) Evolução da planície costeira do Rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar. Anais do XXXIII Cong. Bras. de Geologia, Rio de Janeiro. Vol.1, 84-97.

Muehe, D. (1998) Estado morfodinâmico praial no instante da observação: uma alternativa de identificação. Revista Brasileira de Oceanografia, 46(2).

Muehe, D. (2004) Definição de limites e tipologias de orla sob os aspectos morfodinâmicos e evolutivos. Projeto Orla: Subsídios para um projeto de gestão. 13-32p.

Murillo, V.C., Silva, C.G. & Fernandez, G.B. (2007) Discussão sobre a contribuição dos sedimentos da plataforma continental interna para formação da planície de cristas de praia do delta do Rio Paraíba do Sul. XI Congresso da ABEQUA Belém, 2007. Anais em CD-ROM.

Rocha, T.B. (2008) Morfodinâmica de praia no litoral do município de São João da Barra, RJ: avaliação de curta escala temporal dos processos de erosão e progradação na planície deltáica do Rio Paraíba do Sul. Monografia de Graduação, Curso de Geografia - Universidade Federal Fluminense – UFF. Niterói, RJ. 58 p.

Santos, R.A. (2006) Processos de Erosão e Progradação entre as praias de Atafona e Grussaí - RJ. Monografia de Graduação, Curso de Geografia - Universidade Federal Fluminense – UFF. Niterói, RJ, 2006. 36 p

Voivodic, R. (2007). Gestão ambiental e gerenciamento costeiro integrado no Brasil: uma análise do Projeto Orla em Cabo Frio – RJ. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia. 180p.