



## CLIMA DE ONDAS E TRANSPORTE LITORÂNEO NA PLANÍCIE DELTAICA DO RIO PARAÍBA DO SUL, LITORAL NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Karollyne M. Machado - Programa de Pós- Graduação em Geofísica e Geologia Marinha da  
Universidade Federal Fluminense. [karollynemachado@gmail.com](mailto:karollynemachado@gmail.com)

Albano R. Alves- Professor da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). Niterói, Rio de Janeiro.  
[albanoribeiro@terra.com.br](mailto:albanoribeiro@terra.com.br)

Guilherme B. Fernandez - Professor adjunto do Departamento de Geografia / Geologia Marinha da  
Universidade Federal Fluminense. [guilherme@igeo.uff.br](mailto:guilherme@igeo.uff.br)

### Resumo

A evolução geológica e geomorfológica do Delta do Rio Paraíba do Sul foi bastante estudada nas últimas décadas, principalmente nos anos 80. Entretanto, poucos trabalhos avaliaram analiticamente a influência do clima de ondas na dinâmica sedimentar da região. Assim, a partir de dados de ondas da Bacia de Campos gerados pelo modelo WAM entre os anos de 2004 e 2007 foram utilizados para analisar o transporte litorâneo ao longo da planície deltaica. Os resultados encontrados mostram que o padrão de transporte observado é complexo e que varia de ano a ano, contrapondo trabalhos anteriores que apontam um sentido preferencial do transporte litorâneo para toda a planície. Os resultados encontrados surpreenderam pela semelhança entre as feições encontradas no modelo e na natureza, sugerindo que, possivelmente, o comportamento da linha costa seja mais afetado pelo clima de ondas do que até então está sendo apontado pela bibliografia.

Palavras chave: Dinâmica Sedimentar; Clima de Ondas; Delta.

### Abstract

The Paraíba do Sul Delta represents a good example of wave dominated delta. In fact some different aspects of Quaternary evolution of this delta were carried out in the last few decades. Instead these advances, little attention was given about the wave climate and sediment dynamics along the coastline. In this case the main objective of this work is determine the wave climate and sediment transport along the delta, using numerical models with four years data to determine sediment transport trends. The results showed differences in terms of directions in different years and directions, but the conclusive analyses that numerical model is powerful method to interpreted the sediment dynamics.

Key words: Sediment Dynamics; Wave Climate; Delta.



## 1-Introdução

A dinâmica morfológica de costas dominada por processos associados às ondas mostra que variações de médio prazo são governadas pelo clima de ondas. Desta forma a aproximação das ondas em ângulo de incidência em relação a linha de costa e parâmetros físicos como altura e período governam o balanço sedimentar em ambientes governados por estes forçantes. Em termos históricos, Cornaglia (1889) provavelmente foi um dos pioneiros ao descrever os aspectos físicos do movimento orbital das ondas e os efeitos resultantes na linha de costa através do transporte de sedimentos.

Komar (1976) apresenta uma ótima revisão sobre os processos costeiros e correlações associadas a mobilidade da linha de costa, especialmente em relação as praias. Finalmente duas revisões sobre processos costeiros devem ser citadas nos trabalhos de compilação de Fisher e Dolan (1977) e Aagard e Masselink (1999) sobre processos que ocorrem na zona de surfe e transporte de sedimentos que determinam alterações na linha de costa.

Em relação a acoplagem entre a previsão de ondas e processos costeiros, Johnson (1956) apresenta de forma sintética como os avanços científicos sobre o entendimento destes processos, desenvolvidos no âmbito militar durante a Segunda Guerra Mundial, em que a colaboração entre geólogos e engenheiros se tornou fundamental, e foram posteriormente disponibilizados a comunidade interessada no assunto em tempos de paz. De fato durante a Segunda Guerra Mundial, o crescimento da importância das forças navais no conflito levou a Marinha dos Estados Unidos a investir em estudos sobre o clima de ondas. Assim, Sverdrup e Munk desenvolveram o Método da Onda Significativa e realizaram as primeiras previsões em 1943 (Khandekar, 1989).

Desde então, modelos de previsão de ondas vêm sendo desenvolvidos e utilizados por diversas instituições de pesquisa e organismos ao redor do mundo, como: *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* - ECMWF (Reino Unido), *National Oceanic and Atmospheric Administration* - NOAA (EUA), *British Meteorological Office* (Reino Unido), *Royal Netherlands Meteorological Institute* (Holanda), *Scripps Institute of Oceanography* (EUA), *Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse* (Itália), *Max Planck Institute of Meteorology* (Alemanha), *Geophysical Institute, Tokohu University* (Japão).



A dependência dos dados de vento faz com que a maioria dos modelos de onda seja operada por agências meteorológicas. Na verdade, a qualidade dos dados meteorológicos é crucial para a relevância dos resultados. Para forçar o modelo de ondas, são necessários campos de vento cronologicamente sucessivos em toda a malha. Como na prática tais campos não podem ser medidos diretamente, além do que dessa forma só seriam obtidas as condições instantâneas, torna-se necessária a utilização de modelos atmosféricos para esse fim. Nesse caso, as medições também são importantes, sendo utilizadas tanto na calibração, quanto na verificação dos resultados. Desta forma são necessárias formulações numéricas tanto para discretização dos dados meteorológicos para a entrada no modelo e depois para a geração e propagação de ondas ao longo da massa d'água até a arrebentação na linha de costa.

Estudos desta natureza na área de geociências, isto é, utilizando formulações matemáticas aplicadas a modelagem de ondas e respostas na alteração na configuração da linha de costa são relativamente escassos. Normalmente são mais facilmente encontrados trabalhos em que tratam aspectos relacionados ao clima de ondas como elemento fundamental, e não acoplados ao realinhamento da linha de costa (Alves et al. 2009; Pianca et al. (2010).

Especificamente no Delta do Paraíba do Sul, localizado no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, Cassar e Neves (1993) realizaram um estudo de dinâmica sedimentar, a partir de dados de ondas observados por embarcações que navegavam ao largo da Bacia de Campos entre 1953 e 1961, gerando um padrão de dinâmica sedimentar para a planície. Este trabalho é ainda referência, como apontado nos trabalhos de Bastos (1997), Muehe e Valentini (1998), Murillo et al (2009) entre outros. Desta forma a motivação principal deste trabalho foi fazer uma avaliação mais criteriosa dos dados de ondas, utilizando métodos numéricos e principalmente apresentar resultados morfológicos observados na linha de costa ao longo Delta do Rio Paraíba do Sul.

## **2- Materiais e métodos**

### **2.1-Clima de Ondas**

Até a primeira metade do século 20, a única forma utilizada para descrever o estado do mar era a escala Beaufort, criada pelo almirante britânico Francis Beaufort em 1805 e adotada pela Marinha inglesa em 1834. A escala relaciona a intensidade de vento com a força do mar (Equação 1):



$$U = 1,87B^{3/2} \quad (1)$$

Onde:

$U$  = intensidade do vento em nós

$B$  = fator Beaufort, que caracteriza o estado do mar

No presente trabalho foi gerada uma série temporal de dados de ondas modelada pelo modelo Wave Model (WAM) disponibilizada pela Marinha do Brasil, para a construção do clima de ondas. Esses dados foram calculados com intervalo de 1 hora e abrangem quatro anos de dados da bóia virtual da Bacia de Campos (RJ), 42° W e 22° S.

O modelo WAM, criado pelo grupo WAMDI (Wave Model Development and Implementation Group), foi a primeira tentativa de implementação de um modelo de ondas operacional de terceira geração, onde a integração da equação básica de transporte de energia pode ser resolvida sem restrições quanto a forma do espectro de onda, é permitindo a representação de mares complexos (WAMDI, 1988). Operacionalmente, o WAM é utilizado pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) para a previsão de ondas no Oceano Atlântico, forçado pelo vento a 10 metros do modelo global alemão GME, na METAREA V e na Antártica. Os dados de onda extraídos do modelo foram: altura significativa, direção média e período das ondas.

## 2.2-Transporte litorâneo

A expressão utilizada para o cálculo do transporte potencial foi a de Komar (1971) (Equação 2). O termo “potencial” é utilizado porque os cálculos assumem que haja sedimentos disponíveis em quantidade suficiente para o transporte e que não existam obstruções que reduzam ou interrompam a deriva litorânea (USACE, 2002).

Conhecendo-se os parâmetros de onda e as características dos sedimentos e da antepraia, a fórmula permite que seja calculado o transporte para cada intervalo de tempo.

$$Q_s = K \left( \frac{\rho \sqrt{g}}{16\gamma^{1/2} (\rho_s - \rho)(1-n)} \right) H_b^{5/2} \text{sen}(2\phi_b) \quad (2)$$



Onde:

$\rho$  = Massa específica da água, igual a  $1.025 \text{ kgm}^{-3}$ , a temperatura e a salinidade consideradas foram de  $25^\circ\text{C}$  e 35;

$\rho_s$  = Massa específica do sedimento, igual a  $2.650 \text{ kgm}^{-3}$ ;

$g$  = Aceleração da gravidade de  $9,81 \text{ ms}^{-2}$ ;

$\gamma$  = Índice de arrebentação  $\frac{H_b}{d_b}$ , onde  $d_b$  é a profundidade de arrebentação;

$K$  = Coeficiente de calibração igual a 0,32;

$n$  = Porosidade, igual a 0,60.

Assim, foram obtidas séries temporais com parâmetros de onda, de maneira a se calcular o volume transportado para um intervalo de tempo desejado.

Com o objetivo de se determinar a influência em longo prazo do gradiente de transporte litorâneo na evolução da linha de costa, foi calculado o transporte residual com os resultados da reconstituição do clima de ondas de um ano, através do somatório dos transportes instantâneos. Assim, convencionou-se que o transporte da esquerda para a direita seria positivo e no sentido contrário negativo, assumindo-se um observador olhando na direção do azimute da normal à linha de costa. Esse cálculo foi feito em 136 pontos ao longo da Planície Costeira do Paraíba do Sul. Os resultados foram mapeados em plataforma ArcGis 9.3.

### 2.3- Cálculo da altura e direção de onda na arrebentação

Para a determinação da influência a longo prazo do gradiente de transporte litorâneo na evolução da linha de costa, foi calculado o transporte residual com os resultados da reconstituição do clima de ondas de um ano, através do somatório dos transportes instantâneos.

Como as fórmulas de transporte usualmente utilizam os parâmetros de onda no início da zona de arrebentação é necessário o cômputo dos efeitos de refração e empinamento (*shoaling*). O método mais simples consiste na assunção de que as isobatimétricas são retas e paralelas à linha de costa desprezando-se, ainda, os efeitos de dissipação de energia devido à fricção no fundo.



Dessa forma, utilizando-se a lei de Snell e assumindo-se a conservação do fluxo de energia da onda, a altura e a direção das ondas na arrebentação podem ser calculadas pelo par de equações (3 e 4) descritas por USACE (2002):

$$H_b = H_l^{4/5} (C_{gl} \cos \varphi_l)^{2/5} \left[ \frac{g}{\gamma} - \frac{H_b g^2 \sin^2(\varphi_l)}{\gamma^2 C_l^2} \right]^{1/5} \quad (3)$$

$$\cos \varphi_b = \sqrt{g \frac{H_b}{\gamma} \frac{\sin \varphi_l}{C_l}} \quad (4)$$

Onde:

$H_b$  = Altura de onda fora da arrebentação;

$C_{gl}$  = Celeridade de grupo de onda fora da arrebentação;

$\varphi_l$  = Ângulo de incidência da linha de crista de onda em relação à linha de costa fora da arrebentação;

$C_l$  = Celeridade de onda fora da arrebentação.

A Tabela 1 exemplifica os resultados obtidos para transformação de uma onda de 1 m de altura e 10 s de período para ângulos de incidência variando de 15 em 15°, desde ângulos de incidência normal (0°) até oblíquos (75°). Observa-se que a altura de onda na arrebentação diminui com o aumento do ângulo de incidência, porém o ângulo neste mesmo ponto passa a diminuir a partir dos 60°. Utilizando-se esses valores na equação de transporte litorâneo nota-se que este atinge um valor máximo para um ângulo na arrebentação em torno de 10°, que corresponde a um ângulo em água profunda de 45°.

Tabela 1. Transformações dos parâmetros de ondas de acordo com os cálculos das equações 3 e 4 para ondas de  $H_l=1\text{m}$

| □         | Hb (m)      | □           | Qs/Qsmax    |
|-----------|-------------|-------------|-------------|
| 0         | 1.38        | 0.0         | 0.0         |
| 15        | 1.36        | 4.0         | 0.53        |
| 30        | 1.31        | 7.5         | 0.90        |
| <b>45</b> | <b>1.21</b> | <b>10.2</b> | <b>1.00</b> |
| 60        | 1.06        | 11.7        | 0.81        |
| 75        | 0.81        | 11.4        | 0.41        |



### 3- Resultados e Discussão

#### 3.1- Ondas

De acordo com Palmeira (2006), as ondas formadas pela passagem de sistemas frontais têm direções que variam entre SW e SE, atingindo toda a costa sul e sudeste do país, até Arraial do Cabo, RJ. Embora as tempestades mais intensas estejam geralmente relacionadas com ondas das direções SSW e S. Enquanto que as ondas de NE, em geral, estão associadas à circulação induzida pelo centro de alta pressão semi-permanente do Atlântico Sul e são predominantes, em termos de persistência, no litoral ao norte de Arraial do Cabo, RJ. Carvalho (1997) afirma que na Baía de Campos o mar apresenta bi-modalidade, que corresponderia à superposição de um mar local, formado principalmente pelas ondas de nordeste, com um *swell*, formado por ondas do quadrante sul, relacionadas aos sistemas frontais.

Os resultados do modelo WAM encontrados para a região da Baía de Campos convergem com os sugeridos pelos autores supracitados (Fig. 1), apesar de subestimar a altura significativa de onda e de não considerar as ondas do quadrante oeste. De uma maneira geral, as ondas apresentaram direção de propagação de pico entre NE e SE, altura significativa de onda de 1 metro, período de onda entre 6 e 8 segundos para o quadrante NE e de 8 a 10 para o quadrante de SE.

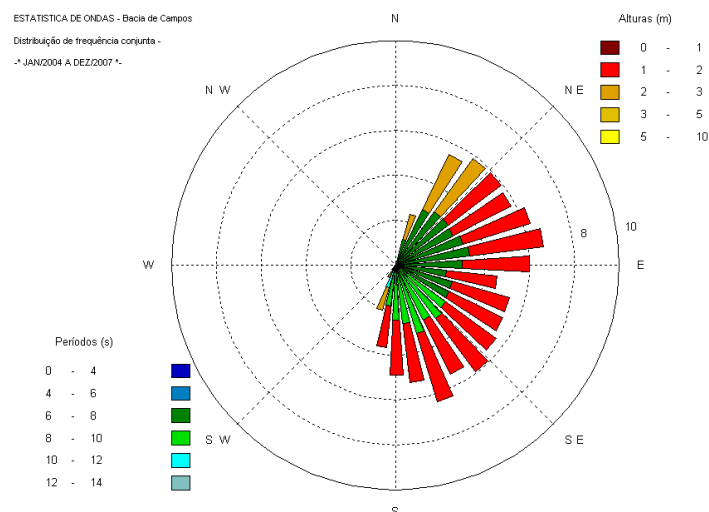


Fig. 1. Histograma direcional de ondas para a Bóia Virtual de Campos do modelo WAM, no período entre 2004 e 2007.



### 3.2- Transporte Litorâneo

A aplicação das equações de transformação dos parâmetros de onda de água profunda para a zona de arrebentação e de transporte litorâneo potencial permitiu a determinação do transporte litorâneo potencial ao longo da planície costeira do Paraíba do Sul (Fig. 2 a,b,c).

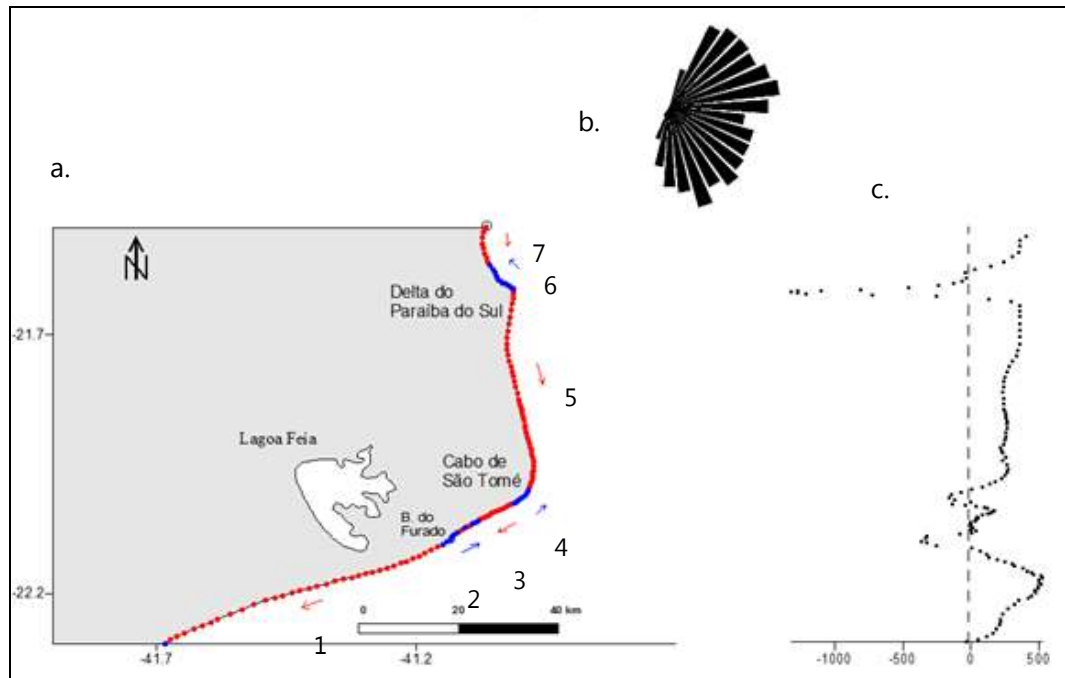


Fig. 2. Transporte residual potencial para o período entre 2004 e 2007. a) Transporte residual potencial ao longo da linha de costa da região estudada. Os pontos azuis indicam transporte de sul para norte, e os vermelhos de norte para sul. b) Rosa de ondas para o período analisado. c) Gráfico de transporte residual potencial ( $m^3/s$ ). Os valores negativos indicam transporte de sul para norte, e os positivos de norte para sul. Os números na figura a são meramente indicativos de áreas de ocorrência de divergência ou convergência de transporte.

Nos trechos compreendidos entre Cabiúnas e Barra do Furado (Fig. 2), predominou transporte litorâneo em direção ao sul. Entre a Barra do Furado e o Cabo de São Tomé nota-se diversas inversões e convergências de tendências. Do cabo de São Tomé a foz do Paraíba do Sul ocorre transporte predominantemente para sul. E por último ocorre na borda norte convergência de transporte. Este padrão está exposto na Fig. 2a.





Na Fig. 3c foi quantificado o transporte residual impulsionados pelo clima de ondas (Fig. 2b). No trecho mais ao sul observou-se valores atingindo  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nas localidades a norte da Barra do Furado, a sul do Cabo de São Tomé e no flanco norte do delta do Paraíba do Sul os valores estimados de transporte longitudinal variam entre aproximadamente  $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$  e quase zero, de sul para norte.

Os resultados de transporte aqui apresentados são em parte coerentes àqueles apresentados por outros autores. Dias & Gorini (1980) acreditam que o transporte litorâneo é de norte para sul, na maior parte do tempo, e que no flanco sul da Foz do Paraíba do Sul o sentido é inverso devido à refração de ondas vindas do NE. De acordo com os resultados mostrados neste trabalho, as afirmações desses autores são parcialmente verdadeiras, no entanto esses extrapolam o sentido preferencial para toda a região, desconsiderando as variações espaciais do alinhamento da linha de costa e as variações temporais do próprio clima de ondas.

Dominguez *et al* (1983) apesar de defenderem transporte de sul para norte em toda a planície, também apresentam evidências geomorfológicas que corroboram os resultados de transporte litorâneo apresentados neste trabalho. Os esporões mencionados pelos autores na extremidade do flanco sul e no flanco norte do delta do Paraíba do Sul, assim como os pontais arenosos no flanco norte e a acumulação costeira assimétrica no Cabo de São Tomé indicam o transporte litorâneo de norte para sul. No entanto, esses autores se prenderam a essas evidências geomorfológicas para estimar o transporte em toda a região.

Somente em 1993, CASSAR & NEVES conduziram uma análise quantitativa do transporte litorâneo na região. Esses autores foram os primeiros que encontraram compartimentos de transporte litorâneo com sentidos alternados, apesar de não apresentarem o detalhamento necessário para indicar com precisão os pontos de divergência e convergência ao longo da linha de costa. Embora tenham aplicado um sofisticado modelo de refração de ondas, os dados de ondas disponíveis eram pontuais no tempo, sem periodicidade e oriundos de observações visuais.

Mesmo assim, os resultados encontrados por esses autores convergem com os resultados deste trabalho, apenas com deslocamentos espaciais. Os autores indicaram que no delta o sentido do transporte é divergente, sendo de sul para norte no flanco norte e de norte para sul no flanco sul, conforme o resultado exposto acima. Além disso, o transporte de sul para norte no Cabo de São Tomé e na Barra do Furado descrito pelos autores.



Visando verificar a autenticidade dos resultados de transporte litorâneo encontrados, algumas evidências geomorfológicas foram utilizadas para validá-los. Na região entre Cabiúnas e Barra do Furado ocorre um extenso cordão litorâneo que isola uma série de lagoas costeiras do contato com o mar. Dias & Gorini (1980) observaram diversas evidências geológicas, como o truncamento das lagoas costeiras e deslocamento da restinga em direção ao continente, que indicam processos associados a regressão da linha de costa.

Os resultados encontrados no presente trabalho indicam que o transporte litorâneo na região é de norte para sul, e a segunda derivada do resultado indica que há erosão na metade mais ao sul, devido diminuição do módulo do transporte de norte para sul, enquanto que na metade mais a norte ocorre o processo inverso.

No entanto, o trabalho de Dias & Gorini (1980) indica que atualmente não há fontes de sedimentos ativas na região, e que os sedimentos disponíveis são oriundos do retrabalho dos sedimentos mais antigos no fundo. Por isso, considerando que o transporte litorâneo potencial foi calculado, certamente os resultados da deriva são superestimados quando comparados a dados de campo.

Na região das proximidades da Barra do Furado o resultado de transporte encontrado é bastante complexo. Duas faixas de transporte de sul para norte são intercaladas com pequenas faixas de norte para sul. Isso dificulta a análise com clareza das zonas de convergência e divergência.

No entanto, pode-se notar claramente uma convergência da deriva litorânea nessa região através do acúmulo de sedimentos no flanco sul do molhe construído na foz da Barra do Furado e na porção norte do tómbolo formado por uma ilha presente na costa (Fig. 3).

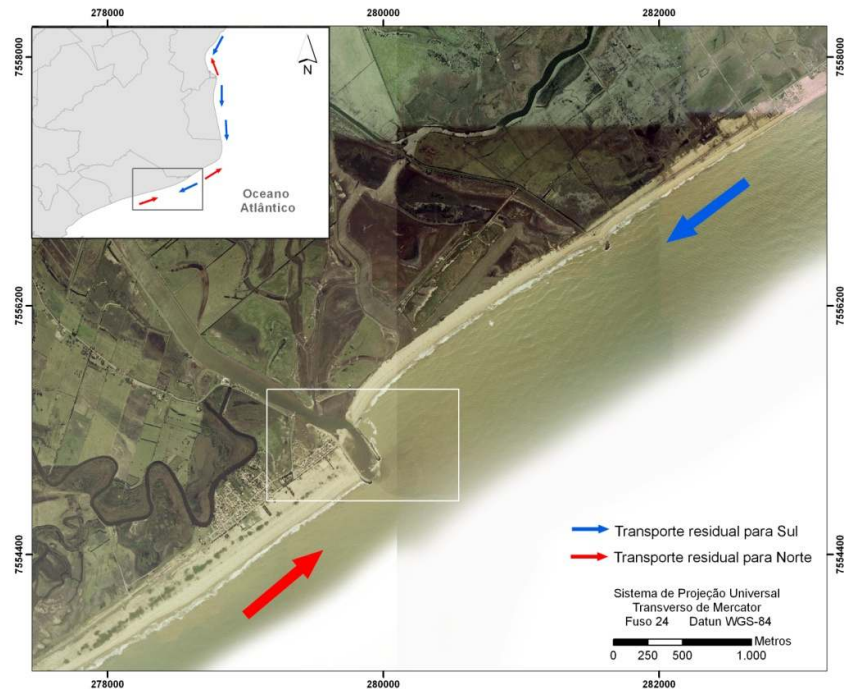


Fig. 3. Região de convergência do transporte litorâneo nas proximidades da foz da Barra do Furado. A seta vermelha indica sentido preferencial de transporte de norte para sul, enquanto que a azul de sul para norte.

Mais a norte, ao redor do Cabo de São Tomé há evidências geomorfológicas da convergência do transporte na região, como o alargamento do cordão litorâneo e o represamento de antigas lagoas, que atualmente formam as lagoas Salgada, das Ostras, da Flecha e Mololô. De fato a convergência observada representa provavelmente uma importante contribuição para a evolução morfológica do Cabo de São Tomé (Fig. 4).

Na região do delta do Paraíba do Sul pode ser observada a área de maior gradiente de transporte, que corresponderia à região central do delta (Fig. 1c). Na natureza é observada a erosão do flanco sul do delta, na localidade de Atafona, através da descontinuidade do cordão litorâneo presente na região, o que indicaria a tendência de divergência a partir da foz (Fig. 5). Esse deslocamento pode também ser explicado pelo efeito da refração de ondas de NE mencionado por Dias & Gorini (1980).

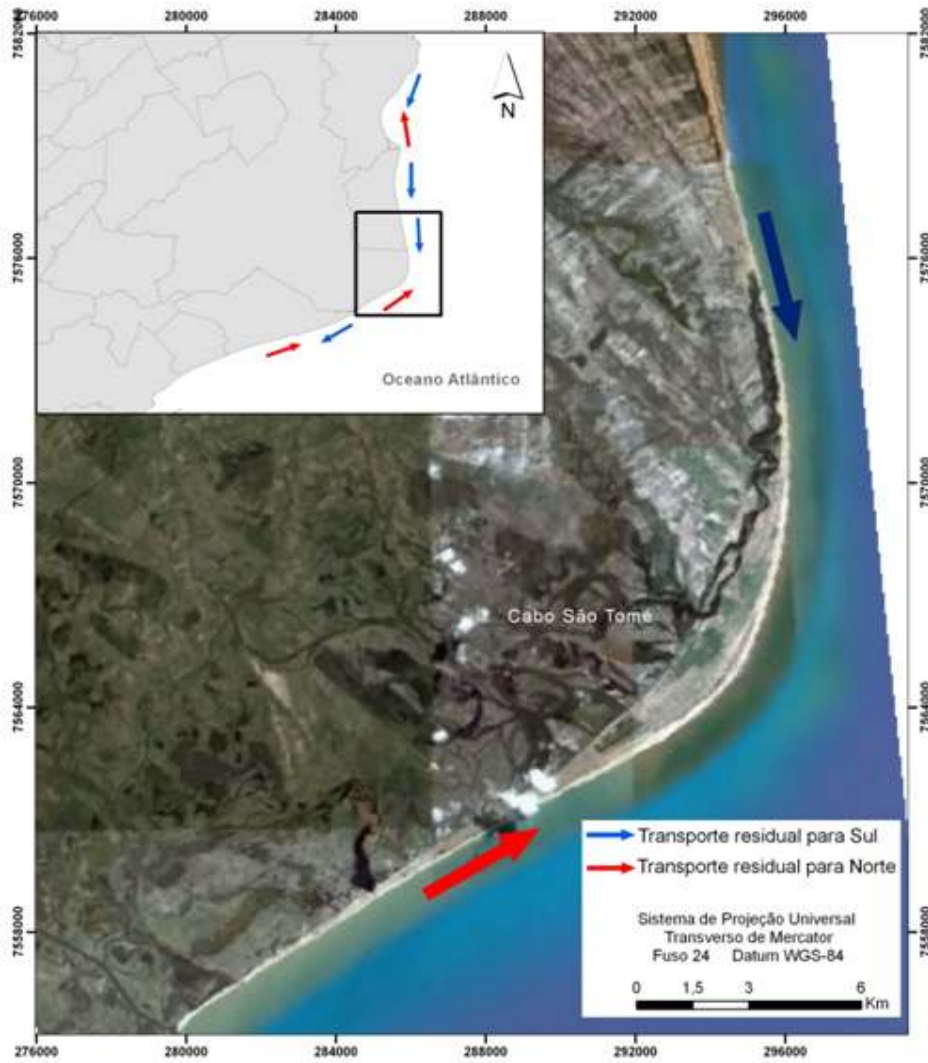


Fig. 4. Região de convergência do transporte litorâneo no Cabo de São Tomé, em que se notam diversas lagoas formadas no reverso da progradação costeira.

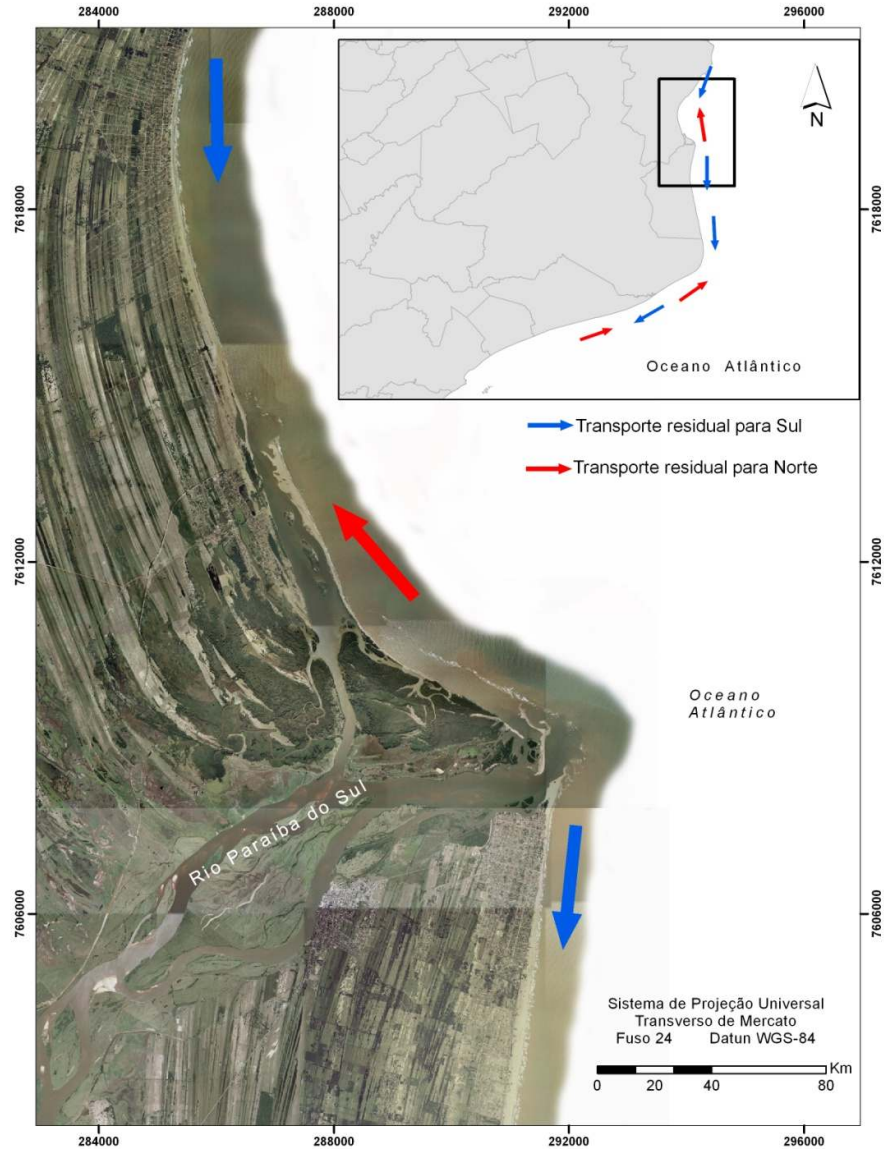


Fig. 5. Região de divergência do transporte litorâneo na Foz do rio Paraíba do Sul. A seta vermelha indica sentido preferencial de transporte de norte para sul, enquanto que a azul de sul para norte.



#### 4- Conclusão

- a. Os resultados obtidos a partir da modelagem de ondas permitiram montar de forma bastante clara o clima de ondas da Região, mesmo com dados de quatro anos.
- b. Deve-se notar que os valores aparentemente elevados das taxas de transporte litorâneo devem ser cuidadosamente analisados e encarados apenas como indicativo da ordem de magnitude do transporte. Dentre os principais fatores que podem ser mencionados, destaca-se: a utilização da fórmula do CERC, que freqüentemente superestima as taxas de transporte litorâneo.
- c. Apesar de quantitativamente os valores estimados de transporte litorâneo serem acima dos valores normalmente medidos na costa brasileira, qualitativamente os resultados são coerentes e indicam corretamente a orientação do transporte.
- d. Os dados observados em termos de tendências do transporte com o modelo corroboraram com dados qualitativos identificados na literatura.
- e. A divergência do sentido do transporte litorâneo localizada na foz indica que os sedimentos do rio são transportados tanto para sul quanto para norte, e assim podem contribuir para a progradação do delta.

#### Bibliografia

- Aagard, T.; Masseleink, G. The Surf Zone. In Short. A.D. Hdbk of Beach And Shoreface. Chapter 4. Willey.
- Alves, J.H.G.M; Ribeiro, E.O.; Matheson, G. S. G.;Lima, J.A.M.;Ribeiro, C.E.O. Reconstituição do clima de ondas no Sul e sudeste do Brasil entre 1997 e 2005. Revista Brasileira de Geofísica 27(3): 427-445. 2009.
- Bastos, A.C. Análise morfodinâmica e caracterização dos processos erosivos ao longo do litoral norte fluminense, entre Cabiúnas e Atafona. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade Federal Fluminense. 1997.
- Carvalho, N. V. O Clima de Ventos na Bacia de Campos. Proceedings do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. p. 413-422. 1997.
- Cassar, J. C. M.; Neves, C. F. Aplicação das rosas de transporte litorâneo à costa fluminense. Revista Brasileira de Engenharia. v. 11. n. 1. p. 81-106. 1993.
- Cornaglia, P. On Beaches. Tradução do original Accad. Naz. Linncei Atti. Ci. Sci. Fis, Mat. e Nat. Mem 5, ser 4:284-304. 1889. In Swartz, M. 1977. Beach Process and Coastal Hydrodynamics. Benchmarks Papers in Geology, Vol. 39: 11-27. 1977.
- Dias e Gorini. O complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul. In IV Simp. Do Quat. Do Brasil. Public. Esp. 58-88. 1980.



Dominguez, J.M.L; Bittencourt, A.C.S.; Martin, L. O papel da deriva litorânea na evolução das planícies costeiras dos rios Paraíba do Sul (RJ), Doce (ES), Jequitinhonha (BA) e São Francisco (SE/AL). Rev. Bras. Geol. Vol 13, 91-98. 1983.

Fischer, J.S.; Dolan, R. Beach process and coastal Morphodynamics. Benchmark Papers in Geology 39. Downen, Hutc. E Ross. 382.

Komar, P. D. Beach process and sedimentation. Prentice Hall. 428 p.

Krumbein, W.C. Shore Process and Beach Characteristics. Technical Memorandum N° 3, Beach Erosion Board, USACE. In Swartz, M. 1977. Beach Process and Coastal Hydrodynamics. Benchmarks Papers in Geology, Vol. 39: 71-112. 1977.

Johnson, D.W. Shoreline Process and Shoreline Developed. John Willey and Sons. 584 pp. 1919.

Johnson, J.W. Dynamics of Nearshore Sediment Movement. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 40 (9): 2211-2232. 1956.

Palmeira, R. M. de J. A influência das ondas de gravidade superficiais na rugosidade oceânica e seu impacto na modelagem numérica dos sistemas atmosféricos no Atlântico Sul. 2006. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp042469.pdf>>. Acessado em: 17 maio. 2009.

Pianca, C; Mazzini, P.L.; Siegle, E. Brazilian offshore wave climate based on NNM3 Reanalyses. Brazilian Journal of Oceanography. 58(1):53-70. 2010.

Muehe, D. Vallentini. O Litoral do Estado do Rio de Janeiro. FEMAR. 1998.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Coastal Engineering Manual. 30 abril 2002. Acessado em: fev. 2003. Disponível em: [http://www.coastal.ufl.edu/~sheppard/eoc6430/Coastal\\_Engineering\\_Manual.htm](http://www.coastal.ufl.edu/~sheppard/eoc6430/Coastal_Engineering_Manual.htm), acessado em 23 de julho de 2009.

WANDI GROUP. The WAM Model - A Third Generation Ocean Wave Prediction Model. J. Phys. Oceanogr., 18 (12), 1988.