

## **Análise comparativa entre sensores remotos e dados *in situ* no estudo de sedimentos em suspensão: aplicação à plataforma continental do estado do Rio de Janeiro.**

Patrícia da Cunha Marroig<sup>1</sup>

Eduardo Negri de Oliveira<sup>1</sup>

Josefa Varela Guerra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ/FAOC

Rua São Francisco Xavier, 524 – 4º andar

Maracanã, Rio de Janeiro/RJ 20550-013

paty.marroig@gmail.com; negrig@gmail.com; josefa@uerj.br

**Abstract.** The analysis of suspended particulate matter (SPM) distribution is an important tool for the environmental monitoring of coastal zones. When present in high concentrations, these components may cause important changes in several processes throughout the water column, such as water quality, supply of nutrients, and the dispersion of pollutants and pathologic agents. The objective of this study is to construct regional algorithms to estimate the concentration of suspended sediment from satellite images and to compare the estimated values with those obtained *in situ*. To carry out this work, two data sets of SPM concentrations collected during two oceanographic cruises, performed in June 2010 and January 2011 were combined with satellites images collected by MODIS and MERIS sensors. Several atmospheric corrections were considered for each sensor in order to verify their performance. The values of SPM concentration obtained *in situ* were correlated with the radiometric data for each product for generate the algorithms. The algorithms generated from the regression curves between the concentration of SPM and the radiometric data, were applied to daily and monthly images to determine the best algorithm, and the spatial and temporal variability of the sediment plume. Among the results obtained, it was found that, in general, the sensor MERIS underestimated the reflectance data, while MODIS overestimated these values. In this study it was observed that the variability of the plume near Cabo de São Tomé (22°S/41°W) is the result of the combined influence of the wind pattern, the wave field, coastal upwelling and the Brazil Current.

**Palavras chave:** suspended particulate matter, algorithm, image processing, remote sensing, material particulado em suspensão, algoritmo, processamento de imagens, sensoriamento remoto.

### **1. Introdução**

A zona costeira abrange um papel importante para a vida humana e marinha e tem sido o foco de esforços em manejo e estratégias de restauração em grande escala. O fluxo de material em suspensão e elementos biogênicos que é carreado pelos rios, vem se modificando devido ao crescente aumento populacional e o desenvolvimento desordenado. Essas mudanças podem alterar as estruturas das comunidades bióticas e a dinâmica dos ecossistemas costeiros (NICOLDI *et al.*, 2009).

Os rios transportam cerca de 20 bilhões de toneladas de sedimentos para os oceanos por ano (MILLIMAN; SYIVTSKI, 1992). A concentração dos materiais provenientes deste fluxo entre águas continentais e a plataforma continental é extremamente dinâmica dentro de pequenas escalas temporais e espaciais. Desta forma, a utilização de dados de sensores remotos representa uma ferramenta muito útil para a realização de estudos de processos naturais nestes ambientes, viabilizando análises sinóticas e multi-temporais de parâmetros físicos e biogeoquímicos variados, como exemplo a temperatura da superfície do mar, a concentração de clorofila e de material particulado em suspensão (MPS).

Embora estimativas globais do MPS ainda não sejam uma realidade, devido à alta variabilidade dos constituintes opticamente ativos presentes na coluna d'água, principalmente nas regiões costeiras, a estimativa do MPS em escala regional tem obtido sucesso considerável com dados de diferentes sensores e resoluções variadas.

Uma das questões chaves relacionadas às estimativas das concentrações de MPS é o estabelecimento dos algoritmos. Inúmeros trabalhos foram publicados nas últimas décadas (NOVO *et*

*al.*, 1989; OUILLOON *et al.*, 2008; WANG *et al.*, 2009), mostrando a complexidade dos processos de interação (reflexão, refração, absorção e espalhamento) da luz com a superfície líquida, com a água pura, com os sedimentos em suspensão e substâncias dissolvidas, inclusive os pigmentos clorofilados, e a necessária correção para os efeitos atmosféricos.

A complexidade inerente às águas costeiras confere ainda maior dificuldade para o estabelecimento dos algoritmos. Geralmente os algoritmos possuem abrangência regional e raramente podem ser aplicados a outras regiões diferentes daquelas onde tenham sido implementados (REZA, 2008; TASSAN, 1993).

A partir desta necessidade, este estudo têm por objetivo realizar uma comparação dos algoritmos de estimativa de concentração de MPS desenvolvidos para diferentes produtos dos sensores MODIS e MERIS para a região compreendida na plataforma continental do estado do Rio de Janeiro, e assim inferir a variabilidade espacial e temporal da concentração de MPS na região determinando o papel das forçantes hidrológicas e meteorológicas (descarga fluvial, ventos) na sua distribuição.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo abrange a região costeira e o talude continental entre o Cabo de São Tome na latitude de 22°S, estado do Rio de Janeiro (RJ) e o município de Ubatuba, latitude de 23°26'S, estado de São Paulo (Figura 1). Correspondente ao litoral do Rio de Janeiro, o qual representa a porção norte da Plataforma Continental Sudeste do Brasil (PCSE). A área de estudo representa grande parte da bacia do Rio Paraíba do Sul, que possui uma área de drenagem correspondente a 54.400 km<sup>2</sup>. O clima na região é caracterizado como quente e úmido com pluviosidade média de 1.100 mm, com períodos mais frequentes de chuva no verão e de estiagem no inverno (ANA, 2006). O principal aporte de água para o canal fluvial é a precipitação pluviométrica na bacia de drenagem, portanto é o principal fator controlador da vazão observada no rio, onde se nota dois períodos distintos de vazão mais marcantes; o período de seca ocorre entre os meses de maio a outubro (vazões médias de 357 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) e o período de cheia entre novembro e abril (vazões médias de 983m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>).

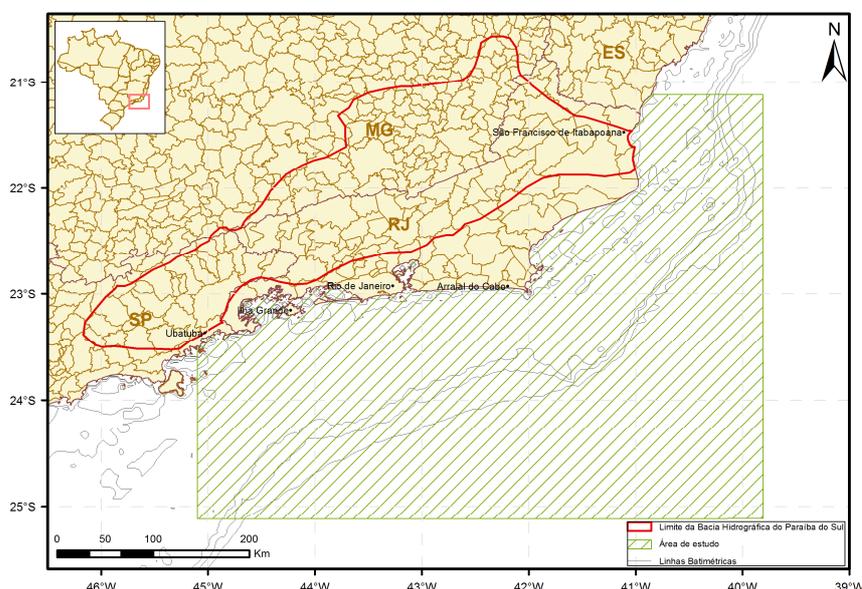


Figura 1: Localização aproximada da área de estudo, com as linhas batimétricas de 10, 50, 200, 500 e 1000 metros os limites da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul.

### 2.2. Processamento e análise dos dados

Para a realização deste trabalho, foram utilizados dados de concentração do material particulado em suspensão (MPS) *in situ*, obtidos durante cruzeiros oceanográficos que ocorreram em junho e julho de 2010 (Cruzeiro MCT-I) e janeiro de 2011 (Cruzeiro MCT-II), realizados a bordo do navio Hidro-

Oceanográfico Cruzeiro do Sul da Marinha do Brasil e MCTI. As concentrações de MPS foram determinadas de acordo com o método de Barillé-Boyer *et al.* (2003).

Os dados radiométricos utilizados no presente trabalho foram coletados pelos sensores MODIS e MERIS. Além do livre acesso aos dados, a boa resolução espacial e temporal desses sensores foi determinante no processo de escolha da base de dados radiométrica.

As imagens MODIS e MERIS foram adquiridas dos sites da NASA e da ESA em níveis de processamento L1b e L2. As imagens nível L1b foram processadas para o nível L2 utilizando os softwares SeaDAS (imagens MODIS) e BEAM (imagens MERIS), complementando o conjunto de imagens nível L2 que já foram adquiridas nesse nível e não necessitaram de processamentos relativos à correção atmosférica. Nesse processo, produtos de reflectância de sensoriamento remoto ( $R_{rs}$ ) com diferentes correções atmosférica e resoluções espaciais foram gerados, conforme Tabela 1. Os algoritmos de correção atmosférica utilizados foram: **NIR** (*Near Infrared Bands Procedures*, Gordon e Wang, 1994); **MUMM** (*management unit of the North Sea mathematical models*, Ruddick et al., 2000); **C2R** (Case 2 regional Processing, Doerffer & Schiller, 2008); **CC** (*Coast Colour Algorithm*, <http://www.coastcolour.org/publication.html>). Particularmente, com exceção do algoritmo NIR, os demais são destinados à região costeira. Foram utilizadas somente imagens cuja data de aquisição foram coincidentes com o período de coleta *in situ*.

Tabela 1: Sensores, níveis de processamento, correção atmosférica e resolução espacial das imagens MODIS e MERIS.

Sensor	Nível Proc. Inicial	Correção atm.	Nível Proc. Final	Resolução espacial (m)
MODIS	*	NIR	L2	1.000
	L1b	MUMM	L2	250
MERIS	L1b	C2R	L2	1.000
	*	CC	L2	300

\* imagens adquiridas já com o processamento de correção atmosférica efetuado (nível L2) pelas agências disponibilizadoras. (fontes: MODIS (NASA) – OceanColor <<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>>; MERIS (ESA) - ODESA <<http://earth.eo.esa.int/odesa>> e Coast Colour <<http://www.coastcolour.org>>)

Os valores de reflectância,  $R_{rs}$ , das diferentes bandas espectrais dos produtos L2 foram então correlacionados com os valores de concentração de material particulado em suspensão coletados *in situ*. Posteriormente, curvas de regressão foram geradas entre as reflectâncias das bandas com maior correlação e a concentração de MPS *in situ*. Resultantes das equações determinadas por essas curvas de regressões, os algoritmos foram aplicados às imagens de satélites, adquiridas durante o período de coleta de concentração de MPS *in situ*, para análise do desempenho dos algoritmos e dos sensores empregados.

Por fim, a caracterização sinótica da distribuição espacial da concentração de MPS pode ser avaliada por meio de imagens médias construídas a partir de imagens diárias adquiridas pelos sensores mencionados.

### 3. Resultados e Discussão

Atualmente, há um grande empenho dos programas direcionados ao estudo das propriedades ópticas da água do mar para o estabelecimento de algoritmos regionais que consigam capturar a alta variabilidade de concentrações dessas substâncias nas regiões costeiras. Segundo Sathyendranath *et al.* (1989), o espalhamento ocasionado pelo material particulado em suspensão geralmente é considerado um fator de primeira ordem que determina a variabilidade do espectro da reflectância de sensoriamento remoto nas regiões costeiras.

O acréscimo das concentrações de MPS influencia de maneira direta e positiva em todo o espectro de reflectância na região do visível (400-650 nm). Entretanto, para baixas concentrações de MPS, inferiores a 50 mg.L<sup>-1</sup>, o pico de reflectância da curva espectral está situado na região do azul e verde

(400-560 nm), e desloca-se para os comprimentos de onda maiores, região do vermelho e infravermelho próximo, com o aumento das concentrações. Neste trabalho as concentrações de MPS *in situ* encontradas foram relativamente baixas, com mínimo, máximo e valor médio de 1,55, 27,2 e 6,66 mg.L<sup>-1</sup>. De maneira geral, devido às baixas concentrações de MPS encontradas na área de estudo, as bandas selecionadas para construção dos algoritmos estiveram centradas na região do verde (490-560 nm), Tabela 2, com pequenas variações conforme o conjunto de dados utilizados e, importante, o tipo de correção atmosférica efetuada.

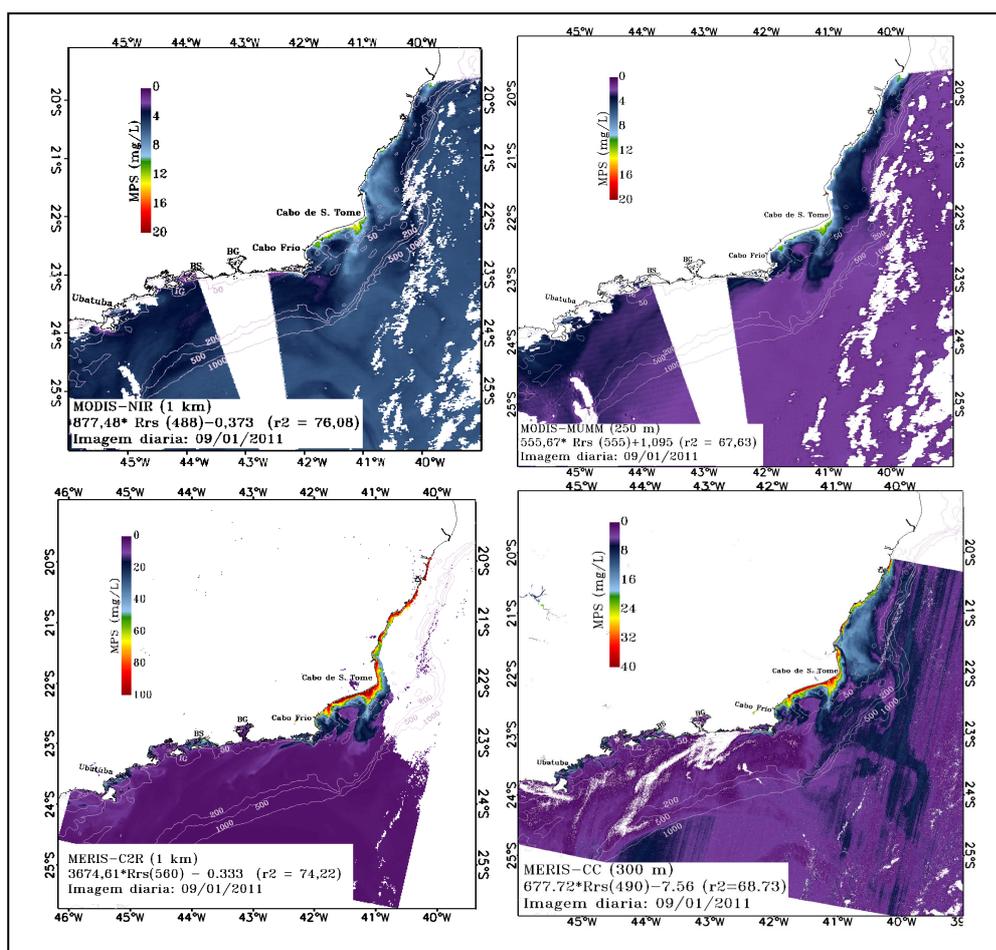
Tabela 2: Algoritmos gerados e seus respectivos coeficientes de determinação para cada um dos produtos utilizados.

Produto	Banda	Algoritmo	Valor r <sup>2</sup> (%)
MODIS-NIR (1 km)	R <sub>rs</sub> 488	MPS = 877,48* R <sub>rs</sub> (488)-0,373	76,08
MODIS-MUMM (250 m)	R <sub>rs</sub> 555	MPS = 555,67* R <sub>rs</sub> (555)+1,095	67,63
MERIS-C2R (1 km)	R <sub>rs</sub> 560	MPS = 3674,61*R <sub>rs</sub> (560) - 0,333	74,22
MERIS-CC (300 m)	R <sub>rs</sub> 490	MPS = 677,72* R <sub>rs</sub> (490) -7,560	68,73

Os algoritmos selecionados foram, então, aplicados em diferentes produtos de reflectância (MERIS-C2R (1 km), MERIS-CC (300 m), MODIS-NIR (1 km), MODIS-MUMM (250 m)) para observar o desempenho em estimar o campo de MPS na região de estudo. De maneira geral, os produtos de MPS derivados das imagens MERIS apresentaram valores de MPS superiores, nas regiões costeiras, aos derivados das imagens MODIS. Concentrações máximas de 20, 20, 100 e 40 mg/L foram estimadas para os produtos MODIS-NIR (1 km), MODIS-MUMM (250 m), MERIS-C2R (1 km) e MERIS-CC (300 m), respectivamente. Ou seja, houve uma subestimação por parte dos produtos MODIS e uma superestimação por parte dos produtos MERIS. Os valores de MPS nas regiões offshore apresentaram, para todos os produtos considerados, valores similares. A Figura 2 apresenta os valores de MPS considerando os diferentes produtos e algoritmos construídos, conforme Tabela 2.

### 3.1. Imagens do dia 09/01/2011

As imagens para o dia 09/01/2011 (Figura 2) demonstram um aumento no fluxo de transporte de sedimentos pelo Paraíba do Sul, com altas concentrações de MPS na foz, devido à alta vazão do rio neste dia (~1.544 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>). Os ventos de nordeste-leste característicos deste período mantiveram a pluma próxima a foz, e a presença de ressurgência na região também corrobora a presença de altas concentrações de MPS ao longo da costa ao sul do Cabo de São Tomé.



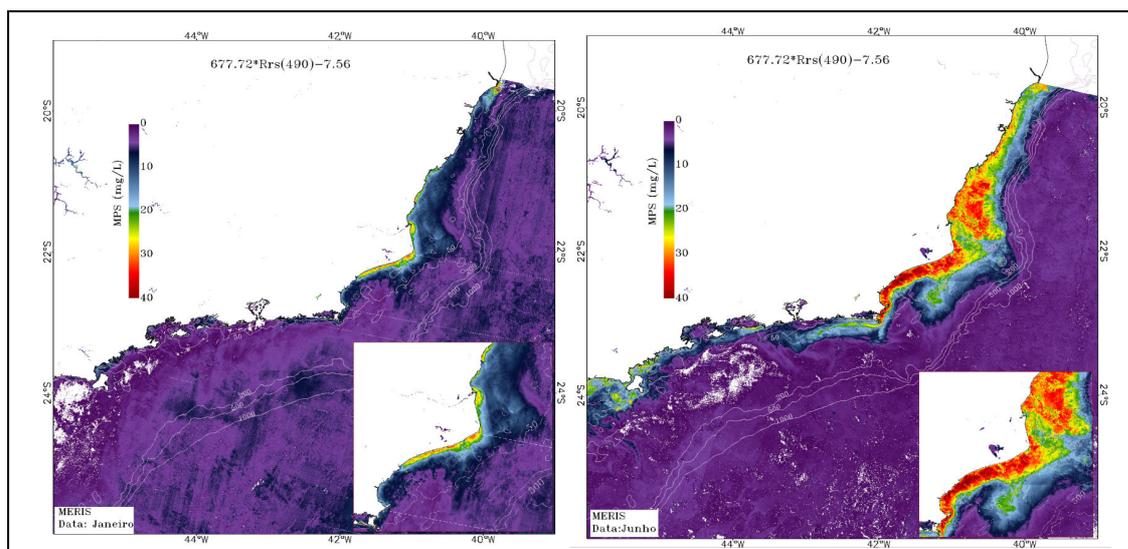
**Figura 2:** Distribuição da [MPS] gerada pela aplicação dos algoritmos no produto de reflectância de sensoriamento remoto da imagem do dia 09/01/2011: (a)  $[MPS]=877,48 \cdot Rrs(488)-0,373$  ( $r^2=76,08$ ) aplicado à imagem MODIS-NIR (1 km); (b)  $[MPS]=555,67 \cdot Rrs(555)+1,095$  ( $r^2=67,63$ ) aplicado à imagem MODIS-MUMM (250m); (c)  $[MPS]=3674,61 \cdot Rrs(560)-0,333$  ( $r^2=74,22$ ) aplicado à imagem MERIS-C2R (1 km); (d)  $[MPS]=677,72 \cdot Rrs(490)-7,56$  ( $r^2=68,73$ ) aplicado à imagem MERIS-CC (300 m).

### 3.2. Imagens médias de Junho de 2010 e Janeiro de 2011

De acordo com as imagens médias (Figura 3), podemos verificar dois períodos distintos na distribuição do material particulado. Em junho, observa-se que a pluma abrange uma área maior, devido às características de vento predominantes na região, e à presença de sistemas frontais, frequentes no período de inverno (MELO, 1993; RODRIGUES *et al.*, 2004).

As maiores concentrações observadas podem ser explicadas através da célula de circulação litorânea e da corrente longitudinal, ambas resultado da incidência de ondas do sistema sul-sudeste (*swell*) no fundo raso (BOWEN e INMAN 1970; INMAN e BRUSH 1973; MARTIN *et al.* 1998). Durante o período de inverno, estas ondas mais constantes provocam um aumento significativo do volume de sedimento suspenso. A corrente longitudinal, e o vento sudeste mais frequente nesse período, são responsáveis pelo transporte do sedimento no sentido sul-norte.

Devido às altas vazões no mês de janeiro, e a grande presença de ventos do primeiro quadrante, há uma presença de altas concentrações na foz do rio Paraíba do sul. Dessa forma o transporte muda para sul no verão, quando a Corrente do Brasil (BC) passa a dominar (REZENDE, 2010). Em algumas regiões próximas à costa também observamos altas concentrações de MPS, as quais são decorrência da presença de ressurgência e ressuspensão de sedimentos (CALADO, 2006).



**Figura 3:** Distribuição da [MPS] obtida pela aplicação do algoritmo  $MPS=677,72 \cdot Rrs(490) - 7,560$  ( $r^2 = 68,73$ ) no produto mensal gerado a partir das imagens MERIS-CC (300 m): (a) imagem mensal de junho/2010; (b) imagem mensal de janeiro/2011.

Apesar das diferenças observadas entre as imagens diárias e mensais, podemos verificar a presença de um sentido principal de deslocamento para sul que se mantém nos dois períodos observados, verão (janeiro) e inverno (junho), devido a influência da deriva litorânea com sentido sul e a presença da Corrente do Brasil. No período de inverno também se nota uma presença maior de sedimentos na região norte, devido à presença de sistemas frontais, e uma deriva litorânea preferencial para norte (CASSAR;NEVES, 1993).

#### 4. Conclusão

Analisando o desempenho dos algoritmos implementados para estimativa do campo de MPS utilizando imagens de satélites, é possível destacar diferentes particularidades associadas a cada sensor e à correção atmosférica aplicada. Dos produtos de reflectância utilizados (MERIS-C2R (1 km), MERIS-CC (300 m), MODIS-NIR (1 km), MODIS-MUMM (250 m)) tanto para gerar os algoritmos com para, posteriormente, estimar o campo de MPS, certamente o fator que mais contribui para gerar incertezas foi a correção atmosférica.

A construção de algoritmos regionais baseado apenas em dados radiométricos coletados por satélites e dados biogeoquímicos coletados *in situ* impõem uma maior restrição à aplicabilidade dos algoritmos, pois restringem seu uso ao produto do sensor remoto que proveu os dados radiométricos. Isso porque, os processos envolvidos na correção atmosférica desempenham papel determinante na qualidade dos dados radiométricos do sensor.

Considerando as imagens do dia 09/01/2011, nota-se que os campos de MPS estimados a partir dos algoritmos e dos produtos de reflectância derivados do sensor MODIS apresentaram baixas concentrações de MPS, inferiores a  $20 \text{ mg.L}^{-1}$ , mesmo próximo da desembocadura do rio Paraíba do Sul e adjacências do Cabo de São Tomé. Os 2 (dois) produtos de reflectância do sensor MODIS (MODIS-NIR 1km, MODIS-MUMM 250m) passaram por processos de correção atmosférica similares, pois tanto a correção atmosférica NIR como a MUMM utilizam relações de bandas centradas em 748 e 869 nm para obtenção e determinação do modelo de aerosol empregado na correção (Ruddick et al., 2000).

No caso do sensor MERIS, as correções atmosféricas (C2R e CC) utilizadas resultaram em campos de MPS quantitativamente distintos. A correção atmosférica C2R realizou uma correção muito forte, o que causou subestimação dos valores de reflectância quando comparado com os valores de reflectância derivados do produto MERIS-CC, MODIS-NIR e MODIS-SWIR.

Baixos valores de reflectância associados a um intervalo de concentrações de MPS de 1,55 a 14,03 mg.L<sup>-1</sup> geraram estimativas de MPS com máximos próximos a 100 mg.L. A correção atmosférica CC produziu valores de reflectância intermediários e, juntamente com o algoritmo definido, produziu campos de MPS com valores máximos de concentrações próximos a 40 mg.L<sup>-1</sup>.

A escolha do melhor algoritmo para estimativa de MPS e que melhor represente as concentrações observadas na região de estudo foi ponderada pelas concentrações que se esperaria nas regiões costeiras e oceânicas. Todos os 4(quatro) algoritmos apresentaram resultados próximos ao esperado para a região offshore (0-5 mg.L<sup>-1</sup>), o que os diferenciou foi a região ao entorno do Cabo de São Tomé, e da Foz do Rio Paraíba do Sul. Nessas regiões, as cargas de MPS geralmente são mais acentuadas devido à descarga fluvial do rio Paraíba e aos processos de ressuspensão costeira que remobilizam o material sedimentar depositado pelo aporte fluvial.

Os valores de concentração observados na literatura são muito variáveis e refletem as condições ambientais presentes no meio durante os períodos de coleta. A partir do que foi encontrado, e tendo como base os valores máximos (27,2 mg.L<sup>-1</sup>) observados para este estudo, determinou-se que o algoritmo gerado para o sensor MERIS, correção atmosférica CC e com resolução espacial de 300 metros é o que melhor representaria a distribuição do material particulado na região de estudo. Também foi considerado que o sensor MERIS apresenta uma melhor calibração radiométrica do que o sensor MODIS. Ressalta-se que devido aos baixos valores de concentração de MPS considerados a partir das coletas *in situ*, o algoritmo proposto está calibrado para regiões com concentrações baixas de MPS, e não foi testada sua eficácia para regiões com concentrações altas.

A pluma costeira observada próximo à região do Cabo de São Tomé apresentou um deslocamento residual em direção ao sul independente da direção e intensidade dos ventos dominantes para ambos os períodos estudados, com o período de inverno (junho) apresentando uma faixa de ressuspensão com altas concentrações ao longo da porção norte do Cabo de São Tomé.

Os maiores problemas encontrados neste foram em relação à correção atmosférica, pois como não houve medidas *in situ* de dados radiométricos, considerou-se que as correções realizadas estavam verídicas para o ambiente, o que poderia causar um erro na geração do algoritmo.

Outro fator a ser considerado é a interação entre os materiais opticamente ativos no mar, como fitoplâncton e substâncias amarelas, presentes em águas do Caso 2, os quais influenciam a relação entre o sedimento e a reflectância do sensoriamento remoto (Rrs).

Para futuros trabalhos sugere-se a coleta de dados radiométricos *in situ* e um aumento no número de amostras dos dados coletados em campo, especificamente na região costeira, já que a região estudada apresenta uma grande extensão e uma alta complexidade, representada pelos seus contornos geográficos e o aporte fluvial.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Ministério da Ciência e Tecnologia e à Marinha do Brasil pela cooperação no projeto Oceano-Rio I (MCT-I) e na comissão MCT-II ; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento do projeto *Sedimentos finos em estuários e PC: formação e dinâmica de depósitos lamosos* e pela bolsa de mestrado concedida a MTG; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo financiamento do projeto *Dinâmica sedimentar e evolução geológica recente da plataforma continental da região compreendida entre a Baía de Ilha Grande e o Cabo de São Tomé (RJ)* (Grupos Emergentes 2008)

## Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Águas (ANA) 2006. Disponível em: <www.ana.gov.br>. acessado em: 03 de setembro de 2012.

BARILLÉ-BOYER, A,-L.; BARILLÉ, L.; MASSÉ, H.; RAZET, D.; HÉRAL, M. Correction for particulate organic matter as estimated by loss on ignition in estuarine ecosystem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 58, p.147-153. 2003

BOWEN A. J.; INMAN, D. L. Proceedings of the Twelfth Coastal Engineering Conference (American Society of Civil Engineers, New York, 1970) E. B. Thornton, **Journal of Geophysical Research**, p. 291-308 Res. 74, 5479. 1969.

CALADO, L. 2006. 184p. **Dinâmica da interação da atividade de meso-escala da Corrente do Brasil com o fenômeno da ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé, RJ.** Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. São Paulo, Universidade de São Paulo.

CASSAR, J.C.M.; NEVES, C.F. Aplicação das Rosas de Transporte Litorâneo à costa Norte Fluminense. **Rev. Bras. de Engenharia, Caderno de Recursos Hídricos. Associação de Recursos Hídricos – ABRN**, v.11, n.1, p. 81-106. 1993.

Doerffer, R.; Schiller, H. MERIS Regional Coastal and Lake Case 2 Water Project Atmospheric Correction ATBD. **GKSS-KOF-MERIS-ATBD01** (42 pp) Institute for Coastal Research, GKSS Research Center, Geesthacht. 2008.

DOXARAN, D; FROIDEFOND, J.M.; CASTAING, P. Remote sensing reflectance of turbid sediment Reduction of sediment type variations and changing illumination conditions effects by use. **Applied Optics**, v. 42, n. 15, p. 2623-2634. 2003.

Gordon, H. R.; Wang, M. H. Retrieval of water-leaving radiance and aerosol optical-thickness over the oceans with SeaWiFS—a preliminary algorithm. **Applied Optics**, v.33, p.443–52. 1994.

INMAN, D. L.; BRUSH, B. M. The Coastal Challenge. **Science**, v.1816, p. 20-22. 1973.

MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. O Papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas as desembocaduras dos Rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista brasileira de Geociências**. São Paulo. Vol 13, n.2, p.98 – 105. 1983.

MELO, E. The sea sentinel project: watching waves in Brazil In: VIII SYMPOSIUM ON COASTAL AND OCEAN MANAGEMENT — COASTAL ZONE, v.93, p.19-23,1993, New Orleans, USA.

MILLIMAN, J.D.; SYVITSKI, J.P.M. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: The importance of small mountainous rivers. **Journal of Geology**, v.100, n.5, p. 325-344. 1992.

NICOLODI, J.L.; ZAMBONI, A.; BARROSO G.F. Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas e Zonas Costeiras no Brasil: Implicações para a Região Hidrográfica Amazônica. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.9, n.2, p.9-32. 2009.

NOVO, E. M. L. M.; HANSOM, J.D.; CURRAN, P.J. The effect of viewing geometry and wavelength on the relationship between reflectance and suspended sediment concentration. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, n. 8, p. 1357-1372. 1989.

OUILLOIN S.; DOUILLET, P.; PETRENKO, A.; NEYOUX, J.; DUPOUY, C.; FROIDEFOND, J-M.; ANDRÉFOUËT, S.; MUÑOZ-CARAVACA, A. Optical Algorithms at Satellite Wavelengths for Total Suspended Matter in Tropical Coastal Waters. **Sensors**, p. 4165-4185. 2008.

REZA, M.M. Assessment of Suspended Sediments Concentration in Surface Waters, Using Modis Images. **American Journal of Applied Sciences**, v.5, n.7, p.798-804. 2008.

REZENDE, L. F. 2010. 149p. **Dinâmica em múltiplas escalas na margem continental leste brasileira.** Tese de doutorado. Universidade de Aveiro. Departamento de física.

RODRIGUES, R.P; KNOPPERS,B.A.;SOUZA,W.F.;SANTOS,E.S. Suspended matter and nutrient gradients of a small-scale river plume in Sepetiba bay, Brazil. **In Brazilian Archives of Biology**, v.52, n.2, p.503-512. 2004

RUDDICK, K. G., OVIDIO,F.; RIJKEBOER, M. Atmospheric correction of SeaWiFS imagery for turbid coastal and inland waters. **Applied Optics**, v.39, p.897-912. 2000.

SATHYENDRANATH, S.; PRIEUR, L.;MOREL, A. A three-component model of ocean colour and its application to remote sensing of phytoplankton pigments in coastal waters. **International Journal of Remote Sensing**, v.10, p.1373–1394. 1989.

TASSAN, S. An improved in-water algorithm for the determination of chlorophyll and suspended sediment concentration from Thematic Mapper data in coastal waters. **International Journal of Remote Sensing**, v.14, n.6, p.1221-1229. 1993.

WANG, J-J.; LU, X.X.; LIEW, S.C.; ZHOU, Y. Retrieval of suspended sediment concentrations in large turbid rivers using Landsat ETM+: an example from the Yangtze River, China. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.34, p.1082-1092. 2009.