

Estudo comparativo preliminar dos campos de temperatura da superfície do mar OSTIA e RTG_SST_HR para a costa SE Brasileira

Paulo Pereira Oliveira Matos^{1,2}
João Antonio Lorenzetti²
Luciano Ponzi Pezzi²
Gabriel Pereira²

¹ Centro de Hidrografia da Marinha - CHM
Rua Barão de Jaceguai, s/n - Ponta da Armação - 24040-000 - Niterói - RJ, Brasil
paulopomatos@uol.com.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{oliveira,loren,luciano,gabriel}@dsr.inpe.br

Abstract. Sea surface temperature (SST) is an important parameter indicative of earth's climate state. An accurate measurement of this parameter, in a global scale, plays a fundamental role in applications concerning marine environmental sciences and climate studies. Although a plenty of SST databases are available for the scientific community, their poor spatial resolution stands as a potential source of error for the representation of dynamic areas such as the upwelling regions and the inner front of Brazil Current, important oceanographic phenomena for the Brazilian SE coast. In this paper we present two high spatial resolution SST databases (OSTIA and RTG_SST_HR) and make a comparison between both. We try to indicate the main dynamical differences observed in both data sets for the southwest-south coast of Brazil. This analysis is done on the monthly mean SST fields. Results indicate that OSTIA database better represents the oceanographic features present in the study area.

Palavras-chave: remote sensing, sea surface temperature, oceanography, sensoriamento remoto, temperatura superficial do mar, oceanografia.

1. Introdução

A temperatura da superfície do mar (TSM) é um importante parâmetro indicador do estado do sistema climático terrestre. Uma representação global e precisa da TSM, é de fundamental importância para diversas aplicações na área marítima, uma vez que a TSM influencia diretamente a atmosfera por meio dos seus efeitos sobre os fluxos de calor através da interface oceano-atmosfera (Chelton e Wentz, 2005).

Atualmente, existem diversos conjuntos de dados globais de TSM disponíveis para consulta e utilização pela comunidade científica. Estas bases diferenciam-se pelo tipo de dados as compõem (dados *in situ*, dados obtidos por sensores orbitais ou dados combinados), pela resolução espacial dos dados (entre 0.03° e 5° na escala horizontal) e, entre as bases que utilizam sensores orbitais, pelas faixas espectrais do espectro eletromagnético utilizadas (infravermelho ou microondas) para a determinação da TSM.

Um importante desafio que se coloca a estas bases de dados é a acurácia na representação de feições dinâmicas, com acentuado gradiente horizontal de temperatura, tais como os encontrados em regiões de frentes termais. A região de ressurgência nas proximidades de Cabo Frio e a frente interna da Corrente do Brasil (CB), nas proximidades da quebra da plataforma continental, onde o gradiente de TSM pode chegar a 0,3°C/km (Lorenzetti et al. 2008) são alguns exemplos destas áreas na costa SE Brasileira. Imprecisões na representação da TSM, seja por efeito de cobertura de nuvens para os sensores operando no infravermelho termal, ou causadas pela baixa resolução espacial para os radiômetros de microondas, podem

contribuir para uma representação inadequada ou o mascaramento de algumas feições oceanográficas presentes na região.

Desta forma, este estudo pretende apresentar duas bases de dados de TSM de alta resolução espacial ($<0,1^\circ$) e temporal (diária) e compará-las, a fim de verificar similaridades e diferenças entre as mesmas e indicar qual delas pode melhor representar as feições oceânicas presentes na área de estudo.

A área escolhida para estudo compreende a costa sudeste-sul brasileira, entre as latitudes de 18°S e 29°S e longitudes de 32°W a 50°W , correspondendo ao trecho do litoral situado entre as cidades de Vitória, no estado do Espírito Santo, e Laguna, no estado de Santa Catarina, aproximadamente. Esta área foi definida em virtude de reunir feições oceanográficas dinâmicas importantes como a ressurgência em Cabo Frio, a frente interna da Corrente do Brasil, nas proximidades da quebra da plataforma continental e a intrusão de águas frias, no outono e no inverno, na porção sul.

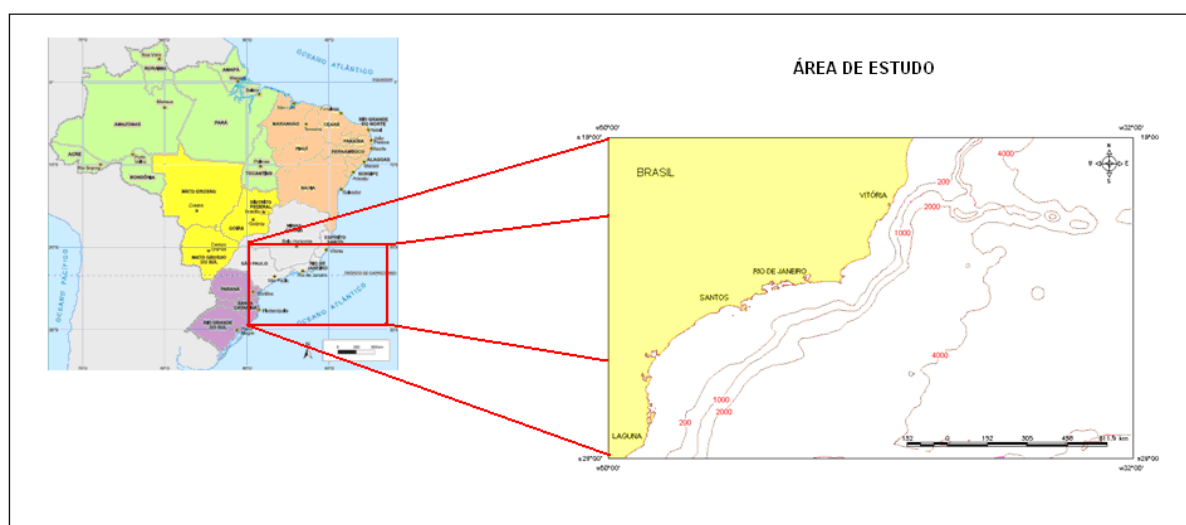


Figura 1 – Área de Estudo

2. Materiais e Métodos

Um dos conjuntos de dados utilizados neste estudo é a base de dados de TSM diários produzida pelo *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP), provenientes da análise *Real-Time, Global Sea Surface Temperature, High-Resolution* (RTG_SST_HR), de resolução espacial de $0,083^\circ$ (aprox. 10 km), no período de 15 de junho de 2007 a 30 de junho de 2008. A outra base de dados de TSM diária utilizada é proveniente da base *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA) disponibilizada pelo *United Kingdom Meteorological Office* (UKMO), através do projeto *Global High-Resolution Sea Surface Temperature – Pilot Project* (GHRSSST-PP), de resolução espacial de $0,05^\circ$ (aprox. 6 km), para o período de 01 de abril de 2006 a 30 de junho de 2008 (produto L4).

Para a geração das médias mensais de TSM a partir dos dados diários de cada uma das bases de dados foi utilizado o *software* GrADS, versão 1.8s11, instalado no sistema operacional Linux Ubuntu versão 8.04.1.

A base de dados de TSM RTG_SST_HR foi implementada operacionalmente em 27 de setembro de 2005. É resultado da demanda da comunidade científica, principalmente dos sistemas de modelagem e previsão atmosférica e oceânica, por dados de resolução espacial mais alta. Os dados de TSM são obtidos a partir dos dados dos radiômetros AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) dos satélites NOAA 17 e NOAA 18, que operam na faixa do infravermelho termal e são processados utilizando um algoritmo

desenvolvido em conjunto com o *Joint Center for Satellite Data Assimilation* (JCSDA). Além dos dados de satélite, o processamento ainda inclui dados *in situ* provenientes de navios de oportunidade, bóias fixas e bóias de deriva. O erro médio quadrático (RMSE) de TSM para essa base de dados é no máximo 0,46K (Gemmill, 2007). Os dados estão disponíveis em tempo próximo do real, com cobertura global e sem espaços vazios de informação, uma vez que a TSM de áreas com contaminação de nuvens, ou chuva, é calculada por interpolação, levando-se em conta o valor de radiância de pixels não contaminados mais próximos e, também, a TSM utilizada como *first-guess*. Esta é uma desvantagem desta base de dados, pois esse processo de interpolação pode levar a não detecção de feições oceanográficas breves, como vórtices de curto tempo de vida ou subestimar a variabilidade espaço-temporal de campos de TSM (Gigliotti et al., 2008).

A base de dados de TSM OSTIA foi desenvolvida pelo UKMO como parte de um projeto de cooperação internacional, o GHRSSST-PP, com a finalidade de prover dados de TSM de alta resolução espacial para a previsão numérica do tempo e para a inserção em modelos oceânicos operacionais a nível global. Visa, também, iniciar a geração de dados para futuros sistemas de previsão globais e regionais em alta resolução. Este projeto agrega instituições de pesquisa de treze países e tem por objetivo, através do fornecimento de dados de alta resolução espacial em tempo próximo do real, possibilitar o advento da oceanografia operacional.

Com dados disponíveis a partir de 01 de abril de 2006, esta base apresenta um erro médio quadrático (RMSE) de TSM máximo de 0,6K. Os dados são globais e estão disponíveis em tempo próximo do real sem espaços vazios de informação (produto L4). A grande vantagem desta base de dados reside no fato de ser composta por uma combinação de dados *in situ*, dados orbitais na faixa do infravermelho termal e dados orbitais na faixa de microondas. Desta forma, o efeito da cobertura de nuvens ou presença de aerossóis na atmosfera é minimizado quando da obtenção da informação de TSM (Stark et al., 2007), o que torna a base OSTIA uma fonte confiável de informações para áreas de cobertura persistente de nuvens. A fusão entre dados de sensores orbitais na faixa do infravermelho e microondas pode levar ao incremento da habilidade de modelos de previsão numérica, como verificado por Chelton e Wentz (2005). É importante salientar, entretanto, que os dados de microondas possuem uma resolução espacial bem inferior (25-50 km) aos dados no infravermelho termal.

A base de dados OSTIA utiliza dados provenientes dos sensores apresentados na Tabela 1:

Tabela 1. Sensores utilizados para a composição da base de dados de TSM OSTIA (Stark et al., 2007):

SENSOR	TIPO	RESOLUÇÃO	FONTE DOS DADOS	COBERTURA
AATSR (EnviSat)	Infravermelho	~0,0089°	ESA-Medspiration	Global
AMSR-E (Aqua)	Microondas	~0,22°	Remote Sensing Systems	Global
AVHRR –LAC (NOAA 17 e 18)	Infravermelho	~0.1°	ESA-Medspiration	Atlântico NE e Mediterrâneo
AVHRR-GAC (NOAA 18)	Infravermelho	~0.08°	JPL PO-DAAC	Global
SST in situ (navios, bóias fixas e deriva)	In situ	X X X	Global Telecomm. System (GTS)	Global
SSM/I (cobertura de gelo)	Microondas	0,089°	EUMESAT OSI-SAF	Global

SEVIRI (MSG1)	Infravermelho	0,1°	ESA-Medspiration	Oceano Atlântico
TMI (TRMM)	Microondas	~0,22°	Remote Sensing Systems	Trópicos

Os diferentes sensores medem a TSM em diferentes camadas da água e diferentes resoluções espaciais. Em virtude disto, os dados são re-amostrados e interpolados para uma mesma resolução, além de serem estimados e relacionados para uma profundidade padrão (TSM de fundo da camada superficial de mistura), onde a temperatura da água é livre das variações da termoclina diurna (Donlon, 2007). A informação final de TSM é obtida através da utilização de uma variante da interpolação ótima (*Optimum Interpolation*), descrita por Bell et al. (2000).

3. Resultados e Discussão

De forma geral, pode-se afirmar que a base de dados OSTIA representou mais fielmente os principais fenômenos oceanográficos presentes na costa SE Brasileira, tendo representado efetivamente a ressurgência costeira, a posição da CB nas proximidades da quebra da plataforma continental, além de ter detectado mais acuradamente a intrusão de águas mais frias ao norte do cabo de Santa Marta Grande. A Figura 2, média do mês de setembro de 2007 (final de inverno e começo de primavera no hemisfério sul), mostra claramente a extensão e a intensidade da intrusão de águas frias de sul na TSM OSTIA, a pluma fria de ressurgência a SW de Cabo Frio e os campos de temperatura associados à CB. Esta forte intrusão de águas mais frias vindas de sul, observadas somente na base OSTIA, é também mencionada nos boletins do INMET (2007) e Climanálise do CPTEC (CLIMANÁLISE, 2007), onde são mostradas fortes anomalias negativas de TSM no inverno de 2007 para a região, associadas, preliminarmente, com a ocorrência do evento La Niña no Pacífico Equatorial. É interessante notar que a análise da base RTG_SST_HR não sugere nenhuma intrusão anômala de águas frias na região.

A diferença entre as duas bases é acentuada principalmente nos meses mais frios, enquanto nos meses de verão os resultados encontrados são bastante parecidos, excetuando-se pela região de ressurgência de Cabo Frio.

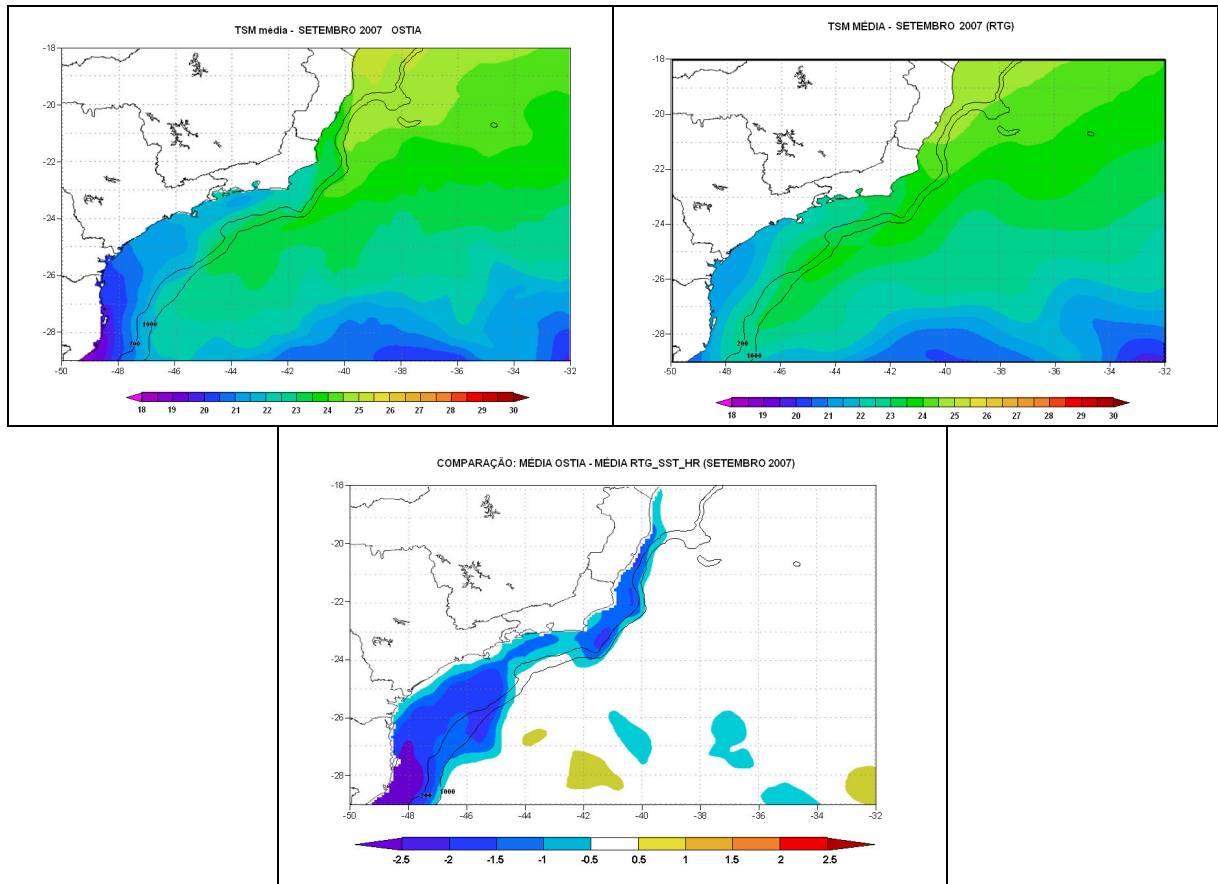


Figura 2 – Comparação entre as bases de dados de TSM OSTIA e RTG_SST_HR para o mês de setembro de 2007. Acima, à esquerda, média mensal de TSM OSTIA. Acima, à direita, média mensal de TSM RTG_SST_HR. Abaixo: diferença de TSM OSTIA-RTG_SST_HR.

Como indicado pelo painel inferior da Figura 2, que apresenta a diferença de TSM entre a base OSTIA e RTG_SST_HR, para as áreas de reduzido gradiente horizontal, como as áreas oceânicas, a diferença entre a TSM das duas bases é geralmente menor que 0.5°C (áreas brancas), podendo para algumas sub-regiões menores variar entre -1°C e 1°C . Sobre a plataforma continental, uma área mais dinâmica sob o ponto de vista da variabilidade da TSM, a diferença fica mais perceptível, variando entre $-2,5^{\circ}\text{C}$ e 0°C . Os valores negativos vistos sobre a plataforma continental parecem ser causados pela capacidade da base de dados OSTIA mostrar mais fielmente a presença das águas frias nessa região, tanto na área da ressurgência costeira, quanto na região sob efeito da intrusão fria nas proximidades e a norte do cabo de Santa Marta Grande.

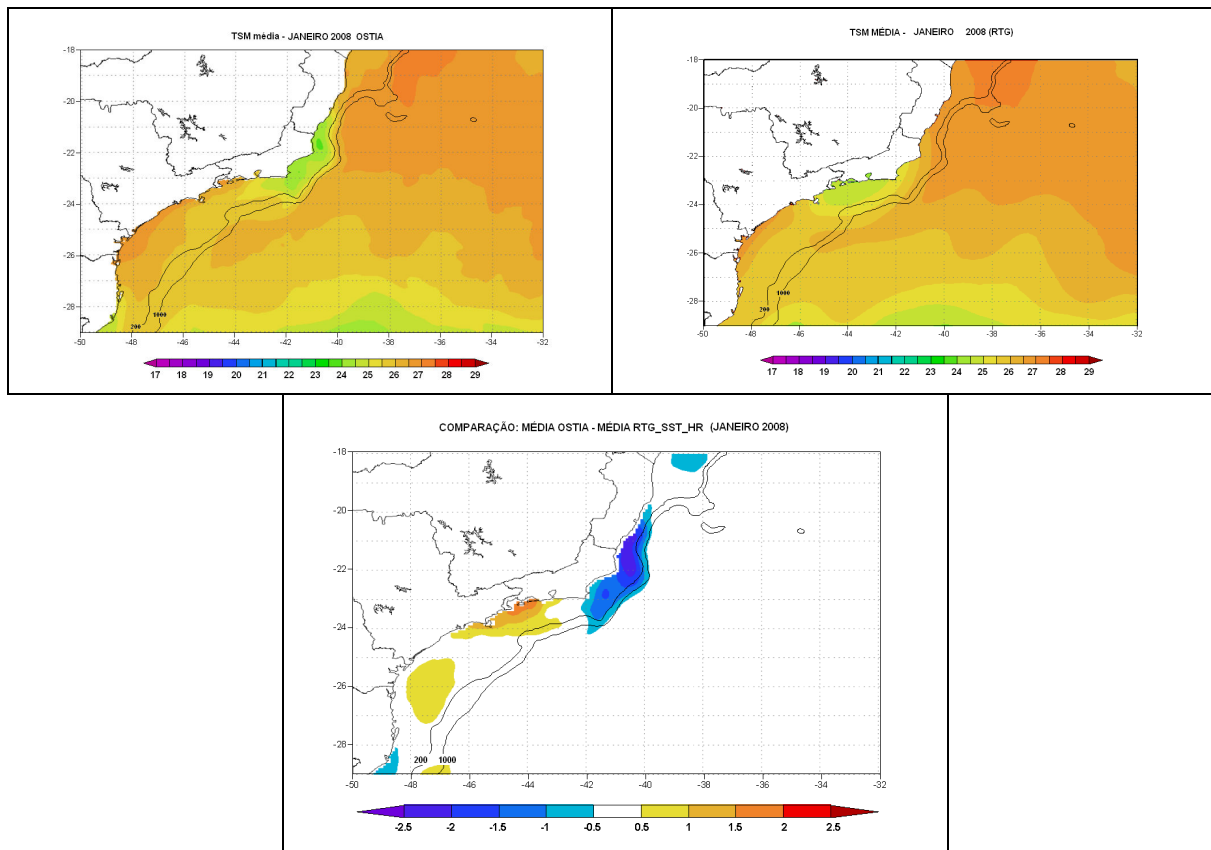


Figura 3 – Comparação entre as bases de dados de TSM OSTIA e RTG_SST_HR para o mês de janeiro de 2008: acima, à esquerda, média mensal de TSM OSTIA. Acima, à direita, média mensal de TSM RTG_SST_HR. Abaixo: comparação entre as duas bases de dados.

A Figura 3 mostra a comparação entre as bases de dados para o mês de janeiro de 2008 (verão no hemisfério sul). Como no caso anterior para o final de inverno, em áreas de reduzido gradiente horizontal, como as áreas oceânicas, as duas bases mostram resultados bastante semelhantes, com diferenças inferiores a 0.5°C . Novamente é sobre a plataforma continental onde são encontradas as maiores diferenças de TSM, que neste caso variaram entre -2°C e 2°C . É notável se observar que o fenômeno da ressurgência é representado em locais diferentes pelas duas bases. Enquanto a base OSTIA mostra a ocorrência do fenômeno desde Vitória (ES) até nas proximidades do cabo Frio, a base RTG_SST_HR mostra o fenômeno ocorrendo entre Cabo Frio e Ilha Grande (RJ).

É provável que as diferenças de TSM observadas entre as duas bases de dados sejam consequência da maneira como são construídos os campos por composição dos dados de entrada. A base de TSM OSTIA é resultado de uma combinação de dados *in situ* e de sensores atuando tanto na faixa de microondas quanto no infravermelho, o que possibilita a representação mais precisa da TSM (ainda que com resolução mais baixa) fornecida pelos radiômetros de microondas nas regiões com forte cobertura de nuvens. Embora ambas as bases de dados incorporem dados *in situ*, coletados por bóias ancoradas e de deriva ou por navios, sabe-se que esses dados ou são inexistentes, na maioria dos casos, sobre a plataforma continental da região, ou são muito poucos para representar uma melhora nas estimativas das regiões com cobertura de nuvens. Nessas condições a base RTG_SST_HR, que utiliza apenas dados de satélite obtidos na faixa do infravermelho, faz com que a TSM para as áreas contaminadas por nuvens seja calculada apenas por interpolação, o que para regiões dinâmicas e com gradientes mais fortes de TSM pode não se mostrar adequado.

Semelhantes limitações da TSM da base de dados RTG_SST_HR são reportadas por Gemmill (2007) na área da Corrente do Golfo. No mesmo trabalho, ao comparar o impacto da utilização da base de dados RTG_SST_HR com outra de menor resolução espacial, é indicado que o uso dos dados RTG_SST_HR não apresentou melhoria na representação da TSM para regiões com cobertura persistente de nuvens.

4. Conclusão

Esta primeira comparação entre as bases de dados em questão sugere que a base de TSM OSTIA representa melhor as características dinâmicas dentro da área de estudo que a base de dados de TSM RTG_SST_HR. Parte da explicação sobre a diferença entre as bases de dados recai sobre a composição de cada uma das bases. Este estudo, contudo, não encerra a discussão sobre as possíveis causas destas diferenças, o que será aprofundado em estudos posteriores.

Embora o presente estudo não esteja voltado especificamente para aplicações diretas destas bases de TSM, os resultados alcançados certamente contribuirão para a análise da variabilidade da TSM na costa sul-sudeste brasileira, podendo servir de ponto de partida para outros estudos, como o impacto do uso dos campos de TSM de alta resolução espaço-temporal como condição de contorno em modelos de previsão numérica do tempo.

Referências

- Bell, M.J., et al. Assessment of the FOAM global data assimilation system for real-time operational ocean forecasting. **Journal of Marine Systems**, v. 25, n. 01, p. 1-22, 2000.
- Chelton, D.B.; Wentz, F.J. Global Microwave Satellite Observations of Sea Surface Temperature for Numerical Weather Prediction and Climate Research. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 86, n. 8, p. 1097-1115, Ago. 2005.
- Donlon, C.J. et al. The Global Ocean Data Assimilation Project (GODAE) High Resolution Sea Surface Temperature Pilot Project (GHRSSST-PP). **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 88, n. 8, p. 1197-1213, Ago. 2007.
- Gemmill, W. et al. Daily Real-Time, Global Sea Surface Temperature – High-Resolution Analysis: RTG_SST_HR. Camp Springs, MD. National Centers for Environmental Prediction – NCEP. (Office Note)
- Gigliotti, E. S. et al. Uso de parâmetros “All-pixel SST” na estimativa de campos de TSM com base em dados do sensor AVHRR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV. Natal. Abr/09 (no prelo).
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Boletim Climático – setembro, outubro e novembro/2007**, ano 5, n. 8, p. 1-5, ago., 2007. Disponível em http://www.inmet.gov.br/html/clima/cond_clima/bol_ago2007.pdf. Acesso em 28 out. 2008.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Boletim Climanálise**, v. 22, n. 8, p. 1-39, ago., 2007. Disponível em <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/pdf/pdf2007/ago07.pdf>. Acesso em 28 out. 2008.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Imagens de satélites meteorológicos**. Disponível em <http://satelite.cptec.inpe.br/home>. Acesso em 28 out. 2008.
- Lorenzetti, J.A. et al. **Satellite observation of Brazil Current inshore thermal front in the SW South Atlantic: space/time variability and sea surface temperatures**. Aceito pela revista Continental Shelf Research. Acesso em: 28 out. 2008.
- Stark, J.D. et al. OSTIA: An operational, high resolution, real time, global sea surface temperature analysis system. In: Oceans '07 IEEE, 2007, Aberdeen, Escócia. **Proceedings...** Aberdeen, Scotland: IEEE, 2007.