

## Validação da Estimativa da Temperatura da Superfície do Mar via Dados do Satélite GOES-8 utilizando dados “in-situ” do projeto PNBOIA

Fábio Hochleitner  
Célia Maria Paiva  
Otto Corrêa Rotunno Filho

COPPE/UFRJ – Rec. Hídricos – Programa de Engenharia Civil; Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente, Bloco I, Centro de Tecnologia, Ilha do Fundão;  
CEP: 21945-970; Rio de Janeiro; RJ; Brasil  
Tel.: (21) 562-7842; Fax.: (21) 562-7836;  
{faho,otto}@hidro.ufrj.Br  
célia@acd.ufrj.br

**Abstract.** This work presents a quite consistent procedure for validation of coastal sea surface temperature measurements derived from GOES-8 data using in-situ data from PNBOIA project. The SST methodology is based on the classical split-window equation. The regional split-window coefficients ( $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  and  $A_3$ ) were estimated by linear least-square regression using GOES-8 data (Boente, 2000) for southeast Brazilian coast. This algorithm was validated using a matchup dataset of PNBOIA project drifting buoys in the southeast Brazilian coast for a period from march/2000 to june/2000. The preliminary results show a mean error to around 0,07 and a value of 0,89 for correlation.

**Palavras-chave:** remote sensing, sea surface temperature, split-window, sensoriamento remoto, temperatura da superfície do mar.

### RESUMO ESTENDIDO

#### 1. Introdução

A temperatura da superfície do mar (TSM) é de fundamental importância na modelagem do fluxo de energia à superfície e o entendimento da interação oceano-atmosfera. Este parâmetro é tido como um dos principais controladores e indicadores da variabilidade climática (Barton, 1995). A água possui uma grande capacidade calorífica. Isto significa que ela pode armazenar uma grande quantidade de calor proveniente do sol mas registrando poucas mudanças em sua temperatura. O conhecimento da estrutura termal da superfície dos oceanos é um fator importante no estudo das trocas que ocorrem entre os oceanos e a atmosfera (calor sensível e calor latente). Além disso, os modelos numéricos requerem que os dados possuam alta precisão para que as previsões tenham uma melhor performance.

As medidas *in situ* que são realizadas por navios e bóias possuem descontinuidades temporais e espaciais. Por causa destes problemas, a estimativa da TSM através do sensoriamento remoto tornou-se extremamente importante. O sensoriamento remoto por satélite proporciona a geração de dados multiespectrais com alta resolução espacial e temporal. Esses dados são obtidos com grande regularidade e possuem uma escala de alcance (área da superfície) de centenas de quilômetros. Embora existam vantagens, alguns problemas são conhecidos, tais como a cobertura de nuvens e os efeitos dos gases atmosféricos, principalmente a absorção pelo vapor d'água da radiação infravermelho e por sua concentração variável no tempo e no espaço na atmosfera. Com o lançamento do primeiro sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), a bordo do NOAA, Deschamps e Phulpin (1980) fizeram um estudo sobre a derivação da TSM diurna através dos

canais centrados em 11 $\mu$ m e 12 $\mu$ m. As desvantagens da metodologia de estimativa da TSM via os dados dos satélites da série NOAA são, basicamente, a cobertura de nuvens e a amostragem não contínua de uma mesma área da superfície. Estes problemas não permitem a obtenção do campo de TSM em escala global ou regional em curto prazo de tempo. A principal razão destes problemas é a baixa frequência de imageamento e que corresponde a apenas duas passagens por dia para uma determinada região geográfica.

Com o lançamento do GOES-8 em 1994, houve um avanço significativo no sensoriamento remoto geoestacionário. Este satélite possui uma resolução espacial dos canais termais de 4km x 4km na posição sub-satélite e uma frequência temporal de 30min entre duas imagens consecutivas. Esta resolução temporal pode proporcionar uma melhoria na obtenção de áreas livres de nuvens devido à dinâmica da atmosfera, além de cobrir grande parte do Oceano Atlântico e, dessa forma, permitindo a cobertura de toda a costa da América do Sul. Boente (2000) apresentou uma metodologia para estimativa da TSM via dados do GOES-8. Esta estimativa é baseada na regressão da equação “split window” que foi desenvolvida inicialmente por McClain et al (1975). O algoritmo de TSM-GOES inicial sofreu modificação na versão “split window” desprezando-se a dependência angular e é utilizado neste trabalho (Wu et al, 1999). A equação para correção atmosférica dos dados GOES-8 para estimar a TSM é assumida como tendo a forma:

$$TSM = A_0 + A_1 \cdot T_4 + A_2 \cdot (T_4 - T_5) + A_3 \cdot (T_4 - T_5)^2$$

onde  $T_4$  e  $T_5$  são, respectivamente, as temperaturas de brilho dos canais 4 e 5 do GOES. Os coeficientes  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$  são determinados via regressão linear tomando como variável dependente a TSM do AVHRR versus a  $T_4$  e  $T_5$  do GOES-8 como variáveis independentes. Em Boente (2000), estes coeficientes foram ajustados para a região Sul-Equatorial considerando-se diversas situações atmosféricas e tomando-se a sazonalidade e regionalidade dos dados para a região de interesse. A TSM calculada por este método possui um erro de 0,6°C para os dados desta região e foi validada com os dados TSM-NOAA.

Este trabalho tem como objetivo validar através de dados *in situ* a TSM-GOES obtida por Boente (2000). Esta validação será feita utilizando-se dados de bóias a deriva e disponibilizados pelo programa PNBOIA. A acurácia da TSM e que é o foco deste trabalho, foi estipulado pela International Tropical Ocean Global Atmospheric (TOGA) como sendo igual a 0,3°C para fins de previsão de tempo (Barton et al, 1989).

## 2. Metodologia e Resultados Preliminares

A metodologia utilizada para a obtenção da TSM\_GOES-8 foi esquematizada como segue:

Os dados foram disponibilizados pelo CPTEC/INPE e se encontravam em formato de 2 bytes e armazenados no formato “byte-swap” para as temperaturas de brilho referentes aos canais 4 (10,2 $\mu$ m – 11,2  $\mu$ m) e 5 (11,5 $\mu$ m – 12,5  $\mu$ m) e, também, para os arquivos de navegação de latitude e longitude.

Para o processamento destes dados foi utilizado código computacional próprio de forma a ler os arquivos referentes a cada dia e hora da passagem do satélite e, para cada pixel, proceder ao mascaramento de nuvens, caso necessário.

O mascaramento de nuvens – que consiste na separação dos pixels contaminados por nuvens dos não contaminados – foi feito afim de que a derivação da TSM ocorra somente em áreas livres de nuvens. O procedimento é baseado no algoritmo para mascaramento de nuvens proposto por França e Cracknell (1995). Os dois métodos utilizados são:

- $T_{b5} < 278K \rightarrow$  pixel com nuvem;

- $(T_{b4} - T_{b5} < 0.4K)$  ou  $(T_{b4} - T_{b5} > 3.0K) \rightarrow$  pixel com nuvem.

A extração da TSM\_GOES-8 será feita utilizando-se da equação “split\_window”:

$$TSM = A_0 + A_1 \cdot T_{b4} + A_2 \cdot (T_{b4} - T_{b5}) + A_3 \cdot (T_{b4} - T_{b5})^2$$

Onde os coeficientes  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  representam os coeficientes da regressão ajustada entre dados TSM\_NOAA e TSM\_GOES proposta por Boente (2000) (tabela 3.1) para a região Sul compreendida entre 18°S – 40°S e 25°W – 60°W.

Região	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
Sul	4,336357689	0,885351179	0,024765423	-0,009897879

**Tabela 1 – Coeficientes da regressão entre dados de TSM\_NOAA e  $T_{b4}$  e  $T_{b5}$  para a região sul (18°S – 40°S e 25°W – 60°W)**

Para a validação da estimativa da TSM\_GOES foi utilizado um conjunto de 311 dados de TSM\_GOES-8 calculado pela metodologia acima e dados “in situ” fornecidos pelo programa PNBÓIA entre março de 2000 e junho de 2000. Estas amostras de TSM\_BOIA foram selecionadas levando-se em consideração uma diferença mínima entre a geolocalização do pixel (latitude e longitude) e a posição da bóia. Além disso, o pixel deve satisfazer os critérios de mascaramento de nuvens feito para os dados de TSM\_GOES e serem livres de nuvens. A comparação entre os dados foi feita a partir de uma média de TSM para cada período do dia (manhã/noite). Os valores médios, desvio padrão, erro médio e correlação são mostrados na tabela 2.

TSM	Média	Desvio Padrão	Erro Médio	Correlação
GOES	24,38	2,95	0,07	0,89
PNBOIA	23,85	1,15		

**Tabela 2: Estatísticas para TSM\_GOES/TSM\_PNBOIA.**

Os dados utilizados para a comparação foram para a região com latitudes entre –32° a –27° e longitude –46° a –35° para o período de março até junho de 2000. Através da tabela 4.1 e análise da figura 4.1 verificamos que o erro médio para o número de amostras foi de 0,07 e a correlação obtida foi de 0,89. Segundo Boente(2000), a precisão dos dados de TSM\_GOES é de 0,7°C. Embora a comparação pixel a pixel forneça um erro máximo em torno de 4%, nota-se que as funções tendem a ter o mesmo comportamento. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de que os dados GOES-8 possuem um nível de ruído devido ao caminho óptico percorrido pela radiação, provocando uma atenuação da energia que alcança o satélite.

#### 4. Citações e Referências

##### Referências

###### Artigo em Revista:

BARTON, I.J., and CECHE, R. P., 1989: “Comparison and optimization of AVHRR sea-surface temperature algorithms”. *Journal of Atmospheric And Oceanic Technology*, 6, 1083-1089.

BARTON, I.J., 1995: “Sattelite-derived sea surface temperature-current status”. *Journal of Geophysical Research*, 15, 8777-8790.

DESCHAMPS, P.Y., and PULPHIN, T., 1980: “Atmospheric Correction of infrared measurements of sea temperature using channels at 3.7, 7.11 e 12  $\mu\text{m}$ ”. *Boundary-Layer Meteorology*, 18, 131-143.

McClain, E.P., and PICHEL, W. G., 1985: “Comparative performance of AVHRR based multi-channel sea surface temperature”. Journal of Geophysical Research, 90, 11587-11601.

WU, X., MENZEL, W.P., and WADE, G.S.,1999: “Estimation of sea surface temperatures using GOES8/9 radiance measurements”. Bulletin of American Meteorological Society, 80, 1127-1138.

**Projeto Final:**

Boente, J.S. **Estimativa da Temperatura da Superfície do Mar via dados do satélite GOES-8.** 2000. 78 p. (IGEO/UFRJ). Projeto Final em Meteorologia – Departamento de Meteorologia – UFRJ – Rio de Janeiro. 2000.