

# IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÉTODO PARA ESTIMATIVA DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE MEDIANTE DADOS AVHRR/NOAA E GOES-8

**Egídio Arai**

**Eduardo Jorge de Brito Bastos**

**Nelson Arai**

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

**Divisão de Meteorologia por Satélites**

**E-mail: egidio,eduardo,arai@met.inpe.br**

## **Abstract**

The split window method is used to retrieve the skin temperature over land surfaces from satellite radiances in clear sky. The method was developed by Becker and Li (1990). These authors showed that accurate surface temperatures can be retrieved using the local split window method once emissivities in two adjacent channels are known with sufficient accuracy. The term local as used here means that the coefficients relating the retrieved surface temperature to the brightness temperatures in the two channels do not depend on the atmospheric state, but depend on actual land surface emissivities, which may vary from pixel to pixel. The results show that this method is useful for estimating land surface temperature using brightness temperatures of channels 4 and 5 of GOES-8 with good accuracy.

## **1 – Introdução**

A temperatura da superfície terrestre ( $T_s$ ) é um parâmetro importante para mapeamento e monitoramento em muitos estudos sobre o meio ambiente. Todavia, é extremamente difícil de ser medida, por isso as tentativas de estimá-la com satélite tornam-se cada vez mais necessárias, em particular, quando se pretende estudar grandes áreas oceânicas e continentais. Para estimativa de temperatura da superfície terrestre têm sido utilizados muitos sensores orbitais que operam no infravermelho termal (IV - janela atmosférica). Para tal, tem-se em disponibilidade imagens do canal do IV termal do Meteosat-6 e imagens dos canais 4 e 5 do GOES-8 e NOAA-12, 14 e 15. Em virtude do número de canais disponíveis num sistema orbital utilizados para estimativa de  $T_s$ , as técnicas são denominadas de “mono-window” e “split-window”. A técnica “mono-window” utiliza a radiância medida por satélites num único canal de janela atmosférica (10,5 - 12,5 $\mu$ m). Por sua vez, a técnica “split-window” (método multicanal) utiliza medidas feitas em dois canais adjacentes de janela atmosférica na região do infravermelho termal (canais centrados em 10,5 e 11,5  $\mu$ m).

Vários autores têm aplicado a técnica “mono-window” para determinar a temperatura de superfícies (vegetada e do mar), usando dados dos sistemas Meteosat e AVHRR/NOAA. Dentre os que se utilizam da técnica “mono-window”, citam-se Schmetz (1986) e Pontes e Bastos (1997). Por outro lado, a técnica mais utilizada para estimativas de temperaturas da superfície é a técnica “split-window”. Dentre os vários autores que desenvolveram e utilizaram esta técnica, citam-se McMillin (1975), Holyer (1984), Becker e Li (1990), Sobrino e Caselles (1991), Sobrino et al. (1991), Prata (1993), França e Cracknell (1994), Coll et al. (1994) e Bastos e Pontes (1996).

De um modo geral, este assunto é bastante abordado pela comunidade científica mundial, comprovado pelos vários trabalhos publicados na literatura. No Brasil houveram algumas tentativas

no passado dentro da área de meteorologia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais utilizando somente um canal IR (monitoramento de geada), mas ainda não se tem nada consistente e de forma operacional. Contudo, as estimativas de temperatura da superfície para grandes áreas têm sido bastante exigidas por diversas aplicações da Meteorologia e dos Recursos Naturais. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo apresentar alguns resultados do método de Becker e Li (1990), para estimativa da temperatura da superfície continental utilizando dados dos canais infravermelho termal dos satélites NOAA-14 e GOES-8, que se encontra em fase de implementação na DMS/INPE.

### 3 – Dados e Metodologia

No trabalho são utilizadas imagens dos canais 4 e 5 dos satélites NOAA-14 e GOES-8. As imagens são amostradas de 4 em 4 pixels e cobrem o Estado de São Paulo.

A temperatura da superfície terrestre ( $T_s$ ) é determinada utilizando o método “split-window” proposto por Becker e Li (1990), dado por:

$$T_s = A_0 + P (T_4 + T_5)/2 + M (T_4 - T_5)/2 \quad (1)$$

onde  $T_4$  e  $T_5$  são as temperaturas de brilho dos canais 4 e 5 dos satélites NOAA-14 e GOES-8, respectivamente;  $A_0 = 1,274$ ;  $P$  e  $M$  são coeficientes empíricos que dependem da emissividade da superfície  $\epsilon = (\epsilon_4 + \epsilon_5)/2$  e de  $\Delta\epsilon = \epsilon_4 - \epsilon_5$ .

Os coeficientes  $P$  e  $M$  são calculados utilizando as seguintes equações:

$$P = 1 + 0,15616 (1 - \epsilon)/\epsilon - 0,482(\Delta\epsilon/\epsilon^2) \quad (2)$$

e

$$M = 6,26 + 3,98 (1 - \epsilon)/\epsilon + 38,33 (\Delta\epsilon/\epsilon^2). \quad (3)$$

São utilizados os valores máximos de  $\Delta\epsilon = \epsilon_4 - \epsilon_5 = - 0,016$  (caso diurno) e  $+ 0,016$  (caso noturno), sugeridos por Kerdiles et al. (1996). Para emissividade da superfície terrestre vegetada adota-se  $\epsilon = 0,984$  (Van de Griend e Owe, 1993).

### 4 – Resultados e Considerações Finais

O método split-window é muito recomendado para corrigir dados de imagens da contaminação atmosférica, em condições de céu aberto. O método têm-se mostrado eficiente quando usado para estimativa de temperatura de superfície oceânica e, em geral, é operacionalmente usado pelo NOAA/NESDIS. Por isso, este método não pode ser usado para estimativa da temperatura da superfície continental sem modificações, pois a emissividade dos continentes é geralmente diferente da unidade, ainda mais, é muito variável.

Neste trabalho, estamos mostrando a aplicação do método split-window proposto por Becker e Li (1990) para o satélite GOES-8, pois apenas era utilizado usando imagens AVHRR/NOAA. Nota-se que neste método a temperatura da superfície pode ser calculada por uma combinação linear das temperaturas de brilho em dois canais adjacentes e que o coeficiente de correlação depende da

emissividade da superfície, não dependendo das características particulares da atmosfera, excluindo assim a necessidade de se calcular transmitância atmosférica associada aos efeitos atenuadores do vapor d'água e CO<sub>2</sub>. Sendo assim, é denominado de método local split-window. O termo local significa que os coeficientes da equação de Ts apenas dependem das temperaturas de brilho dos dois canais adjacentes e da emissividade da superfície, sendo independente dos estados atmosféricos. As Figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, uma imagem e o campo de temperatura da superfície referente ao dia 15 de outubro de 1997.

Embora uma validação mais efetiva se faça necessária, o dado de temperatura obtido através desta metodologia para esta data, sobre a região de Cachoeira Paulista, mostra uma consistência muito boa.

Este método pode ser utilizado para qualquer local, desde que se tenha mapas efetivos de emissividade. Observe-se que erros nas determinações da emissividade da superfície acarretaram erros no cálculo de Ts. Todavia, estes erros são menos significantes que aqueles obtidos por métodos split-window que necessitam de correção atmosférica. Neste contexto, a idéia de melhorar a aplicação deste método sobre o Brasil, consiste em determinar com precisão a emissividade da superfície terrestre no infravermelho termal. Finalmente, queremos ressaltar que este grupo de pesquisa estará validando a aplicabilidade do método através da comparação com dados de verdade terrestre para alguns locais do Brasil.

## **Bibliografia**

Bastos, E.J.B.; Pontes, E.G.S. Uma comparação de estimativas do balanço de radiação na superfície mediante dados de imagens Meteosat-5 e NOAA-14 AVHRR para região de São Gonçalo no sertão paraibano. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, IX, Campos do Jordão, SP. **Anais**, vol 2, 1485-1487, 1996.

Becker, F.; Li, Z. Towards a local split window methods over lands surfaces. **Journal of Remote Sensing**, 11(3): 369-393, 1990.

Coll, C.; Caselles, V.; Sobrino, J.A.; Valor, E. On the atmospheric dependence of the split-window equation for land surface temperature. **International Journal Remote Sensing**, 15(1): 105-122, 1994.

França, G.B.; A.P. Cracknell. Retrieval of land and sea surface temperature using NOAA-11 AVHRR data in north-eastern Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, 15(8): 1695-1712, 1994.

Holyer, R.J. A two-satellite method for measurement of sea surface temperature. **International Journal of Remote Sensing**, 5: 115-131, 1984.

- Kerdiles, , H.M.; Grondona, R.R.; Seguin, B. Frost mapping using NOAA/AVHRR data in the Pampean region, Argentina. *Agricultural & Forest Meteorology*, 79:157-182, 1996
- McMillin, L.M. Estimation of sea surface temperature from two infrared window measurements with different absorption. ***Journal of Geophysical Research***, 80: 5113-5117, 1975.
- Pontes, E.G.S.; Bastos, E.J.B. Estimativa de componentes do balanço de radiação na superfície via satélite Meteosat-5. ***Atmosfera & Água***, 2:4-8, Julho 1997.
- Prata, A.J. Land Surface Temperature derived from the Advanced Very High Resolution Radiometer and the Along--Track Scanning Radiometer 1. Theory. ***Journal Geophysical Research***, 98: 16689-16702, 1993.
- Schmetz, J. An atmospheric-correction scheme for operational application to Meteosat infrared measurements. ***ESA Journal***, 10: 145-158, 1986.
- Sobrino, J.A.; Coll, C.; Caselles. V. Atmospheric correction for land surface temperature using NOAA-11 AVHRR channels 4 e 5. ***Remote Sensing of Environment***, 38:19-34, 1991
- Sobrino, J.A.; Coll, C.; Caselles. V. Atmospheric correction for land surface temperature using NOAA-11 AVHRR channels 4 e 5. ***Remote Sensing of Environment***, 38:19-34, 1991.
- Van de Griend, A.A., Owe, M. On the relationship between thermal emmissivity and NDVI for natural surfaces. ***International Journal of Remote Sensing***, 14:1119-1131, 1993.

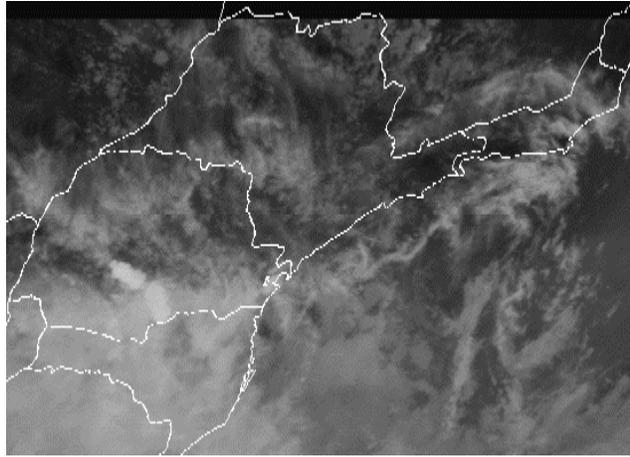


Figura 1 – Imagem do canal 4 do GOES-8, dia 15/10/97 as 17:10Z

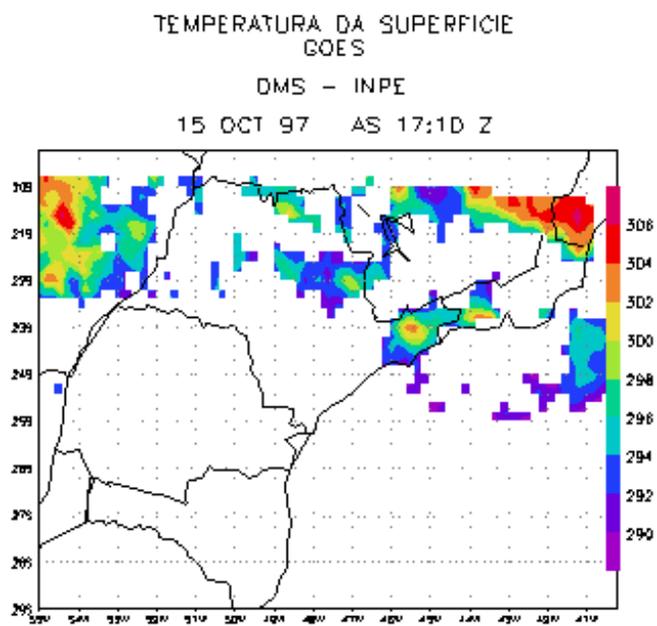


Figura 2 – Campo de Temperatura da superfície estimado mediante imagem GOES-8