

AValiação DA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE OBTIDA PELO SENSOR MODIS

Kleber R. da P. Ataíde^{1,2}; Wagner de A. Bezerra²; Ivanete M. D. Ledo² Maria G. R. de Oliveira³

^{1,2} Meteorologista, Seção de Produtos e Imagens de Satélites – INMET, Brasília-DF, Fone: (61) 2102-4704, kleber.ataide@inmet.gov.br

² Meteorologista - Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, Brasília

³ Geógrafa - Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, Brasília

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 22 a 25 de setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte, MG

RESUMO: Esse estudo pretendeu mostrar a precisão da estimativa da temperatura do ar através da temperatura de superfície obtida pelo sensor MODIS e usando as estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para validação das temperaturas do ar em locais do Distrito Federal e Goiás. Foram usados os dados dos produtos MOD11 do satélite Terra/MODIS com resolução de 5 km durante cinco dias de céu claro nos meses de julho e agosto de 2007, onde foram feitas análises de regressão obtendo forte coeficiente de correlação de 0,81 para maioria das estações, correlação moderada para três estações e baixa correlação para duas das estações. A diferença média ficou próxima de 7,64°C e foi usada para ajustar os dados estimados por satélite, após esse ajuste, foram obtidos melhores resultados quantitativos para todos locais de estudo, aumentando de 69,2% para 90% de aproximação entre os valores de temperatura estimados e observados.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, processamento de imagens, meteorologia.

EVALUATION OF ESTIMATES OF SURFACE TEMPERATURE OBTAINED OF THE SENSOR MODIS

ABSTRACT: This study wanted to assess the accuracy of the estimate of the temperature of the air through the surface temperature obtained by the MODIS sensor using automatic meteorological stations publish on the site of the National Institute of Meteorology (INMET) in eleven area distributed in the state of Goiás and the Federal District - Brazil to the validation. The data used were those of the satellite TERRA – MODIS product MOD11 with resolution 5km to fifteen days with clear sky of the month of July and August 2007 and that they was made a regression analysis of data from surface (air temperature) with the satellite data (surface temperature) to Alto Paraiso of Goiás, Aragarças, Brasília, Caiponia, Faculdade da Terra, Goiás, Itapaci, Jatai, Luziania, Monte, Alegre of Goiás and Rio Verde. With the strong correlation coefficient of 0,81 for most of the stations and moderate correlation for three of the stations and low for just two. There was a average difference between the temperature estimated by satellite and the temperature measured at weather stations around 7,64, which was applied to correct the temperature estimated by satellite. After adjusting, as a result, we obtained a better result in quantitative for all places of study, increasing from 69,2% to 90% of rapprochement between the measured and estimated values of the temperature estimated.

KEYWORDS: remote sensing, image processing, meteorology.

INTRODUÇÃO: As observações de superfície vem perdendo espaço para os dados enviados por satélites que estão mais especializados na coleta de dados climatológicos a cada dia. Os satélites cada vez mais avançados permitem, principalmente, além de uma cobertura maior, uma maior quantidade de dados em um intervalo de tempo mais curto, já que os satélites utilizados na análise da atmosfera apresentam um intervalo de revisita diário, DOUSSET E GOURMELON (2003), TAKAKI (1977). O sensor MODIS é um dos cinco instrumentos do satélite TERRA, formalmente conhecido como EOS-AM. Foi projetado para satisfazer os requisitos de três campos de estudos: atmosfera, oceano e terra, com bandas de resolução espectral e espacial selecionadas para estes objetivos e uma cobertura global quase diária (a cada 1 a 2 dias), JUSTICE *ET AL.* (2002A).

O MOD11 é uma das variáveis-chaves, necessárias para se descrever os processos da superfície terrestre, sendo extremamente requisitado para diversos estudos climáticos, hidrológicos, ecológicos e biológicos, RUNNING *ET AL.* (1994). Como exemplo dos processos hidrológicos, a evapotranspiração, que é altamente sensível às flutuações da temperatura da superfície.

Esta variável utiliza os dados dos níveis 2 e 3 com o algoritmo Land Surface Temperature (LST) e a emissividade recuperados dos dados do AQUA/MODIS, com resoluções espaciais de 1km e 5km da superfície terrestre em condições atmosféricas adequadas (céu limpo). O algoritmo LST é utilizado para recompor *pixels* com emissividades conhecidas nas bandas 31 e 32.

O presente estudo pretende verificar o grau de correlação entre os dados de temperatura de superfície obtidos pelo produto MOD11 com resolução de 5 km e as temperaturas do ar medidas a 2 m de altura da superfície pelas estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET no estado de Goiás e Distrito Federal, propondo algum fator de ajuste para que se possa estimar a temperatura do ar através das estimativas por satélite.

MATERIAIS E MÉTODOS: Para a obtenção da temperatura de superfície por meio de sensoriamento remoto, há de se levar em consideração fatores como a interferência atmosférica e a emissividade da superfície, FERREIRA (2004). A primeira diz respeito à interação que ocorre entre a radiação e o particulado atmosférico antes dela atingir a superfície terrestre; essa interação não altera apenas a direção da radiação como também a distribuição espectral e a intensidade do fluxo radiante. Já a segunda, que pode ser definida como a capacidade que determinado objeto tem de irradiar energia, ou seja, uma propriedade de cada material, também constitui um problema para a estimativa da temperatura de superfície, porque ela que define a energia captada pelo sensor, isto é, os sensores termais não medem uma temperatura cinética como fazem os termômetros, eles tomam uma temperatura denominada radiante que é a temperatura da energia que o alvo irradia, MENESES (2007). Dessa forma, algoritmos vêm sendo criados de maneira a corrigir ou, pelo menos, amenizar esses efeitos.

A técnica mais utilizada hoje é a chamada *split-window*, trata-se de uma equação linear que utiliza a temperatura de brilho dos canais infravermelho termais para calcular a temperatura de superfície.

As imagens utilizadas foram as do satélite MODIS/ TERRA, (produto MOD11 – 5km), para quinze dias abrangendo o fim de julho e o mês de agosto de 2007, e foram adquiridas no site Primary Data Search - WIST - NASA no endereço <https://wist.echo.nasa.gov/api/> no formato hdf, MODLAND (MODIS/Terra Land Surface Temperature/ Emissivity daily L3 Global 5km SIN Grid V004).

As imagens foram selecionadas com base em:

- Cobertura de nuvens sobre a região do Goiás e Distrito Federal: foram escolhidas as imagens que apresentavam o menor recobrimento por nuvens;
- Horário da tomada das imagens: foram escolhidas as imagens tomadas por volta das 14h UTC (*Universal Time Coordinate*, de maneira que não houvesse muita variação intensidade de radiação a chegar aos alvos e de maneira a não haver uma grande diferença entre os dados de temperatura nos diferentes dias;
- Dados de superfície: foram utilizados dados de temperatura do ar (2m de altura) medidos na hora da passagem do satélite em onze estações meteorológicas automáticas de superfície (Alto Paraiso de Goiás, Aragarças, Brasília, Caipônia, Faculdade da Terra, Goiás, Itapaci, Jatai, Luziania, Monte, Alegre de Goiás e Rio Verde) distribuídas no estado de Goiás e no Distrito Federal (Figura 1).

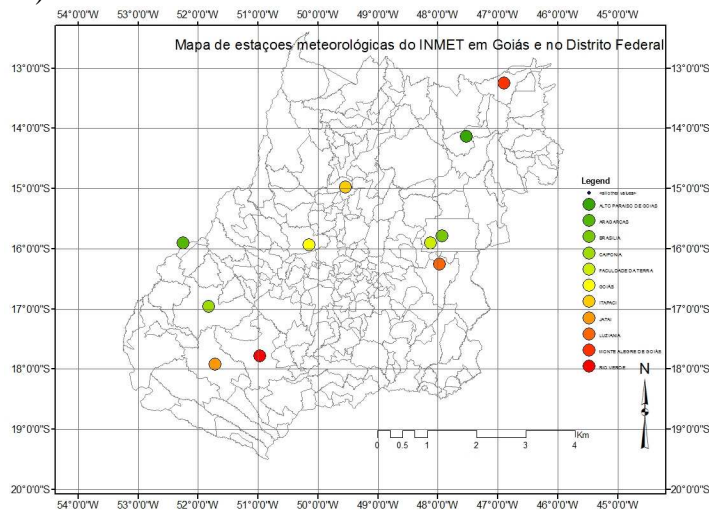


Figura 1. Localização das estações meteorológicas automáticas do INMET-GO e DF.

As imagens trabalhadas foram dos dias 31 de julho e 01, 05, 07, 08, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 21, 25, 26 e 30 de agosto de 2007. O período foi escolhido devido às condições climáticas da região estudada, que se encontra na época da seca, isto é, com pouco recobrimento de nuvens. Em relação aos dados de superfície, foram consideradas as temperaturas instantâneas para o horário das 14 horas UTC, hora de medida mais próxima à hora da passagem do satélite. No ENVI, fez-se a conversão dos valores digitais da imagem para Kelvin multiplicando cada pixel por um fator de multiplicação de escala igual a 0.0200, WAN (1999), posteriormente seu georreferenciamento pela função Georeference MODIS e seleção dos 9 *pixels* mais próximos das estações automáticas através da função *ROI* (*Region of Interest*). Para obter uma medida do grau de associação da relação linear entre duas variáveis, usamos o coeficiente de correlação, definido como:

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \quad (1)$$

Onde

$$s_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1} = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{n - 1} \quad (2)$$

O valor de r está sempre entre -1 e +1, com $r=0$ correspondendo à não associação.

Valores de r $\left\{ \begin{array}{l} \text{negativos} \\ \text{positivos} \end{array} \right\}$ indicam uma associação $\left\{ \begin{array}{l} \text{negativa} \\ \text{positiva} \end{array} \right\}$

O termo é correlação positiva quando $r > 0$, e nesse caso à medida que x cresce também cresce y , e correlação negativa quando $r < 0$, e nesse caso à medida que x cresce, y decresce (em média).

Quanto maior o valor de r (positivo ou negativo), mais forte a associação. No extremo, se $r = 1$ ou $r = -1$ então todos os pontos no gráfico de dispersão caem exatamente numa linha reta. No outro extremo, se $r = 0$ não existe nenhuma associação linear.

A Tabela 2 fornece um guia de como podemos descrever uma correlação em palavras dado o valor numérico. É claro que as interpretações dependem de cada contexto em particular.

Tabela 2. Interpretação dos resultados de correlação

Valor de ρ (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 10,00	Correlação muito forte

RESULTADOS E DISCUSSÕES: As temperaturas obtidas pelo satélite foram maiores que as temperaturas medidas nas estações automáticas de superfície, conforme podemos observar nas Figuras 2 e 3 abaixo, onde temos valores de temperatura máxima no horário da passagem do satélite e a instantânea, considerando que os dados das estações são medidos a cada minuto e transmitidos os valores médios horários.

Durante os quinze dias estudados para as onze estações encontrou-se através do método utilizado duas correlações fracas (Caiponia e Jatai), três moderadas (Rio Verde, Goiás e Aragarças) e seis correlações fortes (Alto Paraiso de Goiás, Brasília, Faculdade da Terra, Itapaci, Luziania e Monte Alegre), representando 18,2%, 27,3% e 54,5%, respectivamente, ou seja, de modo geral a estimativa de temperatura da superfície pelo MOD11 possui forte correlação (0,81) com a temperatura do ar medida nas estações meteorológicas automáticas a 2m de altura.

Em média, os valores obtidos inicialmente para os onze locais de estudo se aproximam em 69,2% dos valores medidos nas estações.

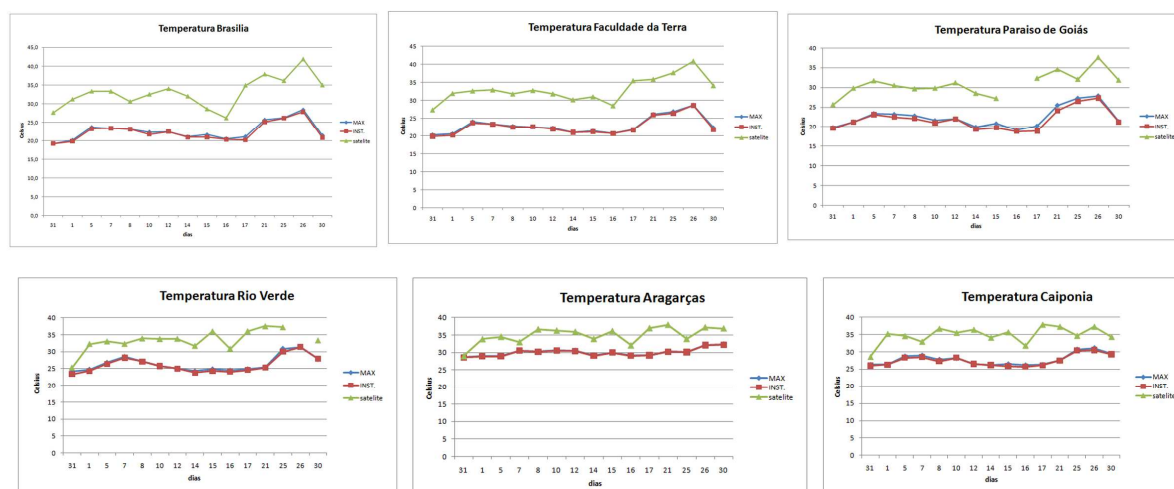


Figura 2. Comportamento das temperaturas estimada, máxima e instantânea para Brasília, Faculdade da Terra Paraiso de Goiás, Rio Verde, Aragarças e Caiponia.

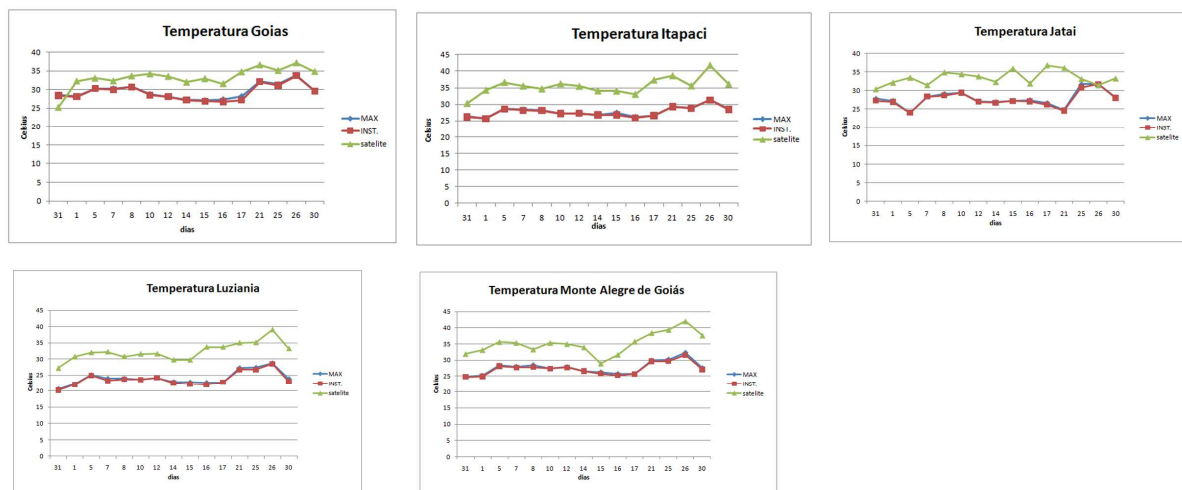


Figura 3. Comportamento das temperaturas estimada, máxima e instatânea para Goiás, Itapaci, Jatai, Luziânia e monte Alegre de Goiás.

Procurou-se então um fator de correção linear baseado apenas na médias das diferenças entre as temperaturas medidas nas estações e as estimadas por sensoriamento remoto, onde observou-se uma diferença média de 7,64 °C, diferença esta que foi aplicada nas temperaturas obtidas por satélite, já que as mesmas são sempre maiores. Essa metodologia foi adotada para simplificar ao máximo a estimativa da temperatura do ar a dois metros de altura, para não considerar a entrada de outras variáveis ambientais que influenciem nos processos de troca de energia, como vento, rugosidade da superfície, umidade relativa, turbulência, entre outros, pois a intenção é conseguir obter informações apenas por sensoriamento remoto. Como resultado, obteve-se uma melhoria nos resultado quantitativos para todos locais de estudo, aumentando de 69,2% para 90% de aproximação entre os valores medidos e estimados.

CONCLUSÕES: De acordo com que o estudo mostrou, tem-se que os produtos do MODIS(MOD11) com resolução espacial de 5km podem servir de maneira razoável para se estimar a temperatura o ar para a região de Goiás e distrito Federal apenas aplicando um fator de correção linear, visto que a diferença entre a temperatura estimada por satélite apresentou-se em média 7,64°C acima da temperatura do ar medida nas estações meteorológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DOUSSET, B; GOURMELON, F. Satellite Multi-Sensor Data Analysis of urban surface temperatures and lancover. *Ispr Journal of Photogrammetry e Remote Sensing*, n. 58, p. 43-54, 2003.
- FERREIRA, N.J. **Aplicações ambientais brasileiras do satélites noaa e tiros-n.** São paulo: Oficina de Textos, 2004.
- JUSTICE, C. O., TOWNSHEND, J. R. G., VERMOTE, E. F. MASUOKA, E., WOLFE, R. E., SALEOUS, N., ROY, D. P., MORISSETE, J. T. (2002a). An overview of modis land data processing and product status. *Remote Sens. Environ.* 83: 3 – 15.
- MENESES, P. R. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto.** Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- RUNNING, S. W.; JUSTICE, C. W.; SALOMONSON, V.; HALL, D.; BARKER, J.; KAUFMAN, Y.; STRAHLER, A.; MULLER, J.P.; VANDERBILT, V.; WAN, Z. M.; TEILET, P.; CARNEGIE, D. (1994). Terrestrial remote sensing science and algorithmsplanned for eos/modis. *International Journal of Remote Sensing.* 15(17), 3587-3620.
- WAN, Z. Modis land-surface temperature algorithm theoretical basis document (1st atbd), version 3.3 institute for computational earth system science university of california, santa barbara, 1999.