

Avaliação da estimativa da temperatura de superfície obtida pelo sensor MODIS para o estado de Goiás

Kleber Renato da Paixão Ataíde ^{1,2}
Ivanete Maia Dias Ledo ²
Maria da Graças Ribeiro de Oliveira ²
Wagner de Aragão Bezerra ²

¹ Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Geociências – Geociências Aplicadas

² Instituto Nacional de Meteorologia- INMET
Eixo Monumental Via S1, Sudoeste – 70680-900 - Brasília - DF, Brasil
kleber.ataide@inmet.gov.br
ivanete.ledo@inmet.gov.br
mgal.oliveira@inmet.gov.br
wagner.bezerra@inmet.gov.br

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 MOD11with 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.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, processamento de imagens, meteorologia, correlação, remote sensing, image processing, meteorology, correlation.

1. Introdução

O monitoramento climático trata-se da observação continuada das condições do tempo, como precipitação e temperatura do ar, por exemplo. Para tal procedimento, algumas variáveis como sua duração e sua extensão (espaço) devem ser levadas em consideração.

As observações de superfície vêm, cada vez mais, 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 requerimentos 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).

As 36 bandas estão localizadas em comprimentos de onda, que finalizam observar as propriedades das nuvens; a dinâmica e as propriedades da vegetação na cobertura terrestre e a temperatura da superfície dos oceanos (Salomonson e Toll, 1991).

Conseqüentemente, o MODIS tende a aperfeiçoar sistemas como o AVHRR, uma vez que, possui a capacidade de rastrear um amplo conjunto de sinais vitais da Terra, melhor do que qualquer outro (King *et al.*, 1992).

A importante aplicação na informação precisa da cobertura global da superfície está na inferência de parâmetros, que inferenciam, tanto nos processos biofísicos, quanto nas trocas de energia entre a atmosfera e a superfície terrestre (Townshend *et al.*, 1991).

Assim sendo, o objetivo dos produtos gerados por este sensor (MODIS) está, basicamente, na quantificação e detecção das mudanças da cobertura terrestre, e nos processos naturais e antropomórficos, auxiliando assim, nos diversos modelos regionais e globais existentes (Strahler *et al.*, 1999).

O MOD11 é uma das variáveis chaves, necessárias para se descrever os processos da superfície terrestre, sendo extremamente requisitados 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.

2. Metodologia de Trabalho

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 – 5 km), 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 Paraíso de Goiás, Aragarças, Brasília, Caiponia, 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).

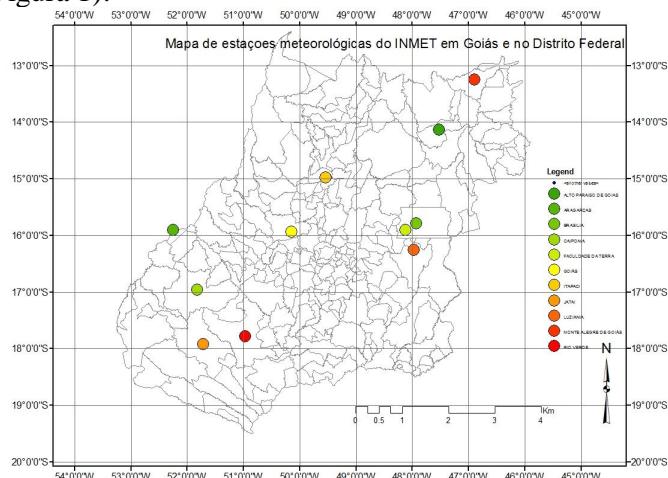


Figura 1. Localização das estações meteorológicas automáticas do INMET-GO e DF.

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.

O software usado na parte de processamento de imagens para o sensoriamento remoto foi o ENVI (Environment for Visualization of Images), versão 4.3, da RSI (Research Systems Inc.) e o ARCGIS 9.2 (ESRI).

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 georeferenciamento 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.

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 1,00	Correlação muito forte

3. Resultados e Discussão

As temperaturas obtidas pelo satélite foram maiores que as temperaturas medidas nas estações automáticas de superfície, conforme podemos observar nas Figuras 3 e 4 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 (Caipônia e Jataí), três moderadas (Rio Verde, Goiás e Aragarças) e seis correlações fortes (Alto Paraíso de Goiás, Brasília, Faculdade da Terra, Itapaci, Luziânia 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, conforme podemos observar na Figura 2

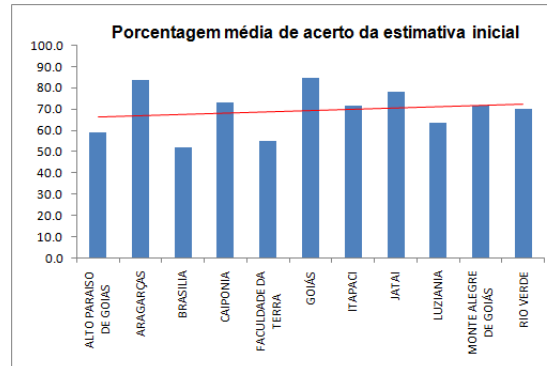


Figura 2. Porcentagem de aproximação entre valores estimados e medidos.

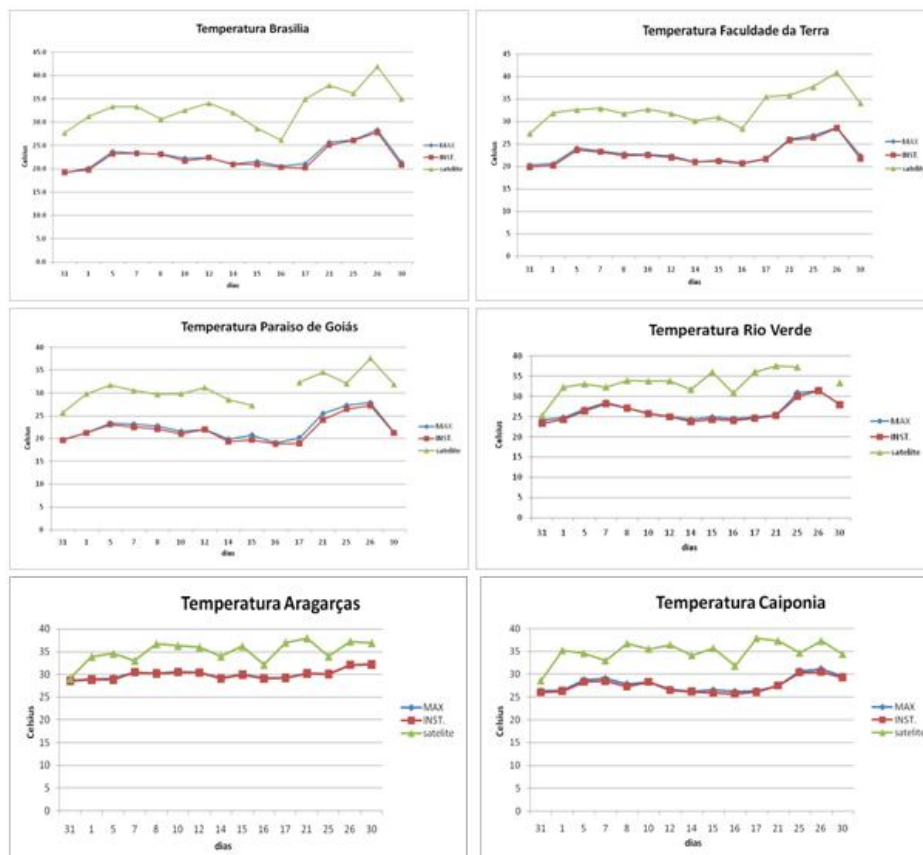


Figura 3. Comportamento das temperaturas estimada, máxima e instatânea para Brasília, Faculdade da Terra Paraíso de goiás, Rio Verde, Aragarças e Caipônia.

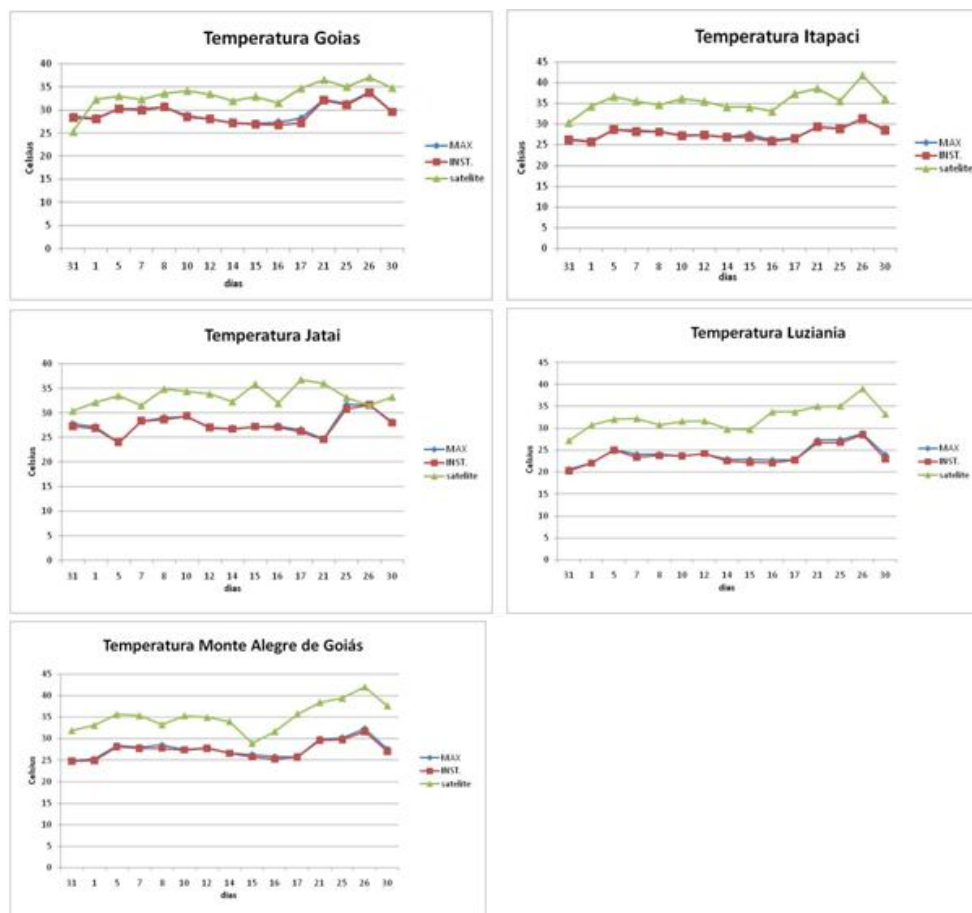


Figura 4. Comportamento das temperaturas estimada, máxima e instatânea para Goiás, Itapaci, Jatai, Luziânia e monte Alegre de Goiás.

Após obter esse prévio resultado procurou-se um fator de correção linear baseado apenas nas médias das diferenças entre as temperaturas medidas nas estações e as estimadas por sensoriamento remoto, onde se observou uma diferença média de $7,64^{\circ}\text{C}$, 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 quantitativa nos resultado para todos os locais de estudo, aumentando a aproximação de $69,2\%$ para 90% entre os valores medidos e estimados como mostra a Figura 5.

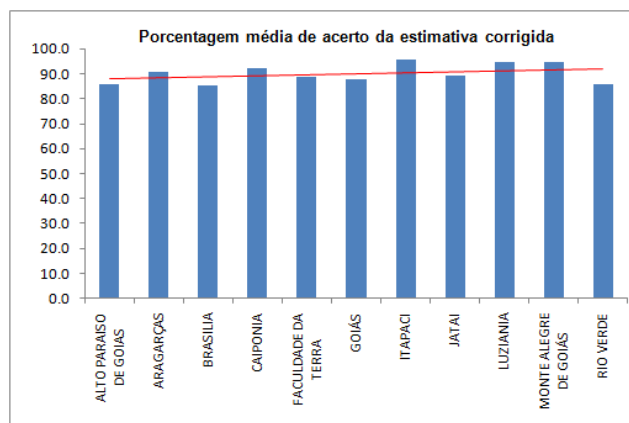


Figura 5. Porcentagem de aproximação entre valores estimados corrigidos e medidos.

4. Conclusões

De acordo com que o estudo mostrou, tem-se que os produtos do MODIS (MOD11) com resolução espacial de 5 km podem servir de maneira razoável para se estimar a temperatura do ar para a região de Goiás e distrito Federal apenas aplicando o 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.

Propõe-se também que se faça uma interação entre os dados de temperatura e os dados de uso do solo e de cobertura vegetal já que podem caracterizar melhor o material cuja emissividade é captada em forma de temperatura pelos sensores.

Referências bibliográficas

- Dousset, B; Gourmelon, F. Satellite Multi-Sensor Data Analysis of urban surface temperatures and land cover. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, n. 58, p. 43-54, 2003.
- Dubreuil, V. **Clima e teledeteção**: uma abordagem geográfica. In: revista brasileira de climatologia. Ano 1. Presidente Prudente. P. 76-99, 2005.
- Ferreira, Nelson Jesus. **Aplicações ambientais brasileiras dos 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., Morisette, J. T. (2002a). An overview of MODIS land data processing and product status. *Remote Sens. Environ.* 83: 3 – 15.
- King, M., Kaufman, Y.; Menzel, W., Tanré, d. (1992). Remote sensing of cloud, aerosol, and water vapor properties from the moderate resolution imaging spectrometer (MODIS). *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, 30 (1): 1-27.
- 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.; Teillet, P.; Carneggie, D. (1994). Terrestrial remote sensing science and algorithms planned for EOS/MODIS. *International Journal of Remote Sensing*. 15(17), 3587-3620.
- Salomonson, V. V., e Toll, D. L. (1991). Execution phase (c/d) spectral band characteristic of the EOS moderate resolution imaging spectrometer-nadir (MODIS-N) facility instrument. *Advances in Space Research*, 11(3), 231 – 236.
- Strahler, A.; Muchoney, D.; Borak, J.; Friedl, M.; Gopal, S.; Lambin, E.; Moody, A. (1999). MODIS land cover and land-cover change products algorithm theoretical basis document (ATBD). Version 5.0, center of remote sensing, department of geography, Boston University, May, 72 p.

Townshend, J.R. G., Justice, C., Li, W.; Gurney, C.; Macmanus, J. (1991). Global land cover classification by remote sensing: present capabilities and future possibilities. *Remote sens. Environ.* 35:243-255.

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.