

ESTIMATIVA DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR A PARTIR DE DADOS LST/MODIS

Gabriel da Silva Lemos¹; Rodrigo Rizzi²

¹Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas - UFPel, gabriel.faem@gmail.com; ²Departamento de Engenharia Rural, UFPel, rodrigo.rizzi@ufpel.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta um método para estimar a temperatura média do ar a partir de dados de *Land Surface Temperature* (LST) obtidos pelo sensor MODIS. Utilizaram-se dados médios de oito dias de LST noturna e diurna oriundos dos produtos MOD11A2 (Terra) e MYD11A2 (Aqua) para estimar dados de temperatura média do ar no Estado do Rio Grande do Sul, os quais foram confrontados aos observados por estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os resultados demonstraram um R^2 de 0,86 para o ano de 2016 e para 2017, encontrou-se um viés de 2,15 °C e um coeficiente de Nash-Sutcliffe (NS) de 0,33 entre os dados MODIS/LST e os do INMET. Os valores estimados de temperatura do ar apresentaram um viés de -0,3 °C e um coeficiente de NS de 0,76, demonstrando a viabilidade de estimar a temperatura média do ar a partir dos dados LST do MODIS.

Palavras-chave — termal, Terra, Aqua, estação meteorológica.

ABSTRACT

This work presents a method to estimate mean air temperature from MODIS Land Surface Temperature (LST) data. To do so, we used day and night LST data from MOD11A2 (Terra) and MYD11A2 (Aqua) products to estimate mean air temperature data for Rio Grande do Sul State, Brazil, which were compared to those observed by meteorological stations of the National Institute of Meteorology (INMET). Results showed a R^2 of 0.86 for the year 2016 and for 2017 we found a bias of 2.15 °C and a Nash-Sutcliffe (NS) coefficient of 0.33 between MODIS/LST and INMET data. The estimated values of mean air temperature showed a bias of -0.3 °C and a NS coefficient of 0.76, which shows the feasibility of estimating mean air temperature from MODIS/LST data.

Key words — thermal, Terra, Aqua, weather station.

1. INTRODUÇÃO

Os dados meteorológicos são de grande importância para o planejamento na agricultura, principalmente para o zoneamento agrícola, em que o conhecimento das melhores épocas de semeadura para cada região, assim como das janelas temporais quando é possível evitar períodos de maior estresse para a cultura são informações de extrema relevância. No entanto, o Brasil não apresenta uma densidade de estações suficiente para representar as condições meteorológicas de seu vasto território, dificultando muitos estudos que fazem uso de tais dados.

Segundo [1], os limites máximos admitidos para explicar mais de 90% da variação espacial para dados de temperatura máxima do ar no período de primavera e verão são de 80 km de distância entre as estações meteorológicas. Considerando que as observações da temperatura do ar a partir das estações fornecem dados pontuais em uma distribuição relativamente grosseira em muitas áreas do país, uma alternativa pode ser o uso de sensores a bordo de satélites orbitais. Os dados de temperatura da superfície (LST; do inglês *Land Surface Temperature*) baseados em satélites podem ser utilizados para um monitoramento espacialmente contínuo e de alta resolução espacial da temperatura do ar [2].

Esses dados podem ser utilizados em modelos de estimativa da produtividade de culturas ou na detecção de momentos de estresse das plantas. [3] utilizou um algoritmo de árvore de decisão para relacionar a produtividade das culturas do milho e da soja às variáveis temperatura da superfície e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) do sensor MODIS, resultando em um modelo com erro absoluto médio de 1,26 t ha⁻¹ para milho e 0,42 t ha⁻¹ para soja, com um R^2 de 0,77 e 0,71, respectivamente. [4] utilizaram dados de temperatura oriundos do sensor MODIS para calcular a evapotranspiração atual para o Estado de Minas Gerais, concluindo que o uso de sensores a bordo de satélites é a melhor forma de se monitorar as perdas de água em grande escala. [5], ao relacionar os dados oficiais de produtividade da soja à temperatura obtida pelo sensor AVHRR/NOAA em três diferentes condições hídricas para o RS, concluiu que os maiores valores da temperatura estão associados às mais baixas produtividades, sendo que, em

média, temperaturas acima de aproximadamente 33°C, estão associadas a produtividades menores que 1.000 kg ha⁻¹.

De acordo com o exposto, esse trabalho objetiva apresentar um método para estimar a temperatura média do ar a partir de dados de LST obtidos pelo sensor MODIS a bordo dos satélites Terra e Aqua.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende todo o Estado do Rio Grande do Sul (RS), localizado aproximadamente entre os meridianos 49°41'W e 57°38'W e os paralelos 27°04'S e 33°45'S. Os dados de LST foram adquiridos a partir do sensor MODIS a bordo dos satélites Terra e Aqua. Ambos os satélites apresentam duas passagens diárias sobre a superfície terrestre. O satélite Terra passa sobre a linha do equador em torno de 10h30 e 22h30 e o Aqua em torno de 01h30 e 13h30, horário local. Os produtos LST são disponibilizados gratuitamente em <https://search.earthdata.nasa.gov/search> e denominam-se, MOD11A2 (Terra) e MYD11A2 (Aqua). Tais produtos são composições de oito dias e representam os valores médios dos pixels obtidos dentro desse período, para cada horário de passagem do sensor. No entanto, mesmo que os produtos MODIS apresentem um algoritmo que selecione os pixels de melhor qualidade dentro desse período, ainda assim é possível que o pixel esteja inviabilizado, principalmente pela presença de nuvens, que interfere na obtenção de dados da superfície.

Assim, utilizou-se o programa Spring, versão 5.5.2, através da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) para desenvolver um algoritmo para produzir mapas de temperatura média de superfície para períodos de oito dias, utilizando informações dos vários horários de passagem do sensor MODIS. Para tanto, primeiramente foi necessário selecionar os valores considerados máximos e mínimos para tal período. Para os primeiros, utilizaram-se aqueles referentes à passagem diurna do MODIS, da seguinte forma: quando um pixel estivesse inviabilizado em uma passagem das 13h30 (Aqua), este foi substituído pelo da passagem das 10h30 (Terra). Mantendo-se tal situação, efetuou-se o mesmo procedimento para o período posterior de oito dias. De forma análoga, obtiveram-se os valores de temperatura mínima iniciando o processo pelos dados de aquisição noturna do satélite Aqua (01h30). Então, o valor da temperatura de superfície média foi obtido utilizando a média simples para os valores considerados máximos (diurnos) e mínimos (noturnos). O processo de seleção dos pixels é representado esquematicamente na Figura 1, demonstrando a composição do primeiro período de dados para o ano civil. Neste algoritmo, os períodos de oito dias foram agrupados aos pares, de forma que o primeiro fosse pareado ao segundo e o terceiro ao quarto e assim sucessivamente. De modo que o primeiro somente pudesse adquirir pixels do segundo e vice-versa.

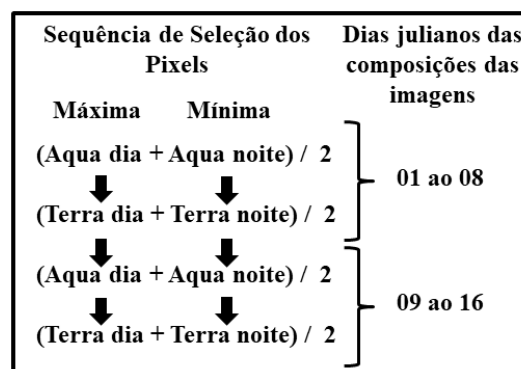


Figura 1. Esquema do Algoritmo de seleção de pixel, para o cálculo de temperatura média da superfície através dos satélites Terra e Aqua, de passagens diurnas e noturnas, visando à composição do primeiro período do ano civil.

Para efeito de comparação utilizaram-se dados observados de temperatura do ar a dois metros de altura adquiridos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para 14 estações meteorológicas convencionais presentes no RS (Figura 2). Esses dados foram agrupados para o mesmo intervalo do produto MODIS, totalizando 45 médias ao longo de um ano, para cada estação. No entanto, as estações que apresentaram falha nos dados em algum período tiveram este descartado da análise.

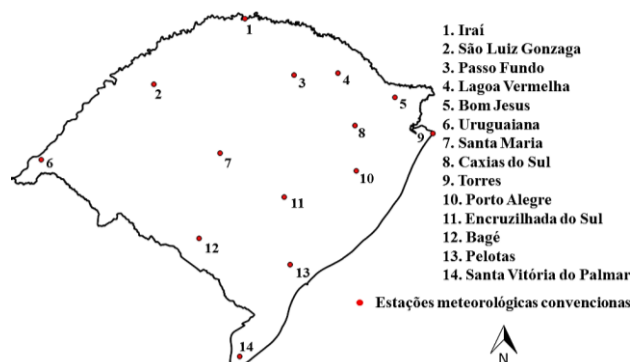


Figura 2. Estado do Rio Grande do Sul e as estações meteorológicas convencionais utilizadas.

Primeiramente, o ano de 2016 foi utilizado para verificar o comportamento dos dados de LST do MODIS em comparação aos de temperatura do ar do INMET. Para estabelecer uma equação que estimasse a temperatura do ar a partir dos dados LST do MODIS, realizou-se uma regressão linear entre ambos os conjuntos de dados ao longo do ano para as 14 estações meteorológicas, totalizando 592 pares de valores. Em seguida, a equação foi aplicada aos dados LST do MODIS de 2017, de modo a estimar a temperatura média do ar, a qual foi confrontada aos dados do INMET do referido ano.

Para verificar a acurácia dos dados de LST e temperatura do ar estimada para 2017, utilizaram-se os testes de Viés (Equação 1) e de Nash-Sutcliffe (NS) (Equação 2).

- (1) observados, pois o uso combinado dos quatro momentos de passagem de ambos os satélites permite uma ampla representação espacial dos dados com uma probabilidade muito baixa de ocorrerem falhas.

$$Viés = \frac{\sum_{i=1}^n (estimado - observado)}{n}$$

(2)

$$NS = \frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (observado - \overline{obs})\right)^2 - \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (obs - estimado)\right)^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (observado - \overline{obs})^2}$$

em que, *observado* são os valores referentes às estações meteorológicas, *estimado* são os valores referentes aos dados obtidos pelo sensor MODIS ou dados estimados de temperatura do ar, *n* é o número de médias ao longo do ano e \overline{obs} é a média dos valores observados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o diagrama de dispersão e a equação de regressão entre os dados LST do MODIS e do INMET em 2016. Nota-se o agrupamento dos pontos ao redor da linha de ajuste, além de um R^2 de 0,86, demonstrando um bom ajuste entre ambas as fontes de dados. Em um estudo semelhante, [6] obtiveram valores de R^2 variando entre 0,78 e 0,90, quando os dados LST do sensor MODIS/Terra foram correlacionados aos das estações meteorológicas automáticas no Estado do Paraná.

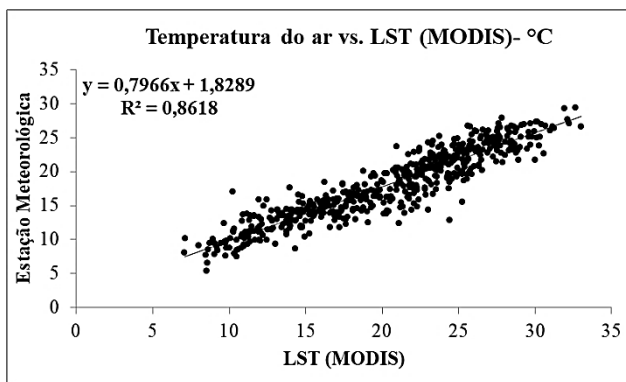


Figura 3. Diagrama de dispersão entre os dados de temperatura média LST do MODIS e de temperatura média do ar das estações meteorológicas convencionais para o RS para o ano de 2016.

A Figura 4 apresenta os dados LST do MODIS e de temperatura do ar estimada pela equação, bem como aqueles observados para o ano de 2017 para quatro estações meteorológicas localizadas em diferentes regiões do RS. De acordo com [7], as temperaturas diárias máximas e mínimas e as temperaturas médias diurnas e noturnas do ar podem ser mais bem explicadas pelos dados de LST do Terra (MOD11) do que pelo do Aqua (MYD11). Porém, no presente estudo, o algoritmo utilizado para substituir os pixels contaminados por nuvens demonstrou-se de grande eficiência para representar os valores de temperatura

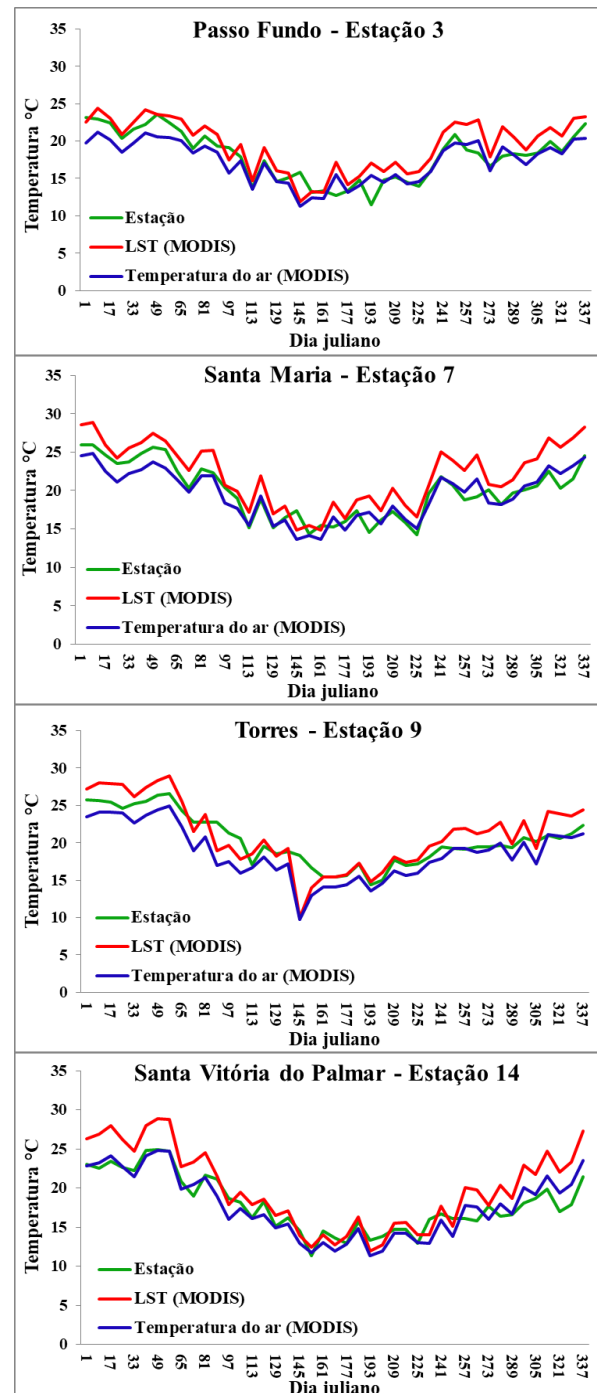


Figura 4. Séries temporais de oito dias da temperatura média LST/MODIS e do ar estimada pela equação de regressão em comparação à observada pelas estações meteorológicas convencionais para o ano de 2017.

Nota-se que os dados de LST do MODIS acompanharam a variabilidade temporal dos dados de temperatura observados, embora estes sejam referentes à temperatura do ar a dois metros de altura, ao contrário do sensor MODIS que faz menção à temperatura da superfície. Este comportamento observou-se em todas as estações, demonstrando boa acurácia dos dados nas diferentes regiões do RS. Ademais, os dados derivados do MODIS possuem uma resolução espacial de 1 km, cobrindo toda a superfície do RS e os dados obtidos pelas estações são pontuais e esparsos.

A Figura 5 demonstra o resultado das estimativas de temperatura média do ar a partir dos dados LST do MODIS sob a forma de mapas. Foram escolhidas imagens dos períodos de oito dias cujos inícios de aquisição dos dados são em 18/02 e 10/06/2017, pois apresentam um contraste entre momentos de elevadas (Verão) e baixas (inverno) temperaturas médias, respectivamente.

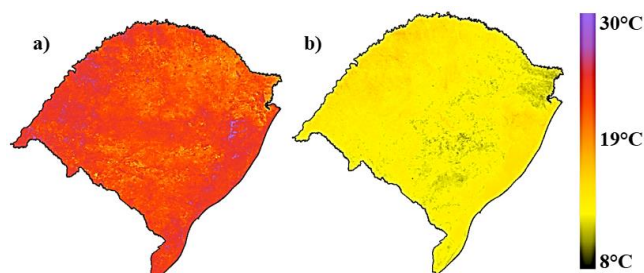


Figura 5. Temperatura média do ar estimada para o RS, sendo a) período de 18 a 25/02/2017 e b) período de 10 a 17/06/2017.

Os dados de LST do MODIS para 2017 apresentaram um Viés 2,15 °C, indicando uma superestimativa em relação aos dados do INMET. Já o teste de NS demonstrou um resultado de 0,33, sendo considerado *inaceitável*, de acordo com [8]. Tal diferença já era esperada, pois o sensor MODIS adquire dados relativos à superfície, sendo estes ligeiramente superiores em relação à temperatura do ar a dois metros do solo (medida pela estação), considerando que o ar se aquece e se eleva por convecção a partir do contato com o solo. Ao aplicar-se a equação de regressão para estimar a temperatura do ar a partir dos dados LST do MODIS para o ano de 2017, observou-se um melhor ajuste entre os dados, com um Viés de -0,3 °C e um coeficiente de NS 0,76, considerado *bom*, de acordo com [8]. Vale resaltar que o teste de NS é muito rigoroso e tal resultado demonstra uma grande confiabilidade na informação. [2] também observaram uma melhora nas estimativas de temperatura do ar obtidas através da temperatura da superfície do sensor MODIS, quando esses dados são corrigidos através de um modelo matemático. Os resultados apresentados na Figura 4 confirmam visualmente o que os testes de acurácia demonstram, visto que há um melhor ajuste da linha que representa a temperatura do ar estimada pela equação em relação aos dados observados pelas estações do INMET, quando em comparação aos dados LST do MODIS.

4. CONCLUSÕES

Os dados de temperatura média do ar gerados a partir do produto LST do MODIS e corrigidos por um modelo matemático apresentaram boa acurácia em relação aos observados pelas estações meteorológicas do INMET, com um viés de apenas -0,3 °C e um coeficiente de NS de 0,76, podendo representar a distribuição espacial dos dados de temperatura em médias de oito dias sem que ocorram falhas.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Camargo, M.B.P; Brunini, O; Junior, M.J.P; Bardin, L. “Variabilidade espacial e temporal de dados termopluviométricos diários da rede de estações agrometeorológicas do instituto agrônomo (IAC)”, *Bragantia*, v.64, n.3, p.473-483, 2005.
- [2] Kloog, I; Nordio, F; Coull, B.A; Schwartz, J. “Predicting spatiotemporal mean air temperature using MODIS satellite surface temperature measurements across the Northeastern USA”, *Remote Sensing of Environment*, v.150, p.132–139, 2014.
- [3] Johnson, D.M. “An assessment of pre- and within-season remotely sensed variables for forecasting corn and soybean yields in the United States”, *Remote Sensing of Environment*. v.141, p.116–128, 2014.
- [4] Ferreira, E; Dantas, A.A.A. “Estimativa da evapotranspiração atual a partir de produtos de sensoriamento remoto usando o método do triângulo”, *Irriga*, v.19, n.1, p.73-81, 2014.
- [5] Gusso, A. “Integração de imagens NOAA/AVHRR: Rede de cooperação para monitoramento nacional da safra de soja”, *Revista Ceres*, v. 60, n.2, p.194-204, 2013.
- [6] Trentin, R; Deppe, F; Lohmann, M; Grassi, J. “Análise comparativa da temperatura de superfície MODIS e temperatura do ar em diferentes situações no estado do Paraná”, *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, v.15, p.7745-7752, 2011.
- [7] Fu, G; Shen, Z; Zhang, X; Shi, P; Zhang, Y; Wu, J. “Estimating air temperature of an alpine meadow on the Northern Tibetan Plateau using MODIS land surface temperature”, *Acta Ecologica Sinica*, v.31, p.8–13, 2011.
- [8] Silva, P.M.O; Mello, C.R; Silva, A.M; Coelho, G. “Modelagem da hidrografia de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande”, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.3, p.258–265, 2008.