

AVALIAÇÃO DA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO AR UTILIZANDO DADOS DE SATÉLITE

FRANCISCO MAZZAROLO SEGER¹; GEAN NASCIMENTO ROCHA²;
ROBERTO MATTES HORN³; ROGÉRIO COSTA CAMPOS⁴

¹Discente UFPel/Agronomia – franciscoseger@hotmail.com

²Discente UFPel/Engenharia Agrícola – gean.r91@gmail.com

³Discente UFPel/Agronomia – robertomhorn@gmail.com

⁴Docente UFPel/Departamento de Matemática e Estatística – rogerio.c.campos@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A temperatura média diária do ar (T_a) tem grande importância em estudos de diversas áreas como patologia humana (PATZ et al., 2005), biota terrestre (HARVELL et al., 2012), e agricultura (STRECK, 2005). Comumente, a T_a é obtida em estações meteorológicas e, posteriormente interpolada para a posição de interesse. No estado do Rio Grande do Sul, a rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) conta com apenas 37 estações meteorológicas automáticas que permitem a obtenção de dados em tempo real. A baixa densidade de estações meteorológicas torna necessário o desenvolvimento de métodos de integração de fontes auxiliares de dados. O objetivo é aumentar a densidade espacial das estimativas de temperatura, ao mesmo tempo que o erro é minimizado nas interpolações espaço-temporais. Imagens obtidas de sensores orbitais produzem dados sensíveis aos processos solo-planta-atmosfera em alta densidade espacial e, por isso podem ser utilizados para transpotar as relações modeladas junto as estações meteorológicas para posições onde as estações não estão presentes (PICHIERRI et al., 2012; BENALI et al., 2012; VANCUTSEM et al., 2010).

O Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) é um sensor orbital a bordo dos satélites AQUA e TERRA, com resolução temporal de 1 (um) dia e adquire dados em 36 bandas espectrais. A partir dessas bandas são construídos alguns produtos como a temperatura da superfície (LST) e o índice de vegetação baseado na diferença normalizada (NDVI), duas das covariáveis utilizadas nesse estudo. Ambos os dados encontram-se disponíveis para download pelo Land Processes Distributed Active Archive Center.

Considerando a importância de uma boa estimativa da temperatura do ar para uma posição qualquer no espaço, o objetivo deste artigo é estudar o ganho de informação quando introduzidos dados de sensores orbitais na estimação da temperatura do ar.

2. METODOLOGIA

A área de estudo abrange todo o estado do Rio Grande do Sul (Figura 01). Os dados de temperatura média utilizados compreendem ao período de 01/01/2015 a 01/01/2016 e, foram obtidos de 37 estações meteorológicas automáticas do INMET. As imagens de satélite foram obtidas a partir do sensor MODIS, a bordo do satélite Terra, imageando a superfície terrestre às 10:30h e às 22:30h do horário local. No presente estudo, foram empregados os dados referentes ao primeiro horário e os produtos LST e NDVI.

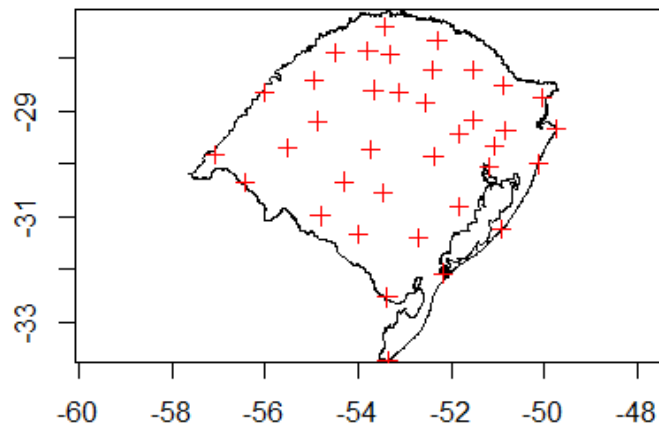


Figura 01 – Área de estudo e estações meteorológicas utilizadas.

O LST é derivado de duas bandas do infravermelho termal: 31 (10.78–11.28 μm) e 32 (11.77–12.27 μm). Os efeitos atmosféricos são corrigidos através do algoritmo “split-window” (WAN; DOZIER, 1996), considerando que a diferença no sinal das duas bandas é causada pelo efeito de absorção diferencial da radiação na atmosfera (WAN et al., 2002).

O NDVI é um índice diretamente relacionado ao desenvolvimento vegetativo (REED et al., 1994), matematicamente descrito pela Equação (01). Consiste na relação entre dois comprimentos de onda, sendo um deles sensível aos pigmentos na folha de luz vermelha (“RED”), com cerca de 660 nm e, outro sensível a reflectância da estrutura da folha no infravermelho próximo (“NIR”), variando de 700 a 1100 nm (JENSEN, 2007; TUCKER, 1979).

$$\text{NDVI} = \frac{\rho^{\text{NIR}} - \rho^{\text{RED}}}{\rho^{\text{NIR}} + \rho^{\text{RED}}} \quad (01)$$

Os dados do NDVI foram obtidos com resolução temporal de oito dias e espacial de 500 m, posteriormente interpolados para um dia e degradados para 1 km. Outra variável preditora da Ta utilizada neste estudo foi a altitude, obtida a partir do modelo digital de elevação (DEM), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O dado original encontra-se com resolução espacial de 60 m e também foi degradado para 1 km. As coordenadas longitude (X) e latitude (Y) do centroide de cada pixel das imagens também foram utilizadas como covariáveis.

O interpolador utilizado foi o modelo geoestatístico híbrido Regression-Kriging (RK), que combina a estimativa da tendência da variável dependente com as auxiliares e, uma krigagem dos resíduos da regressão, sendo considerado um modelo baseado em erro espacial adequado para a interpolação de dados meteorológicos a partir da assimilação de outras covariáveis (HENGL et al., 2012). Sendo assim, o modelo de regressão para a estimativa da tendência Y_i na posição (x_i, y_i) com dados de satélite pode ser descrito pela Equação 02 e, sem dados de satélite pela Equação 03.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{LST}_i + \beta_2 \text{NDVI}_i + \beta_3 \text{DEM}_i + \beta_4 X_i + \beta_5 Y_i \quad (02)$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{DEM}_i + \beta_2 X_i + \beta_3 Y_i \quad (03)$$

Os erros das estimativas foram obtidos através da validação cruzada “leave-one-out”, que promove uma investigação completa sobre a variação dos modelos

na posição na posição das estações. Para a avaliação do desempenho dos modelos de estimativa da Ta foram utilizados os índices erro médio absoluto (MAE), raiz do erro médio quadrático (RMSE), índice de eficiência Nash-Sutcliffe (EF) (NASH; SUTCLIFFE, 1970) e desvio padrão (SD) (BENALI et al., 2012; VANCUTSEM et al., 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados da validação cruzada foram feitas análises temporais, espaciais e globais, sendo que esta última corresponde aos dados em sua totalidade e em todas as suas dimensões (espaço e tempo).

Como é possível perceber pela análise temporal, apresentada na tabela 1, onde os índices são aplicados em cada estação durante os 366 dias utilizados e depois é feita a média aritmética dos resultados, o modelo que utilizou dados de satélite superou o desempenho do modelo sem dados de satélite.

Tabela 1 – Análise Temporal da Ta estimada contra a observada

Modelo	MAE	RMSE	EF	SD
Sem dados de Satélite	0.6693	0.8766	0.9475	0.7846
Com dados de Satélite	0.6412	0.8400	0.9516	0.7571

Na análise espacial (tabela 2), o índice é gerado para as 37 estações em cada dia. Posteriormente a avaliação é feita com base na média aritmética dos resultados.

Tabela 2 – Análise Espacial da Ta estimada contra a observada

Modelo	MAE	RMSE	EF	SD
Sem dados de Satélite	0.7105	0.9569	0.7350	0.9700
Com dados de Satélite	0.6692	0.9003	0.7657	0.9116

Na tabela 3 é apresentada a análise global dos dados, onde os índices são aplicados em todos os valores de Ta independente da dimensão espaço ou tempo, ela possibilita uma visão geral sobre o comportamento dos modelos.

Tabela 3 – Análise Global da Ta estimada contra a observada

Modelo	MAE	RMSE	EF	SD
Sem dados de Satélite	0.7112	1.0033	0.9488	1.0033
Com dados de Satélite	0.6698	0.9404	0.9550	0.9404

Como é possível perceber, nas Tabelas 1, 2 e 3, os resultados dos índices indicam que a estimativa da Ta a partir de dados de satélite apresentou uma leve superioridade em relação às sem dados de satélite, tendo em vista que o valor ótimo para MAE, RMSE e SD seria igual a 0 e, igual a 1 para EF (NASH; SUTCLIFFE, 1970).

4. CONCLUSÕES

Com a análise dos modelos foi possível perceber que o modelo que contém dados de satélite na estimativa da temperatura do ar possuiu uma leve superioridade sobre o modelo sem dados de satélite, porém ainda faltam estudos que determinem o impacto que o erro dos modelos tem sobre algum outro índice de importância econômica, como por exemplo, a evapotranspiração.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENALI, A.; CARVALHO, A.C.; NUNES, J.P.; CARVALHAIS, N.; A. SANTOS, A. Estimating air surface temperature in Portugal using MODIS LST data. **Remote Sensing of Environment**, v. 124, p. 108–121, 2012.
- HARVELL, C.D.; MITCHELL, C.E.; WARD, J.R.; ALTIZER, S.; DOBSON, A.P.; OSTFELD, R.S.; SAMUEL, M.D. Climate Warming and Disease Risks for Terrestrial and Marine Biota. **Science**, v. 296, pp. 2158-2162, 2002.
- HENGL, T.; HEUVELINK, G.B.M.; TADIĆ, M.P.; PEBESMA, E.J. Spatio-temporal prediction of daily temperatures using time-series of MODIS LST images. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 107, p. 265-277, 2012.
- Jensen, J.R. (2007) Remote sensing of the environment: an earth resource perspective, 2nd edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- LAND PROCESSES DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER. Disponível em <<https://lpdaac.usgs.gov/>> Acesso em 02 de junho de 2016.
- Nash, J.E.; Sutcliffe, J.V. River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. **Journal of Hydrology**, v. 10, n. 3, p. 282-290, 1970.
- PATZ, J.A.; CAMPBELL-LENDRUM, D.; HOLLOWAY, T.; FOLEY, J.A. Impact of regional climate change on human health. **Nature**, v. 438, p. 310-317, 2005.
- PICHIERRI, M.; BONAFONI, S.; BIONDI, R. Satellite air temperature estimation for monitoring the canopy layer heat island of Milan. **Remote Sensing of Environment**, v. 127, p. 130–138, 2012.
- REED, B.C., BROWN, J.F., VANDEER ZEE, D., LOVELAND, T.R., MERCHANT, J.W.; OHLEN, D.O. Measuring the phenological variability from satellite imagery. **Journal of Vegetation Science**, v.5, p. 703-714, 1994.
- STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n. 3, 2005.
- TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, 8, p. 127–150, 1979.
- VANCUTSEM, C.; CECCATO, P.; DINKU, T.; CONNOR, S. J. Evaluation of MODIS land surface temperature data to estimate air temperature in different ecosystems over Africa. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, p. 449–465, 2010.
- WAN Z., DOZIER J. A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 34, n. 04, p. 892–905, 1996.
- WAN, Z.; ZHANG, Y.; ZHANG, Q.; LI, Z. Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 163 – 180, 2002.