

# RELAÇÃO DA TEMPERATURA MÍNIMA DIÁRIA E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DO SENSOR MODIS NO BRASIL

*Daniel de Castro Victoria<sup>1</sup>, Luis Eduardo B. A. Monteiro<sup>1</sup>, Lorenzo Cesconetto<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Pesquisador Embrapa Informática Agropecuária, Av. Dr. André Tosello, 209 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-886, {daniel.victoria, eduardo.monteiro}@embrapa.br; <sup>2</sup>Graduando Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp, R. Saturnino de Brito, 224 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-889, lorenzo.cesconetto@gmail.com

## RESUMO

As geadas podem causar grandes danos às plantações, sendo responsáveis por percentual significativo das ocorrências de sinistros de natureza meteorológica. Assim, entender sua distribuição espacial e frequência de ocorrência é de grande importância para a gestão dos riscos agrícolas. Temperaturas mínimas registradas em abrigos meteorológicos podem indicar a ocorrência desse fenômeno. Já a utilização de produtos de sensoriamento remoto permitem avaliações com melhor resolução espacial em grandes áreas. Assim, avaliou-se a relação entre temperaturas mínimas diárias e os produtos do sensor MODIS para 319 estações meteorológicas no território nacional. Os melhores resultados foram obtidos a partir da temperatura noturna do sensor a bordo do satélite Aqua (MYD11A1) para estados da região Sul, Sudeste e parte do Centro Oeste, principais áreas de ocorrência de geadas. Isso indica que o produto MYD11A1 pode ser utilizado para fins de avaliação de frequência de geadas e monitoramento.

**Palavras-chave** — geada, seguro agrícola, Aqua, risco, MYD11A1.

## ABSTRACT

Frost can cause severe damage to crop plantations and is responsible for a considerable number of agricultural losses due to meteorological events. Thus, for an effective agricultural risk management, it's important to understand the spatial distribution and occurrence frequency of such meteorological phenomena. Frost can be indicated by minimum air temperature, measured at weather stations however, remote sensing products provide better spatial coverage and resolution. Here we evaluate the relation between daily minimal air temperature at 319 weather stations in Brazil and land surface temperature (LST) from MODIS sensor. Best results were obtained using night time LST from Aqua satellite (MYD11A1) for the Brazilian states in the South, Southeast and part of Central-East regions. These are the main regions where frost can occur in the country. This indicates that MYD11A1 can be used for evaluation of frost occurrence frequency and monitoring.

**Key words** — frost, agricultural insurance, Aqua, risk, MYD11A1.

## 1. INTRODUÇÃO

As geadas causam grandes danos às plantações, sendo responsável por 15,6% das apólices indenizadas pelo Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), nos anos de 2006 a 2015, no valor de R\$ 386,49 milhões [1]. As perdas ocorrem com maior frequência na região Sul (18,3% das apólices seguradas) porém também atingem o Sudeste e Centro-Oeste (6,5% e 3,4% das apólices seguradas, respectivamente). Dentre as culturas seguradas mais afetadas podemos destacar o trigo, onde as geadas foram responsáveis por 56% dos recursos utilizados nas indenizações (R\$ 280 milhões), entre os anos de 2006 a 2015 [1]. Uma melhor compreensão da distribuição espacial e frequência de ocorrência desse fenômeno é de grande interesse para o melhor manejo dos riscos e melhorias das estratégias do seguro agrícola.

A geada é um fenômeno meteorológico caracterizado pela formação de gelo em superfícies com temperatura igual ou inferior a 0°C. Essa pode ser classificada de acordo com o processo de formação (advecção, radiação ou mista) ou pela aparência final (branca ou negra). Geadas de advecção são causadas pela entrada e massas polares, com ventos fortes e persistentes no período noturno. Geadas de radiação estão associadas a noites frias, secas, sem vento e com baixa nebulosidade, que favorece a emissão de radiação das superfícies e seu resfriamento. Já as geadas mistas são quando os dois processos ocorrem simultaneamente ou em sequência. Geada branca é caracterizada pelo acúmulo de gelo na superfície; geada negra ocorre quando existe o congelamento da água no interior das plantas, que se expande causando a morte dos tecidos vegetais e posterior escurecimento [2].

A diferença que entre a temperatura da superfície e a registrada em abrigo meteorológico pode chegar a 5,6°C em alguns casos [3] assim, estudos que avaliam a probabilidade de ocorrência das geadas utilizam limiares de temperatura mínima absoluta inferiores a 2°C e 1°C para indicar a ocorrência e intensidade do fenômeno [4, 5]. Porém, ao utilizar dados de estações meteorológicas, os estudos ficam limitados à disponibilidade de dados e a menor cobertura espacial das mesmas, devendo lançar mão de processos de interpolação. A interpolação a partir de estações apresenta limitações uma vez que a ocorrência da geada pode ser fortemente influenciada por características topoclimáticas e

microclimáticas do local. O uso do sensoriamento remoto para avaliar a ocorrência de baixas temperaturas pode ser de grande valia para entender a distribuição espacial e frequência de ocorrência das geadas. O sensoriamento remoto também pode ser útil para avaliar a ausência de nebulosidade, fator relacionado às geadas de radiação.

Produtos de sensoriamento remoto são utilizados com sucesso para avaliar condições meteorológicas e da superfície terrestre a bastante tempo [6, 7]. Dentro os diferentes sensores disponíveis, o MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) merece destaque, com produtos com elevada acurácia posicional, radiométricas e com resolução espacial compatível com aplicações agrícolas e meteorológicas [8]. Alguns trabalhos avaliaram o produto de temperatura de superfície do sensor MODIS com dados de estações meteorológicas, obtendo bons resultados [9, 10]. O sensor também foi utilizado para avaliar a extensão dos danos causados por geada em cana de açúcar [11].

O objetivo desse trabalho é avaliar a relação entre as temperaturas mínimas absolutas em escala diária para todo o Brasil e os dados de temperatura de superfície medidos pelos sensores MODIS, a bordo dos satélites Terra e Aqua. Com isso, será possível desenvolver mapas indicando a distribuição espacial das geadas, sua intensidade e probabilidade de ocorrência.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram obtidos dados diários de temperatura mínima absoluta, entre os anos de 2006 e 2016, de 319 estações meteorológicas automáticas do sistema AgriTempo [12], distribuídas por todo o território nacional (Figura 1). Dias com observações faltantes foram excluídos, resultando num total de 976.146 observações.

Dados diários de temperatura de superfície, a partir do sensor MODIS, foram extraídos para os locais das estações meteorológicas automáticas e para os mesmos anos. Considerou-se os dados das passagens noturna dos sensores a bordo dos satélites Terra e Aqua, produtos MOD11A1 e MYD11A1 [13], respectivamente, com resolução espacial de 1 km. As imagens noturnas do satélite Terra imageiam o equador por volta das 22:30 horas enquanto o Aqua passa sobre o equador aproximadamente às 1:30 horas.

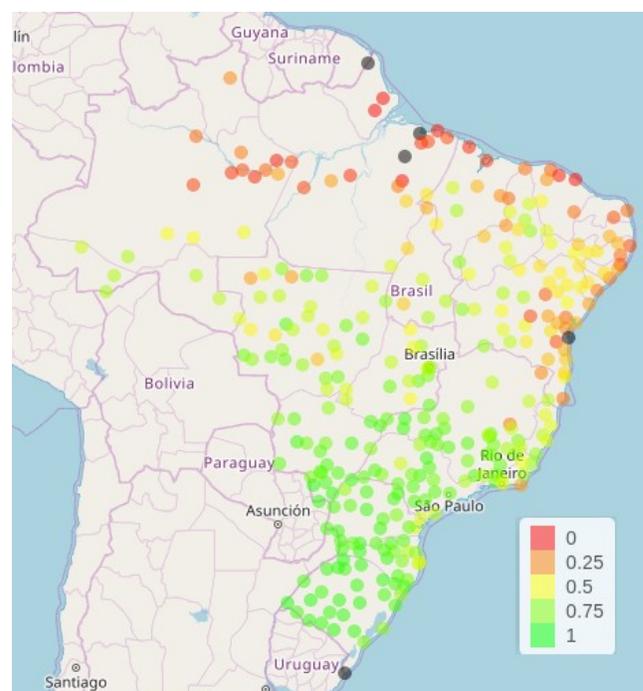
Os produtos de temperatura da superfície contém uma máscara de nuvens ou seja, datas e locais com presença de nuvens não apresentam dados e foram desconsiderados. Ao todo foram obtidas mais de 2 milhões de observações para cada satélite (Terra, Aqua). O processamento das imagens MODIS foi realizado na plataforma *Google Earth Engine* [14], que permitiu extrair os dados de temperatura de superfície de maneira rápida, sem a necessidade de efetuar o download e processamento dos dados brutos.

Por fim, foi calculado o coeficiente de concordância ( $r$ ) entre a temperatura mínima absoluta diária e os dados de sensoriamento remoto para cada uma das 319 estações.

## 3. RESULTADOS

A maior concordância entre a temperatura mínima observada nas estações meteorológicas automáticas e os dados de sensoriamento remoto foi obtida utilizando as imagens de temperatura noturna do sensor a bordo do satélite Aqua ( $r = 0,609$ ). A concordância com as imagens geradas pelo satélite Terra foi de 0,569. Cabe ressaltar que esses resultados consideram o valor médio da concordância de todas as 319 estações. Porém, é possível identificar claras diferenças regionais.

Considerando apenas os resultados relativos às imagens noturnas do satélite Aqua, é possível observar que as maiores concordâncias ocorrem na região Sul (Figura 1), com concordância média  $r = 0,856$ . Para as outras regiões temos: Sudeste,  $r = 0,725$ ; Centro-Oeste,  $r = 0,709$ ; Nordeste,  $r = 0,392$  e Norte,  $r = 0,314$ .



**Figura 1. Concordância entre temperatura mínima absoluta diária de estações meteorológicas e temperatura de superfície, passagem noturna, produto MYD11A1. Mapa interativo, com gráficos da relação em cada estação, disponível em [https://dvictori.github.io/temp\\_min\\_modis/](https://dvictori.github.io/temp_min_modis/)**

A Figura 2 apresenta a relação entre os dados de temperatura mínima absoluta diária e a temperatura noturna do produto MYD11A para duas estações. A primeira estação (cod 9000257 – Itaquiraí, MS) apresenta elevada concordância, diferente da segunda (cod 9000300 – Jacobina, BA).

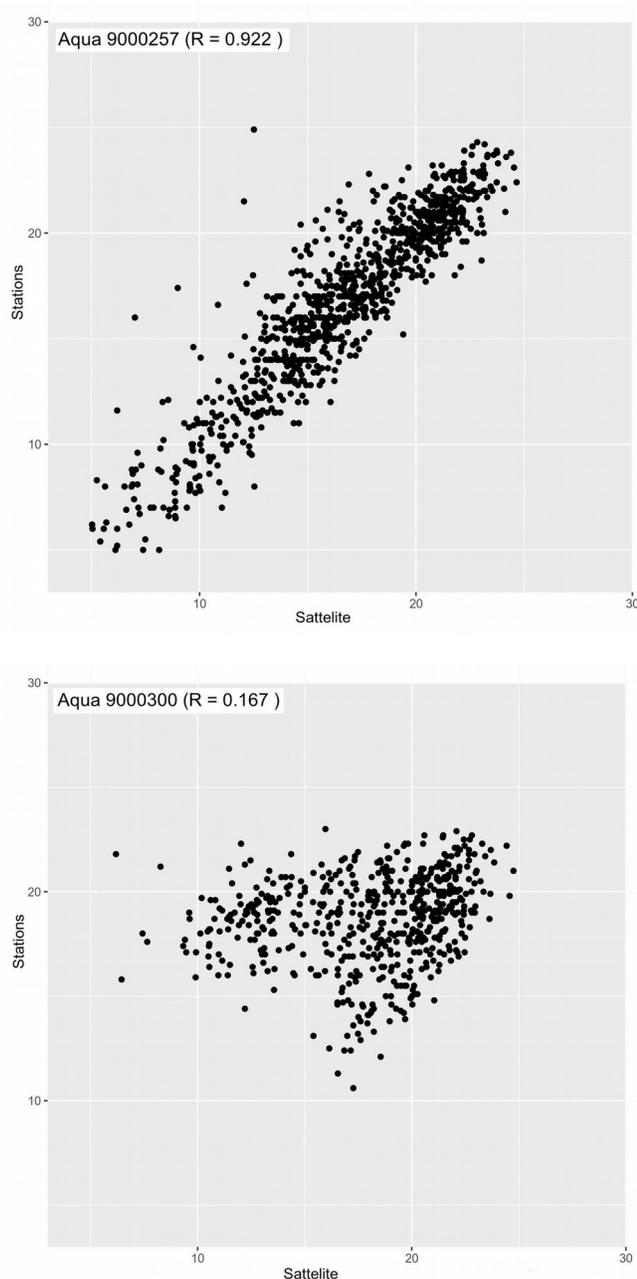


Figura 2. Relação entre temperatura mínima absoluta diária e temperatura de superfície noturna do sensor MODIS, satélite Aqua (MYD11A) para as estações 9000257 (Itaquiraí, MS) e 9000300 (Jacobina, BA).

#### 4. DISCUSSÃO

A maior concordância entre a temperatura mínima absoluta e os dados de temperatura de superfície da passagem noturna do satélite Aqua era esperado. Analizando o horário das passagens noturnas dos dois satélites, temos que o Aqua sobrevoa o equador à 1:30 da manhã, enquanto que o Terra imageia o equador às 22:30. O horário de imageamento do Aqua é mais próximo ao horário em que as temperaturas

mínimas geralmente ocorrem, um pouco antes do nascer do sol [2].

O gradiente nos valores de concordância, maiores na região Sul e decrescentes no sentido norte, pode estar relacionado a dois fatores. Primeiramente, a maior disponibilidade de dados válidos permite obter melhores relações. Dessa forma, a presença de nuvens tem grande influência, com as maiores concordâncias ocorrendo nas regiões com maior porcentagem de dados válidos (Figura 3). Também cabe ressaltar que, devido a sobreposição das órbitas do satélite, as medidas diárias de temperatura da superfície nas latitudes superiores a 30° podem ser resultado de mais de uma observação, sendo utilizado o valor médio entre as diferentes passagens do sensor [13].

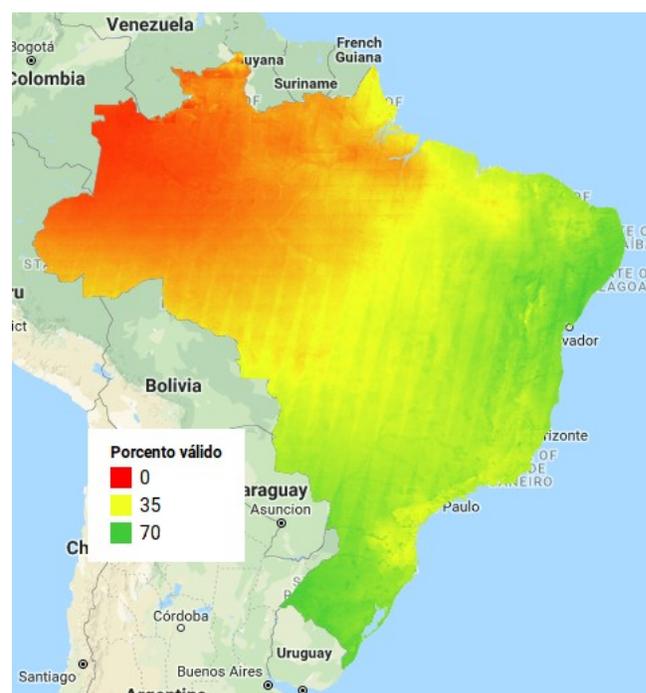


Figura 3. Porcento válido de imagens diárias de temperatura da superfície, passagem noturna do satélite Aqua. Mapa interativo disponível em:

<https://code.earthengine.google.com/5bbe50566b56f3347a8b24b59539c0a9>

Outro fator que pode influenciar diz respeito à sazonalidade da temperatura. Locais com menor sazonalidade irão resultar em menores diferenças entre as temperaturas mínimas no verão e inverno, fazendo com que os dados fiquem muito agrupados, dificultando a obtenção de uma boa regressão entre os dados das estações e do sensor remoto.

#### 5. CONCLUSÕES

A temperatura da superfície medida pelo sensor MODIS, em sua passagem noturna, a bordo do satélite Aqua, apresenta melhor concordância com a temperatura mínima absoluta

diária, medida em estações meteorológicas para todo o Brasil, quando comparado com os dados gerados pelo satélite Terra.

Foi constatado que as concordâncias entre as medidas realizadas nas estações e os dados obtidos por sensoriamento remoto são maiores na região Sul, e apresentam um gradiente, reduzindo em direção ao norte. Os melhores resultados obtidos no sul do Brasil podem estar relacionados maior disponibilidade de dados, devido ao maior número de observações válidas.

Para aplicações relacionadas ao estudo e monitoramento das geadas, os melhores resultados obtidos na região Sul são de grande importância, uma vez que essa é a porção do território nacional mais sujeita a tais fenômenos meteorológicos. Dessa forma, o produto MYD11A1 apresenta potencial para monitorar as perdas agrícolas causadas pelas geadas.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), “Seguro Rural: Relatório das Indenizações Pagas entre 2006 a 2015,” 2017.
- [2] A. R. Pereira, L. R. Angelocci, and P. C. Sentelhas, “LCE 306 - Meteorologia Agrícola.” Departamento de Ciências Exatas, ESALQ, USP, 2007.
- [3] M. A. Fagnani and H. S. Pinto, “Simulação de temperaturas de folhas de cafeeiros em noites sujeitas a geadas de irradiação,” in *Anais*, Pelotas, 1981, vol. 2, pp. 139–142.
- [4] F. Astolpho, M. B. P. de Camargo, M. J. Pedro Júnior, and W. J. Pallone Filho, “Probabilidade de ocorrência de geadas no Estado de São Paulo,” *O Agrônomo*, vol. 56, no. 1, pp. 10–11, 2004.
- [5] H. S. Pinto, J. Zullo Jr, E. D. Assad, O. Brunini, R. R. Alfonsi, and G. Coral, “Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo,” *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, vol. 9, no. 3, pp. 495–500, 2001.
- [6] J. R. Jensen, *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, 2 edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2006.
- [7] A. P. Cracknell, *Advanced Very High Resolution Radiometer AVHRR*, 1 edition. London ; Bristol, PA: CRC Press, 1997.
- [8] B. F. T. R. Rudorff, *Sensor Modis e Suas Aplicações Ambientas no Brasil*. Editora Parêntese, 2007.
- [9] Y. Yang, W. Cai, and J. Yang, “Evaluation of MODIS Land Surface Temperature Data to Estimate Near-Surface Air Temperature in Northeast China,” *Remote Sensing*, vol. 9, no. 5, p. 410, Apr. 2017.
- [10] Z. Wan, Y. Zhang, Q. Zhang, and Z.-L. Li, “Quality assessment and validation of the MODIS global land surface temperature,” *International Journal of Remote Sensing*, vol. 25, no. 1, pp. 261–274, Jan. 2004.
- [11] B. F. T. Rudorff, D. A. Aguiar, M. Adami, and M. P. G. Salgado, “Frost damage detection in sugarcane crop using MODIS images and SRTM data,” in *2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2012, pp. 5709–5712.
- [12] EMBRAPA, “Agritempo. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico.” [Online]. Available: <http://www.agritempo.gov.br/>. [Accessed: 08-Jul-2009].
- [13] S. H. Z. Wan, “MOD11A1 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid V006.” NASA EOSDIS Land Processes DAAC, 2015.
- [14] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, and R. Moore, “Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone,” *Remote Sensing of Environment*, vol. 202, pp. 18–27, Dec. 2017.