

AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS DE UMIDADE DO SOLO ESTIMADOS PELOS SATÉLITES SMAP E SMOS A PARTIR DE DADOS OBSERVADOS NO SEMIÁRIDO BAIANO

Daniele dos Santos Gonçalves¹, Éric Souza Silva², Alzira Gabrielle Soares Saraiva Souza³ e Laio Lucas de Souza⁴

^{1,2,3} Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - IF Baiano, Uruçuca - Bahia, Brasil, 45680-000; danielegoncalves762@gmail.com (DSG); eric_souza1@hotmail.com (ESS); alzira.souza@ifbaiano.edu.br (AGSSS).

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB, João Pessoa – Paraíba, Brasil, 58015-435, laio_lucas@yahoo.com.br (LLS)

RESUMO

A umidade do solo é uma importante variável para o monitoramento de secas. A obtenção desse dado por sensoriamento remoto permite estimá-lo no tempo e no espaço para grandes áreas, em alta resolução temporal. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os dados de Umidade do Solo (SM) estimados pelos satélites *Soil Moisture Active and Passive* (SMAP) e *Soil Moisture Ocean Salinity* (SMOS) com dados observados, para a região do semiárido baiano. Os dados dos satélites foram avaliados com dados *in situ* de quatro estações de umidade do solo do CEMADEN em quatro mesorregiões do Estado da Bahia e verificado o coeficiente de correlação de Pearson para séries diárias e média de oito dias. Os resultados estatísticos mostraram que as correlações variaram entre moderada a forte. Os dados estimados pelos satélites SMAP e SMOS seguiram mesma tendência dos dados observados nas estações e responderam bem aos eventos de precipitação.

Palavras-Chave - Umidade do Solo, SMAP, SMOS, semiárido, monitoramento de seca.

ABSTRACT

Soil moisture is an important variable for drought monitoring. Obtaining this data by remote sensing allows estimating it in time and space for large areas, in high temporal resolution. Therefore, the objective of this work was to evaluate the Soil Moisture (SM) data estimated by the Soil Moisture Active and Passive (SMAP) and Soil Moisture Ocean Salinity (SMOS) satellites with observed data, for the semi-arid region of Bahia. Satellite data were evaluated with in situ data from four CEMADEN soil moisture stations in four mesoregions of the State of Bahia, and Pearson's correlation coefficient was verified for daily and average series of eight days. Statistical results showed that correlations ranged from moderate to strong. The data

estimated by the SMAP and SMOS satellites followed the same trend as the data observed at the stations and responded well to precipitation events.

Key words - Soil Moisture, SMAP, SMOS, semiarid, drought monitoring.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte do território baiano está inserido na região semiárida do Brasil, abrangendo 278 municípios susceptíveis a irregularidades pluviométricas e aos fenômenos da seca [1]. A umidade do solo é uma importante variável utilizada no acompanhamento desses eventos, do qual o sensoriamento remoto tem sido uma ferramenta fundamental [2 - 5]. Essa geotecnologia permite a obtenção desses dados para grandes áreas ao longo do tempo e do espaço, de maneira sistemática e contínua [4 - 6].

Os radiômetros abordo dos satélites operam na faixa do espectro eletromagnético das micro-ondas passivas e registram a Temperatura de Brilho (TB), do qual é estimada a umidade do solo [5, 6]. Porém, os dados obtidos por sensoriamento remoto devem ser validados através da comparação com dados *in situ*, e assim, identificar as suas limitações e potencialidades [2, 3, 5].

Nesse contexto, o objetivo deste artigo foi avaliar os produtos de umidade do solo dos satélites *Soil Moisture Active and Passive* (SMAP) e *Soil Moisture Ocean Salinity* (SMOS), para quatro mesorregiões do Estado da Bahia situadas em região semiárida, a partir de uma rede de observação *in situ* de umidade do solo do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) e de dados de precipitação pluviométrica do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) para o período de 2015 a 2020.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para avaliar os dados de umidade do solo dos satélites SMAP e SMOS foi realizada pelo método pixel- estação [3]. Para isso, o trabalho foi dividido em três etapas (Figura 1). A primeira etapa consistiu na coleta de dados de umidade do solo *in situ*, a segunda na aquisição dessa variável estimada por satélites e a terceira na obtenção dos dados de precipitação pluviométrica.

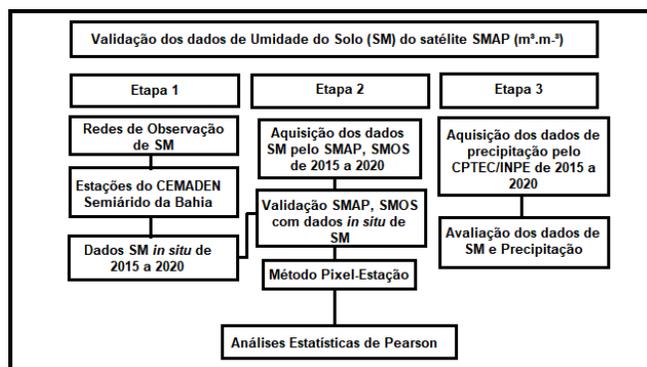


Figura 1. Fluxograma da metodologia adotada na pesquisa.

2.1. Área de estudo.

O Estado da Bahia possui aproximadamente 85% do seu território inserido na região semiárida do Brasil [1]. Nesse estudo foram utilizadas quatro estações *in situ* de umidade do solo da rede de observação CEMADEN, situadas em mesorregiões distintas para avaliar os dados estimados por sensoriamento remoto (Figura 2).

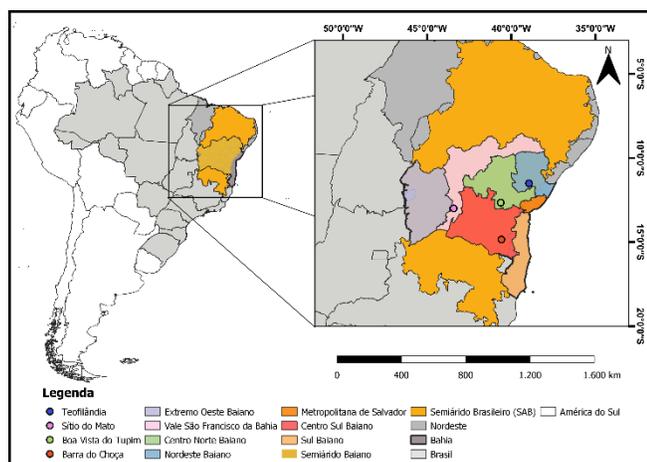


Figura 2. Mapa de localização da área de estudo e distribuição das estações de umidade do solo do CEMADEN por mesorregiões.

2.2. Dados observados

A série de umidade do solo *in situ* foi utilizada para avaliar os dados estimados pelos satélites SMAP e SMOS. Os dados observados já tratados foram obtidos no repositório

do Mendeley Data, disponíveis para os anos de 2015 a 2019 (<https://data.mendeley.com/datasets/xrk5rfgcpgv/2>) [7] e os dados referentes ao ano de 2020 foram solicitados junto ao CEMADEN e posteriormente tiveram a sua consistência avaliada.

Os dados de precipitação foram obtidos neste portal (<http://ftp.cptec.inpe.br/modelos/tempo/MERGE/GPM/DAI/LY/>). Esses produtos disponibilizados pelo CPTEC/INPE consistem em combinar a precipitação observada com a estimada por satélite [8]. Esses dados serviram para avaliar a reposta da umidade do solo estimadas pelo SMAP e SMOS. A série temporal dos dados utilizados para o trabalho abrangeu o período de 2015 a 2020.

Para este trabalho foram definidos intervalos diários e de oito dias, assim como, utilizado apenas dados dos sensores presentes na profundidade de 10 cm, pois os satélites possuem capacidade de obter informação apenas da superfície do solo.

2.3. Dados de umidade do solo estimados por satélites.

Os produtos de umidade do solo estimados por satélite utilizados nesse estudo foram os do SMOS e SMAP, ambos os sensores abordados dessas plataformas operam na faixa das micro-ondas passivas, radiômetros que operam na frequência de 1,4 GHz na banda L e em duas órbitas, ascendente e descendente [2, 3, 5, 9]. A união das órbitas foi realizada conforme descrito em Souza *et al.* [3].

O SMOS foi lançado pela Agência Espacial Europeia (ESA) em 2009 e seus dados disponibilizados desde 2010 [5]. Para esse estudo foi utilizado o produto umidade do solo (m3.m-3) nível L3, v003, com 25 km de resolução espacial e um dia de resolução temporal, pertencente ao SMOS Barcelona Expert Center (SMOS-BEC) e disponibilizados gratuitamente no seu portal (<http://bec.icm.csic.es/bec-ftp-service/>).

O satélite SMAP, pertencente a Agência Espacial Americana (NASA), foi lançado em janeiro de 2015, disponibiliza dados ao público desde 31 de março deste mesmo ano [9]. Os dados utilizados foram os produtos de umidade do solo (m3.m-3) na versão L3, v4, com resolução espacial de 9 km e temporal de 1 dia. Esses dados estão disponíveis gratuitamente para *download* no portal da NASA (<https://search.earthdata.nasa.gov/search>).

2.4. Avaliação Pixel-Estação

A avaliação foi feita através do método Pixel-Estação, que sobrepõe os dados satelitários aos dados *in situ* [3]. A avaliação foi realizada pela comparação entre os dados do pixel dos satélites e os dados das estações CEMADEN, assim como, para os dados interpolados de precipitação do CEPETEC/INPE. O período utilizado nesse estudo foi a partir de 31 de março de 2015, quando se têm dados de ambos os satélites.

Para aferir a qualidade da avaliação foi aplicado análises estatísticas, o coeficiente de correlação *r* de Pearson para a série de dados trabalhados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de umidade do solo *in situ* para as quatro estações do CEMADEN e os dados estimados pelo satélites SMAP e SMOS juntamente com os eventos de precipitação estão apresentados na Figura 3, para o intervalo diário (Figura 3 a, c, e, g) e média de oito dias (Figura 3 b, d, f, h).

Observou-se que os dados estimados pelos satélites SMOS e SMAP seguiram a mesma tendência dos dados observados e responderam aos eventos de precipitação. Para as estações Boa Vista do Tupim (Figura 3 c, d) e Sítio do Mato (Figura 3 e, f), os dados dos satélites mostraram-se superestimados em relação aos *in situ*. Souza *et al.* [3] encontraram as melhores correlações entre dados de umidade do solo observados e estimados por satélite para as regiões semiáridas e identificaram boa resposta aos eventos de precipitação, isso também foi observado em outros estudos [2, 10-11].

A correlação de r de Pearson entre os dados de umidade do solo das quatro estações situadas no semiárido baiano e os dados estimados pelos satélites estão apresentadas na Tabela 1. O desempenho estatístico variou de moderado a forte para os dados diários e média de oito dias, no entanto para a estação Sítio do Mato a correlação permaneceu forte em ambos os intervalos de tempo, tanto para o SMOS quanto para o SMAP. Observou-se que os dados estimados pelo satélite SMOS apresentaram melhores correlações para a média de oito dias, quando comparados com os do SMAP. Entretanto, para as correlações com os dados diários esse desempenho mostrou-se equilibrado, sendo os pixels/estações de Barra do Choça e Boa Vista do Tupim melhores correlacionados com o SMAP, já Sítio do Mato e Teofilândia com o SMOS.

Jucá *et al.* [10] avaliaram dados de umidade do solo estimados por três satélites com dados *in situ* para diferentes regiões climáticas, os autores verificaram que os dados do SMAP e SMOS apresentaram elevada performance estatística, sendo o produto do SMAP o que apresentou melhor desempenho.

Os dados diários e média de oito dias de umidade do solo de ambos os satélites, quando correlacionados com os dados de precipitação foram classificados de moderado a forte, respectivamente, para a estação de Sítio do Mato, já para as demais estações essas correlações permaneceram moderadas (Tabela 1). Quando avaliado o r de Pearson entre a precipitação pluviométrica e os dados estimados pelo satélite em ambos os intervalos de tempo, o SMAP foi o que apresentou os melhores desempenhos estatísticos (Tabela 1).

Os resultados encontrados corroboram com estudos realizados em regiões semiáridas, sugerindo a potencialidade desses dados para o monitoramento de seca [2 - 4, 11].

4. CONCLUSÕES

Os dados de umidade do solo estimados pelos satélites SMAP e SMOS apresentaram valores de classificação entre moderado a forte quando correlacionados aos dados observados. A

performance estatística melhorou, principalmente, para a média de oito dias com os produtos do SMOS.

Ambos os produtos satelitários responderam bem aos eventos de precipitação pluviométrica, sendo os dados do SMAP os que apresentaram as melhores correlações estatísticas.

A performance desses produtos de umidade do solo estimados por satélite mostram que a utilização desses dados pode contribuir para estudos futuros relacionados ao monitoramento de seca.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a PROPES/ IF Baiano pela concessão da bolsa de iniciação científica à primeira autora e ao Grupo de Pesquisa em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto do IF Baiano, o qual essa pesquisa está vinculada.

6. REFERÊNCIAS

- [1] SUDENE. Delimitação do Semiárido - 2021. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiariadorelatorionv.pdf>>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.
- [2] PAREDES-TREJO, F.; BARBOSA, H.; Araujo, K.; Santos, G. dos. Preliminary evaluation of ASCAT-SWI and SMOS SM soil moisture products against in-situ observations in the Brazilian Caatinga biome. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* 7 (2017) 223-231.
- [3] SOUZA, A.G.S.S.; NETO, A.R.; ROSSATO, L.; ALVALÁ, R.C.S.; SOUZA, L.L. Use of SMOS L3 Soil Moisture Data: Validation and Drought Assessment for Pernambuco State, Northeast Brazil. *Remote Sens.* 2018, 10, 1314, doi: 10.3390/rs10081314.
- [4] SOUZA, A.G.S.S.; NETO, A.R.; SOUZA, L.L. Soil moisture-based index for agricultural drought assessment: SMADI application in Pernambuco State-Brazil. *Remote Sensing of Environment* 252 (2021) 112124, doi.org/10.1016/j.rse.2020.112124
- [5] KERR, Y.; WALDTEUFEL, P.; WIGNERON, J.P.; DELWART, S.; CABOT, F.; BOUTIN, J.; ESCORIHUELA, M.J.; FONT, J.; REUL, N.; GRUHIER, C.; et al. The SMOS mission: New tool for monitoring key elements of the global water cycle. *Proc. IEEE*, 2010, 98, 666-687, doi:10.1109/JPROC.2010.2043032.
- [6] JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. John R. Jensen; tradução: José Carlos Neves Epiphany, et al. São José dos Campos - SP: Parêntese, 2009.
- [7] Zeri, M.; Costa, J. M.; Urbano, D.; Cuartas, L. A.; Ivo, A.; Marengo, J.; Alvalá, R. C. S. (2020), "A soil moisture dataset over the Brazilian semiarid region", *Mendeley Data*, V2, doi: 10.17632/xrk5rfcpvg.2
- [8] Rozante, J. R.; Moreira, D. S.; Gonçalves., L. G. G.; Vila, Daniel A.. Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation Over South America. *Weather and Forecasting*, v. 25, p. 885-894, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/2010WAF2222325.1>
- [9] CUI, C.; XU, J.; ZENG, J.; CHEN, K.S.; BAI, X.; LU, H.; CHEN, Q.; ZHAO, T. (2018). "Soil moisture mapping from satellites: An intercomparison of SMAP, SMOS, FY3B, AMSR2,

and ESA CCI over two dense network regions at different spatial scales". Remote Sensing, 10(1), pp.33.

[10] JUCA, M. V. Q; SOUZA, A.G. S.S; RIBEIRO NETO, A. Avaliação de produtos de sensoriamento remoto de umidade do solo em relação a dados in situ em diferentes regiões climáticas de Pernambuco. In: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (ISSN 2318-0358), 10p. 2019.

[11] SOUZA, A.G.S.S.; NETO, A.R.; SOUZA, L.L.. Avaliação da seca no Estado de Pernambuco utilizando o Índice da Condição da Vegetação (VCI), umidade do solo do satélite SMOS e precipitação. In: ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. Anais eletrônicos... São José dos Campos, INPE, 2019.

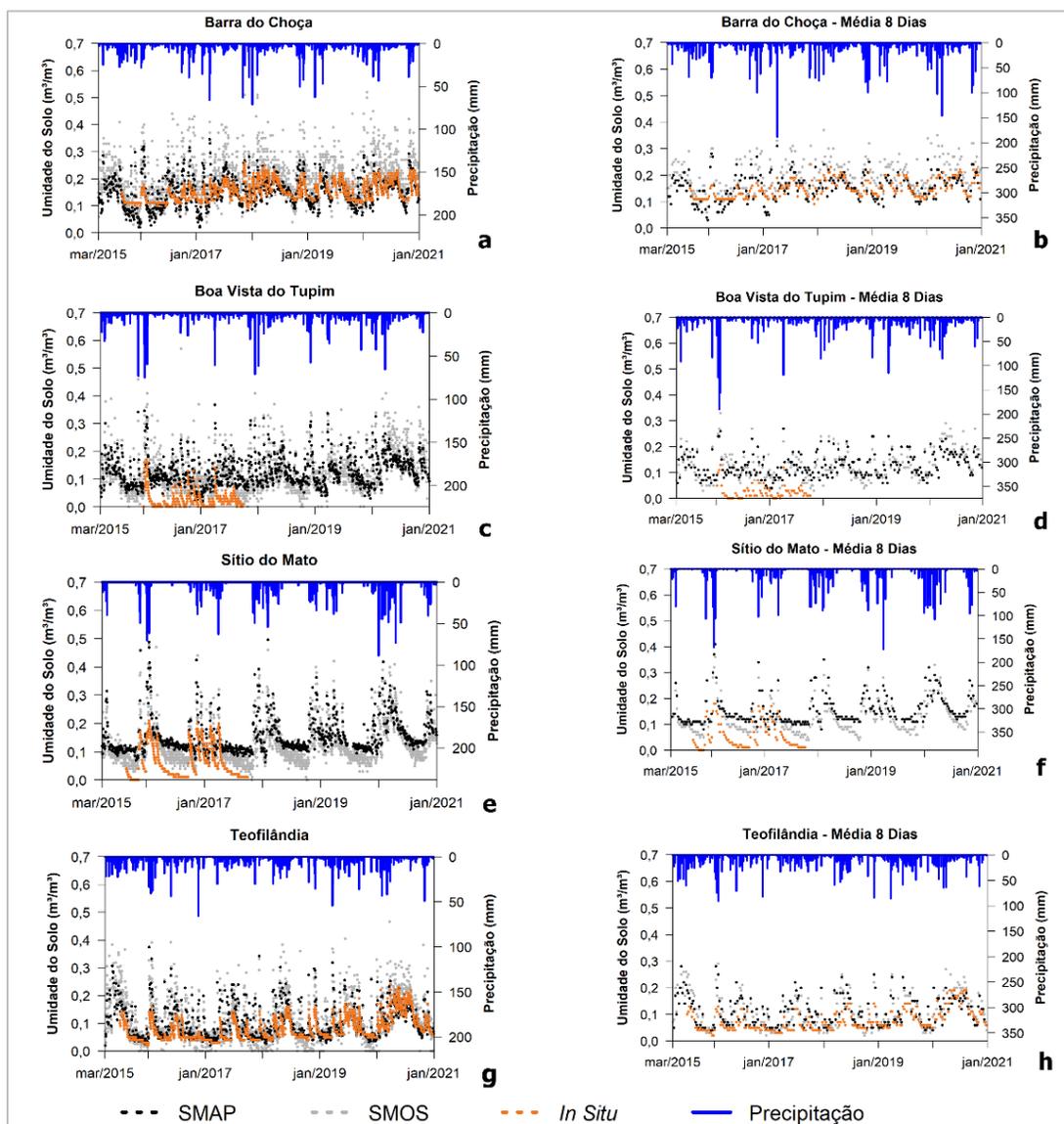


Figura 3. Séries temporais da umidade do solo *in situ* para as estações do CEMADEN e dos satélites utilizados.

Estações SM CEMADEN	SM SMAP x SM <i>In situ</i>		SM SMAP x Precipitação		SM SMOS x SM <i>In situ</i>		SM SMOS x Precipitação	
	<i>r</i> Diário	<i>r</i> - 8 dias	<i>r</i> Diário	<i>r</i> - 8 dias	<i>r</i> Diário	<i>r</i> - 8 dias	<i>r</i> Diário	<i>r</i> - 8 dias
Barra do Choça	0,69	0,74	0,46	0,58	0,64	0,78	0,40	0,59
Boa Vista do Tupim	0,75	0,79	0,54	0,67	0,64	0,71	0,44	0,60
Sítio do Mato	0,76	0,80	0,64	0,75	0,77	0,88	0,52	0,72
Teofilândia	0,60	0,71	0,52	0,66	0,67	0,79	0,46	0,63

Tabela 1. Desempenhos estatísticos entre os dados de umidade do solo (SM) *in situ* e os dados estimados por satélite.