**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS AEROSSÓIS NO MODELO DE MESOESCALA WRF-SOLAR NA ESTIMATIVA DE IRRADIAÇÃO SOLAR PARA O ESTADO DA BAHIA**

**Palmira Maria Acioli Dias1**; Flavio Santos Conterato2; Carolina Sacramento Vieira3; Erick Giovani Sperandio4; Davidson Martins Moreira 5

1 Doutoranda em Modelagem Computacional; Iniciação científica – Fabesb; palmira.engmec@gmail.com

5 Professor Titular; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; davidson.moreira@gmail.com

**RESUMO**

Este estudo avaliou a sensibilidade do modelo WRF-Solar (*Weather Research and Forecasting*) na estimativa da incidência de irradiação solar no estado da Bahia, incluindo interações com os diferentes tipos de aerossóis de radiação presentes no modelo para o estado da Bahia. Devido à alta resolução das simulações (1 km), os resultados encontrados foram confrontados com dados medidos em 38 estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) considerando-se valores horários de irradiação somente para um dia (24 h). Os resultados mostram uma influência significativa dos aerossóis na incidência de irradiação solar e uma melhora na sensibilidade do modelo WRF-Solar.

**PALAVRAS-CHAVE:** WRF-Solar; irradiação solar; aerossol.

**1. INTRODUÇÃO**

 A quantidade de radiação solar que atinge o planeta anualmente equivale a 7.500 vezes o consumo de energia primária de sua população. A incidência de radiação varia conforme a posição geográfica, podendo atingir até 170 W/m1. A previsão de radiação solar incidente é de vital importância na operação de sistemas híbridos de geração de eletricidade, permitindo um gerenciamento mais eficiente das fontes de energia e o emprego otimizado de energia solar fotovoltaica, em prol da economia de outros recursos. Em virtude disso, surge a necessidade de estudos que buscam aumentar o conhecimento da disponibilidade e captação de irradiação solar2.

Os aerossóis desempenham um papel fundamental no sistema climático, onde existem dois mecanismos dominantes pelos quais os aerossóis afetam o clima: interações aerossol-radiação e interações aerossol-nuvem3. As interações aerossol-radiação acontecem devido a dispersão e absorção provocada pelos aerossóis, que alteram a incidência de radiação solar na superfície. As interações aerossol-nuvem estão relacionadas ao fato de que os aerossóis servem como núcleos de condensação de nuvens e núcleos de gelo.

 O modelo de mesoescala WRF-Solar é um modelo numérico, sendo uma ampliação do modelo de pesquisa e previsão meteorológica (WRF), projetado para aplicações de previsão de energia solar e que incorpora efeitos direto e indiretos dos aerossóis, Estudos recentes apresentam um melhoria de até 58% na previsão de energia solar4, respectivamente, em comparação com uma versão padrão do Modelo WRF5. Desta forma, o presente trabalho busca avaliar a influência dos aerossóis no modelo WRF-Solar na estimativa da irradiação solar para o estado da Bahia. Neste estudo inicial foram usados dados medidos pelo INMET em 38 estações distribuídas no estado em um período de somente 24 h devido a alta resolução da grade horizontal (1 km), com quatro tipos de entrada de aerossol: sem aerossol, aerossol de Tegan6, aerossol JA Ruiz-Arias7 e aerossol de Thompson8.

**2. METODOLOGIA**

 Para obter-se uma estimativa preliminar da irradiação solar no Estado da Bahia para um intervalo de 24 h (dia 01 de janeiro de 2018), utilizou-se o modelo WRF-Solar (versão 3.9) com o sistema de projeção Lambert integrado em uma grade (domínio aninhados) com espaçamento horizontal de 9 km x 9 km (domínio externo, D1), 3 km x 3 km (domínio D2) e 1 km x 1 km (domínio D3), conforme Figura 1. Foram realizadas 4 simulações, ambas com o mesmo conjunto de parametrizações, variando apenas o tipo de aerossol de entrada (ver Tabela 1).

As saídas do modelo WRF-Solar foram comparadas com dados observados em 38 estações do INMET distribuídas no estado da Bahia, as quais são dotadas de suas coordenadas geográficas: latitude, longitude e altitude do local. Esta base de dados é constituída por valores médios horários de irradiação solar global.

Figura 1. Domínios para a área de estudo.



Tabela 1 - Parametrizações usadas nas simulações WRF-Solar.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  **Parametrização** | **Simulação 1** | **Simulação 2** | **Simulação 3** | **Simulação 4** |
| **Camada Superficial** | *MYNN* | *MYNN* | *MYNN* | *MYNN* |
| **Camada Limite Atmosférica** | *MYNN2.5* | *MYNN2.5* | *MYNN2.5* | *MYNN2.5* |
| **Superfície do solo** | *Noah Land-Surface* | *Noah Land Surface* | *Noah Land Surface* | *Noah Land Surface* |
| **Microfísica** | *Eta* | *Eta* | *Eta* | *Eta* |
| **Radiação de onda longa** | *RRTMG* | *RRTMG* | *RRTMG* | *RRTMG* |
| **Radiação de onda curta** | *RRTMG* | *RRTMG* | *RRTMG* | *RRTMG* |
| **Cúmulos** | *Betts-Miller-Janjić* | *Betts-Miller-Janjić* | *Betts-Miller-Janjić* | *Betts-Miller-Janjić* |
| **Aerossol** |  *Sem aerossol* | *Tegan* | *JA Ruiz-Arias* | *Thompson* |

**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

 Na Tabela 2 mostram-se os resultados estatísticos do confronto do modelo WRF-Solar com as 38 estações meteorológicas do INMET utilizando médias horárias em 24 h. Os melhores resultados são para erro quadrático médio normalizado (NMSE), *Fractional bias* (FB) e desvio padrão fracional (FS) próximos a zero e fator de correlação (COR) e fator de 2 (FAT2) iguais a 1.

Tabela 2 - Índices estatísticos dos resultados do modelo.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Simulação | NMSE | FAT2 | COR | FB | FS |
|  |  |  |  |  |  |
| 1 | 0,29 | 0,70 | 0,82 | 0,04 | 0,06 |
| 2 | 0,27 | 0,73 | 0,84 | 0,02 | 0,05 |
| 3 | 0,26 | 0,74 | 0,86 | 0,02 | 0,05 |
| 4 | 0,26 | 0,72 | 0,86 | 0,05 | 0,09 |

.

Observa-se na tabela 2 a influência dos aerossóis na incidência de irradiação solar e também uma ligeira melhora na performance do modelo (em particular, simulação 3, com NMSE = 0,26, FAT2 = 0,74 e COR = 0,86 com menos valores de FB e FS). No entanto, os três tipos de entrada de aerossol apresentaram resultados semelhantes em termos estatísticos.

**4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

 Este trabalho apresenta uma avaliação preliminar de estudo comparativo entre alguns tipos de entrada de aerossol e sua influência na performance do modelo WRF-SOLAR na estimativa da incidência de irradiação solar. Percebe-se uma pequena melhora na acurácia do modelo com o uso dos aerossóis. No entanto, o período simulado de 24 h foi muito curto em termos de uma série de dados meteorológicos. As metas de trabalhos futuros desta pesquisa remetem ao uso de um serie temporal maior (um ano ou mais) e escolha de diferentes conjuntos de parametrizações físicas que possam melhorar a acurácia do modelo WRF-Solar.

**Agradecimentos**

Agradecemos o apoio financeiro da FAPESB, SENAI CIMATEC e o INMET pelo apoio e parceria.

**5. REFERÊNCIAS**

1 SILVA, Rutelly Marques. Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. Brasília: **Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado**, 2015.

2 STUHLMANN, R.; RIELAND, M.; PASCHKE, E. An improvement of the IGMK model to derive total and diffuse solar radiation at the surface from satellite data. **Journal of Applied Meteorology**, v. 29, n. 7, p. 586-603, 1990.

3 LI, Zhanqing; ROSENFELD, Daniel; FAN, Jiwen. Aerosols and their impact on radiation, clouds, precipitation, and severe weather events. In: **Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science**. 2017.

4JIMENEZ, Pedro A. et al. WRF-Solar: Description and clear-sky assessment of an augmented NWP model for solar power prediction. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 97, n. 7, p. 1249-1264, 2016.

5 SKAMAROCK, W.C.; KLEMP, J.B.; DUDHIA, J.; GILL, D.O.; BARKER, D.M.; DUDA, M.G.; HUANG, X.; WANG, W.; POWERS, J.G. **A Description of the Advanced Research WRF Version 3**. National Center for Atmospheric Research, Boulder, 2008.

6 TEGEN, Ina et al. Contribution of different aerosol species to the global aerosol extinction optical thickness: Estimates from model results. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 102, n. D20, p. 23895-23915, 1997.

7 RUIZ-ARIAS, José A.; DUDHIA, Jimy; GUEYMARD, Christian A. A simple parameterization of the short-wave aerosol optical properties for surface direct and diffuse irradiances assessment in a numerical weather model. **Geoscientific Model Development**, v. 7, n. 3, p. 1159-1174, 2014.

8THOMPSON, Gregory; EIDHAMMER, Trude. A study of aerosol impacts on clouds and precipitation development in a large winter cyclone. **Journal of the atmospheric sciences**, v. 71, n. 10, p. 3636-3658, 2014.