

## AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO MODELO DE TRANSPORTE QUÍMICO CMAQ: COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDO (RAMQAR) E SIMULADO

Allan Cavalcante Araújo<sup>1</sup>; Davidson Martins Moreira<sup>2</sup> Erick Giovani Sperandio Nascimento<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bolsista; FAPESB; allan.araujo@fbter.org.br

<sup>2</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; erick.sperandio@fieb.org.br

### RESUMO

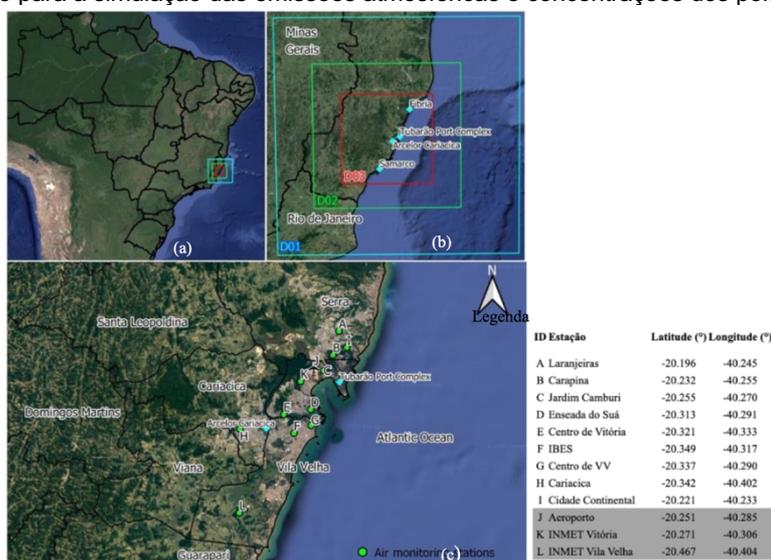
O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo preliminar do comportamento das concentrações de ozônio ( $O_3$ ) na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), sendo utilizado um sistema de modelagem numérica integrada (WRF-SMOKE-CMAQ) para representar a qualidade do ar, seguindo os padrões de qualidade indicados pela Agência de Proteção Ambiental do estado do Espírito Santo (IEMA). Os resultados foram obtidos para as 4 estações de medição presentes na região, sendo apresentados coerência significativa entre dados observados e modelados, com base em métricas conhecidas como *bugle plots*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelos atmosféricos; CMAQ; Qualidade do ar; Ozônio.

### 1. INTRODUÇÃO

Os modelos de transporte químico podem ser uma ferramenta importante para compreender melhor e estimar a poluição atmosférica fotoquímica, além de serem amplamente utilizados para avaliar a qualidade e previsão do ar. Apesar de limitações, os modelos de qualidade do ar podem ser ferramentas importantes para antever o destino de gases poluentes ou aerossóis secundários após sua liberação para a atmosfera, podendo influenciar nas decisões relativas às políticas públicas e as possíveis consequências econômicas.<sup>1</sup>

**Figura 1:** Domínios utilizados para realizar as simulações numéricas: (a) Mapa do Brasil com as três grades aninhadas utilizadas do WRF, (b) Zoom sobre as três grades utilizadas na simulação do WRF, e (c) Domínio Final, D03, utilizado para a simulação das emissões atmosféricas e concentrações dos poluentes.



Atualmente, encontram-se importantes resultados em diversos estudos implementando a combinação de modelagens numéricas WRF (*Weather Research and Forecasting*), SMOKE (*Sparse Matrix Operator Kernel Emissions*) e CMAQ (*Community Multiscale Air Quality*). O WRF é responsável pela etapa de modelagem de dados meteorológicos.<sup>2</sup> Já o SMOKE é utilizado para a adaptação do inventário de emissões.<sup>3</sup> Por fim, o modelo CMAQ é aplicado para a simulação das emissões atmosféricas, de modo que a sua saída consiste em uma estimativa da concentração e deposição de gases e partículas durante o período analisado.<sup>4</sup>

Do ponto de vista da combinação dos modelos WRF-SMOKE-CMAQ, pode-se encontrar no estado da arte, trabalhos que testam efeitos de variáveis (por exemplo, condição de contorno) nos resultados de concentrações de poluentes na RMGV.<sup>4</sup> Outros estudos utilizam saídas do modelo CMAQ para avaliar a

eficácia das estratégias de controle de emissão na área metropolitana de São Paulo, sendo considerada a variabilidade espacial e temporal da concentração de partículas finas.<sup>5</sup>

Este trabalho tem como objetivo observar o desempenho do arranjo de modelos numéricos WRF-SMOKE-CMAQ analisando a concentração de ozônio nas estações de medição da RMGV para o período de 2015. Os resultados simulados foram comparados com dados medidos nas respectivas estações por meio de métricas recomendadas para esta área de estudo.<sup>8</sup> O principal impacto do trabalho está diretamente relacionado a melhoria de diretrizes de políticas públicas para controle de padrões de qualidade do ar, sob responsabilidade de órgãos ambientais de cada região.

## 2. METODOLOGIA

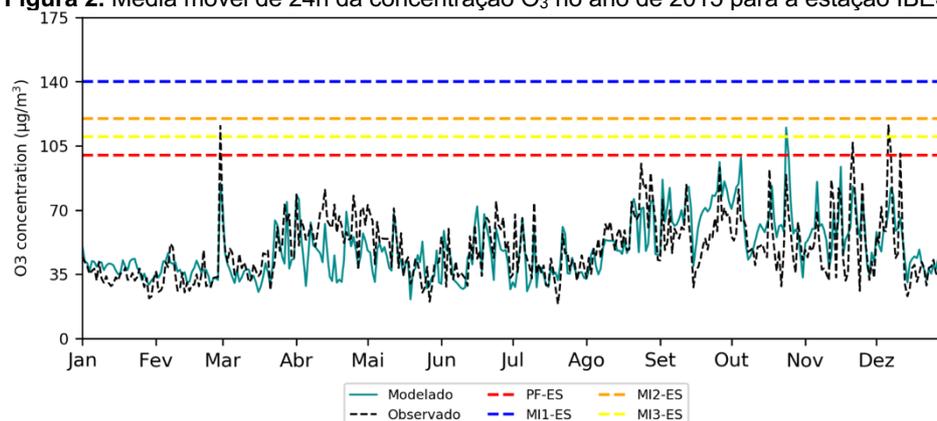
A área escolhida para o estudo consiste na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), localizada no estado do Espírito Santo, Brasil. A extensão da região metropolitana inclui os municípios de Cariacica, Serra, Vila Velha e Vitória. A RMGV compreende em uma região litorânea, urbana e industrializada, além de possuir um setor de logística com complexos portuários e aeroporto, localizada na região sudeste do Brasil. A RMGV possui oito estações de monitoramento da qualidade do ar (RAMQAr), cuja função é medir diversas variáveis climáticas, como velocidade e direção escalares dos ventos, temperatura e concentrações de elementos químicos. As simulações foram feitas sobre um domínio de  $160 \times 160$  km centrado nas coordenadas  $-20.12^\circ$  S,  $-40.085^\circ$  W com resolução espacial de 1 km.

Utilizou-se do modelo WRF para obter o melhor conjunto de parametrizações físicas empregado para simular as condições meteorológicas do ano de 2015 para RMGV. Os domínios aplicados estão representados na Figura 1, ressaltando-se apenas o domínio menor, D03 ampliado na Figura 1 (c), sendo este utilizado para efetuar as simulações das emissões atmosféricas processadas pela ferramenta SMOKE e para as simulações das concentrações atmosféricas com o modelo CMAQ. Para avaliar a precisão do modelo de transporte químico em representar os poluentes regulados pelo Decreto Estadual No 3463-R de 2013 no estado do Espírito Santo.

Para a análise de consistência e avaliação de qualidade do inventário de emissões, foram utilizados as séries de dados de concentrações de poluentes medidas na RAMQAr (ano de 2015) e efetuadas comparações entre os dados medidos e simulados, com base na métrica recomendada por [5]. O banco de dados de emissão utilizados nesta simulação foi estruturado tendo como base: (i) o inventário de emissões atmosféricas da RMGV, ano base 2015, publicado pelo Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e (ii) as emissões biogênicas simuladas com o modelo MEGAN (Model of *Emissions of Gases and Aerosols from Nature*) versão 2.1.<sup>7</sup>

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

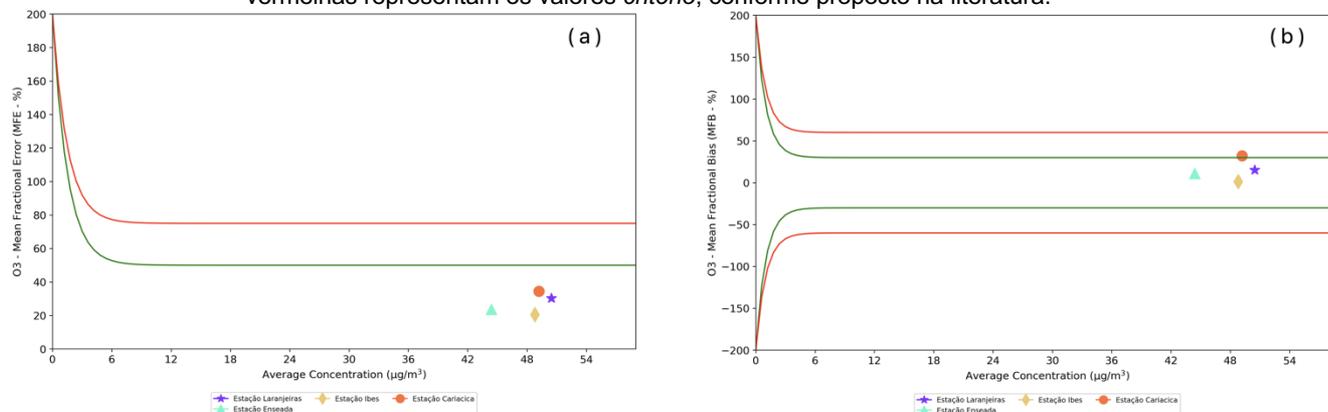
Figura 2. Média móvel de 24h da concentração  $O_3$  no ano de 2015 para a estação IBES.



Os resultados simulados para a medição da qualidade do ar (a partir de emissões de  $O_3$ ) estão fortemente relacionados ao desempenho do arranjo entre os modelos numéricos WRF-SMOKE-CMAQ. Assim, a figura 2 apresenta a média diária móvel de 8h para as concentrações de  $O_3$  durante o ano de 2015 para a estação IBES. Onde as linhas em preto e ciano escuro correspondem, respectivamente, ao dado medido na estação e as curvas PF-ES, MI1-ES, MI2-ES, MI3-ES são os padrões de qualidade do ar definidos como padrões finais (PF) e intermediárias (MI) determinados pelo decreto citado pelo relatório IEMA 2019.<sup>7</sup> A Figura 3 apresenta os gráficos de MFB e MFE para  $O_3$ , para o ano de 2015, incluindo a comparação com

os limites propostos na literatura.<sup>8</sup> Pode-se observar que ambos os indicadores MFE e MFB, as estações estão abaixo do limite alvo, com exceção de Cariacica, cuja métrica MFB permaneceu entre os limites alvo e critério.

**Figura 3.** Métricas a partir do *Bugle Plots*: (a) MFE e (b) MFB, as linhas verdes representam os valores *alvo* e as linhas vermelhas representam os valores *critério*, conforme proposto na literatura.<sup>8</sup>



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto buscou representar e avaliar a concentração de ozônio nas estações presentes na Região Metropolitana da Grande Vitória no estado do Espírito Santo, a partir do arranjo dos modelos numéricos WRF-SMOKE-CMAQ, observando metas de padrões de qualidade do ar definidas pelo IEMA. Os resultados simulados e observados apresentaram erros significativamente aceitáveis, seguindo métricas recomendadas na literatura. Indica-se para trabalhos futuros a realização de avaliação de desempenho dos modelos, a partir de modificações de variáveis como atualização de inventários de emissões.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro de Supercomputação e Inovação Industrial (CIMATEC) pelo fornecimento da infraestrutura computacional necessária para a execução dos modelos e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Borrego, C., et al. Modelling the photochemical pollution over the metropolitan area of Porto Alegre, Brazil. *Atmospheric Environment* v. 44, p. 370-380, 2010.
- SKAMAROCK, William C. et al. A description of the advanced research WRF model version 4. National Center for Atmospheric Research: Boulder, CO, USA, p. 145, 2019.
- Seppanen, Catherine et al. CEMPD/SMOKE: SMOKE v4.7 Public Release (October 2019). 2019.
- PEDRUZZI, Rizzieri, et al. Performance evaluation of a photochemical model using different boundary conditions over the urban and industrialized metropolitan area of Vitória, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 26, p. 16125-16144, 2019
- de A. Albuquerque, T.T., et al. Analysis of PM<sub>2.5</sub> concentrations under pollutant emission control strategies in the metropolitan area of São Paulo, Brazil. *Environ Sci Pollut Res* 26, 33216–33227, 2019.
- USEPA, Modeling Guidance for Demonstrating Attainment of Air Quality Goals for Ozone, PM<sub>2.5</sub>, and Regional Haze, DRAFT, 2014.
- IEMA (2020) Relatório Da Qualidade Do Ar Grande Vitória 2019. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Relatório Técnico. Cariacica.
- Boylan, J. W., Russell, A. G., PM and light extinction model performance metrics, goals, and criteria for three-dimensional air quality models, *Atmospheric Environment* 40, 4946–4959, 2006.