

MODELAGEM DA POLUIÇÃO FOTOQUÍMICA A PARTIR DE FONTES VEICULARES NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE – RS

OTÁVIO VOLOSKI COUTINHO¹; JONAS DA COSTA CARVALHO²

¹Universidade Federal de Pelotas – otavio.voloski@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – jonas.carvalho@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A emissão de poluição de origem antrópica urbana é um grave problema de saúde pública nas grandes cidades, as quais apresentam deficiências de infraestrutura ocasionadas pelo rápido crescimento demográfico e pela falta de planejamento urbano. Dependendo do nível em que esses poluentes se encontram na atmosfera, podem produzir efeitos significativos nos seres humanos. Em função do aumento na taxa de urbanização e do desenvolvimento industrial, ocorreram acréscimos nas emissões atmosféricas antrópicas de precursores de ozônio (O_3) nas regiões urbanizadas e desenvolvidas do Brasil.

No Estado do Rio Grande do Sul (RS), a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) é uma delas. Um dos maiores problemas originados pela poluição do ar em áreas urbanas é o provocado por oxidantes fotoquímicos, sendo o principal deles o ozônio (O_3). O ozônio em superfície é formado por uma série de reações fotoquímicas complexas entre óxidos de nitrogênio ($NO_x = NO + NO_2$) e compostos orgânicos voláteis (COVs) na presença de luz solar. Os automóveis são as principais fontes de emissão dos precursores de O_3 , não descartando a contribuição de fontes estacionárias e biogênicas (CUCIARA et al., 2011).

Considerando a importância do tema, este trabalho tem como objetivo geral estudar o comportamento das concentrações de O_3 de superfície na RMPA, através de simulações numéricas. O modelo utilizado é o WRF/Chem (Weather Research and Forecasting/Chemical).

2. METODOLOGIA

A RMPA está localizada no meio-leste do Rio Grande do Sul, compreendendo 33 municípios distribuídos sobre uma área de 10.097,196 km² (Figura 1). É considerada a terceira região metropolitana mais desenvolvida no Brasil e uma das áreas de maior densidade populacional, com aproximadamente 4 milhões de habitantes. É caracterizada por diferentes tipologias industriais, incluindo diversas fontes fixas (refinarias, siderúrgicas, termelétricas) e fontes móveis (aproximadamente 620 mil veículos circulando).

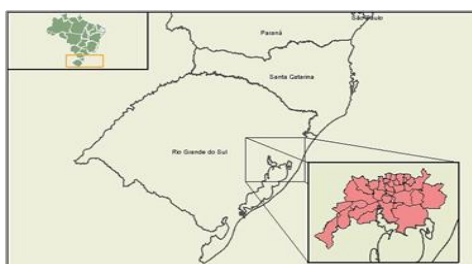


Figura 1: Área de estudo - Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA)

O modelo utilizado é o WRF/Chem (Weather Research and Forecasting/Chemical). O modelo simula emissão, transporte, mistura e transformação química de gases e aerossóis simultaneamente com a meteorologia. O modelo é utilizado para a investigação da qualidade do ar e pode ser aplicado em um intervalo amplo de escalas espaço-tempo.

O inventário de fontes veiculares da RMPA foi realizado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM). As taxas de emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), hidrocarboneto total (HCT) e material particulado (MP) são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Taxas de emissão para a RMPA.

Combustível	Emissões (ton./ano)			
	NO _x	CO	HCT	MP
Gasolina	5.884	108.756	7.500	702
Álcool	1.094	16.418	2.245	-
Motos	2.396	17.234	627	-
Diesel	18.605	2.474	824	349
Total	27.979	144.883	11.196	1.051

O período escolhido para a simulação começou às 00 UTC do dia 6 e terminou a 00 UTC do dia 12 de abril de 2009. O domínio de simulação foi configurado com uma grade centrada na cidade de Porto Alegre (-30,03°; -51,23°). Um resumo da configuração do modelo WRF/Chem é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Configuração do modelo WRF/Chem.

Modelo	WRF/Chem
Período	De 6 a 12 de abril de 2009
Cond. inic./cont. (met.)	FNL resolução 1° x 1°
Cond. inic./cont. (quim.)	MOZART-4 resolução 1° x 1°
Níveis na vertical	31 camadas
Pacote químico	sim
Grade horizontal (x,y)	60 x 60
Espaçamento da grade	10 km
Passo no tempo	60 s

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições meteorológicas são um dos fatores mais importantes para a formação da poluição fotoquímica. Estes fatores incluem intensa radiação solar, céu claro, ventos fracos, alta temperatura, baixa umidade, etc.. (JIANG et al., 2008). As condições meteorológicas sobre a RMPA, no período de simulação (06 a 12 de abril de 2009), estiveram caracterizadas pela atuação de um sistema de alta pressão, céu claro e ventos em superfície de fracos a moderados. Portanto, o período escolhido esteve caracterizado por condições meteorológicas favoráveis à formação de O₃.

Um parâmetro importante para a difusão de poluentes e para determinar as concentrações em superfície é a altura da camada limite planetária (CLP). A Figura 3 apresenta os mapas de altura de CLP simulada pelo modelo WRF/Chem para às 00 e 12 horas do dia 09 de abril. Observa-se que a altura da camada limite sobre a

RMPA esteve menor durante o período da noite e atingiu cerca de 1000 m de altura durante o período do dia.

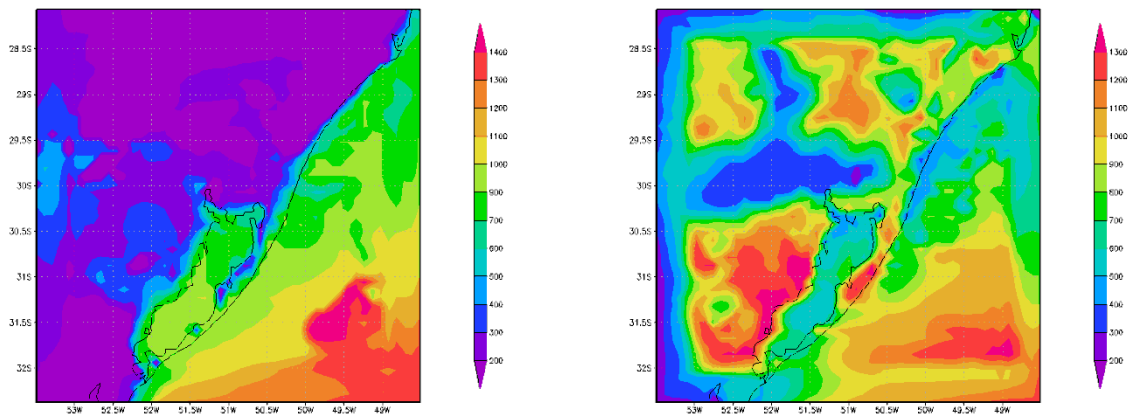


Figura 3: Altura de CLP simulada pelo WRF/Chem às 00 e 12 horas do dia 09 de abril. Escala em metros.

A Figura 4 apresenta o campo de concentração de ozônio (O_3) sobre o domínio de simulação no dia 10 de abril às 15 horas. Na mesma figura, é apresentado o campo de direção e intensidade do vento para mostrar o transporte da pluma de O_3 em relação à localização da RMPA. Nota-se que o poluente, formado a partir dos precursores emitidos na RMPA, é transportado pelo vento para o norte-nordeste a partir da área de emissão. As concentrações máximas não ultrapassam $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o que está bem abaixo dos padrões de qualidade do ar da Resolução CONAMA 03/90 para o ozônio troposférico ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

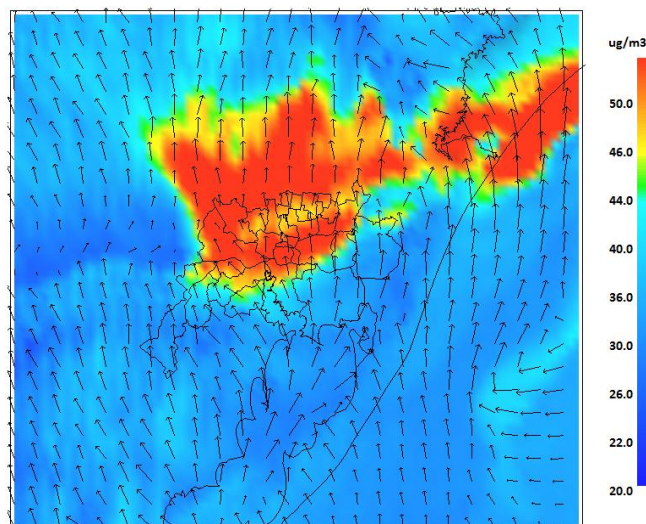


Figura 4: Concentração de O_3 e campo de vento simulado pelo modelo WRF/Chem no dia 10 de abril às 15 horas.

A fim de realizar uma avaliação dos resultados simulados, utilizaram-se os dados observados por uma estação de qualidade do ar instalada pela FEPAM no município de Esteio ($-29,85^\circ$; $-51,17^\circ$). Esta estação fornece dados horários de variáveis meteorológicas e de concentração de poluentes. A Figura 5 mostra as comparações entre os dados de concentração de O_3 simulados pelo modelo

WRF/Chem e observados pela estação da FEPAM, no período de 07 a 12 de abril. Nota-se que o modelo não simula bem os primeiros dois dias (07 e 08 de abril), superestimando os mínimos e subestimando os máximos de concentração. A partir do dia 09, o modelo apresenta bons resultados, principalmente com relação à evolução da concentração e aos valores máximos.

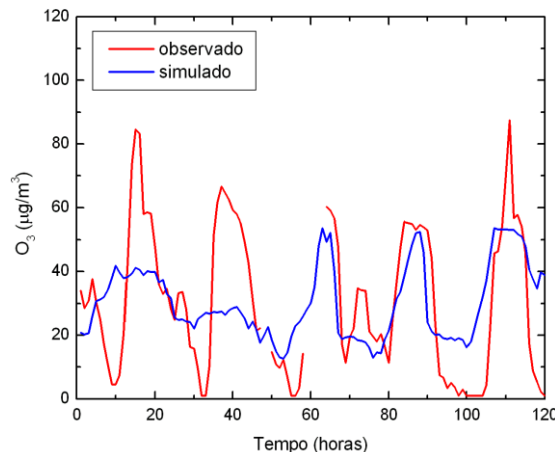


Figura 5: Comparação entre a concentração O_3 simulada pelo WRF/Chem e observada na estação de Esteio entre 07 e 12 de abril.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentou-se uma simulação da poluição fotoquímica a partir de emissões veiculares na Região Metropolitana de Porto Alegre. Conclui-se que o modelo simula razoavelmente bem a evolução da concentração de ozônio em superfície, mas apresenta deficiências no cálculo dos máximos e mínimos de concentração, principalmente nos dois primeiros dias de análise. Essa deficiência pode estar relacionada às incertezas em relação às estimativas das emissões veiculares e aos fatores meteorológicos (como velocidade do vento e evolução da camada limite planetária). Especificamente no caso do O_3 , se emissões dos precursores estão sendo subestimadas, existe a tendência do modelo não simular corretamente os valores dos mínimos e máximos de concentração (máximos simulados subestimarem as observações e mínimos simulados superestimarem as observações) (TIE et al., 2007).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUCHIARA, G. C, et al.. Modelagem da poluição fotoquímica por fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre/RS-Brasil. **Ciência e Natura**, 295-298, 2011.

JIANG, F. et al.. M. Numerical modeling of a continuous photochemical pollution episode in Hong Kong using WRF-chem. **Atmospheric Environment**, 42, 8717–8727, 2008.

TIE, X. et al.. Characterizations of chemical oxidants in Mexico City: A regional chemical dynamical model (WRF-Chem) study. **Atmospheric Environment**, 41, 1989–2008, 2007.