

MELHORIA DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES PARA A MODELAGEM DA QUALIDADE DO AR EM CUBA.

Madeleine Sánchez Gácita¹, Marcelo Felix Alonso¹, Karla Maria Longo², Saulo Ribeiro de Freitas¹

[1] Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista

[2] Centro de Ciência do Sistemas Terrestres, INPE, São José dos Campos

ABSTRACT: Emission data is an important source of uncertainties in chemical weather forecast. In particular, when only global inventories, or any inventory that doesn't consider the specifics of local data, is used. An improved emission inventory was included into the CCATT-BRAMS emission preprocessor, including reactive organic compounds (ROC) speciation and local information for Cuba. Emissions processed with the preprocessor for a 20 km grid for Cuba, obtained with global inventory EDGAR 32FT2000 with and without improvement, are presented, including results representative of speciation for chemical mechanisms RACM and RELACS.

1 - INTRODUÇÃO

Na América Central e Caribe, o Setor Energético tipicamente constitui a fonte prioritária de emissões de poluentes para a atmosfera. No entanto, ainda não foram realizadas na região campanhas intensivas de medição da qualidade do ar e, portanto, não existem informações disponíveis para uma avaliação realista do impacto desta atividade. Turtós et al [2006] implementaram um modelo regional climatológico de trajetórias 2D para estimar o impacto dessas emissões, porém, o modelo não permite avaliar a formação de ozônio e de aerossóis orgânicos secundários, resultando em uma estimativa pouco realista. Entretanto, o modelo CCATT-BRAMS (*Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System* [Freitas et al., 2005, Longo et al. 2007, Freitas et al., 2009a, Freitas et al., 2009b, Longo et al., 2009], desenvolvido e mantido pelo INPE, possui o estado da arte na previsão de tempo químico e apresenta várias correções e ajustes para o estudo em regiões tropicais. Trata-se de um modelo de transporte químico atmosférico 3D on-line, capaz de simular as emissões, transporte, processos de remoção de gases traços e aerossóis e a reatividade química na atmosfera. A implementação do CCATT-BRAMS em Cuba, devidamente adequado e validado para as condições tropicais, considerando as escalas locais e regionais e a formação de espécies secundárias com potencial risco à saúde humana, permitirá um monitoramento mais efetivo da qualidade do ar no país.

No entanto, para obter bons resultados é preciso não somente um modelo que se comporte bem em regiões tropicais, mas também dados de entrada representativos. Entre estes, os dados de emissões são em geral uma grande fonte de incertezas, particularmente se são usadas somente bases de dados que não consideram as peculiaridades locais, especialmente se são usados apenas inventários globais. Para muitas áreas, os inventários globais de emissões são as únicas fontes de dados de emissões disponíveis para uso na modelagem em escala regional, pois a criação de inventários mais confiáveis requer recursos e esforços consideráveis e geralmente não está disponível para toda a região em estudo. Entre as bases de dados globais mais usadas podem ser mencionados o inventário global EDGAR (Emission Database for Global Atmospheric Research, [Olivier et al., 2001a e 2001b]) e RETRO (“the REanalysis of the TROpospheric chemical composition”, [Schultz et al, 2007]). A confiabilidade dessas bases de dados depende em grande parte da região de estudo. Para a região da América Central e Caribe, e em particular para Cuba, elas apresentam várias deficiências, sendo que o inventário EDGAR representa melhor os dados de emissões na região.

O presente trabalho consistiu incluiu-se uma base de dados atualizada de emissões ao pré-processador de emissões do CCATT-BRAMS [Freitas et al, 2010], com os compostos orgânicos reativos totais separados em espécies, através de informação local disponível para Cuba. Para tanto, fizeram-se modificações no pré-processador de emissões, que são detalhadas no texto.

Este trabalho se insere no contexto do projeto SAEMC (South American Emissions, Megacities and Climate, <http://saemc.cmm.uchile.cl/>), um esforço internacional entre Argentina, Brasil, Chile e Colômbia; financiado pelo Inter-American Institute for Global Change Research (IAI), com o intuito de prover inventários de emissões atuais e gerar cenários regionais de mudanças climáticas para o continente sul-americano, com ênfase no impacto das megacidades, além de estabelecer bases sólidas para a previsão do tempo químico em escalas regional e local na América do Sul.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

A base de dados considerada é a EDGAR 32FT2000, correspondente às emissões do ano 2000, com resolução de 1°; atualmente existe uma versão de EDGAR com resolução de 10 km, mais somente para gases de efeito estufa, portanto esta versão mais atual não foi utilizada. Existe, entretanto, informação para Cuba de emissões de gases precursores de ozônio troposférico, proveniente do , proveniente do Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa de Cuba (INGEE) [López C. et al., 2005] e de dados de emissões para o setor de geração de eletricidade. Em suma, o setor de energia é responsável por 99% das emissões de SO₂ e NO_x, por 94% das de CO com emissões de 588,50 Gg, 149,57 Gg e 536,42 Gg respectivamente, enquanto o setor de processos industriais é responsável por 87% das emissões de COR, com emissões de 246,61 Gg. No setor energético, o sub-setor de transporte apresenta as contribuições mais significativas às emissões de NO_x e COR com o 52 % e 99% respectivamente, enquanto o sub-setor de geração de eletricidade contribui a 42% das emissões de NO_x e a 99% das emissões de SO₂ do setor energético.

As emissões provenientes do inventário local foram incluídas à base de dados EDGAR através do pré-processador de emissões do modelo CCATT-BRAMS. O inventário local para Cuba foi construído com o uso da base de dados do INGEE para o ano 2002 e dados detalhados para o ano 2003, disponíveis para a geração de eletricidade, que correspondem a fontes pontuais de elevadas emissões, com um peso significativo nas emissões totais do país para várias espécies químicas. Para isso, os dados do INGEE que não correspondem à geração de eletricidade foram distribuídos. Utilizou-se a população como critério de ponderação para as emissões industriais, devido à falta de melhores dados. Todavia, esta é uma consideração razoável para Cuba, pois é usual que as pessoas morem perto do trabalho devido às dificuldades que o país enfrenta na área de transporte. Foi criado assim um inventário local com uma resolução de 0.1°. Estes dados são incorporados à base global EDGAR para o país, mediante modificações realizadas no pré-processador de emissões que possibilitam ao usuário escolher a opção de usar a base de dados original do EDGAR ou incluir o inventário local, no qual também são somadas as emissões das plantas térmicas, caracterizadas por serem fontes pontuais de elevadas emissões. Este procedimento é aplicável em qualquer resolução espacial, pois os dados do inventário local e das plantas térmicas são lidos com posição geográfica, de maneira que fontes pontuais ou outros inventários locais, independentemente da resolução, podem ser introduzidos com a mesma metodologia sem modificar as bases de dados originais.

As diversas fontes de dados de emissões reportam espécies que, no geral, não coincidem com as espécies dos mecanismos químicos. Assim, no pré-processador de emissões existem arquivos de compatibilização entre cada fonte de dados de emissão e

mecanismo químico que indicam, para cada espécie emitida, a espécie do mecanismo à qual pertence, e o respectivo coeficiente de agregação.

As numerosas reações dos compostos orgânicos reativos totais (COR) existentes na atmosfera são representadas nos modelos de previsão de tempo químico através dos mecanismos químicos de forma mais simplificada, porém computacionalmente viável. Na química orgânica algumas espécies são consideradas individualmente enquanto outras são agrupadas em espécies fictícias chamadas de agregados (ou do inglês, *lumping*) que representam um conjunto de COR que individualmente são menos importantes. As emissões destes COR são incluídas como emissões do agregado com um coeficiente de agregação dado no mecanismo (por exemplo, a acetona é representada pela espécie KET (ketonas) no mecanismo RACM com um coeficiente de ponderação de 0.3), resultando em uma diminuição significativa das espécies e reações químicas. Estes detalhes também são considerados nos arquivos de compatibilização.

Adicionalmente, EDGAR e INGEE reportam compostos orgânicos reativos totais (COR) e não as emissões para cada espécie orgânica. Assim, para serem usadas na modelagem do tempo químico elas devem ser separadas em valores de emissão para o conjunto de COR considerado no mecanismo químico que vai ser utilizado pelo modelo. Para tanto foi utilizado o perfil sugerido para emissões industriais no Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC (TAR, Third Assessment Report) [Houghton, 2001] que inclui também um perfil para emissões provenientes da queima de biomassa que pode ser usado para outras fontes de dados que precisem este procedimento. Através dessa informação, foi feita uma reagrupação das espécies gerando-se arquivos de compatibilização entre a base de dados EDGAR (com ou sem os dados locais) e os mecanismos CB07, RACM e RELACS; os dois primeiros encontram-se entre os mais amplamente usados em modelagem química com CCATT-BRAMS e o último foi incluído recentemente e encontra-se em fase de teste.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Ilustração 1 são apresentadas as emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x) obtidas usando o pré-processador de emissões, para uma grade de 20 km na região de Cuba, provenientes do inventário global EDGAR 32FT2000 sem as atualizações (a) e com a inclusão do inventário local (b). Observa-se que, usando os dados originais de EDGAR não se verifica as emissões acima da cidade de Havana, comportamento que se repete para todas as espécies reportadas nesta base de dados. o inventário de emissões melhoradas com o inventário local captura com mais propriedade as emissões da capital do país e outras cidades importantes, assim como nas plantas térmicas de geração de eletricidade. A Ilustração 2 apresenta uma informação similar, para dióxido de enxofre (SO_2). Nas emissões de SO_2 se destaca mais a emissão das plantas térmicas, como corresponde à distribuição por setores.

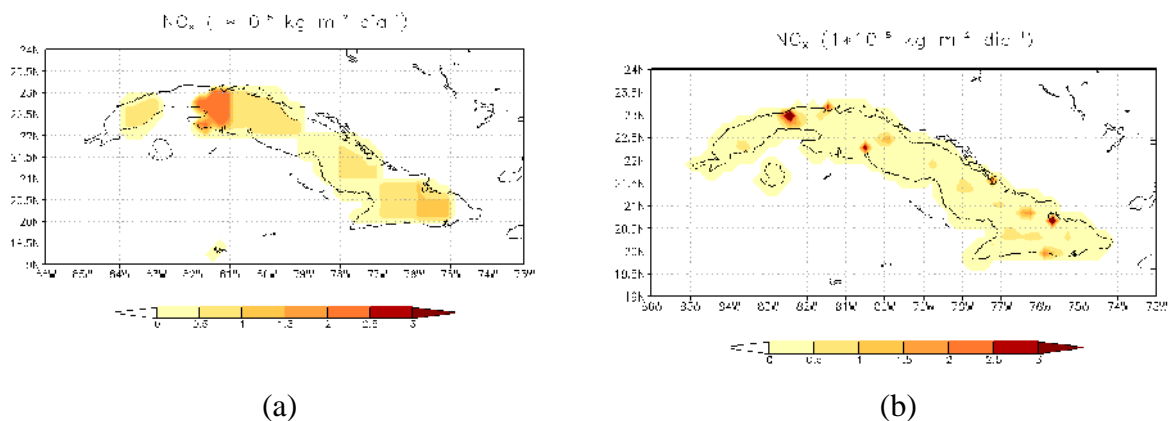
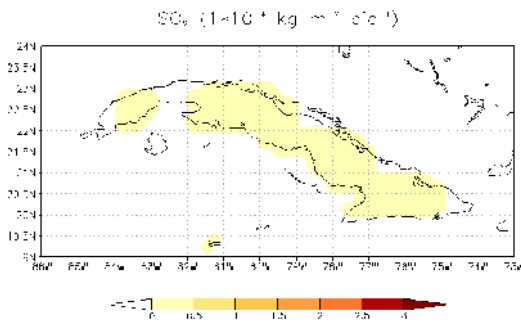
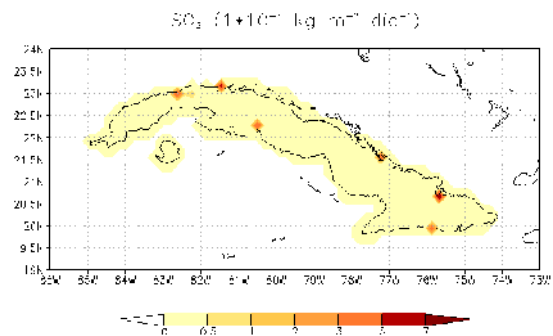


Ilustração 1 Emissões de NO_x obtidas usando EDGAR (a) e o inventário local (b)



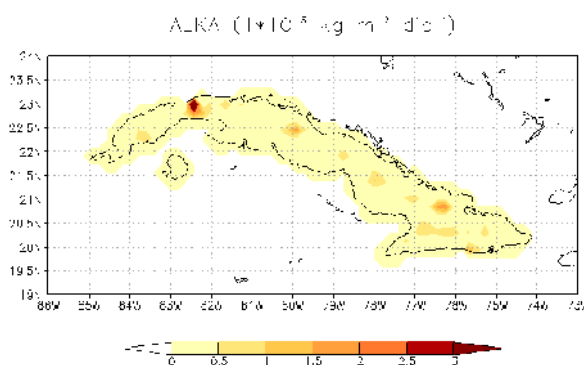
(c)



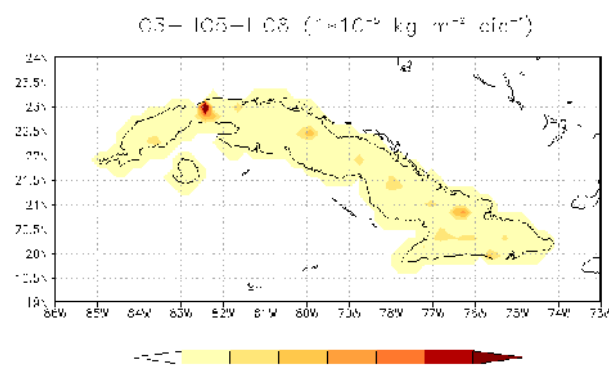
(d)

Ilustração 2 Emissões de SO₂ obtidas usando EDGAR (a) e o inventário local (b)

Como exemplo, apresenta-se também as emissões de alcanos, obtidas para os mecanismos RELACS e RACM. Neste caso as emissões das plantas térmicas são quase desprezíveis e destacam-se as emissões de transporte, perto das cidades.



(a)



(b)

Ilustração 3 Emissões de alcanos (a) RELACS (b) RACM.

4 - CONCLUSÕES

Evidencia-se a diferença nas emissões com o uso do inventário local, o que ressalta a importância de melhorar cada vez mais os inventários de emissões e de usar dados locais sempre que possível. As modificações realizadas no pré-processador de emissões permitem a inclusão de outros inventários locais ou fontes pontuais localizadas dentro da grade. Igualmente, o fato de reportar compostos orgânicos reativos totais em lugar de espécies separadas não é mais uma limitante no uso de bases de dados alternativas. As melhorias obtidas nas emissões permitirão uma melhor avaliação da qualidade do ar em Cuba, aumentando a credibilidade na estimação de custos externos da eletricidade, o que terá um impacto positivo na informação para os tomadores de decisões e na normativa do país.

5 - BIBLIOGRAFIA

Freitas, S.; Longo, K.; Silva Dias, M.; Silva Dias, P.; Chatfield, R.; Prins, E.; Artaxo, P.; Grell G.; Recuero, F.. Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America. *Environmental Fluid Mechanics*, DOI: 10.1007/s10652-005-0243-7, 5 (1-2), p. 135 - 167, 2005.

Freitas, S. R.; Longo, K. M.; Silva Dias, M. A. F.; Chatfield, R.; Silva Dias, P.; Artaxo, P.; Andreae, M. O; Grell, G.; Rodrigues, L. F.; Fazenda, A.; Panetta, J.. The Coupled

Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments of the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 1: Model description and evaluation, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 2843-2861, 2009a.

Freitas, S. R.; Longo, K. M.; Rodrigues, L. F.. Modelagem numérica da composição química da atmosfera e seus impactos no tempo, clima e qualidade do ar, *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.2, 188-207, 2009b.

Freitas, S. R.; Longo, K. M.; Rodrigues, L. F.. Modelagem numérica da composição química da atmosfera e seus impactos no tempo, clima e qualidade do ar, *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.2, 188-207, 2009b.

Freitas, S. R.; Longo, K. M.; Alonso, M. F.; Pirre, M.; Marecal, V.; Grell, G.; Stockler, R.; Mello, R. F.; Sánchez Gácita, M.. A pre-processor of trace gases and aerosols emission fields for regional and global atmospheric chemistry models. Submetido a GMD/EGU, 2010.

Houghton, J.T.; Ding, Y.; Griggs, D.J.; Noguer, M.; van der Linden, P.J.; Dai, X.; Maskell, K.; Johnson, C.A.. IPCC 2001. Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 881 p, 2001.

Longo, K.; Freitas, S. R.; Setzer, A.; Prins, E.; Artaxo, P.; Andreae, M.. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 8571-8595, 2007.

Longo, K.; et al. The Coupled Chemistry-Aerosol-Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CCATT-BRAMS). Em preparação, 2009.

López C., et al.. Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero. Reporte para el Año 2002 y Actualización para los Años 1990, 1994, 1996, 1998 y 2000. PRCT 30201: Protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible. República de Cuba. AMA/INSMET Cuba, Havana, 2005.

Olivier, J.G.J.; Berdowski, J.J.M.. Global emissions sources and sinks. In: Berdowski, J., Guicherit, R. and B.J. Heij (eds.) "The Climate System", pp. 33-78. A.A. Balkema Publishers/Swets & Zeitlinger Publishers, Lisse, The Netherlands. ISBN 90 5809 255 0, 2001a.

Olivier, J.G.J.; Berdowski, J.J.M.; Peters, J.A.H.W.; Bakker, J.; Visschedijk, A.J.H.. em J.-P.J. Bloos, Applications of EDGAR. Including a description of EDGAR 3.0: reference database with trend data for 1970-1995. RIVM, Bilthoven. RIVM report no. 773301 001/ NOP report no. 410200 051, 2001b.

Schultz, M. G., Backman, L., Balkanski, Y., et al.: REanalysis of the TROpospheric chemical composition over the past 40 years (RETRO): A long-term global modeling study of tropospheric chemistry, Jlich/Hamburg, Germany, 48/2007 report on Earth System Science of the Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg, ISSN 1614-1199, 2007. Disponível em: ftp://ftp.retro.enes.org/pub/documents/reports/RETRO_Final_Report.pdf. Acesso em: 21 Abr 2010.

Turtós, L. M.; Meneses Ruiz, E.; Sánchez Gácita, M.; Rivero Oliva, J.; Díaz Rivero, N.. Assessment of the impacts on health due to the emissions of Cuban power plants that use fossil fuel oils with high content of sulfur. Estimation of external costs. *Atmos. Environ.*, 41, 2202-2213, doi: 10.1016/j.atmosenv.2006.10.062, 2006.