



Universidade de São Paulo

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas



MODELOS ATMOSFÉRICOS: FERRAMENTAS PARA A GESTÃO E MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

Edmilson Dias de Freitas

Prof. Titular do DCA-IAG

Universidade de São Paulo

O ENTENDIMENTO SOBRE A POLUIÇÃO
ATMOSFÉRICA PASSA POR DIFERENTES
ESCALAS DE TEMPO E ESPAÇO

AS FERRAMENTAS UTILIZADAS DEVEM LEVAR
EM CONSIDERAÇÃO ESSE IMPORTANTE
ASPECTO

Perícia preliminar indica que família teve morte simultânea em apartamento em Santo André

Polícia suspeita que mortes ocorreram por asfixia por monóxido de carbono proveniente de aquecedor.

Por Renata Ribeiro, SP1

15/07/2019 12h29 · Atualizado há 3 semanas



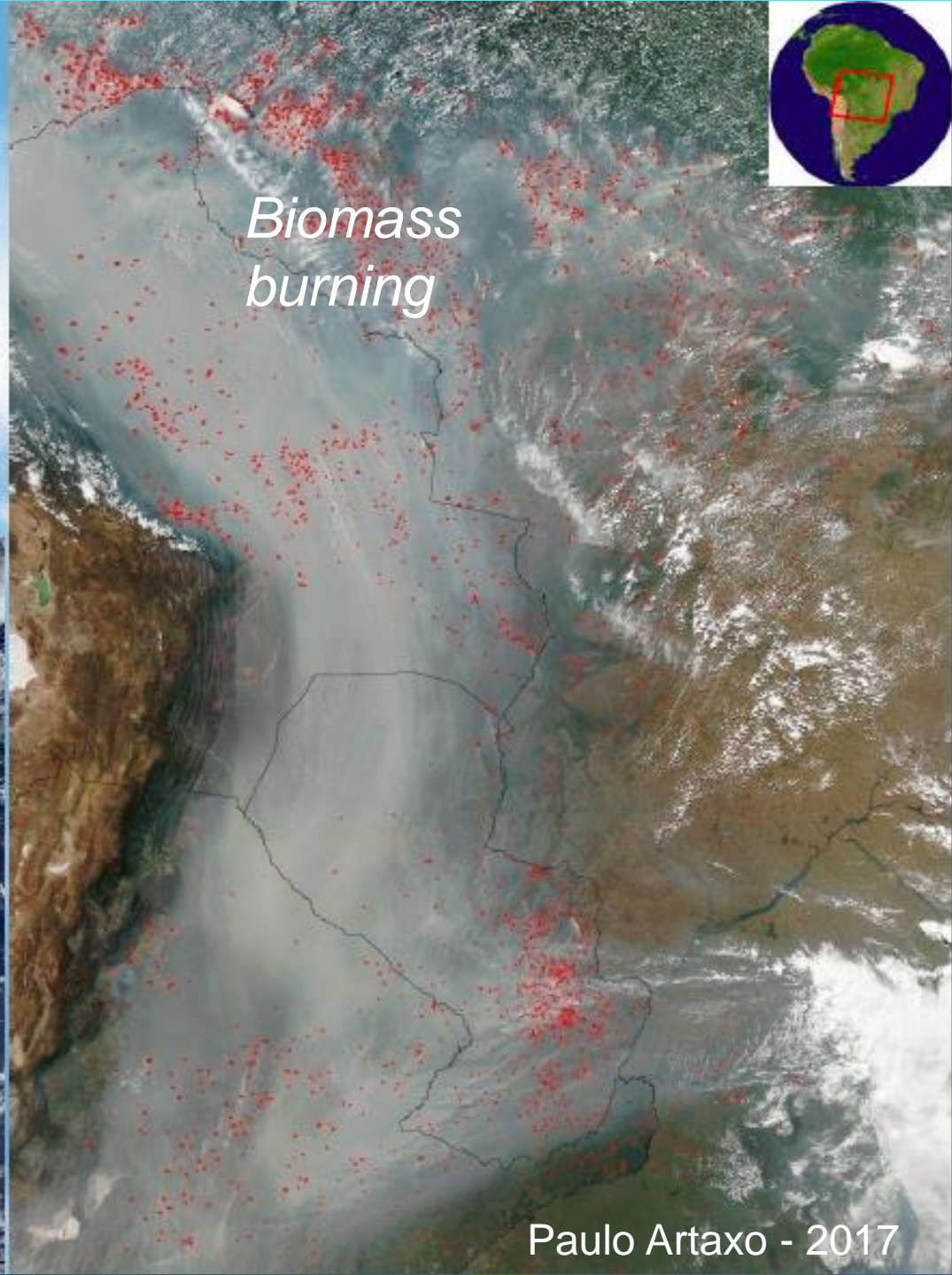
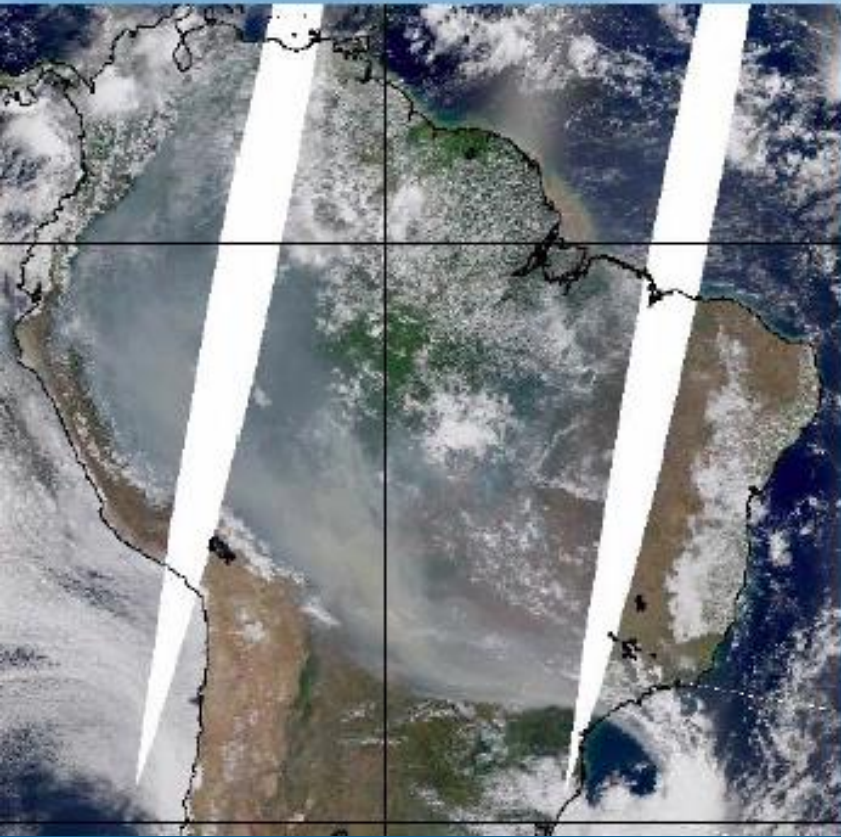




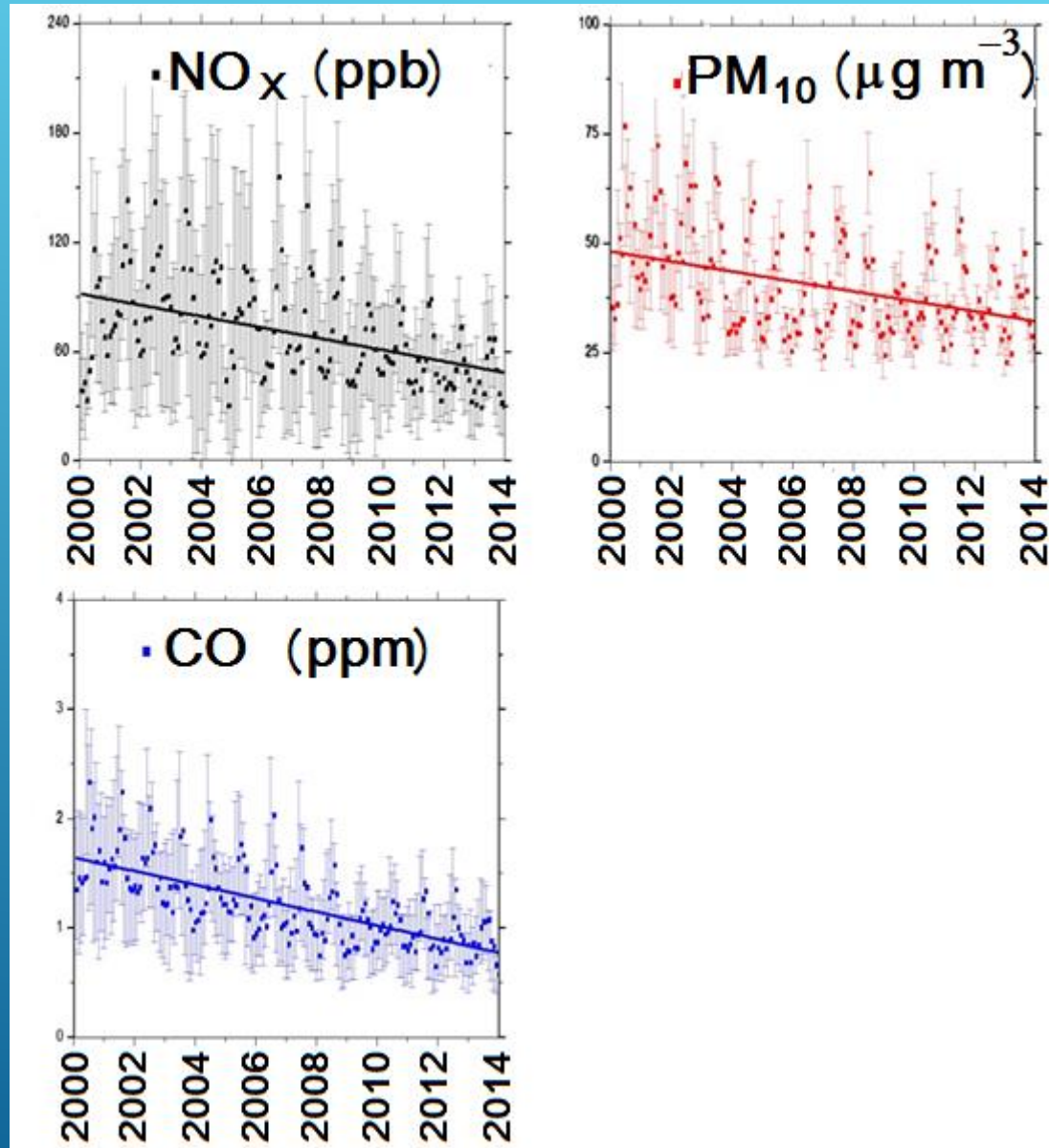


Large scale aerosol distribution in Amazonia

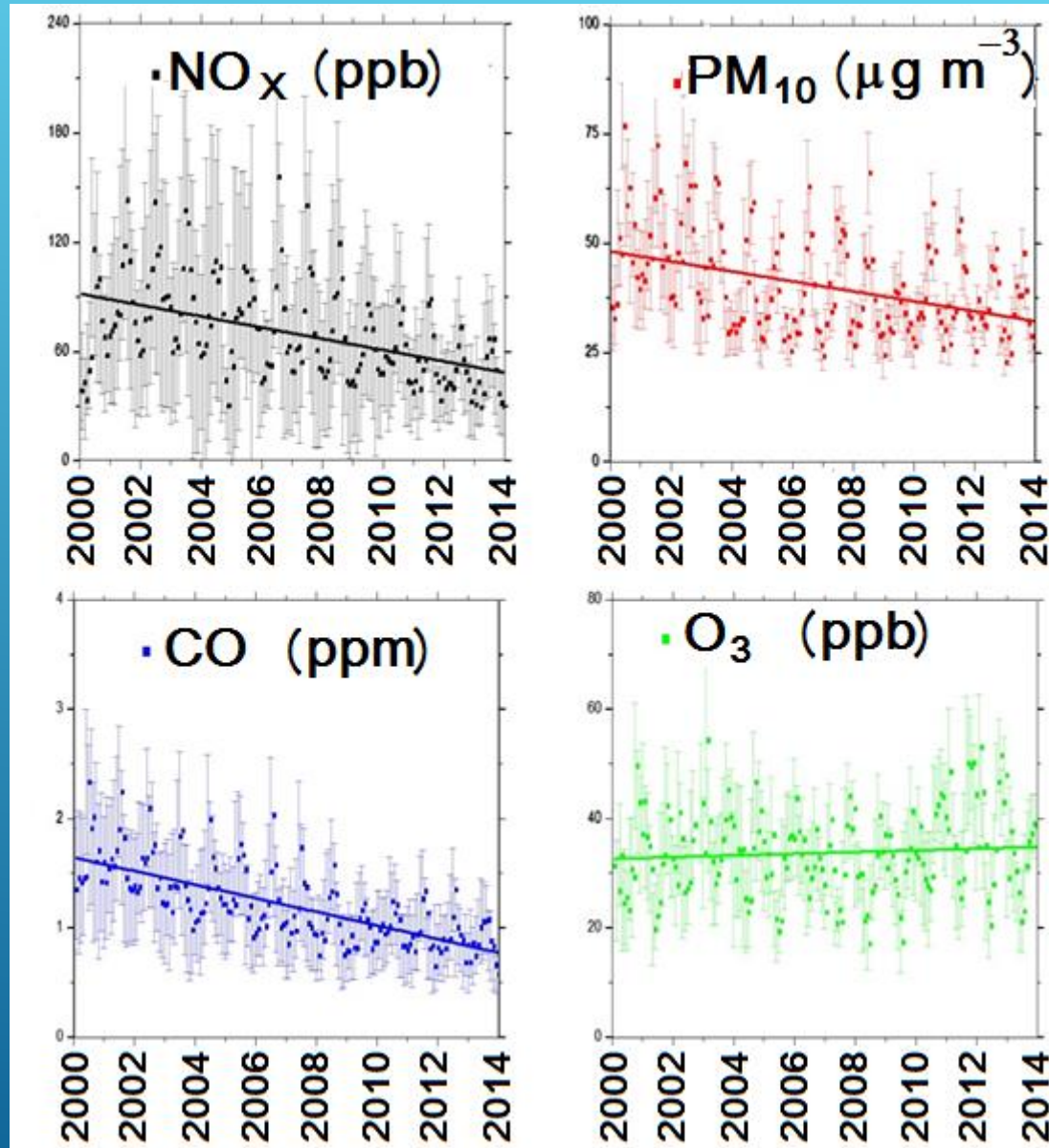
- Severe health effects on the Amazonian population (about 20 million people)
- Climatic effects, with strong effects on cloud physics and radiation balance.
- Changes in carbon uptake and ecosystem functioning



Motivação




Motivação



Tipos de Modelo

- Classes de modelos
 - Modelos Estatísticos
 - Funções de Probabilidades
 - Modelos Determinísticos
 - Leis de Conservação

Tipos de Modelo



The screenshot shows a web browser window with the URL <https://www.epa.gov/air-research/models-tools-and-databases-air-research>. The browser's address bar and tabs are visible. Below the browser, a banner for the EPA website is shown, including the EPA logo and the text "United States Environmental Protection Agency". The main navigation bar contains links for "Environmental Topics", "Laws & Regulations", and "About EPA", along with a search bar labeled "Search EPA.gov". Below the navigation bar, a section titled "Related Topics: Air Research" is displayed, followed by social media sharing icons for Facebook, Twitter, Pinterest, and Email. The main heading "Models, Tools and Databases for Air Research" is prominently displayed. Below the heading, three tabs are visible: "Models" (selected), "Tools", and "Databases".

Models, Tools and Databases for Air Research

Models Tools Databases

Tipos de Modelo

- Exemplos de modelos Estatísticos
 - AERMOD
 - Modelo de Pluma Gaussiana
 - Considera turbulência na CLP
 - Fontes em superfície e elevadas
 - Terreno plano ou complexo
 - CALINE3
 - Modelo de Pluma Gaussiana
 - Concentrações em um receptor corrente abaixo de rodovias
 - Relevo relativamente simples
 - CAL3QHC/CAL3QHCR
 - “CO model”, modelo de tráfico que inclui atrasos e paradas em função de congestionamentos ou semáforos
 - OCD
 - Emissões Offshore (ponto, área ou linha)

Tipos de modelos

- Exemplos de modelos Determinísticos
 - BRAMS-SPM / CCATT - BRAMS
 - Tratamento detalhado em mesoescala
 - Estrutura urbana é melhor representada
 - Módulos fotoquímicos simplificado (SPM) e detalhado (CCATT)
 - WRF-Chem
 - Estado da arte em modelagem atmosférica
 - Tratamento químico detalhado
 - WRF-CMAQ
 - Estado da arte em modelagem atmosférica e química atmosférica
 - Tratamento químico mais bem detalhado

COMO SÃO FEITOS OS DIAGNÓSTICOS E
PREVISÕES
DE TEMPO E QUALIDADE DO AR?



O que um modelo resolve?

- ▶ Dos cursos de Física - 2ª Lei de Newton

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

O que um modelo resolve?

- ▶ Dos cursos de Física - 2ª Lei de Newton

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

O que um modelo resolve?

- ▶ Dos cursos de Física - 2ª Lei de Newton

$$\sum \vec{F} = \textit{Somatória de Forças}$$

O que um modelo resolve?

- Dos cursos de Física - 2ª Lei de Newton

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\delta_{i3}g + f_c \varepsilon_{ij3} U_j - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_j^2}$$

O que um modelo resolve?

- ▶ Equação de Estado

$$p = \rho_{ar} R T_v$$

- ▶ Conservação de Massa

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \frac{\partial U_j}{\partial x_j} = 0$$

- ▶ Conservação de Momento (2ª Lei de Newton)

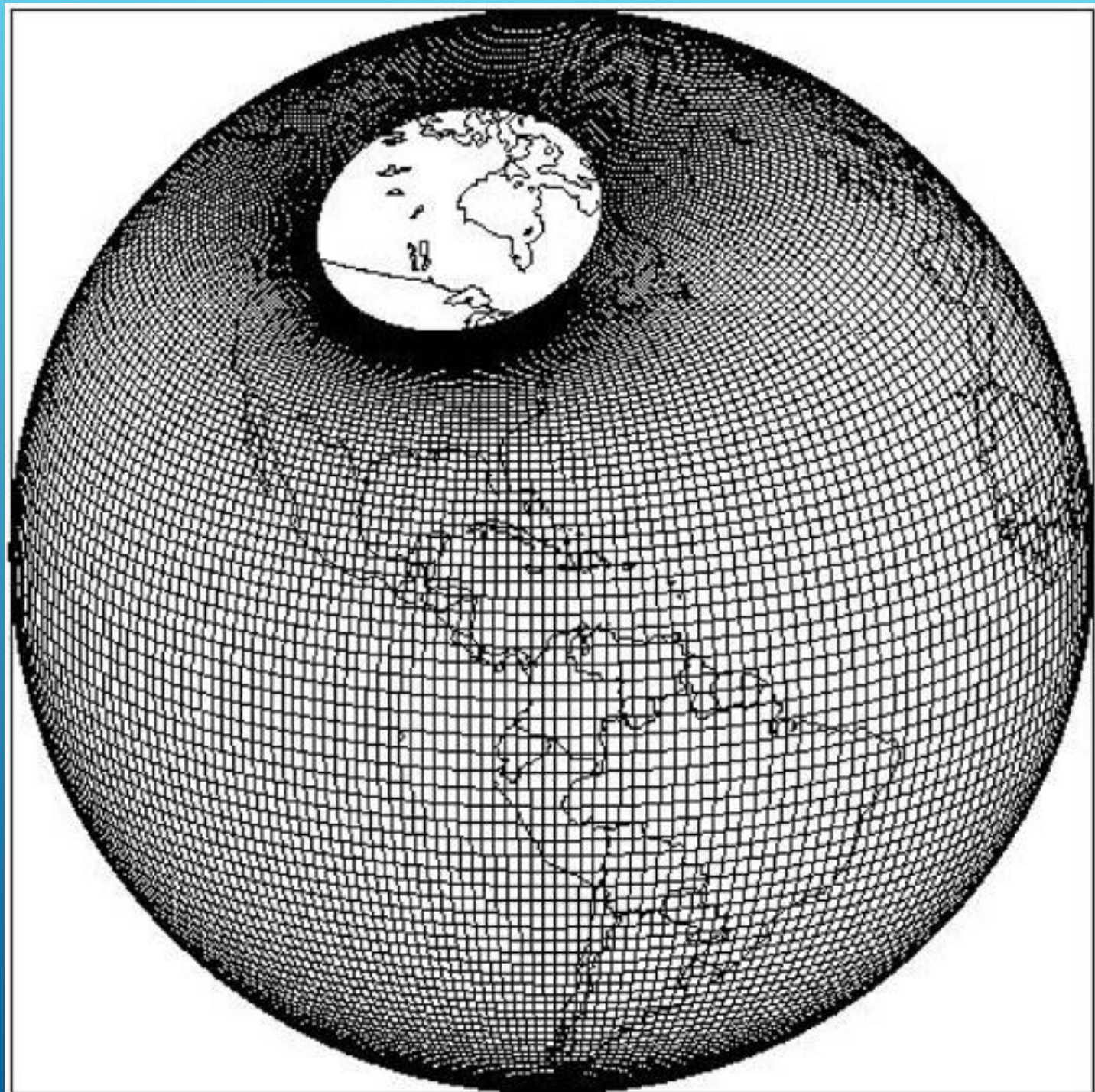
$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\delta_{i3}g + f_c \varepsilon_{ij3} U_j - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_j^2}$$

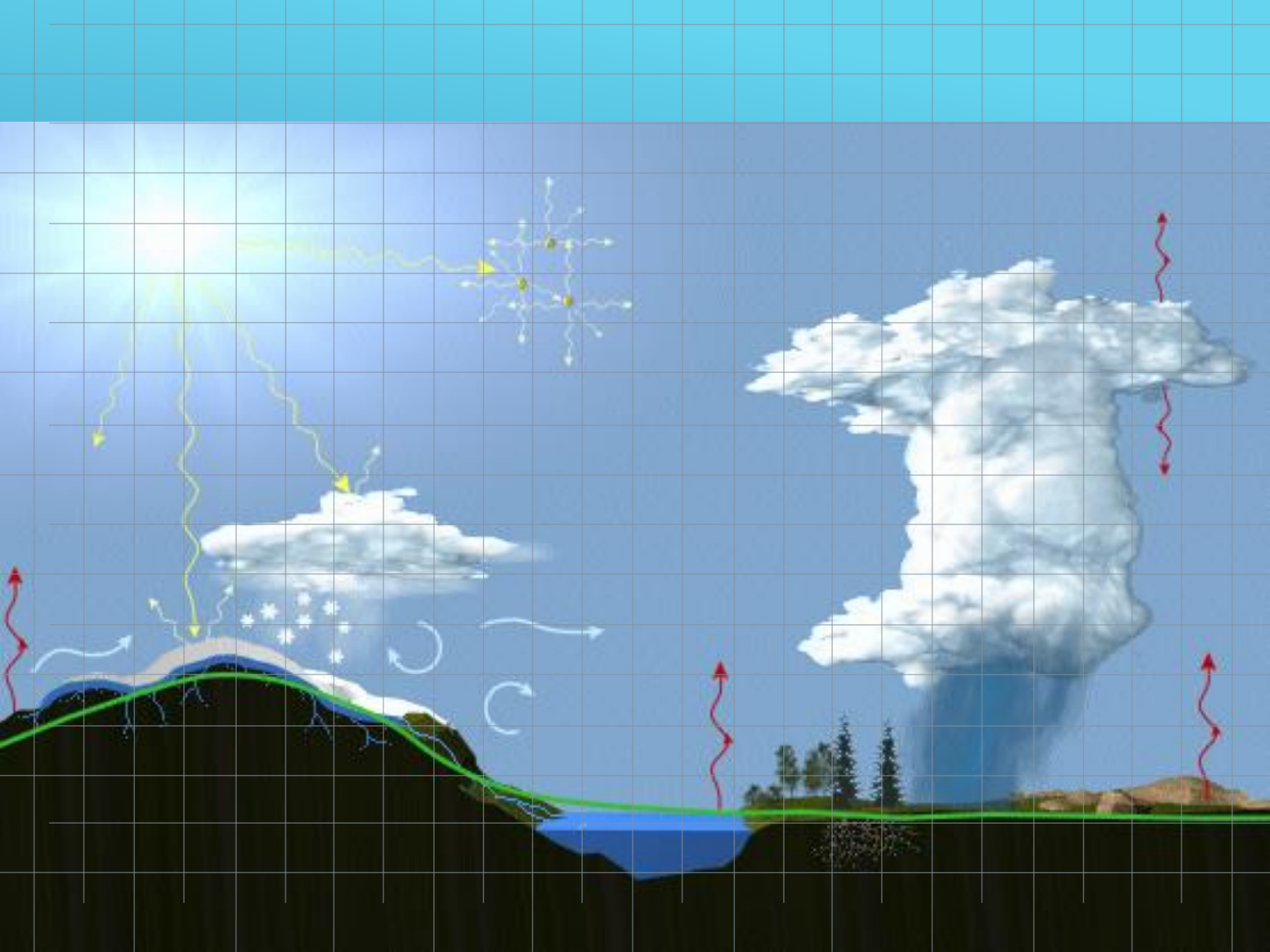
- ▶ Conservação de Umidade

$$\frac{\partial q_T}{\partial t} + U_j \frac{\partial q_T}{\partial x_j} = \nu_q \frac{\partial^2 q}{\partial x_j^2} + \frac{S_{q_T}}{\rho_{air}}$$

- ▶ Conservação de Energia

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + U_j \frac{\partial \theta}{\partial x_j} = \nu_\theta \frac{\partial^2 \theta}{\partial x_j^2} - \frac{1}{\rho C_p} \left(\frac{\partial Q_j^*}{\partial x_j} \right) - \frac{L_p E}{\rho C_p}$$

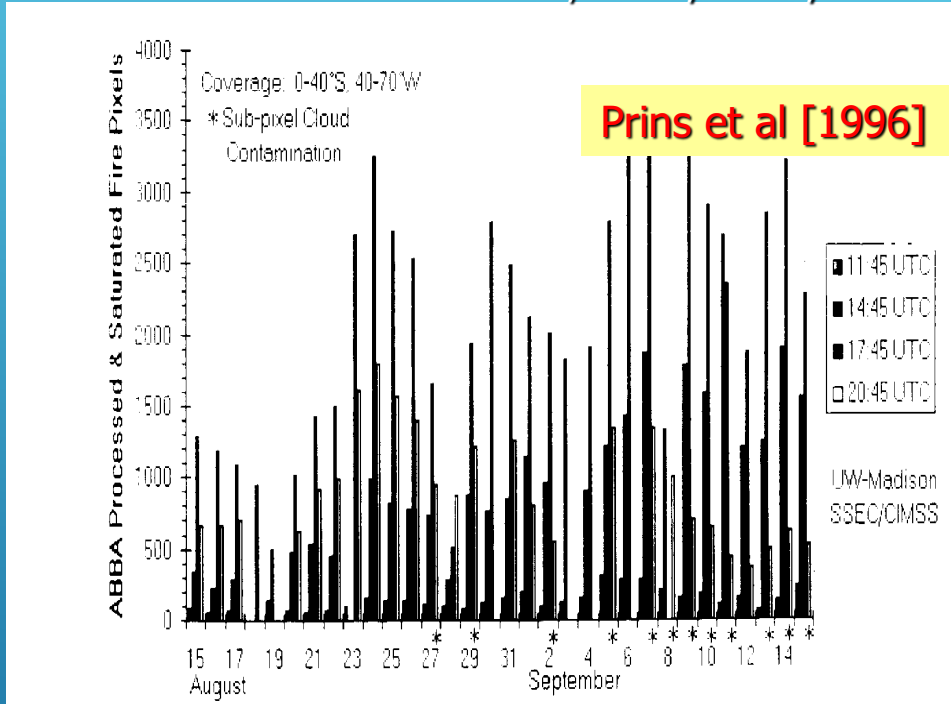




SIMULAÇÕES SOBRE REGIÕES DE QUEIMADAS (CCATT-BRAMS)

Parametrização das emissões por queimadas

ABBA Focos de incêndio 1145, 1445, 1745, 2045 UTC



Agosto

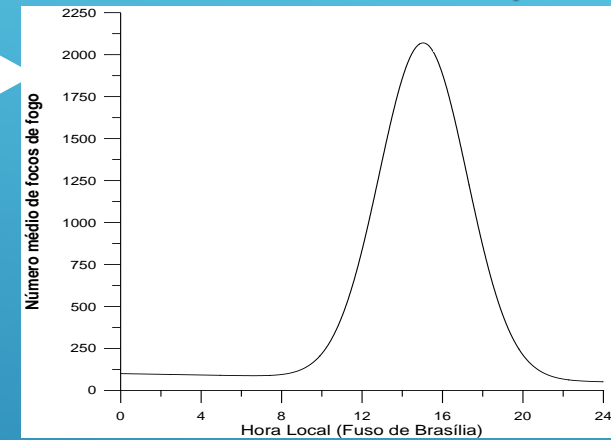
Setembro 1995

- Taxa de emissão em superfície:

$$\bar{Q}^{[\eta]}(i, j, t) = \frac{r(t)}{\rho_0 \Delta V} \sum_{\substack{\text{fires} \in \\ \text{Grid} \text{ - } \text{Box}}} M[\eta], \quad \frac{kg[\eta]}{kg[air]s}$$

Freitas [1999]

Ciclo diurno da queima



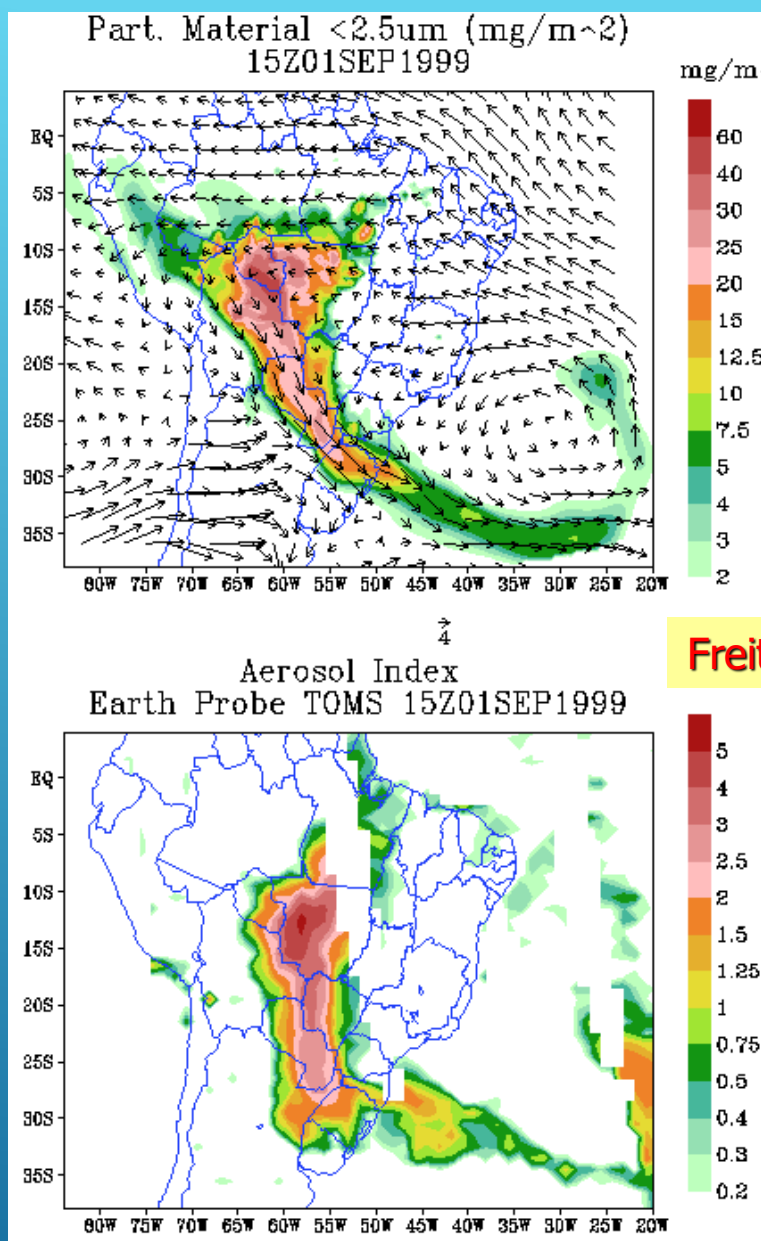
0

Hora Local

24

Queimadas

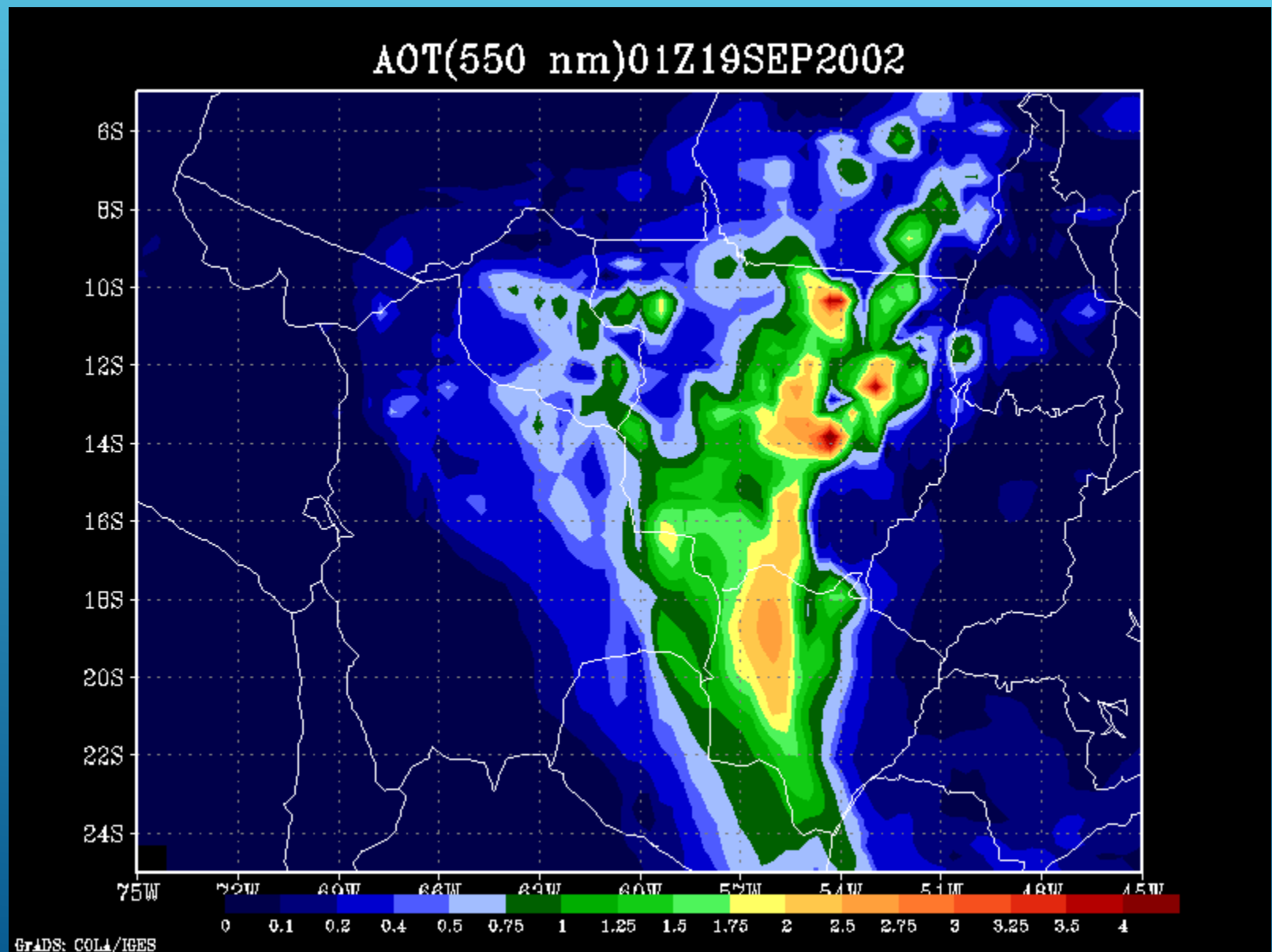
Modelo de fontes +
modelo atmosférico
para dispersão da
queima de biomassa



Freitas [2001]

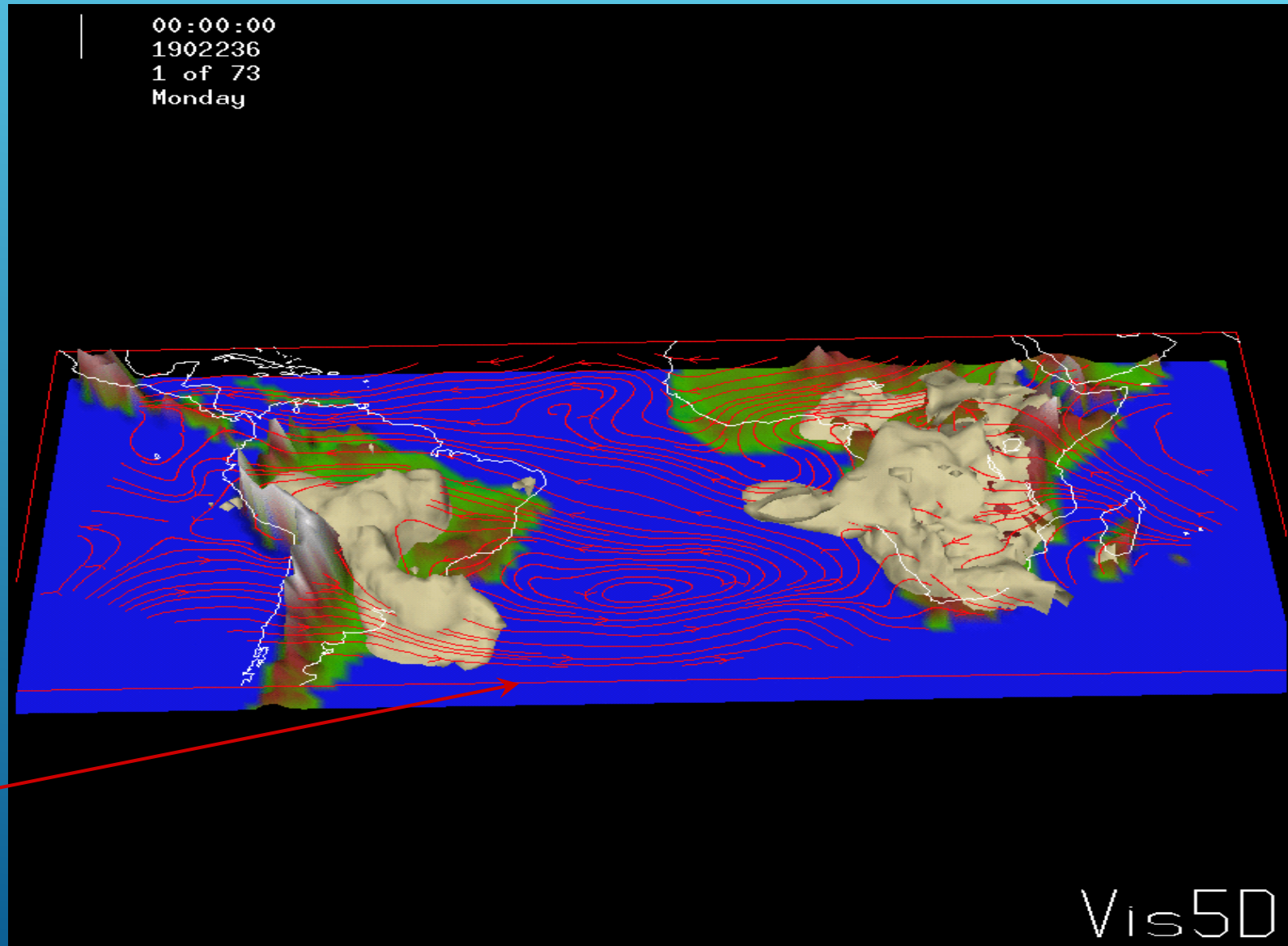
Transporte na Atmosfera (~ 40 km)

Fonte: Saulo Freitas



Transporte na baixa troposfera e a longas distâncias

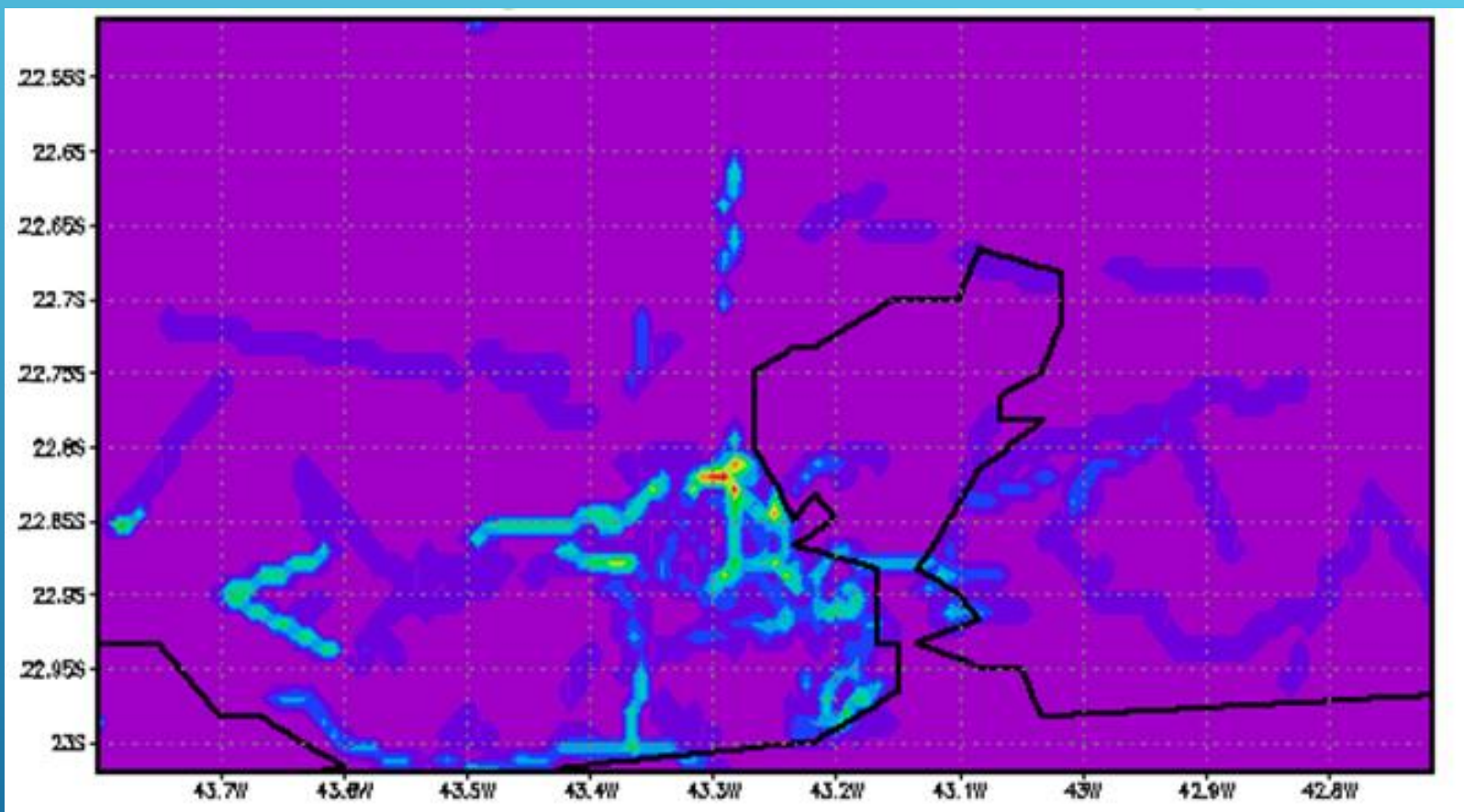
Fonte: Saulo Freitas



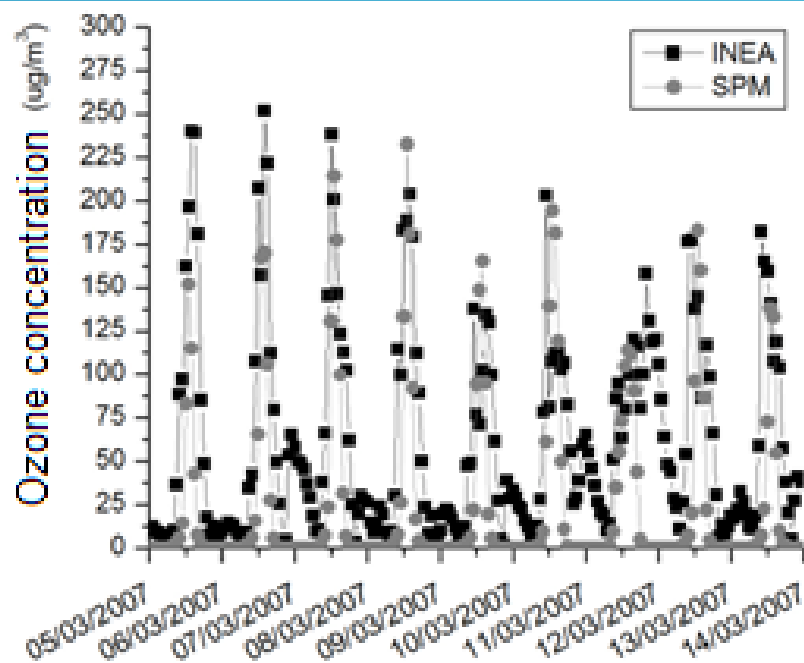
SIMULAÇÕES SOBRE REGIÕES URBANAS

RESULTADOS COM O BRAMS

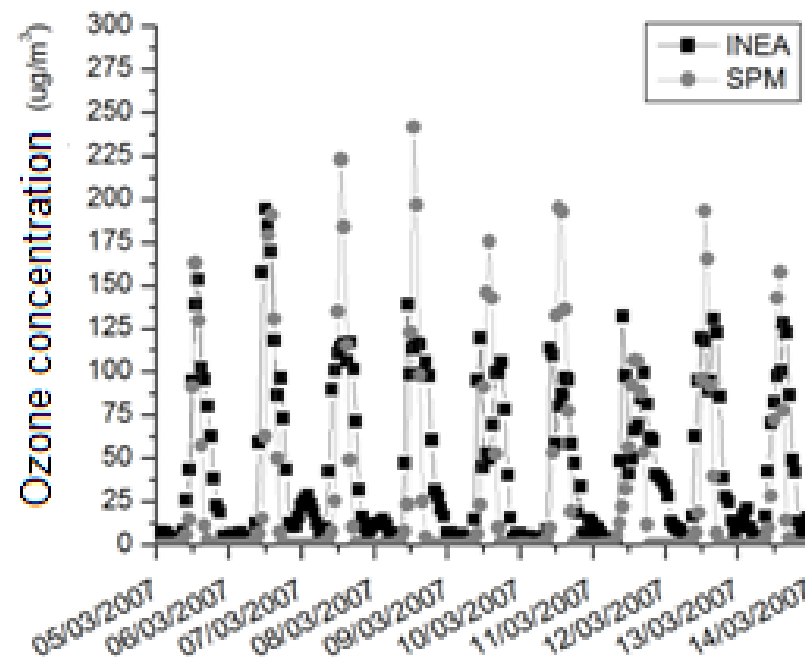
Simulações sobre a RMRJ



Comparações com estações de superfície



(a) Duque de Caxias



(b) Jardim Primavera

RESULTADOS COM O WRF

Emissões: desenvolvimentos recentes

[HTTPS://CRAN.R-PROJECT.ORG/PACKAGE=VEIN](https://CRAN.R-PROJECT.ORG/PACKAGE=VEIN)

<https://www.geosci-model-dev-discuss.net/gmd-2017-193/>

Geosci. Model Dev., 11, 1–21, 2018
<https://doi.org/10.5194/gmd-11-1-2018>

© Author(s) 2018. This work is distributed under
the Creative Commons Attribution 4.0 License.



Geoscientific
Model Development
Open Access


VEIN v0.2.2: an R package for bottom–up vehicular emissions inventories

Sergio Ibarra-Espinosa¹, Rita Ynoue¹, Shane O’Sullivan², Edzer Pebesma³, Maria de Fátima Andrade¹, and Mauricio Osses⁴

¹Department of Atmospheric Sciences, Universidade de São Paulo, Rua do Matão 1226, São Paulo, SP, Brazil

²Department of Pathology, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Av. Dr. Arnaldo 455, São Paulo, SP, Brazil

³Institute for Geoinformatics, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Heisenbergstrasse 2, 48149 Münster, Germany

⁴Department of Mechanical Engineering, Universidad Técnica Federico Santa María, Vicuña Mackenna 3939, Santiago, Chile

Correspondence: Sergio Ibarra-Espinosa (sergio.ibarra@usp.br)

Received: 15 August 2017 – Discussion started: 25 September 2017

Revised: 3 May 2018 – Accepted: 4 May 2018 – Published:

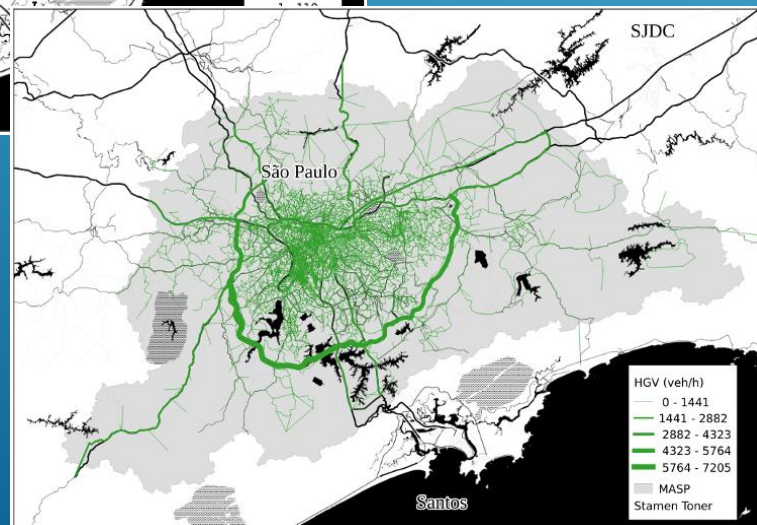
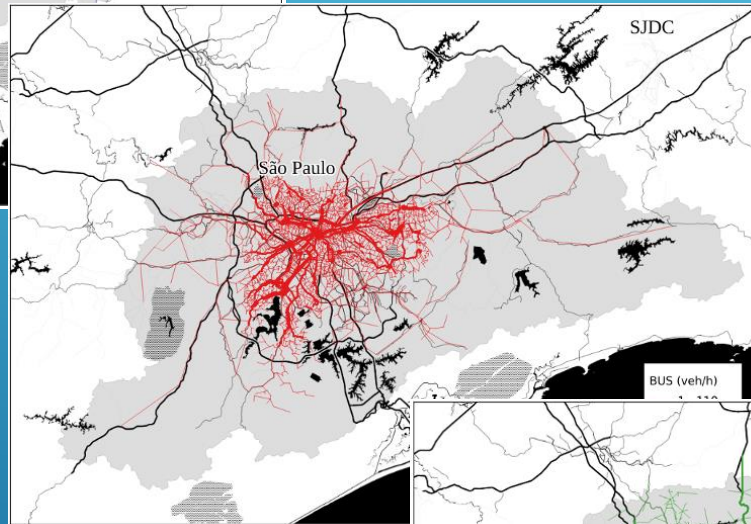
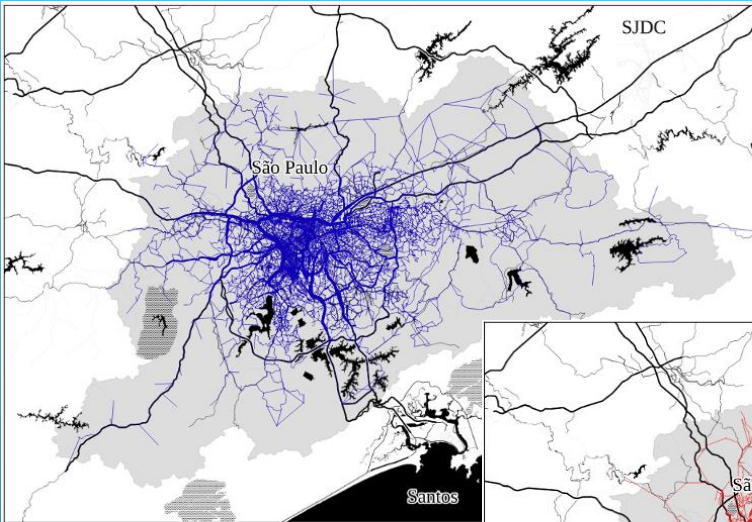


Fluxo veicular: CET e SPTrans

LDV

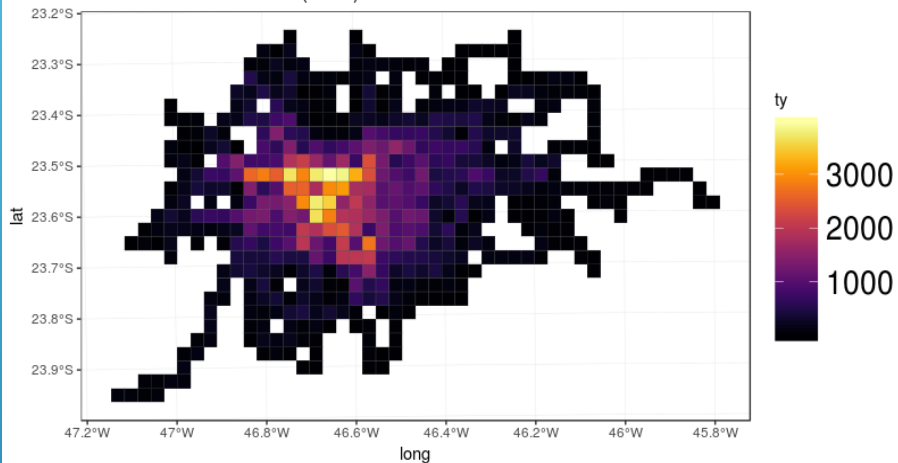
BUS

HGV

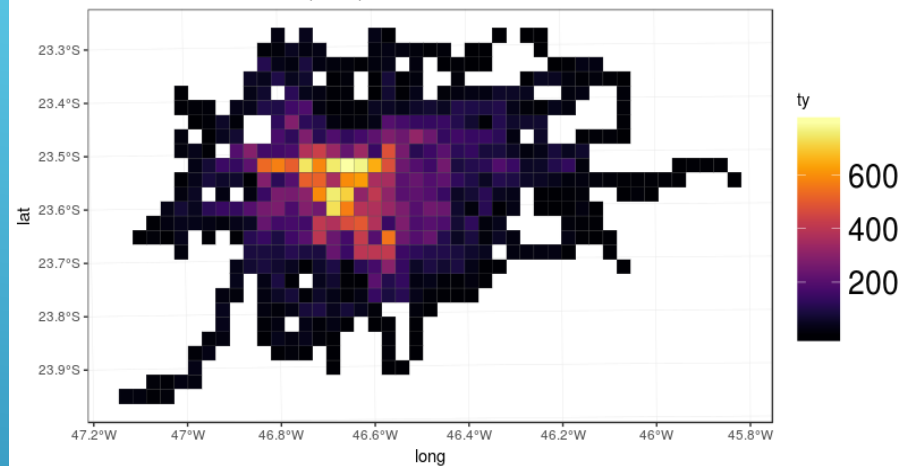


Emissões atuais

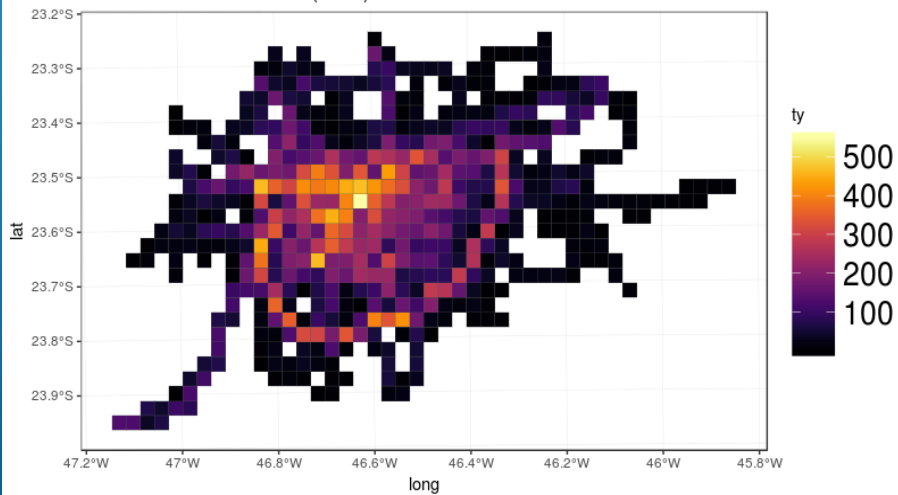
Emissões de CO BASE (t/ano)



Emissões de HC BASE (t/ano)

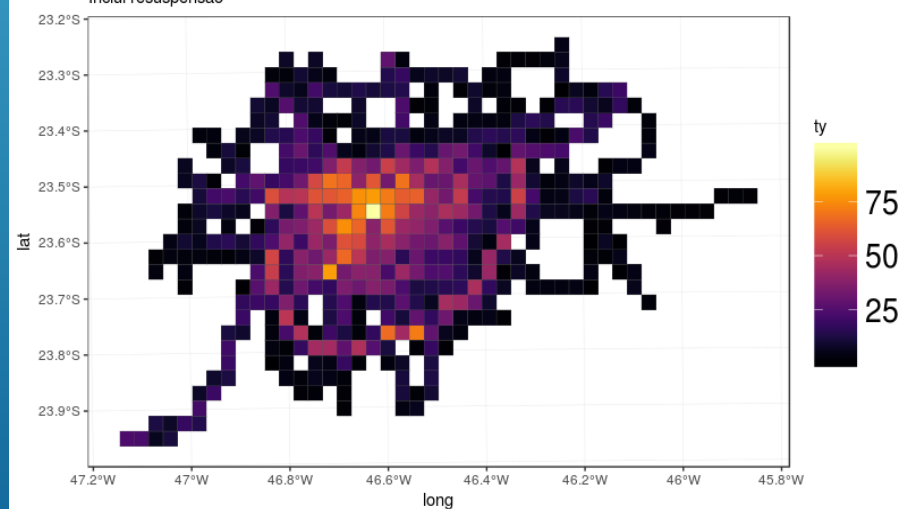


Emissões de NOx BASE (t/ano)



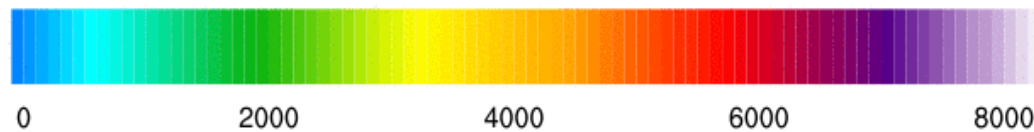
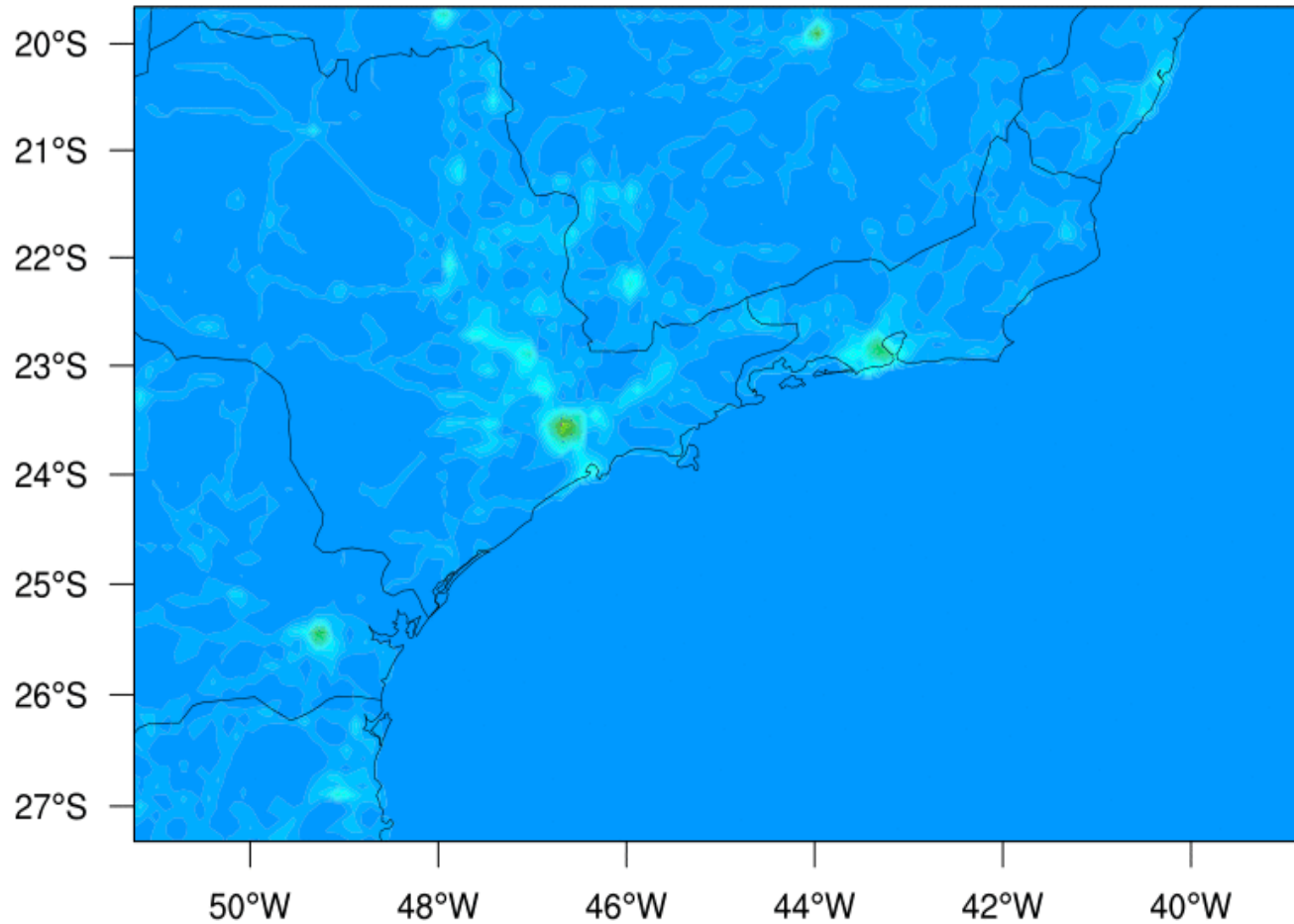
Emissões de MP BASE (t/ano)

Inclui resuspensão

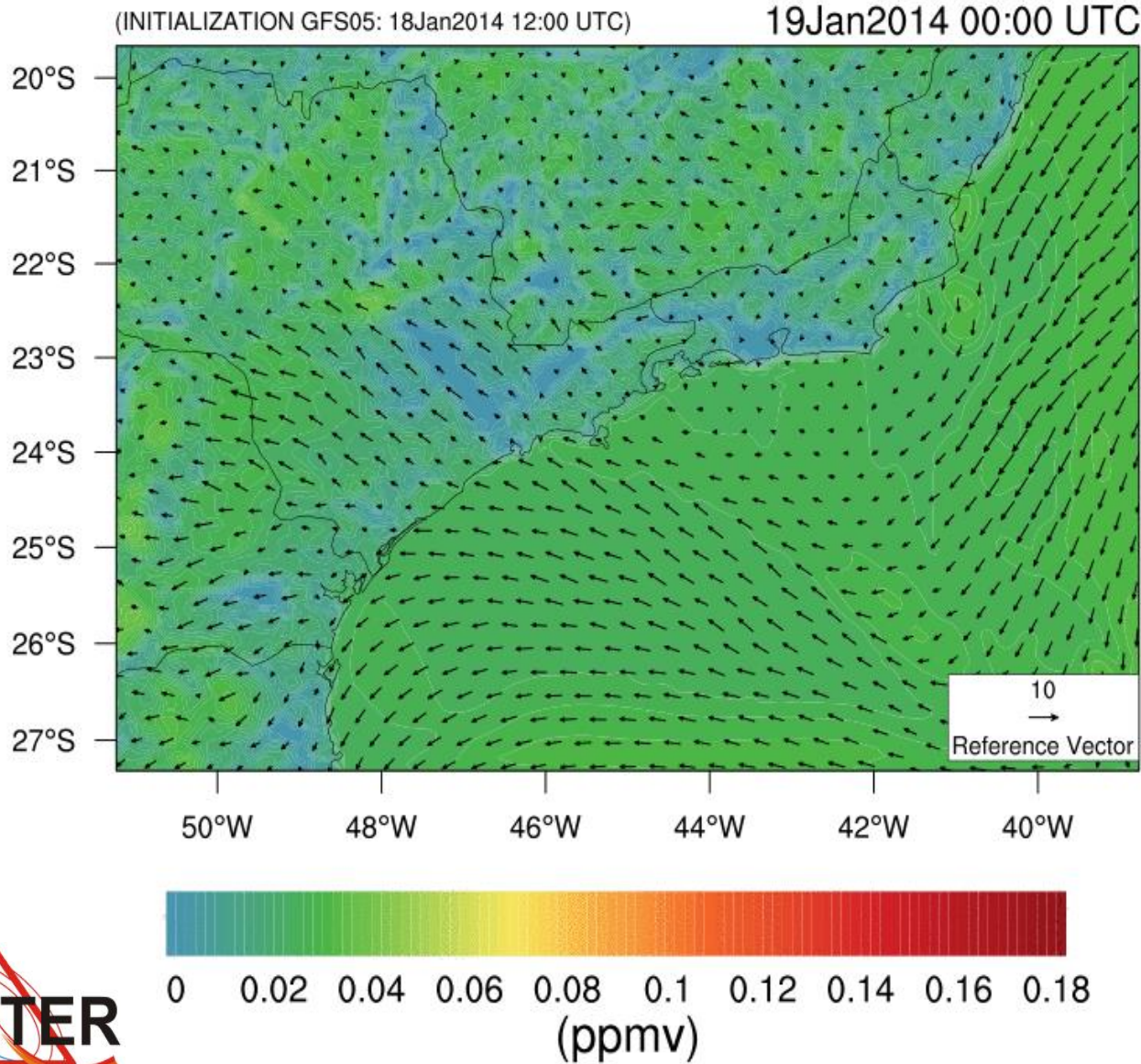


CO EMISSIONS (mol km⁻² hr⁻¹)

00:00



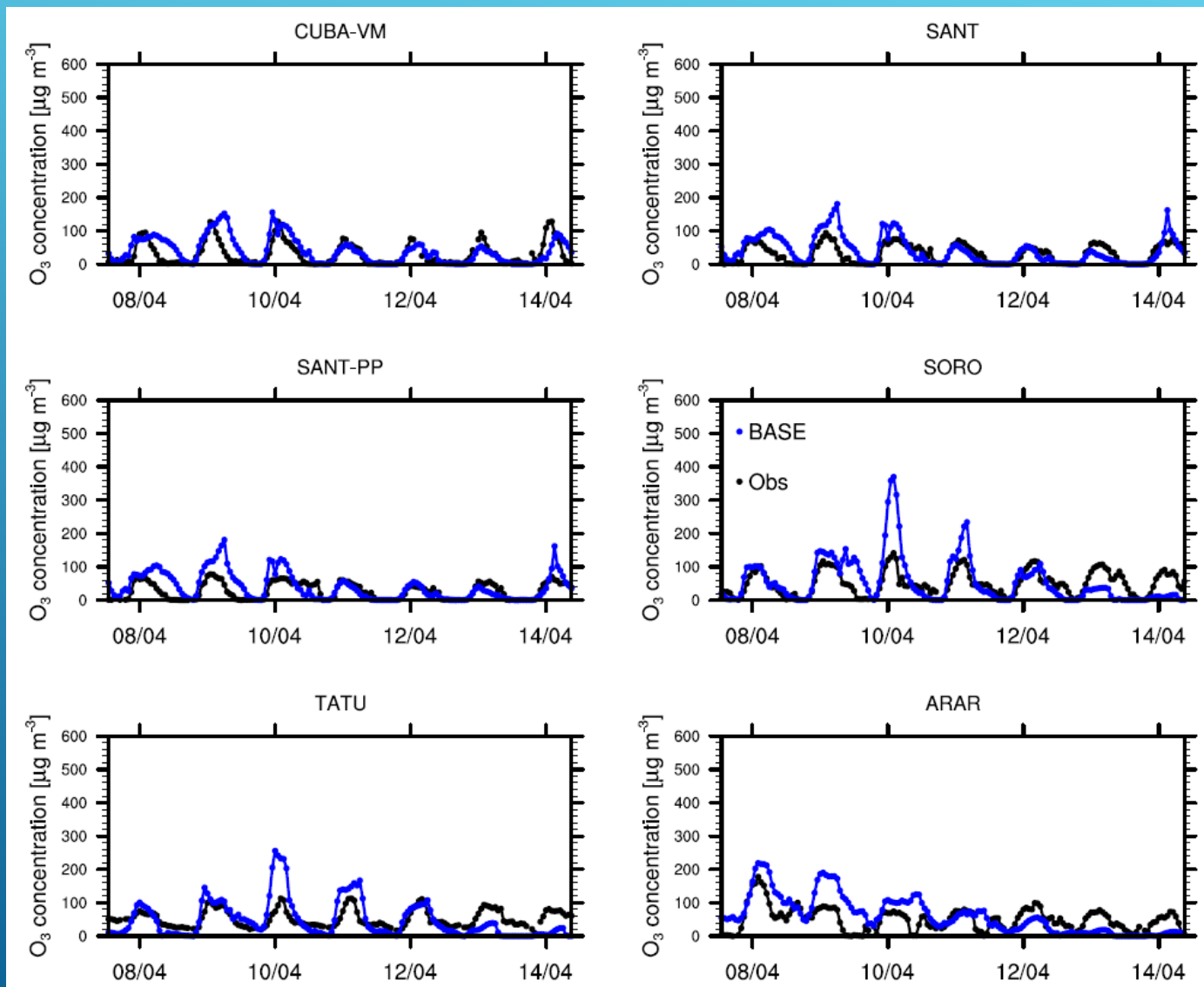
OZONE CONCENTRATION and SURFACE WIND



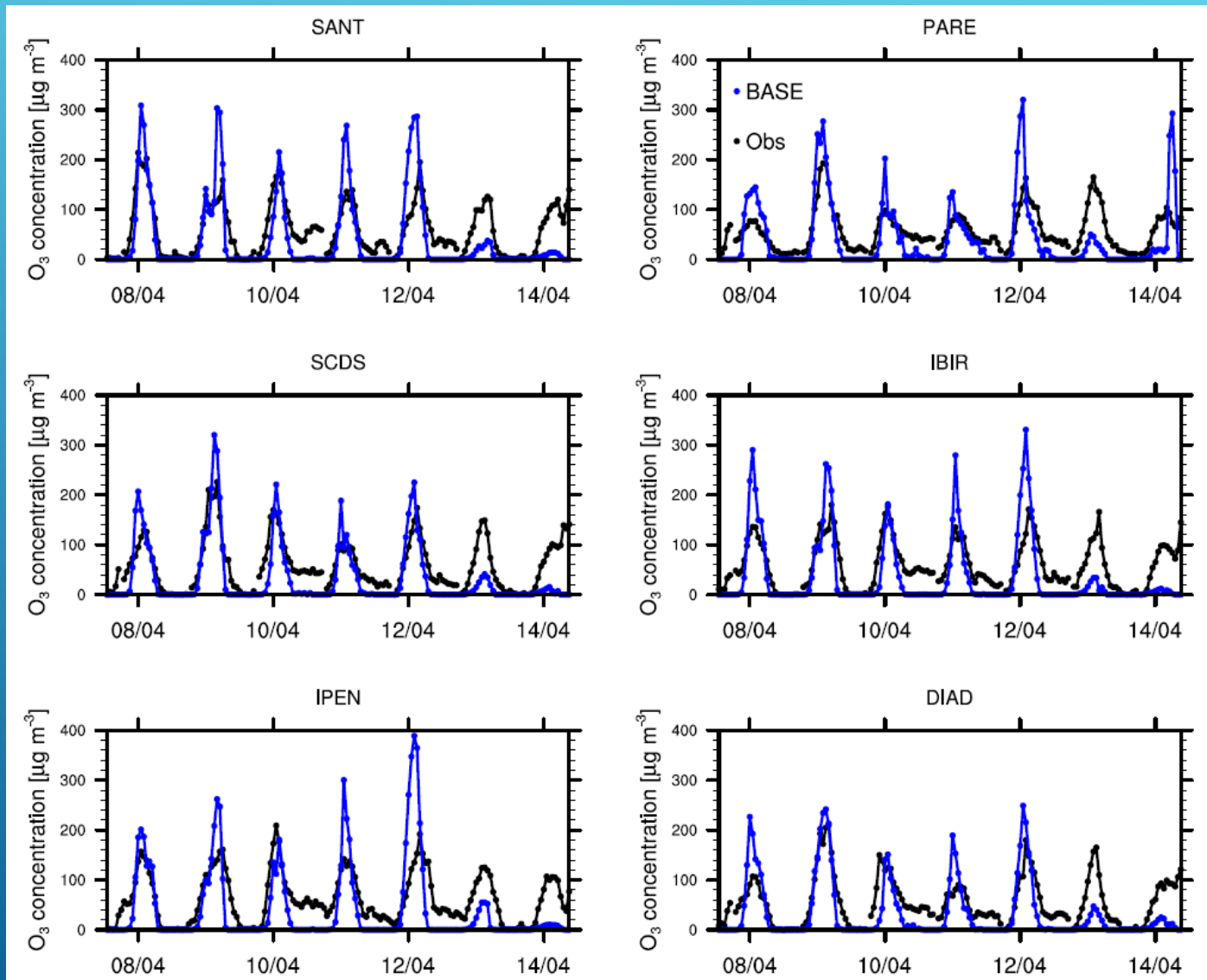
SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

CENÁRIO BASE 2016 X OBSERVAÇÕES

Cenário Base 2016 x observações

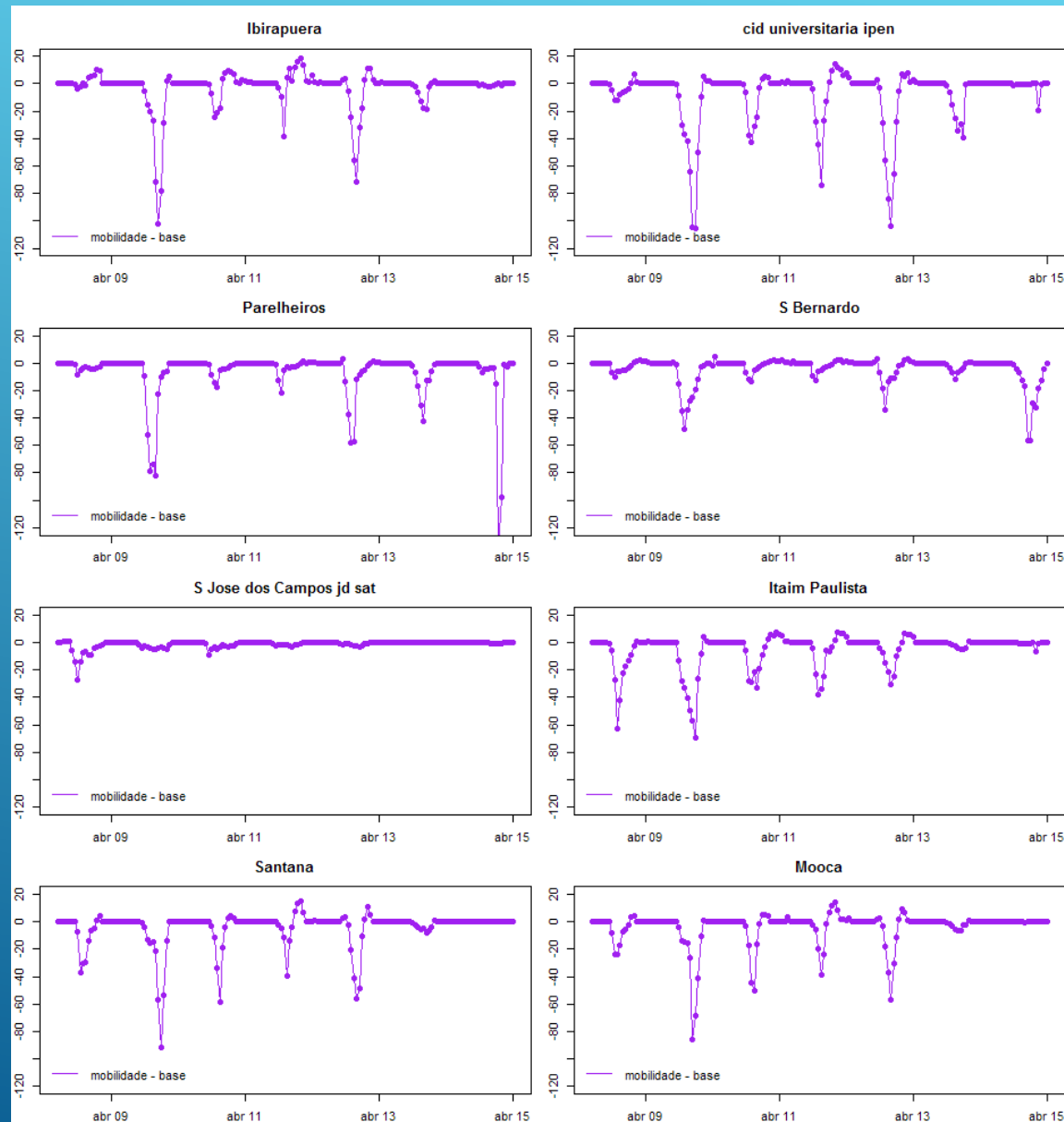


Cenário Base 2016 x observações



CENÁRIO BASE 2016 X MOBILIDADE

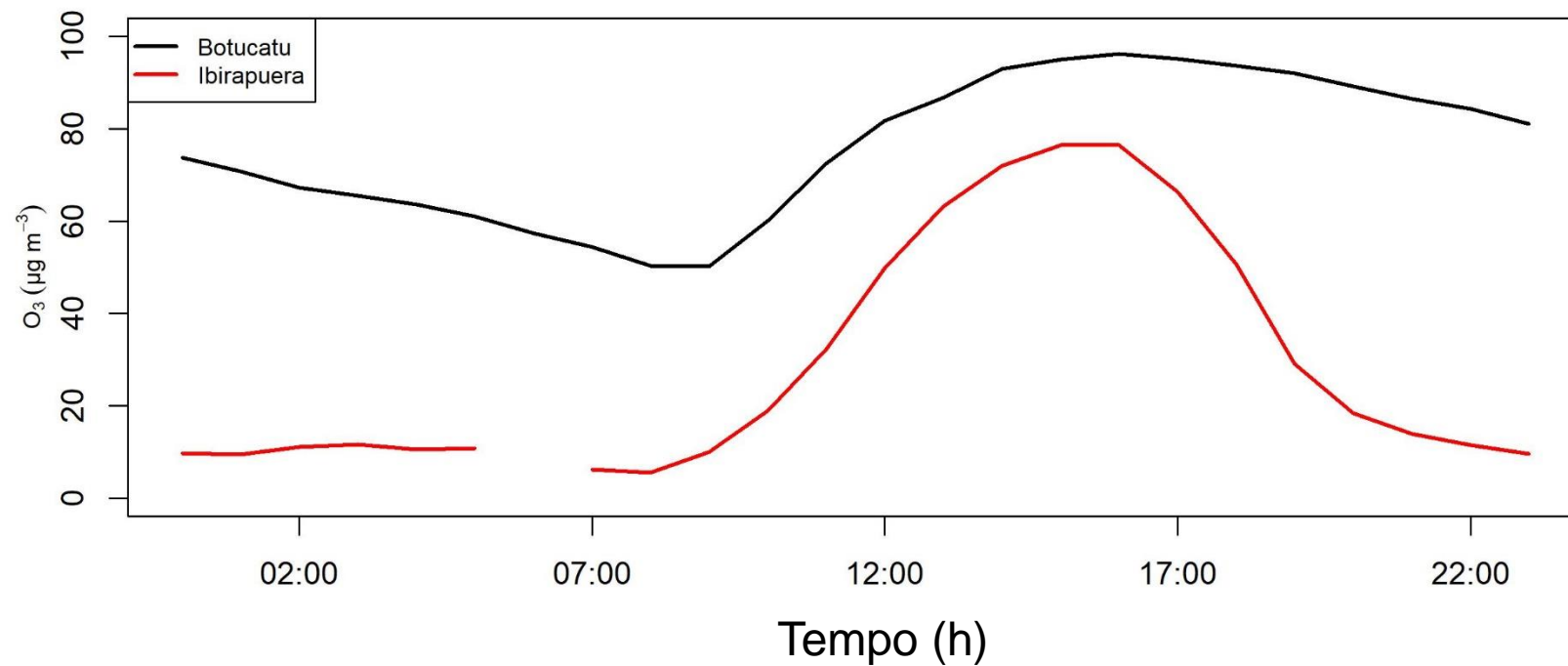
Cenário Base 2016 x Mobilidade (Ozônio)



ALGUNS DESTAQUES

- Modelos numéricos podem servir como ferramentas importantes em diagnóstico, previsão e gestão da qualidade do ar
- A escolha sobre qual modelo utilizar depende da aplicação e escalas espacial e temporal.
- Apesar de alguns bons resultados, alguns aspectos ainda carecem de melhora significativa (emissões por fontes fixas, por exemplo).
- É preciso investimento contínuo na rede de monitoramento e no levantamento das fontes emissoras (onde estão os dados de fontes fixas?)

Ciclo diurno médio – Botucatu - SP



OBRIGADO POR SUA ATENÇÃO



BRAMS

Contato: edmilson.freitas@iag.usp.br

<http://www.master.iag.usp.br>

<http://www.lapat.iag.usp.br/aerossol/wrf9/index.php>