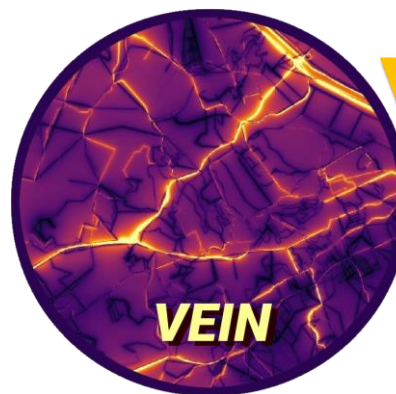




Modelo de Emissão de Poluentes Veiculares em São Paulo



**Veicular
Emission
INventory**

Equipe

Dr. Carlos Eduardo Souto de Oliveira

Dr. Sérgio Ibarra Espinosa

Dr. Angel Vara Vela

Dra. Ana Paula Francisco

Instituições / Pesquisadores Parceiros

Dra. Maria de Fátima Andrade (USP-IAG-LAPAt)

Dr. Edmilson Freitas (USP-IAG – MASTER)

Dra. Rita Yuri Ynoue (USP-IAG)

Dr. Daniel Schuch (USP-IAG)

Msc. Mário Eduardo Gavidia Calderon (USP-IAG)

Tópicos da Apresentação

Previsão da Qualidade do Ar



+ WRF-Chem



Backgorund



Inventários de Emissão: Compilação da quantidade de poluentes emitidos para a atmosfera em uma determinada área por unidade de tempo;

Exemplos:

- Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC);
- Emission Database for Global Atmospheric Reserach (EDGAR)
- Inventários de Emissão Nacionais (EMEP/EEA)
- Inventário Nacional de Emissões Veiculares (MMA)
- Inventário de Emissões Veiculares (CETESB)

Abordagens utilizadas para elaboração de Inventários:

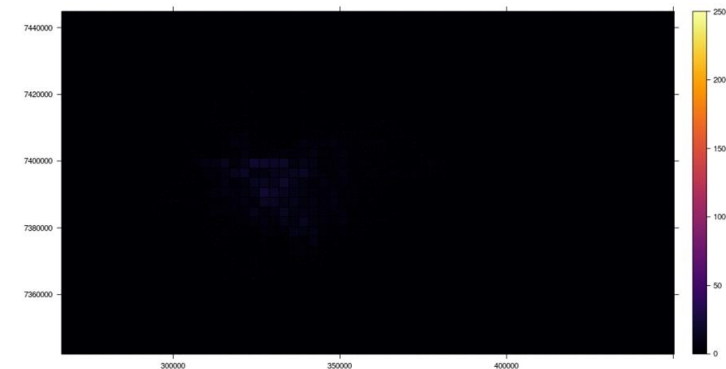
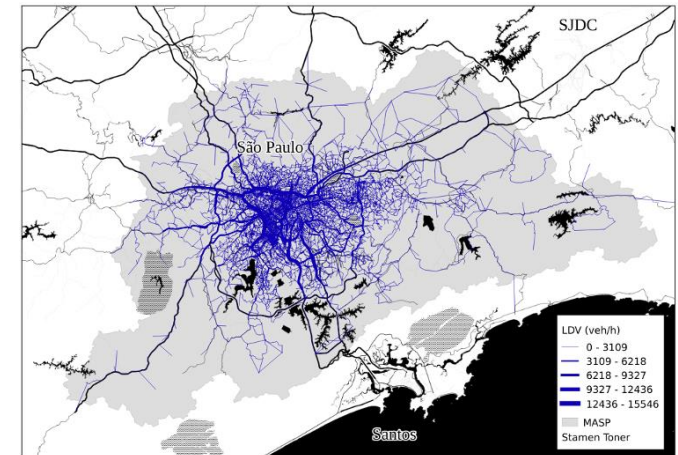
Top-down: Inventários com menor resolução espaço/tempo de caráter geral, realizado a partir de estatísticas nacionais. Emprega-se fatores de emissão gerais (combustível p.ex.) sem detalhamento (por veículo p.ex.);

Bottom-up: Informações detalhadas com maior resolução espaço/tempo. Por exemplo, pode-se estimar as emissões por tipo de veículo (frota), combustível, distância percorrida, tipo de via, etc.

Utilidade dos Inventários

Tomada de decisão / planejamento urbano
(Políticas Públicas):

- Quais fontes e tipos de processos são mais poluentes ?
- Emissões por tipo de frota veicular ?
- Tipos de poluentes por via ?
- Impacto da circulação veicular na qualidade do ar local e regional ?
- Quais as mudanças mais eficazes para melhorar os níveis de poluição ?

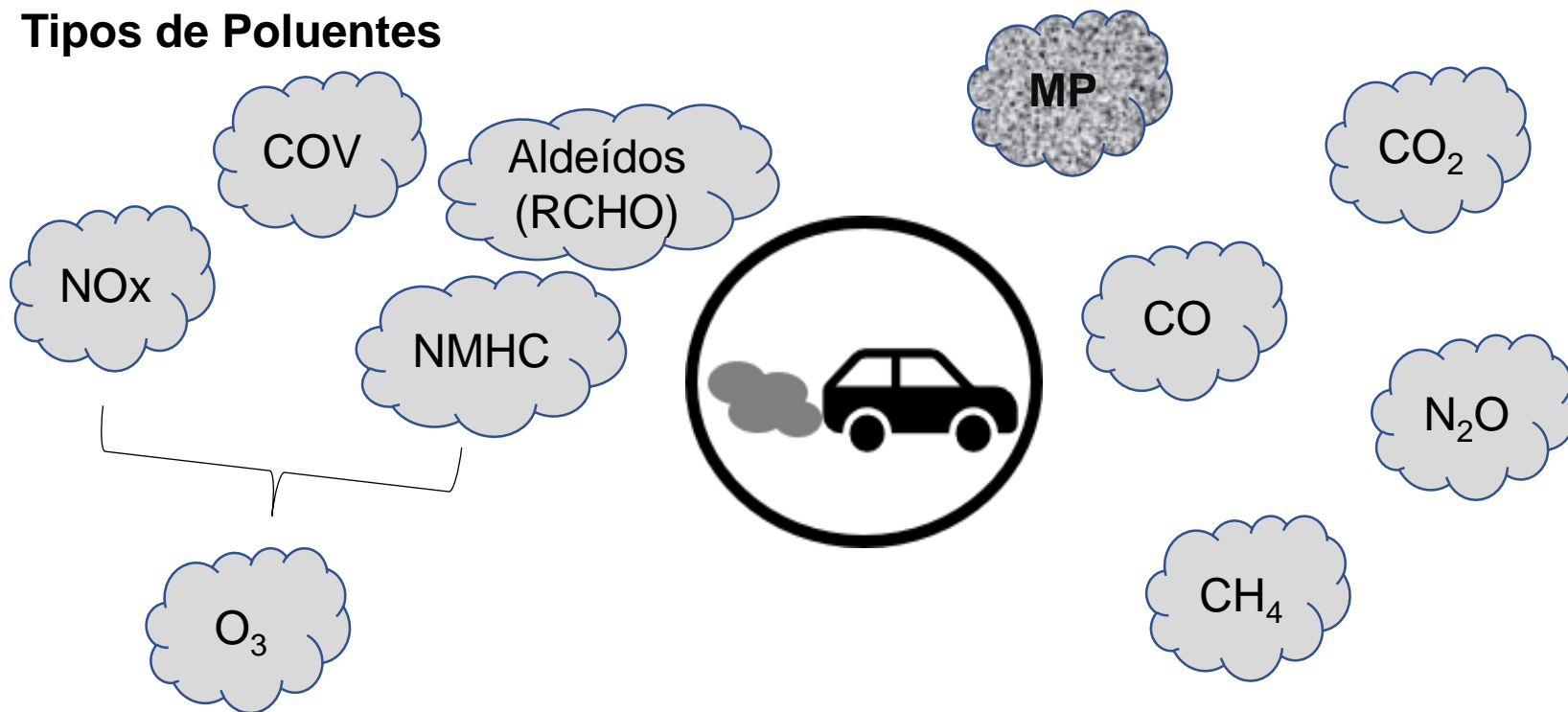


Emissões Veiculares vs Poluentes Atmosféricos

Tipos de Emissões

- Emissão de escapamento: Queima de combustível no motor (Otto e Diesel);
- Emissão Evaporativa: Gases gerados pela evaporação do combustível (Abastecimento, respiro)

Tipos de Poluentes



Impacto na saúde e no clima



Maior problema ambiental relacionado a saúde pública no mundo;

Milhões de morte prematuras a cada ano;

Doenças cardiovasculares, respiratórias e câncer;

Mudanças climáticas:

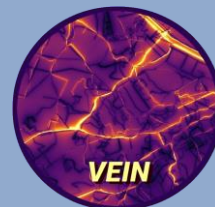
Efeitos no balanço radiativo

Processos de precipitação



Tópicos da Apresentação

Previsão da Qualidade do Ar



+ WRF-Chem



Background

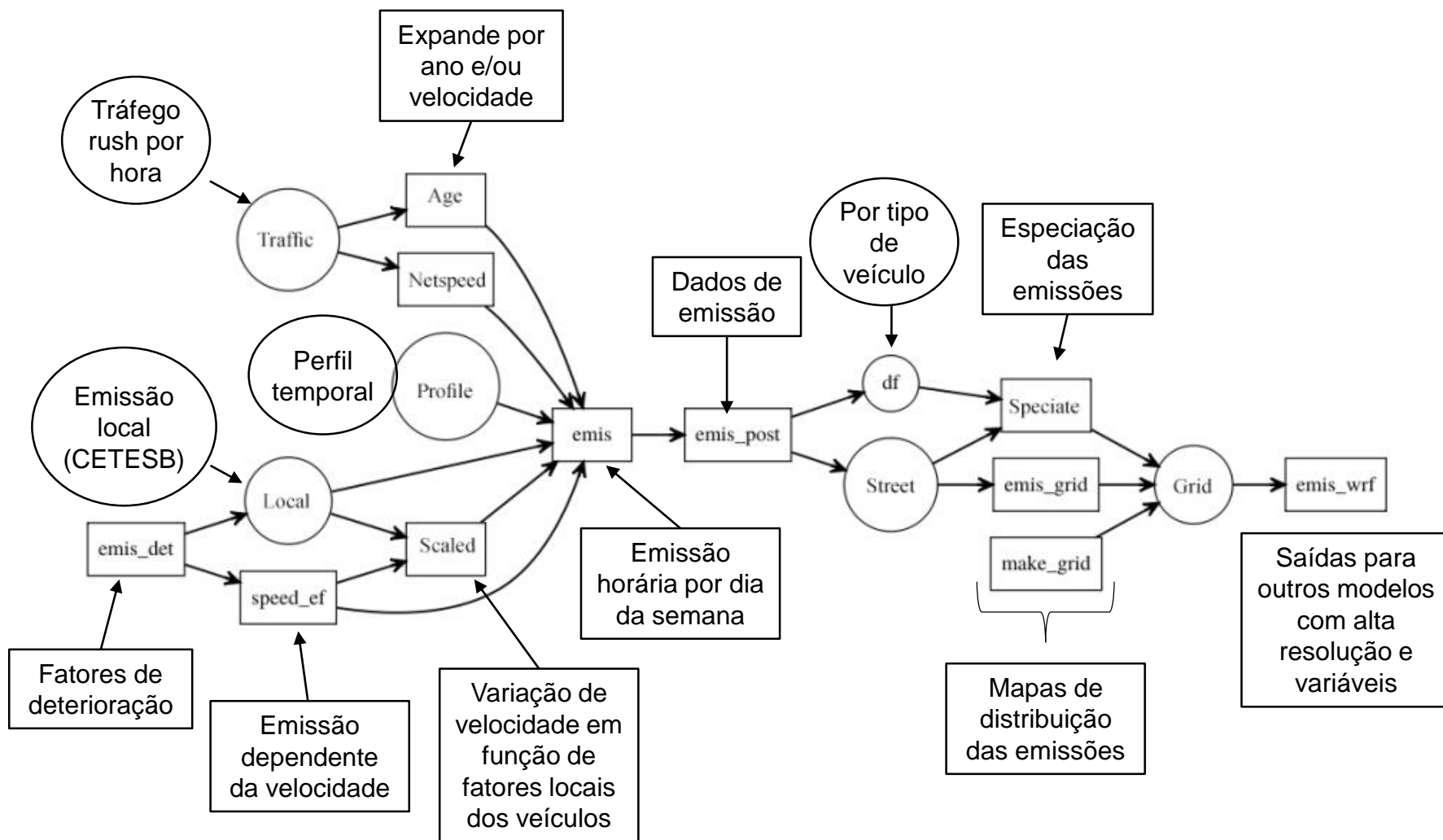


Ferramenta para estimativa de emissões veiculares com informações detalhadas em alta-resolução espaço/tempo usada para o planejamento urbano.

Representação do modelo VEIN (R Package)

Dados

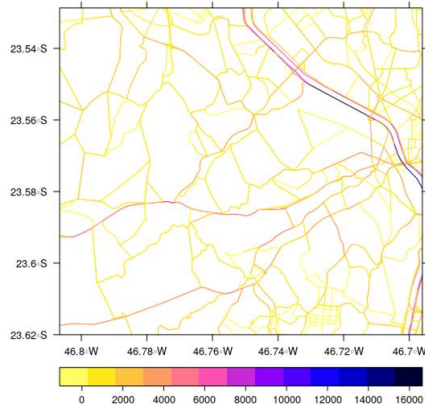
Funções



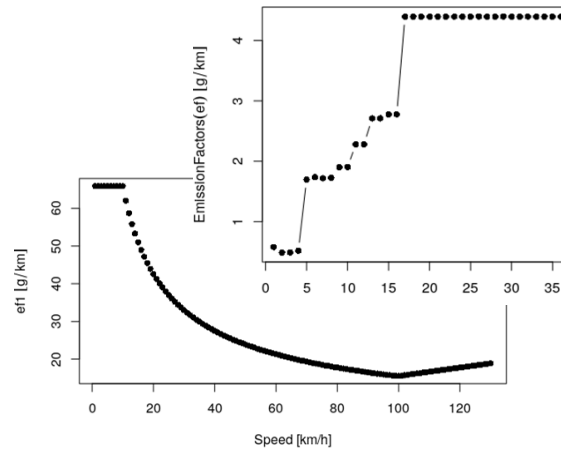
Function	Description	Reference
age_hdv	Distribution of HDV by age of use	Ministério do Meio Ambiente (2011)
age_ldv	Distribution of LDV by age of use	Ministério do Meio Ambiente (2011)
age_moto	Distribution of motorcycle by age of use	Ministério do Meio Ambiente (2011)
ef_evap	Evaporative emission factors	Mellios and Ntziachristos (2016)
ef_hdv_scaled	List of scaled emission factors for HDV	Ntziachristos and Samaras (2016)
ef_hdv_speed	HDV emission factors	Ntziachristos and Samaras (2016)
ef_ldv_cold	LDV cold-start emission factors	Ntziachristos and Samaras (2016)
ef_ldv_cold_list	List of LDV cold-start emission factors	Ntziachristos and Samaras (2016)
ef_ldv_scaled	List of scaled emission factors for LDV	Ntziachristos and Samaras (2016)
ef_ldv_speed	LDV emission factors	Ntziachristos and Samaras (2016)
ef_wear	Tire and brake wear, road abrasion	Ntziachristos and Boulter (2009)
EmissionFactors	Creates class <i>EmissionFactors</i> (g km^{-1})	
EmissionFactorsList	Creates class <i>EmissionFactorsList</i> (g km^{-1})	
Emissions	Creates class <i>Emissions</i> (g h^{-1})	
EmissionsArray	Creates class <i>EmissionsArray</i> (g h^{-1})	
EmissionsList	Creates class <i>EmissionsList</i> (g h^{-1})	
emis	Estimation to hour and day of the week	
emis_cold	Cold-start estimation	Ntziachristos and Samaras (2016)
emis_det	Deterioration factors	Ntziachristos and Samaras (2016)
emis_evap	Evaporative estimation	Mellios and Ntziachristos (2016)
emis_grid	Allocation on rectangular grid	
emis_paved	Resuspension of paved roads	U.S. EPA (2016)
emis_post	Post-processing of emissions	
emis_wear	Estimation of wear emissions	Ntziachristos and Boulter (2009)
emis_wrf	Creating data frame to NCL AS4WRF	Vara-Vela et al. (2016)
Evaporative	Creates class <i>Evaporative</i> (g d^{-1})	
fe2015	Data of CETESB emission factors	CETESB (2016)
ikm	Data of mileage functions by vehicle	Bruni and Bales (2013)
hot_soak	Hot-soak evaporative	Mellios and Ntziachristos (2016)
make_grid	Rectangular grid	
my_age	Distribution of vehicles by age of use	
net	Data of traffic simulation of west São Paulo	CET (2014)
netspeed	Estimate average speed	
pc_profile	Data of temporal factors	ARTESP (2012)
pc_cold	Data of vehicle start pattern	Lemos et al. (2004)
running_losses	Evaporative estimation	Mellios and Ntziachristos (2016)
speciate	Split by species	Ntziachristos and Samaras (2016), Ibarra (2017)
Speed	Creates class <i>Speed</i> (km h^{-1})	
temp_fact	Expand hourly traffic	
Vehicles	Creates class <i>Vehicles</i> (h^{-1})	
vkm	Determination of vehicle kilometers	

Soluções do VEIN

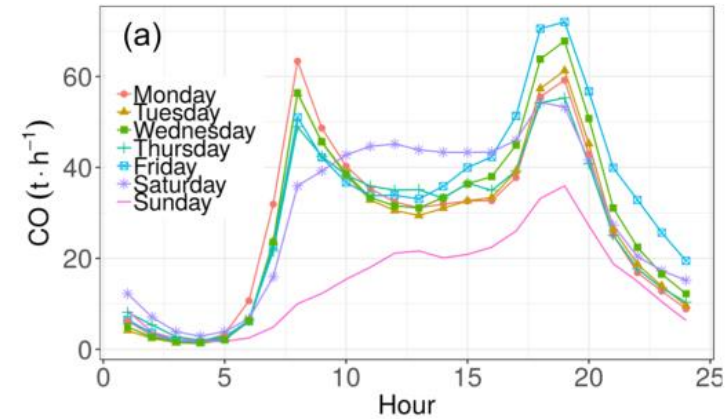
Tráfego (Veic h⁻¹)



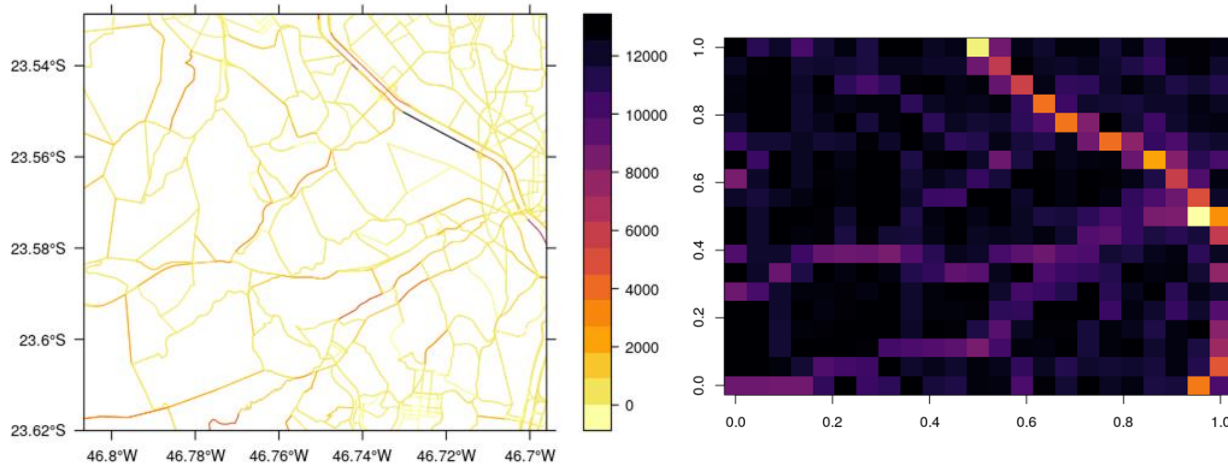
Fatores de Emissão (g Km⁻¹)



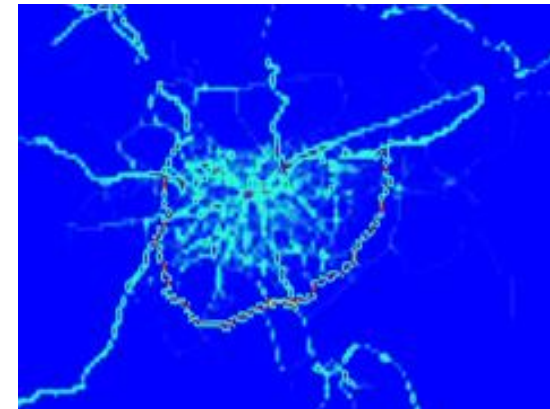
Emissão em função de variáveis (t h⁻¹ ou t ano⁻¹)



Mapas de Emissão de diferentes variáveis (poluentes, veículos, resoluções espaço/tempo, etc.) (g h⁻¹)

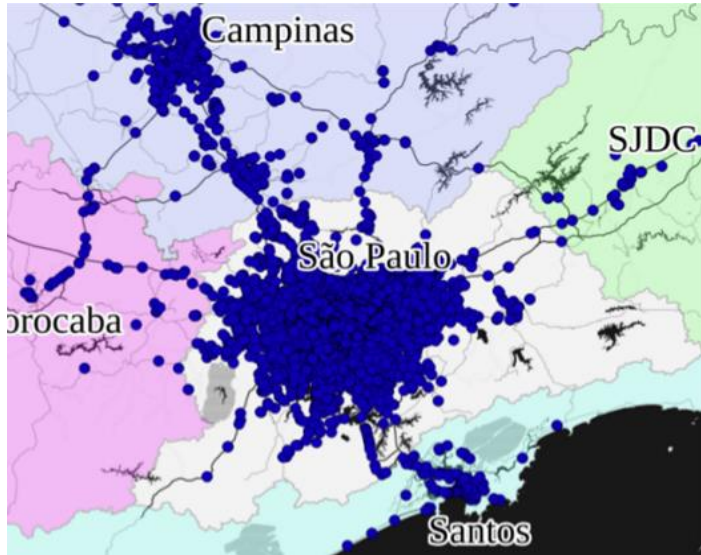


Modelos de Qualidade do Ar

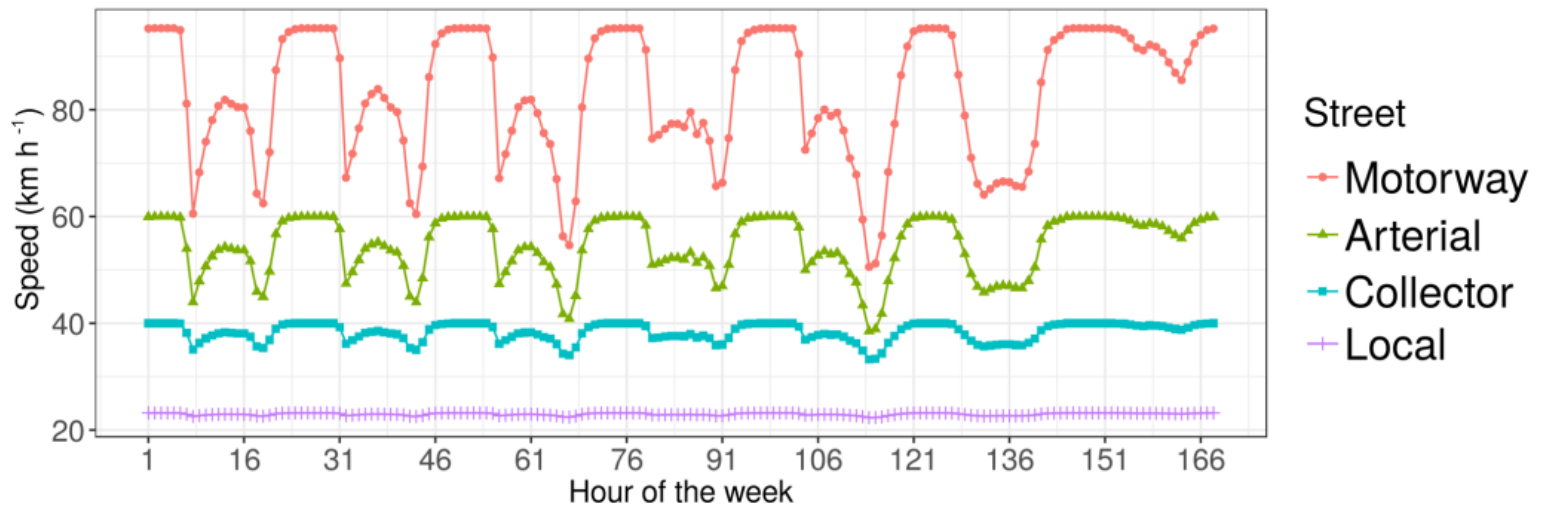
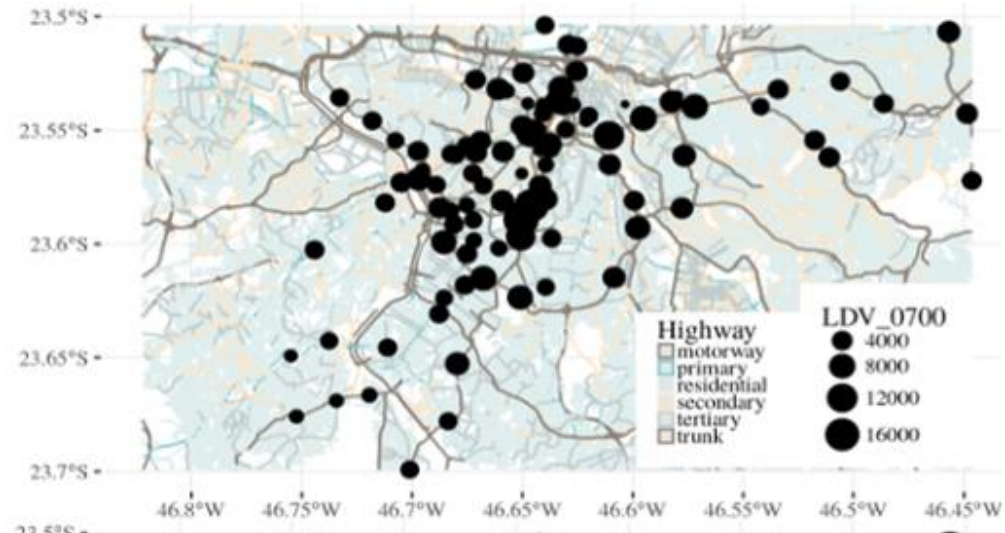


Seleção dos dados (vias, quantidade de veículos, velocidade)

MapLink (GPS)

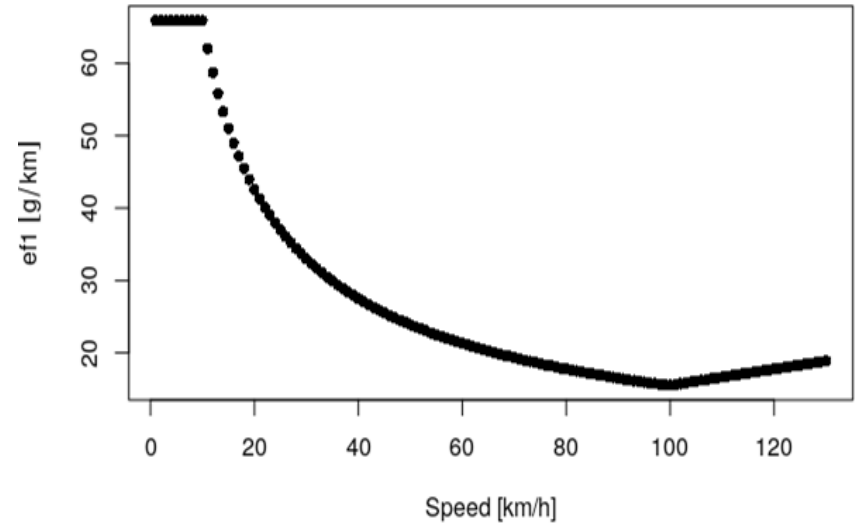
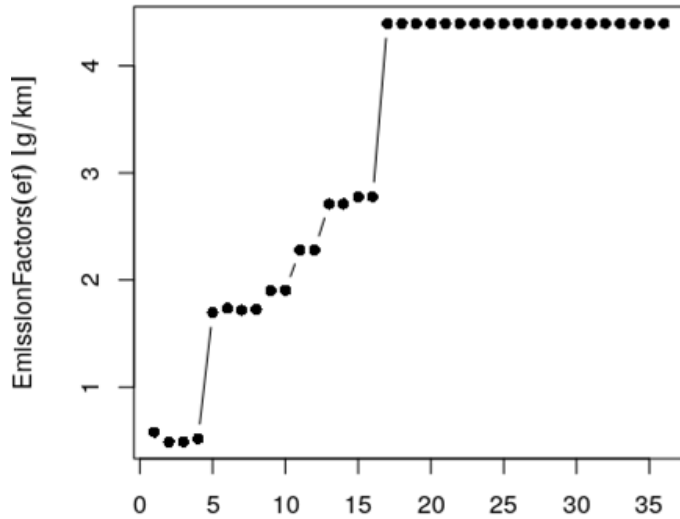


CET



Seleção dos dados

(Fatores de Emissão, ano, velocidade, deterioração, etc.)

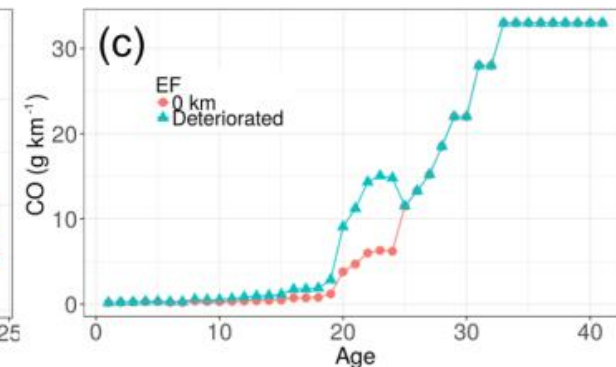
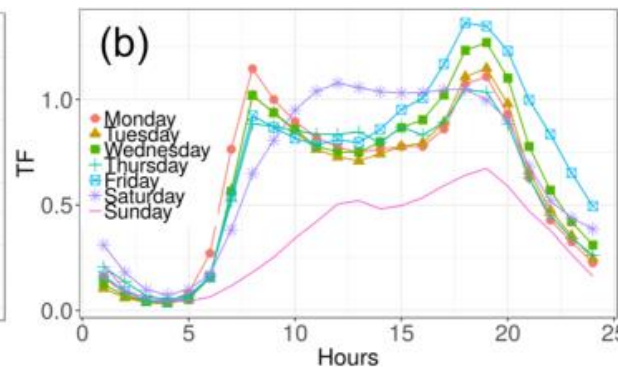
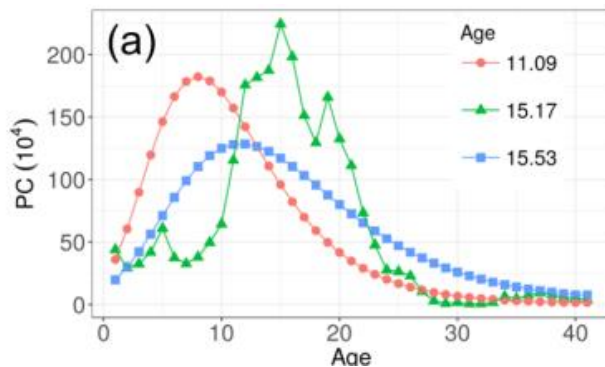


Ano de uso dos veículos leves
(diferentes realidades)

CETESB, 2016 / vendas

Default ou constante

Fator temporal para expandir os dados
de rush para outros horários



Exemplos: Velocidades de veículos leves na RMSP

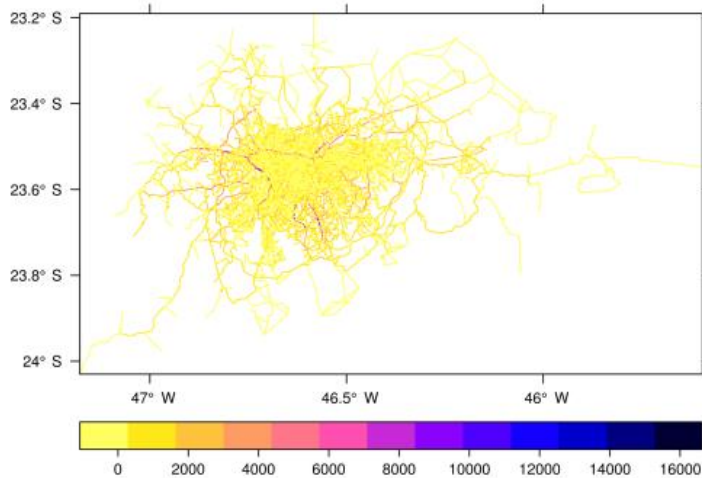


Figure 2. Traffic flow simulation for LDV (veh h^{-1}) at 08:00–09:00 LT for MASP.

Extrapolação do fluxo de veículos leves por hora e velocidade

Volume total: 24 708 767 veh h^{-1}

Vias (ruas): 34 733

Média: 711 veh h^{-1} via^{-1}

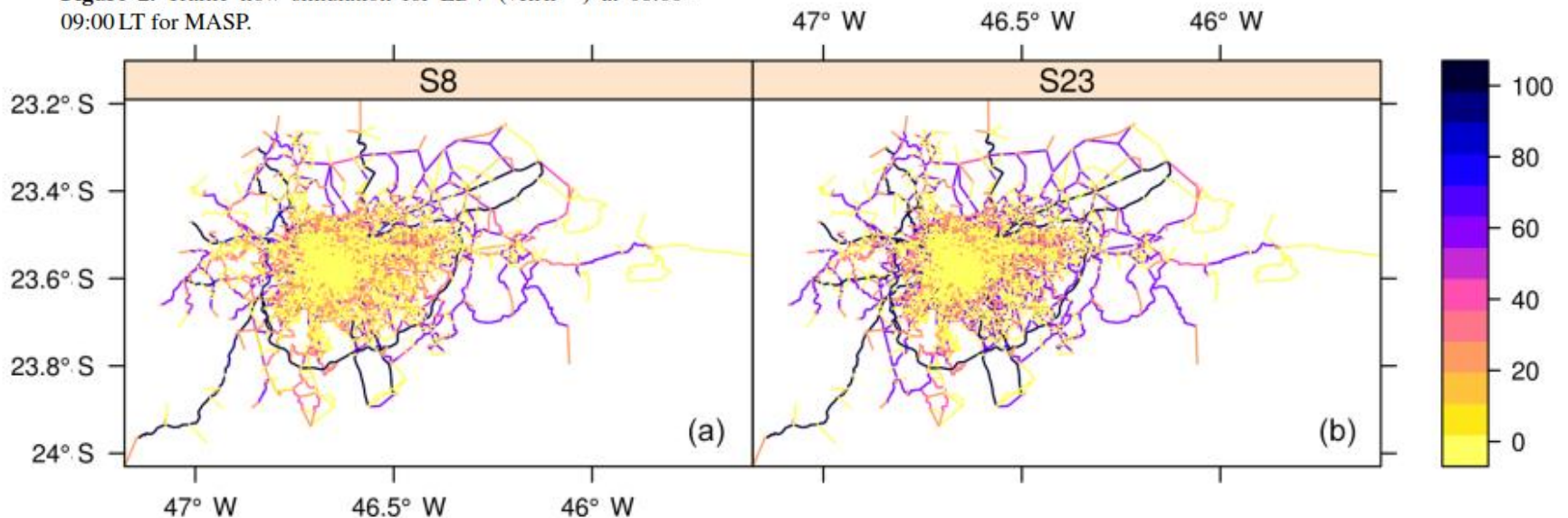


Figure 3. Traffic speeds (colored lines; km h^{-1}) for LDV fleet at 08:00 LT (a) and 23:00 LT (b) in MASP.

Exemplo: Emissões horárias de CO por dia da semana

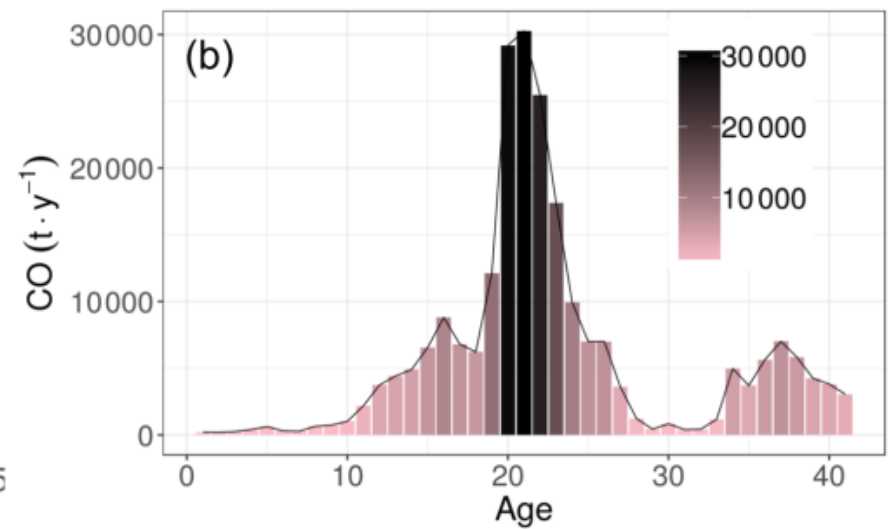
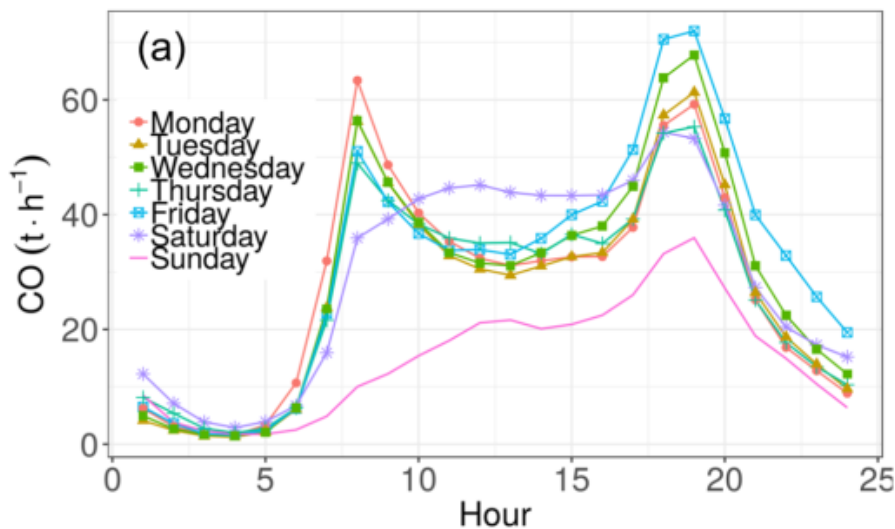
Veículos leves, gasolina+25% etanol, 15,17 anos, 24 708 767 veh h⁻¹

Emissão total de CO: 233.095 t y⁻¹,

maior contribuição veículos 20 a 23 anos (representa 15 % da frota)

Porém emite 64% do total de CO (148.712 t y⁻¹)

Principal motivo deterioração do conversor catalítico



Exemplo: Distribuição espacial das emissões

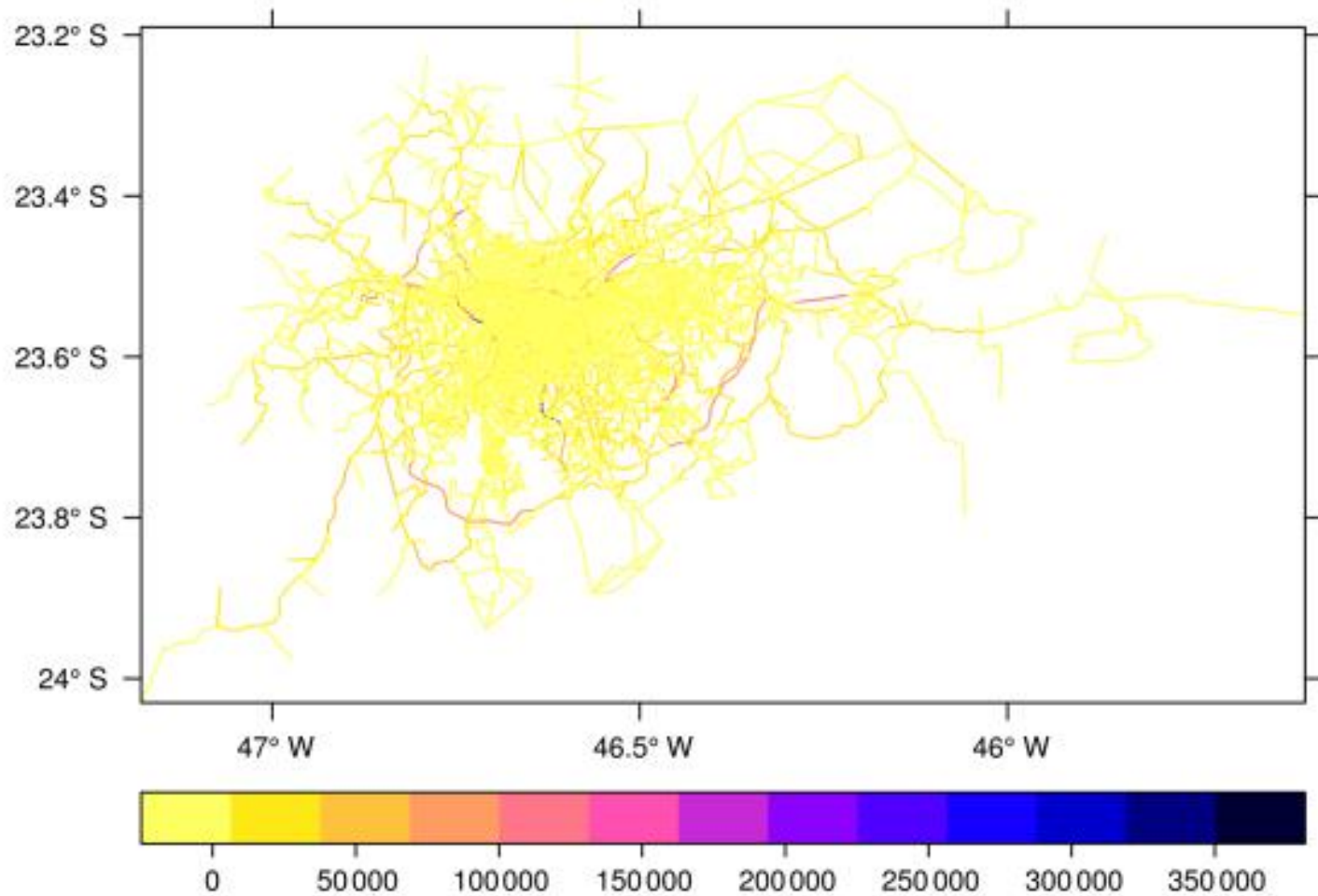


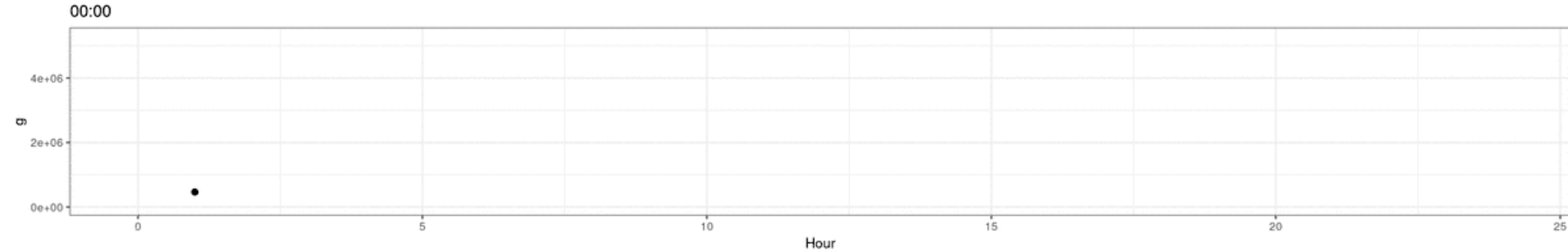
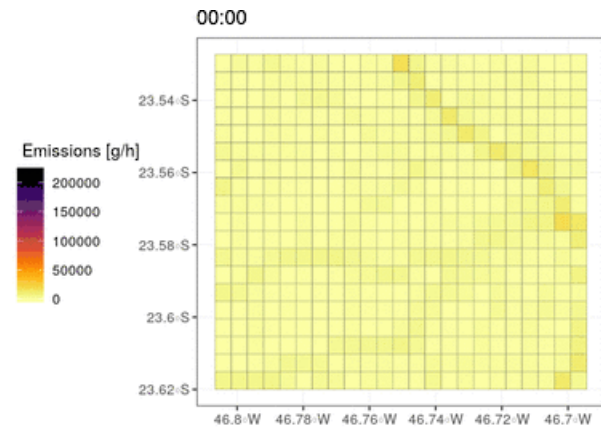
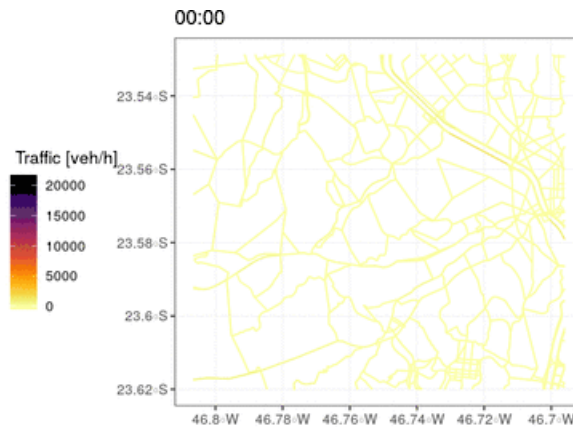
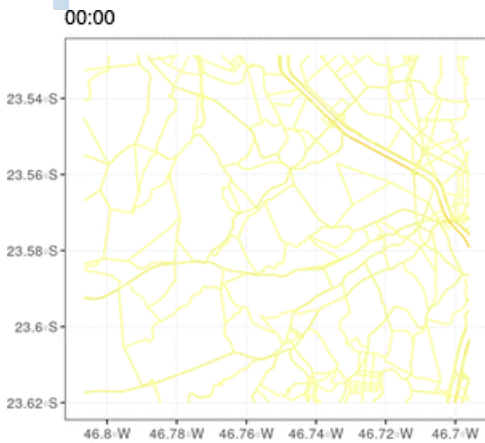
Figure 7. CO emissions (colored lines; g h^{-1}) for LDV on Friday 19:00 LT over MASP.

Exemplos: Distribuição das emissões para área específica ao longo do dia (USP e arredores)

Emissões de CO (g h⁻¹) para veículos leves

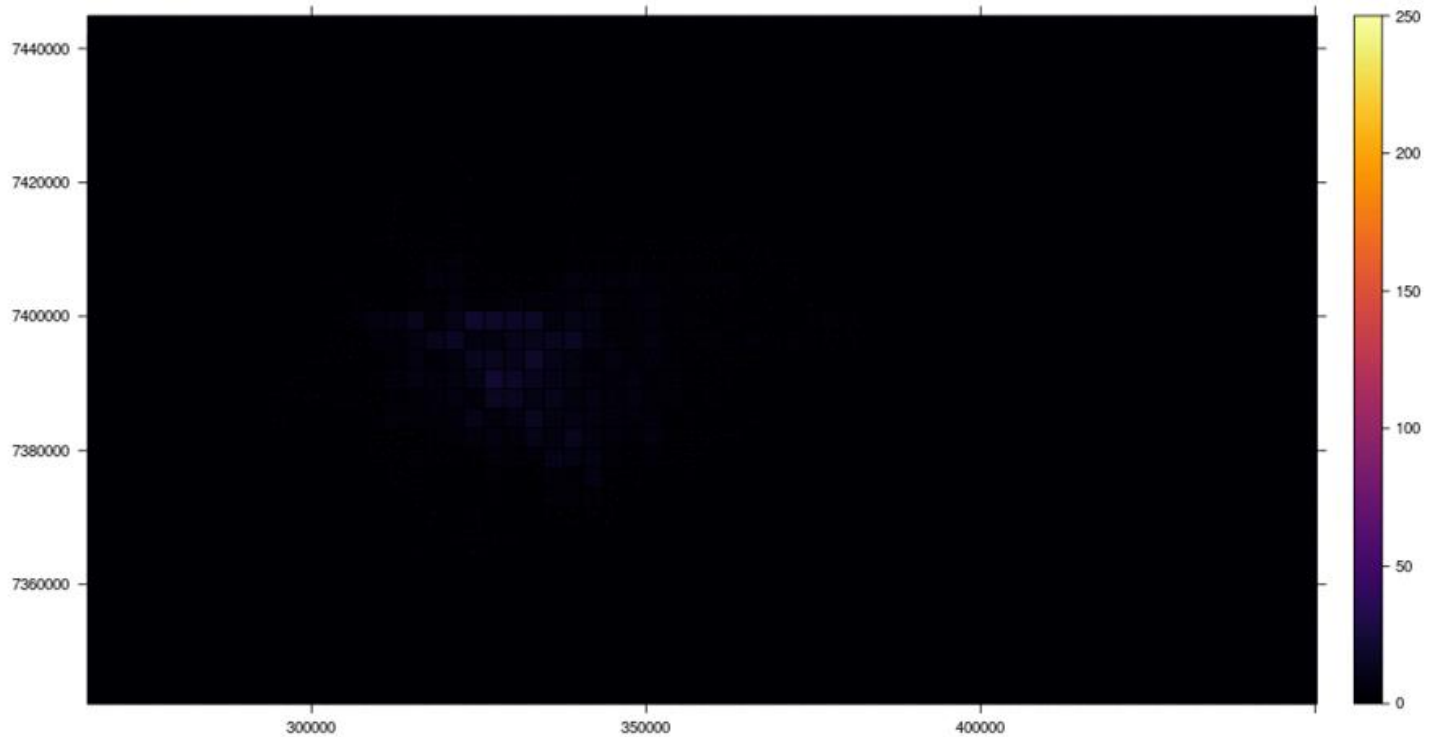
Tráfego de veículos leves (veh h⁻¹)

Emissões horárias de CO (g h⁻¹) com diferentes resoluções espaciais (0,5 Km e 1 Km)



Exemplo: Emissões de aldeídos na RMSP

Veículos totais, Resolução de 1Km



Exemplo: Distribuição espacial das emissões modelo (Validação / VAntagens)

VEIN: Resolução < 1Km, Bottom-up.

EDGAR: ~ 12Km, Top-down.

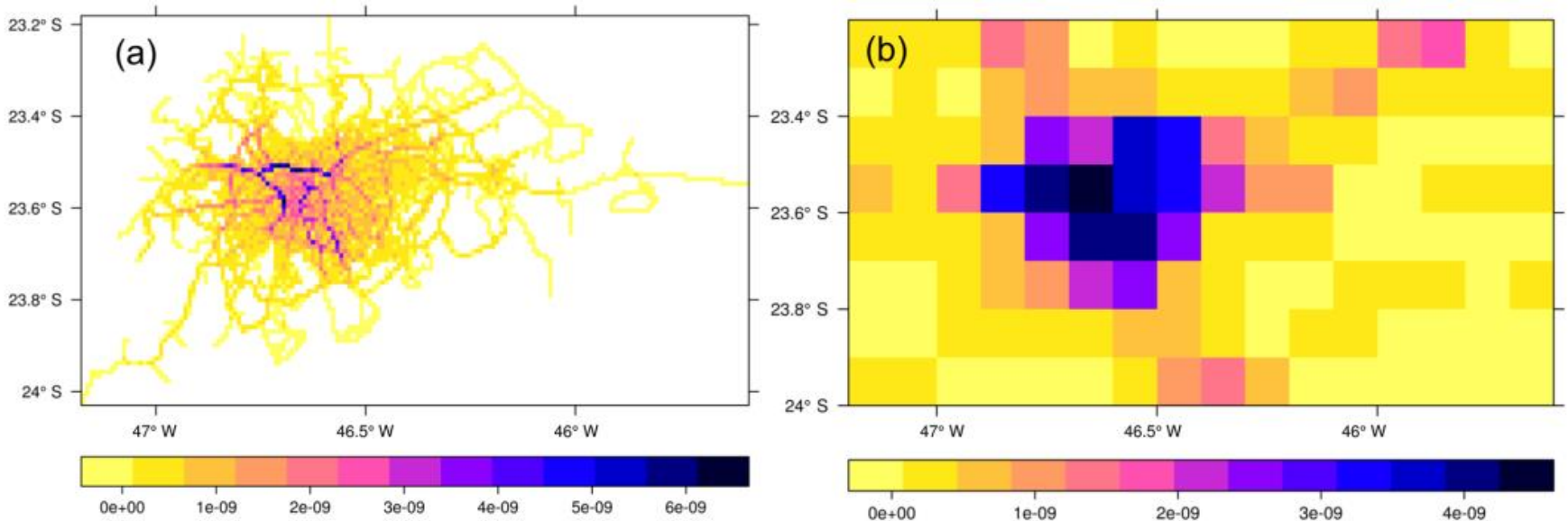
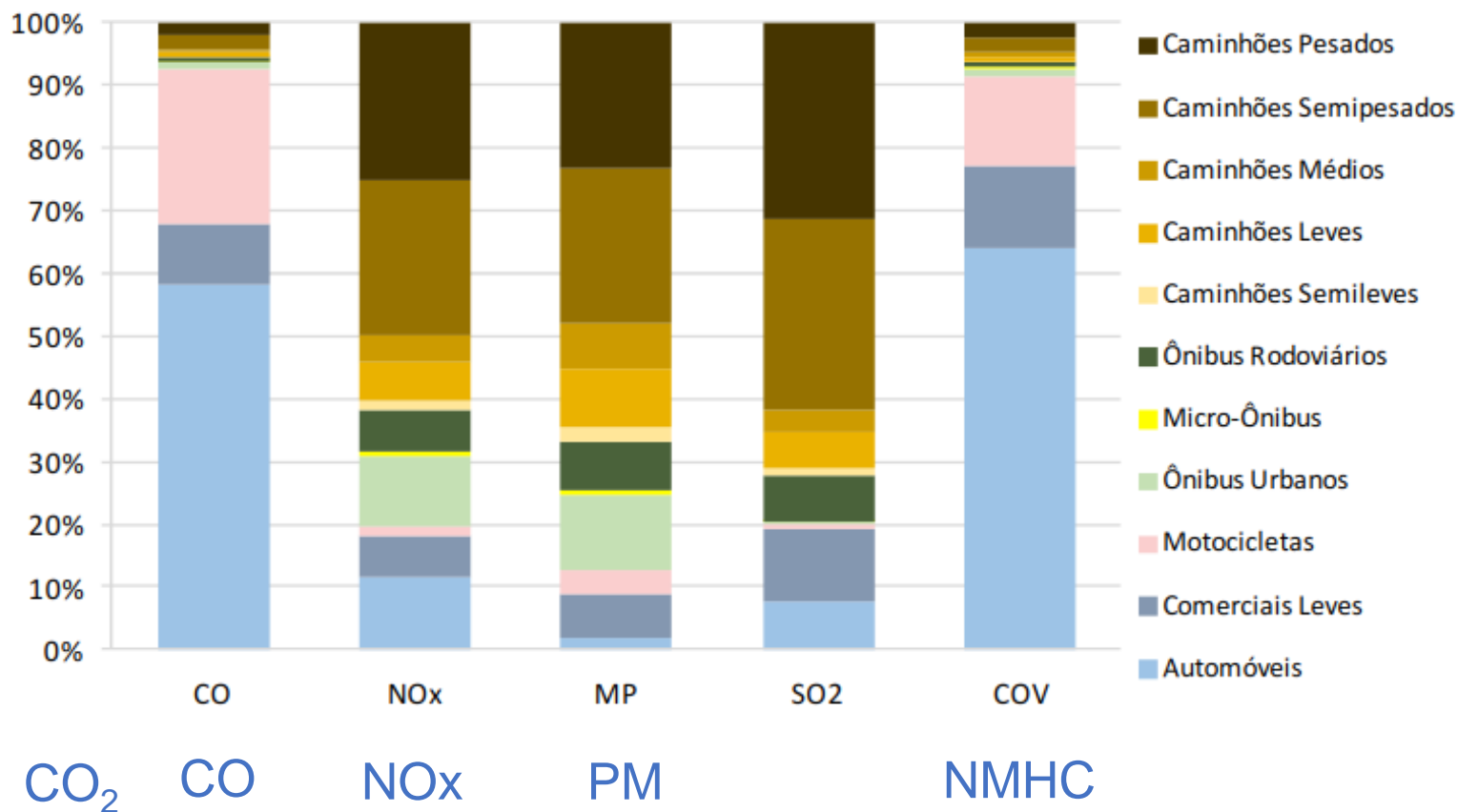


Figure 8. CO emissions ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$) in MASP for (a) Monday at 00:00:00 LT, estimated with VEIN; (b) the emissions of road transport for the same area from EDGAR.

Exemplos: Emissão de outros poluentes na RMSP

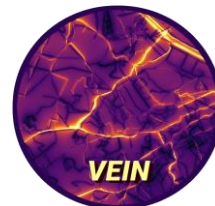
Veículos Totais, segunda-feira 8h00

Gráfico 23 - Contribuição relativa de cada categoria na emissão de poluentes no estado de São Paulo em 2015



Tópicos da Apresentação

Previsão da Qualidade do Ar



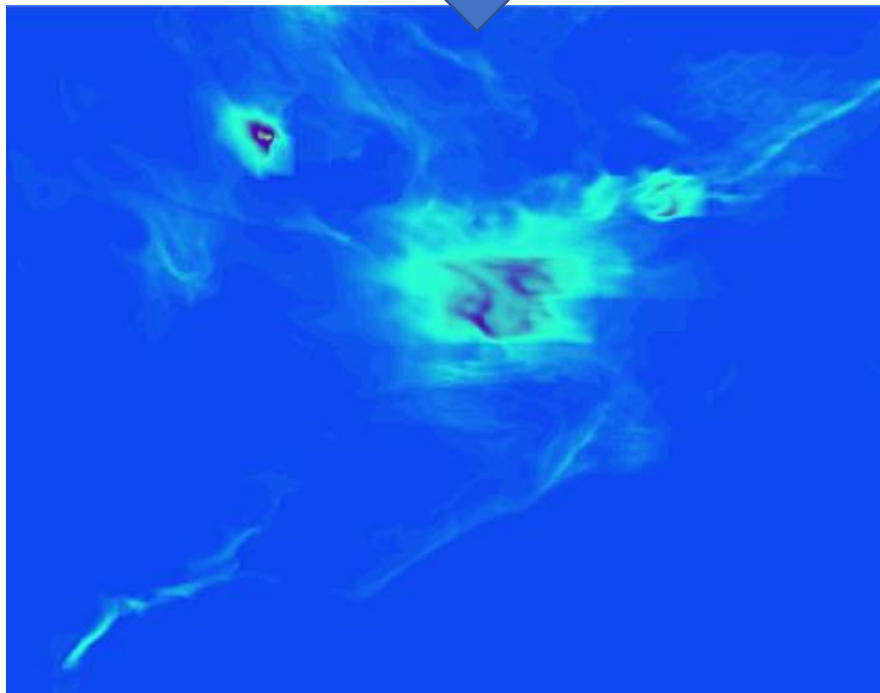
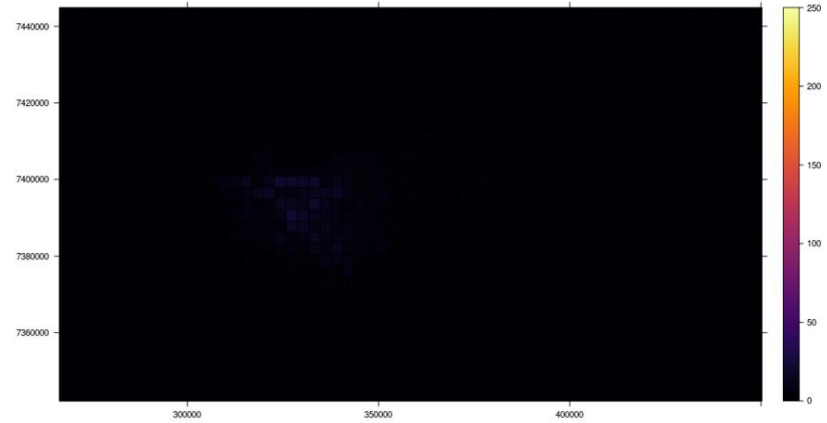
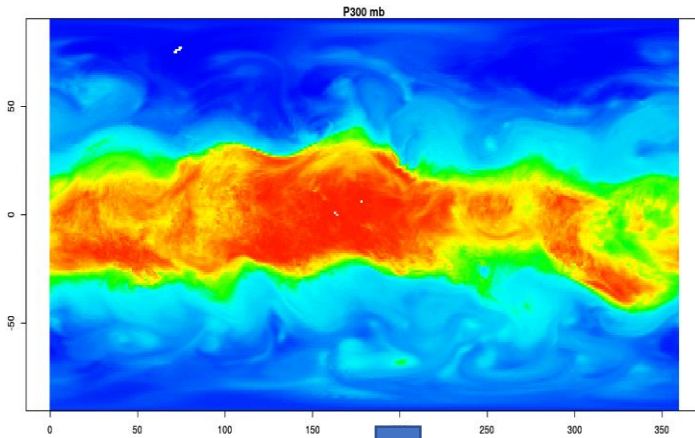
+ WRF-Chem

Background

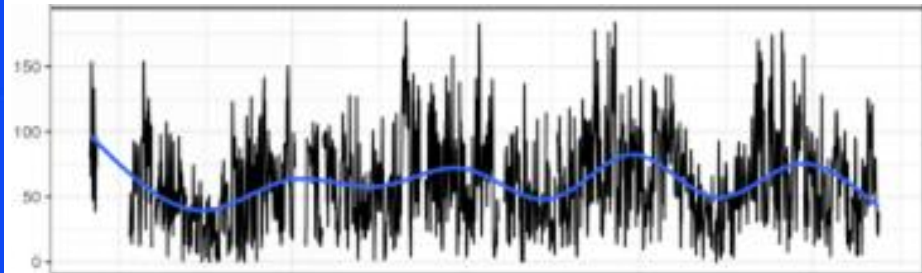


Meteorologia

Emissões (VEIN)



Modelo de Qualidade do Ar



Modelo WRF-Chem – Previsão da Qualidade do Ar

Weather and Research Forecasting (WRF) - Chemistry

Desenvolvido e atualizado por comunidade internacional:

- National Center for Atmospheric Research (NCAR)
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
- Pacific Southwest National Laboratory (PNLL)

Outras colaborações:

INPE/CPTEC (Brasil)

L'Aquila (Itália)

Aplicações:

- Modelo para previsão do tempo e Qualidade do Ar
- Previsão de concentrações e distribuições de gases, partículas, nuvens (CCN) e propriedades atmosféricas para diferentes cenários;
- Previsão do impacto causado por fontes atmosféricas (queimadas, veículos, industriais, etc.) na qualidade do ar;

Referências

Ibarra-Espinosa, S.; Ynoue, R.; O'sullivan, S.; Pebesma, E.; De Fátima Andrade, M.; Osses, M. VEIN v0.2.2: an R package for bottom-up vehicular emissions inventories. *Geosci. Model Dev.* 2018, 11 (6), 2209–2229.

Ibarra Espinosa, S. A. Air pollution modeling in São Paulo using bottom-up vehicular emissions inventories. USP-Thesis, 2017, 158.

Ibarra-Espinosa S., Schuch D., Freitas E., (2018). eixport: An R package to export emissions to atmospheric models. *Journal of Open Source Software*, 3(24), 607, <https://doi.org/10.21105/joss.00607>

CETESB, Emissões Veiculares do Estado de São Paulo, 2015.

EEA. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. 2551, No. 21.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental Departamento de Mudanças Climáticas Gerência de Qualidade do Ar. 2011, 114.

Andrade, M. de F.; Ynoue, R. Y.; Freitas, E. D.; Todesco, E.; Vara Vela, A.; Ibarra, S.; Martins, L. D.; Martins, J. A.; Carvalho, V. S. B. Air quality forecasting system for Southeastern Brazil. *Front. Environ. Sci.* 2015, 3 (February), 1–14.

Agradecimentos



**CIDADE DE
SÃO PAULO**
VERDE E
MEIO AMBIENTE



FAPESP
Pesquisa para Inovação



MASTER
METEOROLOGIA APLICADA A SISTEMAS
DE TEMPO REGIONAIS



Contatos: EFS Pesquisa e Inovação

www.vironfinger.com

projetos@vironfinger.com