

Gestão Ambiental: inventário de poluição do ar por fontes móveis

**Reunião do Conselho Superior de Meio Ambiente
COSEMA - FIESP**

Gabriel Murgel Branco

São Paulo, 07 de Agosto de 2019

Inventário de fontes – conceitos fundamentais

- **Objetivo:** priorizar as fontes a serem controladas → veiculares nos centros urbanos
- **Metodologia USEPA / CETESB para fontes veiculares;**
 - $\text{Emissão}_{\text{ton/ano}} = \sum (\text{FE}_{\text{g/km}} * \text{FD} * \text{Utilização}_{\text{km/ano}} * \text{Frota}_{\text{milhões}})_{\text{ano-modelo}}$
- **Necessidades de complementação dos inventários oficiais**
 - **Fatores de Deterioração realistas** - estatísticas da fiscalização e sensoriamento remoto;
 - **Quilometragem anual** obtida do Programa I/M-SP;
 - **% frota com desconformidades** resultantes do I/M-SP;
 - **Frota e idades: Vendas e sucateamento** balizado pelas curvas do I/M-SP;

Aprimoramento dos dados

 - Emissão de **Etanol** estimada separadamente dos HCs;
 - Incluídas **emissões do cárter** e de **abastecimento de combustível**;
 - Incluídos **aldeídos de Diesel** e **MP de Otto** com fatores da EPA;
 - **Todos VOC** convertidos em **ozônio (MIR)** e “**HC equivalente**”;

Cálculo para ozônio

 - **FD de N₂O e CH₄** obtidos em bibliografia;
 - **CO₂ renovável** calculado separadamente;
 - **GEE convertidos em CO₂ equivalente**;
 - Complementação com as emissões de **trens, navios e aviões**.

Novos itens

Inventário – ferroviários e hidroviários

Não existem regulamentos brasileiros para estes veículos

- existem veículos de todos os padrões tecnológicos;
- algumas estimativas pontuais exigem **padrão atual EUA - “Tier 4”**;
- necessidade de adoção de **ciclos operacionais de referência**;
- necessidade de modelos de dispersão para **bocas de túneis e portos**.

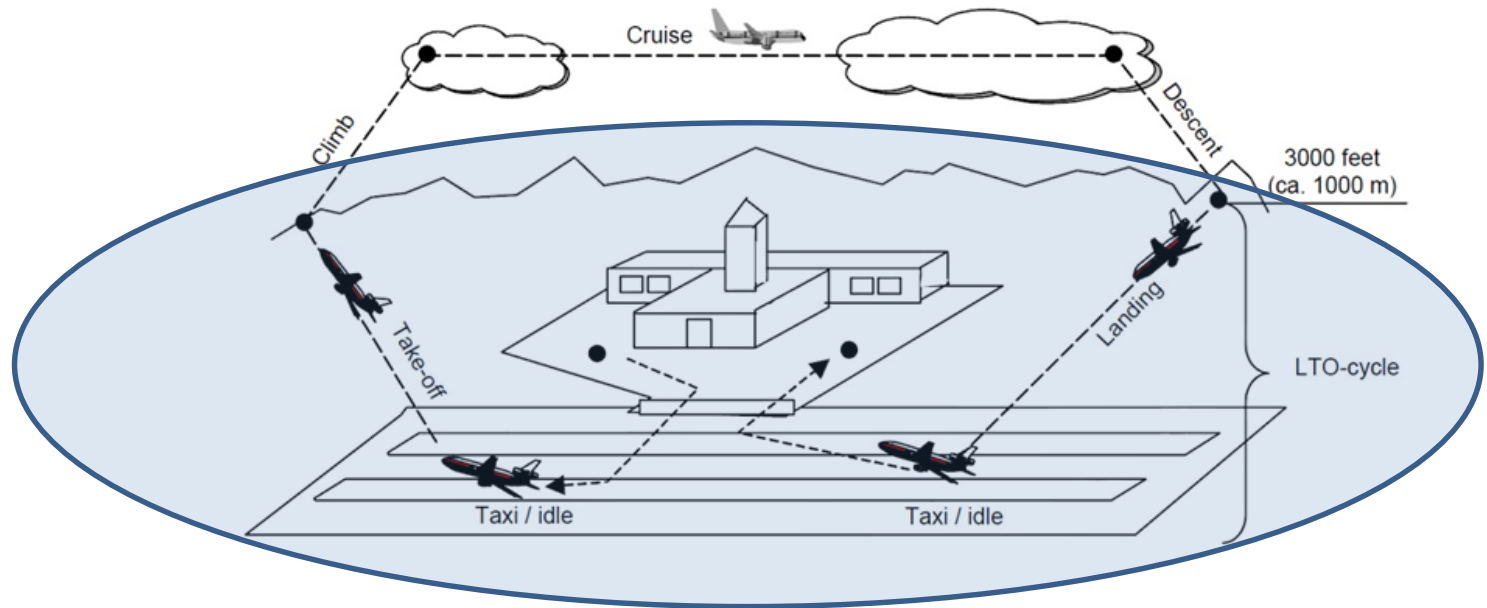
Top-Down como primeira abordagem, por falta de consistência das estatísticas e pode ser feita de forma relativamente simples

- Volume de combustível comercializado no Estado de São Paulo;
- Fatores de emissão EPA (Tier 0) \approx PRÉ-PROCONVE;
- Aldeídos, N_2O , CH_4 – Fatores de emissão da EPA;
- Não consideradas as máquinas de apoio na versão preliminar da SLT.

Inventário – emissões aeroviárias

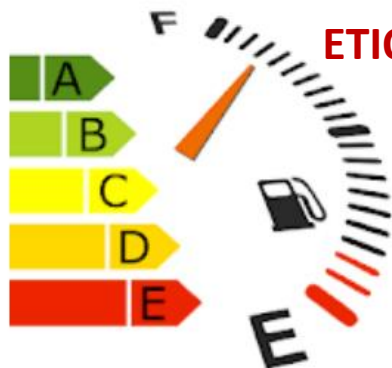
Top-Down em proporção com dados de voo e inventário nacionais:

- Volume de combustível comercializado no Estado de São Paulo;
- Fatores de emissão EPA;
- Ciclo de trabalho EPA / IPCC



Inventário – índices de consumo (rodoviários)

Os consumos de combustíveis são os parâmetros balizadores para aferição da intensidade de uso da frota e dos resultados de emissão pelos transportes.



**ETIQUETAGEM VEICULAR
CONPET/PBEV**



... futuro (SDIC)

Etiquetagem Veicular

Ano: 2014

Categoria: Todas

Marca: Todas

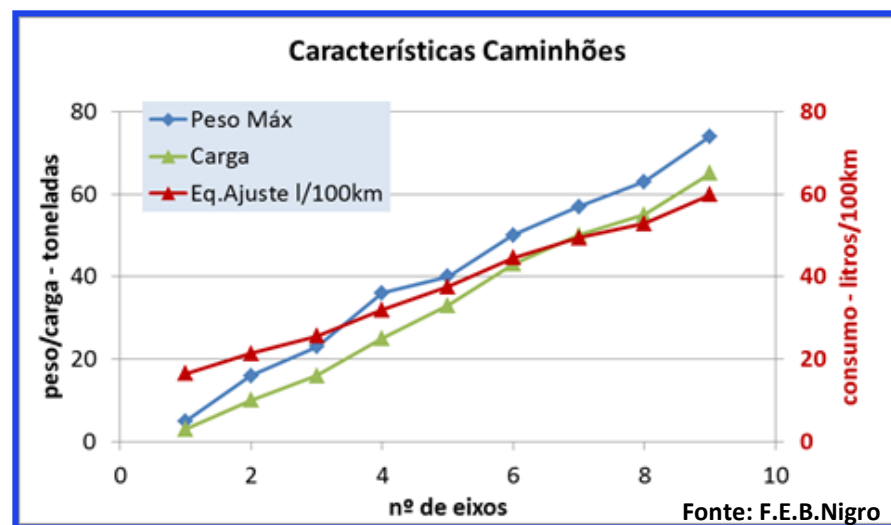
Modelo: Todos

Buscar Veículo...

Etiquetagem Veicular

Exibindo classificação de 538 modelos

Modelo	Classificação
Modelo 106 2.5-16V * * * F	C
Modelo 107 1.5-16V * * F	B
Modelo 108 1.5-16V * * F	B
Modelo 109 1.6-16V * * G	A
Modelo 110 1.6-16V * * * G	A



Inventário – sucateamento das frotas rodoviárias

ANFAVEA:

vendas desde 1957 por categoria → % por Estado

ABRACICLO:

vendas desde 1986 (2006 por Estado)

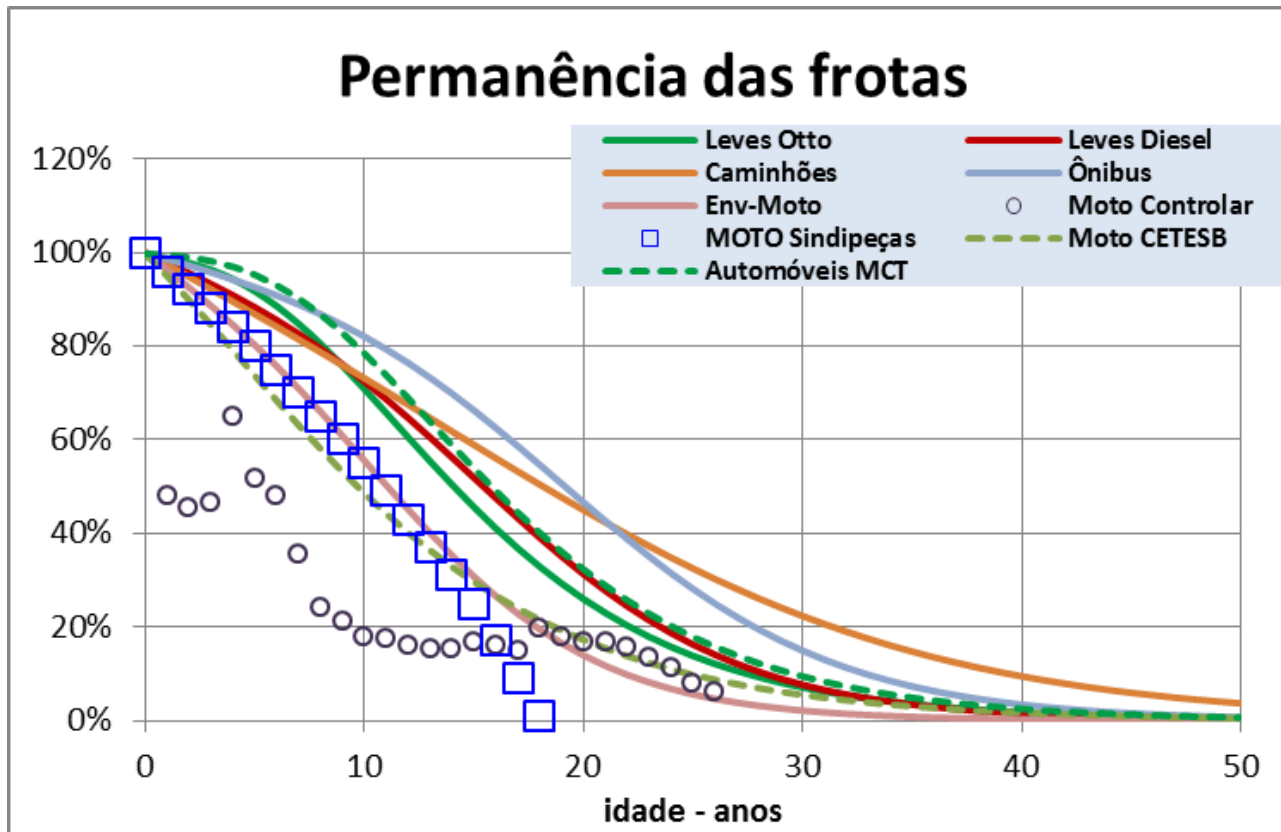
DENATRAN:

??? muito superestimado

SUCATEAMENTO:

dados CETESB x I/M-SP → Regressão de Gompertz

Permanência das frotas



Inventário ampliado – SLT 2012

THC _{escap}	<div>OZÔNIO</div> <div>ou “HC equivalente”</div> <div>$\sum \frac{\text{Emiss} * \text{MIR}}{\text{MIR gasolina}}$</div>
NMHC _{escap}	
EtOH _{escap}	
Evap_HC	
Evap_EtOH	
Cárter	
Aldeídos _{escap}	
NMHC _{total}	
EtOH _{total}	
CO	
NOx	
MP	
CO ₂ _{fóssil} - mil t/ano	
CO ₂ _{renovável} - mil t/ano	
CH ₄	
N ₂ O	
NH ₃	

CONTROLE TECNOLÓGICO:

- Novas fases do PROCONVE: L7, P8, MAR2;
- Metas de eficiência energética;
- Incentivo ao desenvolvimento e mercado de veículos híbridos;
- Outros...

MATRIZ DE TRANSPORTES - PDTL 2030

- Intensificar transporte coletivo
- Ampliar ferrovias
- Ampliar hidrovias
- etc....

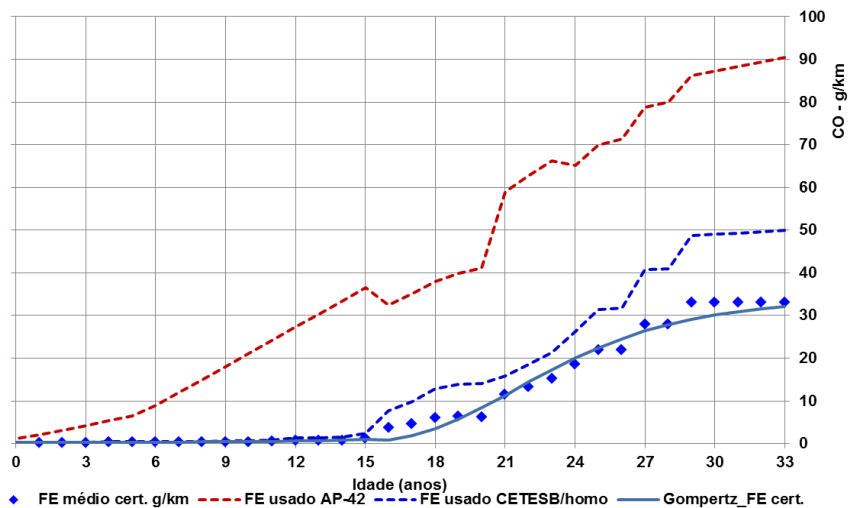
+ PROCONVE !
FERRO/HIDRO
TIER 4

CONTRIBUIÇÕES DAS CATEGORIAS DE VEÍCULOS NAS EMISSÕES PROVENIENTES DOS TRANSPORTES - 2012

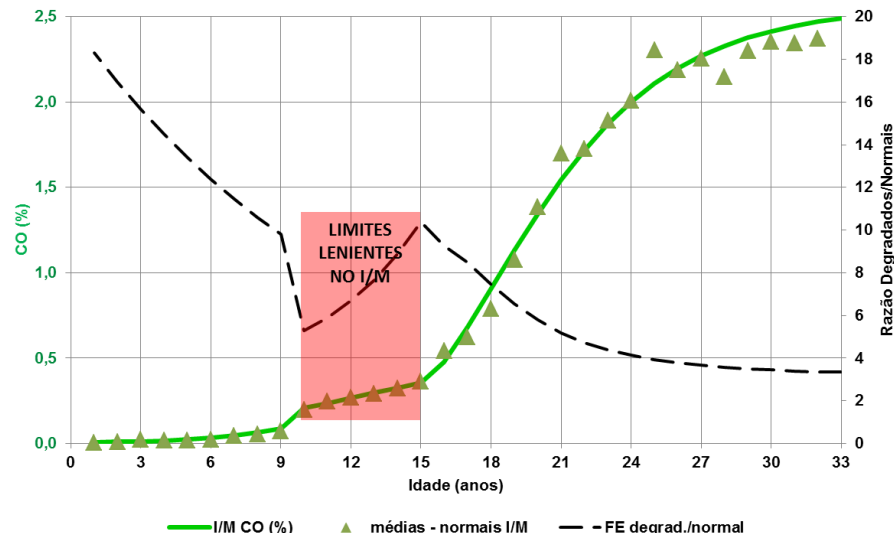
	AUTOMÓVEIS E UTILITÁRIOS			MOTOS		DIESEL				OUTROS				
	Gasolina	Álcool	Flex	Motos	Motoboys	Caminhões até 30 ton	Caminhões trator	Utilitários Diesel	Ônibus	Aviões	Ferrovia	Hidrovia	Abastecimento	Total
CO	46%	10%	14%	9%	2%	4%	5%	3%	4%	2%	0%	1%	0%	100%
NOx	5%	1%	1%	1%	0%	21%	14%	16%	18%	6%	4%	14%	0%	100%
HC equivalente	29%	5%	18%	19%	7%	3%	4%	2%	3%	3%	1%	2%	5%	100%
MP	9%	1%	11%	0%	0%	21%	16%	11%	17%	0%	3%	11%	0%	100%
CO2fóssil	16%	0%	14%	2%	1%	15%	7%	17%	13%	14%	1%	0%	0%	100%
CO2renovável	19%	5%	65%	1%	0%	3%	1%	3%	2%	0%	0%	0%	0%	100%

Aprimoramento dos fatores de emissão - 2012

Certificação x I/M - automóveis gasolina - CO



Certificação x I/M - automóveis gasolina - CO



Certificação – veículos novos

- Testes de laboratório com carga
- Condições ideais do protótipo
- Medidas em g/km

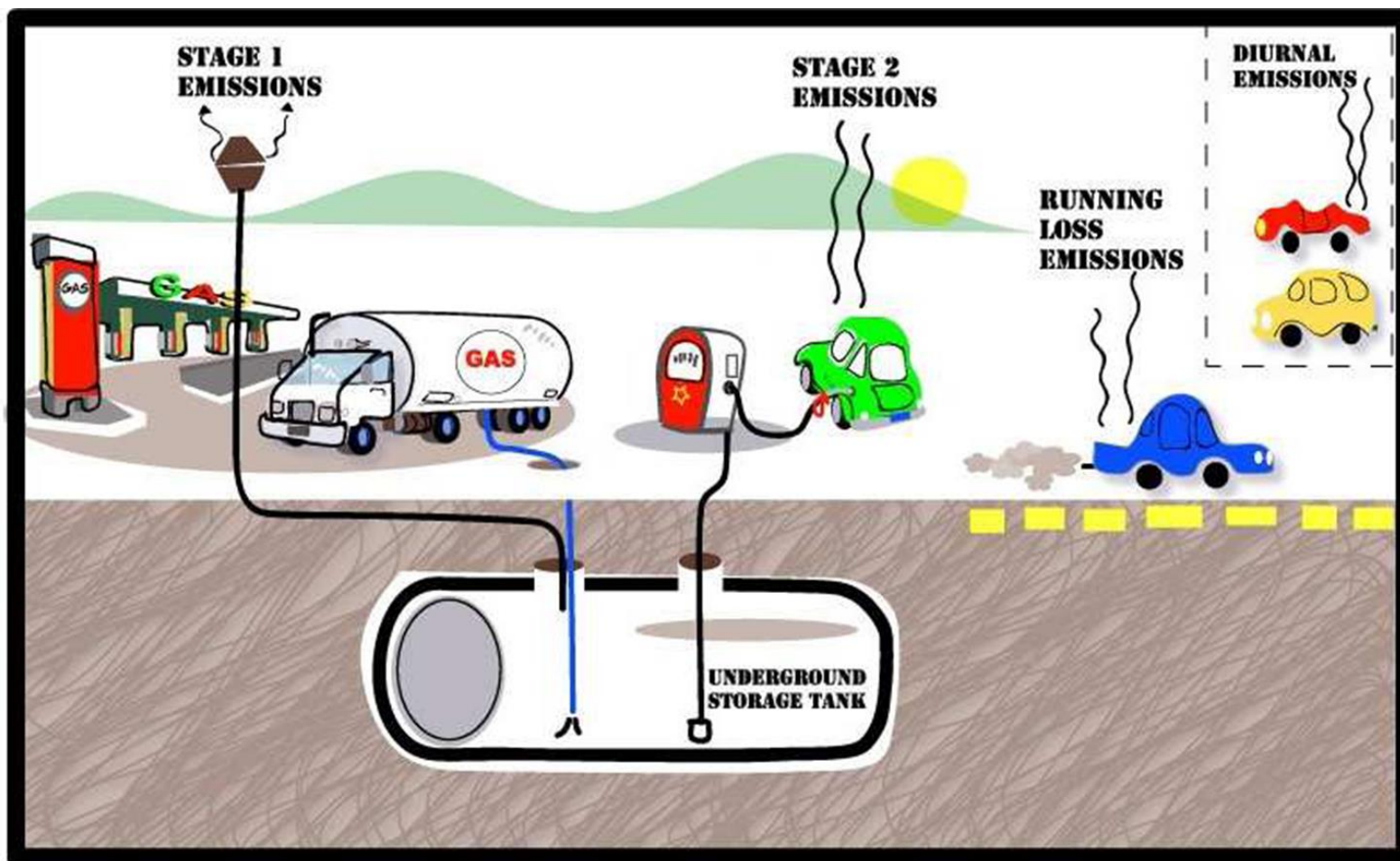
comportamentos
← semelhantes →

Programa de I/M – veículos em uso

- Testes em marcha lenta sem carga
- Condições reais da frota
- Medidas em concentração

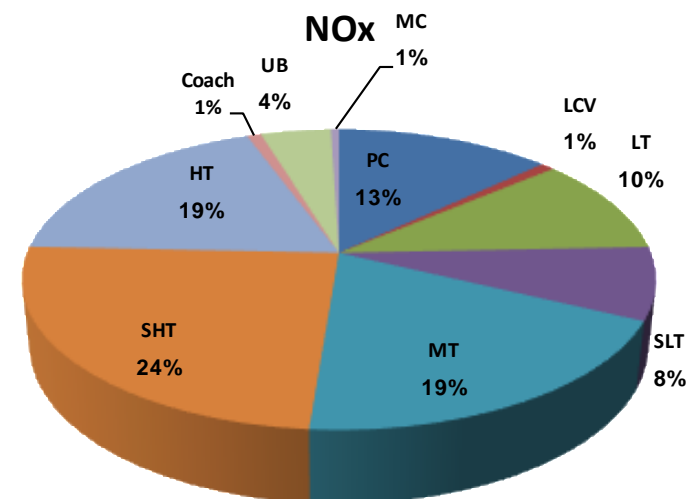
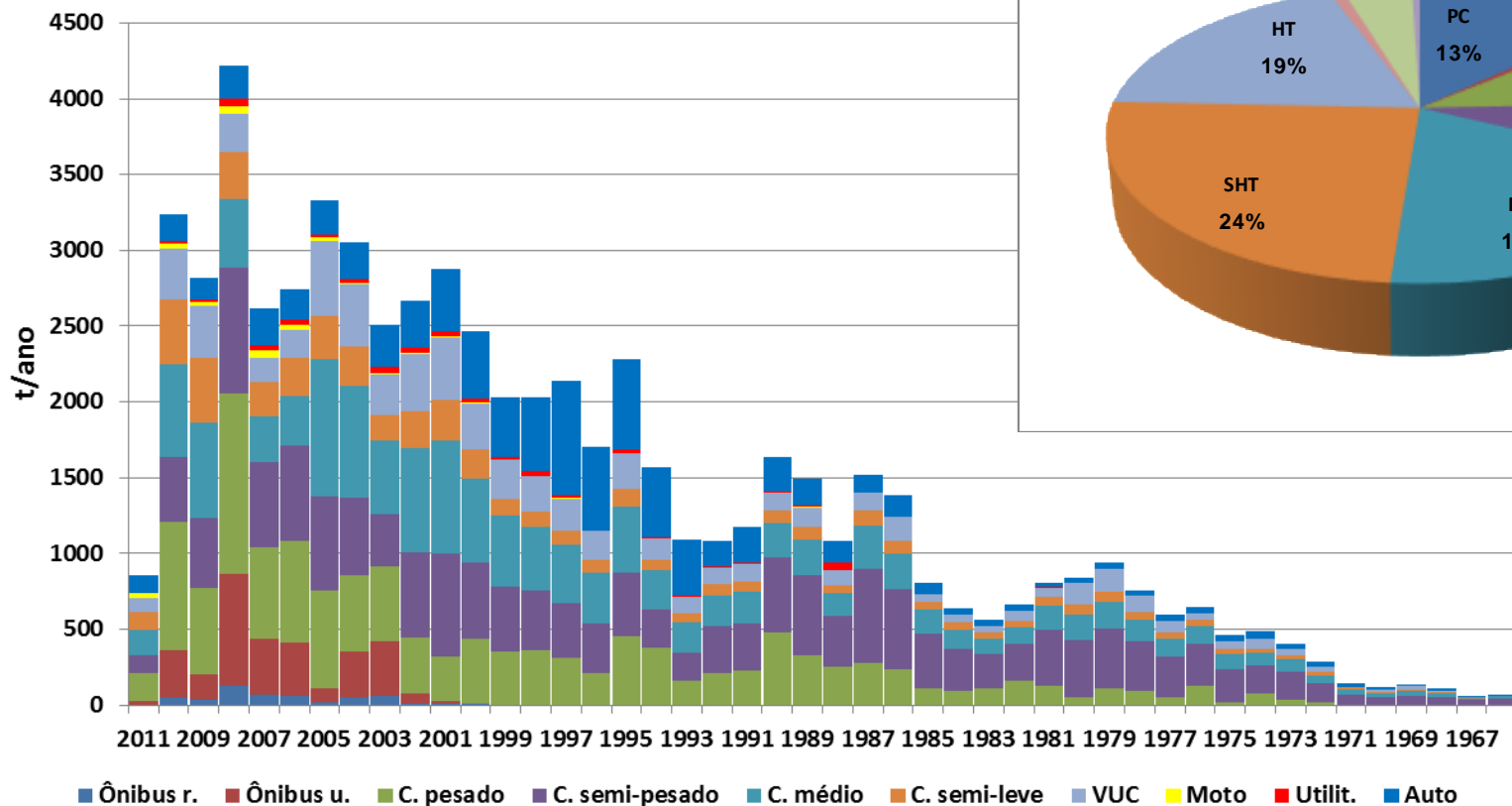
A correlação estatística entre essas curvas permitiu estabelecer Fatores de Deterioração realistas.

Inventário – emissões evaporativas



Resultados da modelagem de emissões

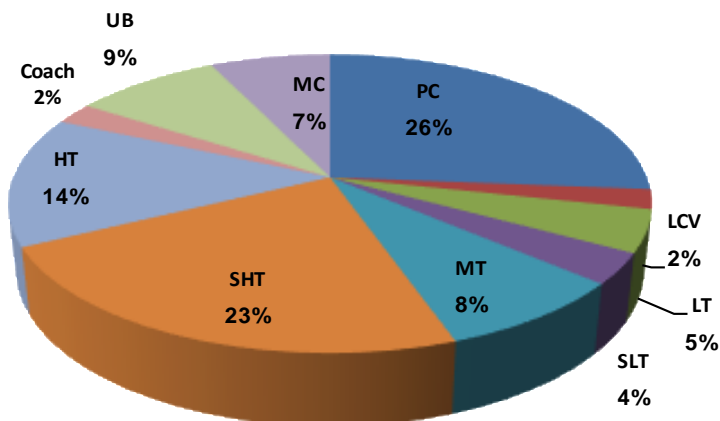
Emissões de NOx



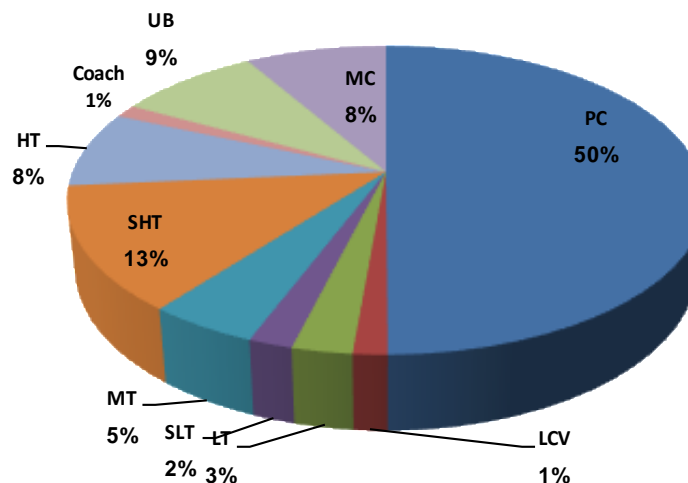
Distribuições de emissões por tipo e idade de veículos, para cada poluente.

Resultados da modelagem de emissões

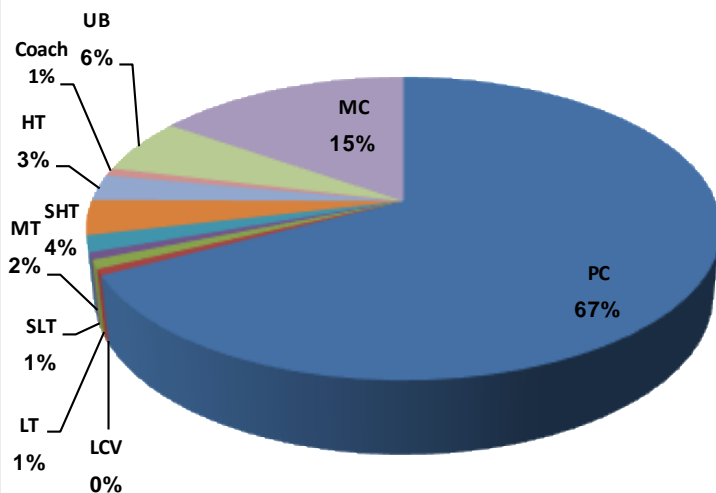
Formaldeído



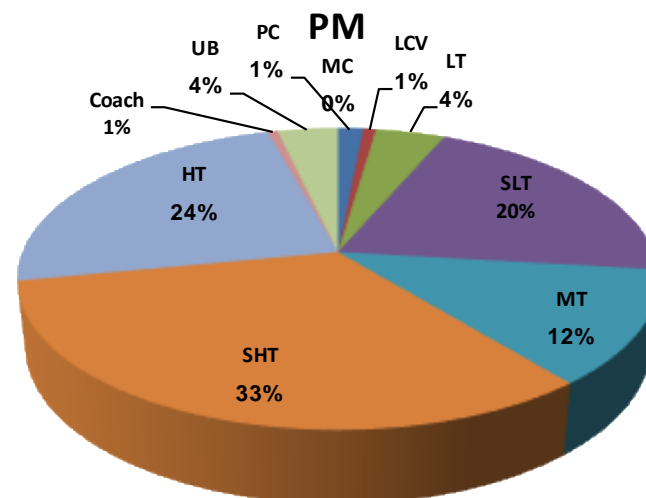
Acetaldeído



NMHC



PM

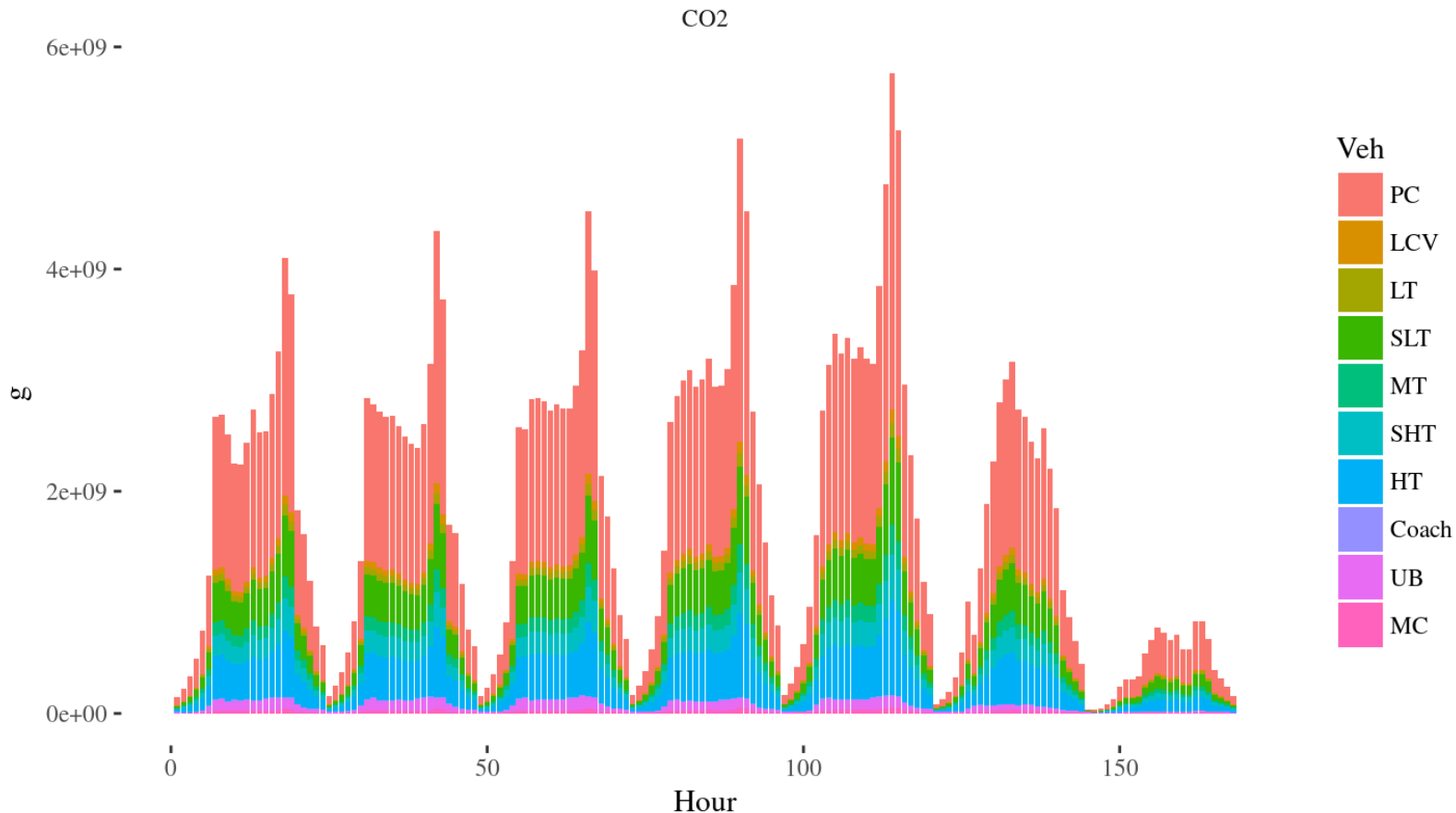


Resultados da modelagem de emissões

Associando o inventário com a distribuição de tráfego (modelo VEIN) →

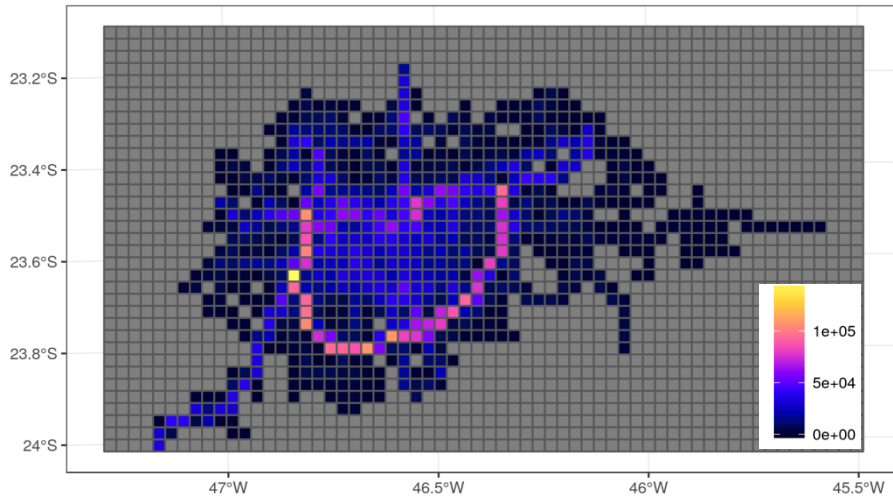
- Distribuições de emissões horárias por dia da semana para cada poluente;
- Distribuição espacial das emissões.

Emissões por 168 Horas (g/h)

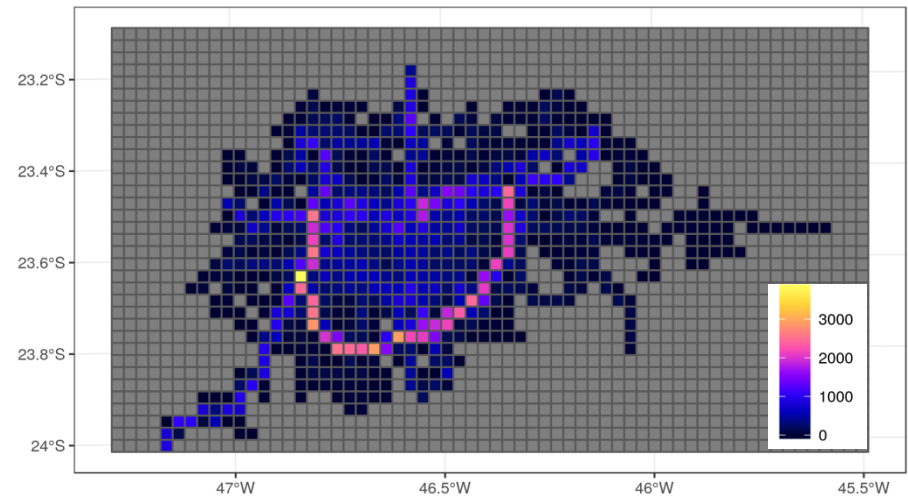


Distribuições espaciais de emissões

NOx (g/h)

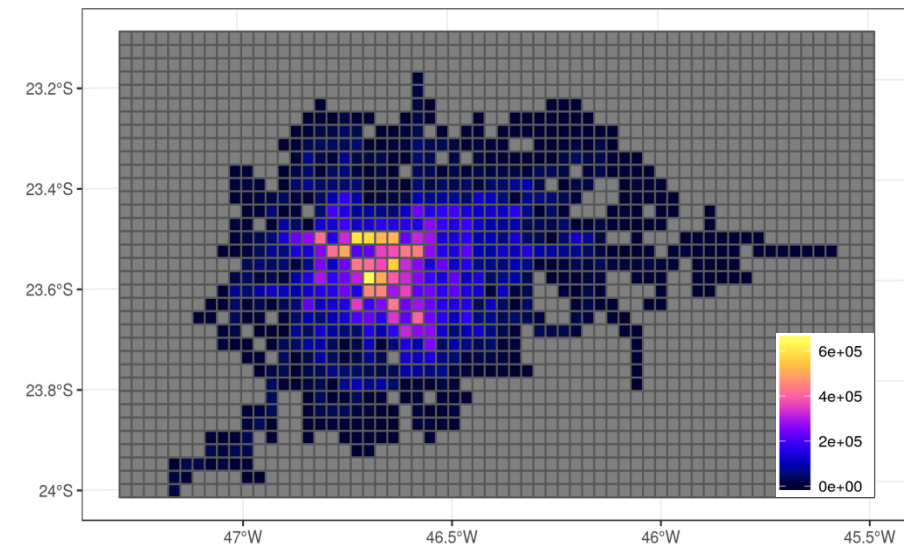


PM (g/h)



SP

CO (g/h)

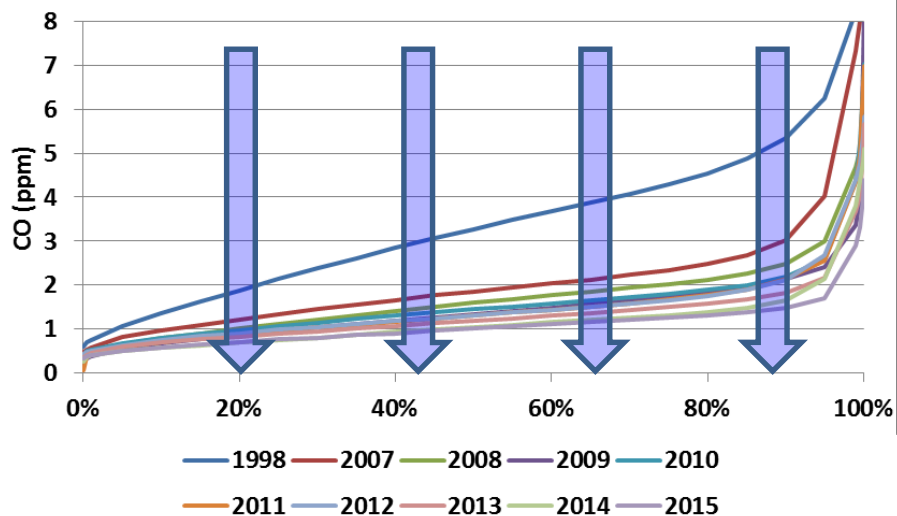


Tráfego de caminhões no Rodoanel mostra predominância de NOx e PM.

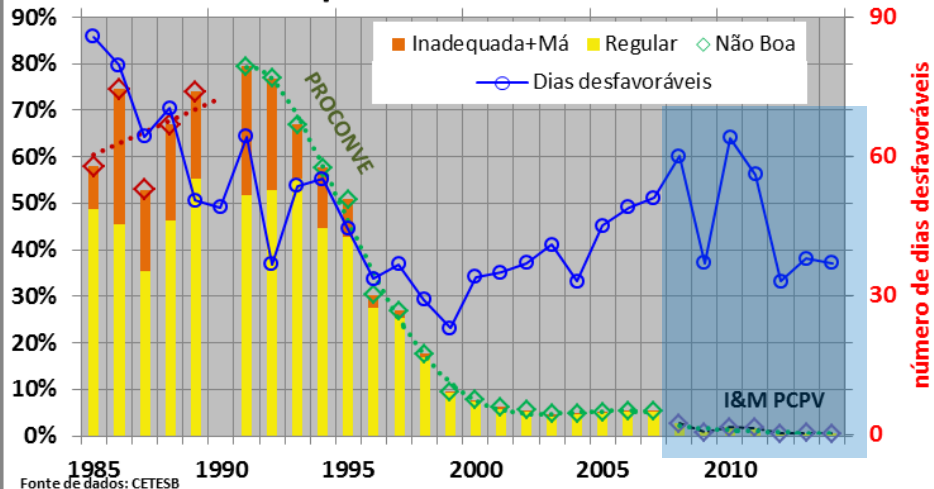
Tráfego intenso de automóveis no centro mostra a predominância de CO, bem como de outros típicos de veículos Otto.

Monóxido de Carbono – um caso de sucesso!

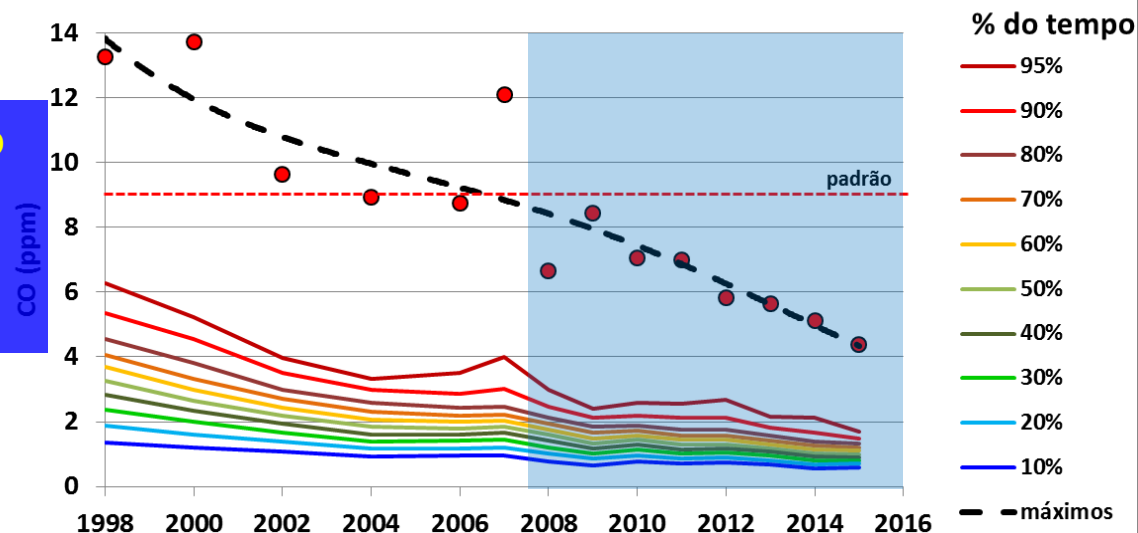
Médias horárias - CO
Estação: Congonhas



Índices de qualidade do ar na RMSP - CO

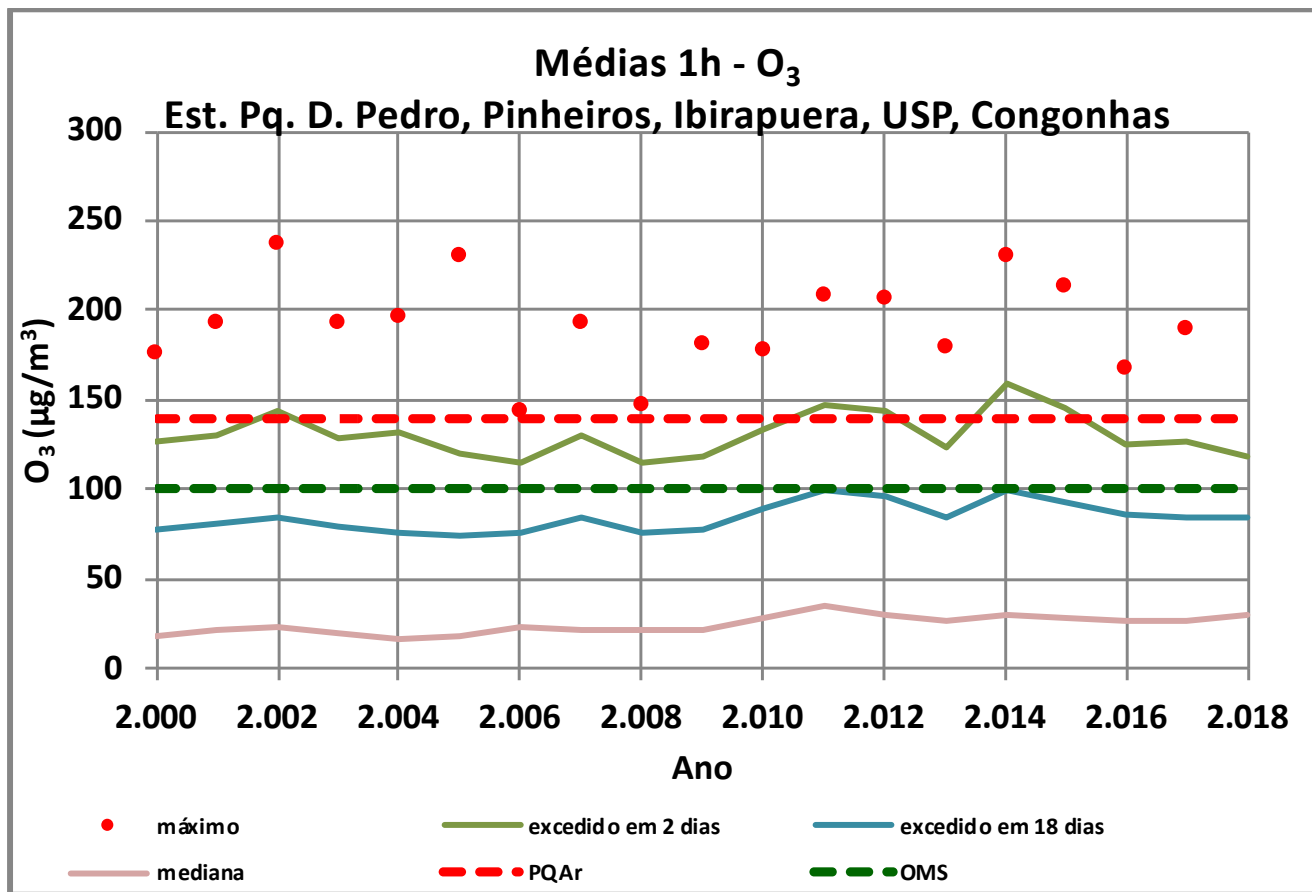


Concentração atmosférica de CO
média móvel de 8h



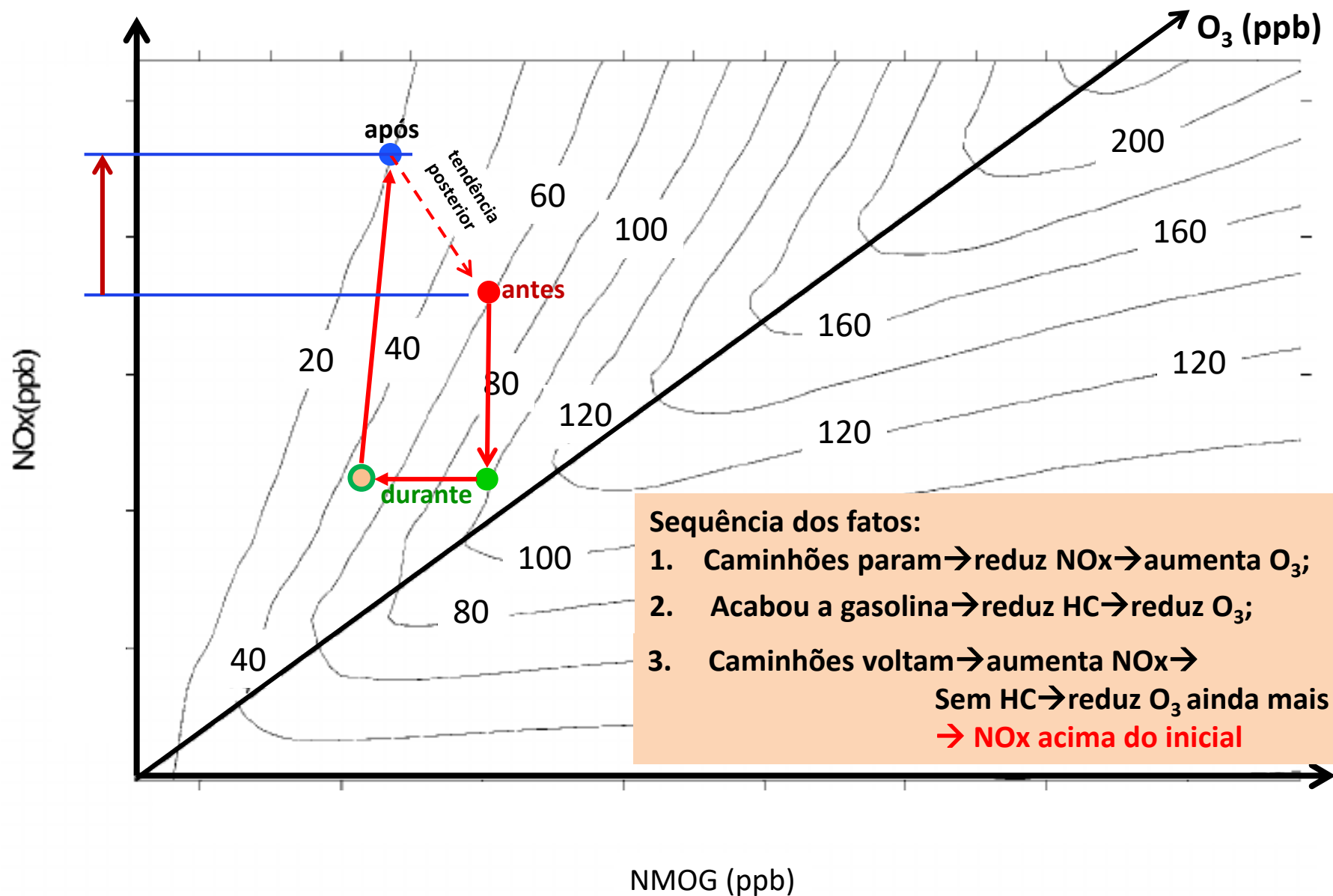
O futuro não é um prolongamento do passado, mas o resultado de uma **INTERVENÇÃO NO PRESENTE** para definir o futuro. (Joel Arthur Barker)

Ozônio – tendência difícil

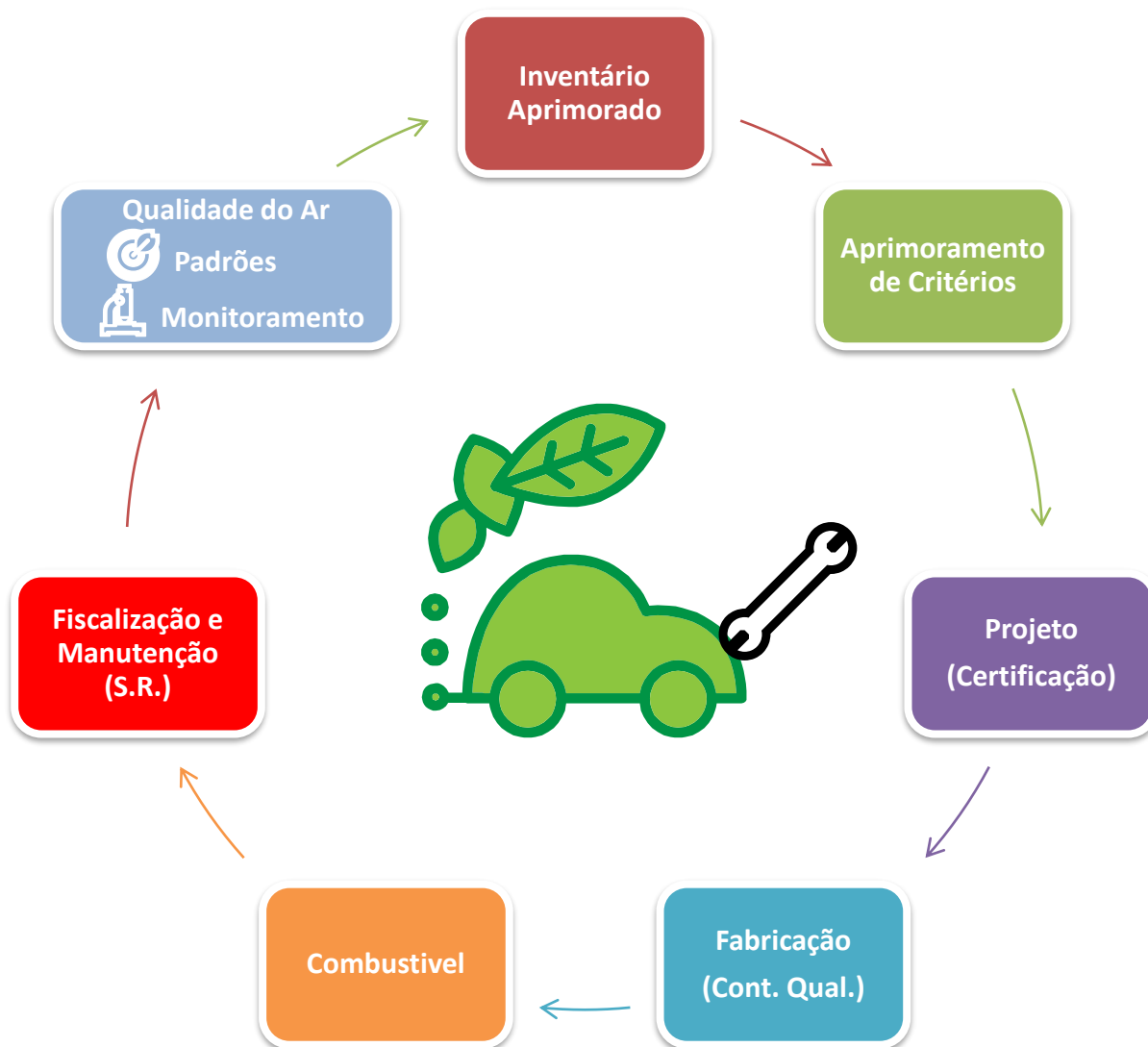


- O₃ é um poluente complexo e problemático, que carece de estratégia específica, pois apresenta baixa tendência de redução em 20 anos;
- É necessária ação forte sobre as emissões de HC, principalmente evaporativas, e NOx para atendimento aos padrões atuais e, mais intensamente, para as metas da OMS;
- Falta conhecimento sobre as concentrações de HC (não mais medidas pela CETESB)

Efeito da greve dos caminhões



Gestão Integrada de qualidade do ar





ENVIRONMENTALITY

Tecnologia com Conceitos Ambientais

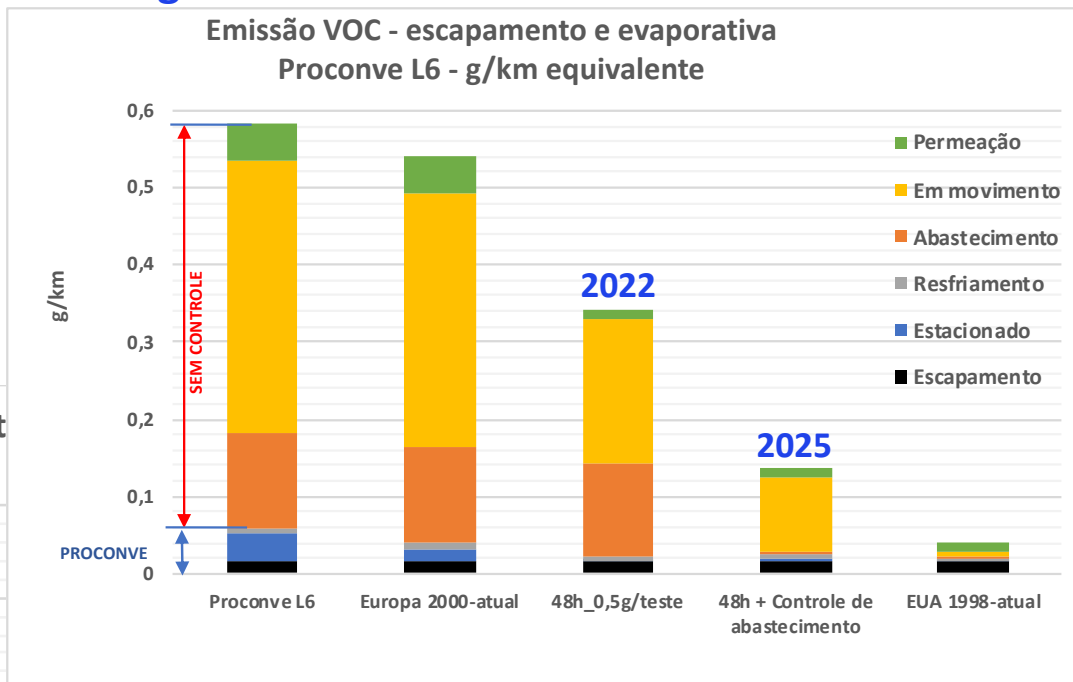
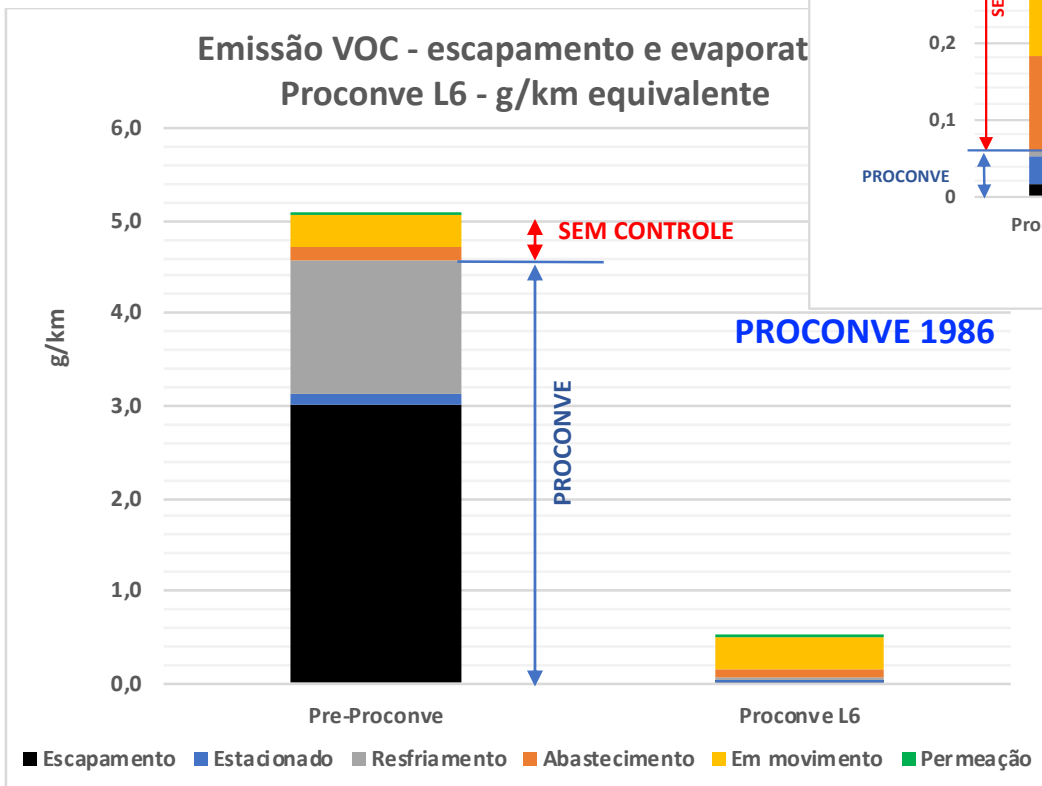
Obrigado!

gabriel.tcl@uol.com.br

Tel. 11 9 9216-8020

Fatores de emissão de HC

Estratégia resultante do inventário 2017

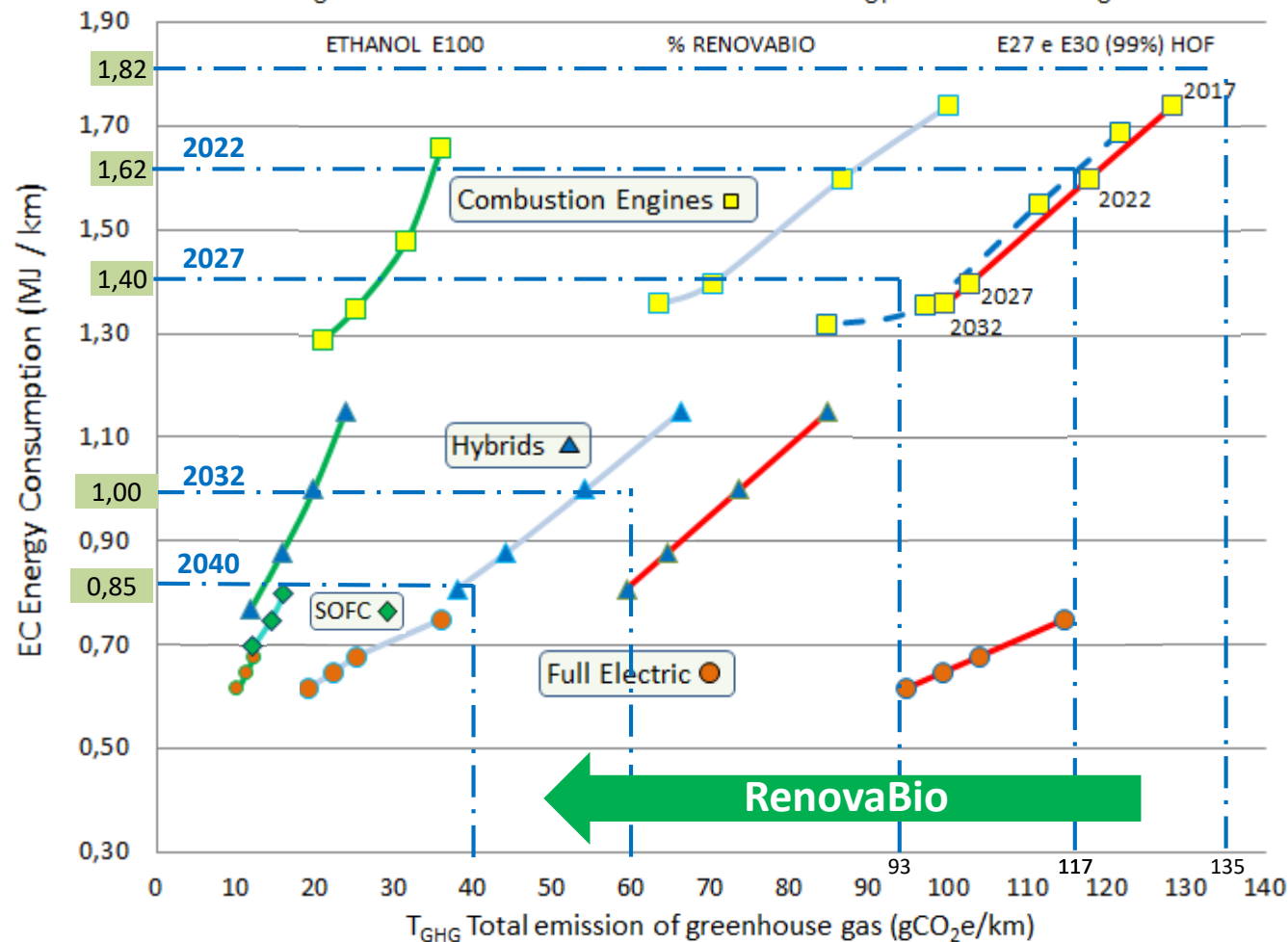


Rota 2030 & RenovaBio

Total Emission of GHG (T_{GHG}) = $CI \text{ (gCO}_2\text{e /MJ)} \times EC \text{ (MJ/Km)}$ from Well-to-wheel

EC - Energy Consumption / CI - Carbon Intensity of the fuel

Route 2030 Light vehicles EC limits and RenovaBio CI limits defining powertrain technologies evolution



- Combustion Engine E100
- Combustion Engine (Mistura RenovaBio)
- Combustion Engine HOF
- Combustion Engine E22
- Hybrid E100
- Hybrid (Mistura RenovaBio)
- Hybrid E22
- Electric Biomass
- Electric Grid Brazil
- Electric Natural Gas
- Ethanol Fuel Cell SOFC

Padrões de qualidade do ar: Res. CONAMA 491/2018

- Estabelece novos padrões de qualidade do ar em nível nacional

Res. CONAMA 491							Valores-guia - OMS, 2006(*)			
Poluente	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF		Interim targets			Air quality
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	1	2	3	Guideline
CO	8 horas	-	-	-	-	9	-	-	-	$30\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 1h
MP10	24 horas	120	100	75	50	-	150	100	75	50
	Anual	40	35	30	20	-	70	50	30	20
MP2,5	24 horas	60	50	37	25	-	75	50	37.5	25
	Anual	20	17	15	10	-	35	25	15	10
NO ₂	1 hora	260	240	220	200	-	-	-	-	200
	Anual	60	50	45	40	-	-	-	-	40
O ₃	8 horas	140	130	120	100	-	160	-	-	100
SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-	125	50	-	20
	Anual	40	30	20	-	-				
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-				
	Anual	40	35	30	20	-				
PTS	24 horas	-	-	-	240	-				
	Anual	-	-	-	80	-				
Pb	Anual	-	-	-	0,5	-				

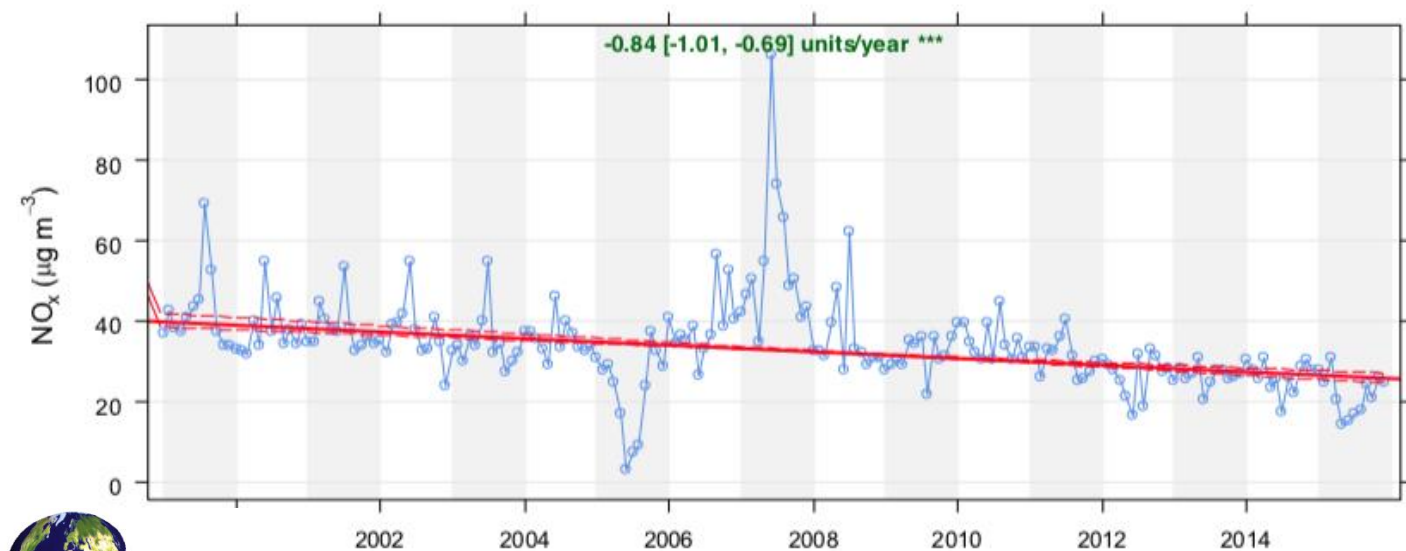
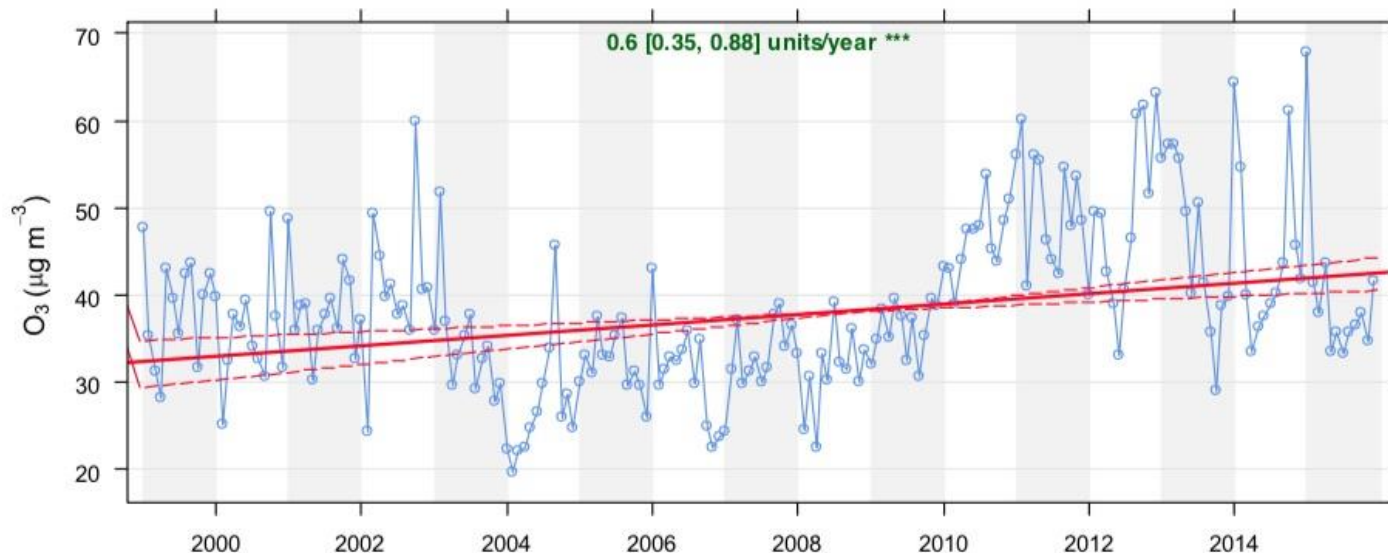
(*) Compilado em "Global Environment Outlook - GEO-6 - Healthy Planet, Healthy People" ONU, 2019

	Padrões brasileiros não previstos pela OMS
	Padrões brasileiros mais restritivos que OMS
	Recomendação da OMS



Atuação Responsável
Compromisso com a sustentabilidade

Qualidade do ar na RMSP – O₃ x NO_x



- O₃ crescente;
- NO_x decrescente;
- HC determinante**



ENVIRONMENTALIDADE
Tecnologia com Conceitos Ambientais

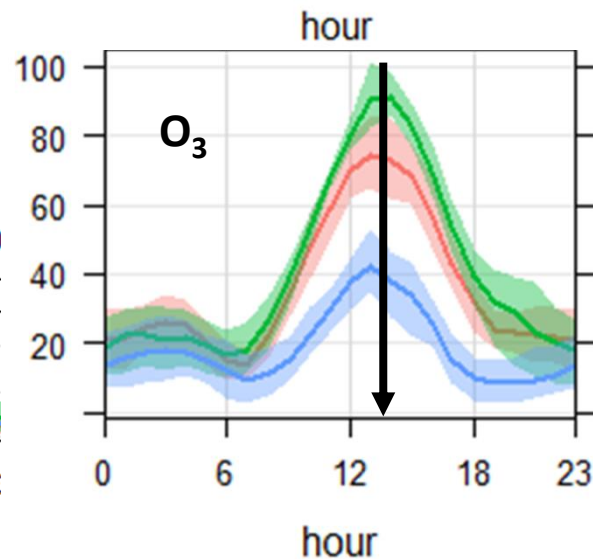
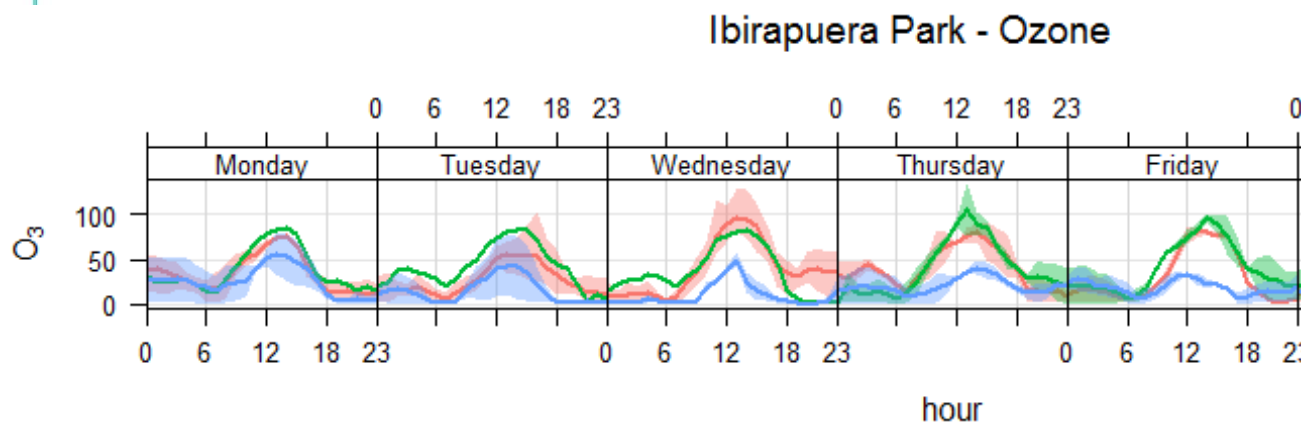
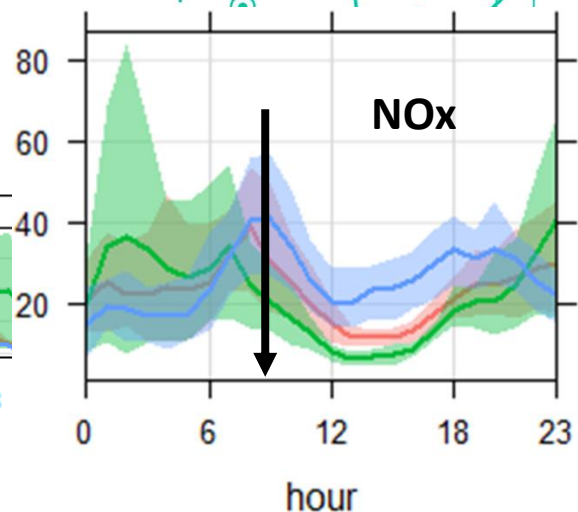
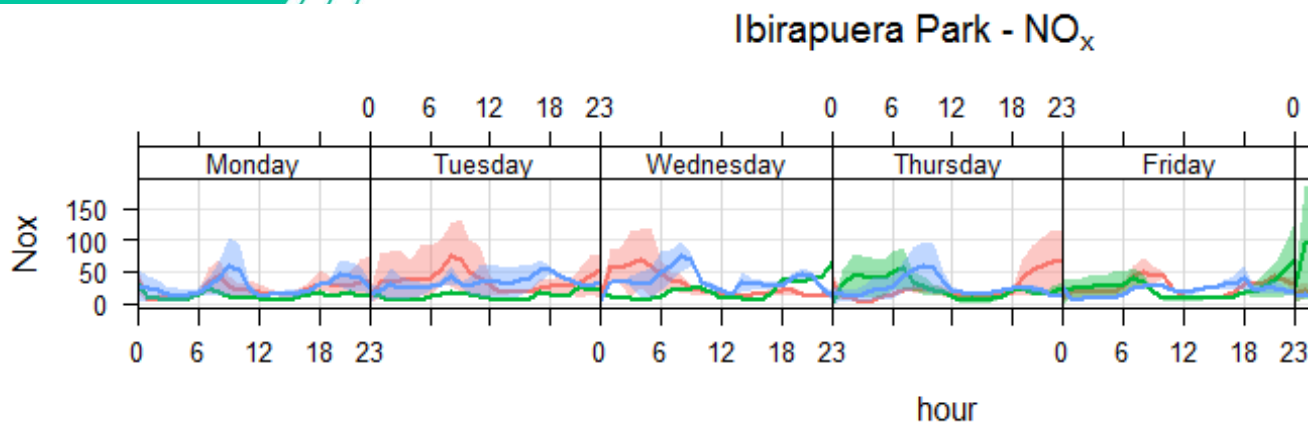
Fonte: Antonio de Castro Bruni – Tese de Doutorado FSP/USP - 2018

ABIQUIM



Atuação Responsável
Compromisso com a sustentabilidade

Efeito da greve dos caminhões



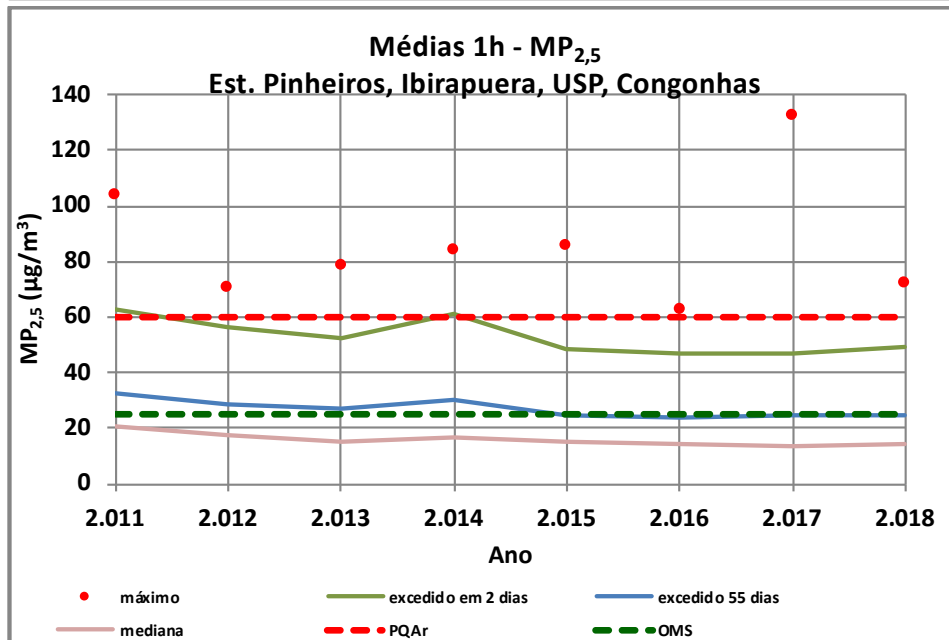
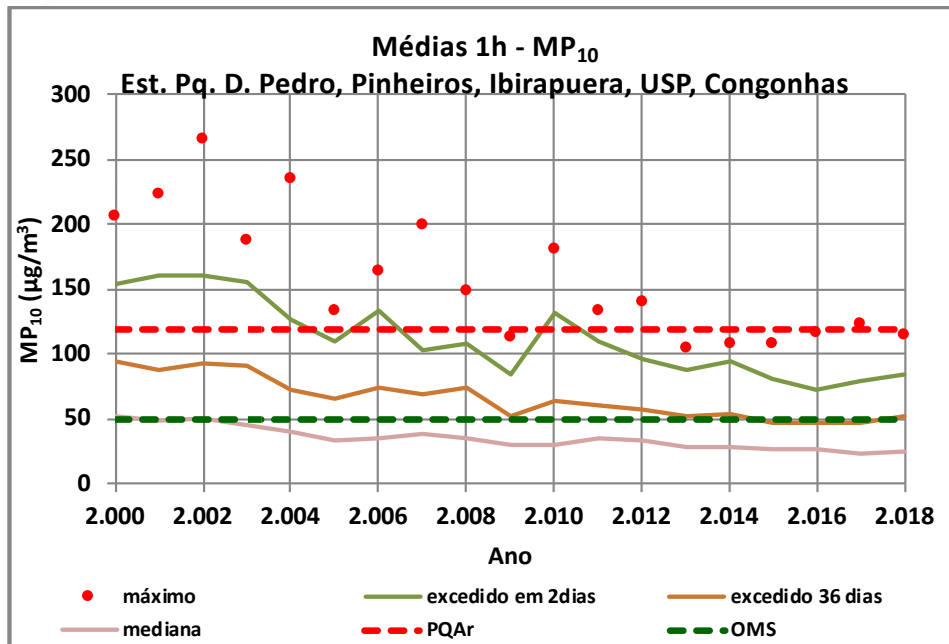
before during after



ENVIRONMENTALIDADE
Tecnologia com Conceitos Ambientais

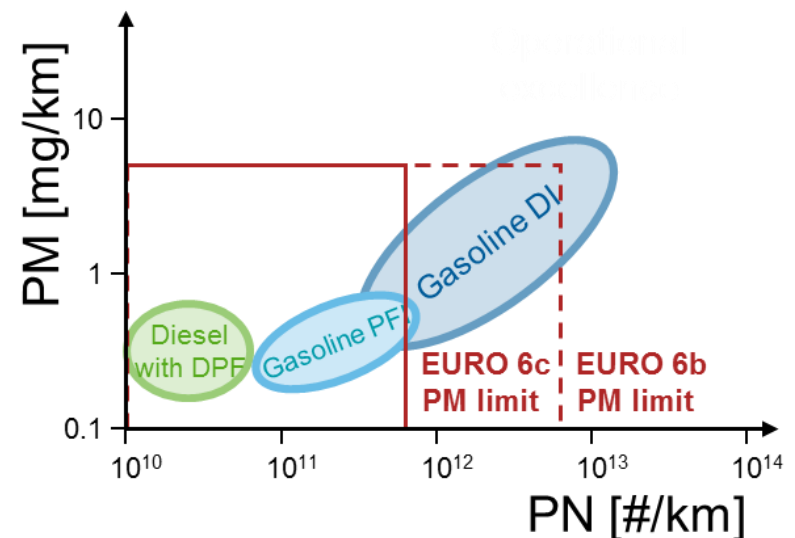
ABIQUIM

Qualidade do ar na RMSP – Particulados

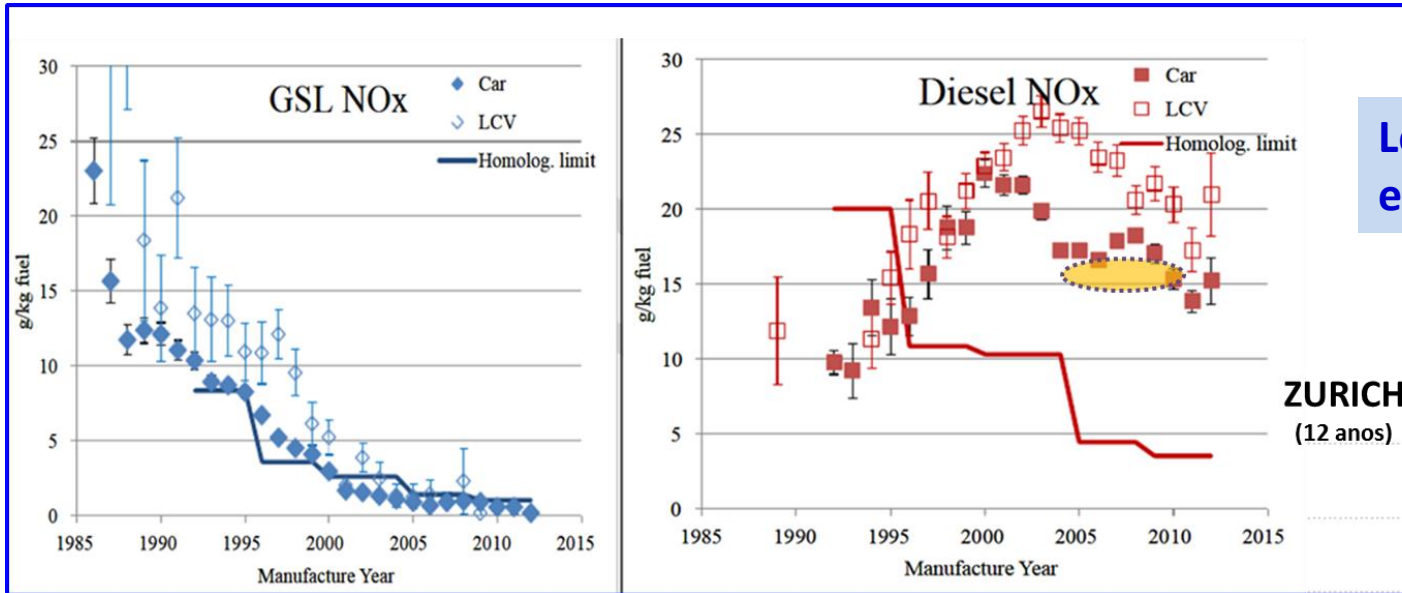


Os novos valores-guia recomendados pela OMS para MP₁₀ e MP_{2,5} sugerem esforços muito severos e necessitam de programas fortes:

- MP_{2,5}: violações constantes sem tendência de redução;
- Reduzir emissões primárias;
- **Motores Diesel e GDI emitem MP_{0,5}**
- Aerossóis secundários → HC → controle de evaporativas nos postos de gasolina

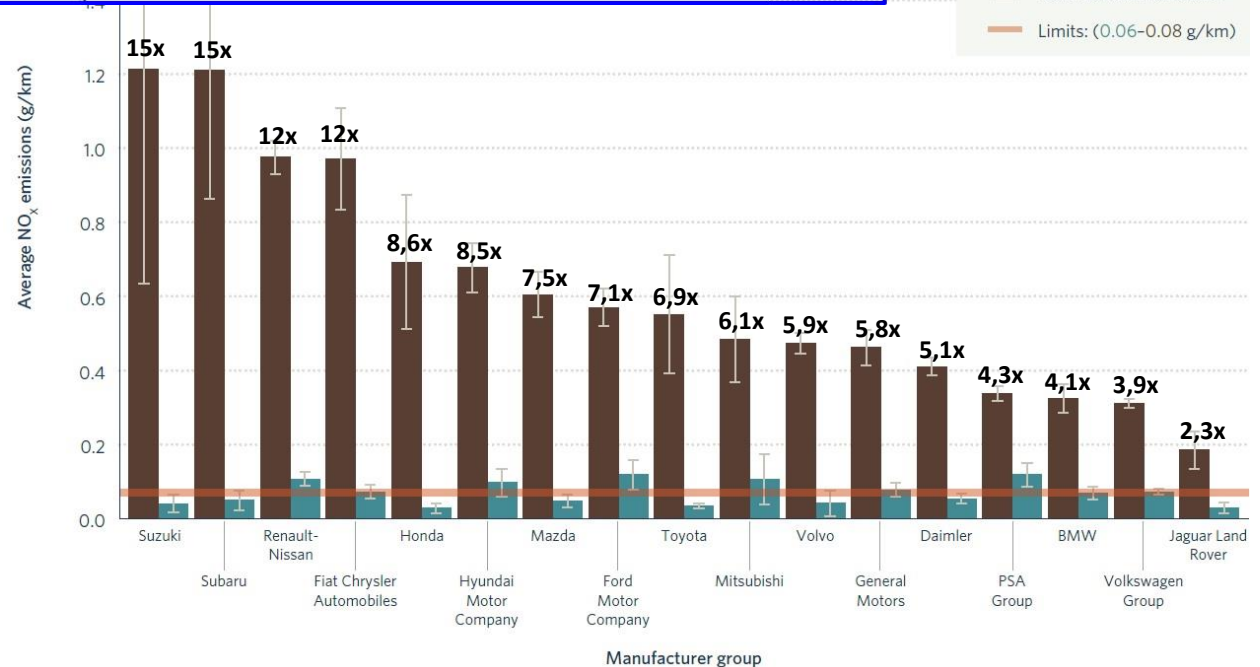
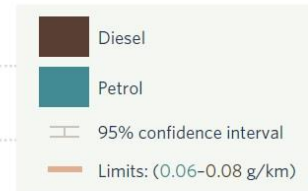


Sensoriamento remoto – resultados SP



**Levantamento por SR
em Zurique 2000 a 2012**

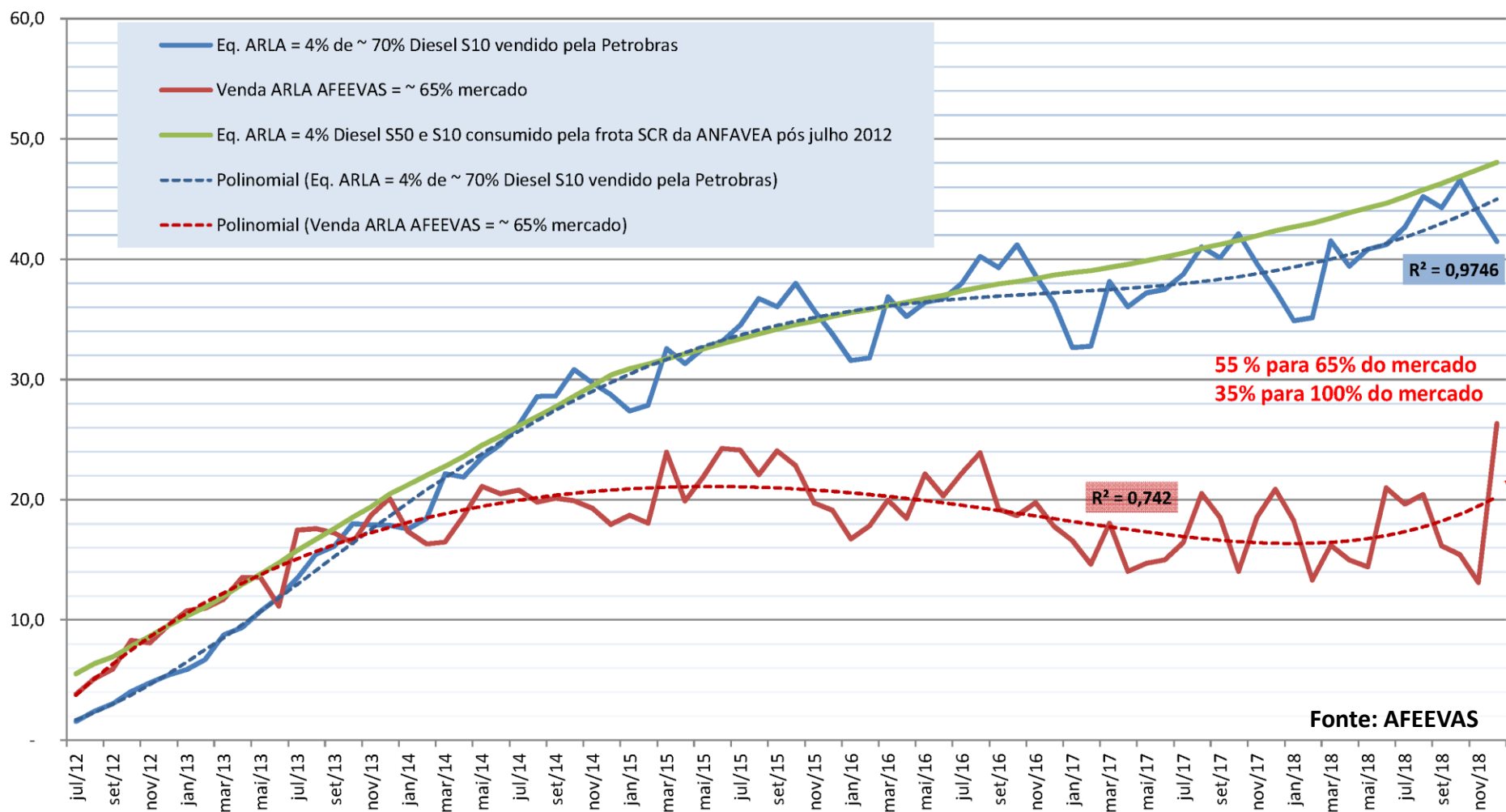
**ZURICH
(12 anos)**



Fraude do ARLA

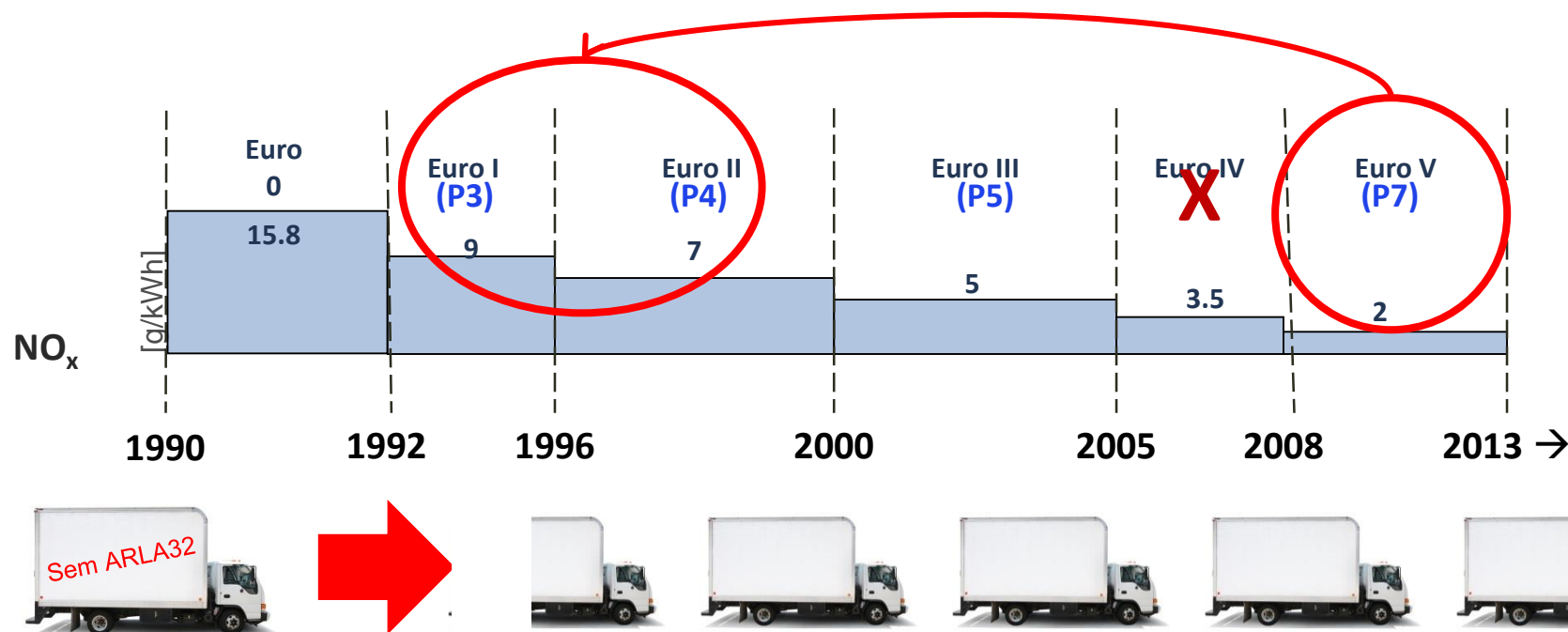
Agente Redutor Líquido automotivo

ARLA 32 : Demanda Estimada x Vendas Realizadas (mil m³)



Fraude do ARLA

Usar “chip” significa regredir quase 20 anos



- Cada caminhão com “chip” emite tanto quanto 4,5 caminhões
- Se a pratica é usada para 20% do mercado o efeito da legislação é cancelado
- A frota brasileira emite aproximadamente 3 milhões ton de NO_x por ano e estima-se que o custo social pelo seu aumento situa-se entre US\$ 430 e US\$ 4.400 por ton de NO_x