

Experimento Tunel

2011

Material Particulado					CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS - EXTERNO		
Parâmetro	Propriedades	Locais	Metodologia	Responsável	Tipo	Quant	Origem
PM10	n-alcanos, HPA, Nitro-HPA, Carbono orgânico e total	Interno/externo	CG/MS	Profa. Perola Vasconcellos -IQ USP	HIVOL	1	IQ
PM2.5	n-alcanos, HPA, Nitro-HPA, Carbono orgânico e total	Interno/externo	CG/MS	Profa. Perola Vasconcellos -IQ USP	HIVOL	1	IQ / IAG
	Elementos-traços (Na até Pb)	Interno/externo	FRX	LAPAt - profa. Fatima	Harvard 10 lpm	1	FM
PM2.5	Íons (anion e cation)	Interno/externo	CI	LAPAt- Profa. Adalgiza Fornaro IAG-USP			
PM2.5-10	Elementos-traços (Na até Pb)	Interno/externo	FRX	LAPAt - profa. Fatima	MINIVOL	1	IAG
	Íons (anion e cation)	Interno/externo	CI	Profa. Adalgiza Fornaro Lapat IAG-USP			
PM25	Distribuição de Tamanho para massa e número	Interno	Impactador - SMPS	LAPAt - profa. Fatima	SMPS	1	IAG
PM25	Black Carbon	Interno/externo	Nefelometro/Maap interno aetalometro-	Prof. Paulo Artaxo - IF USP	Nefelômetro	1	IF
					BC	1	IF
PM25	Composição elementar	Interno/externo	ICP/MS	Prof. Paulo Artaxo - IF USP	ICP/MS	1	IF
PM2.5	Carbono orgânico/elementar	Interno	MAAP	Prof. Paulo Artaxo - IF USP	nihil		
PM2.5	concentração em massa	Interno	Partisol	LAPAt - profa. Fatima	nihil		

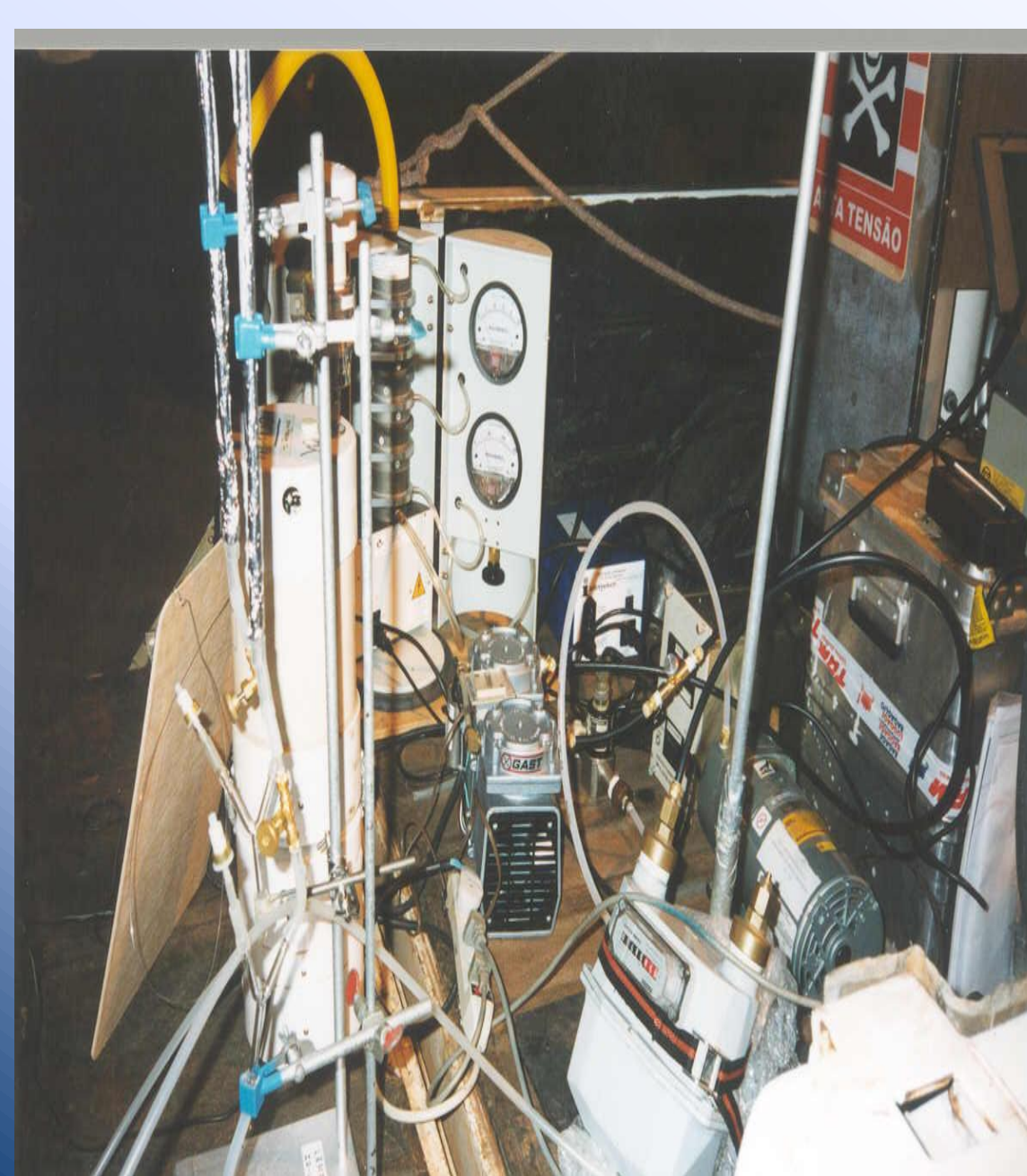
Gases					CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS - EXTERNO		
Parâmetro	Propriedades	Locais	Metodologia	Responsável	Tipo	Quant	Origem
Carbonílicos	Formaldeído, Acetaldeído	Interno/externo	Cartucho - CG/MS	Profa. Lilian Carvalho - IQ USP	Bomba Vácuo	1	FM
Compostos Orgânicos Voláteis		Interno/externo	Cartucho - CG/MS	Profa. Lilian Carvalho - IQ USP	Bomba Vácuo	1	FM
Compostos Orgânicos Voláteis	Acetona, Acroleína, propionaldeído, crotonaldeído, 2-butanona, metacroleína, Benzaldeído, m-tolualdeído, hexaldeído, m,p xileno, Pentano, Butano, Tolueno, Buteno, Benzeno, metil pentano, o-xileno, Hexano, Etil benzeno, 1,2,4 TMB Heptano, 1et 4me benzeno, 3 metil hexano, Isobutano, Octano, Penteno, Estireno/vinilbenzeno, 1,3,5 TMB, Nonano, Propil benzeno, 2,3 dimetil pentano, benzeno, Isopreno, Decano, Undecano, Dodecano, Metilciclopentano, metilciclohexano, Hexano	Interno/externo	Canister-CG/MS	Profa. Luciana Gatti - IPEN	nihil		
Legislados	SO2, CO, Nox	Interno/externo	monitores automáticos	CETESB	THERMO		CETESB
	O3	externo	monitores automáticos	CETESB + IAG	THERMO		CETESB / IAG
	NH3	Interno/externo		UFABC - profa. Lucia Coelho	Bomba Vácuo	1	FM
	Etanol	Interno/externo		Profa. Luciana Gatti - IPEN	Bomba Vácuo	1	FM
	CO2	Interno/externo	automático	LAPAt - profa. Fatima			

EXPERIMENTOS ANTERIORES

2001

**Levantamento dos
perfis de emissões**

**Túnel Jânio Quadros
Túnel Maria Maluf**





Data	Túnel	CO ₂ interno (ppm)	CO ₂ externo (ppm)
13/08/2001	Jânio Quadros	448,3 (47,7)	396,1 (16,5)
10/10/2001	Maria Maluf	524,7 (42,7)	411,3 (12,9)

Medidas no interior do túnel Jânio Quadros. (desvio padrão entre parenteses)

Data e hora	Túnel	CO(ppm) Interior	NO _x (ppb) Interior	SO ₂ (µg/m ³) Interior
13/08/01 (11:20-12:45)	Jânio Quadros	7,5(0,2)	408,3(6,3)	33,7(0,0)
13/08/01 (13:00- 14:30)	Jânio Quadros	7,6(0,1)	437,6(1,6)	41,5(0,0)

Medidas fora do túnel Jânio Quadros

Data e hora	Túnel	CO(ppm) Fora	NO _x (ppb) Fora	SO ₂ (µg/m ³)
13/08/01 (11:20-12:45)	Jânio Quadros	1,39 (0,05)	51,03 (0,4)	20,73 (0,001)
13/08/01 (12:45-14:30)	Jânio Quadros	1,5 (0,20)	73,44 (2,7)	28,51 (0,003)

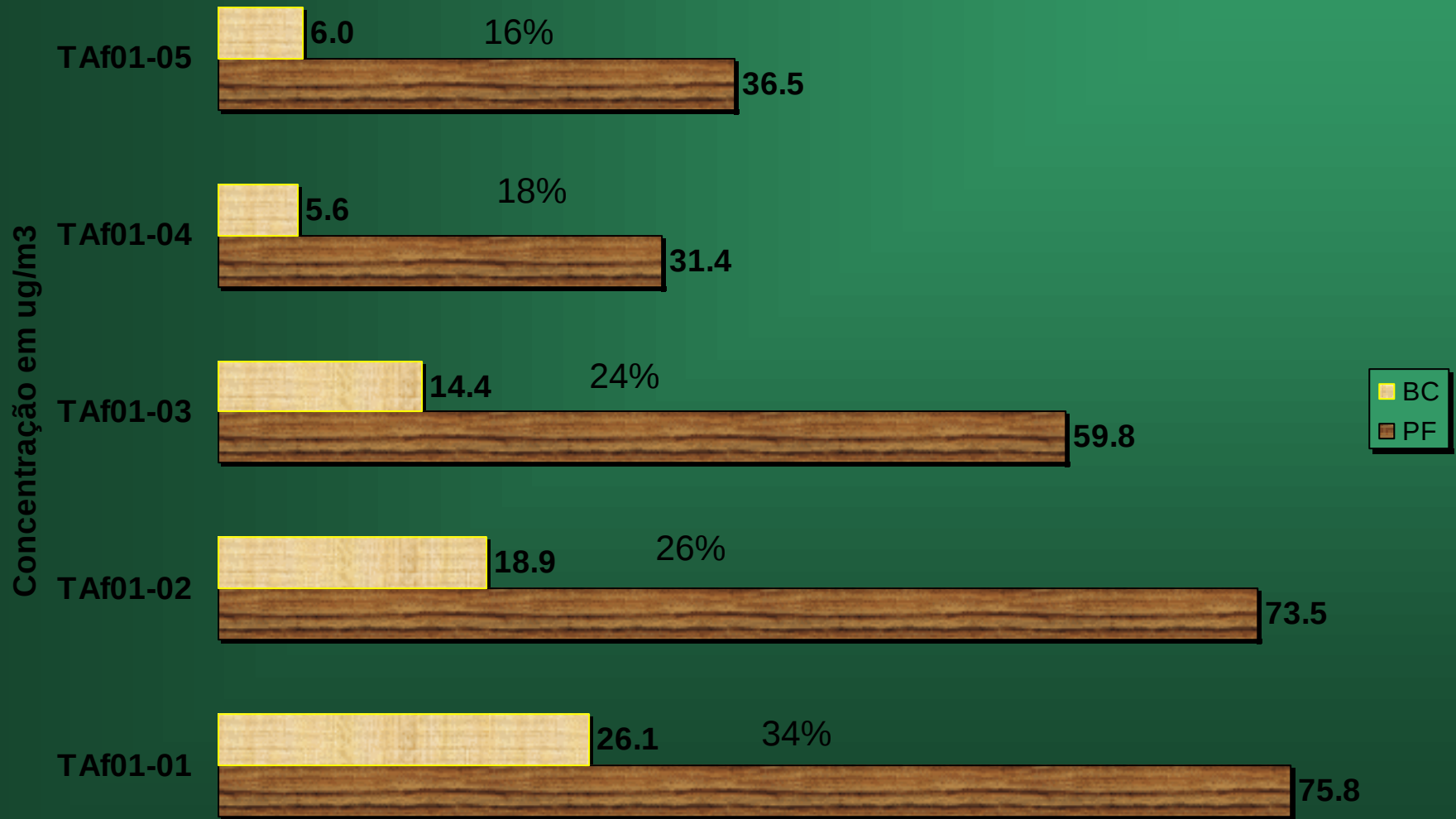
Medidas no interior do túnel Maria Maluf

Data e hora	Túnel	CO(ppm) Interior	NO _x (ppb) Interior	SO ₂ (µg/m ³) Interior
10/10/2001 (08:00-09:48)	Maria Maluf	11,14(0,03)	1020,2(1,5)	28,6(0,5)
10/10/2001 (09:55-11:55)	Maria Maluf	12,68(0,03)	1181,2(2,6)	57,9(0,9)

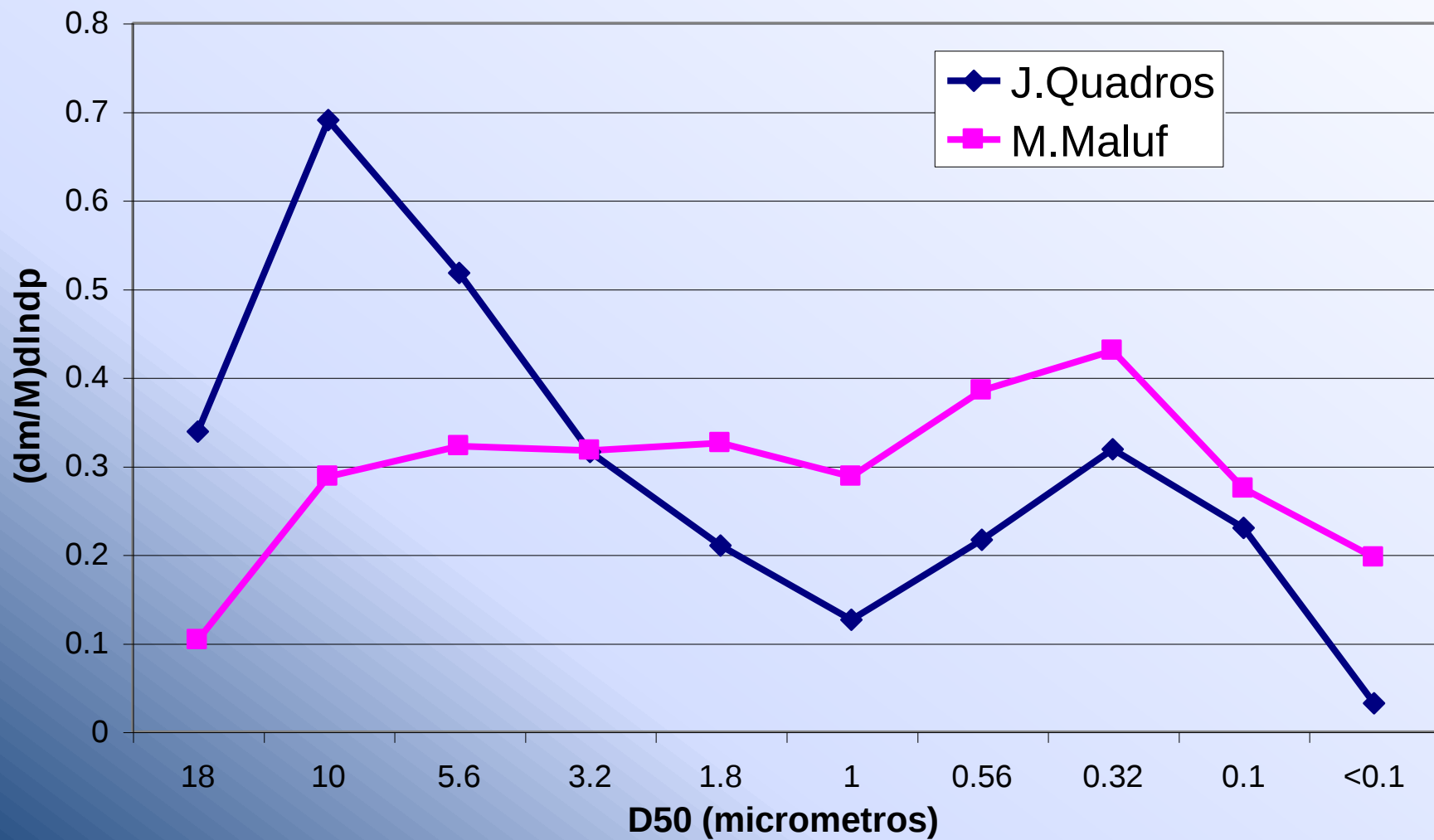
Medidas no exterior do túnel Maria Maluf

Data e hora	Túnel	CO(ppm) Fora	NO _x (ppb) Fora	SO ₂ (µg/m ³) Fora
10/10/2001 (08:00-09:48)	Maria Maluf	2,02(0,03)	125,0(0,0)	3,3(0,9)
10/10/2001 (09:55-11:55)	Maria Maluf	2,47(0,07)	137,5(0,7)	2,6(0,1)

Túnel Jânio Quadros - 13/08/01



Distribuição de Massa



Fatores de emissão para os gases NOx e SO2 (em g/kg), resultado da emissão por veículos leves.

Gases	Veículos leves
NOx	11,4
SO2	0,22

Experimento 2004

Variáveis medidas – Túnel Maria Maluf 04 – 07 de maio de 2004

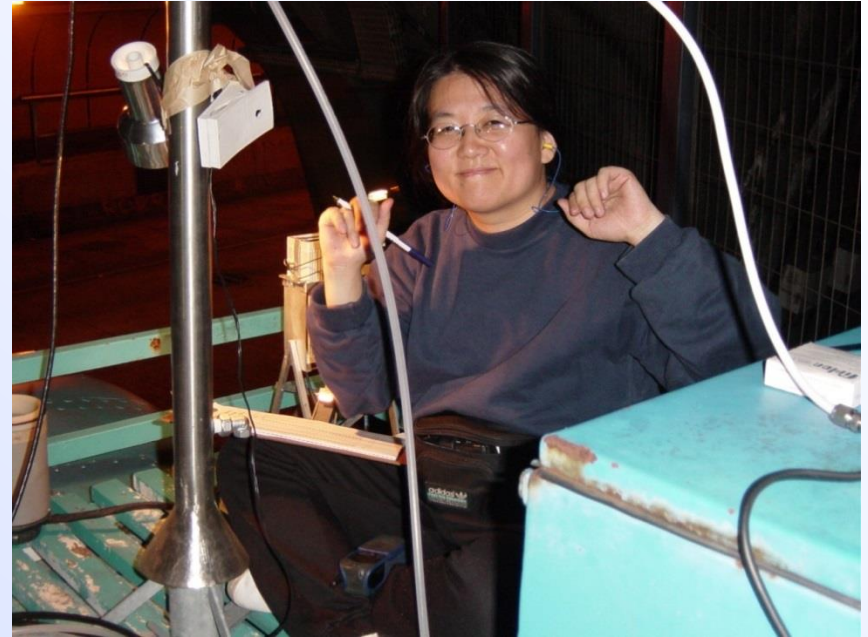
Variáveis	Espécies	Grupo responsável / pessoa	Instrumento / método analítico	Tempo de amostragem
Distribuição de tamanho do AA, composição	Elementos, íons e cátions	LAPAt – IAG /Fatima e Rosana	Impactador em cascata – MOUDI Minivol / análise por PIXE e HPLC Partículas do solo do túnel (manual)	8:00 – 18:00 h, MOUDI-2 h (interno). Minivol 2 h de amostragem (interno e externo)
Carbonilas	Formal, acetal, acetona e outras carbonilas.	LAPAt - IAG e LEMA - IQ/ Leila	Sepaks, com DNPH HPLC/ espectrofotometria de absorção (vis)	8:00 – 18:00 h, 2 h de amostragem (interno e externo)
COVs	Benz, C7, C10, tol, clorob, etilbenz, o, m+p xilenos, cumeno, 1,3,5-TMB	LPDTA - Unicamp/ Leila e Edler	Amostrador automático STS25, cartuchos com adsorvente Tenax TA (supelco)/ CG/FID	8:00 – 18:00 h, 2 h de amostragem (interno e externo)
COVs	C4 – C11, buteno, 1,3-butadieno, pent, Clmetileno, hex, benz,Tol,Etilbenz,p+m +o-xilenos, Estir e etc.	LQA - IPEN/ Leila Angélica, Luciana	Canisters/ identificados por CG/MS e quantificados por FID	8:00 – 18:00 h com amostragens a cada 2 hora (interno e externo).

Gases e aerossol	CO, NO _x , SO ₂ , O ₃ , PM10, UR, T	CETESB	Monitores contínuos dicotômetro	Contínuo (interno e externo)
Gases	CO ₂	LAPAt - IAG/ Leila	Monitor semi-contínuo	8:00 – 18:00 h (interno e externo)
Número de veículos	Quantificação dos veículos por tipo	LAPAt - IAG/ Leila	Contagem manual Das duas vias	8:00 – 18:00 h (interno)

LAPAt = Laboratório Ambiental de Poluição do Ar - IAG/USP; LEMA = Laboratório de Estudos do Meio Ambiente – IQ/USP; LQA = Laboratório de Química Ambiental – IPEN; LPDTA = Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Ambientais – FEQ/UNICAMP; CETESB = Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental; MOUDI= Micro-Orifice Uniform Deposit Impactador; HPLC= High Performance Liquid Chromatography; CG/MS= Cromatografia Gasosa/Espectrômetro de Massa; DNPH= 2,4-dinitrofenil-hidrazina; STS25= Sequential Tube Sample; CG/FID= Cromatografia Gasosa/Flame Ionization Detector;; Dist.=distribuição; AA= aerossol; benz= benzeno; tol= tolueno; n-hept= n-heptano; clorob= clorobenzeno; etilbenz= etilbenzeno; estir= estireno; 1,3,5-TMB= 1,3,5-trimetilbenzeno; formal= formaldeído; acetal=acetaldeído; hex= hexeno; pent= penteno



Locais de amostragem

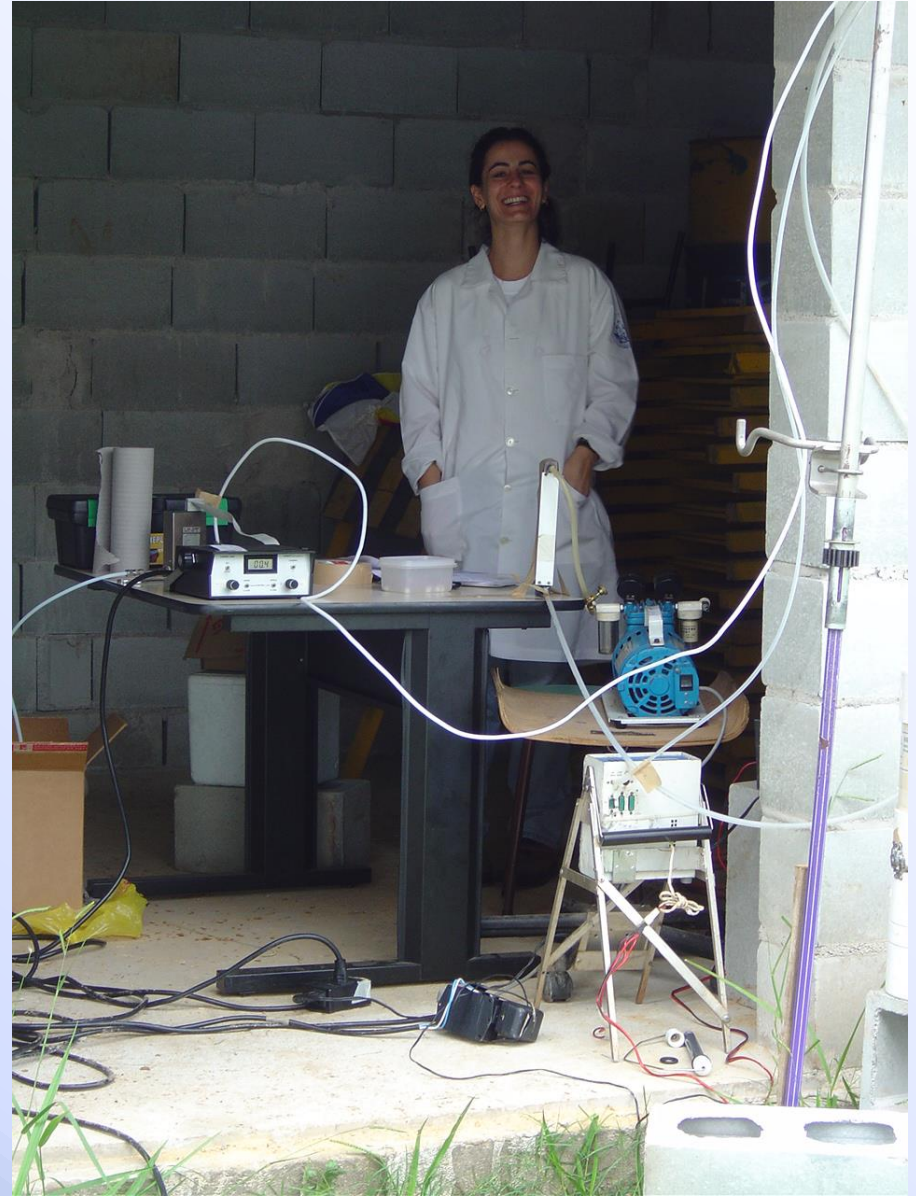


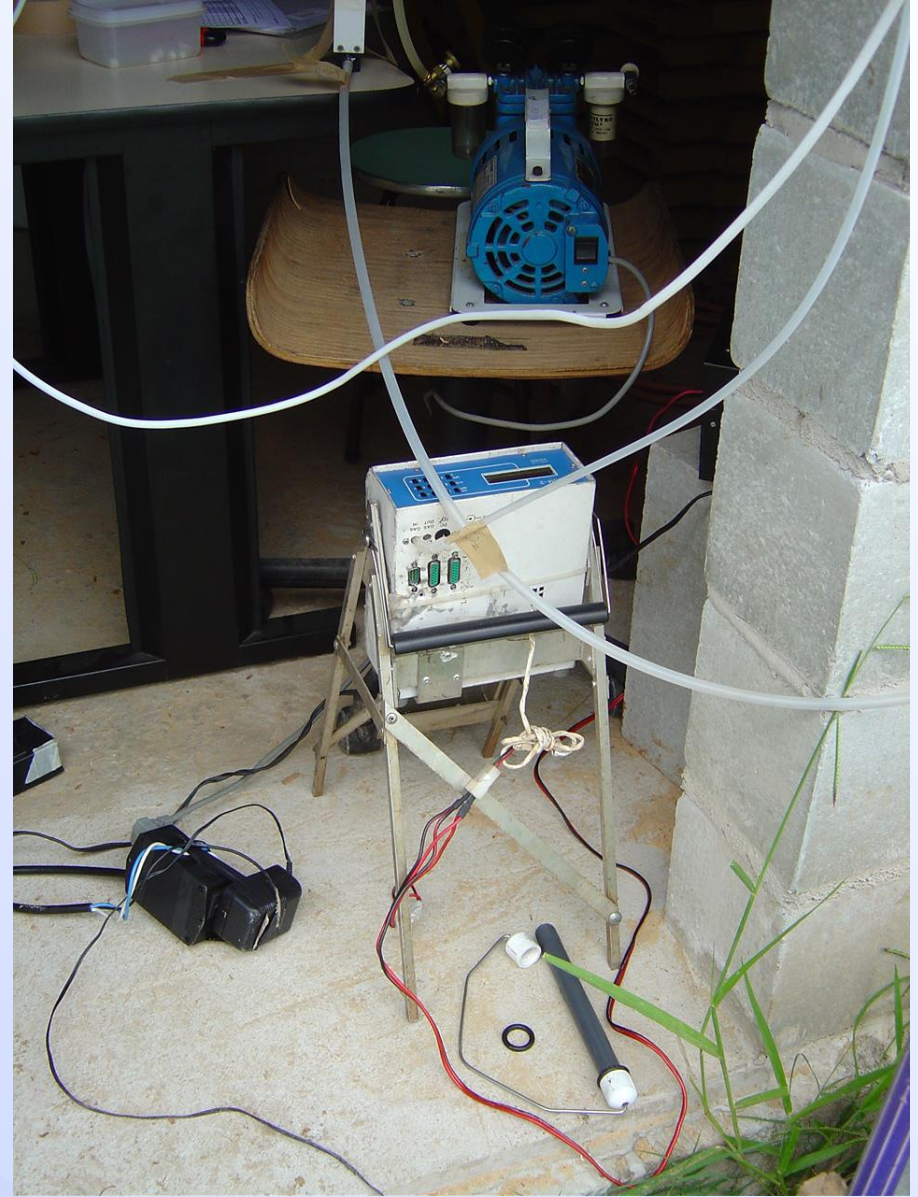
Túnel - 2004

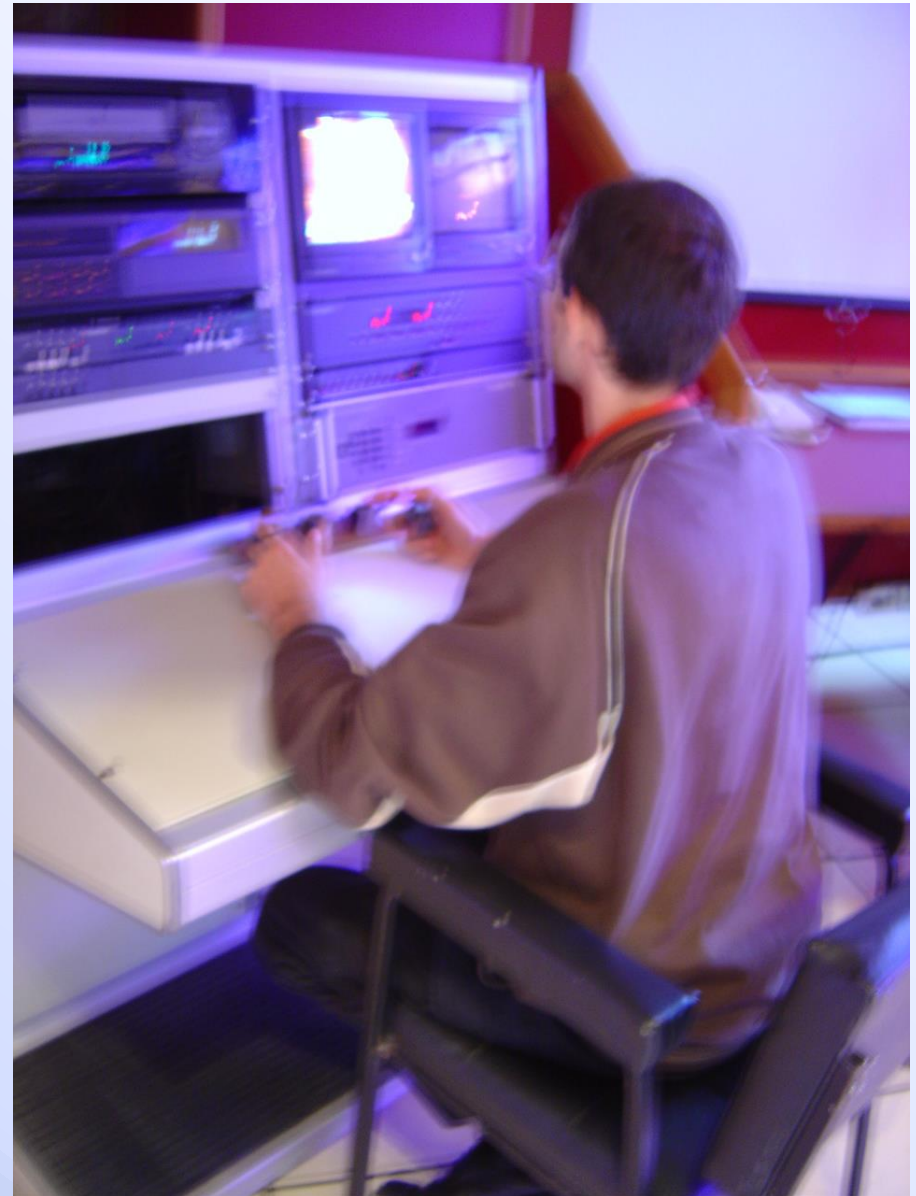












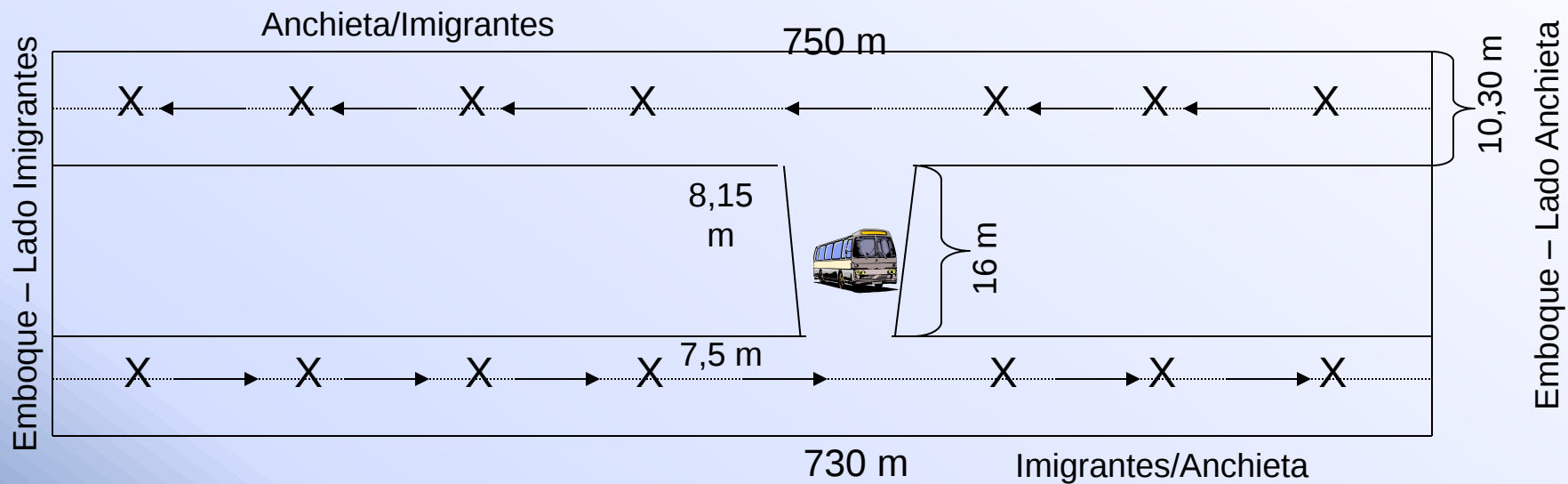




Exaustão do ar

Insufladores de ar

Túnel Maria Maluf



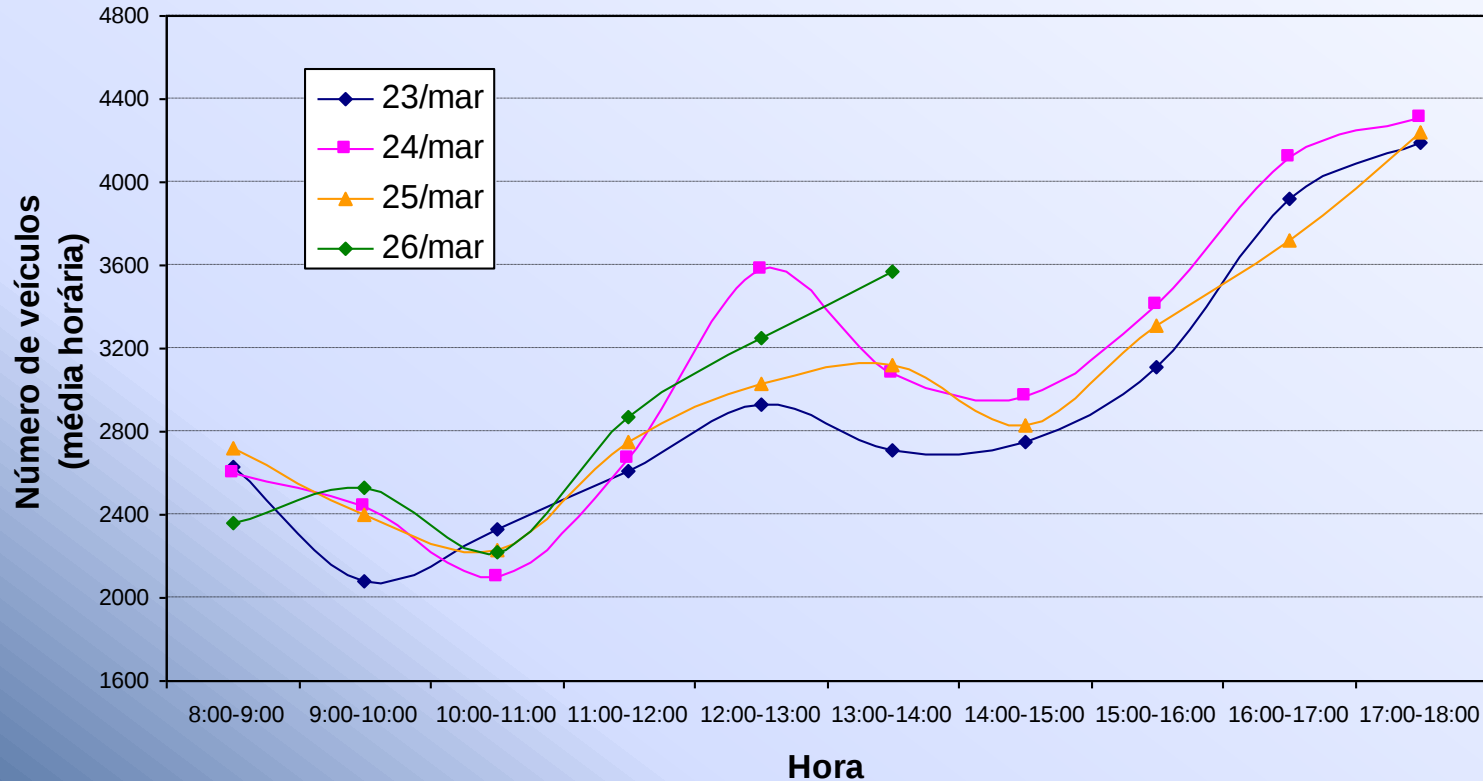
X = 2 ventiladores

22 funcionando alternadamente

Resultados Túnel Jânio

Quadros

- **Número de veículos**



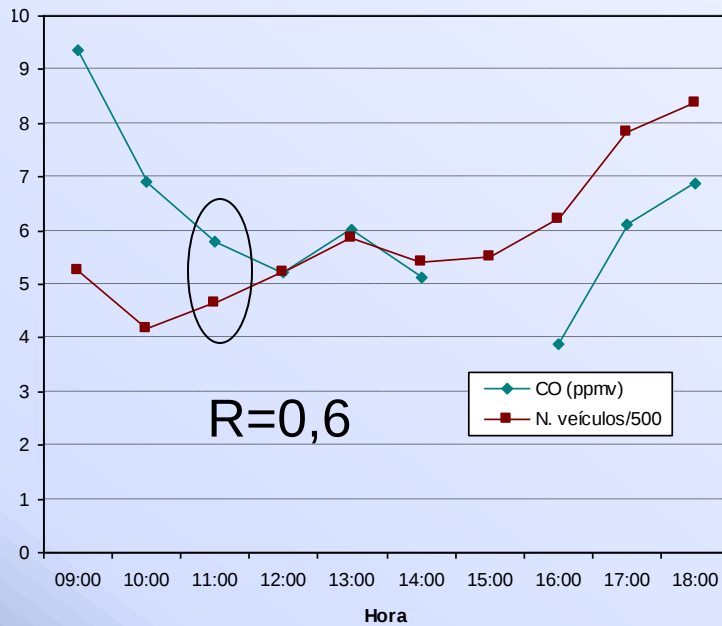
Leves = 82,5 – 85,6 %

Motos= 7,0 – 7,8 %

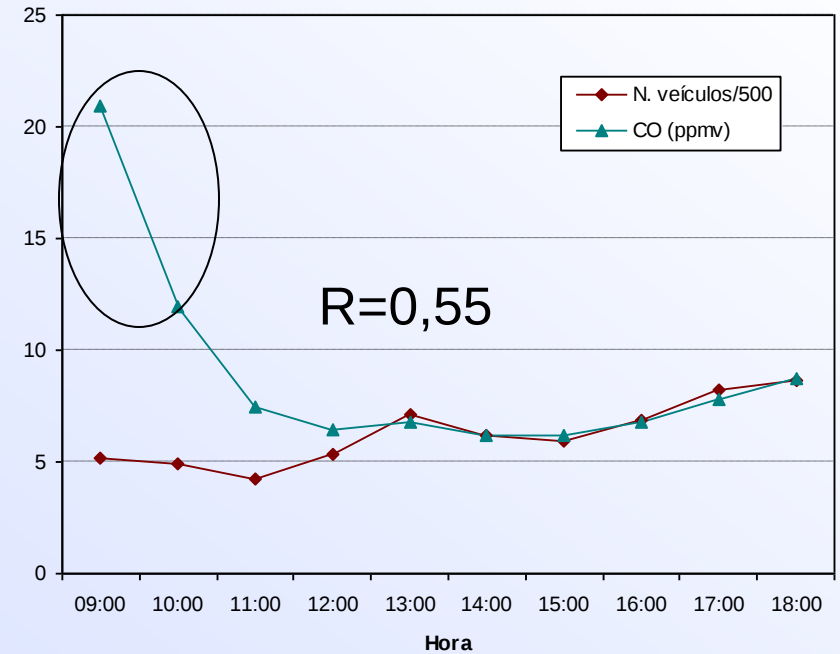
Táxis = 3,7 – 4,0 %

Pesados = 3,1 – 5,5 %

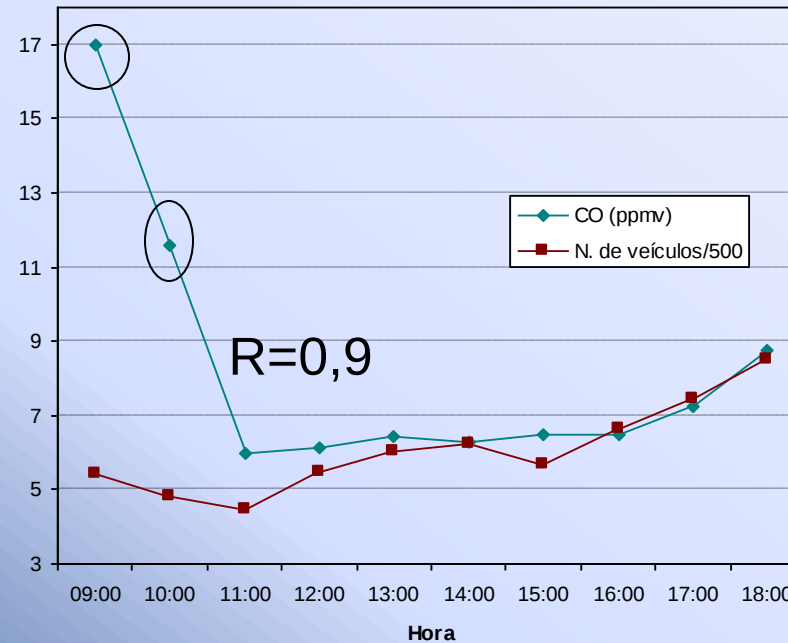
Túnel Jânio Quadros - 23/03/04



Túnel Jânio Quadro - 24/03/04

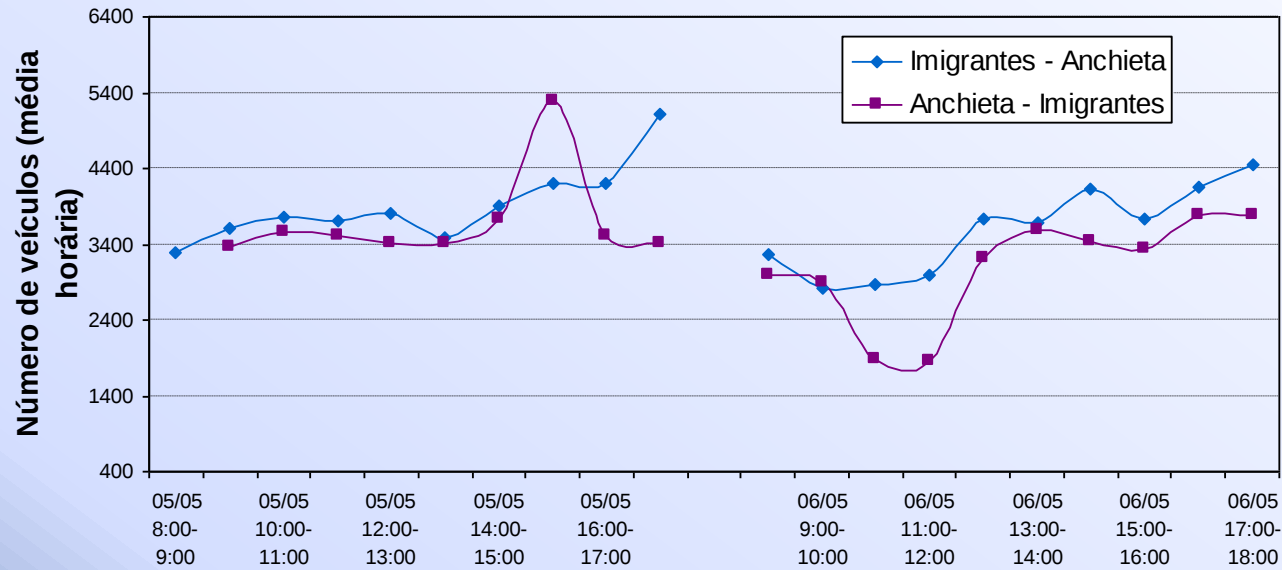


Túnel Jânio Quadros - 25/03/04



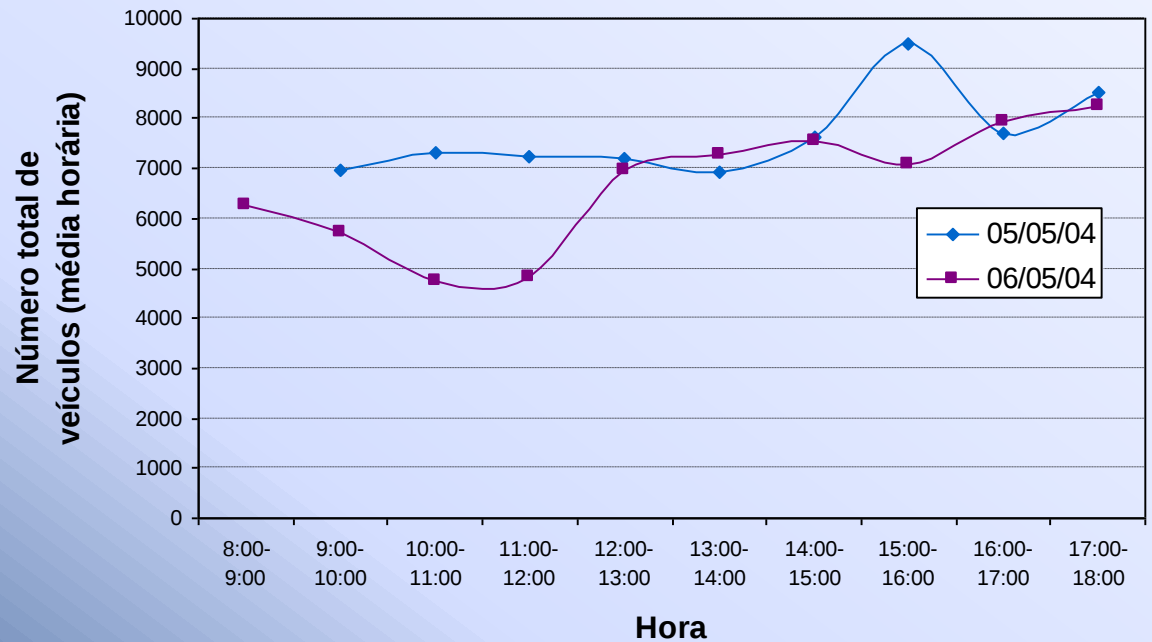
Sistema de ventilação pode ter contribuído para esse perfil nas primeiras horas

Túnel Maria Maluf

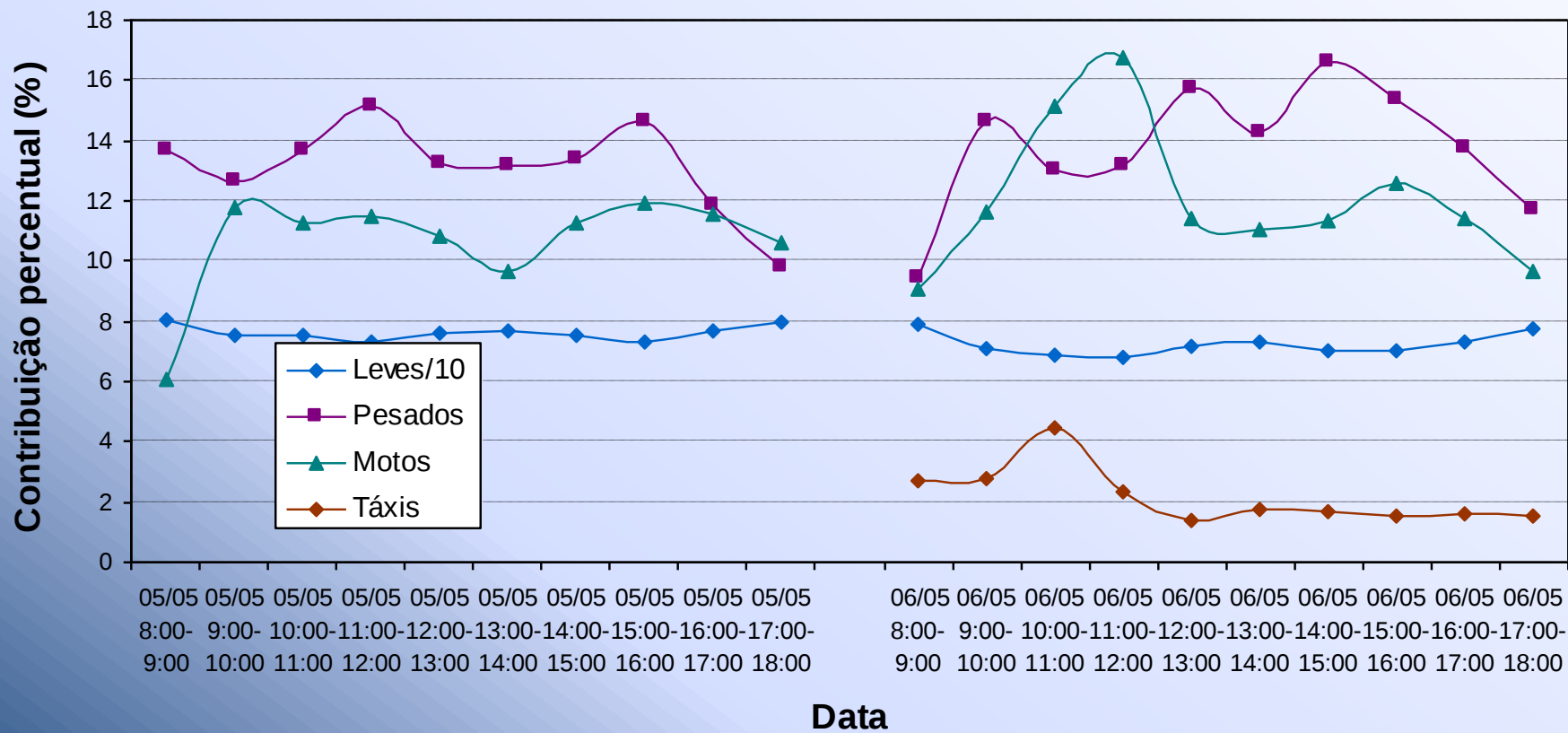


• Número de Veículos

Data



Túnel Maria Maluf

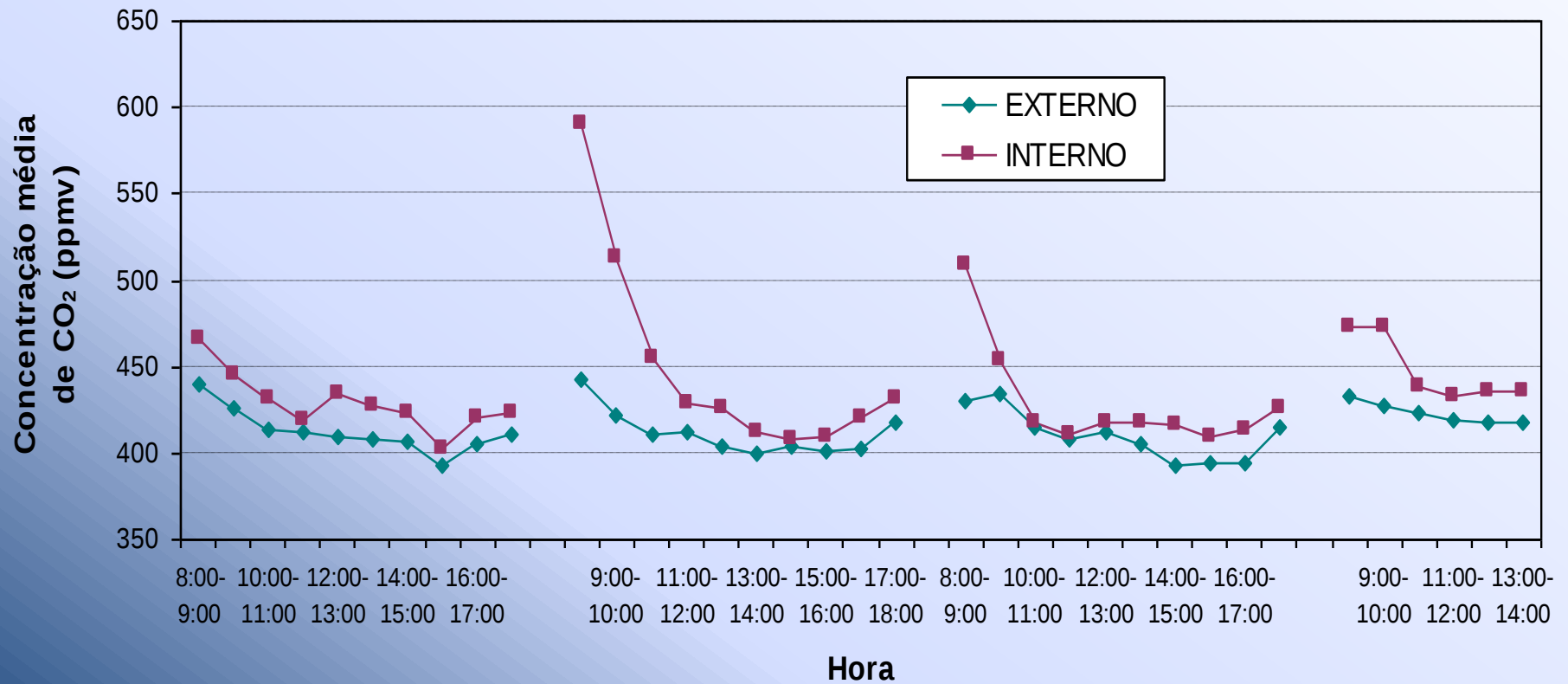


• CO₂

T(interna) = 22 – 26°C

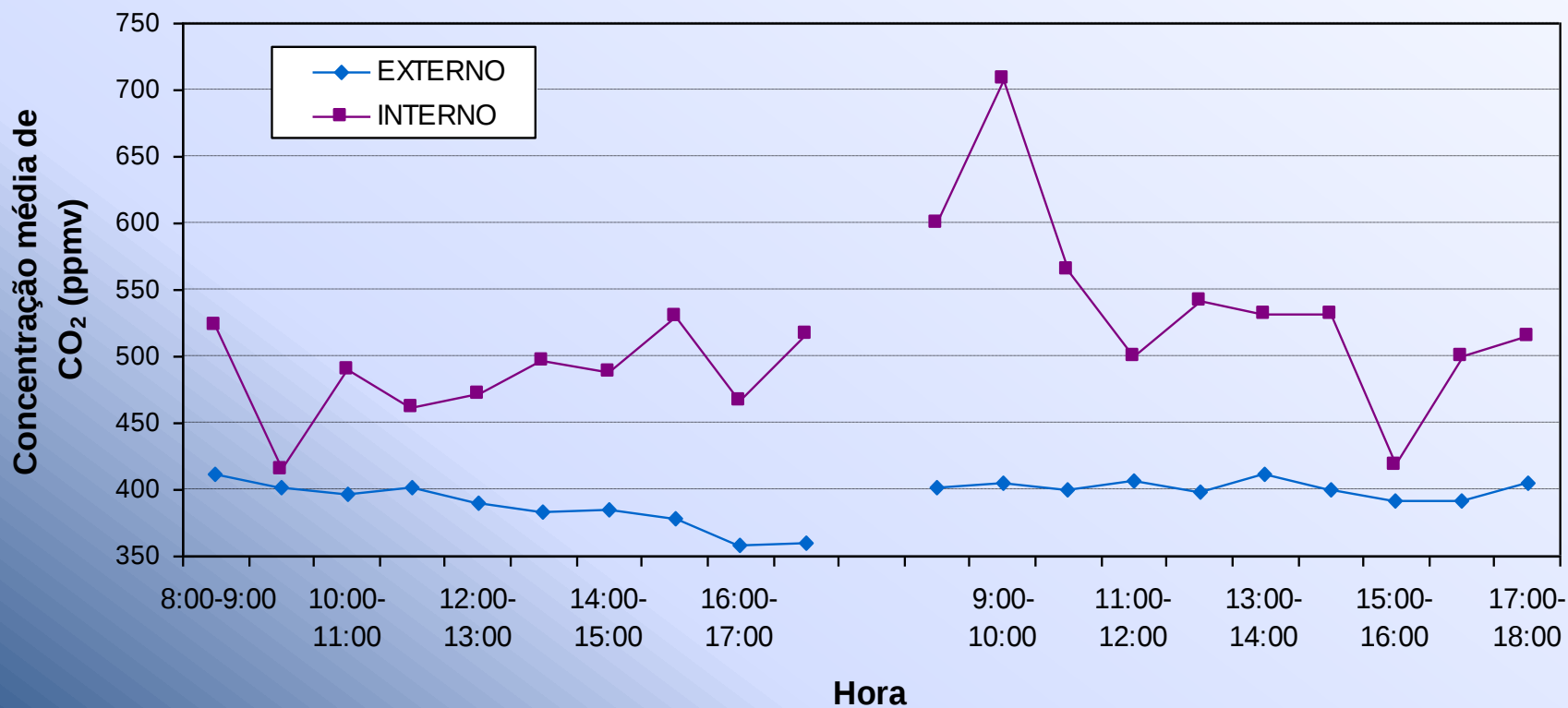
UR(interna) =

Janio Quadros



• CO₂

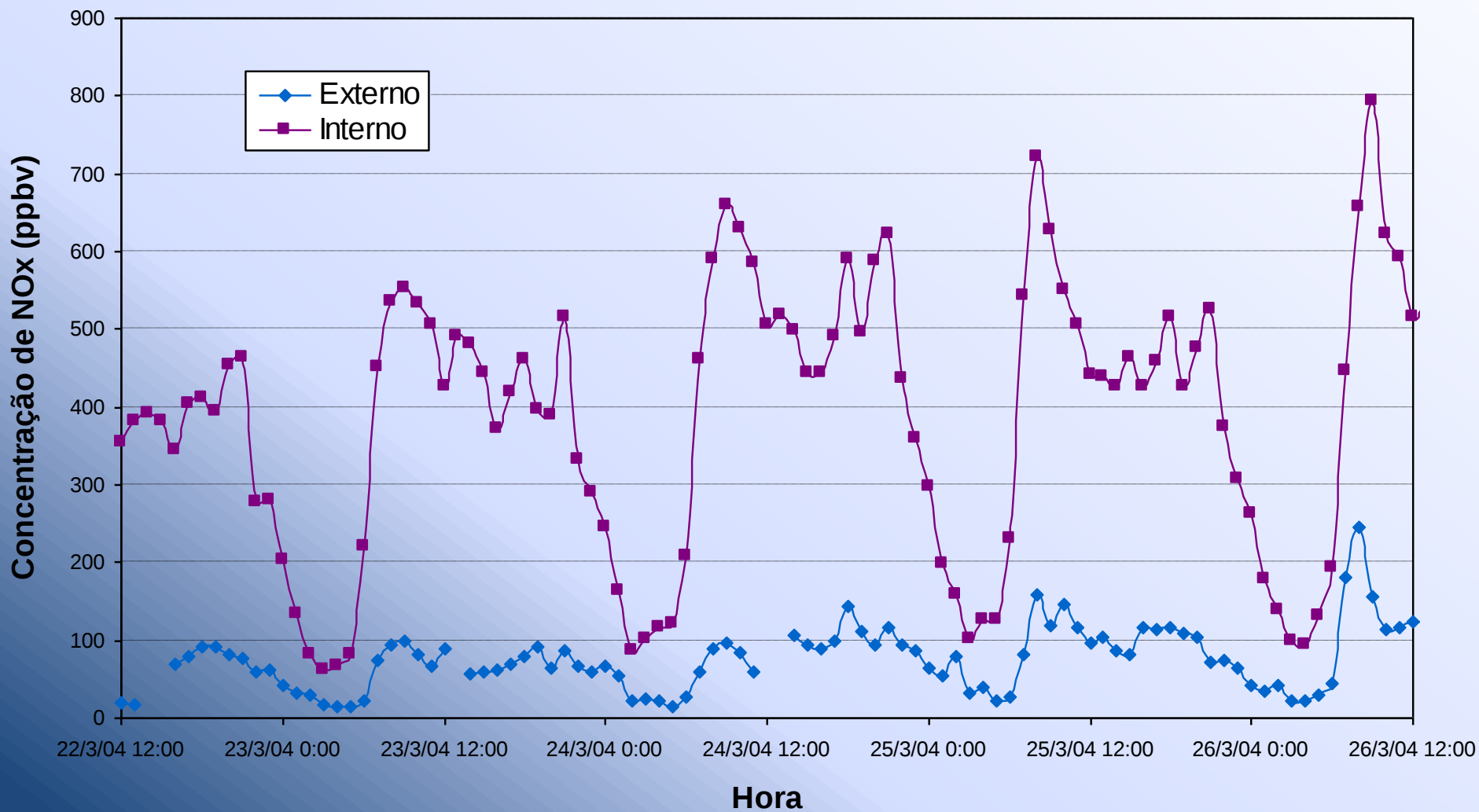
Túnel Maria Maluf



• NO_x

INT/EXT = 2 – 18

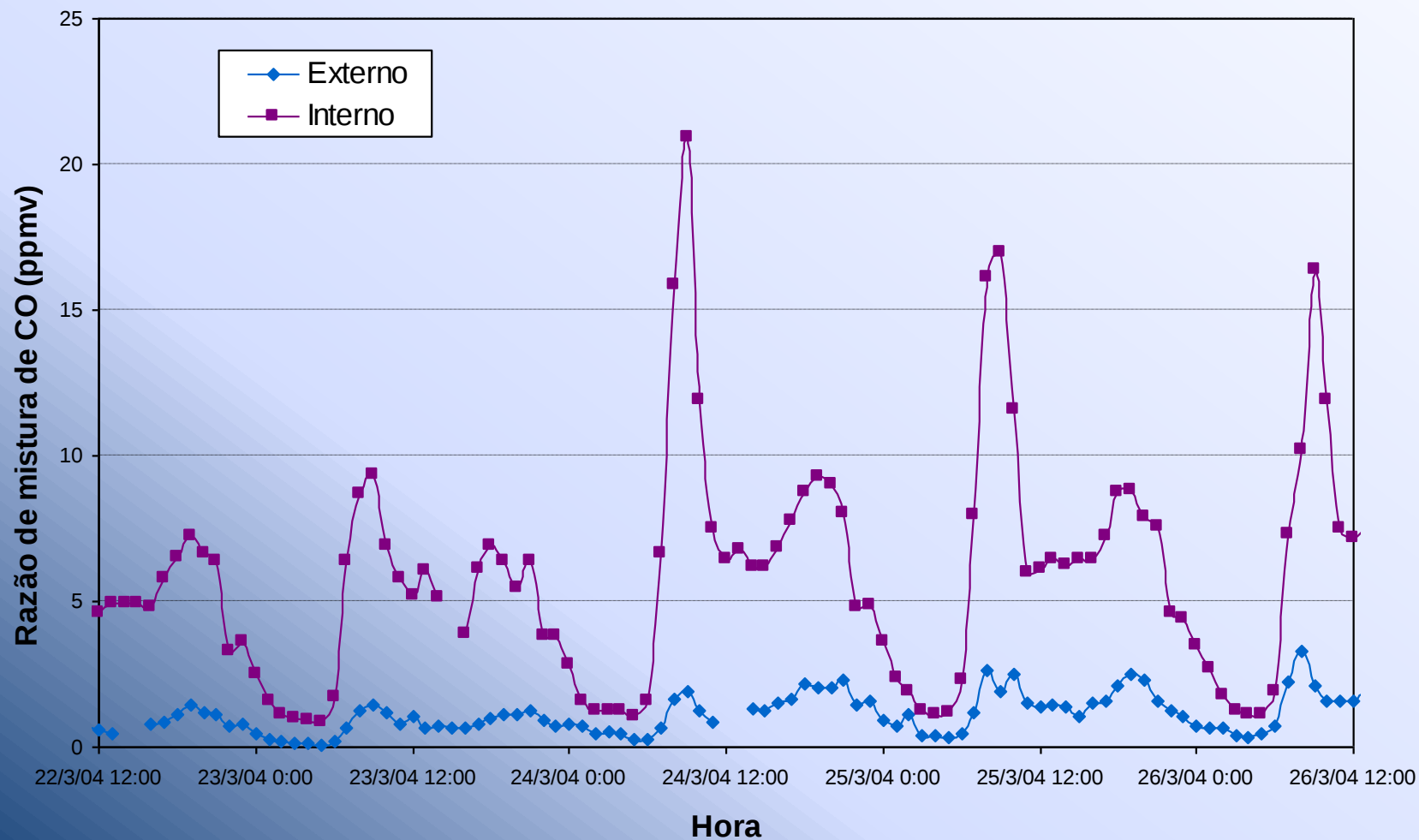
Túnel Jânio Quadros



• CO

INT/EXT = 1,7 – 11,5

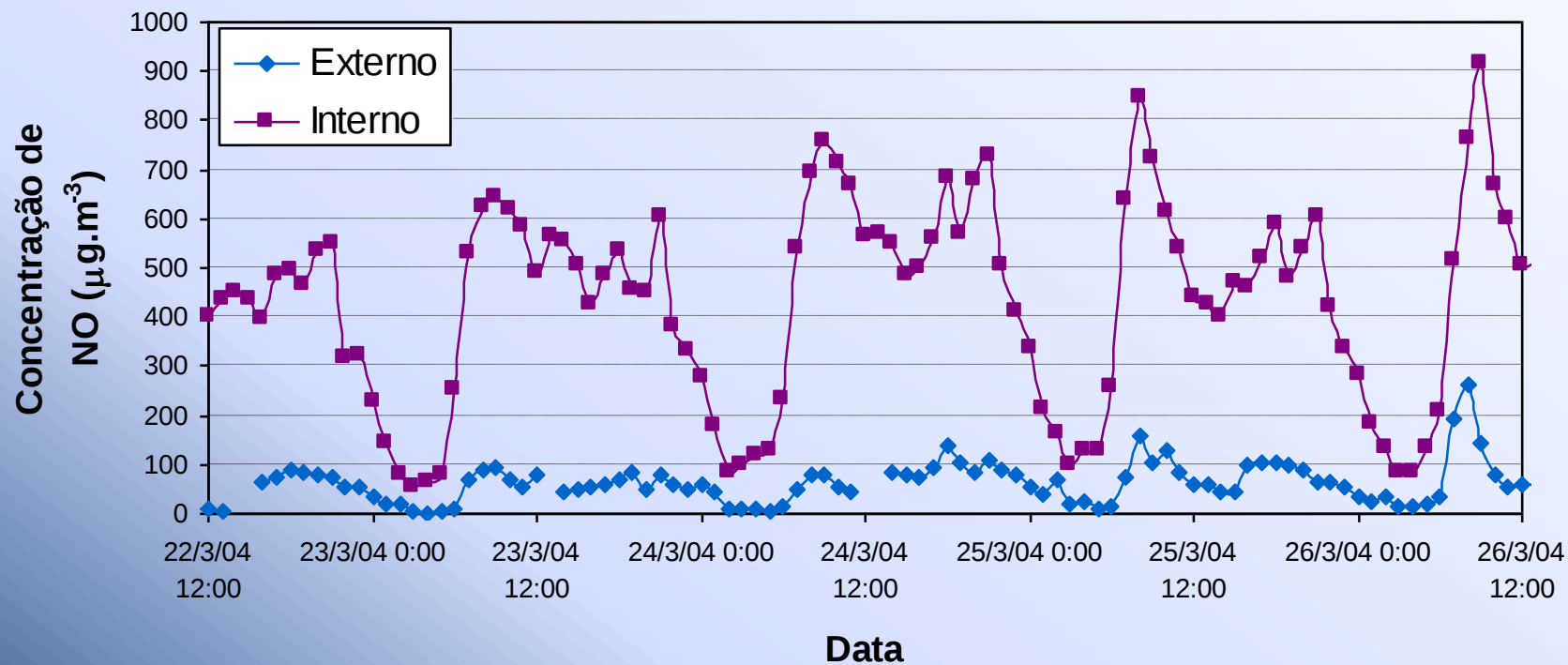
Túnel Jânio Quadros



• NO

INT/EXT = 2,3 – 60

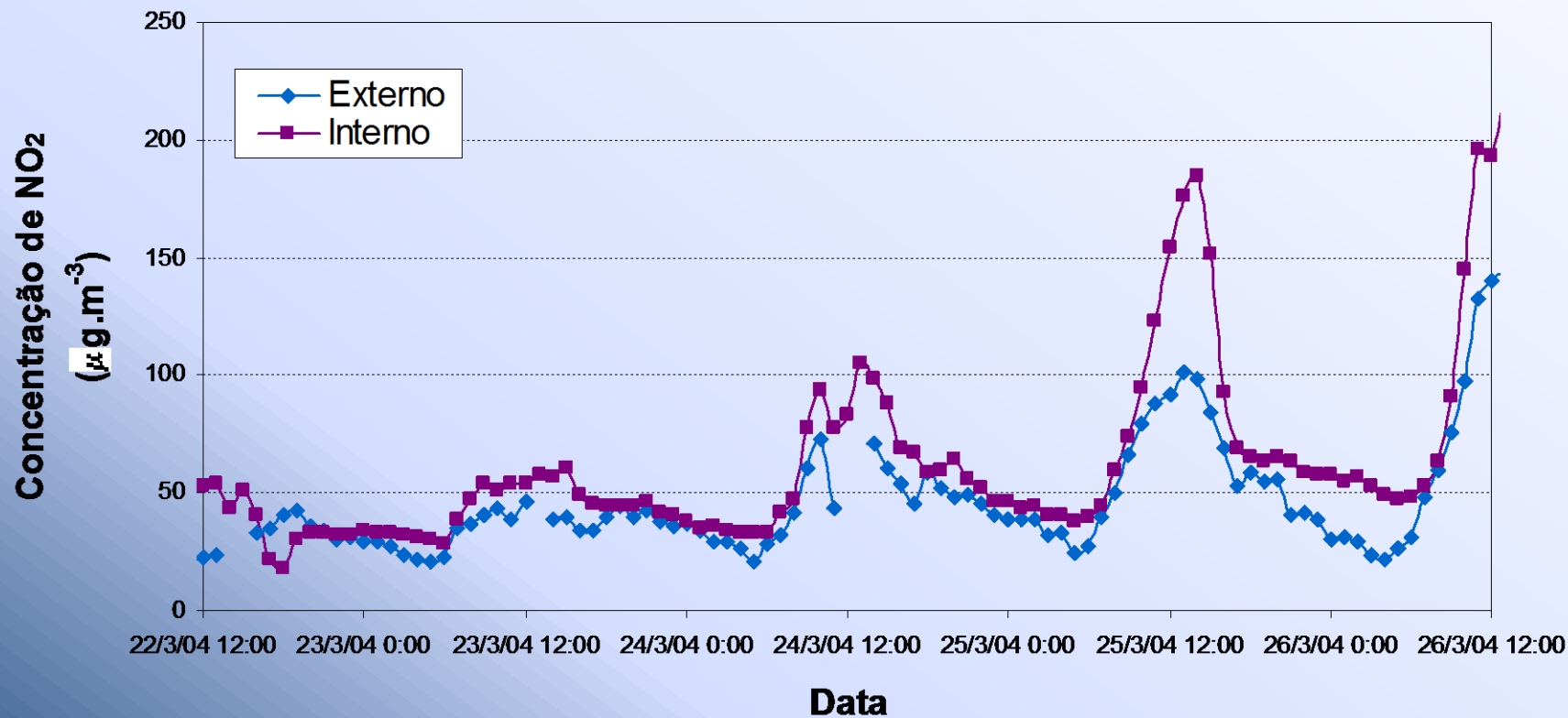
Túnel Jânio Quadros



• NO₂

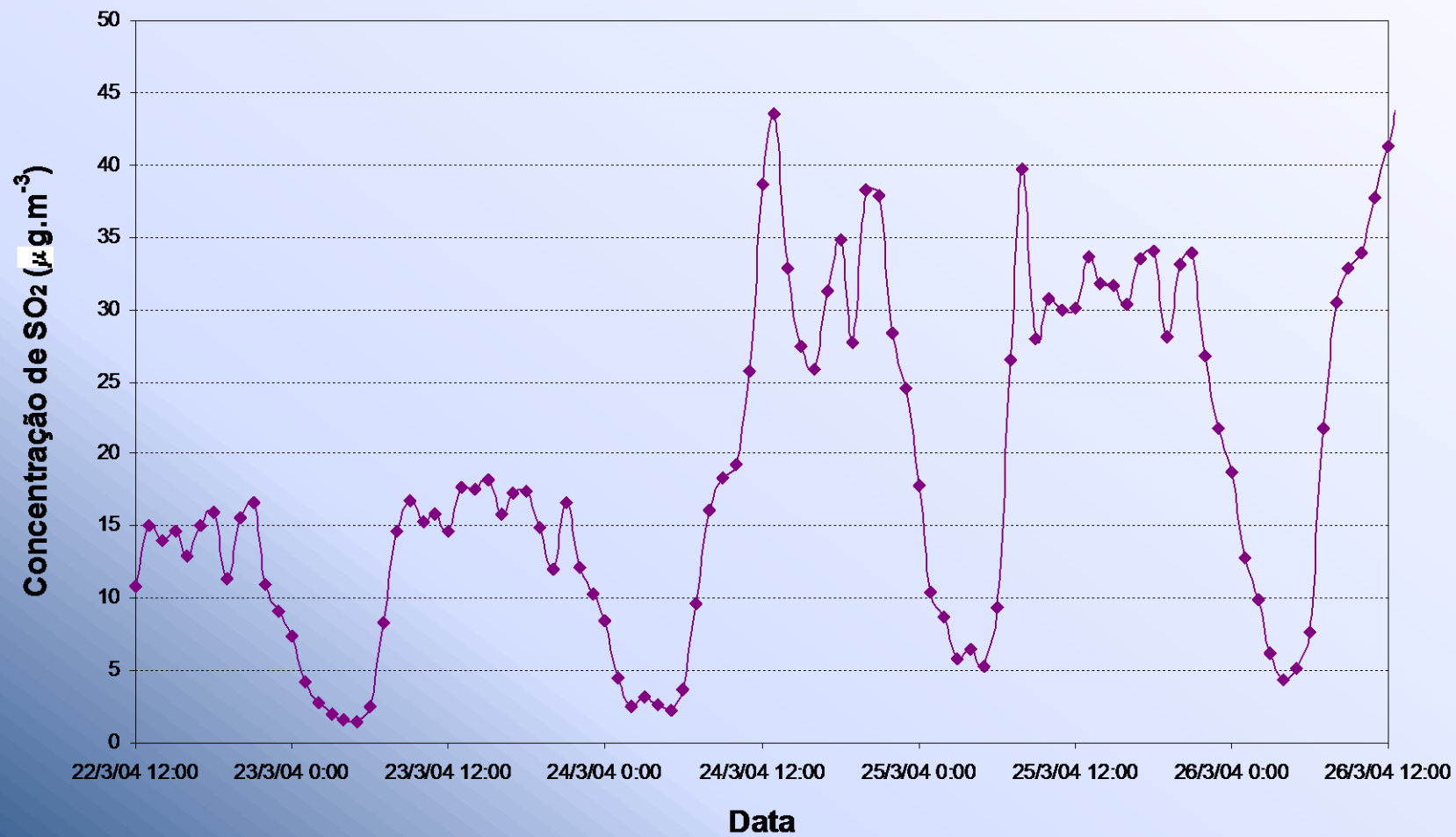
INT/EXT = 0,6 – 2,3

Túnel Jânio Quadros



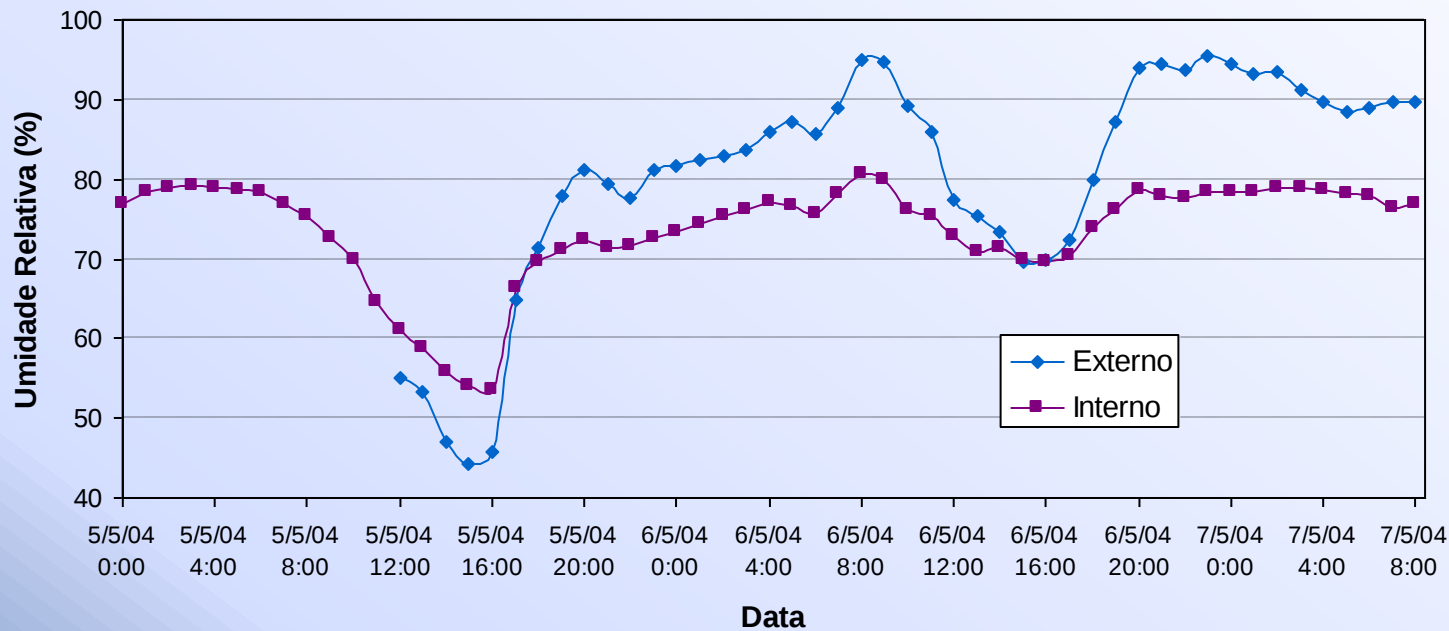
• SO₂

Túnel Jânio Quadros



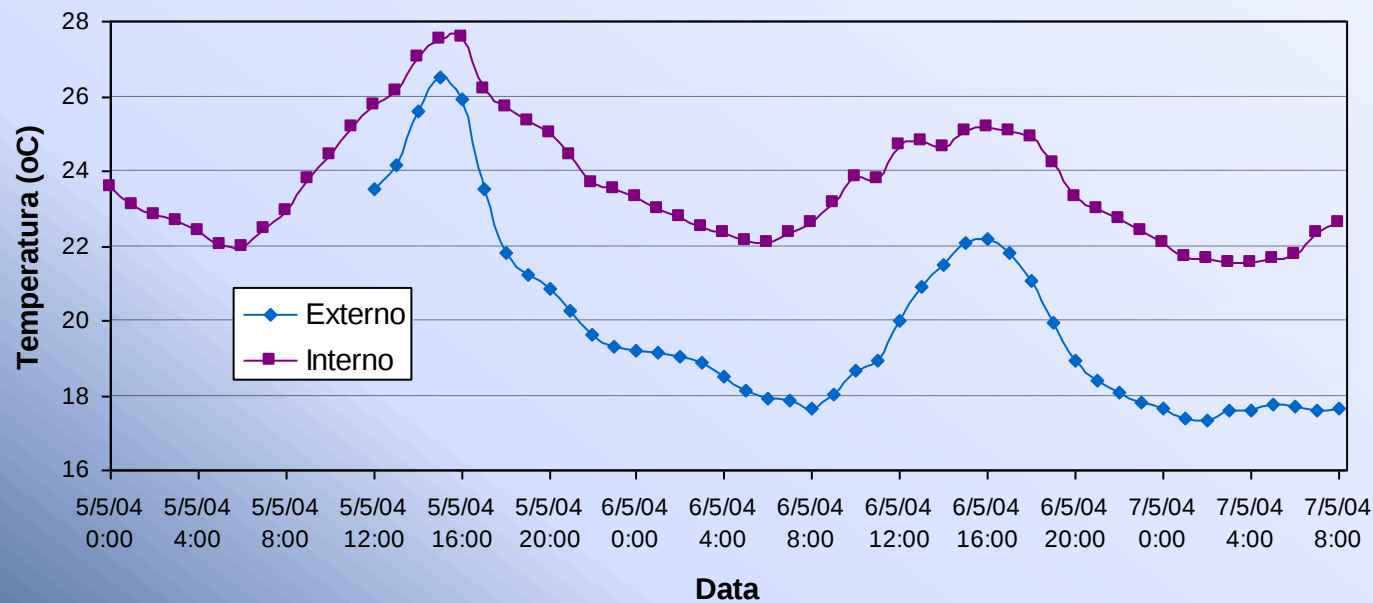
Túnel Maria Maluf

UR



Temperatura

Túnel Maria Maluf

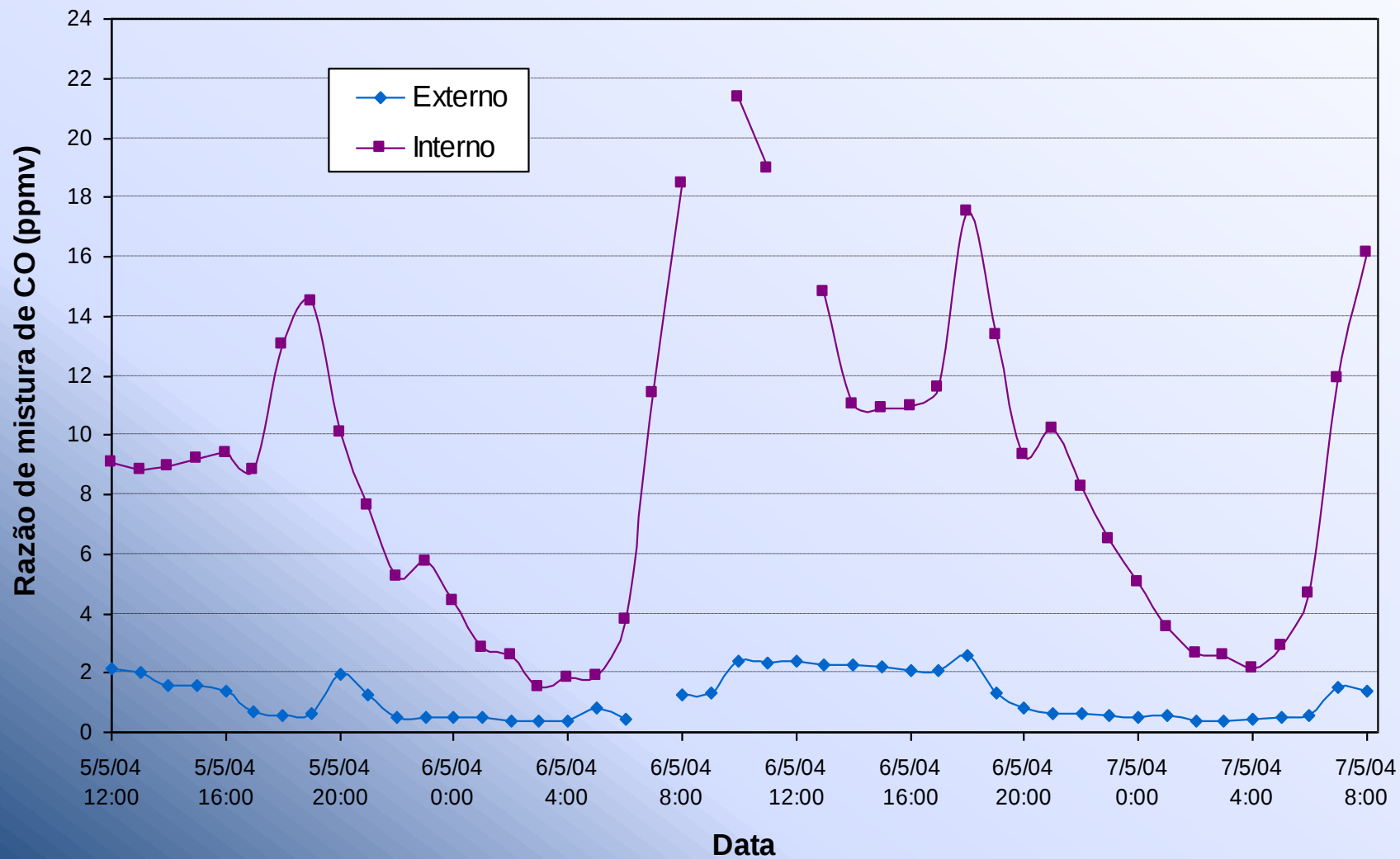


Dados CETESB

• CO

Túnel Maria Maluf

INT/EXT = 4,2 – 14,5

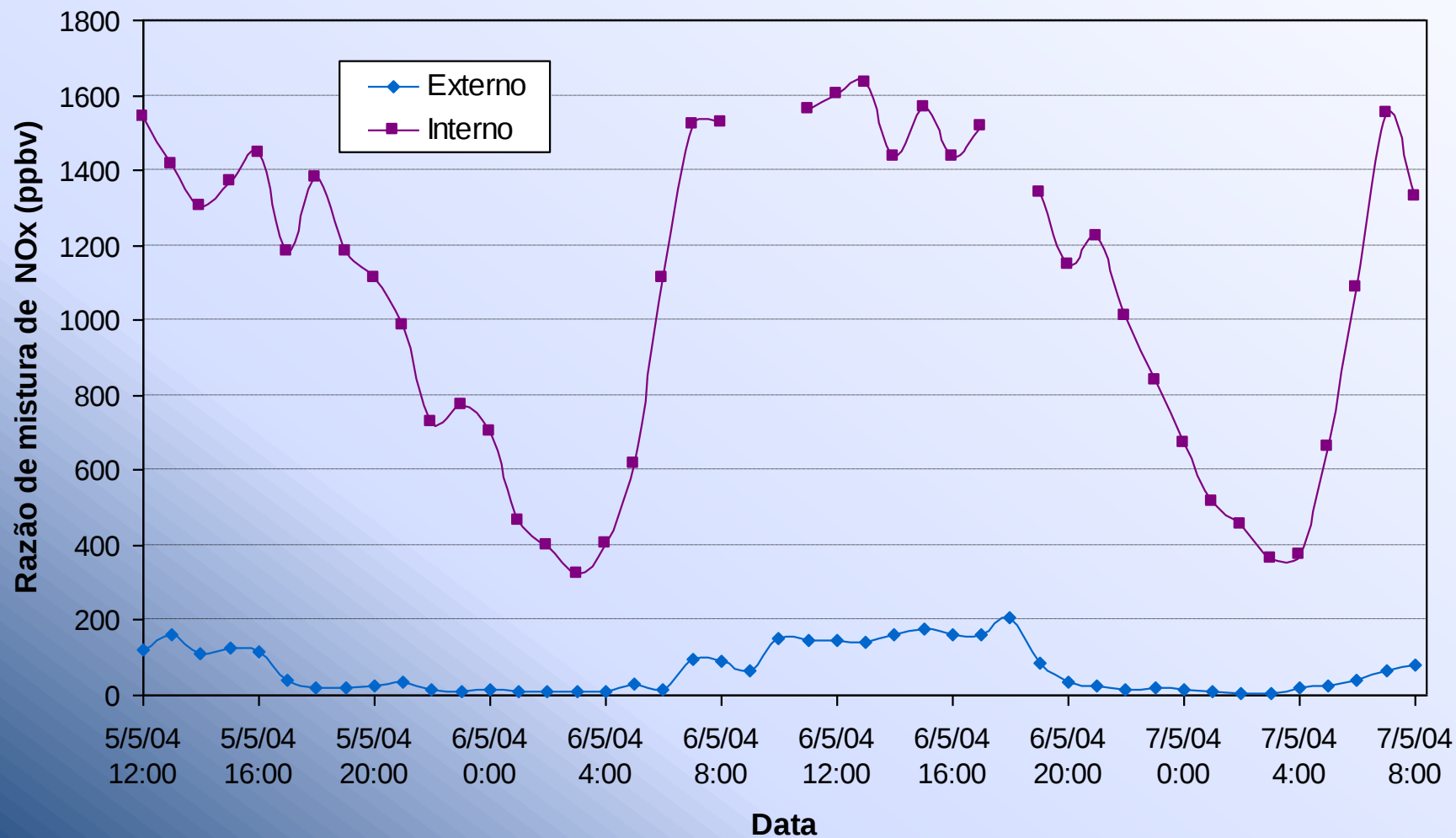


Dados CETESB

• NO_x

INT/EXT = 8,7 – 72

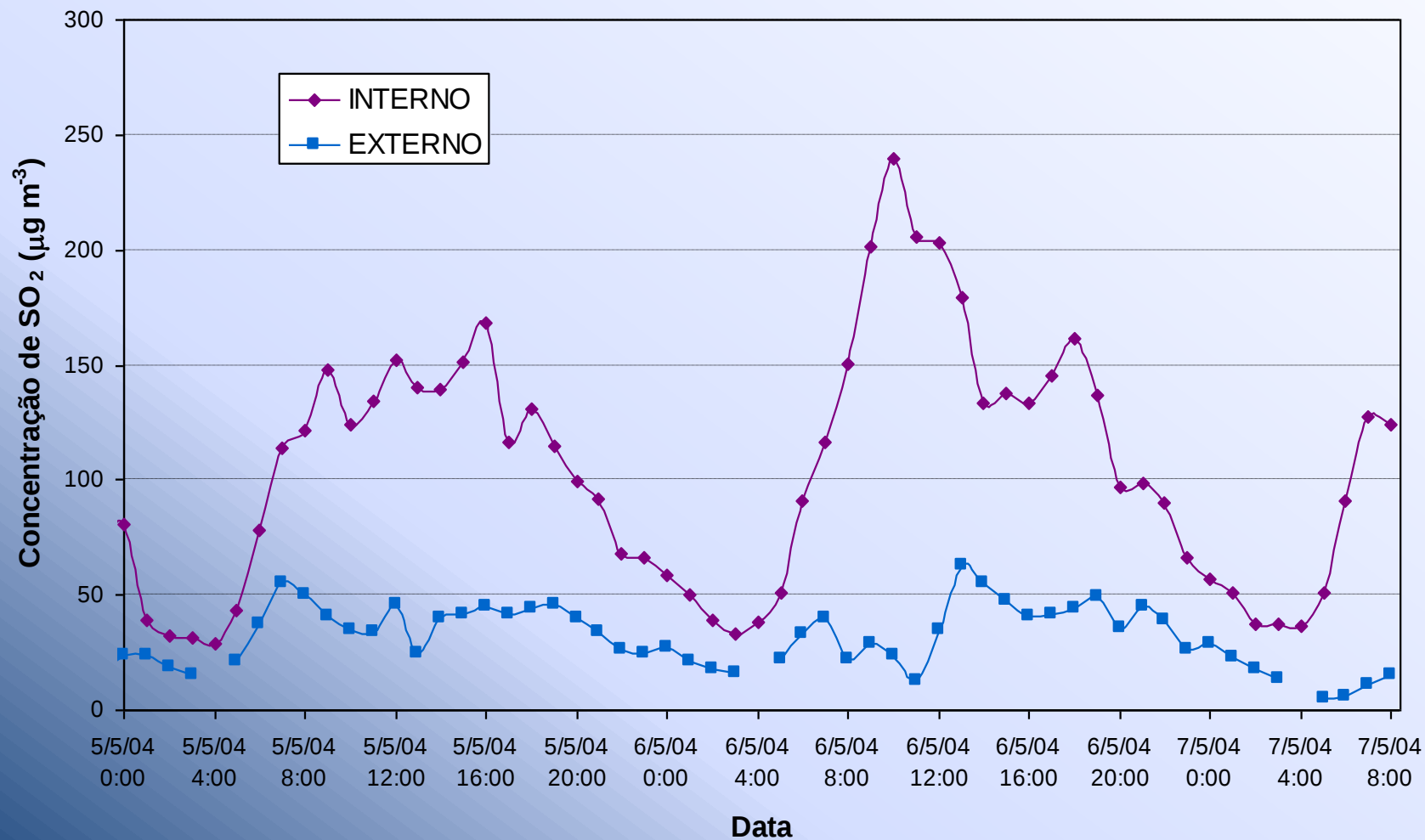
Túnel Maria Maluf

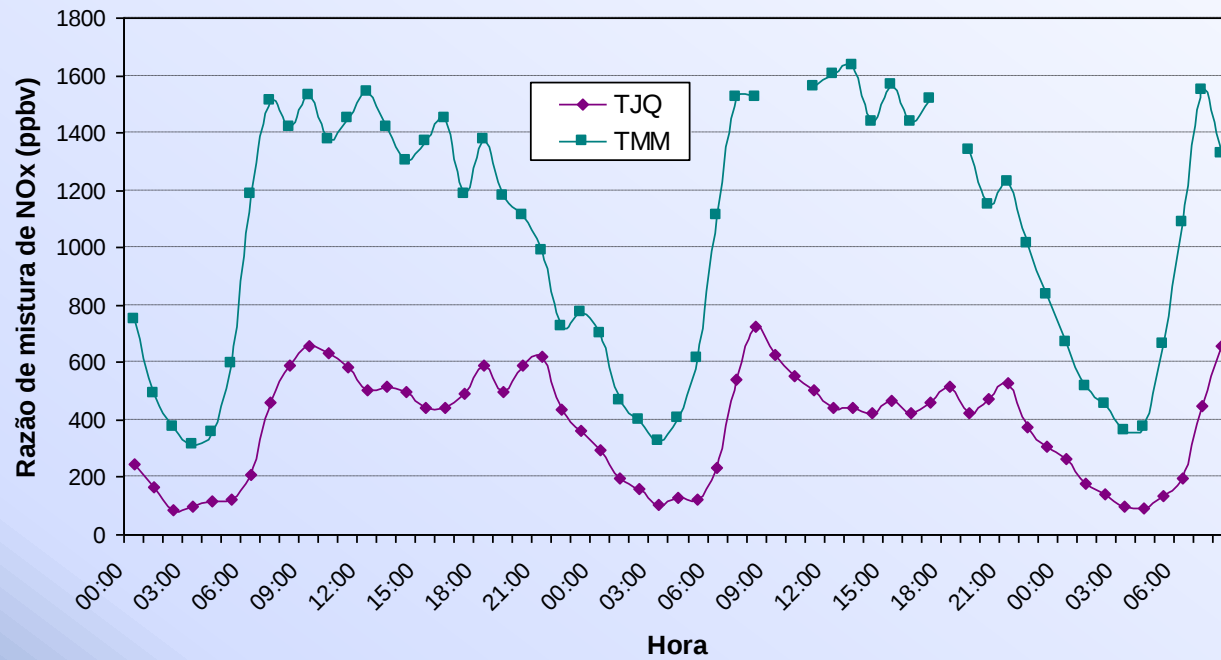


• SO₂

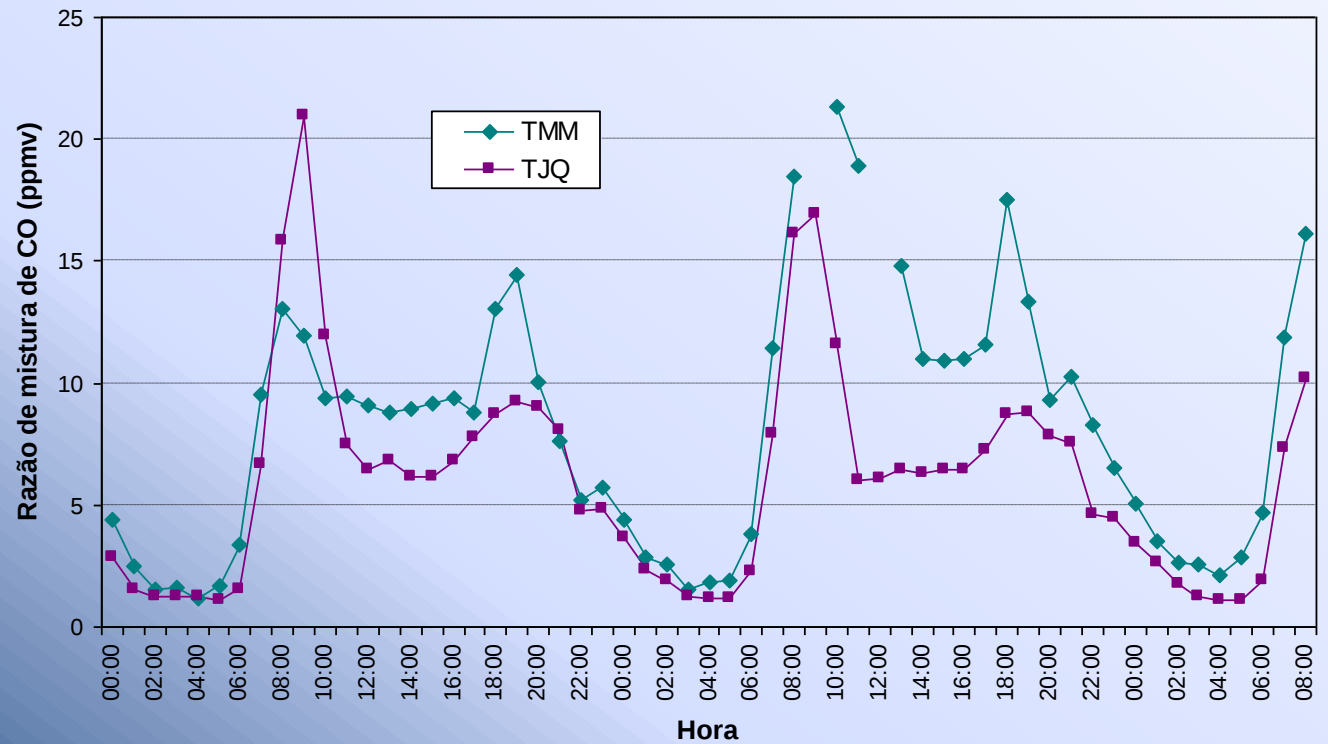
INT/EXT = 1,6 – 15,8

Túnel Maria Maluf

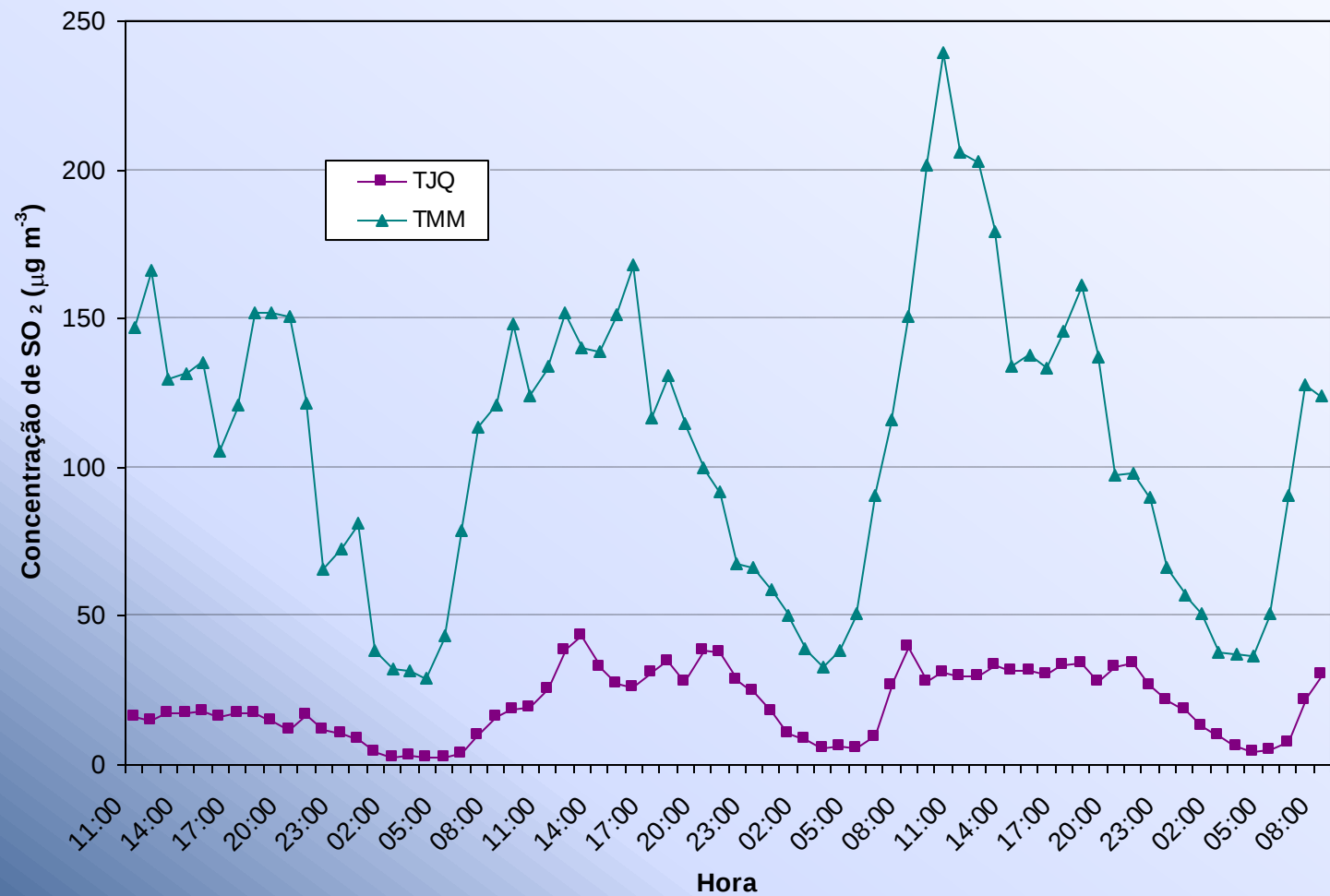




CO



SO₂



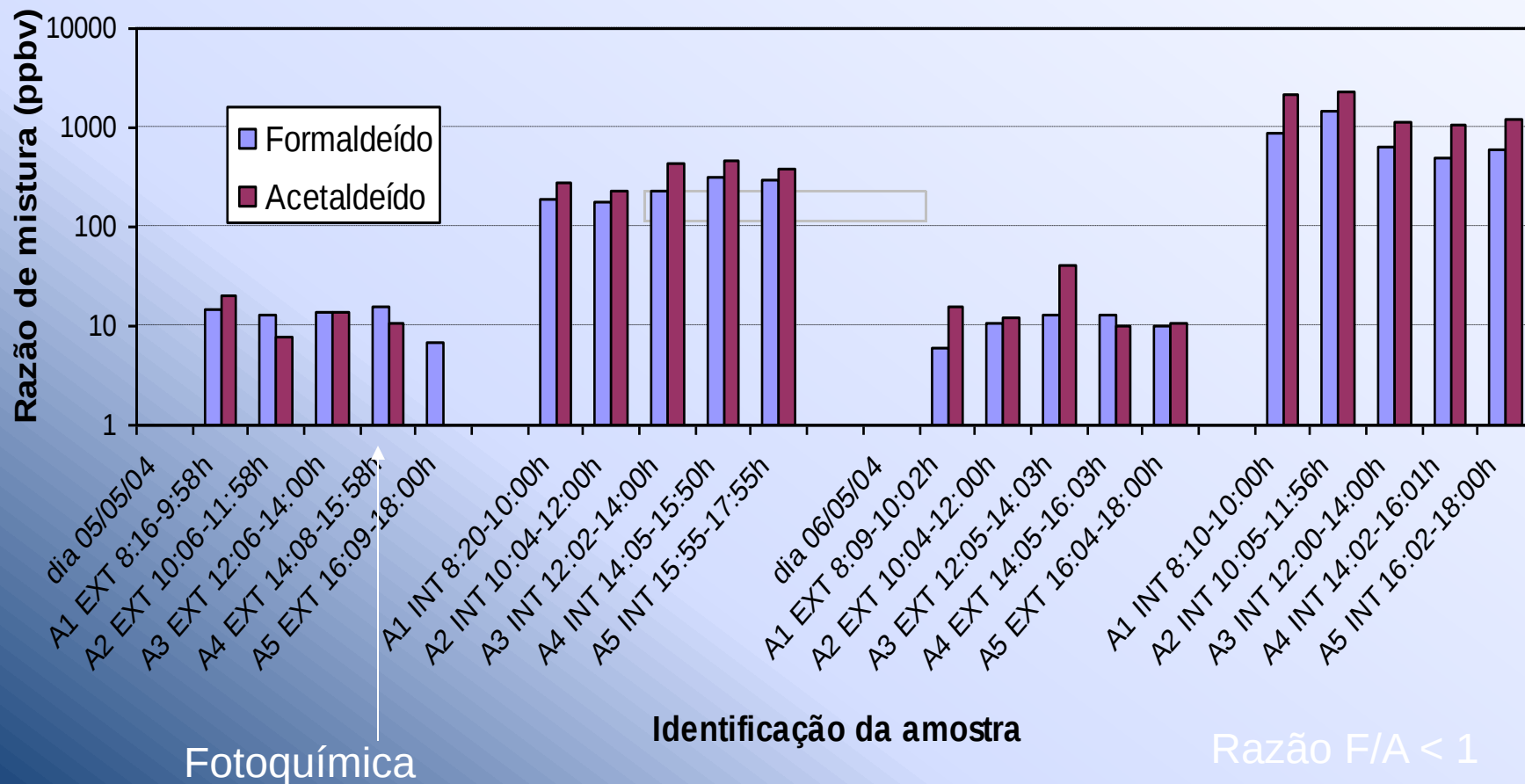
• Carbonilas

INT/EXT

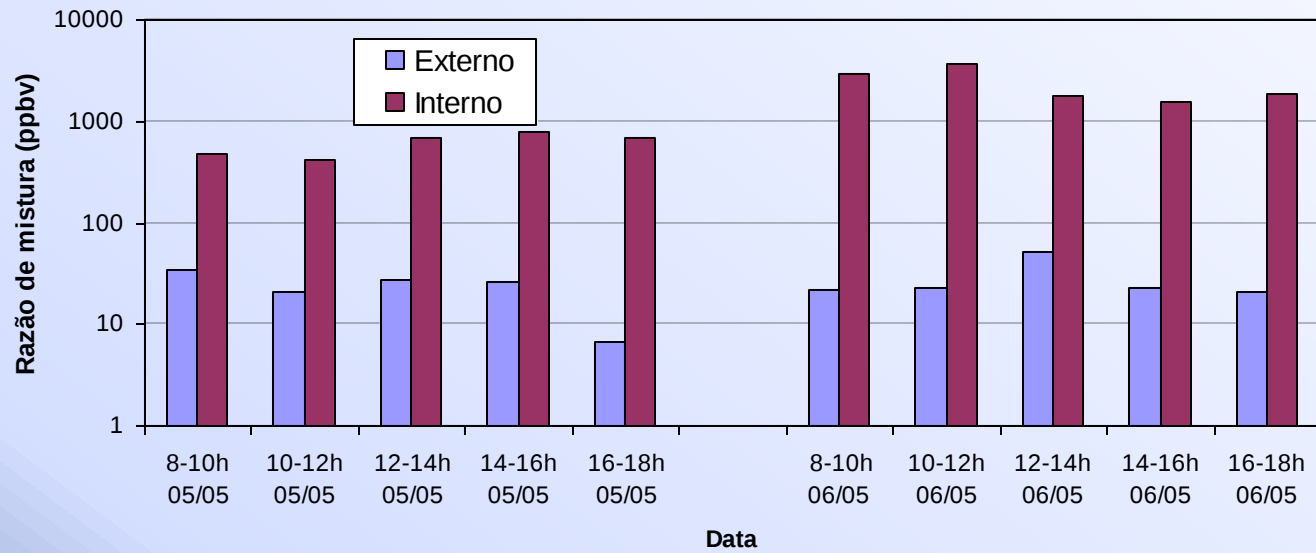
• F = 13 – 150

• A = 14 - 183

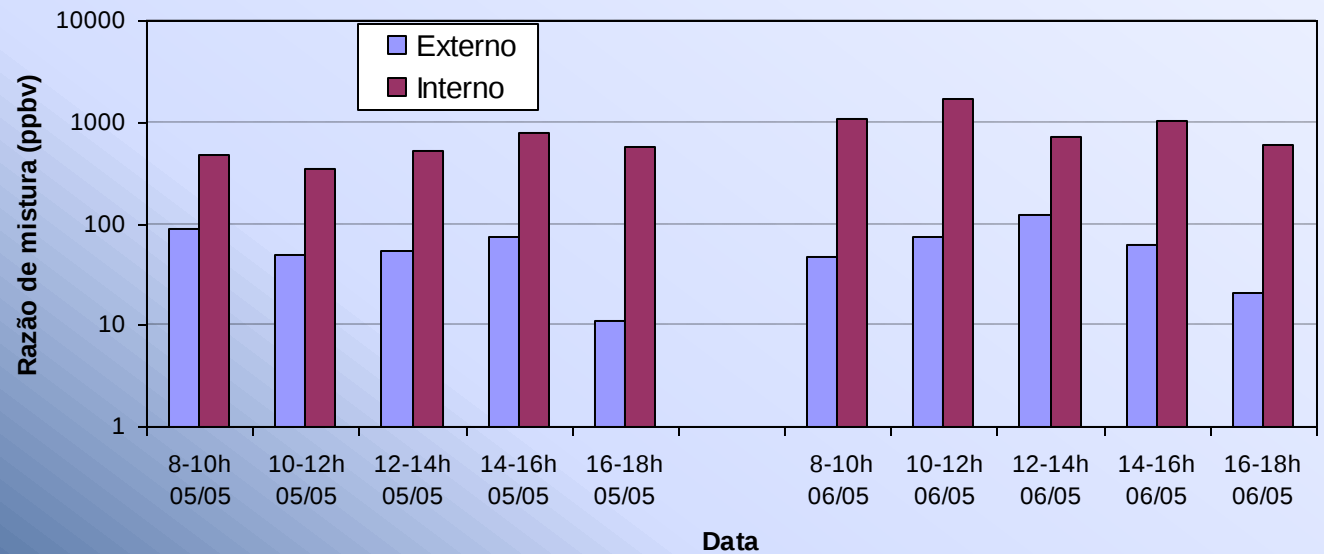
Comparação entre as concentrações internas e externas no TMM - 2004



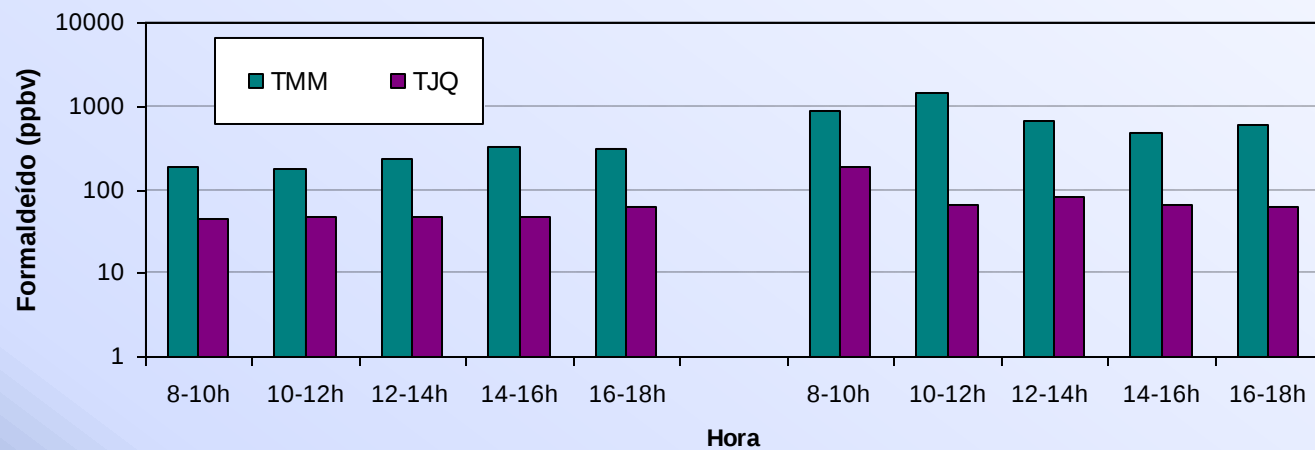
Formaldeído + Acetaldeído - TMM



Carbonilas menos Formal e Acetal - TMM

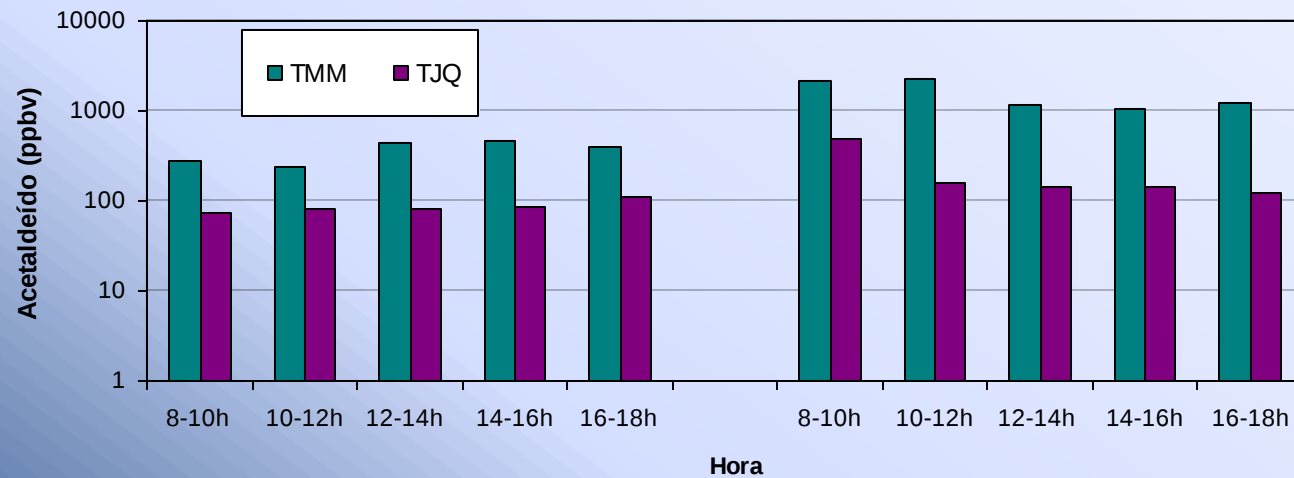


Comparação TJQ x TMM



- + veículos
- sistema de ventilação

Comparação TJQ x TMM



TMM

Formal 05/05 = 245

06/05 = 814

Acetal 05/05 = 362

06/05 = 1568

TJQ

Formal 23/03 = 50

24/03 = 86

Acetal 23/03 = 95

24/03 = 211

- Fator de Emissão - Gases

$$E_{p.} = 10^3 \times \left(\frac{\Delta[p]}{\Delta[CO_2] + \Delta[CO]} \right) \omega_c$$

$\omega_c = 0,85$ para a gasolina e $0,87$ para o diesel

E_p é o fator de emissão ($g_{emitida}$

$kg_{combustívelqueimado}$

$$\frac{\Delta[CO_2]_D}{\Delta[CO_2]} = \frac{f_D U_D \rho_D \omega_D}{(f_D U_D \rho_D \omega_D) + ((1 - f_D) U_G \rho_G \omega_G)}$$

$\Delta[CO_2]_D$ É a componente atribuída ao diesel

f_D É a fração de veículos a diesel

U_D É a taxa de consumo = 47litros/100km

ρ_D É a densidade – D = 840g l⁻¹ e G = 740g l⁻¹

ω É a fração de massa de carbono no combustível

$$\Delta[P]_D = \Delta[P] - \Delta[CO] \cdot (1 - f_D) \cdot \left(\frac{\Delta[P]_G}{\Delta[CO]_G} \right)$$

$\Delta[P]_D$ É a componente atribuída ao diesel

$\Delta[CO] \cdot (1 - f_D)$ É a fração de $\Delta[CO]$ atribuída aos veículos leves

$\left(\frac{\Delta[P]_G}{\Delta[CO]_G} \right)$ É a razão da emissão para os veículos leves

- São Paulo - 2004

Gases	Fatores de emissão	
	Leves	Pesados
NO_x (g l⁻¹)	13,5	46,5
CO (g l⁻¹)	53,5	62,3
NO_x (g kg⁻¹)	18,3	50,0
CO (g kg⁻¹)	72,3	69,4

- Outros trabalhos

Gases	Fatores de emissão	
	Leves	Pesados
NO_x (g kg⁻¹)	9,0±0,2 (a)	42±5 (a)
NO_x (g l⁻¹)	9,2 (b)	-
CO (g l⁻¹)	55±5 (b)	-

(a) Kirchstetter et al., 1999; (b) McGaughey et al., 2004