

Indicadores de Qualidade do Ar

- Níveis de qualidade do ar determinados a partir dos valores de concentração de poluentes que são associados a atividades antropogênicas: CO, SO₂, NO_x, O₃, orgânicos voláteis, matéria particulada.
- Contaminantes são parte dos elementos traço já que 99% do ar seco é composto por N₂ e O₂.

Composição gasosa do ar não poluído

Componente	Base Seca		Base Úmida	
	<i>ppm (vol)</i>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<i>ppm (vol)</i>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nitrogênio	780.900	$8,0 \times 10^8$	756.500	$8,69 \times 10^8$
Oxigênio	209.400	$2,74 \times 10^8$	202.900	$2,65 \times 10^8$
Água	-	-	31.200	$2,30 \times 10^7$
Argônio	9.300	$1,52 \times 10^7$	9.000	$1,47 \times 10^7$
Dióxido de	315	$5,67 \times 10^5$	305	$5,49 \times 10^5$
Carbono				
Neônio	18	$1,49 \times 10^4$	17,4	$1,44 \times 10^4$
Hélio	5,2	$8,50 \times 10^2$	5,0	$8,25 \times 10^2$
Metano	1,0-1,2	$6,56-7,87 \times 10^2$	0,97-1,16	$6,35-7,63 \times 10^2$
Criptônio	1,0	$3,43 \times 10^3$	0,97	$3,32 \times 10^3$
Óxido nitroso	0,5	$9,00 \times 10^2$	0,49	$8,73 \times 10^2$
Hidrogênio	0,5	$4,13 \times 10^1$	0,49	$4,00 \times 10^1$
Xenônio	0,08	$4,29 \times 10^2$	0,08	$4,17 \times 10^2$
Vapores	Ca.	-	ca. 0,02	-
Orgânicos	0,02			

$$1 \text{ ppm (vol.)} = 40,9 \times \text{PM} (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

Algumas definições

- **Fontes:** naturais (maior massa) e antropogênicas (mais problemáticas).
- **Tempo de residência:**
massa em suspensão =
taxa de emissão x tempo de residência)
- **Processos de remoção:**
 - Gases: reações químicas, conversão gás partícula (condensação, coagulação), adsorção em superfícies.
 - Partículas: sedimentação, impactação, chovido (rainout), lavado (washout).

Material Particulado

- **distribuição de tamanho ampla 0,001 a 100 μm**
- **composição química variada**
- **estado líquido, sólido ou mistura de fases**
- **geração:**

Processos mecânicos ($>2,5\mu\text{m}$ - Vias superiores):

- **borbulhagem no mar, moagens, ressuspensão de poeira do solo por vento ou deslocamento de veículos etc**

Conversão gás partícula ($<2,5\mu\text{m}$ - Penetra fundo no sistema respiratório)

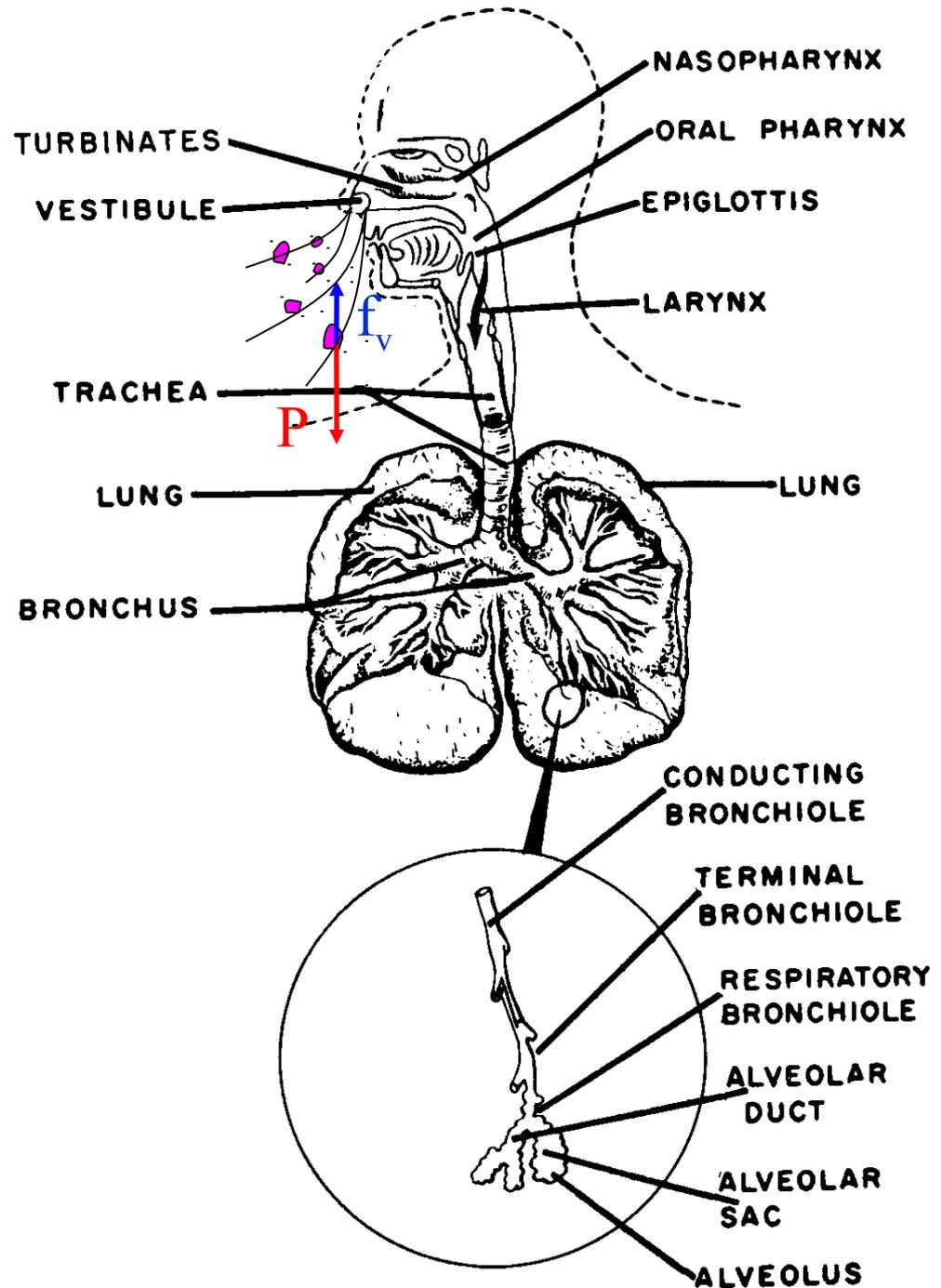
Sistema Respiratório

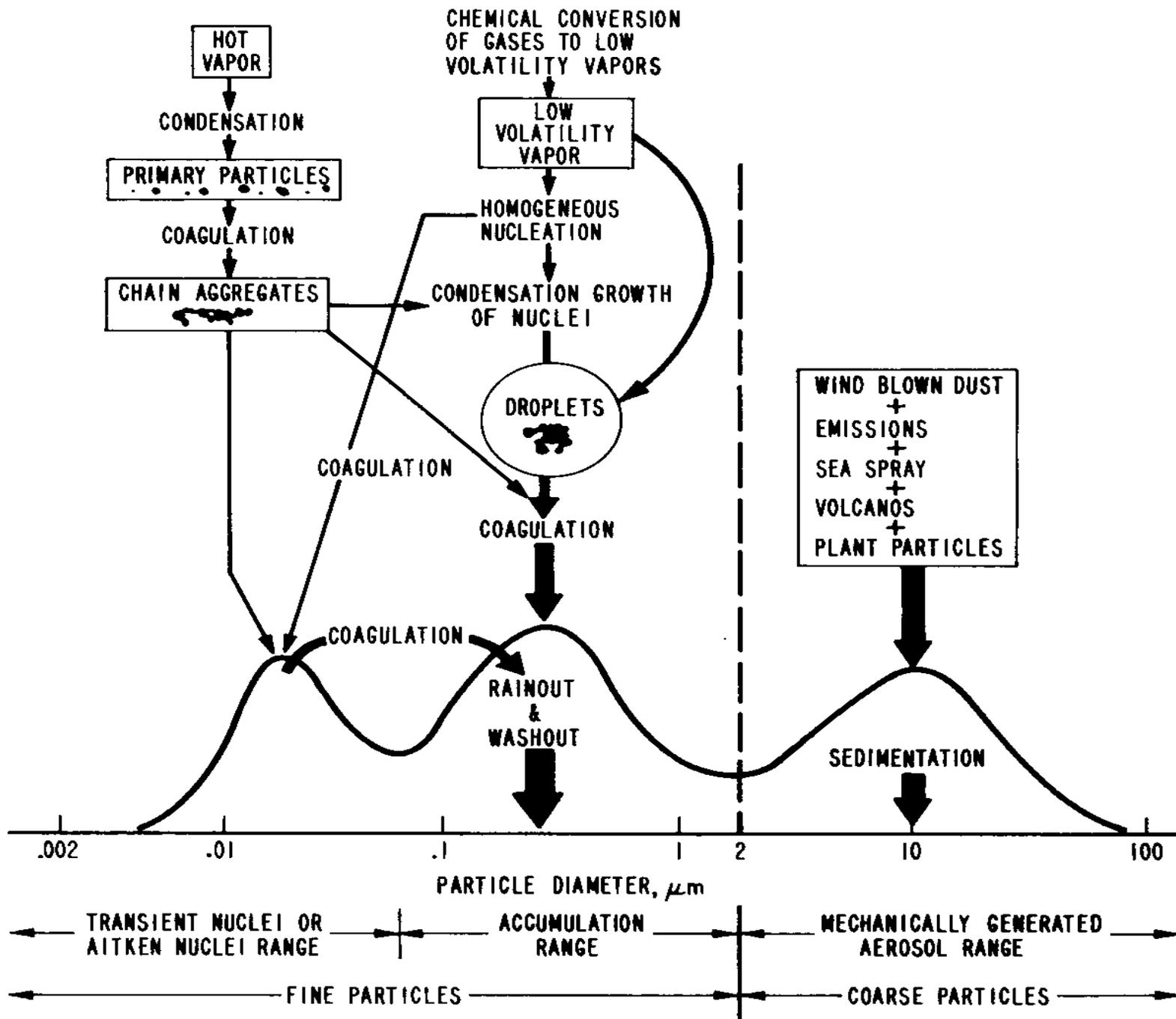
Se $P > f_v$, partícula sedimenta.

Isso tende a ocorrer quando:

$\phi > 10 \mu\text{m}$ (nariz)

$\phi > 15 \mu\text{m}$ (boca)





Compostos de S

- Principais compostos na atmosfera:
COS, CS₂, CH₃SCH₃, H₂S, SO₂ e sulfatos.
- SO₂ antropogênico - queima de combustíveis fósseis, especialmente derivados do petróleo (fração mais “pesada”) e carvão. Vai a sulfatos e ácido sulfúrico - chuvas ácidas.
Danoso à saúde.
- 2/3 antropogênico
- 90% no hemisfério norte
- 10% no hemisfério sul - 2/3 natural.

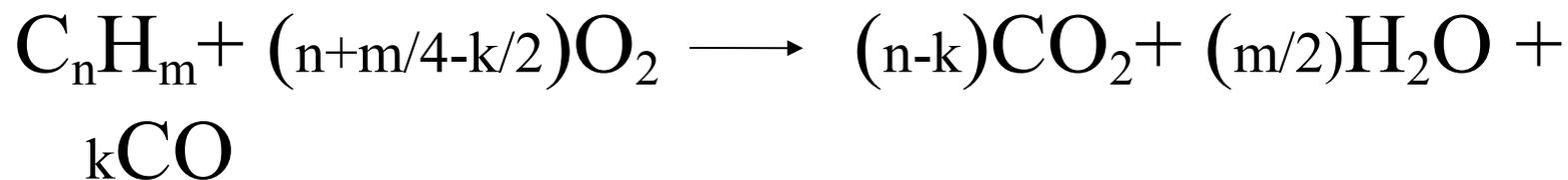
Compostos de nitrogênio

- mais importantes: N_2O , NO , NO_2 , NH_3 e sais de N (NO_3^- , NO_2^- e NH_4^+).
- NO (e um pouco de NO_2) antropogênico: fruto de processos de combustão - ar como comburente. NO_2 oxidação do NO .
- Pode acidificar chuva (forma HNO_3).
- Afeta o sistema respiratório.

- NO_x é oxidante fotoquímico - precursor do Ozônio troposférico.
- O_3 é poluente secundário (gerado por poluente primário) - é extremamente danoso para o sistema respiratório, provocando também irritações nos olhos. Participa na formação do smog fotoquímico .
- compostos nitrogenados naturais - fixação de Nitrogênio ao solo por microrganismos.
- Amônia: dejetos animais, amonização de húmus e emissões pelo solo.

Compostos de Carbono

- CO - resultado de combustão incompleta



- Orgânicos voláteis (VOC)
 - combustão incompleta, evaporação de solventes e combustíveis, áreas alagadas, coníferas.
 - CH₄ - hidrocarboneto mais abundante na atmosfera
 - participam nas reações fotoquímicas.

Padrões Nacionais de Qualidade do Ar
(Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90)

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m³)	Padrão Secundário (µg/m³)	Método de Medição
Partículas totais em suspensão (PTS)	24 horas ¹ MGA ²	240 80	150 60	Amostradores de Grandes Volumes
Partículas inaláveis (PM10)	24 horas ¹ MAA ³	150 50	150 50	Separação inercial/filtração
Fumaça	24 horas ¹ MAA ³	150 60	100 40	Refletância
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas ¹ MAA ³	365 80	100 40	Pararosanilina
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora ¹ MAA ³	320 100	190 100	Quimiluminescência
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora ¹	40.000 35 ppm	40.000 35 ppm	Infravermelho não dispersivo
	8 horas ¹	10.000 9 ppm	10.000 9 ppm	
Ozônio (O ₃)	1 hora ¹	160	160	Quimiluminescência

(1) – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

(2) – Média Geométrica Annual

(3) – Média Aritmética Anual

Diretrizes da OMS:

PM_{2.5}

10 µg/m³ média anual
25 µg/m³ média 24h (*)

(*) percentil 99% => até 1% dos casos =>

PM₁₀

20 µg/m³ média anual
50 µg/m³ média 24h (*)

(não exceder 4 vezes em um ano de amostragens contínuas)

O₃

100 µg/m³ 8h-média horária

NO₂

40 µg/m³ média anual
200 µg/m³ média por 1-hora

SO₂

20 µg/m³ média 24h
500 µg/m³ média por 10-minutos

Tabela 02 – Padrões Estaduais de Qualidade do Ar (Decreto Estadual nº 59.113 de 23/04/2013)

Poluente	Tempo de Amostragem	MI 1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
partículas inaláveis (MP_{10})	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
partículas inaláveis finas ($\text{MP}_{2,5}$)	24 horas	60	50	37	25
	MAA ¹	20	17	15	10
dióxido de enxofre (SO_2)	24 horas	60	40	30	20
	MAA ¹	40	30	20	-
dióxido de nitrogênio (NO_2)	1 hora	260	240	220	200
	MAA ¹	60	50	45	40
ozônio (O_3)	8 horas	140	130	120	100
monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
fumaça* (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas	-	-	-	240
	MGA ²	-	-	-	80
chumbo** (Pb)	MAA ¹	-	-	-	0,5

1 - Média aritmética anual.

2 - Média geométrica anual.

* Fumaça e Partículas Totais em Suspensão - parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB.

** Chumbo - a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.

Obs.: padrões vigentes em vermelho.

Critérios para episódios agudos de poluição do ar
(Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90)

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas Totais em Suspensão PTS - ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 h	375	625	875
Partículas Inaláveis PM10 - ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 h	250	420	500
Fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 h	250	420	500
Dióxido de Enxofre SO ₂ - ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 h	800	1.600	2.100
SO ₂ X PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 h	65.000	261.000	393.000
Dióxido de Nitrogênio NO ₂ - ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 1 h	1.130	2.260	3.000
Monóxido de Carbono CO - (ppm) – 8 h	15	30	40
Ozônio O ₃ - ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 1h	400 *	800	1.000

(*) – O nível de atenção na Legislação do Estado de São Paulo é de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

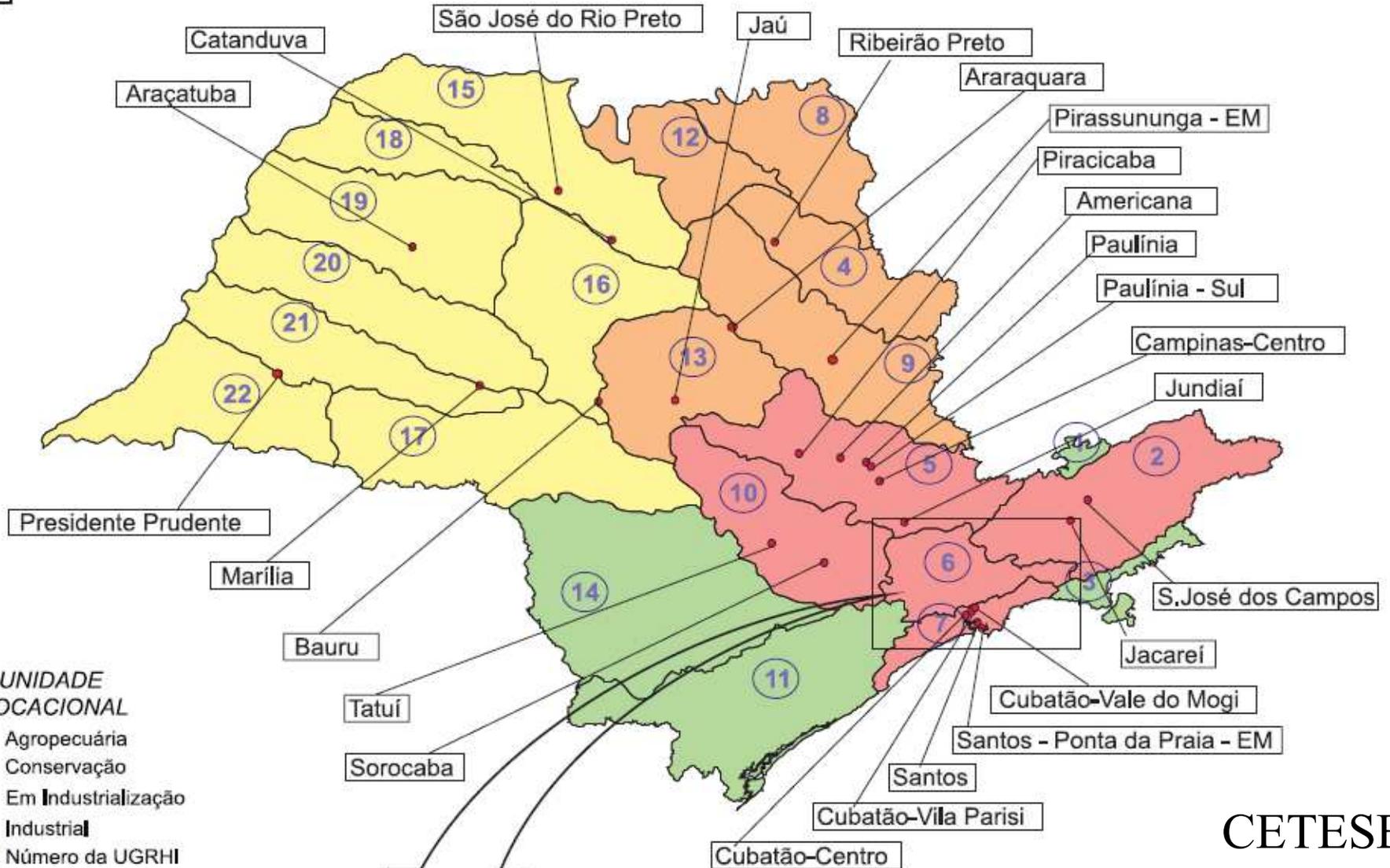
Tabela 03 – Critério para episódios críticos de poluição do ar (Decreto Estadual nº 59.113 de 23/04/2013).

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
partículas inaláveis finas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	125	210	250
partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	800	1.600	2.100
dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	1.130	2.260	3.000
monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 8h	200	400	600

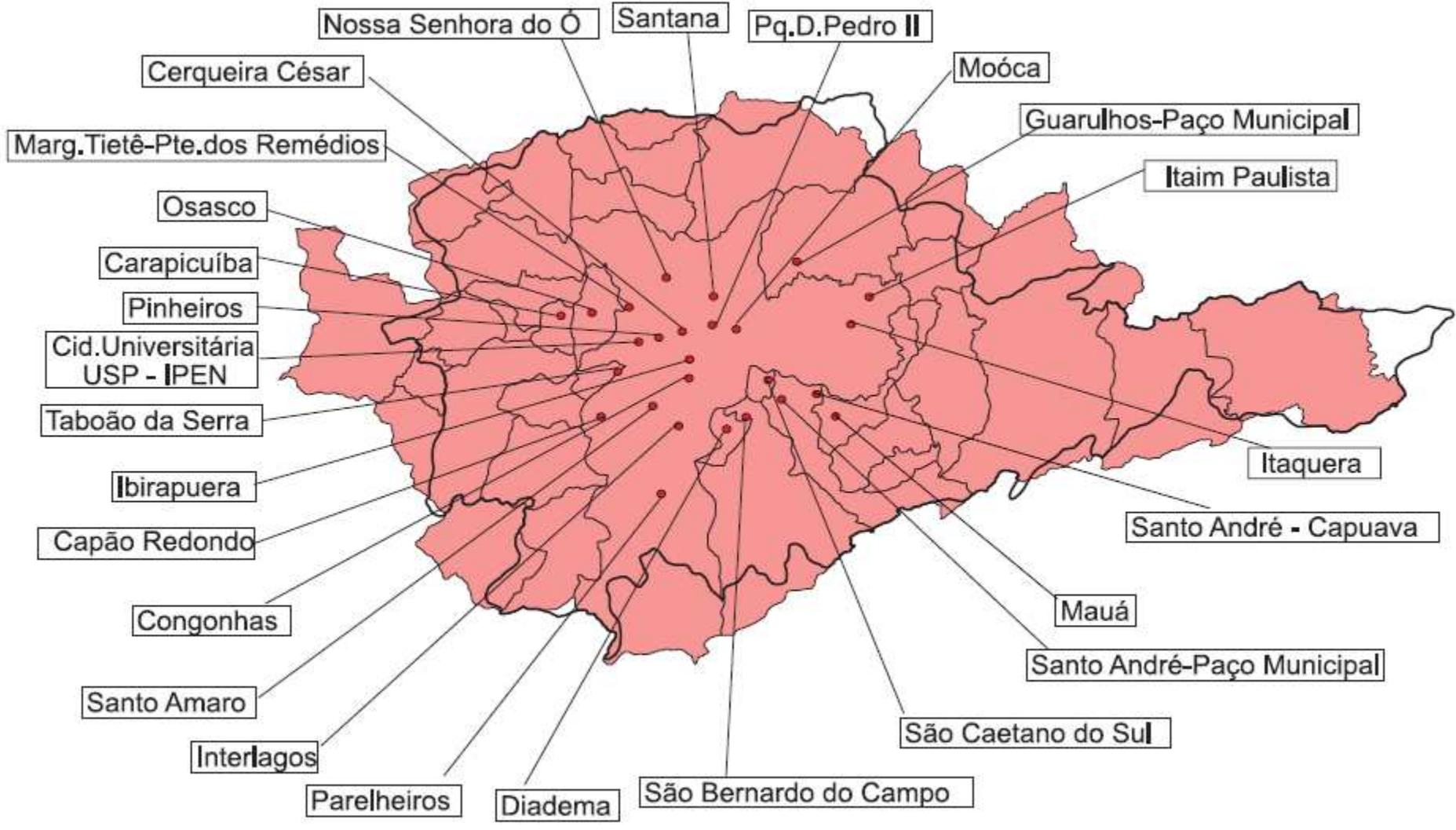
 = modificado em relação ao padrão nacional

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³)	MP _{2,5} (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	CO (ppm)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	Fumaça (µg/m ³)	Significado
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20	0 - 50	
N2 - MODERADA	41-80	>50 - 100	>25 -50	>100 - 130	>9 - 11	>200 - 240	>20 - 40	>50 - 100	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
N3 - RUIM	81-120	>100 - 150	>50 - 75	>130 - 160	>11 - 13	>240 - 320	>40 - 365	>100 - 150	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 - MUITO RUIM	121-200	>150 - 250	>75 - 125	>160 -200	>13-15	>320 - 1130	>365 - 800	>150 - 250	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 - PÉSSIMA	>200	> 250	>125	> 200	> 15	> 1130	>800	> 250	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Mapa 01 – Localização das estações da Rede Automática.



22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos UGRHs; QAr: 49 estações fixas , 23 no interior.



CETESB:26 estações automáticas de QAr

Estação
Ibirapuera



Curiosidade

Fatores de emissão veiculares médios em 2004 (cetesb, 2005)

Fontes de Emissão	Tipo de Veículo	Fator de Emissão (g/km)				
		CO	HC	NO _x	SO _x	MP
Tubo de Escapamento de Veículos	Gasool(1)	12.1	1.24	0.68	0.12	0.08
	Álcool	19.7	2.12	1.17	--	--
	Flex (Álcool)	0.49	0.15	0.14	--	--
	Diesel	15.6	2.48	11.17	0.43	0.62
	Táxi	0.91	0.17	0.21	0.11	0.06
	Motocicleta e similares	18	2.37	0.11	0.04	0.05
Cárter e Evaporativa	Gasool(1)	-	2	-	-	-
	Álcool	-	1.5	-	-	-
	Motocicleta e similares	-	1.4	-	-	-
Pneus	Todos os tipos	--	--	--	--	0.07

**Tabela 1 -
Limites de
emissão para
motocicletas e
veículos
similares novos
(1)**

Ano	Motor (cm ³)	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CO-ML (g/km)
Jan/03	todos	13,0	3,0	0,3	6,0 ² ou 4,5 ³
Jan/05/06 ⁴	< 150	5,5	1,2	0,3	não especificado
	>= 150	5,5	1,0	0,3	não especificado
Jan/09	< 150	2,0	0,8	0,15	não especificado
	>= 150	2,0	0,3	0,15	não especificado

Curiosidade

Tabela 27 – Fatores médios de emissão de veículos leves novos em gramas por litro de combustível¹

ANO MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/l)	HC (g/l)	NOx (g/l)	CHO (g/l)	CO ₂ (g/l)
2002 ²	Gasolina C	4,71	1,20	1,31	0,044	2164
	Álcool	5,34	1,16	0,58	0,123	1378
2003 ³	Gasolina C	4,47	1,23	1,34	0,045	2164
	Álcool	5,79	1,20	0,68	0,143	1377
	Flex Gasol.C	5,15	0,51	0,41	0,041	2164
	Flex Álcool	3,52	1,04	0,97	0,138	1380
2004 ⁴	Gasolina C	3,99	1,25	1,03	0,046	2164
	Álcool	7,04	1,46	0,69	0,138	1377
	Flex Gasol.C	4,20	0,86	0,54	0,032	2165
	Flex Álcool	3,35	1,02	1,02	0,102	1382

1 - Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo seu volume de vendas, segundo a NBR 6601 e 7024.

2 - Predominam, para os modelos a gasolina, o motor 1,0L, e para os a álcool, motores de 1,5 a 1,8L.

3 - Predominam, para os modelos a gasolina, o motor 1,0L, e para os a álcool, motores de 1,0 e 1,8L.

4 - Para os modelos a gasolina há motores entre 1,0L e 2,0L; para os a álcool, de 1,0L. Nos veículos tipo flex dual, predominam motores de 1,5 e 1,8L. Parte da produção destes veículos foi ensaiada com gasolina C e parte com álcool carburante. As maiores diferenças devido às cilindradas dos motores são sentidas no CO₂.

Gasolina C: 78% de gasolina + 22% álcool anidro (v/v).