



**COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

**DIRETORIA DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E QUALIDADE AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DO AR**

**DIVISÃO DE TECNOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR**

**ETQA / ETQI / ETQM / ETQT**

**OPERAÇÃO INVERNO - 2005  
QUALIDADE DO AR**

**janeiro – 2006**



ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
2. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR	1
2.1. Principais Poluentes	1
2.2. Padrões e Índice de Qualidade do Ar	2
2.3. Redes de Amostragem - histórico	3
3. CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA	6
3.1. Condições Meteorológicas de Dispersão	6
3.2. Passagem de Sistemas Frontais	6
3.3. Precipitação Pluviométrica	7
3.4. Inversões Térmicas	8
3.5. Vento	8
3.6. Umidade Relativa do Ar	9
4. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR	13
4.1. 1ª Parte - Índice de Qualidade do Ar	13
Material Particulado	13
Dióxido de Enxofre	16
Monóxido de Carbono	17
Ozônio	19
Dióxido de Nitrogênio	20
4.2. 2ª Parte - Evolução da Qualidade do Ar	20
Material Particulado	21
Dióxido de Enxofre	31
Monóxido de Carbono	33
Dióxido de Nitrogênio	35
Ozônio	36
5. ESTADOS DECLARADOS	36
6. CONCLUSÕES	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
8. EQUIPE DE TRABALHO	38
ANEXO	39

**ÍNDICES DE TABELAS**

Tabela 1 - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar e Critérios para Episódios Críticos de Poluição do Ar.....	2
Tabela 2 - Estrutura do Índice .....	3
Tabela 3 – Configuração da rede de monitoramento da qualidade do ar .....	4
Tabela 4 - Distribuição da Qualidade do Ar - RMSP - Período (01/05 a 30/09/05) .....	13
Tabela 5 - Partículas inaláveis (MP <sub>10</sub> ) - Rede automática – Média de 24h.....	14
Tabela 6 - Partículas totais em suspensão (PTS) – Rede manual.....	15
Tabela 7 - Fumaça (FMC) - Rede manual.....	15
Tabela 8 - Partículas inaláveis finas (MP <sub>2,5</sub> ) – Rede manual – Média de 24h.....	16
Tabela 9 – Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) – Rede automática – Média de 24h.....	16
Tabela 10 - Monóxido de carbono (CO) - Rede automática - Média de 8 horas.....	17
Tabela 11 - Monóxido de carbono (CO) - Rede automática - Média de 1 hora .....	18
Tabela 12 - Ozônio (O <sub>3</sub> ) - Rede automática - Média de 1 hora .....	19
Tabela 13 - Dióxido de nitrogênio (NO <sub>2</sub> ) - Rede automática - Média de 1 hora .....	20
Tabela 14 – CO – N° de ultrapassagens do padrão (média de 8h).....	33

**ÍNDICES DE FIGURAS**

Figura 01 - Porcentagem de dias desfavoráveis à dispersão dos poluentes .....	6
Figura 02 - Frequência de sistemas frontais que passaram sobre São Paulo.....	7
Figura 03 - Precipitação Total de 1996 a 2005 e Normal de 1961 a 1990 .....	7
Figura 04 - Distribuição de freqüência da altura da base das inversões térmicas .....	8
Figura 05 - Porcentagem de calmaria na Região Metropolitana de São Paulo.....	8
Figura 06 - Velocidade média do vento na Região Metropolitana de São Paulo .....	9
Figura 07 - Umidade Relativa às 15h .....	12
Figura 08 - MP <sub>10</sub> – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar - RMSP .....	21
Figura 09 - MP <sub>10</sub> - Concentrações médias- Centro/Zona Norte .....	22
Figura 10 - MP <sub>10</sub> – Concentrações médias - Zona Leste .....	22
Figura 11 - MP <sub>10</sub> - Concentrações médias - Zona Sul.....	23
Figura 12 - MP <sub>10</sub> - Concentrações médias - Zona Oeste .....	23
Figura 13 - MP <sub>10</sub> - Concentrações médias - ABCD/Mauá .....	24
Figura 14 - MP <sub>10</sub> - Concentrações médias por Região.....	24
Figura 15 - MP <sub>10</sub> - Concentrações médias - RMSP .....	25
Figura 16 - MP <sub>10</sub> – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar – Cubatão-V.Parisi .....	26
Figura 17 - MP <sub>10</sub> – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar – Cubatão-Centro.....	26
Figura 18 - MP <sub>10</sub> - Concentrações médias – Cubatão e Interior.....	27
Figura 19 - MP <sub>2,5</sub> - Concentrações médias.....	28
Figura 20 - Fumaça - Concentrações médias - Rede Manual (Região Central) .....	28



## COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

Figura 21 -	Fumaça - Concentrações médias de fumaça - Rede Manual (Zona Sul, Oeste, Leste) - Período de maio a setembro .....	29
Figura 22 -	PTS - Concentrações médias - Rede Manual – RMSP (Centro, Zona Oeste e Leste) - Período de maio a setembro .....	29
Figura 23 -	PTS - Concentrações médias - Rede Manual – RMSP (Zona Sul e ABC).....	30
Figura 24 -	PTS - Concentrações médias - Rede Manual – Cubatão .....	30
Figura 25 -	SO <sub>2</sub> - Concentrações médias - Centro/Zona Norte .....	31
Figura 26 -	SO <sub>2</sub> - Concentrações médias - Zona Sul e ABCD .....	31
Figura 27 -	SO <sub>2</sub> - Concentrações médias - Zona Oeste .....	32
Figura 28 -	SO <sub>2</sub> - Concentrações médias – Cubatão e Interior .....	32
Figura 29 -	CO – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar - Média de 8 horas Período de maio a setembro...	33
Figura 30 -	CO - Evolução das concentrações médias - média de 8h (Região Central).....	34
Figura 31 -	CO - Evolução das concentrações médias - média de 8h (Zona Sul e ABC) .....	34
Figura 32-	CO - Evolução das concentrações médias - média de 8h (Zona Oeste).....	35
Figura 33 -	NO <sub>2</sub> – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar.....	35
Figura 34 -	O <sub>3</sub> – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar .....	36



## 1. INTRODUÇÃO

Instituída em 1976, a CETESB passou a implementar, durante os meses de inverno, período mais crítico à dispersão dos poluentes primários, um conjunto de ações preventivas e corretivas historicamente denominado "Operação Inverno"<sup>(1)</sup> visando proteger a saúde da população contra agravos causados por episódios agudos de poluição do ar na RMSP e Cubatão. Até meados da década de 80, a Operação Inverno enfatizou ações de controle da poluição industrial, uma vez que essas fontes eram consideradas as principais responsáveis pelo problema da poluição atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Essas ações culminaram com o início das reduções das emissões industriais ainda na década de 80. Entretanto, devido ao aumento contínuo da frota de veículos, estes passaram a ser as principais fontes de poluição do ar.

A avaliação diária da poluição atmosférica realizada pela CETESB, mostrava que no inverno alguns poluentes freqüentemente atingiam altas concentrações, notadamente o monóxido de carbono e o material particulado<sup>(2)</sup>. Deste último, destacam-se as partículas inaláveis por serem mais agressivas à saúde. Embora, nos últimos anos, os níveis diários desses dois poluentes na atmosfera tenham caído significativamente, ainda é no inverno que se apresentam suas maiores concentrações, chegando a ultrapassar os padrões diários. Porém, como os níveis de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>) e monóxido de carbono (CO) não têm mais atingido níveis críticos, a "Operação Inverno" não prevê atualmente, na RMSP, ações concentradas de controle de fontes industriais. Já em Cubatão, ações mais efetivas de controle ainda são tomadas.

No caso do ozônio (O<sub>3</sub>), este relatório apresenta apenas os resultados no inverno de 2005, mas não são apresentadas maiores análises, uma vez que justamente no período do inverno são observadas as suas menores concentrações atmosféricas. É importante ressaltar que o ozônio também ultrapassa o padrão de qualidade do ar no inverno, embora com menor freqüência que nas demais épocas do ano.

O objetivo deste relatório é analisar os resultados do monitoramento da qualidade do ar no Estado de São Paulo no período de inverno de 2005, bem como da evolução da qualidade do ar ao longo dos anos.

## 2. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

### 2.1. Principais Poluentes

Dentre os poluentes regulamentados que ultrapassam os padrões de qualidade do ar no período de inverno destacam-se as partículas inaláveis, o monóxido de carbono e o ozônio.

De forma simplificada, partículas inaláveis são aquelas com diâmetro menor que 10µm. Estas partículas penetram profundamente no trato respiratório. Estudos realizados pela CETESB na RMSP<sup>(3)</sup> demonstram que cerca de 40% dessas partículas são emitidas por veículos automotores (principalmente por veículos diesel). Outra fonte considerada importante são as poeiras ressuspensas das ruas, que correspondem a cerca de 25% da concentração desse poluente. Ainda com partículas inaláveis, pode-se destacar as chamadas partículas inaláveis finas, com o diâmetro inferior a 2,5µm, que embora não existam limites legais para sua concentração, possuem bastante importância em termos de saúde, pois são as que penetram mais profundamente no aparelho respiratório.

O monóxido de carbono é proveniente da queima incompleta dos combustíveis e é encontrado principalmente nas cidades, sendo os veículos os principais emissores desse poluente. Além de emitirem mais do que as indústrias, os veículos praticamente lançam esse gás na altura do sistema respiratório. As concentrações de CO são encontradas em maiores níveis nas áreas de intensa circulação de veículos. Na RMSP, estima-se que 98% da emissão de CO seja proveniente dos veículos automotores<sup>(4)</sup>.

O ozônio é um poluente secundário, isto é, não é emitido diretamente por qualquer fonte, mas produzido na atmosfera através da reação dos hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio em presença de luz solar. Medições efetuadas pela CETESB mostram que as concentrações de ozônio não só ultrapassam o PQAR (Padrão de Qualidade do Ar), mas também atingem a qualidade Má, destacando-se nos últimos anos as estações do Ibirapuera, Mauá, Moóca e Santana. Altas concentrações são mais freqüentemente observadas nos meses mais quentes, na primavera e verão.

## 2.2. Padrões e Índice de Qualidade do Ar

Os padrões de qualidade do ar (PQAR) estão definidos no Decreto Estadual 8468/76<sup>(5)</sup> e na Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90<sup>(6)</sup>. Na tabela 1, são apresentados os padrões de qualidade do ar, bem como os critérios estabelecidos para episódios.

**Tabela 1 - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar e Critérios para Episódios Críticos de Poluição do Ar**

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário (µg/m <sup>3</sup> )	Padrão Secundário (µg/m <sup>3</sup> )	Atenção (µg/m <sup>3</sup> )	Alerta (µg/m <sup>3</sup> )	Emergência (µg/m <sup>3</sup> )
PTS	24h*	240 80 <sup>2</sup>	150 60 <sup>2</sup>	375	625	875
SO <sub>2</sub>	24h*	365 80 <sup>1</sup>	100 40 <sup>1</sup>	800	1.600	2.100
O <sub>3</sub>	1h*	160	160	400 200**	800	1.000
FMC	24h*	150	100	250	420	500
MP <sub>10</sub>	24h*	60 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>	250	420	500
		150	150			
NO <sub>2</sub>	1h	50 <sup>1</sup>	50 <sup>1</sup>	1130	2260	3000
		320	190			
CO	1h*	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)	17.000 (15ppm)	34.000 (30ppm)	46.000 (40ppm)
	8h*	10.000 (9ppm)	10.000 (9ppm)			

1 - Média aritmética anual

2 - Média geométrica anual

\*O padrão não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

\*\*Limite para o Estado de São Paulo, que possui legislação mais restritiva.

Para simplificar o processo de comunicação dos dados de poluição do ar para a população, a CETESB utiliza um Índice de Qualidade do Ar obtido através de uma função relacionando as concentrações dos poluentes com os padrões legais de qualidade do ar. Para cada poluente medido é calculado um índice. A qualidade do ar de uma estação é determinada pelo poluente cujo índice for o mais elevado. Na tabela 2 pode-se visualizar a escala utilizada para classificar a qualidade do ar.

**Tabela 2 - Estrutura do Índice**

<b>Índice</b>	<b>Qualidade do Ar</b>	<b>Significado</b>
0 – 50	Boa	Índices abaixo do padrão primário anual*
51 – 100	Regular	Índices abaixo dos padrões primários
101 -199	Inadequada	Índices acima dos padrões primários
200 - 299	Má	Índices acima do nível de Atenção
300 - 399	Péssima	Índices acima do nível de Alerta
> 400	Crítica	Índices acima do nível de Emergência

\*Para o O<sub>3</sub> e CO: índices abaixo da metade do padrão diário do respectivo poluente.

Tanto a classificação Boa como Regular indicam que a qualidade do ar obedece aos padrões legais, ou seja, abaixo do PQAR primário. Os níveis diários de qualidade do ar, bem como a previsão de dispersão de poluentes, são divulgados para a imprensa em geral e também no “site” [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br).

### **2.3. Redes de Amostragem - histórico**

A CETESB possui uma rede automática de monitoramento da qualidade do ar que funciona na RMSP e Cubatão desde 1981 e nos municípios de Paulínia, São José dos Campos, Sorocaba e Campinas a partir de 2000. A rede manual de monitoramento mede os teores de dióxido de enxofre e fumaça na RMSP (desde 1973) e no interior (desde 1986), além das partículas totais em suspensão na RMSP e Cubatão (desde 1983). Em 1999, iniciou-se o monitoramento sistemático de partículas inaláveis finas (MP<sub>2.5</sub>) em alguns pontos da RMSP. As duas estações móveis são deslocadas em função da necessidade de monitoramento em locais onde não existem estações de amostragem ou para estudos complementares à própria rede.

A rede automática mede, atualmente, os seguintes parâmetros: partículas inaláveis, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, ozônio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos totais menos metano, metano, direção do vento, velocidade do vento, umidade relativa, temperatura, pressão atmosférica e radiação solar (global e ultravioleta), conforme distribuição mostrada na tabela 3.

**Tabela 3 – Configuração da rede de monitoramento da qualidade do ar**
**Rede Automática**

ESTAÇÃO Nº	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS														
		MP <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	HCNM	O <sub>3</sub>	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
01	Parque D. Pedro II	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
02	Santana	X								X			X	X		
03	Moóca	X								X			X	X		
04	Cambuci	X														
05	Ibirapuera	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
06	Nossa Senhora do Ó	X								X	X	X				
07	São Caetano do Sul	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
08	Congonhas	X	X	X	X	X	X									
09	Lapa	X		X	X	X	X									
10	Cerqueira César	X	X	X	X	X	X									
12	Centro	X					X									
13	Guarulhos	X											X	X		
14	Santo André - Centro	X					X						X	X		
15	Diadema	X								X						
16	Santo Amaro	X					X			X			X	X		
17	Osasco	X	X	X	X	X	X			X			X	X		
18	Santo André - Capuava	X								X			X	X		
19	São Bernardo do Campo	X											X	X		
20	Taboão da Serra	X		X	X	X	X				X	X				
21	São Miguel Paulista	X								X	X	X	X	X		
22	Mauá	X		X	X	X				X						
27	Pinheiros	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
47	Est.Móvel-Horto Florestal			X	X	X				X	X	X	X	X		X
<b>TOTAL MONITORES RMSP</b>		<b>22</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
24	Cubatão - Centro	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	Cubatão - Vila Parisi	X	X										X	X		
<b>TOTAL MONITORES LITORAL</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
42	Campinas-Centro	X					X				X	X				
44	Paulínia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
51	Sorocaba	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X		
55	São José dos Campos	X	X							X	X	X	X	X		
<b>TOTAL MONITORES INTERIOR</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>TOTAL MONITORES ESTAÇÕES FIXAS</b>		<b>28</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
49	Estação Móvel	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
50	Estação Móvel	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
<b>TOTAL GERAL</b>		<b>30</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

MP <sub>10</sub>	Partículas inaláveis	O <sub>3</sub>	Ozônio
SO <sub>2</sub>	Dióxido de enxofre	VV	Velocidade do Vento
NO	Monóxido de nitrogênio	DV	Direção do Vento
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrogênio	UR	Umidade Relativa do Ar
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrogênio	P	Pressão Atmosférica
CO	Monóxido de carbono	TEMP	Temperatura
CH <sub>4</sub>	Metano	RAD	Radiação Total e Ultra-violeta
HCNM	Hidrocarbonetos totais menos Metano		



Continuação da Tabela 3 – Configuração da rede de monitoramento da qualidade do ar  
**Rede Manual**

DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS			
	FMC	SO <sub>2</sub>	MP <sub>10</sub>	PTS
Americana	X	X		
Araçatuba		X		
Araraquara	X	X		
Bauru		X		
Campinas	X	X		
Cordeirópolis				X
Cosmópolis		X		
Franca	X	X		
Guaratinguetá		X		
Itu	X	X		
Jacareí		X		
Jundiaí	X	X		
Jundiaí - Vila Arens		X		
Limeira	X	X		
Limeira - Ceset	X	X		
Limeira - Boa Vista			X	
Paulínia	X	X		
Paulínia - Bairro Cascata		X		
Paulínia - Sta. Terezinha		X		
Piracicaba	X	X		
Piracicaba - Algodão			X	
Presidente Prudente		X		
Ribeirão Preto	X	X	X	
Salto	X	X		
Santa Gertrudes			X	
São Carlos	X	X		
São José dos Campos	X	X		
Sorocaba	X	X		
Sorocaba - H. Campos	X			
Taubaté	X	X		
Votorantim	X	X		
<b>TOTAL - INTERIOR</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

FMC Fumaça

PTS Partículas totais em suspensão

MP<sub>2,5</sub> Partículas inaláveis finas

SO<sub>2</sub> Dióxido de enxofre

MP<sub>10</sub> Partículas inaláveis

LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS			
	MP <sub>2,5</sub>	FMC	PTS	SO <sub>2</sub>
Aclimação <sup>1</sup>		X		X
Campos Elíseos <sup>1</sup>		X		X
Cerqueira César	X	X	X	X
Ibirapuera	X	X	X	
Moema <sup>1</sup>		X		X
Mogi das Cruzes <sup>1</sup>		X		X
Osasco			X	
Parque D. Pedro II			X	
Pinheiros	X	X	X	X
Pça. da República <sup>1</sup>		X		X
Santo Amaro			X	
Santo André - Capuava			X	
São Bernardo do Campo			X	
São Caetano do Sul	X		X	
Tatuapé <sup>1</sup>		X		X
<b>TOTAL RMSP</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>8</b>
Cubatão - Vila Parisi			X	
Santos		X		X
<b>TOTAL LITORAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

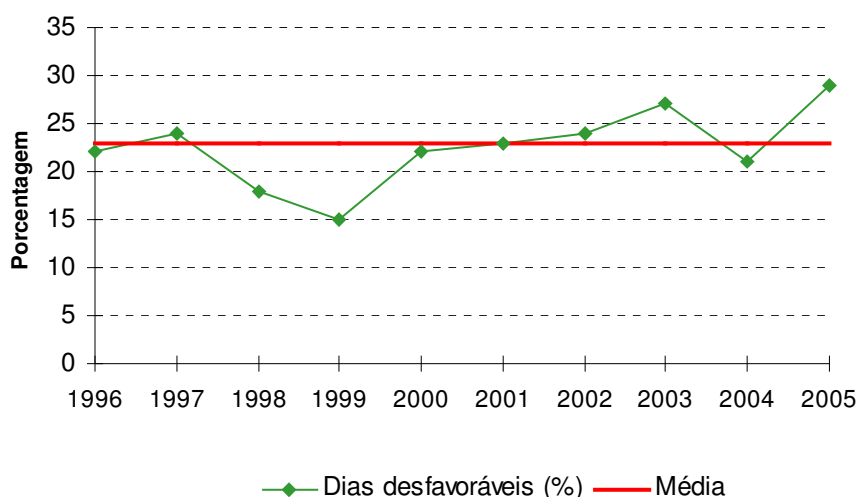
1 - Início de monitoramento de SO<sub>2</sub> com amostrador passivo:  
janeiro/2003

### 3. CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA

São inúmeros os fatores meteorológicos que determinam o comportamento das concentrações dos poluentes na atmosfera. A seguir é apresentada uma análise dos principais parâmetros meteorológicos monitorados pela CETESB na RMSP.

#### 3.1. Condições Meteorológicas de Dispersão

Na figura 1 é apresentada a porcentagem de dias em que as condições meteorológicas foram desfavoráveis à dispersão dos poluentes atmosféricos, nos meses de maio a setembro, no período de 1996 a 2005.

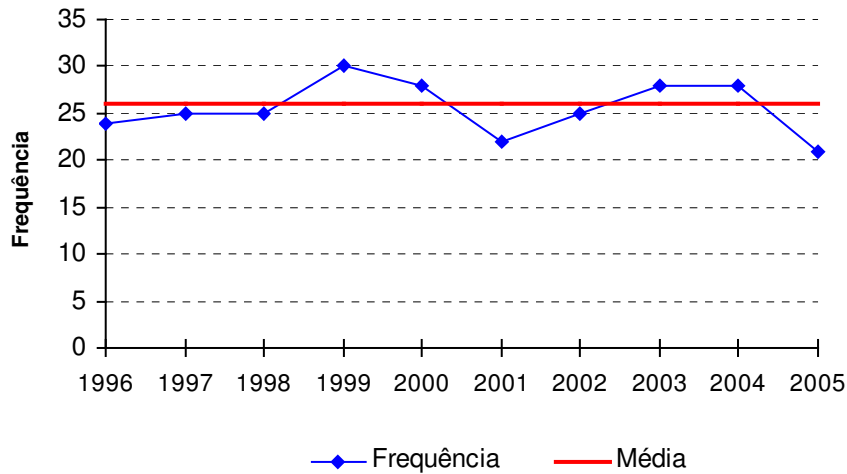


**Figura 01 - Porcentagem de dias desfavoráveis à dispersão dos poluentes  
Período maio a setembro**

Considerando a análise dos aspectos meteorológicos, pode-se observar que o inverno de 2005 foi o mais desfavorável dos últimos dez anos. Os meses de maio e junho apresentaram a maior ocorrência de dias desfavoráveis (vide tabela A do Anexo). Um dos indicadores foi o menor número de passagens de sistemas frontais no período, resultando em dias seguidos com alta porcentagem de calmaria (baixa ventilação), ausência de precipitação e baixa umidade relativa do ar.

#### 3.2. Passagem de Sistemas Frontais

A mudança de uma situação desfavorável para favorável à dispersão de poluentes ocorre normalmente quando um sistema frontal atinge a RMSP, uma vez que torna instável a atmosfera e aumenta a ventilação. A figura 2 mostra o número de passagens de sistemas frontais e a respectiva média no período de maio a setembro de 1996 a 2005.

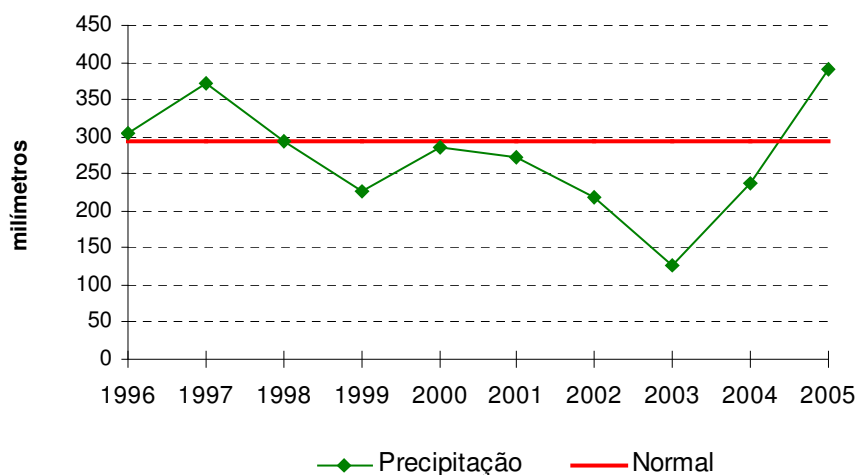


**Figura 02 -** Frequência de sistemas frontais que passaram sobre São Paulo  
Período de maio a setembro

### 3.3. Precipitação Pluviométrica

A ocorrência de precipitação pluviométrica, além de ser um indicador de que a atmosfera está instável, ou seja, com movimentos de ar que favorecem à dispersão de poluentes, promove a remoção dos mesmos, pois uma parcela significativa desses poluentes são incorporados à água da chuva. A figura 3 mostra a normal climatológica de 1961-1990 bem como as precipitações ocorridas no período de maio a setembro de 1996 a 2005.

Apesar do total de chuva de 2005 ter sido o mais alto nos últimos anos, deve-se considerar que no mês de maio, ocorreu um evento de 140,4mm, num único dia, precipitação esta que foi o dobro da média mensal climatológica, o que também influenciou na precipitação total do período.



**Figura 03 -** Precipitação Total de 1996 a 2005 e Normal de 1961 a 1990  
Período de maio a setembro (Estação Mirante de Santana - INMET)

### 3.4. Inversões Térmicas

A ocorrência de inversão térmica próxima à superfície dificulta a dispersão de poluentes para níveis mais altos da atmosfera, provocando um aumento da concentração do poluente próximo à superfície. A figura 4 mostra a frequência total e de das inversões térmicas ocorridas até 200 metros bem como a média no período de maio a setembro de 1996 a 2005.

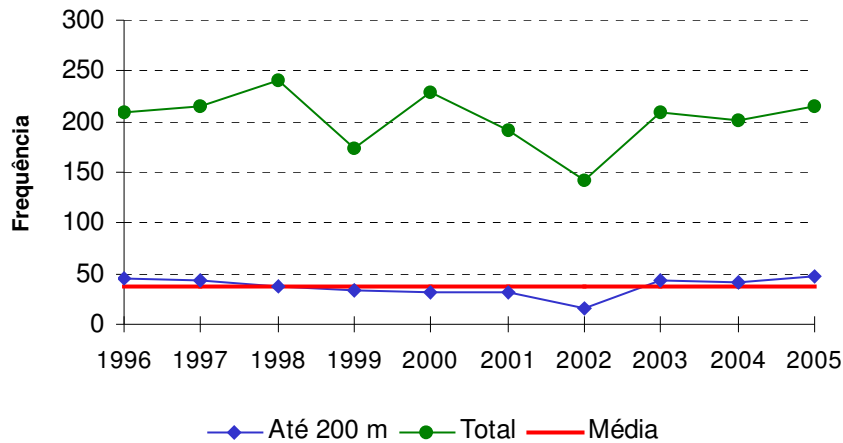


Figura 04 - Distribuição de frequência da altura da base das inversões térmicas Período maio a setembro (Força Aérea Brasileira - Campo de Marte)

### 3.5. Vento

Estudos mostram que a alta porcentagem de calmaria (velocidade do vento em superfície inferior a 0,5m/s) e ventos fracos favorecem o aumento da concentração de poluentes na superfície. As figuras 5 e 6 mostram respectivamente a porcentagem de calmaria e velocidade média para os meses de maio a setembro de 1996 a 2005.

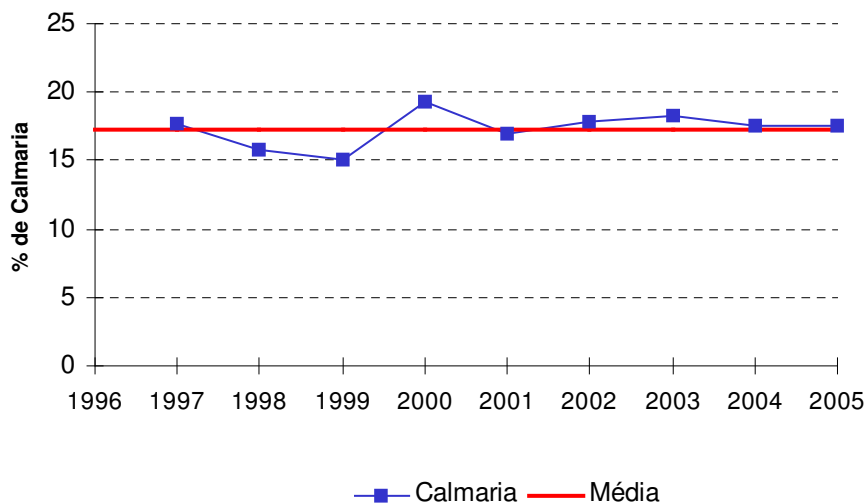
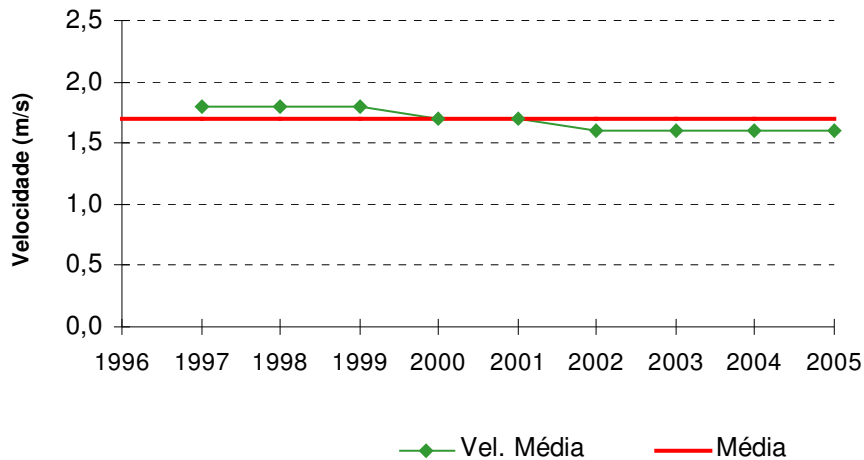


Figura 05 - Porcentagem de calmaria na Região Metropolitana de São Paulo Período maio a setembro (Rede Automática - CETESB)



**Figura 06 - Velocidade média do vento na Região Metropolitana de São Paulo Período maio a setembro (Rede Automática - CETESB)**

### 3.6. Umidade Relativa do Ar

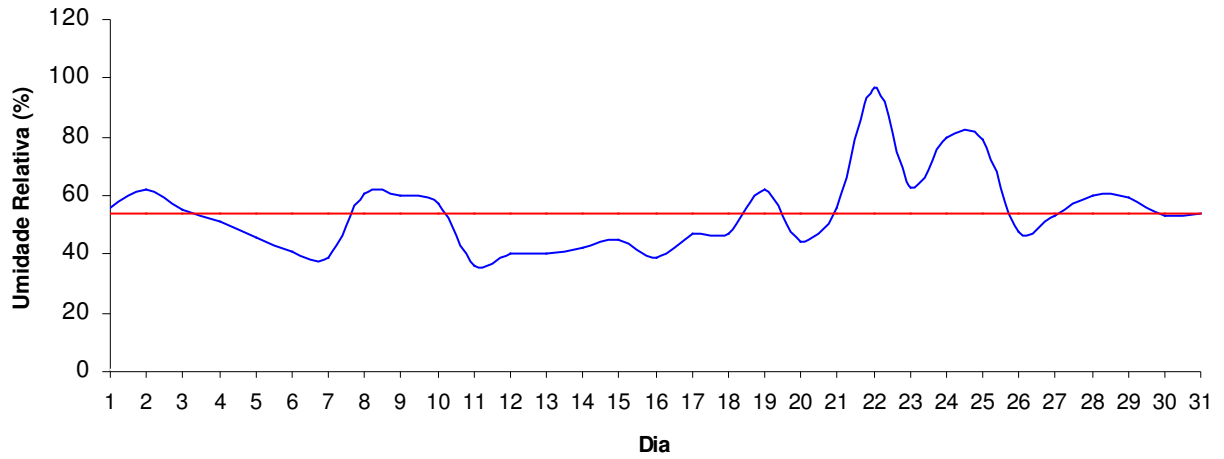
A umidade relativa do ar é um parâmetro meteorológico que caracteriza o tipo de massa de ar que está atuando sobre a região. A ocorrência de baixa umidade relativa pode agravar doenças e quadros clínicos da população, além de causar desconforto nas pessoas saudáveis, um quadro que possui semelhança com os sintomas da poluição do ar e que muitas vezes leva o leigo a confundir os dois fenômenos.

A figura 7 mostra o comportamento da umidade relativa, às 15h, horário do dia em que, geralmente, a umidade apresenta os valores mais baixos, e a linha reta em cada gráfico representa as médias de umidade relativa do ar de cada mês, referentes ao período de maio a setembro de 2005, sendo que maio e junho foram os meses que tiveram longas seqüências de dias com umidade baixa.

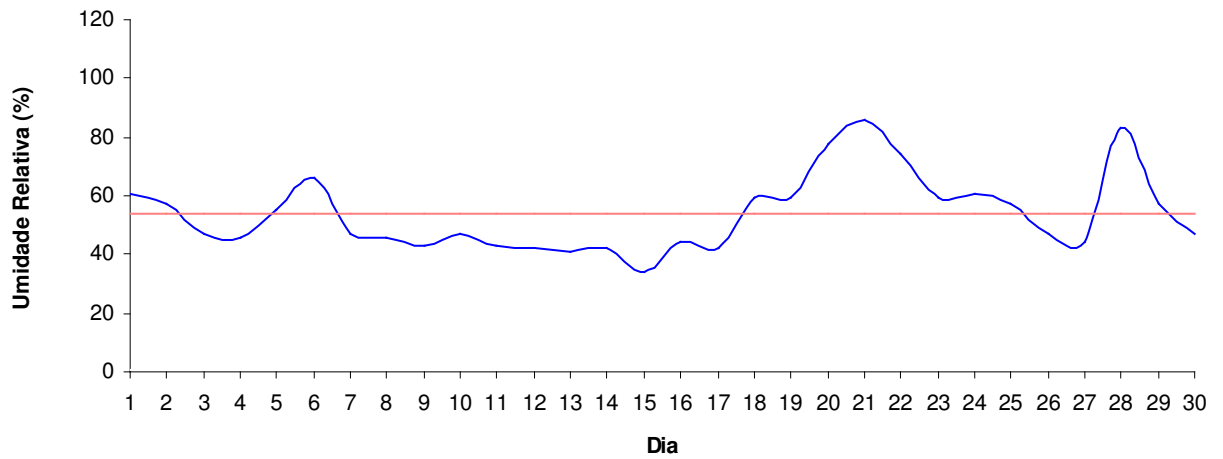


## COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

maio/2005



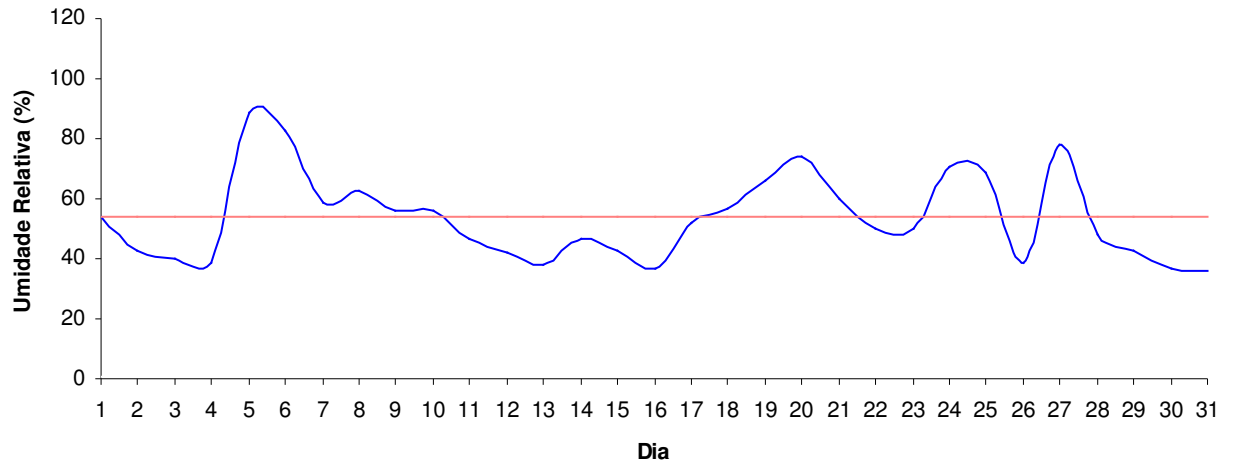
junho/2005



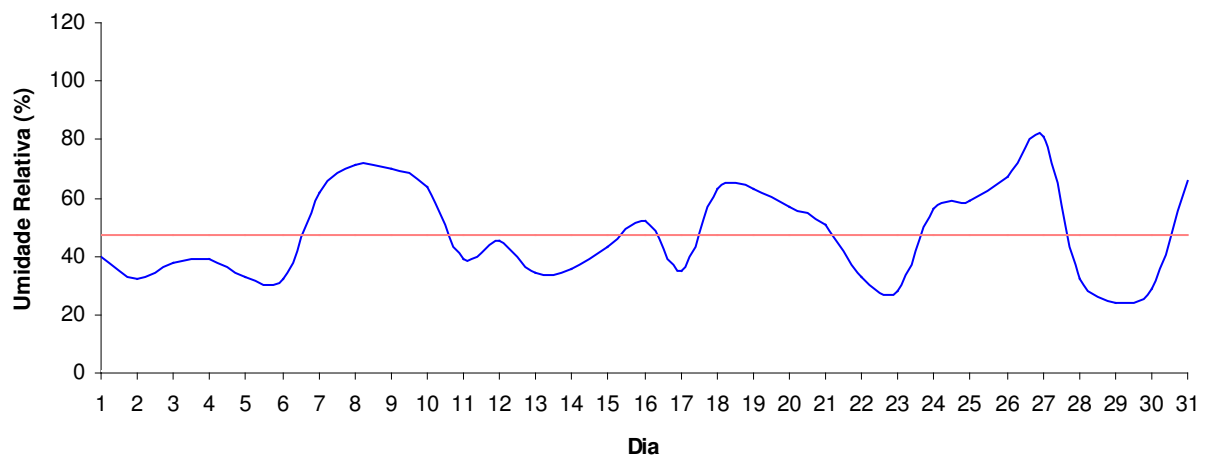


## COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

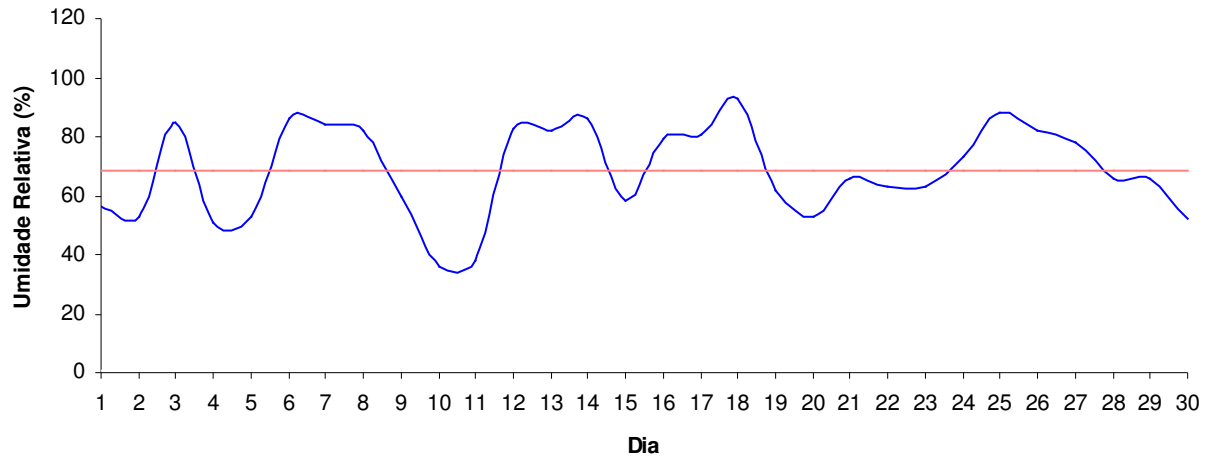
julho/2005



agosto/2005



setembro/2005



**Figura 07 - Umidade Relativa às 15h**  
**Período maio a setembro (Estação Mirante de Santana – INMET)**



#### 4. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

Neste relatório, a avaliação da qualidade do ar está dividida em duas partes. A primeira apresenta, em tabelas, a distribuição do índice diário de qualidade do ar obtido no período de maio a setembro de 2005, inclusive para as estações do interior do Estado. Esta distribuição é obtida a partir dos boletins de qualidade do ar divulgados diariamente pela CETESB. A segunda parte apresenta uma análise da evolução das concentrações dos poluentes ao longo dos últimos anos, considerando os padrões de curto prazo, expressos através da distribuição da qualidade do ar, e de longo prazo, através dos valores médios observados nos períodos de inverno.

##### 4.1. 1ª Parte - Índice de Qualidade do Ar

A tabela 4 mostra a distribuição percentual da qualidade do ar por poluente (baseada nos boletins diários de qualidade do ar), durante o inverno de 2004, somente na RMSP. A base de dados considerada para a tabela 4 compreende 23 estações que correspondem a 23 monitores de MP<sub>10</sub>, 11 de CO, 9 de NO<sub>2</sub>, 7 de SO<sub>2</sub> e 12 de O<sub>3</sub>.

O critério de representatividade dos dados, utilizado neste relatório, é de no mínimo 50% de valores válidos no período.

**Tabela 4 - Distribuição da Qualidade do Ar - RMSP - Período (01/05 a 30/09/05)**

	Boa %	Regular %	Inadequada %	Má %
CO	92,5	7,5	0,1	0,0
MP <sub>10</sub>	67,7	32,2	0,1	0,0
O <sub>3</sub>	66,2	32,5	1,3	0,0
NO <sub>2</sub>	62,9	37,1	0,0	0,0
SO <sub>2</sub>	100,0	0,0	0,0	0,0

Os resultados mostram que o SO<sub>2</sub> e o NO<sub>2</sub> são os únicos poluentes em que o PQAR de curto prazo não foi excedido. Mesmo o inverno não sendo a estação preferencial para o ozônio, este se apresenta como o pior caso, onde 1,3% das medições ultrapassaram o PQAR. Não houve nenhum dia com a qualidade do ar Má.

Na tabelas a seguir apresenta-se um resumo da qualidade do ar por poluente e por estação de monitoramento, inclusive as estações do interior do Estado. Estas tabelas são baseadas no índices diários de qualidade do ar divulgados pela CETESB.

##### **Material Particulado**

Nas tabelas 5, 6 e 7 são apresentados, respectivamente, os resultados do monitoramento de partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>), partículas totais em suspensão (PTS) e fumaça (FMC), realizado pelas redes automática e manual. Na tabela 8 estão apresentados os resultados do monitoramento das partículas inaláveis finas (MP<sub>2,5</sub>).

**Tabela 5 - Partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>) - Rede automática – Média de 24h**  
**Período: 01/05/05 a 30/09/05**

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA µg/m <sup>3</sup>	1ª MÁXIMA µg/m <sup>3</sup>	2ª MÁXIMA µg/m <sup>3</sup>
		PQAR 150 µg/m <sup>3</sup>	ATENÇÃO 250 µg/m <sup>3</sup>	ALERTA 420 µg/m <sup>3</sup>	EMERGÊNCIA 500 µg/m <sup>3</sup>			
PARQUE D. PEDRO II	40	0	0	0	0	29*	80	60
SANTANA	152	0	0	0	0	40	98	88
MOÓCA	116	0	0	0	0	48	120	120
CAMBUCI	147	0	0	0	0	40	90	84
IBIRAPUERA	135	0	0	0	0	36	88	78
NOSSA SENHORA DO Ó	82	0	0	0	0	40*	110	74
S. CAETANO DO SUL	146	0	0	0	0	40	96	80
CONGONHAS	65	0	0	0	0	59*	116	110
CERQUEIRA CÉSAR	138	0	0	0	0	42	92	88
GUARULHOS	134	0	0	0	0	55	116	112
S. ANDRÉ - CENTRO	152	0	0	0	0	37	100	90
DIADEMA	152	0	0	0	0	39	100	88
SANTO AMARO	150	0	0	0	0	49	116	112
OSASCO	152	2	0	0	0	69	158	157
S. ANDRÉ - CAPUAVA	152	0	0	0	0	33	88	68
S. BERNARDO DO CAMPO	150	1	0	0	0	45	151	130
TABOÃO DA SERRA	127	0	0	0	0	47	100	98
MAUÁ	148	0	0	0	0	37	96	80
PINHEIROS	152	0	0	0	0	52	126	118
CUBATÃO - CENTRO	149	1	0	0	0	37	199	100
CUBATÃO - VILA PARISI	151	18	0	0	0	99	235	204
CAMPINAS - CENTRO	130	0	0	0	0	33	81	61
PAULÍNIA	145	0	0	0	0	44	110	88
JAÚ (E.M.)	53	0	0	0	0	44*	116	88
RIBEIRÃO PRETO (E.M.)	142	0	0	0	0	39	97	93
SOROCABA	139	0	0	0	0	37	100	99
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	147	0	0	0	0	30	69	62
LIMEIRA (E.M.)	52	0	0	0	0	54*	128	88

\* Não atendeu ao critério de representatividade

E.M.: Estação Móvel

**Tabela 6 - Partículas totais em suspensão (PTS) – Rede manual**  
**Período : 01/05/05 a 30/09/05**

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA GEOMÉTRICA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1ª MÁXIMA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2ª MÁXIMA $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		PQAR $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	ATENÇÃO $375 \mu\text{g}/\text{m}^3$	ALERTA $625 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EMERGÊNCIA $875 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
CERQUEIRA CÉSAR	21	0	0	0	0	98	163	148
IBIRAPUERA	23	0	0	0	0	73	154	149
OSASCO	23	3	0	0	0	159	308	260
SANTO AMARO	23	0	0	0	0	84	194	182
SANTO ANDRÉ-CAPUAVA	20	0	0	0	0	76	152	124
SÃO BERNARDO DO CAMPO	23	2	1	0	0	98	384	304
SÃO CAETANO DO SUL	21	0	0	0	0	92	170	170
CUBATÃO-V. PARISI	22	6	5	1	0	264	659	458

Tempo de amostragem: 24 horas

**Tabela 7 - Fumaça (FMC) - Rede manual**  
**Período : 01/05/05 a 30/09/05**

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1ª MÁXIMA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2ª MÁXIMA $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		PQAR $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	ATENÇÃO $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$	ALERTA $420 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EMERGÊNCIA $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
CAMPOS ELÍSEOS	25	0	0	0	0	61	142	114
CERQUEIRA CÉSAR	25	0	0	0	0	61	125	112
IBIRAPUERA	25	0	0	0	0	33	113	65
MOEMA	25	0	0	0	0	52	125	115
MOGI DAS CRUZES	20	0	0	0	0	19	35	34
PINHEIROS	25	1	0	0	0	56	153	120
PRAÇA DA REPÚBLICA	24	0	0	0	0	57	118	112
TATUAPÉ	22	2	0	0	0	60	165	158

Tempo de amostragem: 24 horas

**Tabela 8 - Partículas inaláveis finas (MP<sub>2,5</sub>) – Rede manual – Média de 24h**  
**Período: 01/05/05 a 30/09/05**

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	MÉDIA ARITMÉTICA µg/m <sup>3</sup>	1ª MÁXIMA µg/m <sup>3</sup>	2ª MÁXIMA µg/m <sup>3</sup>
CERQUEIRA CÉSAR	23	28	54	53
SÃO CAETANO DO SUL	25	29	61	60

### **Dióxido de Enxofre**

Na tabela 9 são apresentados os dados de dióxido de enxofre obtidos durante o período de maio a setembro na rede automática.

**Tabela 9 – Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) – Rede automática – Média de 24h**  
**Período : 01/05/05 a 30/09/05**

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA µg/m <sup>3</sup>	1ª MÁXIMA µg/m <sup>3</sup>	2ª MÁXIMA µg/m <sup>3</sup>
		PQAR 365 µg/m <sup>3</sup>	ATENÇÃO 800 µg/m <sup>3</sup>	ALERTA 1600 µg/m <sup>3</sup>	EMERGÊNCIA 2100 µg/m <sup>3</sup>			
PARQUE D. PEDRO II	8	0	0	0	0	4*	8	6
IBIRAPUERA	129	0	0	0	0	6	14	14
S. CAETANO DO SUL	122	0	0	0	0	13	34	27
CONGONHAS	143	0	0	0	0	17	37	30
CERQUEIRA CÉSAR	127	0	0	0	0	10	22	22
CUBATÃO - CENTRO	152	0	0	0	0	17	97	59
CUBATÃO - VILA PARISI	139	0	0	0	0	33	114	109
PAULÍNIA	132	0	0	0	0	10	35	27
RIBEIRÃO PRETO (E.M.)	147	0	0	0	0	3	9	6
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	152	0	0	0	0	5	14	12

\* Não atendeu ao critério de representatividade

E.M.: Estação Móvel

**Monóxido de Carbono**

Nas tabelas 10 e 11 são apresentados os dados de monóxido de carbono obtidos no período de maio a setembro na rede automática.

**Tabela 10 - Monóxido de carbono (CO) - Rede automática - Média de 8 horas**  
**Período : 01/05/05 a 30/09/05**

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA DAS MÁXIMAS M. MÓVEIS DE 8h ppm	1ª MÁXIMA ppm	2ª MÁXIMA ppm
		PQAR 9 ppm	ATENÇÃO 15 ppm	ALERTA 30 ppm	EMERGÊNCIA 40 ppm			
PARQUE D. PEDRO II	31	0	0	0	0	1,5*	3,1	3,1
IBIRAPUERA	127	0	0	0	0	1,4	7,3	4,5
SÃO CAETANO DO SUL	141	0	0	0	0	2,1	6,9	6,8
CONGONHAS	141	0	0	0	0	2,8	6,6	6,5
CERQUEIRA CÉSAR	136	0	0	0	0	2,1	6,9	4,8
CENTRO	147	0	0	0	0	2,2	6,5	5,0
S. ANDRÉ - CENTRO	143	0	0	0	0	1,6	5,3	4,8
SANTO AMARO	146	0	0	0	0	2,1	5,4	5,0
OSASCO	141	0	0	0	0	3,0	5,5	5,3
TABOÃO DA SERRA	131	1	0	0	0	3,4	9,1	8,4
PINHEIROS	151	0	0	0	0	2,6	8,9	7,1
CAMPINAS-CENTRO	126	0	0	0	0	1,9	4,1	3,5
PAULÍNIA	139	0	0	0	0	0,7	1,7	1,7
RIBEIRÃO PRETO (E.M.)	148	0	0	0	0	1,0	2,0	2,0

\* Não atendeu ao critério de representatividade

E.M.: Estação Móvel

**Tabela 11 - Monóxido de carbono (CO) - Rede automática - Média de 1 hora**

**Período: 01/05/05 a 30/09/05**

<b>ESTAÇÃO</b>	<b>Nº DE ULTRAPASSAGENS DO PQAR HORÁRIO 35 ppm</b>	<b>MÉDIA ARITMÉTICA DAS MÁX. DE 1 hora ppm</b>	<b>1ª MÁXIMA ppm</b>	<b>2ª MÁXIMA ppm</b>
<b>IBIRAPUERA</b>	0	2,2	9,0	8,2
<b>SÃO CAETANO DO SUL</b>	0	3,3	11,5	10,2
<b>CONGONHAS</b>	0	3,8	8,7	8,5
<b>CERQUEIRA CÉSAR</b>	0	2,7	8,6	7,3
<b>CENTRO</b>	0	2,9	12,1	8,8
<b>S. ANDRÉ - CENTRO</b>	0	2,4	7,8	6,9
<b>SANTO AMARO</b>	0	2,8	8,2	6,2
<b>OSASCO</b>	0	4,2	7,8	7,8
<b>TABOÃO DA SERRA</b>	0	4,7	11,5	10,6
<b>PINHEIROS</b>	0	3,7	10,5	10,4
<b>CAMPINAS-CENTRO</b>	0	2,9	7,8	7,4
<b>PAULÍNIA</b>	0	1,2	3,4	3,1

**Ozônio**

Na tabela 12 são apresentados os dados de ozônio obtidos durante o período de maio a setembro na rede automática.

**Tabela 12 - Ozônio (O<sub>3</sub>) - Rede automática - Média de 1 hora**  
**Período : 01/05/05 a 30/09/05**

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA DAS MÁXIMAS DE 1 HORA µg/m <sup>3</sup>	MÁXIMAS DE 1h	
		PQAR 160 µg/m <sup>3</sup>	ATENÇÃO 200 µg/m <sup>3</sup>	ALERTA 800 µg/m <sup>3</sup>	EMERGÊNCIA 1000 µg/m <sup>3</sup>		1ª µg/m <sup>3</sup>	2ª µg/m <sup>3</sup>
PARQUE D. PEDRO II	42	0	0	0	0	67*	154	130
SANTANA	145	9	0	0	0	102	179	177
MOÓCA	116	0	0	0	0	66	149	133
IBIRAPUERA	142	2	0	0	0	82	181	162
NOSSA SENHORA DO Ó	147	0	0	0	0	58	126	126
SÃO CAETANO DO SUL	135	2	0	0	0	73	164	164
DIADEMA	147	1	0	0	0	47	180	118
SANTO AMARO	126	1	0	0	0	78	169	154
SANTO ANDRÉ-CAPUAVA	142	2	0	0	0	79	168	161
MAUÁ	147	2	0	0	0	68	164	161
PINHEIROS	151	0	0	0	0	57	141	138
HORTO FLORESTAL (E.M.)	150	0	0	0	0	74	160	156
CUBATÃO - CENTRO	153	0	0	0	0	65	158	152
CUBATÃO - VILA PARISI	55	0	0	0	0	54*	102	101
PAULÍNIA	144	4	0	0	0	84	181	180
JAÚ (E.M.)	53	0	0	0	0	96*	149	140
RIBEIRÃO PRETO (E.M.)	139	0	0	0	0	72	154	144
SOROCABA	148	0	0	0	0	81	149	143
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	152	0	0	0	0	72	157	135

\* Não atendeu ao critério de representatividade

E.M.: Estação Móvel

### Dióxido de Nitrogênio

Na tabela 13 são apresentados os dados de dióxido de nitrogênio durante o período de maio a setembro na rede automática.

**Tabela 13 - Dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) - Rede automática - Média de 1 hora**  
**Período : 01/05/05 a 30/09/05**

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA DAS MÁXIMAS DE 1 HORA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MÁXIMAS DE 1h	
		PQAR $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$	ATENÇÃO $1130 \mu\text{g}/\text{m}^3$	ALERTA $2260 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EMERGÊNCIA $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$		1ª $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2ª $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SÃO CAETANO DO SUL	67	0	0	0	0	106*	228	188
CONGONHAS	81	0	0	0	0	148*	254	223
CENTRO	10	0	0	0	0	95*	148	126
TABOÃO DA SERRA	114	0	0	0	0	98	188	179
MAUÁ	146	0	0	0	0	60	148	131
PINHEIROS	149	0	0	0	0	99	214	206
HORTO FLORESTAL (E.M.)	142	0	0	0	0	34	73	71
CUBATÃO - CENTRO	151	0	0	0	0	57	148	135
CUBATÃO - VILA PARISI	123	0	0	0	0	101	201	188
RIBEIRÃO PRETO (E.M.)	112	0	0	0	0	54	105	99
SOROCABA	116	0	0	0	0	53	107	102

\* Não atendeu ao critério de representatividade  
 E.M.: Estação Móvel

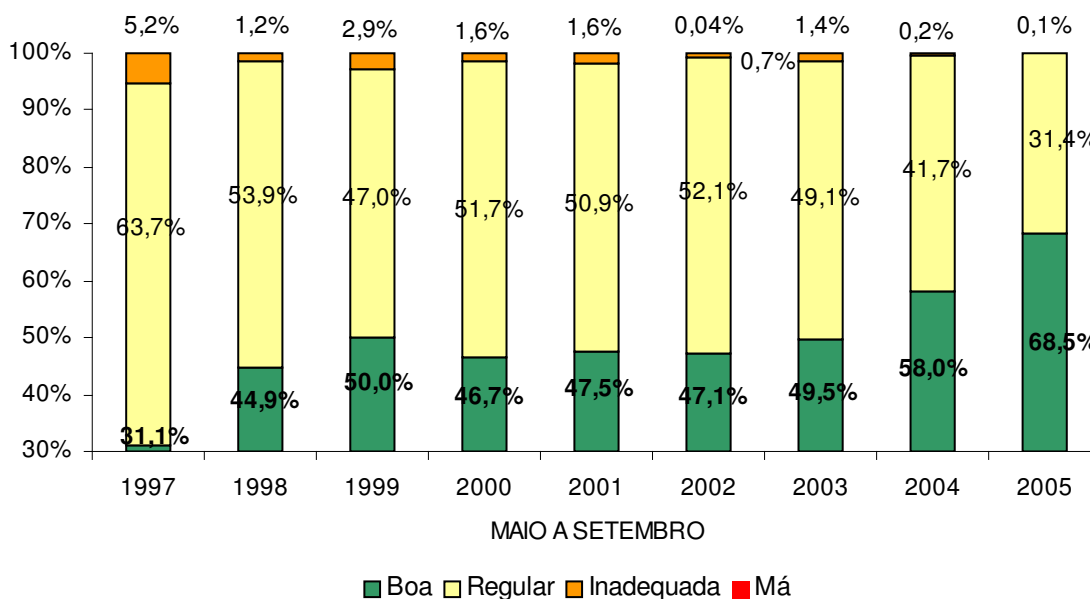
#### 4.2. 2ª Parte - Evolução da Qualidade do Ar

Neste item é dado enfoque à evolução, nos últimos anos, dos níveis de concentração dos poluentes no período de inverno. As análises foram divididas em: frequência da qualidade do ar observada, baseada nos boletins diários, isto é, uma análise considerando os níveis de exposição de curto prazo; e evolução das médias de inverno, que nos dão um indicativo dos níveis de exposição de longo prazo. Caso a estação não atenda ao critério de representatividade, que neste caso, é de no mínimo 50% dos dados válidos no período, a mesma não é apresentada nos gráficos de evolução. Não é feita nenhuma avaliação da evolução do ozônio no período de inverno em virtude de ser esse período do ano o menos propício para ocorrência de altas concentrações e que, portanto, podem indicar falsas tendências.



**Material Particulado**

A figura 8 mostra a evolução da distribuição da qualidade do ar para MP<sub>10</sub> desde 1997. Nesta figura observa-se uma tendência de redução do número de episódios de ocorrência de qualidade do ar Inadequada, acompanhado de um aumento do número de eventos de qualidade Boa.



Base: todas estações da RMSP, exceto Pinheiros

**Figura 08 - MP<sub>10</sub> – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar - RMSP  
Período de maio a setembro**

As figuras 09 a 15 apresentam a evolução das concentrações médias anuais de MP<sub>10</sub>, por estação na RMSP, observadas no período de maio a setembro e foram construídas de forma a possibilitar a observação das variações desses poluente em diferentes locais de uma mesma região. Para tanto, as estações de monitoramento foram agrupadas da seguinte forma: Centro/Zona Norte, Zona Leste, Zona Sul, Zona Oeste e Região do ABCD/Mauá.

Assim como observado na análise de período de 24 horas, as exposições de longo prazo (médias anuais), indicam na RMSP um decréscimo significativo a partir de 1996. Na figura considerando o conjunto das estações (figura 15) observa-se que a partir de 1998 as concentrações apresentam uma leve tendência de queda, acentuada em 2004 e 2005.

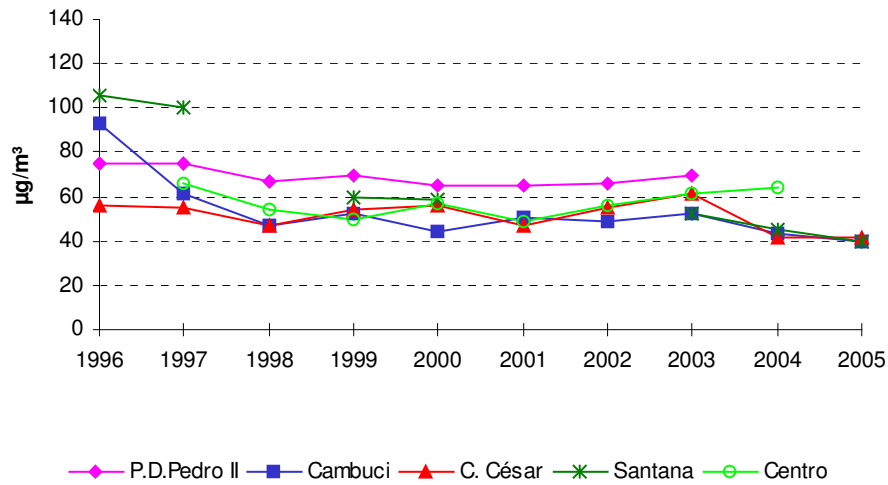


Figura 09 - MP<sub>10</sub> - Concentrações médias- Centro/Zona Norte  
Período de maio a setembro

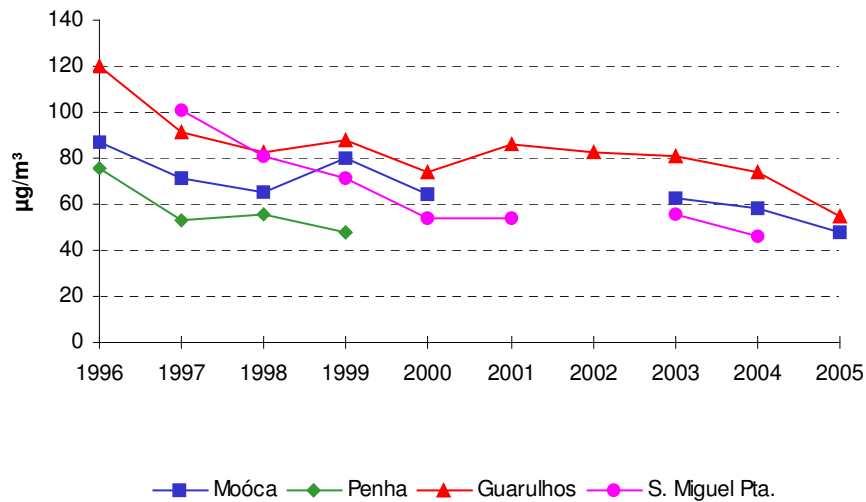


Figura 10 - MP<sub>10</sub> – Concentrações médias - Zona Leste  
Período de maio a setembro

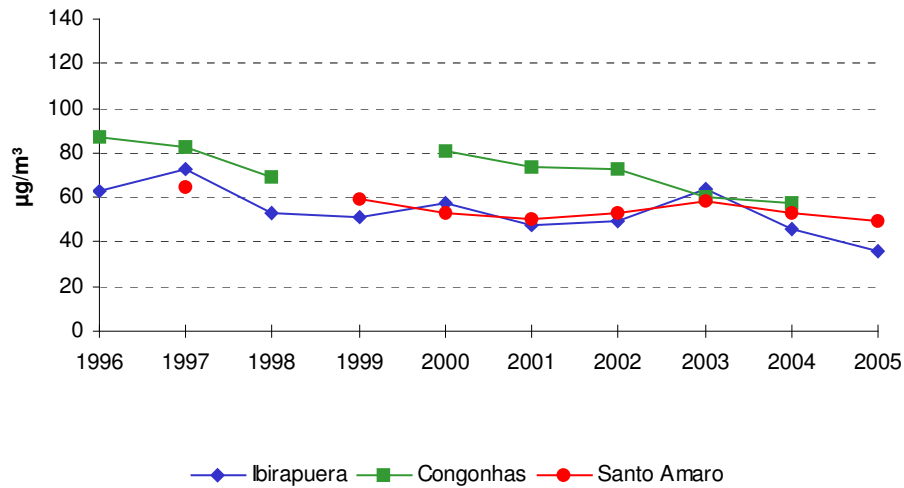
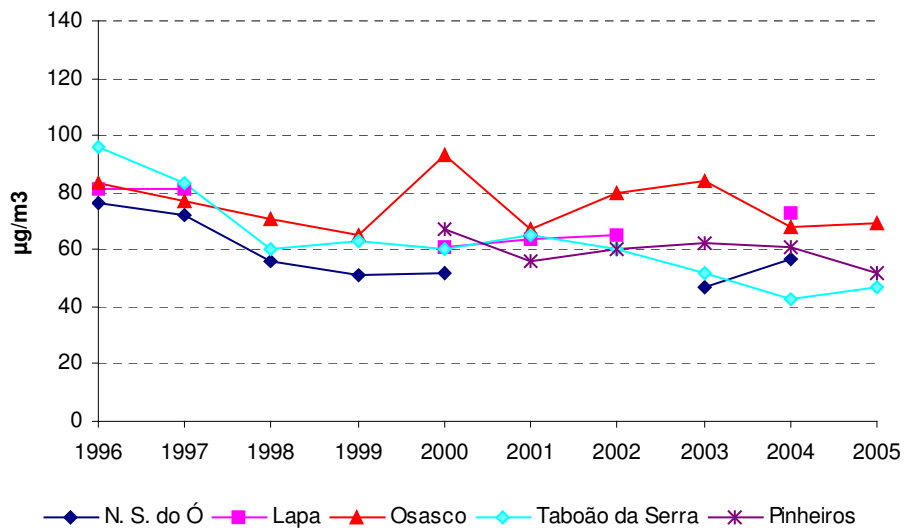
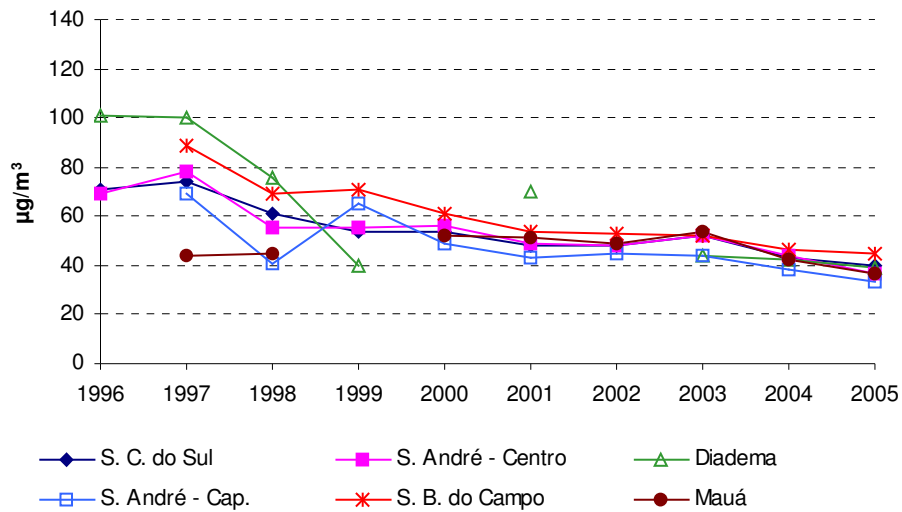


Figura 11 -  $MP_{10}$  - Concentrações médias - Zona Sul  
Período de maio a setembro

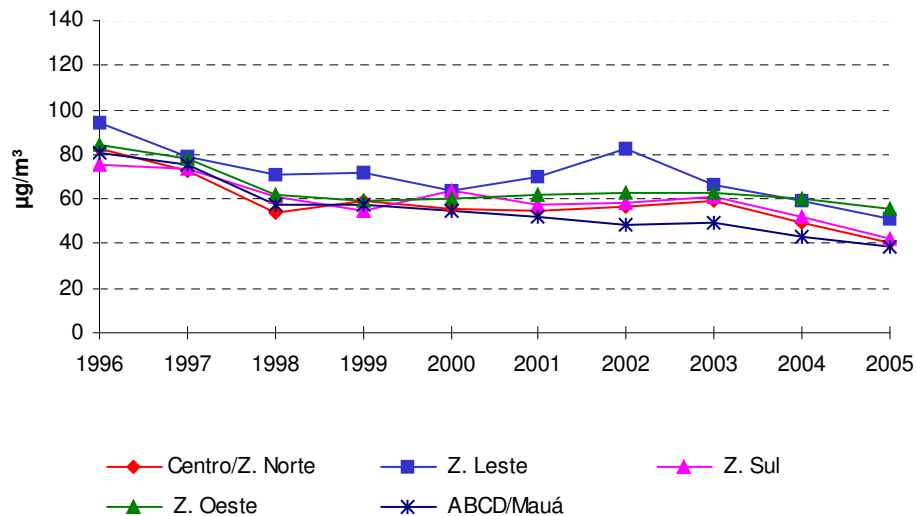


Obs.: O aumento da média de Osasco em 2000 deveu-se possivelmente às obras de duplicação da Rodovia Castelo Branco e em 2002 e 2003 às obras do Rodoanel.

Figura 12 -  $MP_{10}$  - Concentrações médias - Zona Oeste  
Período de maio a setembro

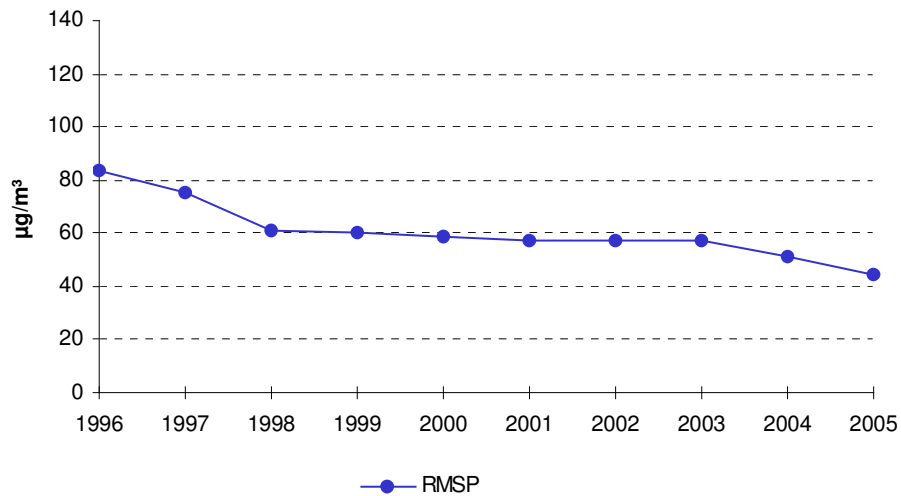


**Figura 13 - MP<sub>10</sub> - Concentrações médias - ABCD/Mauá**  
Período de maio a setembro



Obs.: Zona Oeste: não foi considerada a estação Osasco em 2000  
Zona Leste: somente estação Guarulhos em 2002

**Figura 14 - MP<sub>10</sub> - Concentrações médias por Região**  
Período de maio a setembro



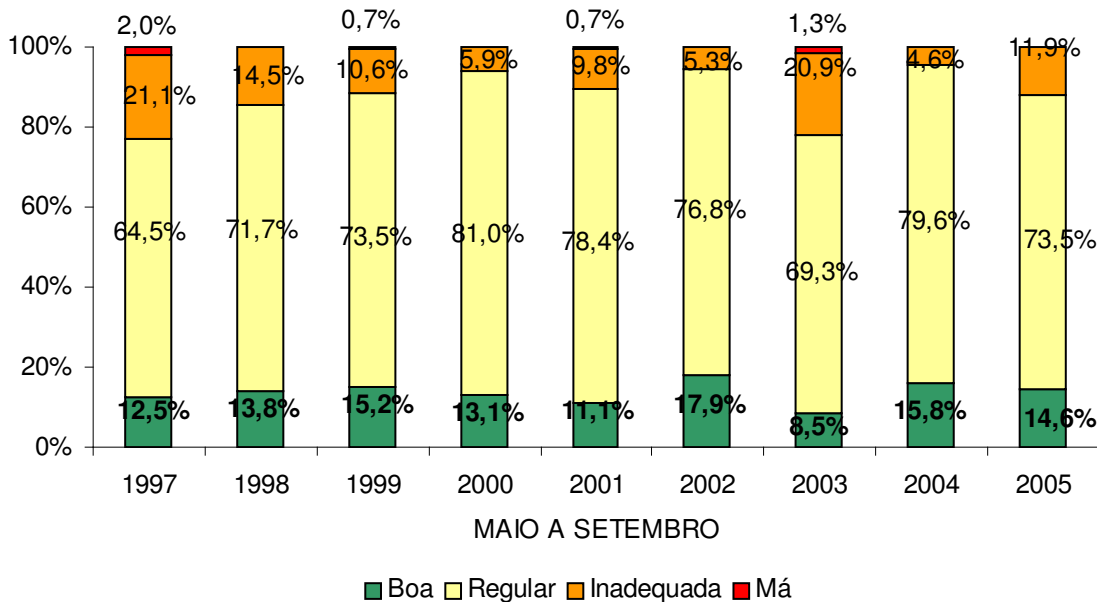
\*Não foi considerada a estação Osasco (2000).

**Figura 15 - MP<sub>10</sub> - Concentrações médias - RMSP  
Período de maio a setembro**

Nas demais áreas que monitoram partículas inaláveis, cabe destaque ao município de Cubatão, cujas concentrações, principalmente na área industrial, merecem maior atenção. As figuras 16 e 17 ilustram a distribuição da qualidade do ar nas estações em Cubatão, enquanto que a figura 18 apresenta as médias anuais de concentração em Cubatão e em outros municípios do Estado.

Na área industrial de Cubatão (figura 16), a análise baseada na distribuição da qualidade do ar de 1997 a 2005 indica que os níveis atuais estão um pouco mais baixos que os observados no final dos anos 90, resultado provavelmente da redução das emissões na região. A partir de 2000 os níveis parecem se manter estáveis, já que pequenas oscilações positivas ou negativas com relação à tendência podem ocorrer pelas variações das condições meteorológicas entre os anos. Deve-se destacar o significativo aumento das concentrações em 2003, mas que pode ser explicado pelas emissões provenientes do fluxo intenso de caminhões em via não pavimentada a poucos metros da estação, o que comprometeu a análise dos dados nesse ano. Em 2004 e 2005 foram intensificadas as medidas de controle locais para evitar a ressuspensão de poeira. Por exigência da CETESB, no final do inverno de 2005 foi realizada uma mudança no trajeto dos caminhões que se dirigiam ao estacionamento nas imediações, de forma a reduzir o impacto indesejável no entorno da estação.

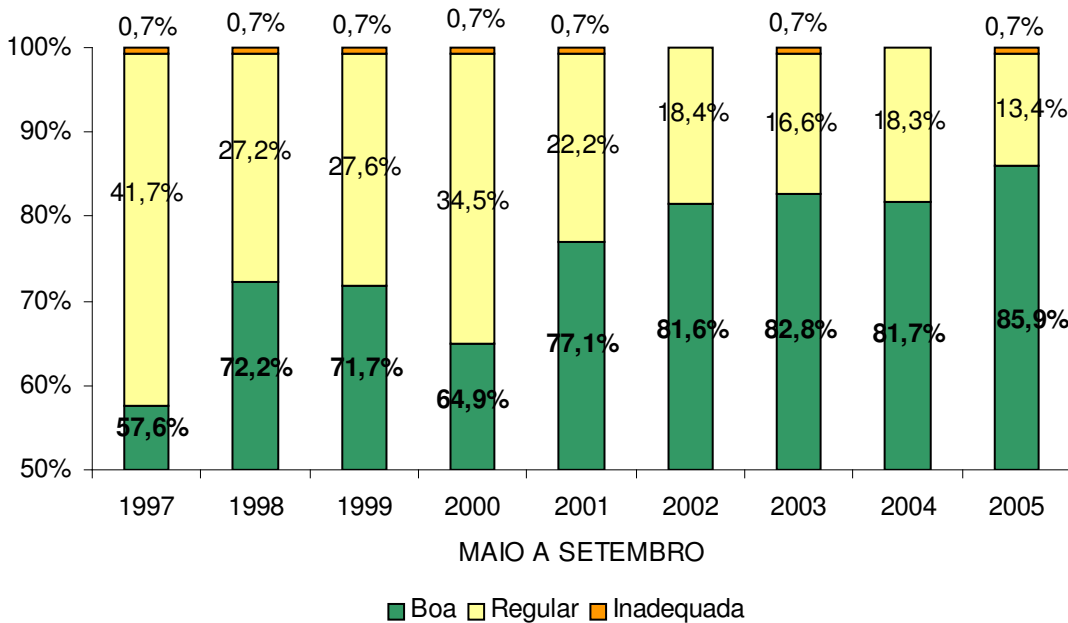
Em 2004, foram tomadas medidas de controle, minimizando o impacto dessa fonte, já em 2005 o ligeiro aumento (figura 16), nas concentrações pode estar associado à condições meteorológicas mais desfavoráveis.



Base: Todas as estações RMSP, exceto Pinheiros

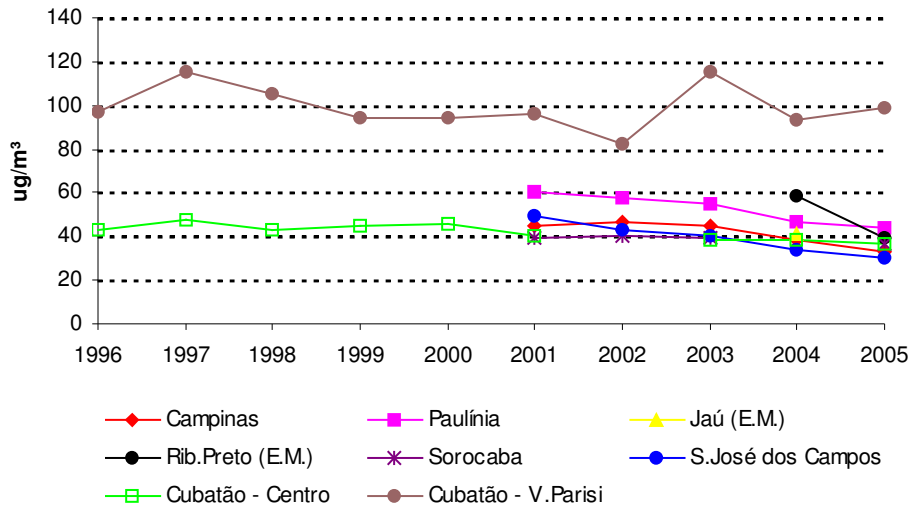
**Figura 16 - MP<sub>10</sub> – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar – Cubatão-V.Parisi  
Período de maio a setembro**

Na região central de Cubatão, a análise demonstra uma redução dos índices de qualidade Regular nos últimos anos, acompanhado de um aumento dos dias de qualidade do ar Boa. No entanto, ainda ocorrem episódios de ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar de 24 horas no dias mais poluídos.



**Figura 17 - MP<sub>10</sub> – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar – Cubatão-Centro  
Período de maio a setembro**

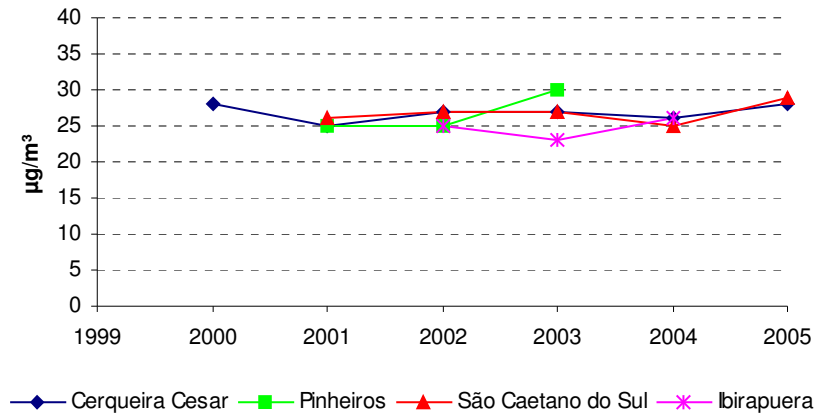
As concentrações médias do período de inverno em Cubatão Vila Parisi são bastante superiores às observadas em Cubatão Centro. Nos demais municípios do interior monitorados, as concentrações mais altas são observadas em Paulínia. Apesar do período relativamente curto para análise de tendências, observa-se uma certa queda das concentrações na maioria das estações.



**Figura 18 - MP<sub>10</sub> - Concentrações médias – Cubatão e Interior**  
**Período de maio a setembro**

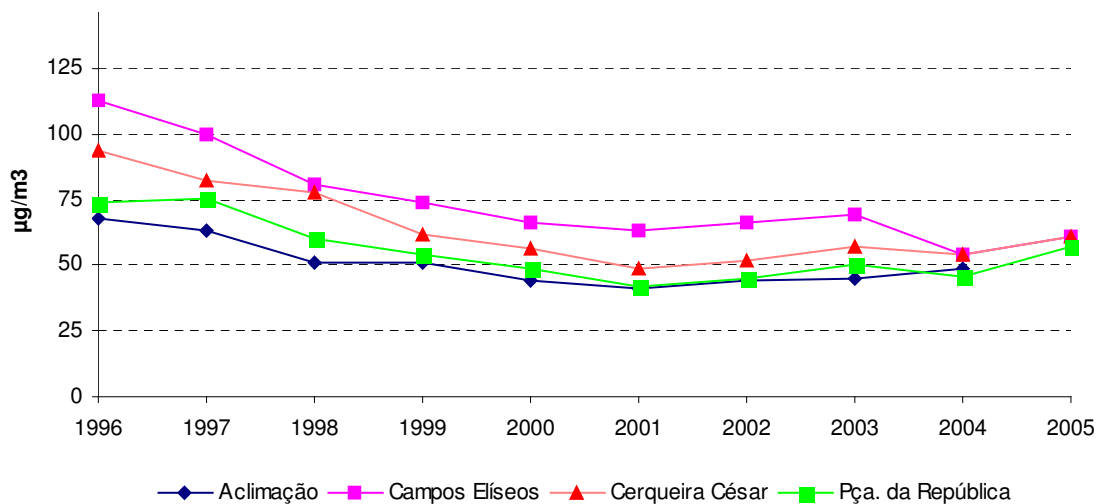
A figura 19 apresenta a evolução das concentrações médias anuais de MP<sub>2,5</sub>, por estação na RMSP, observadas no período de maio a setembro, onde, apesar das falhas de medição, observa-se que os níveis de concentração vem se mantendo entre 20 e 30µg/m<sup>3</sup>. O ano de 2005 apresenta discreta elevação, resultado este que é aparentemente contraditório com o de MP<sub>10</sub>, cujas medidas englobam também as partículas até 2,5 micra.

Para entender esse comportamento, fez-se o cálculo das médias de MP<sub>10</sub> nos mesmos dias de amostragens de MP<sub>2,5</sub> (realizadas a cada 6 dias) e verificou-se que as concentrações de MP<sub>10</sub> também apresentam ligeiro aumento. Desta forma, verificou-se que a discrepância observada se deve à metodologia de amostragem, ou seja, as amostragens a cada 6 dias corresponderam a dias de concentrações cujas médias foram superiores às médias obtidas em todos os dias do período de inverno. Esse mesmo comportamento de pequena elevação das concentrações foi também observado nos parâmetros FMC e PTS, já que apresentam a mesma metodologia de amostragem do MP<sub>2,5</sub>.



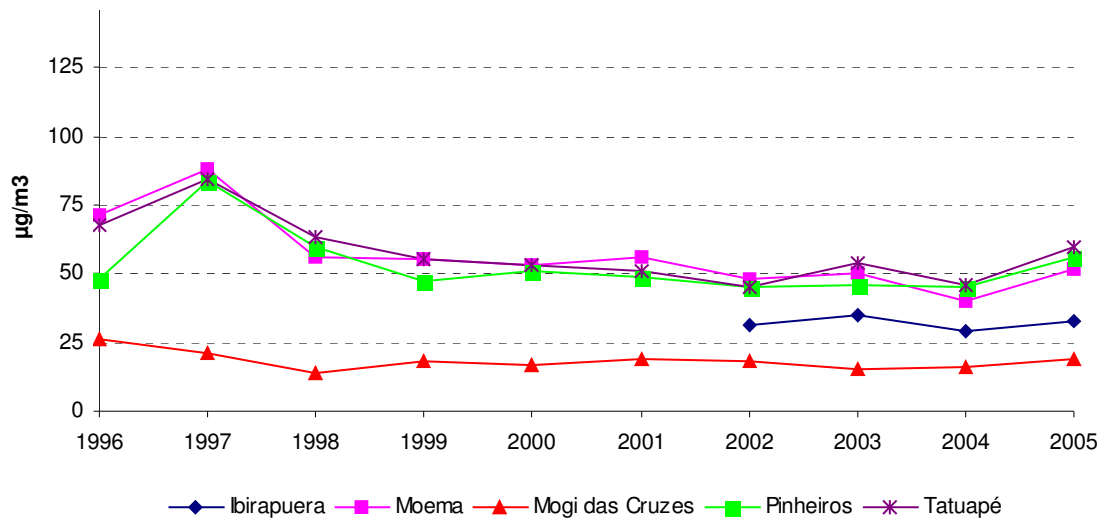
**Figura 19 - MP<sub>2,5</sub> - Concentrações médias**  
**Período de maio a setembro**

As figuras 20 e 21 apresentam as concentrações médias de fumaça na RMSP, onde nota-se que até 2004 houve uma redução das concentrações que eram observadas no início dos anos 90, resultado do controle sobre as fontes de emissão e mais recentemente os níveis encontram-se estabilizados, entretanto os valores observados em 2005 apresentam discreta elevação. Essa elevação se deve ao método de amostragem a cada 6 dias, que no caso do inverno de 2005, coincidiram com dias, em média, mais poluídos que os outros do período completo, conforme já discutido na análise do MP<sub>2,5</sub>.



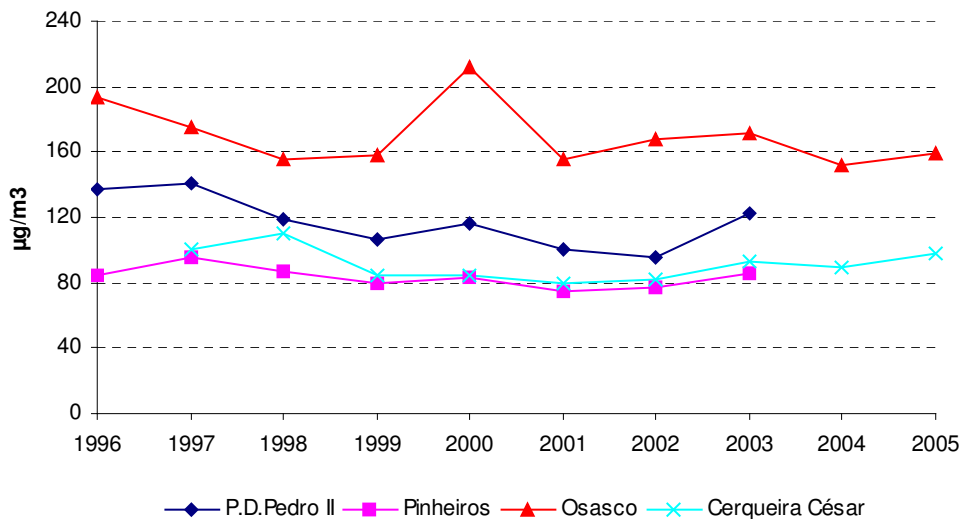
**Figura 20 - Fumaça - Concentrações médias - Rede Manual (Região Central)**  
**Período de maio a setembro**





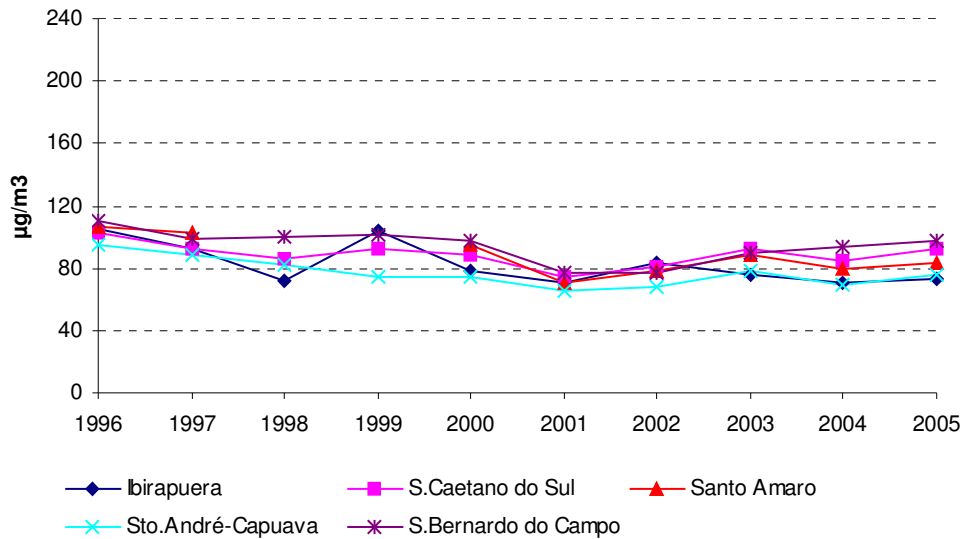
**Figura 21 - Fumaça - Concentrações médias de fumaça - Rede Manual (Zona Sul, Oeste, Leste) - Período de maio a setembro**

Os resultados obtidos no monitoramento de PTS são equivalentes aos medidos em termos de fumaça. As figuras 22 e 23 mostram o comportamento deste poluente nas estações da RMSP, aqui também, provavelmente devido à metodologia de amostragem, observa-se discreta elevação da concentrações.



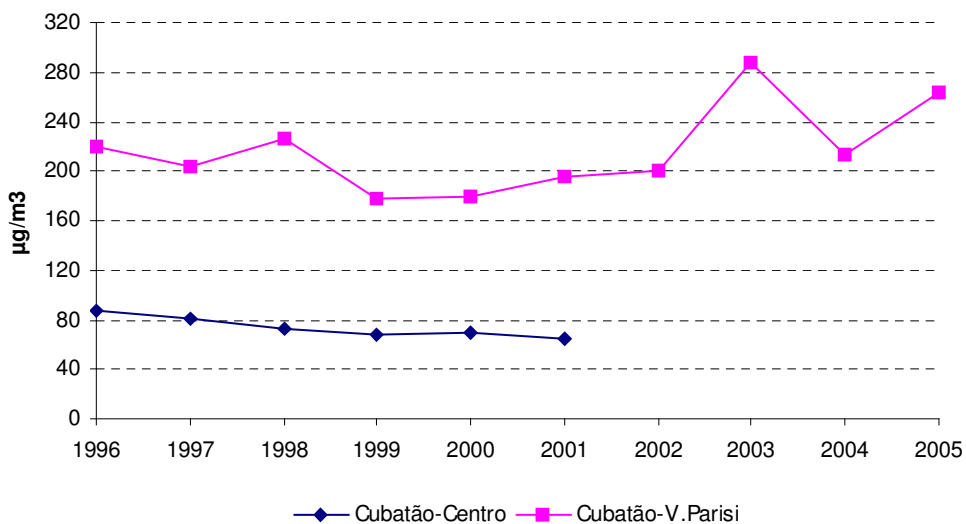
Obs.: O aumento da média de Osasco em 2000 deveu-se, possivelmente, às obras de duplicação da Rodovia Castelo Branco e em 2002 e 2003 às obras do Rodoanel.

**Figura 22 - PTS - Concentrações médias - Rede Manual – RMSP (Centro, Zona Oeste e Leste) - Período de maio a setembro**



**Figura 23 - PTS - Concentrações médias - Rede Manual – RMSP (Zona Sul e ABC)  
Período de maio a setembro**

Em Cubatão - Vila Parisi, observa-se tendência de aumento das concentrações de PTS. Deve-se ponderar, no entanto, que as concentrações a partir de 2003 sofrem o impacto do trânsito de caminhões em uma via não pavimentada muito próxima da estação, e não reflete as condições médias da área industrial

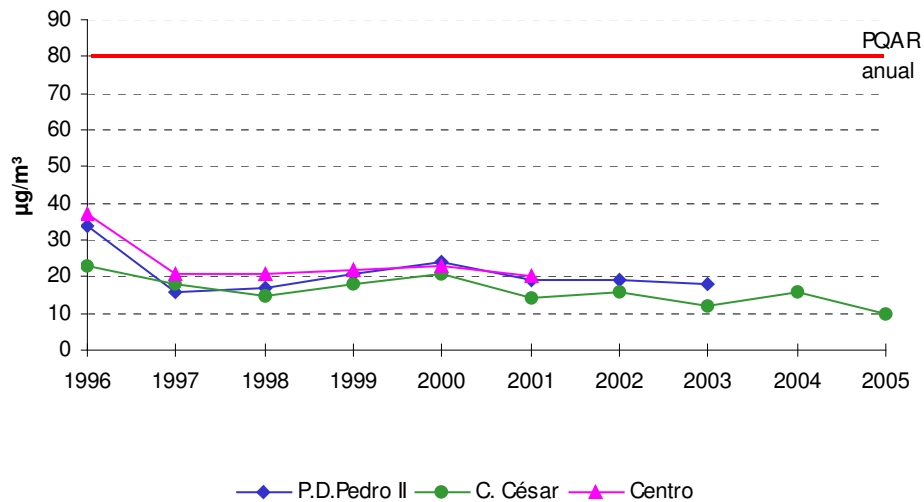


Obs.: Estação Cubatão-Centro desativada

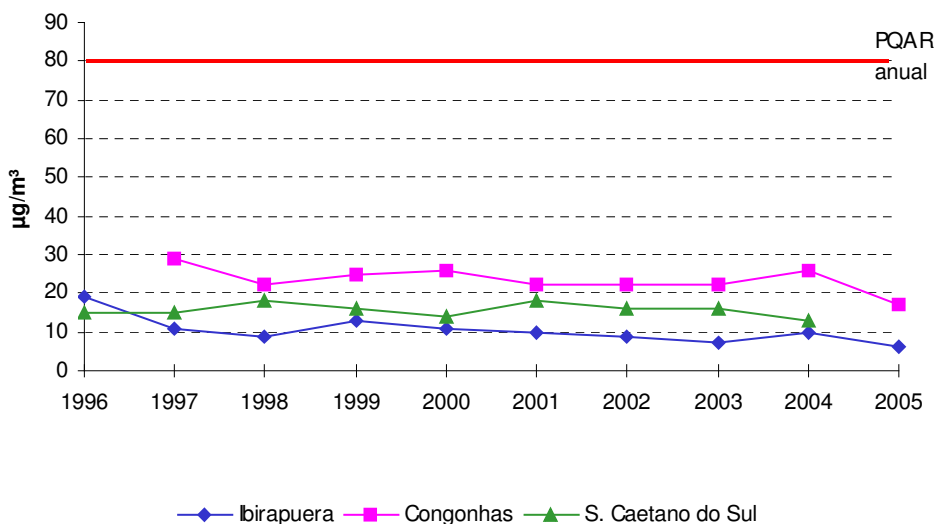
**Figura 24 - PTS - Concentrações médias - Rede Manual – Cubatão  
Período de maio a setembro**

**Dióxido de Enxofre**

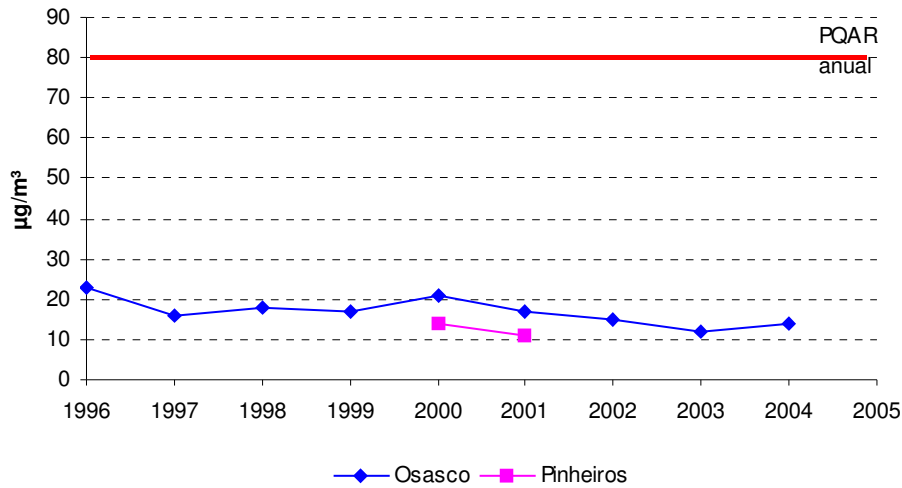
As figuras 25 a 30 apresentam a evolução das concentrações médias de dióxido de enxofre no período de maio a setembro, medidas pela Rede Automática, para as estações localizadas na RMSP, Cubatão e interior. Na RMSP observa-se que os níveis de concentração de SO<sub>2</sub> apresentam-se bastante estáveis nos últimos anos e, significativamente abaixo do padrão de 24h (365µg/m<sup>3</sup>), o que permitiu uma redução do número de monitores, efetuada nos últimos anos.



**Figura 25 - SO<sub>2</sub> - Concentrações médias - Centro/Zona Norte  
Período de maio a setembro**

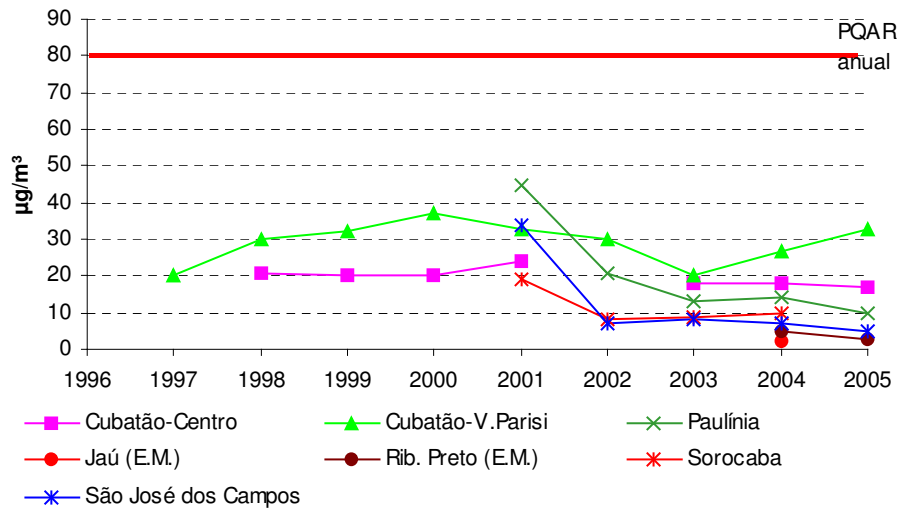


**Figura 26 - SO<sub>2</sub> - Concentrações médias - Zona Sul e ABCD  
Período de maio a setembro**



**Figura 27 - SO<sub>2</sub> - Concentrações médias - Zona Oeste**  
Período de maio a setembro

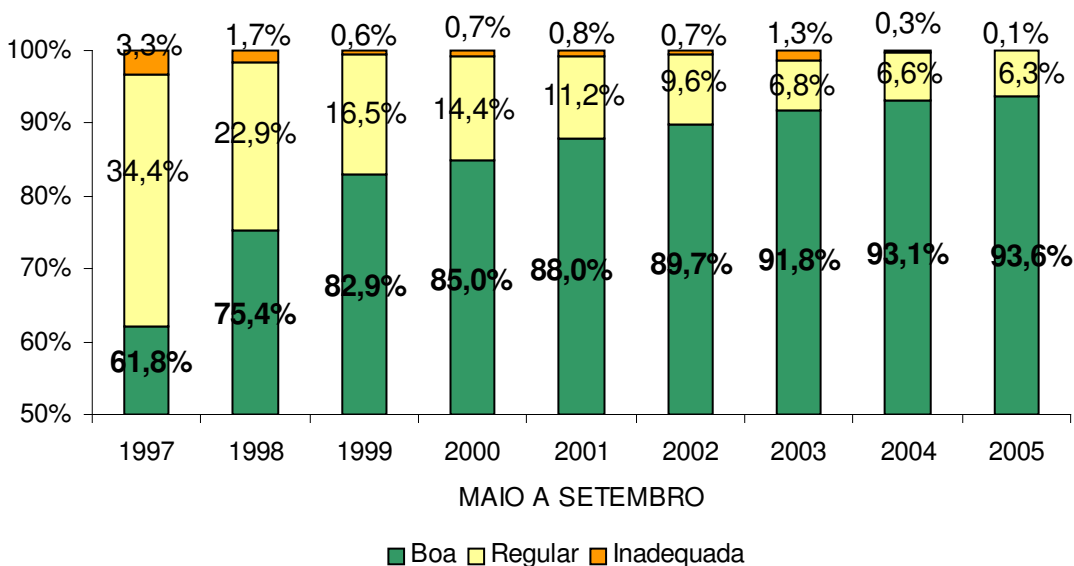
Também em outras regiões do Estado, as concentrações médias de SO<sub>2</sub> encontram-se em patamares bem abaixo do PQAR, conforme apresentado na figura 28, porém é possível observar que, com exceção de Cubatão – Vila Parisi, os níveis de concentração tem se mantido estáveis nos últimos anos.



**Figura 28 - SO<sub>2</sub> - Concentrações médias – Cubatão e Interior**  
Período de maio a setembro

**Monóxido de Carbono**

A figura 29 apresenta a distribuição da qualidade do ar do CO na RMSP de 1997 a 2004. Observa-se um significativo aumento de dias de qualidade do ar Boa ao longo dos anos, e que também a quantidade de ultrapassagens do PQAR (qualidade Inadequada), vem diminuindo. A análise das ultrapassagens, apresentadas na tabela 14, mostra que as estações São Caetano do Sul e Santo André – Centro são as que apresentam maior número de violações nos últimos anos e que em Taboão da Serra ocorreu a única ultrapassagem registrada em 2005.



Base: Todas as estações RMSP, exceto Pinheiros

**Figura 29 - CO – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar - Média de 8 horas Período de maio a setembro**

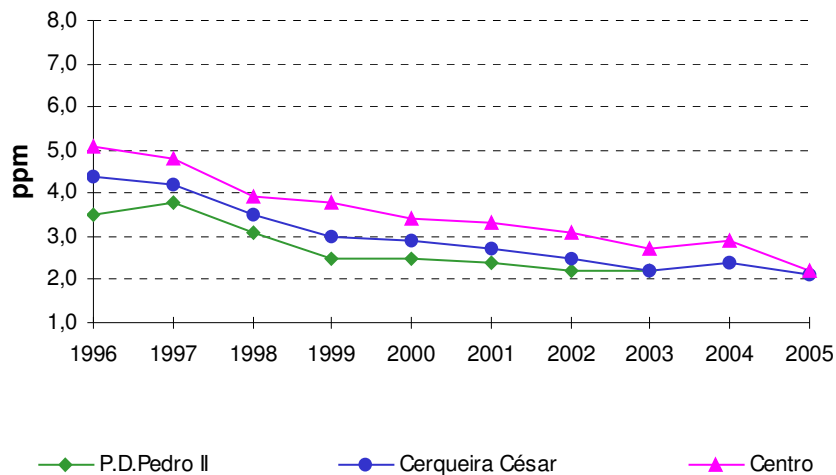
**Tabela 14 – CO – Nº de ultrapassagens do padrão (média de 8h) Período maio a setembro**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
P.D.Pedro II	2	2	0	0	1	0	0	-	0
Ibirapuera	6	0	1	0	2	0	0	0	0
São Caetano do Sul	9	7	3	4	4	6	9	3	0
Congonhas	22	7	3	3	3	1	3	0	0
Lapa	2	0	0	0	0	0	0	-	-
Cerqueira César	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro	4	4	1	1	1	2	1	0	0
Santo André-Centro	5	3	1	1	1	1	5	1	0
Santo Amaro	0	-	0	0	0	0	0	0	0
Osasco	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Taboão da Serra*	-	-	-	-	-	-	-	0	1
Pinheiros**	-	-	-	-	-	5	0	1	0

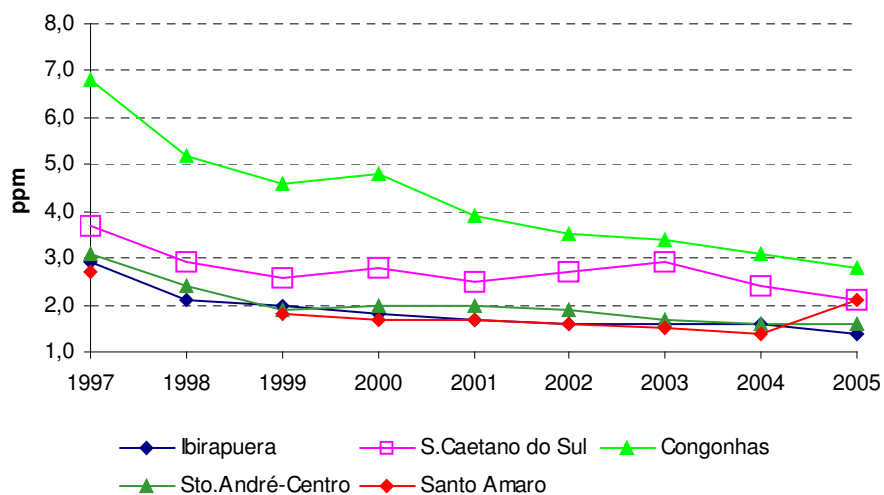
\* Início operação em 22/07/2004

\*\* Início operação em 18/09/2001

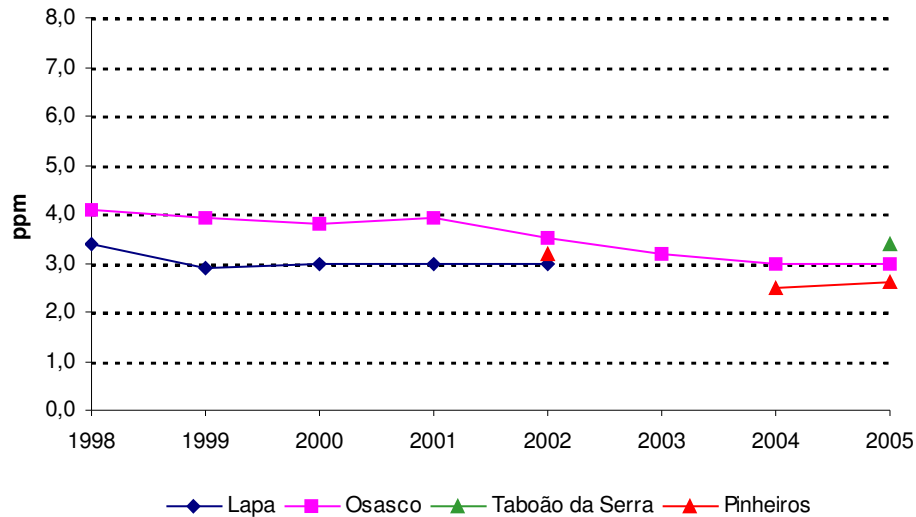
Embora inexista, no caso do CO, um padrão de qualidade do ar para períodos maiores que 8 horas, as médias de inverno são úteis para analisar a tendência das concentrações que, conforme mostram as figuras 30, 31 e 32, apresentam uma queda progressiva. Observa-se que as estações próximas às vias de tráfego intenso, como Parque D. Pedro II, Cerqueira César, Centro e Congonhas, apresentam quedas maiores nas concentrações devido, provavelmente, ao impacto da renovação da frota por veículos com menor emissão de CO. Entretanto, estações como Santo Amaro, São Caetano do Sul e Santo André-Centro, que estão mais distantes de vias de tráfego intenso e portanto, medem concentrações de CO representativas de áreas maiores, mostram pequena variação nas concentrações de CO após 1997.



**Figura 30 - CO - Evolução das concentrações médias - média de 8h (Região Central) Período de maio a setembro**



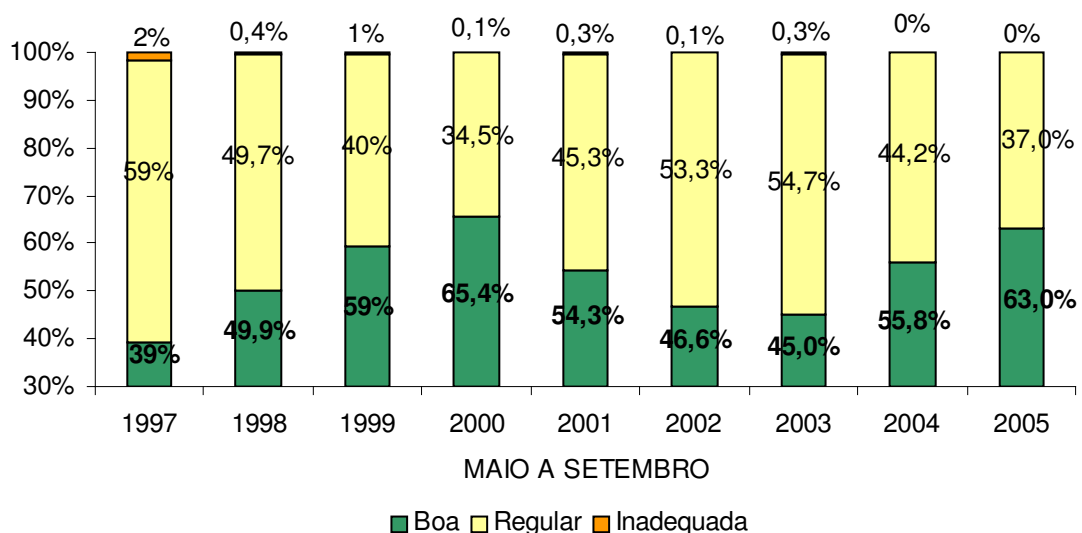
**Figura 31 - CO - Evolução das concentrações médias - média de 8h (Zona Sul e ABC) Período de maio a setembro**



**Figura 32- CO - Evolução das concentrações médias - média de 8h (Zona Oeste)  
Período de maio a setembro**

### Dióxido de Nitrogênio

A figura 33 apresenta a distribuição da qualidade do ar por NO<sub>2</sub> na RMSP de 1997 a 2005. A partir de 1998 podemos observar que mais de 99% dos valores máximos diários de 1 hora e 100% em 2005, nas estações da RMSP, ficaram abaixo do padrão de qualidade do ar.

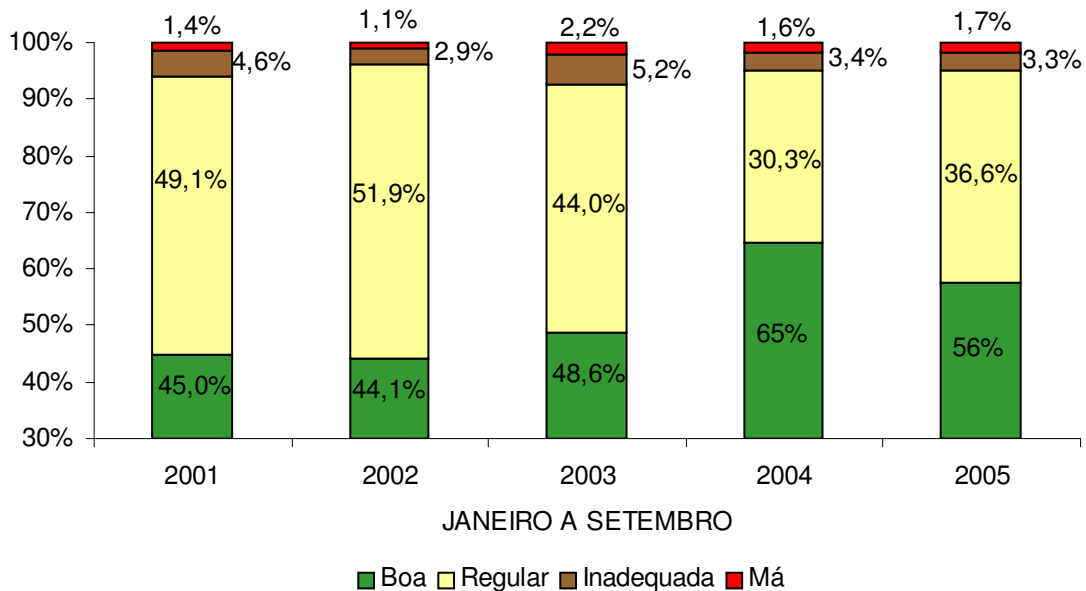


Base: Todas as estações RMSP, exceto Pinheiros

**Figura 33 - NO<sub>2</sub> – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar  
Período de maio a setembro**

**Ozônio**

A figura 34 apresenta a distribuição da qualidade do ar por O<sub>3</sub> no período de janeiro a setembro de 2001 a 2005. O ozônio é o único poluente cuja análise não foi restrita ao período de inverno, já que embora ocorra um número significativo de ultrapassagens do padrão de ozônio no período de maio a setembro, este se constitui no período menos favorável à formação desse poluente. A distribuição da qualidade do ar para esse poluente em 2005 foi próxima do que se tem observado nos últimos anos. Deve-se destacar, no entanto, que no período de maio a setembro de 2005 não foi observado nenhum dia com a qualidade do ar Má.



Base: Estações Santana, Moóca, Ibirapuera, São Caetano do Sul, Diadema, Santo André-Capuava e Mauá.

**Figura 34 - O<sub>3</sub> – Distribuição Percentual da Qualidade do Ar  
Período de janeiro a setembro**

**5. ESTADOS DECLARADOS**

Não houve nenhuma declaração do nível de atenção nos boletins divulgados diariamente pela CETESB, durante o inverno de 2005.



## 6. CONCLUSÕES

Baseado nos dados de qualidade do ar durante o inverno, representado em boa parte nas figuras deste relatório, podemos observar que:

Considerando a análise dos aspectos meteorológicos, pode-se observar que o inverno de 2005 foi o mais desfavorável dos últimos dez anos. Os meses de maio e junho apresentaram a maior ocorrência de dias desfavoráveis (vide tabelas do Anexo). Um dos indicadores foi o menor número de passagem de sistemas frontais sobre a região no período, resultando em dias seguidos com alta porcentagem de calma (baixa ventilação), ausência de precipitação e baixa umidade relativa do ar.

De maneira geral, observou-se em 2005 que as concentrações de material particulado e monóxido de carbono continuam apresentando tendência de queda, o que não ocorre com o poluente ozônio, que apresenta oscilações de difícil avaliação futura.

- partículas inaláveis – Observou-se em 2005 na RMSP uma redução das concentrações médias de inverno e do número de episódios de ultrapassagem do padrão, apesar da condição meteorológica mais desfavorável que em anos anteriores. Uma tendência de redução foi observada também nas estações no interior e Cubatão Centro. No caso de V. Parisi, o padrão foi ultrapassado em vários dias.
- fumaça – Em 2005, as concentrações médias apresentaram valores mais altos que em 2004. A análise dos dias amostrados indicam que esse aumento foi reflexo da metodologia de amostragem. O PQAR de 24 horas foi excedido em dois locais na RMSP, nas estações Pinheiros e Tatuapé.
- partículas totais em suspensão – Assim como no caso da fumaça, apresentou médias de inverno maiores que em 2004. O PQAR foi ultrapassado na RMSP nas estações Osasco e São Bernardo do Campo, sendo que nesta última foi ultrapassado também o nível de Atenção.
- dióxido de enxofre – Os valores mantiveram-se bem abaixo do PQAR, permanecendo estáveis nos últimos anos, com tendência ainda de quedas em alguns locais.
- monóxido de carbono – O PQAR de 8 horas foi ultrapassado somente 1 dia na estação Taboão da Serra. Não houve ultrapassagem do nível de atenção.
- ozônio – Embora o período de inverno seja o de menor ocorrência de episódios de ozônio do ano, é o poluente que apresentou o maior número de ultrapassagens do PQAR.
- dióxido de nitrogênio – O PQAR de curto prazo (1 hora) não foi ultrapassado em nenhuma estação no inverno de 2004, embora tenham ocorrido algumas ultrapassagens em anos anteriores.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB. **Relatório “Operação Inverno”**- Projeto. 1976.
2. CETESB. **Comportamento Sazonal da Poluição do Ar em São Paulo - Análise de 14 anos de dados da RMSP e Cubatão - 1981 a 1994.**1996.
3. ALONSO, C.D.; MARTINS, M.H.R.B.; ROMANO J.; GODINHO R.. **São Paulo Aerosol Characterization Study.** Journal of the Air & Waste Management Association. 47:1297-1300. Dezembro/97.
4. CETESB. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 2004.**
5. Lei Estadual 977 - Decreto 8468, 1976. **Coordenação da Equipe de Qualidade do Ar e Elaboração do Relatório.**
6. Resolução CONAMA nº 003/90, de 28/06/90.

## 8. EQUIPE DE TRABALHO

### **Amostragem e Análise da Qualidade do Ar**

Setor de Amostragem e Análise do Ar – ETQA

Setor de Telemetria – ETQT

### **Elaboração do Relatório**

Setor de Interpretação de Dados – ETQI

Setor de Meteorologia – ETQM



**COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

## **ANEXO**

# **DADOS METEOROLÓGICOS**

**Tabela A** Distribuição mensal do número de dias em que as condições foram favoráveis e desfavoráveis à dispersão dos poluentes na atmosfera, na Região da Grande São Paulo e Interior (2003 a 2005).

		FAVORÁVEIS			DESFAVORÁVEIS		
MÊS \ ANO	ANO	2003	2004	2005	2003	2004	2005
MAIO		24	31	18	7	0	13
JUNHO		16	22	17	14	8	13
JULHO		20	21	22	11	10	9
AGOSTO		25	22	21	6	9	10
SETEMBRO		27	24	30	3	6	0
<b>Total</b>		112	120	108	41	33	45

**Tabela B** Frequência de inversões térmicas, por faixa, nos anos de 2003 a 2005 - Aeroporto de Marte - São Paulo.

ALTURA (m)	0 - 200			201 - 400			401 - 600			> 601			TOTAL			
	ANO MÊS	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
MAIO		5	7	10	8	2	10	4	5	3	30	18	21	47	32	44
JUNHO		13	13	11	8	7	11	4	6	3	25	14	16	50	40	41
JULHO		16	9	14	9	5	5	4	3	1	28	29	22	57	46	42
AGOSTO		6	9	12	7	11	10	5	2	3	30	29	23	48	51	48
SETEMBRO		3	4	1	8	14	5	7	2	10	24	12	25	42	32	41
TOTAL		43	42	48	40	39	41	24	18	20	137	102	107	244	201	216

OBS.: Não houve sondagem nos seguintes dias:

Em 2003: 07/05 e 21/05; 29/06 e 31/06; 17/08

Em 2004: 11/06; 18/07; 15/08 e 28/08; 19/09 e 25/09

Em 2005: 25/05, 14/07 e 05/08

**Tabela C Precipitação mensal e freqüência de dias de chuva da Estação Mirante de Santana - Período de 2003 a 2005 e Normal de 1961 a 1990.**

MÊS	ANO						
	1961 A 1990	2003		2004		2005	
	mm	mm	dias	mm	dias	mm	dias
MAIO	73,6	33,1	5	60,1	13	199,0	7
JUNHO	55,7	16,0	4	66,8	8	30,4	4
JULHO	44,1	19,0	1	97,4	8	13,7	5
AGOSTO	38,9	25,3	10	2,7	1	9,5	3
SETEMBRO	80,5	33,9	6	9,3	4	138,8	13
<b>TOTAL</b>	292,8	127,3	26	236,3	34	391,4	32

FONTE: 7° DISME/INMET

**Tabela D Freqüência de sistemas frontais que passaram sobre a Região de São Paulo durante os meses de maio a setembro de 2003 a 2005.**

Mês \ Ano	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Total
2003	4	6	6	5	7	28
2004	6	6	5	6	5	28
2005	4	3	5	4	5	21

**Tabela E Velocidade média do vento e porcentagem média de calmaria da Região Metropolitana de São Paulo - 2005.**

MÊS	MAIO		JUNHO		JULHO		AGOSTO		SETEMBRO	
DIA	CALM (%)	VEL (m/s)	CALM (%)	VEL (m/s)	CALM (%)	VEL (m/s)	CALM (%)	VEL (m/s)	CALM (%)	VEL (m/s)
01	1,8	1,6	13,1	1,5	19,6	1,4	43,8	1,2	2,1	2,1
02	7,7	1,7	3,6	1,4	38,9	1,6	28,5	1,1	1,4	1,6
03	13,1	1,8	10,7	1,1	47,0	1,7	38,2	1,1	26,4	1,8
04	6,0	1,7	24,8	1,3	36,9	1,7	35,4	1,4	0,0	2,3
05	13,7	1,4	20,2	1,2	43,5	1,4	29,2	1,3	3,5	2,0
06	18,5	1,6	18,5	1,3	1,2	1,7	35,4	1,1	5,6	1,7
07	32,2	1,4	10,3	1,5	0,0	2,4	41,0	1,4	0,0	1,9
08	39,3	1,5	29,8	1,1	0,0	2,2	0,8	1,7	0,0	2,3
09	7,8	1,7	44,1	1,2	3,0	1,9	4,2	1,8	0,0	2,2
10	26,4	1,1	17,4	1,4	41,0	1,9	0,0	2,2	4,2	1,9
11	24,3	1,1	29,8	1,2	16,7	1,6	21,7	1,5	12,5	2,2
12	48,2	1,4	43,5	1,3	32,7	1,4	20,3	1,4	0,6	2,2
13	27,1	1,4	50,0	1,6	33,3	1,7	3,3	1,7	0,5	1,9
14	18,8	1,3	42,3	1,6	7,7	1,5	0,0	1,7	0,5	2,0
15	44,9	1,4	37,5	1,1	25,0	1,3	14,2	1,3	0,0	1,7
16	45,5	1,4	11,3	1,5	20,4	1,9	1,7	1,5	28,1	1,4
17	39,9	1,2	38,7	1,4	1,8	2,4	21,7	1,3	0,0	2,3
18	41,1	1,2	39,3	1,6	1,2	1,6	25,8	1,3	0,0	2,1
19	44,6	1,5	0,6	1,9	6,6	1,5	5,0	1,6	1,0	1,9
20	31,0	1,3	32,5	1,4	0,0	2,1	0,0	1,8	3,1	1,9
21	10,7	1,7	1,8	1,8	0,7	2,0	0,0	2,1	3,7	2,3
22	2,4	1,7	0,0	1,9	11,7	1,3	7,5	1,6	0,0	2,1
23	1,2	1,5	16,7	1,7	30,8	1,2	19,2	1,5	1,1	1,5
24	9,3	1,5	32,7	1,1	9,2	1,4	23,3	2,0	1,6	1,8
25	7,9	1,5	22,6	1,4	6,7	1,6	1,0	2,0	15,7	1,8
26	27,4	1,4	9,5	1,4	31,7	1,4	0,0	2,2	11,2	1,7
27	3,5	1,8	42,3	1,3	0,0	1,7	2,1	1,9	4,2	2,2
28	9,6	1,6	42,9	1,1	12,5	1,2	33,3	1,7	2,1	2,2
29	32,3	1,2	21,7	1,2	41,0	1,1	36,8	2,2	10,4	2,0
30	24,4	1,1	50,6	1,3	43,8	1,2	11,8	2,4	0,0	2,2
31	19,6	1,6			41,7	1,4	9,0	2,1		
<b>MÉDIA</b>	21,9	1,5	25,3	1,4	19,5	1,6	16,6	1,6	4,7	2,0