

DIRETORIA DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E QUALIDADE AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DO AR
DIVISÃO DE TECNOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

Operação Inverno - 2003

JANEIRO - 2004

SUMÁRIO

Fez-se um levantamento detalhado das condições físicas e características da estação Lapa, da rede automática de monitoramento da qualidade do ar. Este relatório é parte de um estudo para classificação das estações em termos de área de abrangência, tipos principais de fontes e população exposta. Um dos objetivos principais desse estudo é garantir uma rede otimizada e que avalie de maneira abrangente os diversos aspectos da poluição do ar na região.

As informações levantadas foram divididas em vários itens: a) características locais da estação, onde informa-se a localização geográfica, monitores, condições do entorno da estação etc.; b) avaliação da qualidade do ar, onde apresenta-se uma evolução da qualidade do ar ao longo dos anos; c) microinventário de fontes, onde registrou-se as principais fontes de emissão que afetam as concentrações medidas na estação em um raio de 2km; d) influência das condições meteorológicas, onde apresenta-se uma comparação entre as concentrações de poluentes e as variáveis meteorológicas, tanto em termos médios quanto episódicos.

A metodologia aplicada à estação Lapa identificou que as altas concentrações observadas são diretamente influenciadas pelo tráfego de veículos da Marginal Tietê e agravadas por condições de estagnação atmosférica. Em termos de população, por ser uma estação veicular, verificou-se que a população mais exposta é aquela que transita pela região muito próxima à estação. Os poluentes monitorados MP, CO e NO_x são adequados ao monitoramento da avaliação do impacto do tráfego da Marginal Tietê bem como os parâmetros meteorológicos.

1. Introdução

A CETESB mantém, desde a década de 70, redes de monitoramento da qualidade do ar que têm permitido a avaliação das concentrações dos principais poluentes do ar ambiente em diversos municípios no Estado de São Paulo. Basicamente, o monitoramento no Estado de São Paulo (RMSP) é realizado por uma rede automática, duas redes manuais e uma rede de monitores passivos.

A primeira rede manual (rede OPS/OMS) instalada mede os teores de dióxido de enxofre (SO₂) e fumaça (FMC) na RMSP (desde 1973) e interior (desde 1986). Os níveis de fumaça continuam sendo medidos pelo mesmo método até os dias de hoje, enquanto os monitores de SO₂ foram, no interior do Estado, substituídos por monitores passivos. Uma segunda rede mede partículas totais em suspensão (PTS) desde 1983 na RMSP e Cubatão.

A rede automática é composta por analisadores automáticos, instalados em estações remotas e interligados a uma central de recepção e processamento de dados, operando desde 1981 na RMSP e Cubatão. Atualmente, possui 29 estações fixas de amostragem e duas estações móveis. Pode-se destacar a renovação dessa rede automática ocorrida em 1996 e a instalação de estações no interior do Estado a partir de 2000.

A rede de estações automáticas da RMSP, projetada no final da década de 70 e implantada no início dos anos 80, atende à maior parte dos objetivos típicos de uma rede local automática de avaliação da qualidade do ar para efeito de gestão da poluição do ar como um todo, dentre os quais podemos citar:

- criar uma base científica para o desenvolvimento e priorização de ações de controle;
- avaliar se os níveis de poluição estão atendendo aos padrões legais;
- avaliar a eficácia de ações de controle;
- avaliar as tendências da qualidade do ar, permitindo inclusive identificar futuros problemas de poluição do ar;
- avaliar os níveis de poluição aos quais a população está exposta e fornecer subsídios para a avaliação dos efeitos da poluição sobre a saúde;
- informar a população dos níveis de poluição do ar;
- fornecer informações para o gerenciamento da qualidade do ar, em termos de planejamento de tráfego e uso do solo;
- identificar as principais fontes poluidoras;
- avaliar o impacto de determinadas fontes;
- identificar a influência sobre os ecossistemas em geral;
- criar subsídios para o desenvolvimento e validação de ferramentas de gestão atmosférica (modelos de qualidade do ar, sistemas de informações geográficas etc.).

Do ponto de vista dos níveis de concentração dos poluentes e para que a rede de monitoramento atenda aos objetivos em termos de gestão da poluição atmosférica, citados anteriormente, é importante que a rede de monitoramento forneça:

- os mais altos níveis de concentração de poluentes esperados para a área de abrangência da rede;
- as concentrações representativas das áreas de maior densidade populacional;

- o impacto da poluição no meio ambiente devido a determinadas fontes ou grupos de fontes;
- os níveis médios de concentração de poluentes na atmosfera para a região.

Esses níveis de concentração podem ser considerados então como necessidades de monitoramento contínuo. Uma rede de monitoramento é formada por diversas estações, e cada uma delas atende a um determinado objetivo prioritário de monitoramento. Embora uma estação possa atender a mais de um objetivo simultaneamente, isso nem sempre é possível. Assim, uma rede de monitoramento da qualidade do ar bem dimensionada consiste de um grupo de estações onde diferentes estações respondem a diferentes necessidades de avaliação.

O objetivo deste trabalho é basicamente o de classificar cada uma das estações das redes de monitoramento da CETESB, especialmente as da rede automática, garantindo assim o atendimento aos objetivos da rede de monitoramento da qualidade do ar. Este trabalho pretende também identificar as principais informações necessárias à adequada classificação das estações, e assim servir de base para criação de um mecanismo de atualização constante das informações. É importante mencionar ainda que, na análise da estação automática, serão analisados também os monitores que compõem as redes manuais que estejam localizados no mesmo local.

A visão geral da rede de monitoramento servirá como instrumento também para:

- planejamento e otimização da rede em termos do número de estações e monitores utilizados. Em outras palavras, espera-se dispor de informações que permitam identificar quantas e quais estações devem monitorar determinado poluente, ou seja, orientar uma distribuição otimizada dos equipamentos existentes e a aquisição de novos equipamentos;
- auxílio no controle de qualidade e validação dos dados de qualidade do ar. O conhecimento prévio das condições das estações irá facilitar a identificação de erros e inconsistências nos dados gerados;
- melhoria na divulgação. A identificação das áreas de abrangência das estações permitirá a divulgação mais precisa das condições da qualidade do ar, tanto para a população em geral, quanto como suporte aos trabalhos a serem desenvolvidos e que utilizam os dados da rede;
- avaliação do grau de transformação e de uso do solo.

Embora o trabalho seja de avaliação da rede de monitoramento da RMSP como um todo, este relatório apresenta, além de uma parte teórica, os aspectos relacionados somente à estação **Lapa**, que estão apresentados a partir do item 4. Posteriormente, as informações aqui apresentadas serão incorporadas a um documento final contendo a análise de todas as estações e da rede como um todo.

2. Classificação de Estações de Monitoramento – Aspectos Teóricos

Considera-se como classificação de uma dada estação de monitoramento o conjunto de informações que permite caracterizar a qualidade do ar que a estação está medindo, principalmente em termos:

- das fontes que a estão influenciando;
- da população que está exposta àquelas concentrações;
- da área de abrangência da estação.

Existem várias classificações utilizadas em diversas redes de monitoramento no mundo inteiro, mas todas elas fornecem informações similares. Utilizaremos neste trabalho uma classificação adaptada principalmente das classificações da USEPA⁽¹⁾ (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) e OMS⁽²⁾ (Organização Mundial da Saúde).

A classificação baseada em termos do uso do solo e população exposta está apresentada na tabela 1.

Tabela 1 – Classificação das estações em termos de uso do solo e população exposta

Característica da Estação	Descrição
Comercial	Mede a exposição da população em áreas urbanas centrais, áreas de comércio, com grande movimentação de pedestres e veículos;
Residencial	Mede a exposição da população em bairros residenciais e áreas suburbanas das cidades;
Industrial	Em áreas onde as fontes industriais têm grande influência nas concentrações observadas, tanto em longo prazo quanto para avaliação de picos de concentração;
Urbana/concentração de fundo (background)	Em áreas urbanas, localizada não próximo de fontes específicas, representa as concentrações de fundo da área urbana como um todo;
Próxima de vias de tráfego (veicular)	Localizada próxima de uma via de tráfego, mede a influência da emissão dos veículos que circulam na via (rua, estrada etc.);
Rural	Mede as concentrações em áreas rurais, deve estar situada o mais distante possível de fontes veiculares, industriais e urbanas.
Ambiente fechado ("indoor")	Mede as concentrações em ambientes domésticos e de trabalho (exceto ambientes ocupacionais).

É importante esclarecer que no caso da rede de monitoramento automático da CETESB, não há estações com objetivo de avaliar concentrações em áreas rurais e nem em ambientes fechados.

A área de abrangência da estação, ou escala espacial de representatividade da estação, caracteriza o entorno da estação onde os valores medidos podem ser considerados similares. A necessidade, em termos de escala de representatividade de uma estação, é baseada nos objetivos de monitoramento

da rede e de cada estação individualmente. As escalas de maior interesse para atendimento dos objetivos típicos de uma rede de monitoramento estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Classificação das estações em termos de representatividade das estações

Escala de Representatividade	Área de Abrangência
Microescala	Concentrações abrangendo áreas de dimensão de poucos metros até 100 metros;
Média escala	Concentrações para blocos de áreas urbanas (poucos quarteirões com características semelhantes), com dimensões entre 100 e 500 metros;
Escala de bairro	Concentrações para áreas da cidade (bairros), com atividade uniforme, com dimensões de 500 a 4.000 metros;
Escala urbana	Concentrações de cidades ou regiões metropolitanas, da ordem de 4 a 50 km;
Escala regional	Concentrações geralmente de uma área rural, de geografia razoavelmente uniforme e de dimensões de dezenas a centenas de quilômetros;
Escalas nacional e global	Concentrações de um país e do planeta como um todo, respectivamente.

Obviamente, as classificações apresentadas nas tabelas 1 e 2 são genéricas e consideram uma rede completa de monitoramento. Todavia, cada poluente medido apresenta características próprias em termos de distribuição espacial, fontes que o originam e padrões legais.

Tais características determinam as necessidades individuais em termos dos locais e escalas de representatividade mais adequados ao monitoramento. Assim, nem sempre um mesmo local é adequado para medir todos os tipos de poluentes. Por exemplo: estações próximas de vias de tráfego são importantes para monitoramento de poluentes emitidos pelos veículos, mas não são adequadas ao monitoramento do ozônio, uma vez que o ozônio é consumido quimicamente pelo NO emitido pelos veículos. De maneira geral, uma vez que poluentes secundários, como o O₃ e parte do NO₂, são formados na atmosfera, pode-se considerar que a variabilidade espacial desses poluentes tende a ser mais homogênea que a dos poluentes primários, como o CO e o SO₂.

3. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido procurando abordar e levantar o maior número possível de informações que permitam classificar as estações, bem como

fornecer um histórico da qualidade do ar no período monitorado. Apresentam-se, a seguir, as informações e análises realizadas no trabalho.

3.1. Características da Estação

Estão apresentadas informações como endereço, coordenadas geográficas, altitude, parâmetros medidos, altura de captação da amostra, etc. Também é apresentada uma descrição das principais características locais da estação, ou seja, fontes de emissão, anteparos e outras informações relevantes com relação ao entorno da estação e que possam estar interferindo nos dados medidos. Para esse levantamento, foram feitas vistorias em um raio de cerca de 200 metros no entorno de cada estação. Foram feitos também registros fotográficos de cada estação e das condições locais de significativa importância.

Ainda nesse item, apresentam-se os registros de ocorrências relevantes ao monitoramento, tais como instalação e retirada de monitores e sensores meteorológicos, métodos de medição, alterações nas emissões próximas, como por exemplo, obras de infra-estrutura, pavimentação de ruas, etc.

3.2. Avaliação da Qualidade do Ar

A rede automática de avaliação da qualidade do ar da CETESB traz em seus registros as mudanças significativas que ocorreram ao longo dos anos nas regiões monitoradas. Na RMSP, tais mudanças incluem, principalmente, os efeitos do crescimento em grande parte desordenado da área urbana que trouxe variações nas emissões atmosféricas, devidas principalmente ao aumento do tráfego de veículos e à redução do número de indústrias nas áreas mais próximas das regiões centrais. Em Cubatão, as principais mudanças ocorreram nas emissões industriais, que foram reduzidas nesse período principalmente como consequência das medidas de controle.

Além de classificar as estações com base nas condições atuais, optou-se neste trabalho por também fazer um levantamento da evolução da qualidade do ar ao longo dos anos nas estações de monitoramento, possibilitando assim um estudo de tendência e estimativa, mesmo que qualitativa, do impacto na qualidade do ar das mudanças ocorridas nas fontes emissoras durante o período.

Os dados utilizados para avaliação da qualidade do ar são todos os poluentes medidos pela rede automática e manuais da CETESB, que são: MP_{10} , SO_2 , NO_x (NO_2 e NO), O_3 , CO , HC (H_{CNM} e CH_4), PTS , FMC , $MP_{2,5}$ e outros que eventualmente tenham sido monitorados. Obviamente, não há dados de todos os parâmetros em todas as estações, bem como há parâmetros que não foram medidos em todo o período.

As análises realizadas para cada poluente não são necessariamente as mesmas devido às diferentes características dos poluentes em termos de tempo de exposição referenciado nos padrões legais e valores de referência. Porém, as análises da qualidade do ar basicamente consideraram:

- tendências de longo prazo, como por exemplo médias anuais;
- tendências em períodos de curto prazo, como médias de 24 horas ou 1 hora;
- análises por meses do ano, para identificação das variações sazonais;

- análises por hora do dia, para verificação do comportamento ao longo do dia;
- análises do comportamento médio dos episódios de ultrapassagens do PQA.

3.3. Microinventário de Fontes

Para avaliar o impacto das fontes sobre a estação, foram definidas duas regiões delimitadas por dois círculos concêntricos, de 400 e 2000m de raio. No raio de 400 metros, por estar muito próximo da estação, procurou-se identificar todas as fontes que possam estar influenciando nas medições na estação. Entre 400 e 2000m, foram levantadas as principais fontes. As fontes de emissão foram então localizadas em termos de quadrantes (NW, NE, SE e SW) e setores (1 a 8), cada quadrante com dois setores, um no raio menor e outro no maior, conforme ilustrado na figura 1.

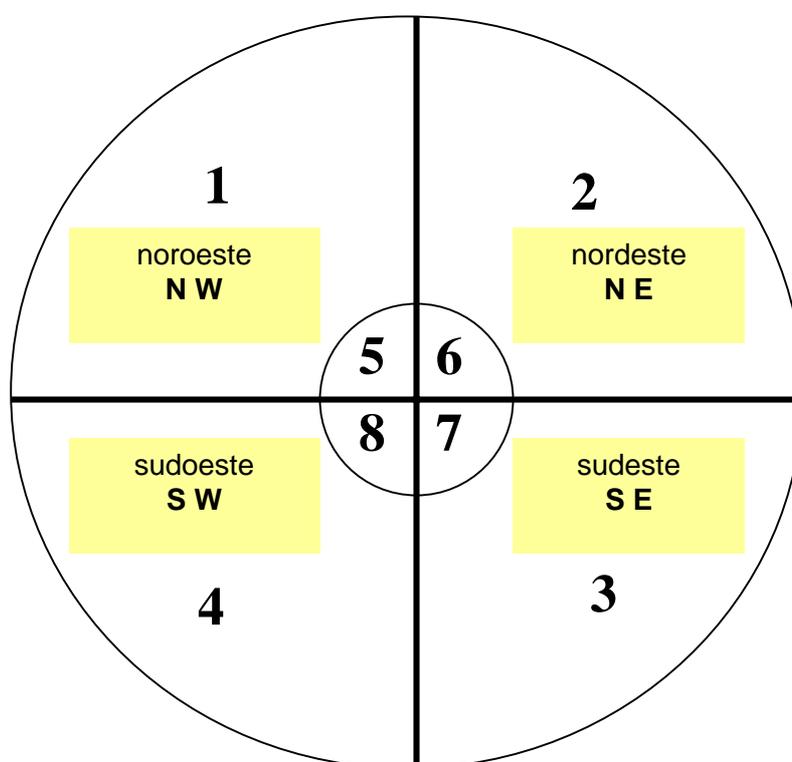


Figura 1 - Quadrantes considerados para localização das fontes e direção do vento

No caso das fontes industriais, foram utilizados os dados e estimativas de emissão mais atuais disponíveis, fornecidos pelas agências ambientais da CETESB. No caso de fontes móveis, as estimativas foram realizadas considerando-se as vias de tráfego como fontes linha. As estimativas de tráfego foram obtidas a partir de contagens de veículos nas principais vias, realizadas pela própria equipe durante o trabalho ou fornecidas pelos órgãos de trânsito, e de fatores de emissão médios para os principais poluentes, estimados pela CETESB.

A avaliação do impacto das fontes na estação de monitoramento, tanto fixas como veiculares, em termos de sua posição geográfica, foi feita dividindo-se a área de abrangência em oito setores, conforme apresentado na figura 1. Basicamente,

foram somadas as emissões das fontes fixas e das fontes veiculares para cada um dos setores.

Para auxiliar na caracterização das fontes e comparação com os dados de particulado inalável do microinventário, apresentam-se ainda os estudos realizados pela CETESB utilizando a técnica de modelo receptor. Embora não haja estudo com modelo receptor para todas as regiões monitoradas e tais estudos tenham sido realizados em períodos distintos, os resultados apresentados ajudam a identificar as fontes de emissão que mais contribuem para a degradação da qualidade do ar por partículas inaláveis.

3.4. Influência das Condições Meteorológicas

Para avaliação das condições meteorológicas, foram consideradas as variáveis disponíveis na estação (ou estação mais representativa), tais como direção e velocidade do vento, umidade, temperatura e radiação. Os dados de umidade, temperatura e radiação foram utilizados principalmente para avaliação da influência das condições meteorológicas na formação dos poluentes secundários. No caso da dispersão atmosférica, ou seja, de transporte dos poluentes, foram considerados os dados horários de direção e velocidade do vento, subdivididos nos quadrantes preferenciais (conforme apresentados na figura 1) e calmaria.

Foram comparadas então as direções dos ventos em cada quadrante com os dados de qualidade do ar observados no mesmo horário na estação, construindo-se gráficos que indicam a frequência e velocidade com que o vento soprou de cada direção e a respectiva concentração média associada, incluindo as diferenças obtidas entre os períodos diurno e noturno.

Por fim, foram comparados os resultados de qualidade ambiental e meteorologia com os dados de emissão inventariados de cada quadrante ou setor, procurando estabelecer uma relação de causa-efeito, ou seja, quais são efetivamente as fontes que mais contribuem para os valores de concentração observados na estação de monitoramento.

Para complementar as informações relativas às concentrações médias observadas para cada quadrante, fez-se ainda a análise das condições meteorológicas observadas em dois casos de ultrapassagem do limite legal de qualidade do ar.

A análise das principais fontes que exercem influência na estação permitiram então a classificação de cada estação em termos de área de abrangência (escala de representatividade), tipos principais de fontes e população exposta às concentrações medidas na estação ou níveis equivalentes.

4. Caracterização das Estações da Rede Automática

A rede automática da CETESB é composta por 29 estações fixas de amostragem e 2 estações móveis. Vinte e três locais de amostragem estão situados na RMSP, conforme ilustrado na figura 2. Há ainda duas estações em Cubatão e uma estação em cada um dos municípios de Paulínia, Campinas, Sorocaba e São José dos Campos. 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 atual rede mede os seguintes parâmetros: partículas inaláveis (MP_{10}), dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO e NO_2), ozônio (O_3), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos totais menos metano e metano ($HCNM$ e CH_4), direção e velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura do ar, pressão atmosférica e radiação solar (global e ultravioleta), conforme distribuição mostrada na tabela 3. Vale salientar que nas estações em que são medidos ventos, são calculados desvios padrões das direções dos ventos e classes de estabilidade atmosférica.

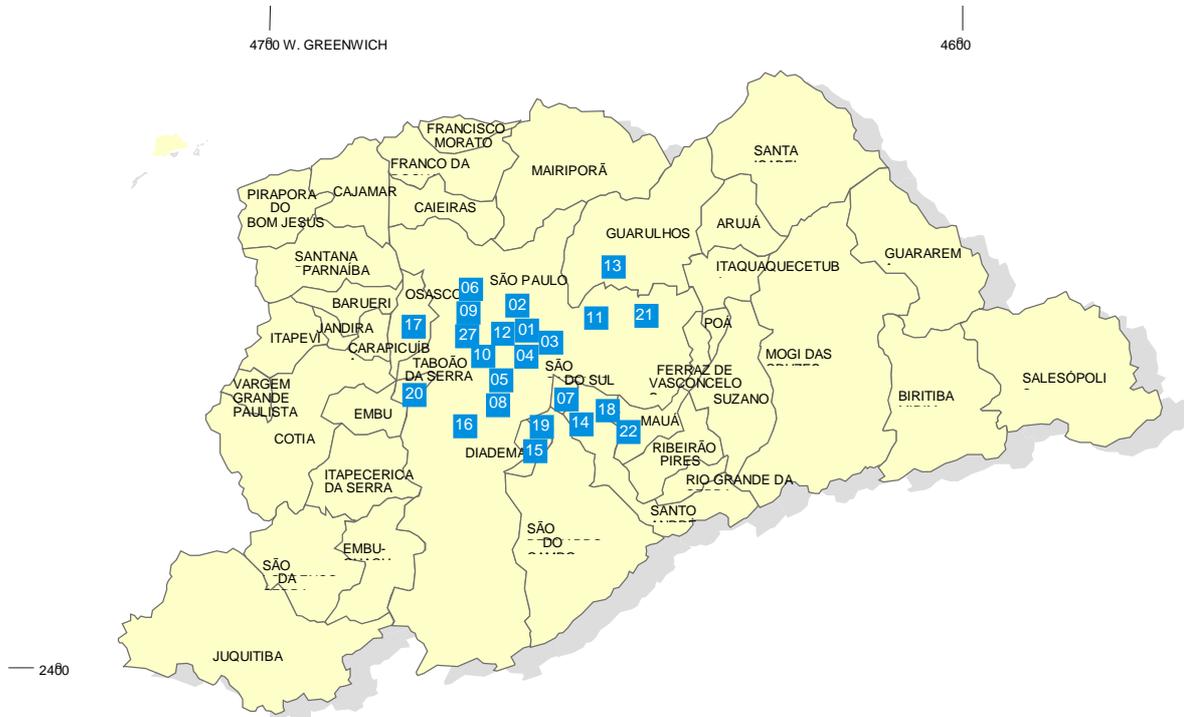


Figura 2 – Localização das estações da rede automática na RMSP

Tabela 3 – Configuração da rede automática – RMSP

ESTAÇÃO Nº	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS																	
		MP ₁₀	MP _{2,5}	FMC	PTS	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	CH ₄	HCNM	O ₃	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
01	Parque D. Pedro II	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	X	X	X
06	Nossa Senhora do Ó	X																	
07	São Caetano do Sul	X	X		X	X	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						X	X		
10	Cerqueira César	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
11	Penha	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	X		
17	Osasco	X			X	X				X			X			X	X		
18	Santo André - Capuava	X			X								X			X	X		
19	São Bernardo do Campo	X			X											X	X		
20	Taboão da Serra	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						

MP ₁₀	Partículas inaláveis	NO ₂	Dióxido de nitrogênio	VV	Velocidade do Vento
MP _{2,5}	Partículas inaláveis finas	NO _x	Óxido de nitrogênio	DV	Direção do Vento
FMC	Fumaça	CO	Monóxido de carbono	UR	Umidade Relativa do Ar
PTS	Partículas Totais em Suspensão	CH ₄	Metano	P	Pressão Atmosférica
SO ₂	Dióxido de enxofre	HCNM	Hidrocarbonetos totais menos Metano	TEMP	Temperatura
NO	Monóxido de nitrogênio	O ₃	Ozônio	RAD	Radiação Total e Ultra-violeta

4.1. Estação Lapa

Apresentam-se a seguir os diversos aspectos relacionados à estação Lapa em termos de monitores, localização, qualidade do ar medida, principais fontes de poluentes, aspectos meteorológicos, etc., procurando então classificar a estação com base nos critérios já descritos no item 2.

4.1.1. Características da Estação

Dados da estação

Endereço: Av. Emb. Macedo Soares, 7995 - Lapa
Subprefeitura da Lapa

Coordenadas: Lat. 23° 30' 40" S UTM (23K) 326 299
Long. 46° 41' 40" W UTM (23K) 7 399 107

Altitude: 720m

Altura de captação da amostra: 3,5m

Altura do anemômetro: 10m

Tabela 4: Parâmetros monitorados

Parâmetros	Método	Equipamento	Início	Término
MP ₁₀	Radiação Beta	PW9790-Philips	10/06/87	05/02/98
MP ₁₀	Radiação Beta	FH62 I-N-Graseby-Andersen	21/09/99	
SO ₂	Coulometria	PW9755-Philips	01/01/86	29/09/95
SO ₂	Fluorescência de Pulso (ultravioleta)	Modelo 43 – Thermo E.I.I.	16/08/96	28/04/97
CO	Infravermelho não Dispersivo	Modelo 48 – Thermo E.I.I.	09/08/96	
NO _x	Quimiluminescência	Modelo 42 – Thermo E.I.I.	14/08/96	
O ₃	Ultravioleta	Modelo 49 – Thermo E.I.I.	10/08/96	22/09/00
VV e DV	Tacômetro/ Goniômetro	Thies	01/01/88	29/09/95
VV e DV	Tacômetro/ Goniômetro	Lastem	01/05/96	25/11/01

Condições Locais

Quanto ao uso do solo, pode-se dizer que a estação Lapa está em região que abriga atividades comerciais e industriais, além de residências. Está localizada dentro da Unidade de Limpeza Pública (U.L.P.), administrada pela Subprefeitura da Lapa.

A figura 5 apresenta uma fotografia aérea do entorno da estação quando ao seu redor haviam canteiros onde se cultivavam plantas ornamentais. A partir de março de 2002, foi iniciada a construção de Abrigos Provisórios Modulares (60 unidades) pela Secretaria de Implementação das Subprefeituras (SIS), para abrigar famílias em situações emergenciais.

Essas moradias mudaram significativamente o entorno da estação, principalmente nas faces leste e sul, e distam aproximadamente 12 metros da sonda de amostragem da estação, conforme pode ser observado na Figura 6.

No dia 23/04/2003, esses abrigos foram destruídos por um incêndio, causando inclusive danos para a estrutura da estação. Posteriormente, os abrigos foram reconstruídos pela Subprefeitura da Lapa, antes que a estação voltasse a operar normalmente.

A Av. Embaixador Macedo Soares (Marginal Tietê via local, sentido Lapa-Penha) está a aproximadamente 8 metros da estação, enquanto a Av. Otaviano Alves de Lima (Marginal Tietê via local, sentido Penha-Lapa) está a cerca de 250 metros de distância. Ambas as avenidas locais e expressas da Marginal Tietê apresentam tráfego intenso tanto de veículos leves como pesados, cujas estimativas de emissão encontram-se no item 4.1.3 (tabela 8).

Embora com tráfego menos intenso que a Marginal Tietê, tanto de veículos leves quanto pesados, a Av. Ermano Marchetti também foi considerada, e dista cerca de 500 metros da estação. As estimativas de emissão desta via se encontram na



Figura 4 – Vista da estação Lapa



Figura 5 – Vista aérea da estação Lapa (anterior a março de 2002)



Figura 6 – Vista aérea da estação Lapa (posterior a março de 2002)



Figura 7 – Vistas do entorno da Estação Lapa.

4.1.2. Tendências da Qualidade do Ar

Visando avaliar o perfil das concentrações dos diversos poluentes monitorados na estação Lapa ao longo dos anos, elaboraram-se análises com os dados obtidos na estação, nos períodos monitorados e disponíveis.

Monóxido de Carbono - CO

A figura 8 apresenta a evolução das concentrações médias das máximas diárias de 8 horas de monóxido de carbono na estação Lapa, no período de 1997 a 2002. Observa-se que houve um decréscimo nas concentrações de 1997 a 1999 e a partir daí as médias ficam estabilizadas pouco abaixo de 3ppm, sem indicar tendência significativa de redução ou elevação das concentrações nos últimos quatro anos. É importante destacar que não existe limite legal de concentração de CO para períodos anuais e o gráfico elaborado serve apenas para análise de tendência.

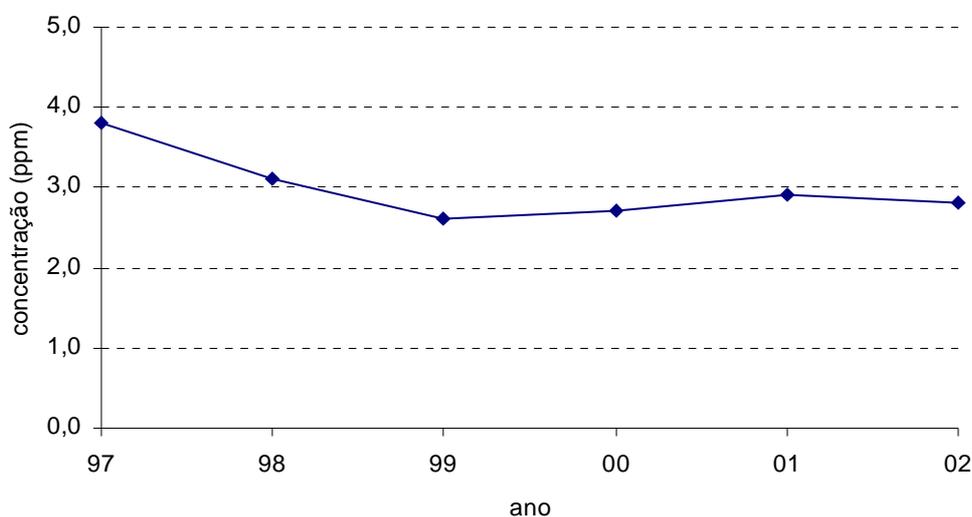


Figura 8 – CO – Médias das máximas (médias de 8 horas)

A figura 9 apresenta o número de dias de ultrapassagem dos níveis do PQAr (9ppm) e Atenção (15ppm), médias de 8 horas. Nota-se que desde 1997, quando ocorreram duas ultrapassagens, a estação Lapa não tem apresentado ultrapassagem do padrão de 8 horas.

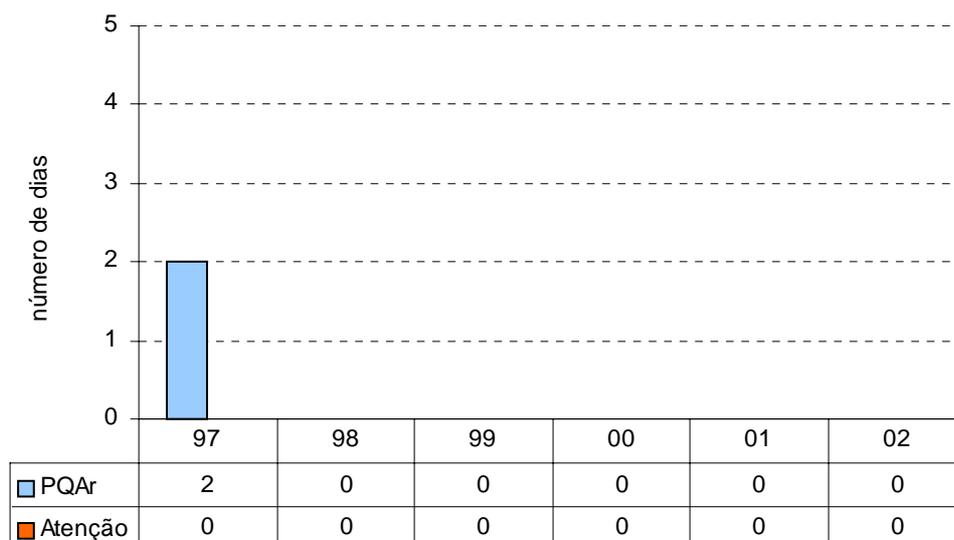


Figura 9 – CO – Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção de 1997 a 2002

Monóxido de Nitrogênio - NO

Não há padrão legal para NO. A figura 10 apresenta as concentrações médias anuais de monóxido de nitrogênio na estação Lapa, de 1997 a 2002, considerando-se o período das 7 às 11 horas, horário em que se observam as maiores concentrações. Os valores médios apresentam uma queda significativa de 1997 a 1999. Em 2000, por problemas no equipamento, não há representatividade nos dados para cálculo da média anual. Já a partir de 2001, os valores voltam a subir atingindo níveis em torno de $220\mu\text{g}/\text{m}^3$, em 2001, permanecendo neste patamar também em 2002.

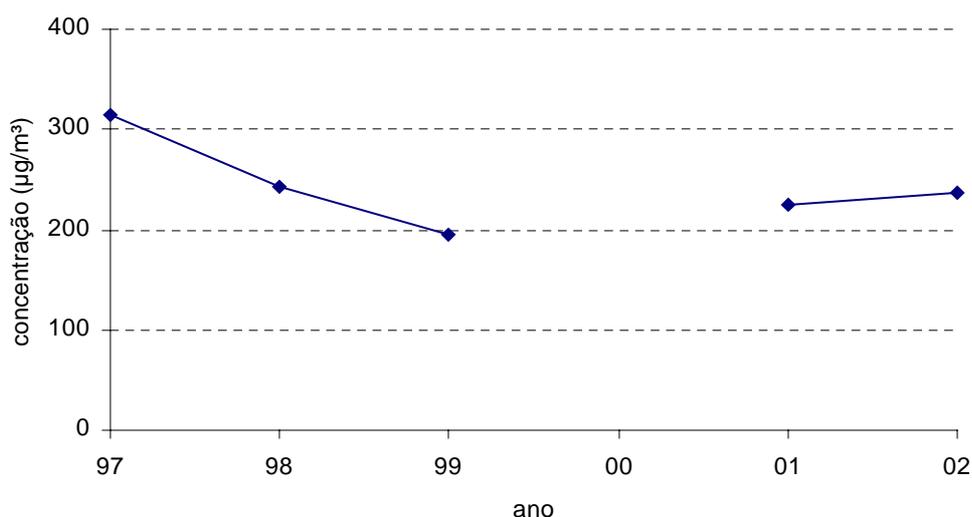


Figura 10 – NO – Médias diárias das 07 às 11 horas

Dióxido de Nitrogênio - NO₂

No período de 1997 a 2000, por problemas no equipamento, não há representatividade nos dados para cálculo da média anual de NO₂, mas nos últimos dois anos podemos observar que as concentrações encontram-se abaixo de 100 µg/m³, PQAr anual para este poluente.

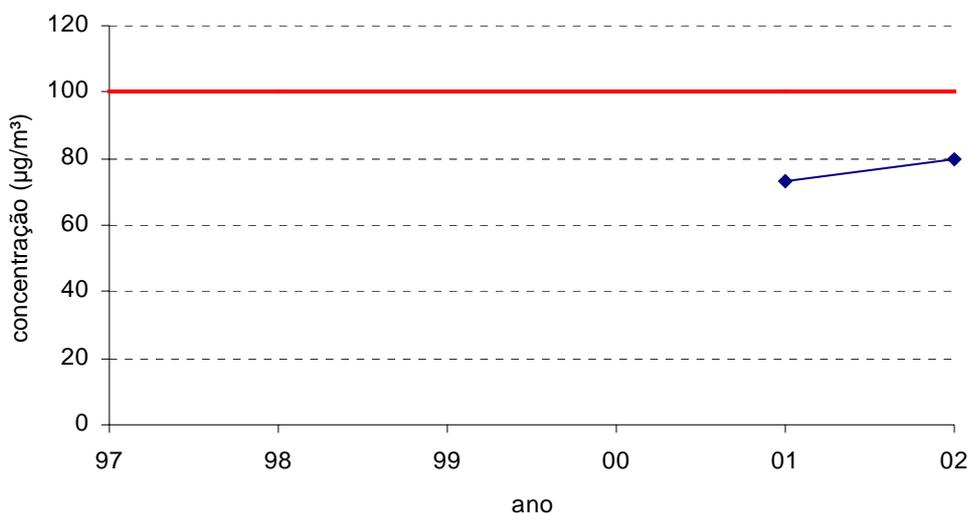


Figura 11 – NO₂ – Médias aritméticas anuais

A figura 12 apresenta o número de dias de ultrapassagem do PQAr (320µg/m³) e Atenção (1130µg/m³) de 1 hora para NO₂. Observa-se que no período de 1997 a 2002 houve apenas uma ultrapassagem, ocorrida no ano de 2001.

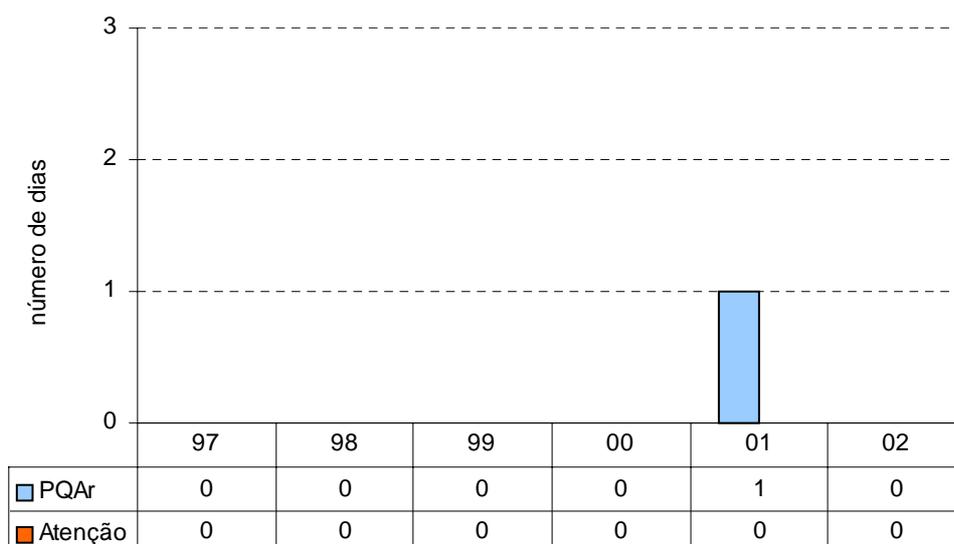


Figura 12 – NO₂ – Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção de 1997 a 2002

Ozônio – O₃

A figura 13 ilustra o número de dias de ultrapassagens do PQAr (160µg/m³) e nível de Atenção (200µg/m³) de O₃ na estação Lapa, no período de 1997 a setembro de 2000.

Observa-se que, por se tratar de uma estação de via próxima a fontes de NO que reagem com ozônio, apresenta poucos dias de ultrapassagem do PQAr/Atenção quando comparada a outras estações, como a estação Ibirapuera, que apresenta cerca de 50 dias por ano de ultrapassagens do padrão.

Por esta razão, optou-se pela transferência do analisador para outra estação em melhores condições de medição do O₃.

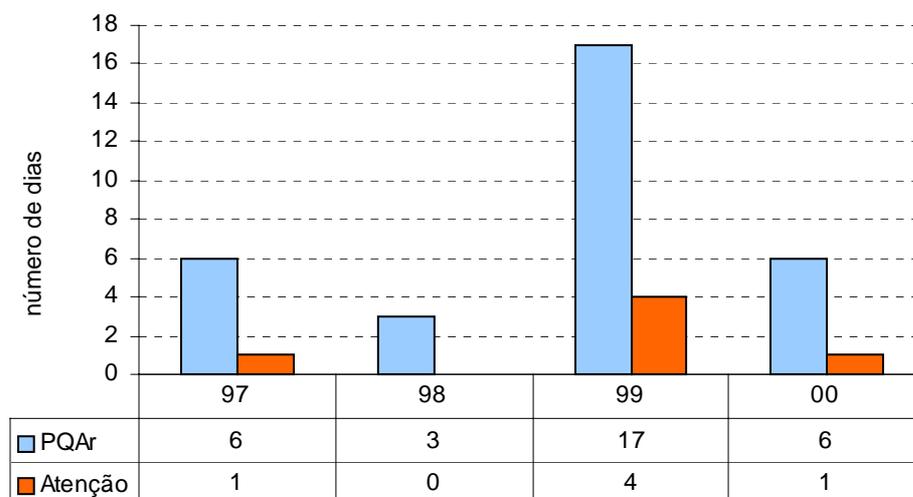


Figura 13 – O₃ – Número de dias de ultrapassagem do PQAr e nível de Atenção de 1997 a 2000

Em termos de distribuição por meses do ano, observa-se na figura 14 que, apesar de muito poucas violações do padrão, a maior frequência de dias de ultrapassagens do PQAr ocorre nos meses de primavera e verão.

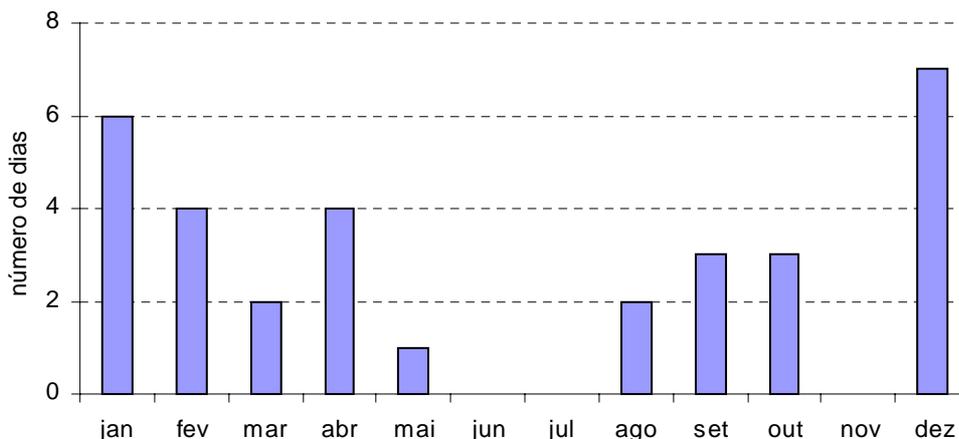


Figura 14 – O₃ – Distribuição mensal do número de dias de ultrapassagem do PQAr no período de 1997 a 2000

Dióxido de Enxofre - SO₂

Desde 1997, não há mais monitoramento de SO₂ na estação Lapa, sendo que até essa data não havia qualquer registro de ultrapassagem do PQAr anual (80µg/m³). Salienta-se, no entanto, que de 1995 a 1997 o monitoramento foi insuficiente para dar representatividade aos resultados, porém os dados disponíveis correspondem a baixos resultados.

Partículas Inaláveis (MP₁₀)

A figura 15 apresenta a evolução das médias aritméticas anuais de MP₁₀ nos últimos 10 anos na estação Lapa. Nesta figura, percebe-se que as concentrações médias anuais no início da década de 90 se encontravam próximas a 60µg/m³, em ascensão, acima do padrão de qualidade do ar (PQAr) anual (50µg/m³). Após um período sem monitoramento, reiniciado em 2000, as concentrações obtidas apresentaram-se em torno de 55µg/m³, ou seja, um pouco acima do PQAr.

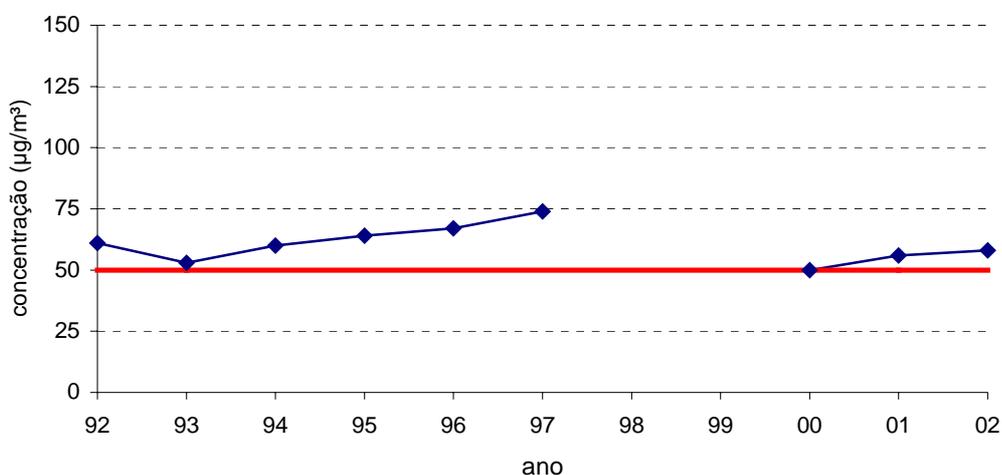


Figura 15 – MP₁₀ – Médias aritméticas anuais

Os resultados observados com relação ao padrão legal de curto prazo de MP₁₀ (150µg/m³ - média de 24 horas), conforme apresentado na figura 16, indicam alguma redução, apesar de haver períodos grandes sem monitoramento nos anos de 1998 e 1999. Em 1997, observou-se 13 dias de ultrapassagens do PQAr, enquanto que nos anos mais recentes, a maior frequência foi de três dias em 2001.

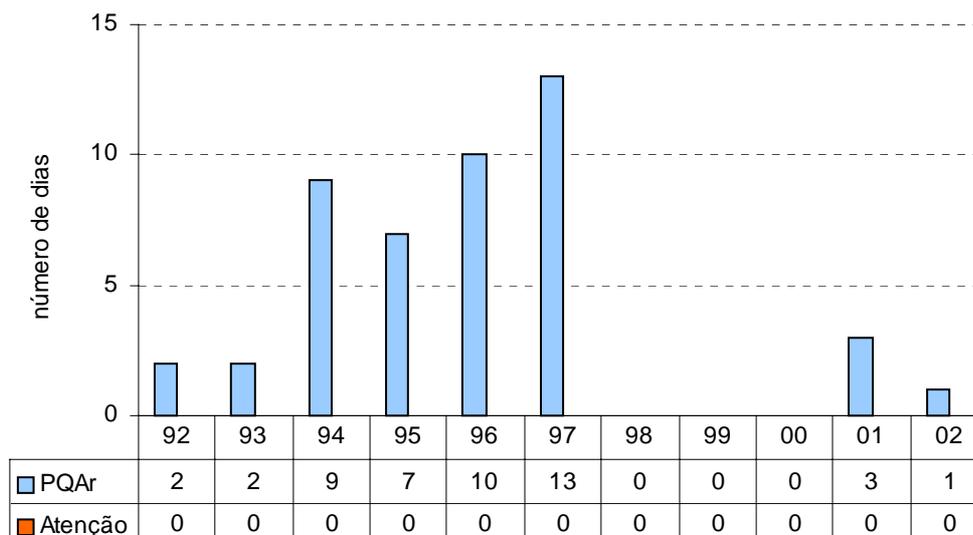


Figura 16 – MP₁₀ – Dias de ultrapassagem do PQA e nível de Atenção

Em termos sazonais, sabe-se que no Estado de São Paulo os níveis mais elevados de concentração dos poluentes primários, ou seja, aqueles emitidos diretamente pelas fontes emissoras, são observados no período de inverno. Isso ocorre pela presença de condições meteorológicas mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes na atmosfera.

Com base nesse fenômeno, fez-se uma análise identificando os meses de ocorrência dos episódios de ultrapassagem do PQA e do nível de Atenção por MP₁₀ no período de 1997 a 2002, apresentada na figura 17. Pode-se observar que nesse período não houve ultrapassagens do PQA nos meses de verão, concentrando-se todos os episódios no período de junho a outubro. A maior frequência de ultrapassagens foi observada no mês de julho (8 episódios). Acrescenta-se que há poucos dados para os anos de 1998 e 1999, e a maioria dos episódios ocorreu em 1997.

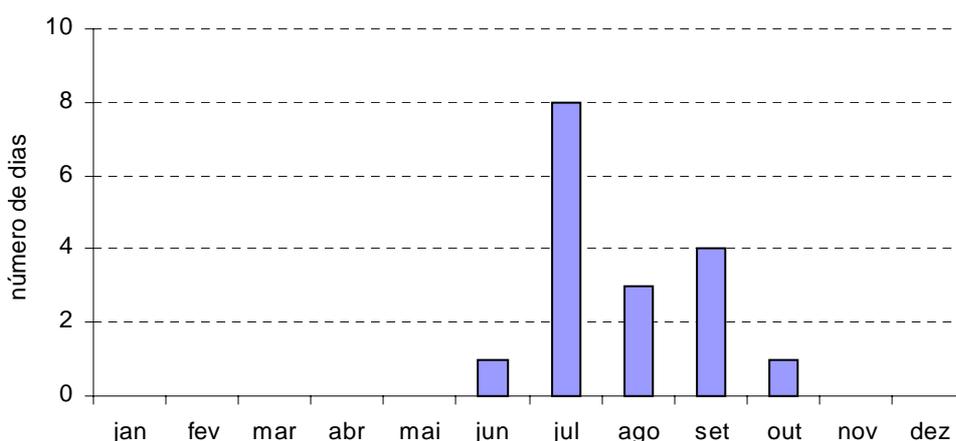


Figura 17– MP₁₀ – Distribuição mensal do número de dias de ultrapassagem do PQA no período de 1997 a 2002

Considerando-se que no período analisado há poucas ultrapassagens do PQAr diário e para evitar que a análise do comportamento sazonal seja influenciada por períodos curtos altamente desfavoráveis à dispersão dos poluentes, fez-se também uma análise das médias mensais nesses mesmos seis anos, apresentada na figura 18. Nessa figura, observa-se claramente que as concentrações de MP_{10} apresentam uma elevação durante os meses de inverno, apresentando sua concentração média máxima no mês de julho, seguida de junho e agosto.

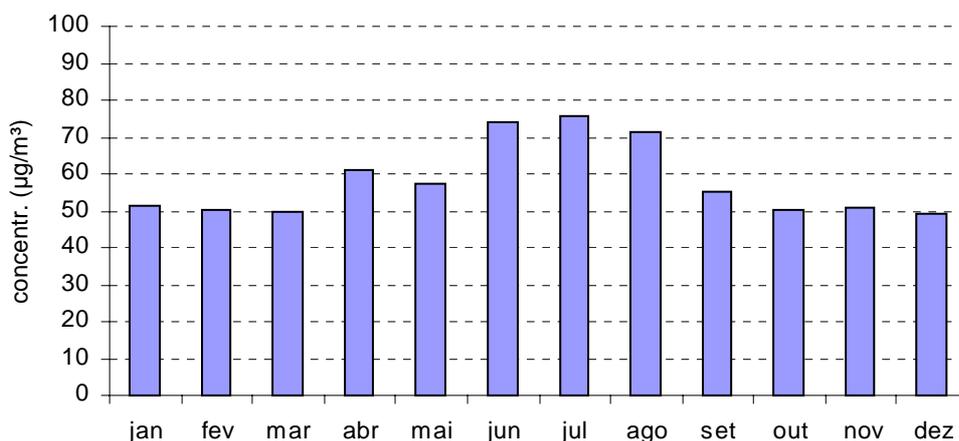


Figura 18 – MP_{10} – Médias mensais no período de 1997 a 2002

4.1.3. Microinventário de Fontes

Para avaliar o impacto das fontes na estação, foram levantadas todas as fontes prioritárias definidas em duas regiões delimitadas por dois círculos concêntricos, de 400m e de 2000m de raio, em setores, conforme apresentado na figura 19⁽⁶⁾.



LEGENDA:

Indústria com Processo de Impressão Gráfica: A

Indústrias com Forno: B, C, E e F

Indústria com Caldeira: D

Figura 19 – Mapa ilustrando as principais fontes de emissão e setores no entorno da estação Lapa.

Fontes Estacionárias

As fontes prioritárias no perímetro de avaliação da estação são apresentadas a seguir, conforme informações prestadas pelas Agências Ambientais de Pinheiros e Santana. A tabela 5 apresenta os valores disponíveis de emissão para as fontes estacionárias levantadas, bem como identifica através de letras, sua localização geográfica em relação à estação Lapa, que pode ser observada na figura 19.

Tabela 5: Estimativas de emissão de fontes estacionárias no entorno da estação Lapa.

	Empresa	Fonte	Emissão (ton./ano)				
			MP	SO ₂	NOx	CO	HC
A	Editora Abril	Processo de impressão gráfica	Nd	Nd	Nd	Nd	13,4*
B	Laminação de Ferro e Aço União	Forno	0,5	Nd	Nd	Nd	Nd
C	Laminação N.S. ^a do Ó	Forno	0,5	Nd	Nd	Nd	Nd
D	Ind. Artefatos de Borracha Soinarbo	Caldeira	2,7	0,8	Nd	Nd	Nd
E	Cia. Vidraria Santa Marina	Forno	222	361	Nd	Nd	Nd
F	Duratex - Unidade II	Forno	32	135	Nd	Nd	Nd
Total			257,7	496,8			13,4

* hidrocarbonetos na forma de tolueno

Nd = Não disponível

As fontes mais importantes em emissão de material particulado e SO₂ são a Companhia Vidraria Santa Marina e a Duratex-Unidade II, localizadas a aproximadamente 1500 metros a sudeste da estação da Lapa. De acordo com informações da Agência Ambiental de Pinheiros, essas duas empresas são responsáveis por cerca de 90% de toda a emissão das fontes fixas da região. Na área de estudo ao norte do Rio Tietê, de responsabilidade da Agência Ambiental de Santana, algumas poucas empresas de pequeno potencial poluidor estão cadastradas, destacando-se a Editora Abril que apresenta um remanescente de hidrocarbonetos, na forma de tolueno, proveniente da parte não recuperada em seu processo de controle. Essa emissão lançada na atmosfera é da ordem de 13,4 toneladas/anos (dados de 2002).

Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes no entorno da estação em estudo são representadas por poucas mas importantes vias de tráfego. As principais vias e fontes lineares de emissão a causar impacto na área de avaliação são genericamente chamadas de avenidas marginais do Tietê. A marginal esquerda, sentido Lapa-Penha, pista local, é a Av. Embaixador Macedo Soares e a marginal direita, sentido Penha-Lapa, pista local, é a Av. Otaviano Alves de Lima. Essas marginais se estendem na direção leste/oeste, compreendendo a extensão máxima de 4000 metros (2000 metros em cada sentido) que significa a área de influência da fonte que estaria afetando de forma mais significativa a estação amostradora.

A estação está próxima de um muro, tendo somente a calçada a separá-la da via local da avenida marginal esquerda, a uma distância aproximada de 8 metros ao norte, entre as fontes de emissão e as sondas de captação.

Outra via importante nessa área e considerada no estudo é a Av. Ermano Marchetti, que se estende inicialmente na direção norte/sul, desde a Ponte do Piqueri, depois desviando-se para o leste (ver figura 3). O ponto mais próximo entre a estação e essa avenida fica a aproximadamente 400 metros, no cruzamento com a Av. Embaixador Macedo Soares. As demais vias de tráfego no entorno da estação da Cetesb não foram consideradas em virtude do pouco volume de tráfego que apresentam.

Considerando essas fontes lineares como as mais importantes na região de estudo, foram feitas estimativas de emissão, diferenciando-se os veículos leves dos veículos movidos a diesel.

As emissões nas duas vias analisadas foram estimadas a partir dos dados de contagem de veículos realizada no dia 07/11/02 (quinta-feira).

Nas avenidas marginais do Tietê, foram feitas 11 (onze) contagens de 30 minutos, considerando as pistas local e expressa nos 2 (dois) sentidos da via, nos horários compreendidos entre 7h20 e 19h30.

Na Av. Ermano Marchetti, foram efetuadas também 11 (onze) contagens de 30 minutos nos 2 (dois) sentidos da via, ao mesmo tempo em que se fazia a contagem nas avenidas marginais do Tietê.

Para se chegar ao volume de tráfego diário, considerou-se o valor médio nas contagens realizadas, obtendo-se a média horária de fluxo de veículos. Adotou-se, como critério, que essa média horária é válida entre as 6h00 e 22h00, e que no horário complementar há uma redução de 70% no volume de tráfego. Para se estimar o volume anual, considerou-se o ano com 52 semanas e o volume de tráfego diário válido somente para os dias úteis. Nos finais de semana, estimou-se uma redução de 50% no fluxo de veículos.(Tabela 6)

Tabela 6: Contagem de veículos nas Avenidas Marginal Tietê e Ermano Marchetti

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume anual estimado
Marginal Tietê Lapa-Penha	Veículos Leves	137.816	42.998.592
	Veículos Diesel	44.602	13.915.824
Marginal Tietê Penha-Lapa	Veículos Leves	164.606	51.357.072
	Veículos Diesel	58.033	18.106.296
Av. Ermano Marchetti	Veículos Leves	66.130	20.632.560
	Veículos Diesel	14.499	4.523.688

Para a estimativa de emissão das fontes móveis, foram considerados os fatores de emissão de veículos em uso na RMSP em 2001 (tabela 7), por ser a informação mais atualizada disponível na época da contagem.

Tabela 7: Fatores de emissão de veículos em uso na RMSP em 2001

Tipo de veículo	Fatores de emissão (g/km)				
	MP	SO ₂	NOx	CO	HC
Gasool	0,08	0,16	0,7	12,3	1,3
Diesel	0,81	0,43	13	17,8	2,9

A partir dos fatores de emissão e do volume de tráfego estimado nas principais vias no entorno da estação, calculou-se a emissão de poluentes em ton/ano, levando-se em conta a extensão destas fontes lineares (tabela 8).

Tabela 8: Emissões de fontes móveis

Local	Fonte	Emissão (ton/ano)				
		MP	SO ₂	NOx	CO	HC
Marginal Tietê*	Gasool	30,2	60,4	264	4642	491
	diesel	103,7	55,1	1665	2280	371
	Total	133,9	115,5	1929	6922	862
Av. Ermano Marchetti**	Gasool	1,1	2,3	10	177	19
	diesel	2,6	1,4	41	56	9
	Total	3,7	3,7	51	233	28

* Fonte linear de 4.000m de extensão

** Fonte linear de 700m de extensão

A tabela 9 relaciona as emissões das fontes estacionárias e móveis dentro de cada setor

Tabela 9: Estimativas de emissão de material particulado de fontes estacionárias e móveis no entorno da estação Lapa

Quadrante	Setor	Emissão das fontes (ton/ano)					Emissão Total (ton/ano)					
		Fonte	MP	SO ₂	NO _x	CO	HC	MP	SO ₂	NO _x	CO	HC
0-90 (Nordeste)	2	Av. Marginal Tietê L-P [1600m]	23,5	20,6	338	1243	154	57,3	60,2	772	2769	345
		Av. Marginal Tietê P-L [1600m]	30,0	25,6	434	1526	191					
		Laminação N.Sra. do Ó (C)	3,2	14,0								
		Laminação União (B)	0,5									
	6	Av. Marginal Tietê L-P [400m]	5,9	5,1	84	311	39	13,4	11,5	193	692	86
		Av. Marginal Tietê P-L [400m]	7,5	6,4	109	382	48					
90 - 180 (Sudeste)	3	Cia.Vidraria Santa Marina (E)	222,0	361,0				254,0	496,0			
		Duratex S/A - Unidade II (F)	32,0	135,0								
	7											
180 - 270 (Sudoeste)	4	Av. Ermano Marchetti [700m]	3,7	3,7	51,3	234	28	3,7	3,7	51	234	28
	8											
270- 360 (Noroeste)	1	Ind. Art. Borracha Soinarbo (D)	2,7	0,8				13,4	11,5	193	692	86
		Av. Marginal Tietê L-P [400m]	5,9	5,1	84	311	39					
		Av. Marginal Tietê P-L [400m]	7,5	6,4	109	382	48					
	5	Editora Abril (A)					13,4					13,4

Observação: As letras entre parênteses correspondem às fontes industriais, tal como apresentadas na figura 19. Os números entre colchetes correspondem à extensão das vias de tráfego no setor considerado.

4.1.4. Influência das Condições Meteorológicas

Neste capítulo, faz-se uma análise procurando identificar a influência dos parâmetros meteorológicos e das fontes de poluição inventariadas sobre as concentrações observadas na estação.

Para entender o comportamento dos poluentes na atmosfera, é necessário um bom conhecimento da meteorologia local, e um dos parâmetros que deve ser analisado é o vento. Uma forma de análise deste parâmetro é através de rosas de ventos, onde podem-se observar direções predominantes e velocidades médias para um grande período de tempo. A figura 20, que representa a rosa de ventos da estação Lapa para os anos 1997 a 2001, mostra o quadrante SE como o predominante, embora seja observada ainda uma freqüência significativa de ventos do quadrante NW. A porcentagem de calmaria e ventos variáveis (normalmente ventos fracos) nesta estação foi de 17% para os anos considerados.

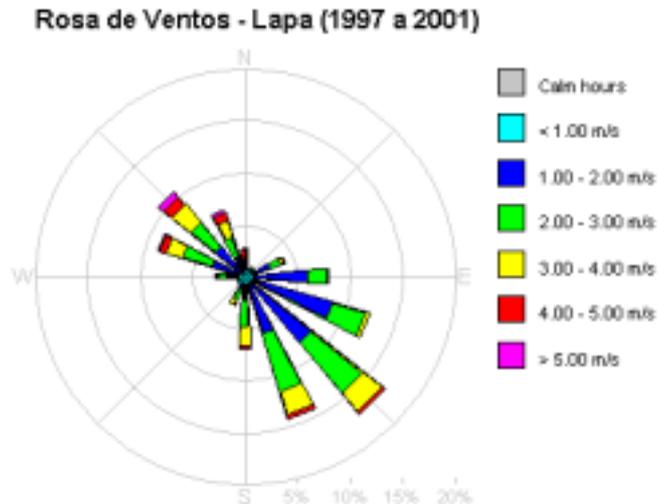


Figura 20 – Rosa de ventos da estação Lapa para os anos 1997 a 2001.

Na tabela 10, são apresentadas as freqüências de direção dos ventos ao longo do dia no período de 1997 a 2001, permitindo uma análise média do regime de circulação de ar na região.

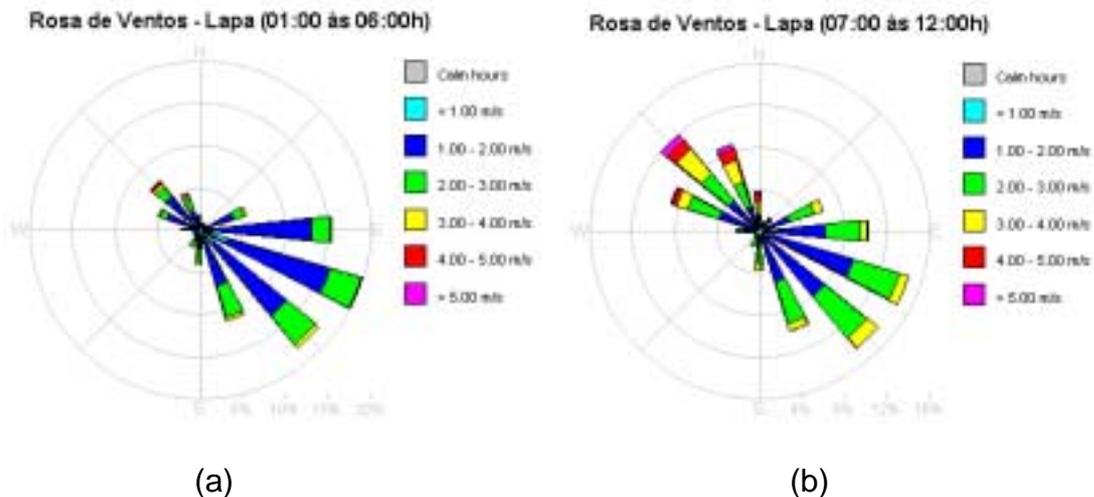
Tabela 10: Freqüência (horas) do vento na estação Lapa em cada quadrante ao longo do dia – 1997 a 2001

Hora	NE	SE	SW	NW	Calm/var
01:00	117	605	57	164	332
02:00	129	534	56	171	386
03:00	124	545	51	176	372
04:00	144	509	57	164	399
05:00	136	499	55	188	397
06:00	121	486	46	223	400
07:00	117	507	38	228	387
08:00	160	519	45	254	297
09:00	180	520	55	292	230
10:00	173	498	55	362	190
11:00	146	477	48	456	146
12:00	138	440	51	535	107
13:00	87	429	59	594	101
14:00	56	431	90	617	79
15:00	49	443	133	584	64
16:00	45	487	165	538	42
17:00	45	552	174	457	50
18:00	62	603	187	384	42
19:00	61	650	185	295	85
20:00	52	698	137	247	141
21:00	62	704	85	207	221
22:00	74	697	63	182	264
23:00	96	672	61	158	292
24:00	120	638	55	155	312

Os resultados mostram que:

- Na madrugada e no período da manhã, entre 1h e 11h, os ventos são predominantemente do quadrante SE, com máxima freqüência a 1h. Os ventos de SE são os mais freqüentes no período do pico de tráfego matutino. A partir do final da manhã, aumenta a freqüência de ventos do quadrante NW, que se tornam predominantes à tarde, com maior freqüência às 14h.
- No final da tarde e durante a noite, há predominância do quadrante SE, com máxima freqüência às 21h. É importante ponderar que os ventos deste quadrante são os mais freqüentes quando considerados todos os horários somados. Os ventos do SE são causados principalmente pela presença de duas condições meteorológicas distintas: o primeiro caso está associado à situação sinótica, quando a atuação de um anticiclone polar gera ventos deste quadrante em praticamente todas as horas do dia; o segundo caso ocorre pela penetração da brisa marítima a partir da tarde até a noite, o que pode ser observado pela máxima freqüência de ocorrência nesse período. Os ventos dos quadrantes NE e SW são pouco freqüentes na região em todos os horários do dia.
- A condição de calmaria, apesar de apresentar freqüência considerável, principalmente durante a noite e madrugada, não é predominante em nenhum horário do dia.

Para uma melhor visualização do comportamento do vento na estação Lapa, foram feitas rosas de ventos em períodos do dia (figuras 21a, b, c, d), onde são observadas mudanças na direção com o decorrer do dia.



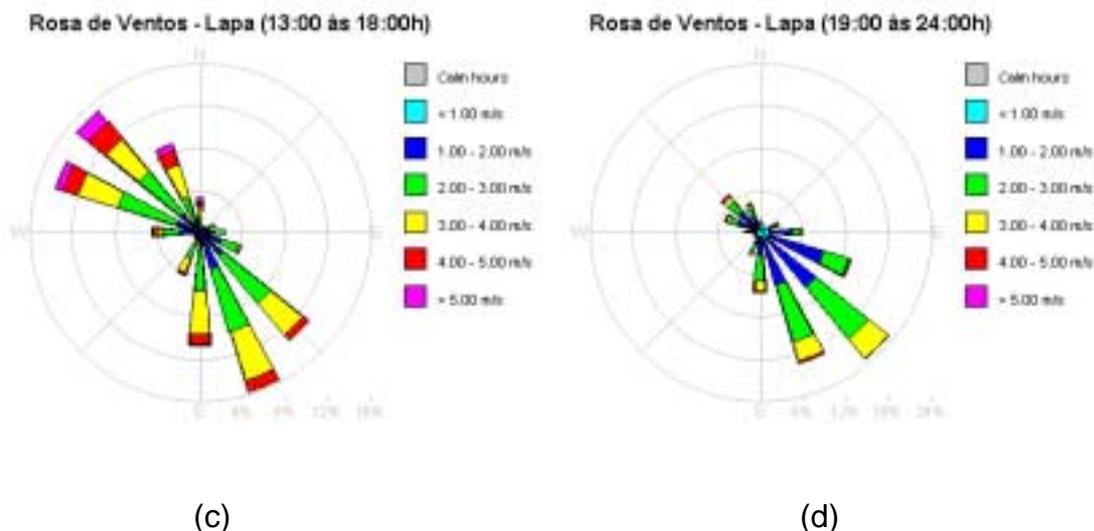


Figura 21 – Rosas de ventos por período do dia da estação Lapa para os anos 1997 a 2001. Madrugada (a), manhã (b), tarde (c) e noite (d)

Na figura 21a, que mostra a rosa de ventos para o período da madrugada (1h às 6h), observa-se predominância do quadrante SE e uma pequena contribuição do quadrante NW. Neste período do dia, a velocidade média é bastante baixa e a porcentagem de calmaria e ventos variáveis é de 30%.

No período da manhã (7h às 12h) (figura 21b), os ventos predominantes são ainda do quadrante SE, porém, existe uma forte contribuição do quadrante NW, quadrante este em que as velocidades são maiores que as do SE. Isto acontece porque os ventos de rajada diurnos são, na maioria das vezes, do quadrante NW. Neste período do dia, a porcentagem de calmaria e de ventos variáveis foi de 18%.

Na figura 21c, que mostra o comportamento à tarde (13h às 18h), as contribuições dos quadrantes SE e NW são praticamente da mesma monta, porém, as velocidades dos ventos do quadrante NW são um pouco maiores que as do SE. Neste período do dia, as velocidades dos ventos do quadrante SE são mais altas que as deste mesmo quadrante nos outros períodos do dia analisados (madrugada e manhã), isto deve ocorrer devido à penetração da brisa marítima que reforça os ventos sinóticos de SE. Durante a tarde, a velocidade média é a mais alta de todo o período do dia e a porcentagem de calmaria e de ventos variáveis, é a mais baixa, apenas 5%.

O comportamento no período da noite (19h às 24h), apresentado na figura 21d, mostra vento predominante de SE nesse período. Apesar de existir ainda uma contribuição da brisa marítima nos ventos do quadrante SE, a velocidade média é mais baixa que a da tarde e ocorre um aumento da porcentagem de calmaria e de ventos variáveis (17%).

Para avaliar se a estação está bem localizada no que diz respeito às fontes prioritárias de emissão dos poluentes, apresentadas na tabela 9, adotou-se a seguinte metodologia:

- Avaliar o perfil do vento ao longo do dia, observando-se os horários de maior frequência em cada direção, bem como os horários de maior frequência de calma e vento variável (figura 21 e tabela 10).
- Avaliar os perfis de concentração de cada poluente medido na estação ao longo do dia. Esta análise foi feita considerando o comportamento de cada um dos dias da semana, de forma a avaliar também o impacto médio na qualidade do ar decorrente das variações nas emissões. Optou-se por fazer análise com médias de inverno e verão somente para os poluentes CO e O₃, para referência, visto que as diferenças sazonais estão apresentadas de forma mais completa no item 4.1.2
- Analisar as concentrações médias em função de diferentes velocidades de vento proveniente dos quadrantes NE, SE, SW e NW, e em condições de calma e vento variável. Os períodos do dia foram selecionados com base na distribuição diária de concentração;
- Verificar a que quadrante do vento estão associadas as maiores concentrações médias e checar se o vento deste quadrante é o predominante (conforme tabela 10) nos horários de pico de concentração dos poluentes.

Além disso, para avaliar a estação segundo a escala de representatividade:

- Verificar o comportamento do poluente em função da velocidade do vento, tentando assim detectar se os resultados correspondem a emissões de fontes localizadas nas proximidades ou distantes do local de monitoramento.

As análises foram feitas separadamente para cada poluente, uma vez que a escala de representatividade da estação pode variar em função do poluente considerado. Além disso, quanto à localização, a estação pode sofrer o impacto da emissão de um dado poluente e não ser capaz de monitorar adequadamente a emissão de outro, sugerindo, assim, a necessidade de rever a configuração da estação no que diz respeito aos monitores mais adequados.

Monóxido de Carbono - CO

As figuras 22 e 23 ilustram, respectivamente, as variações médias horárias por período do ano e por dia da semana do CO na estação Lapa. Os perfis de inverno e verão apresentados ilustram as diferenças resultantes das variações meteorológicas médias entre os períodos do ano, determinantes principalmente no período noturno. Com relação às variações por dia da semana (figura 23), observa-se que os perfis de segunda a sexta-feira são bastante semelhantes, e que as concentrações de CO caem bastante no domingo, quando não se observa o pico matutino. A condição de sábado é intermediária.

Em termos médios, o perfil das concentrações horárias de CO ao longo do dia, mostra dois picos de concentração. Um pela manhã, cujo máximo é registrado às 8 horas e está associado ao aumento do tráfego de veículos, é de curta duração e precede um período com condições meteorológicas mais favoráveis à dispersão dos poluentes. Outro pico é observado no período noturno, com máximas concentrações médias entre 19h e 21h. É interessante observar que apesar da redução nas concentrações médias no início da tarde, período com condições

meteorológicas mais favoráveis à dispersão dos poluentes, ela não é tão acentuada quando comparada com as outras estações. Não existem dados às 5h por ser o horário utilizado para calibração automática diária do monitor.

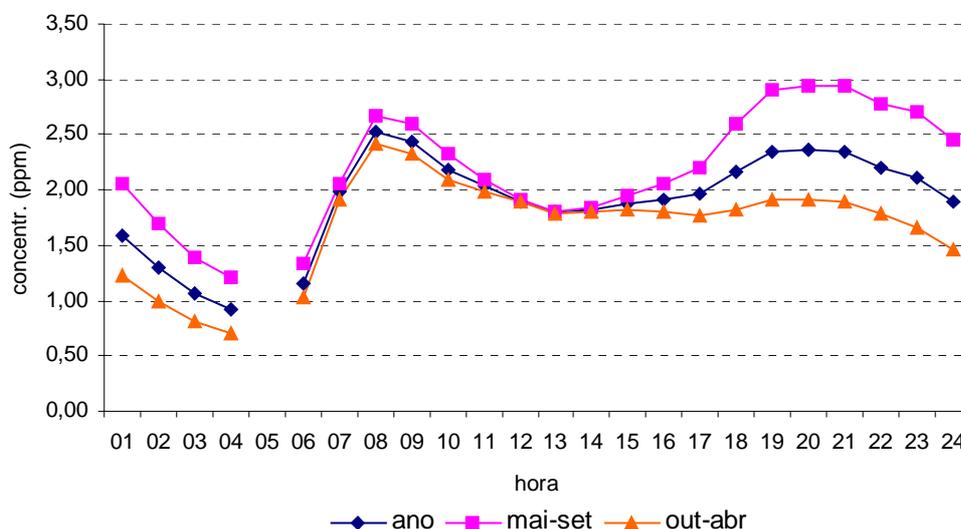


Figura 22 – CO – Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2001

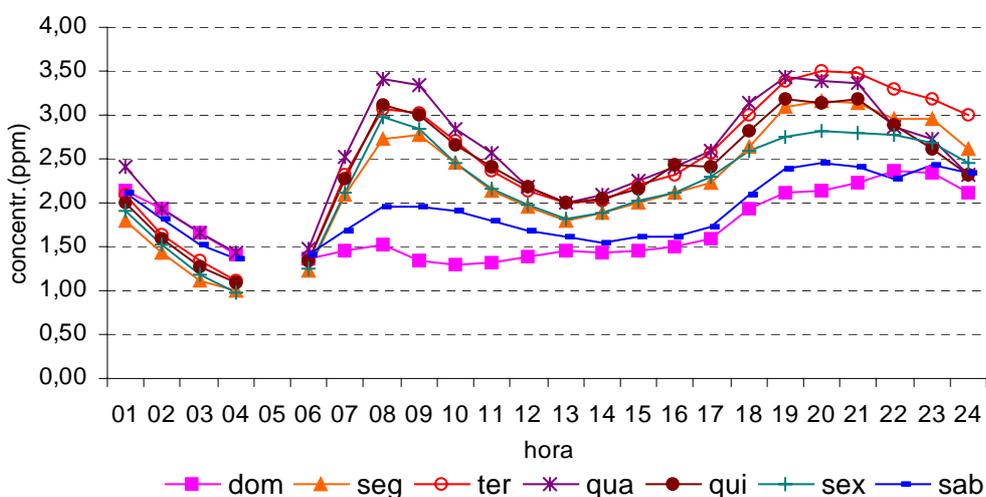


Figura 23 – CO – Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2001 (maio a setembro)

Para elaboração dos gráficos que ilustram as concentrações do poluente em função da velocidade e quadrante do vento, foram utilizados os dados do período das 6h às 16h, que abrange o pico da manhã, e das 17h às 4h representativo do período noturno.

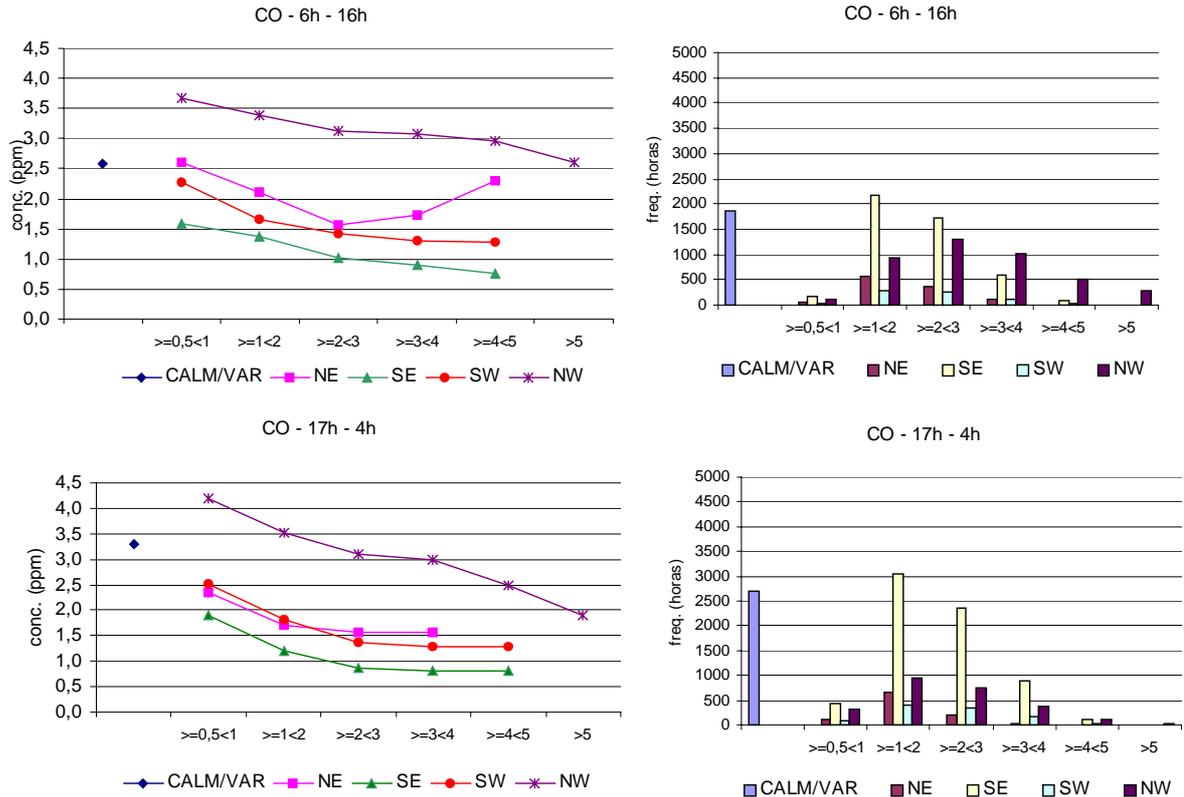


Figura 24 – CO – Médias e freqüência de ocorrência (horas) nos períodos das 6h às 16h e das 17 às 4h, em função de velocidade e quadrante dos ventos no período de 1997 a 2001

A figura 24 mostra concentrações médias mais elevadas com ventos de NW, principalmente para baixas velocidades. É importante salientar que as avenidas marginais, parte delas localizadas nesse quadrante, são vias de tráfego intenso e, portanto, são importantes fontes de emissão de CO. Sob condições de calmaria e ventos fracos de NW, as concentrações são mais altas no período noturno, evidenciando uma contribuição significativa da condição meteorológica mais desfavorável à dispersão dos poluentes.

As médias mais baixas de concentração foram detectadas com ventos de SE, embora este seja o quadrante de maior freqüência de ventos nos horários de pico de tráfego.

Apesar da presença das marginais também no quadrante NE, os níveis de concentração de CO observados com ventos deste quadrante são mais baixos que os de NW, possivelmente pela ocorrência de ventos de NE em dias menos poluídos na área urbana ou até mesmo pela existência de alguns anteparos, conforme descrito anteriormente.

Episódios de alta concentração

No intuito de identificar se os resultados observados sob condições médias representam o comportamento em situações mais agudas, apresenta-se o

comportamento das concentrações de CO nos dias em que a média de 8 horas esteve mais elevada no ano de 2001.

Nos dias 24, 25 e 26 de agosto de 2001, condições meteorológicas bastante desfavoráveis à dispersão de poluentes produziram os níveis mais elevados de concentração do ano na estação Lapa. A tabela 11 apresenta a distribuição dos dados horários de CO, quadrante e velocidade do vento, onde pode-se observar que as concentrações mais elevadas ocorreram no período noturno do dia 25 e madrugada do dia 26 de agosto (de sábado para domingo), sob condições de calmaria. Também é possível notar que no dia 24 não houve muitos períodos de calmaria, fazendo com que os horários de maior concentração coincidisse com os de maior volume de tráfego, já que o vento predominante neste dia era de NW, ou seja, oriundos do quadrante das avenidas marginais.

Tabela 11 : Dados de concentração de CO e vento registrados na estação Lapa, nos dias 24, 25 e 26/08/2001

Dia Hora	24/08/2001			25/08/2001			26/08/2001		
	Conc.(1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	0,9	1,4	NE	2,7	0,9	NW	7,0	calm	-
02:00	0,7	1,8	NE	2,3	calm	-	5,1	calm	-
03:00	0,8	1,2	SE	2,6	calm	-	4,3	calm	-
04:00	0,9	calm	-	1,5	calm	-	2,1	calm	-
05:00									
06:00	1,6	1,5	NW	1,3	calm	-	1,8	1,7	NW
07:00	4,1	1,2	NW	2,4	calm	-	1,8	1,9	NW
08:00	4,6	1,2	NW	3,8	1,1	NW	1,8	var	-
09:00	5,9	1,7	NW	3,8	1,5	SW	1,8	calm	-
10:00	4,5	2,6	NW	2,9	1,8	NW	2,4	calm	-
11:00	3,3	3,1	NW	2,8	2,1	NW	2,3	calm	-
12:00	2,8	3,7	NW	2,7	2,4	NW	2,2	1,5	NW
13:00	3,2	3,1	NW	2,3	2,0	NW	2,5	2,6	NW
14:00	3,0	3,3	NW	2,6	1,9	NW	1,8	2,9	NW
15:00	3,4	4,0	NW	2,3	1,4	NW	1,7	1,4	SW
16:00	2,2	5,8	NW	2,3	1,0	NW	2,4	1,2	SW
17:00	4,0	2,0	NW	2,9	1,1	NW	2,1	1,2	SW
18:00	5,5	1,2	NW	4,2	0,9	SW	3,7	1,2	SW
19:00	4,9	1,1	NW	6,2	0,7	SW	4,6	1,8	NW
20:00	4,0	1,1	NW	7,3	calm	-	4,3	1,3	NW
21:00	2,6	calm	-	8,2	calm	-	1,5	1,6	SE
22:00	3,7	calm	-	7,0	calm	-	1,9	1,1	SE
23:00	3,3	1,2	NW	10,3	calm	-	1,9	1,1	SE
24:00	2,6	1,5	NW	9,8	calm	-	1,4	calm	-

A figura 25 apresenta as concentrações observadas nesses mesmos dias na Lapa e na estação Ibirapuera, cuja localização não é afetada diretamente pelas emissões em vias de tráfego próximas. Nessa figura, observa-se que, apesar de as concentrações serem mais baixas na estação Ibirapuera em quase todo o período, altas concentrações também foram observadas nesta estação na noite do dia 25 e madrugada do dia 26, confirmando serem resultado de condições meteorológicas que afetaram a região urbana como um todo.

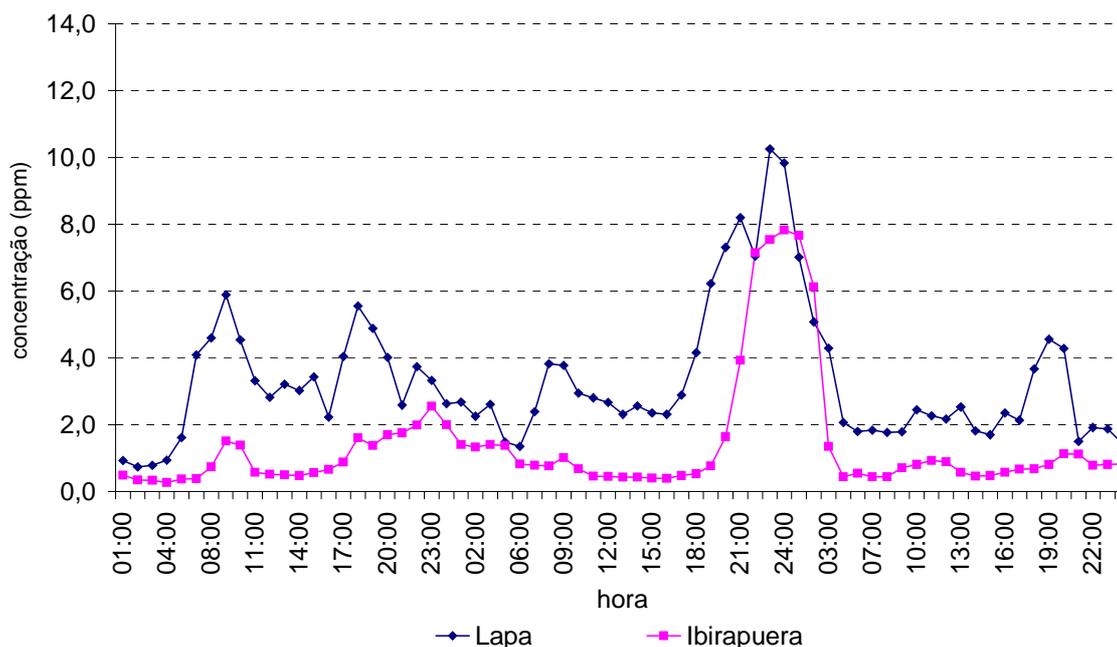


Figura 25 – CO – Médias horárias nas estações Lapa e Ibirapuera nos dias 24, 25 e 26/08/01

Nos dias 03, 04 e 05 de julho de 2001 (terça a quinta-feira), também devido às condições meteorológicas bastante desfavoráveis à dispersão de poluentes, foram registrados níveis elevados de concentração na estação Lapa. De acordo com os dados horários de CO, quadrante e velocidade do vento apresentados na tabela 12, é possível observar que as concentrações mais elevadas ocorreram no período noturno dos dias 03 e 04 de julho, sob condições de calmaria. No dia 05 houve uma maior dispersão desse poluente, principalmente no período noturno.

Tabela 12 : Dados de concentração de CO e vento registrados na estação Lapa nos dias 03, 04 e 05/07/2001

Dia	03/07/2001			04/07/2001			05/07/2001		
	Conc.(1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) ppm	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	6,0	calm	-	4,3	calm	-	4,6	calm	-
02:00	5,3	calm	-	4,2	calm	-	3,9	calm	-
03:00	4,5	calm	-	4,1	calm	-	3,0	calm	-
04:00	3,7	calm	-	3,7	calm	-	2,5	calm	-
05:00									
06:00	2,5	calm	-	3,2	calm	-	2,4	calm	-
07:00	2,8	calm	-	4,5	calm	-	2,6	calm	-
08:00	4,9	calm	-	5,7	calm	-	4,1	calm	-
09:00	6,0	calm	-	7,3	calm	-	5,0	calm	-
10:00	5,0	calm	-	5,5	calm	-	4,2	calm	-
11:00	3,2	1,0	SE	5,7	calm	-	3,5	1,6	SW
12:00	2,7	0,9	NE	4,1	calm	-	3,3	1,6	NW
13:00	2,4	calm	-	2,8	calm	-	2,2	1,8	SW
14:00	1,9	calm	-	2,6	calm	-	2,5	1,6	SW
15:00	2,1	calm	-	3,7	1,5	NW	1,3	0,6	var
16:00	2,7	calm	-	3,7	1,4	NW	1,0	calm	-
17:00	4,9	var	-	3,7	1,4	NW	1,4	1,9	SE
18:00	6,2	calm	-	6,2	1,2	NW	1,3	1,6	SE
19:00	6,1	calm	-	6,8	calm	-	1,5	2,4	SE
20:00	6,7	calm	-	10,1	calm	-	0,9	2,9	SE
21:00	7,0	calm	-	10,0	calm	-	0,9	2,6	SE
22:00	8,5	calm	-	7,9	calm	-	0,8	2,8	SE
23:00	9,1	calm	-	8,6	calm	-	0,8	2,5	SE
24:00	6,8	calm	-	6,0	calm	-	0,7	2,6	SE

Comparando com as concentrações observadas no Ibirapuera, observa-se que nesta estação as concentrações foram mais elevadas que na Lapa no final da noite e madrugada, indicando que além da redução do efeito do tráfego, nesses horários a Lapa apresentava melhores condições de ventilação.

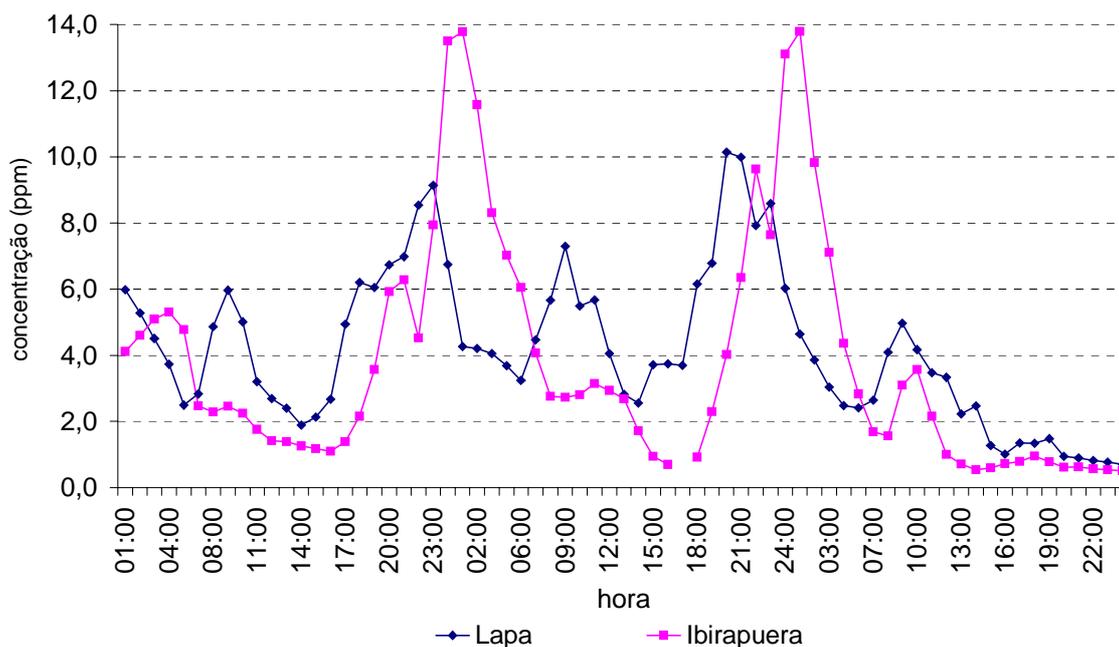


Figura 26 – CO – Médias horárias nas estações Lapa e Ibirapuera para os dias 03, 04 e 05/07/2001

Os episódios de alta concentração de CO na Lapa precederam concentrações horárias elevadas também na estação Ibirapuera, com defasagem de algumas horas em relação aos picos detectados na estação Lapa. Assim, os resultados indicam que a Lapa sofre forte influência do tráfego intenso de veículos, mas que nos horários de condições meteorológicas mais estáveis, apresenta melhores condições de dispersão que a estação Ibirapuera. No caso em que as concentrações na Lapa foram maiores, os valores mais elevados foram observados em condição de calmaria ou com vento soprando do quadrante NW, quadrante este de onde provêm as emissões veiculares mais significativas.

Monóxido de Nitrogênio - NO

Da mesma forma que para o CO, o perfil das médias de NO ao longo do dia (figura 27) mostra que há dois picos de concentração, um no período da manhã, mais agudo e de curta duração, e outro no período noturno, bem mais atenuado. Por ser principalmente emitido pelos veículos automotores, também o NO apresenta concentrações no sábado e domingo mais baixas que nos demais dias da semana.

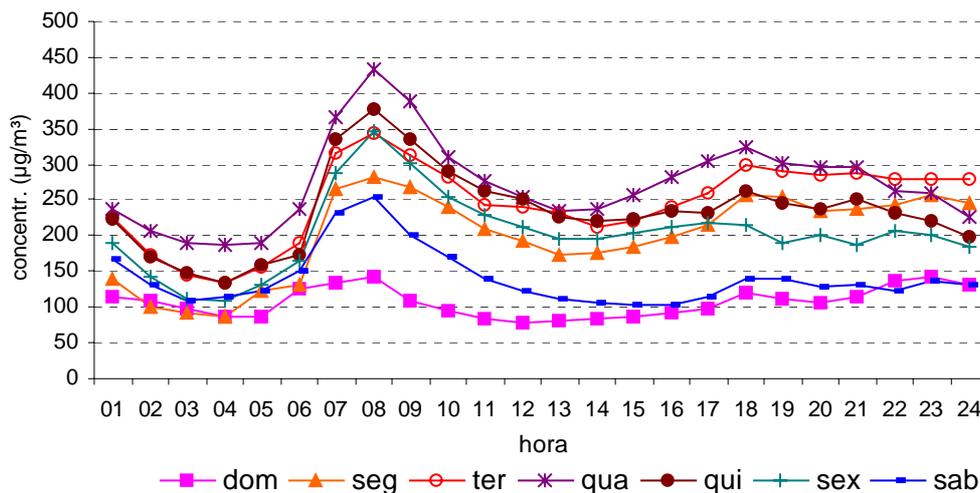


Figura 27 – NO – Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2001 (maio a setembro)

Os gráficos na figura 28 foram elaborados com base nas concentrações médias de NO, velocidade e quadrante do vento nos períodos diurno, das 05h às 16h e noturno, das 17h às 04h.

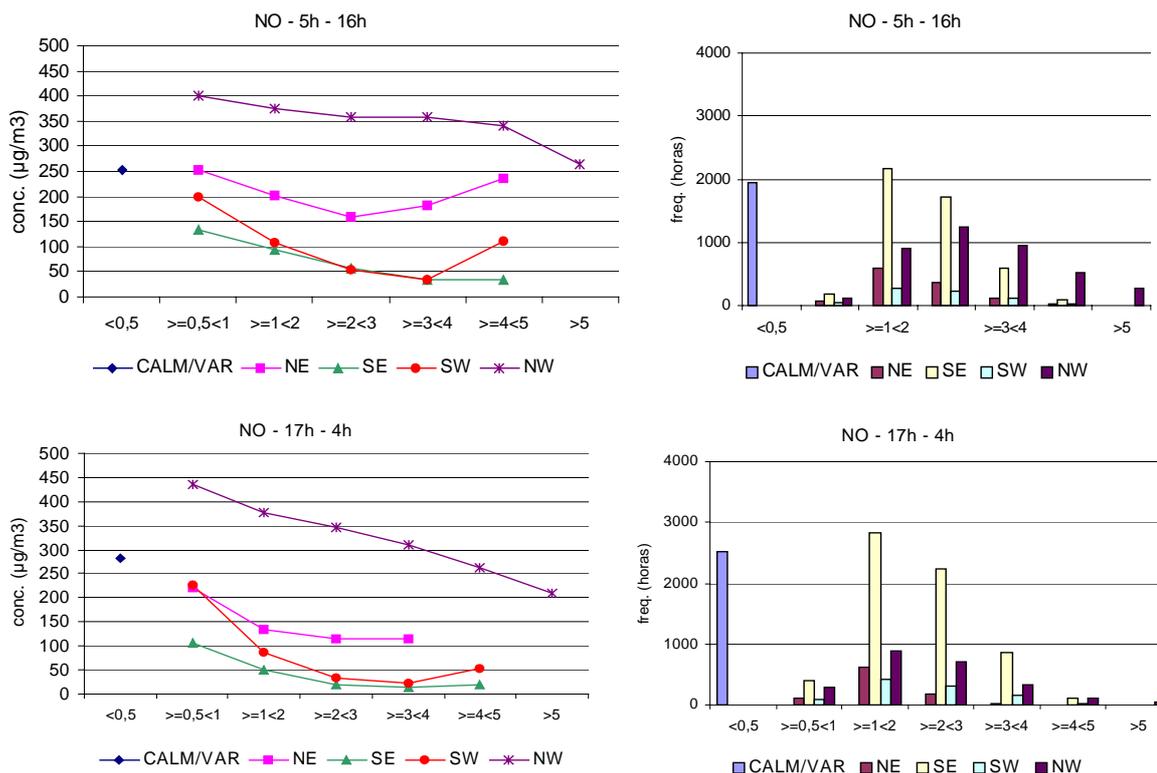


Figura 28 – NO – Médias e freqüência de ocorrência (horas) nos períodos das 5h às 16h e das 17h às 4h, em função de velocidade e quadrante dos ventos no período de 1997 a 2001

No caso do NO, as concentrações médias mais elevadas também foram registradas com vento do NW, principalmente para baixas velocidades. Tal

resultado é explicável, já que parte das avenidas marginais, importante fonte desse poluente, está situada justamente a NW da estação.

Apesar da presença das marginais também a NE da estação, com ventos deste quadrante observa-se que o impacto médio é menor, fato já observado e discutido na análise do CO.

Assim como para o CO, as concentrações médias mais baixas de NO foram observadas com ventos do SE, quadrante predominante do vento.

Episódios de alta concentração

Os dois episódios de maiores médias horárias de NO em 2001 são apresentados a seguir. A condição atmosférica observada nos dias 26 e 27 de abril (quinta e sexta-feira) determinou a ocorrência das concentrações mais elevadas no ano de 2001. Concentrações elevadas foram detectadas também no Ibirapuera, porém em menor escala (figura 29) e somente no período noturno. Ou seja, no Ibirapuera, altas concentrações de NO são observadas somente em condições de estagnação atmosférica, enquanto que na Lapa concentrações altas podem ser observadas com ventos do NW, por influência dos veículos que trafegam nas marginais, mesmo no período diurno.

Tabela 13 : Dados de concentração de NO e vento registrados na estação Lapa nos dias 26 e 27/04/2001

Dia	26/04/01			27/04/01		
	Conc.(1h)	Veloc.	Quadrante	Conc.(1h)	Veloc.	Quadrante
Hora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	m/s		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	m/s	
01:00	400	1,1	NE	649	calm	-
02:00	364	1,1	SE	663	calm	-
03:00	369	1,2	SE	595	calm	-
04:00	398	1,6	NE	623	calm	-
05:00	425	1,6	NE	627	calm	-
06:00						
07:00	606	calm	-	842	calm	-
08:00	494	1,0	SE	745	calm	-
09:00	582	calm	-	680	var	-
10:00	570	calm	-	623	var	-
11:00	588	1,0	NW	494	var	-
12:00	611	2,4	NW	504	1,8	NW
13:00	581	1,9	NW	610	2,3	NW
14:00	613	2,1	NW			
15:00	594	1,8	NW			
16:00	605	1,6	NW	562	2,3	NW
17:00	702	1,5	NW	587	1,6	NW
18:00	810	1,1	NW	758	1,5	NW
19:00	822	0,7	NW	672	1,2	NW
20:00	917	0,8	NW	446	calm	-
21:00	930	calm	-	717	calm	-
22:00	991	0,9	NW	775	calm	-
23:00	851	calm	-	616	calm	-
24:00	675	calm	-	501	0,9	NE

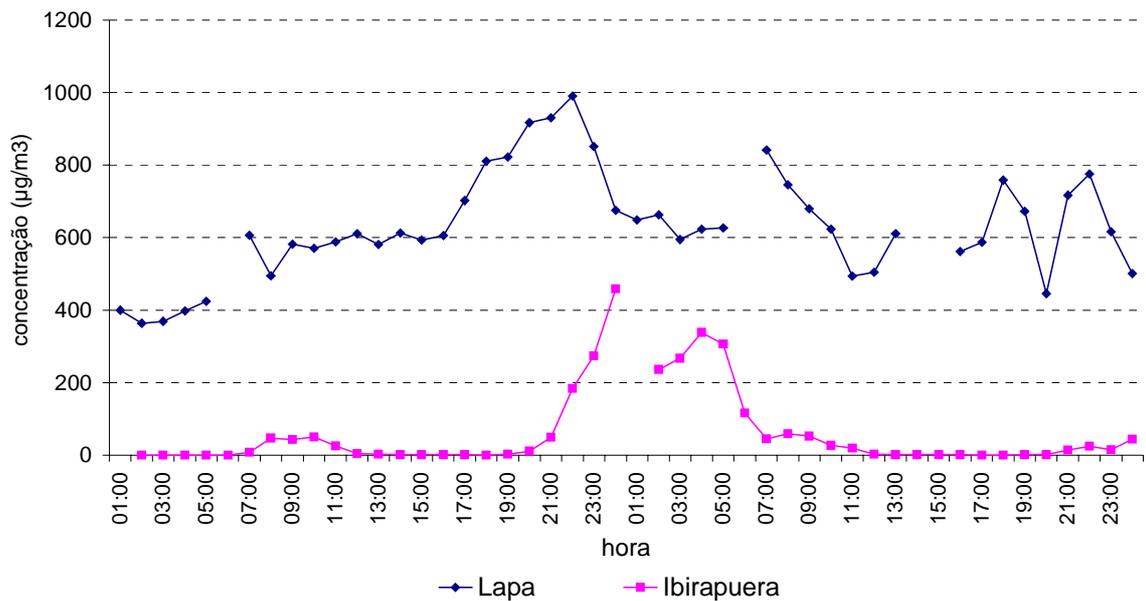


Figura 29 – NO – Médias horárias nas estações Lapa e Ibirapuera nos dias 26 e 27/04/2001

Um outro episódio de concentração quase tão elevada quanto o anterior foi registrado entre os dias 31 de julho e 02 de agosto (terça a quinta-feira). Neste episódio, observa-se nitidamente que as concentrações de NO sobem com a ocorrência de ventos do NW e calmaria, confirmando as condições já observadas. Também neste caso, as concentrações observadas no Ibirapuera indicam altas concentrações somente no período noturno, quando as condições meteorológicas elevam as concentrações em escala urbana.

Tabela 14 : Dados de concentração de NO e vento registrados na estação Lapa nos dias 31/07, 01 e 02/08/2001

Dia	31/07/01			01/08/01			02/08/01		
	Conc.(1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Veloc. m/s	Quadrante
01:00									
02:00	49	1,1	NE	658	calm	-	616	calm	-
03:00	33	1,2	SE	577	calm	-	462	calm	-
04:00	22	1,6	NE	461	calm	-	563	calm	-
05:00	38	1,2	NE	452	calm	-	579	calm	-
06:00	135	1,2	NE	709	calm	-	627	calm	-
07:00	282	1,0	NE	729	calm	-	892	calm	-
08:00	231	1,5	NE	953	calm	-	967	calm	-
09:00	152	1,5	SE	981	0,8	NW	827	calm	-
10:00	335	1,5	NE	522	calm	-	277	calm	-
11:00	188	1,2	NE	476	0,9	NW	225	calm	-
12:00	179	var	-	237	var	-	118	1,2	SE
13:00	191	calm	-	194	var	-	77	1,6	SE
14:00	270	0,8	NW	202	0,9	NW	73	1,5	SE
15:00	282	1,0	NW	68	1,2	SE	76	1,2	SE
16:00	250	1,1	SW	14	var	-	38	1,6	SE
17:00	388	1,0	SW	8	1,0	SE	13	2,0	SE
18:00	613	1,0	SW	20	1,4	SE	15	2,1	SE
19:00	369	calm	-	59	1,0	SE	11	2,1	SE
20:00	177	0,3	-	559	calm	-	30	1,5	SE
21:00	225	0,3	-	704	calm	-	50	1,6	SE
22:00	421	0,3	-	480	calm	-	80	1,2	SE
23:00	689	0,3	-	615	calm	-	121	1,0	SE
24:00	610	0,3	-	730	calm	-	91	calm	-

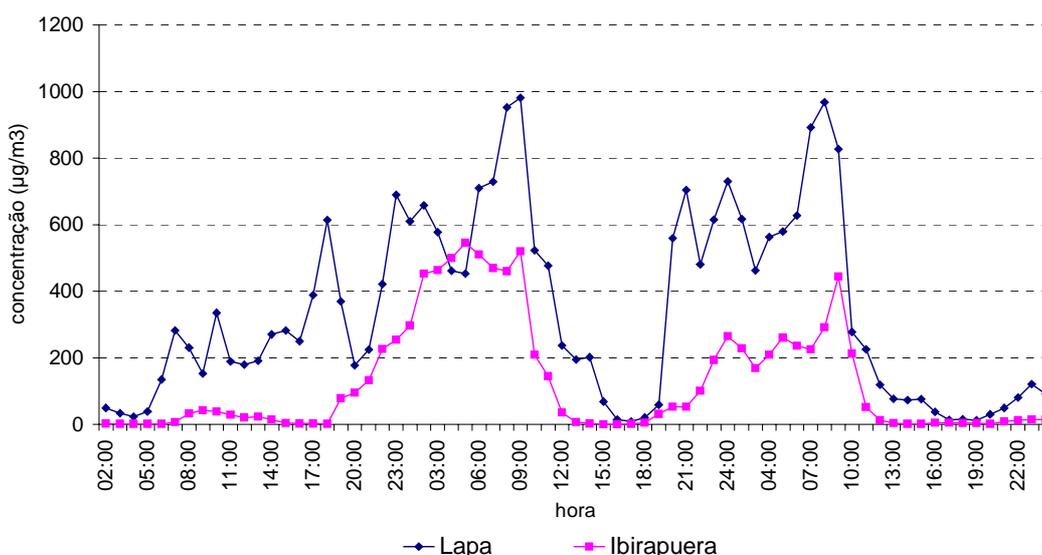


Figura 30 – NO – Médias horárias nas estações Lapa e Ibirapuera nos dias 31/07, 01 e 02/08/2001

Dióxido de Nitrogênio - NO₂

A figura 31 mostra o perfil de concentração de NO₂ (média horária), ao longo do dia. Também no caso do NO₂, observa-se tanto no período diurno quanto no noturno concentrações em média mais baixas no final de semana, efeito este que se estende até a madrugada de segunda-feira. Destaca-se que o pico do NO₂ é posterior ao do NO como parte do ciclo que causa a formação do O₃.

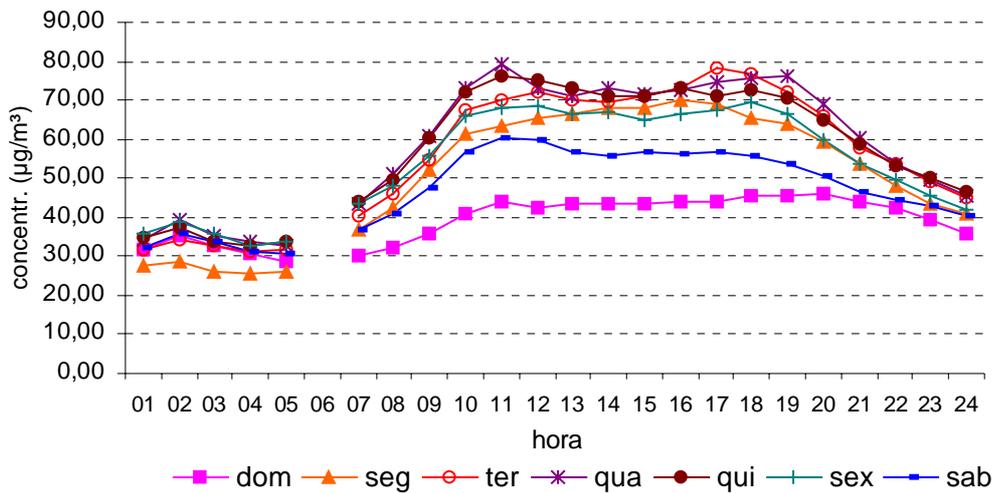
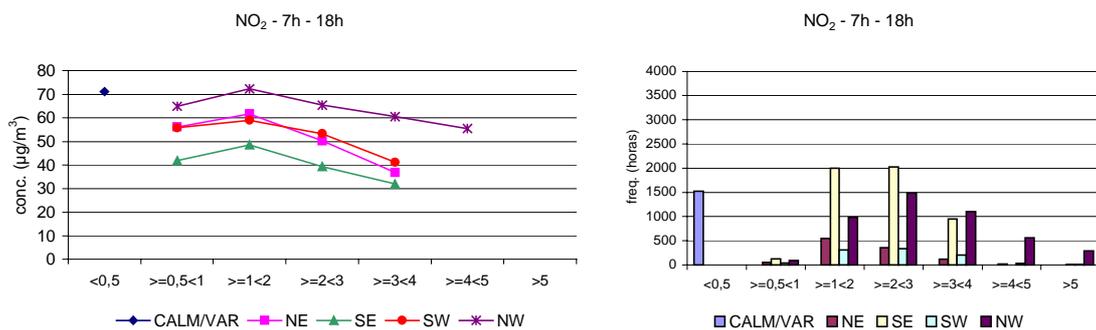


Figura 31 – NO₂ – Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2001 (maio a setembro)

Os gráficos apresentados na figura 32 consideram as concentrações médias de NO₂ nos períodos das 7h às 18h e das 19h às 5h.



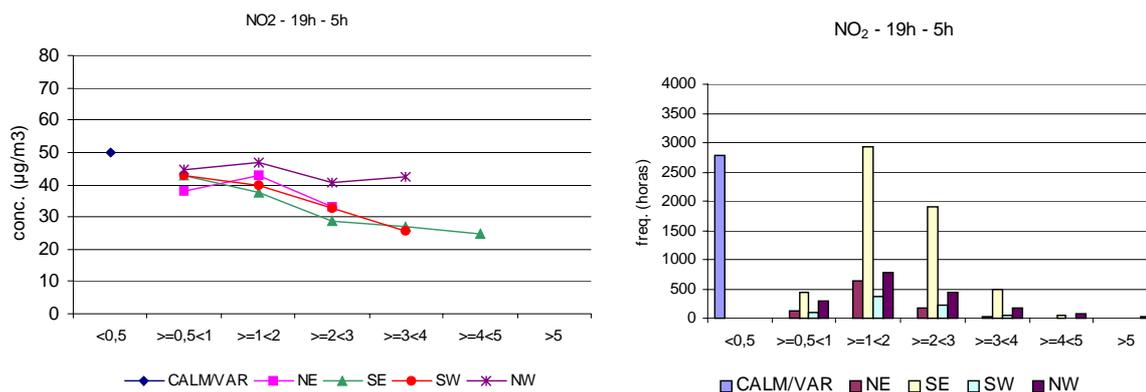


Figura 32 – NO₂ – Médias e frequência de ocorrência nos períodos das 7h às 18h e das 19 às 5h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1997 a 2001

No caso do NO₂, deve-se considerar que ele é um poluente predominantemente de origem secundária, ou seja, formado na atmosfera como produto de reações químicas. Tal característica resulta no fato de que as concentrações tendem a ser mais homogêneas, representativas de áreas maiores, e portanto menos influenciadas por fontes de poluição próximas.

A figura 32 mostra que as concentrações de NO₂ são, em média, mais elevadas no período diurno que noturno, sob todas as condições de vento. Destacam-se as diferenças observadas para as condições de calma e ventos variáveis e com ventos do quadrante NW. As concentrações mais elevadas durante o dia são observadas com vento de NW, enquanto no período noturno, as concentrações tendem a ser mais homogêneas para todos as condições de quadrante e velocidade do vento.

Episódios de alta concentração

As concentrações médias mais elevadas de NO₂, considerando todos os dias, ocorrem entre 10h e 12h e entre 17h e 19h, posterior ao pico de tráfego da manhã e coincidindo com o pico de tráfego no início da noite, conforme apresentado na figura 31. No entanto, a análise considerando os dias de concentração mais altas mostra que eles ocorrem preferencialmente no período da tarde.

A análise do período em que foi registrado o maior valor de concentração horária em 2001, apresentada na tabela 15, mostra que a maior média horária encontrada nesse período ultrapassou o PQAr primário de NO₂ (320µg/m³ - 1hora) e ocorreu no dia 03 de julho às 17h, coincidindo com o pico de tráfego. Esta situação indica uma atuação determinante da condição meteorológica de estagnação atmosférica, já que contraria a expectativa em termos de ciclo fotoquímico, de concentrações maiores no período de manhã.

Tabela 15 : Dados de concentração de NO₂ e vento registrados na estação Lapa nos dias 02, 03 e 04/07/2001

Dia	02/07/01			03/07/01			04/07/01		
	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante
01:00									
02:00	72	calm	-	111	calm	-	124	calm	-
03:00	70	calm	-	103	calm	-	117	calm	-
04:00	60	calm	-	83	calm	-	111	calm	-
05:00	58	calm	-	90	calm	-	106	calm	-
06:00	54	calm	-	81	calm	-	100	calm	-
07:00	105	calm	-	86	calm	-	121	calm	-
08:00	114	calm	-	107	calm	-	140	calm	-
09:00	138	calm	-	147	calm	-	194	calm	-
10:00	195	calm	-	206	calm	-	223	calm	-
11:00	206	calm	-	200	1,0	SE	285	calm	-
12:00	255	calm	-	220	0,9	NE	264	calm	-
13:00	174	calm	-	233	calm	-	221	calm	-
14:00	196	var	-	171	calm	-	170	calm	-
15:00	199	1,0	NW	184	calm	-	172	1,5	NW
16:00	191	1,4	SW	241	calm	-	181	1,4	NW
17:00	226	1,4	NW	335	var	-	188	1,4	NW
18:00	101	1,8	SE	310	calm	-	203	1,2	SW
19:00	109	calm	-	252	calm	-	204	calm	-
20:00	123	calm	-	220	calm	-	192	calm	-
21:00	139	calm	-	219	calm	-	175	calm	-
22:00	142	calm	-	213	calm	-	158	calm	-
23:00	121	calm	-	211	calm	-	148	calm	-
24:00	133	calm	-	173	calm	-	138	calm	-

A análise do segundo episódio (embora abaixo do valor do PQAr) mostrou maior concentração no dia 01 de agosto às 11h, no período da manhã, concordando com o esperado em termos de ciclo fotoquímico. Também neste episódio, as condições de dispersão eram ruins, ou seja, de ventos fracos. A análise comparativa com as concentrações observadas na estação Ibirapuera confirma a influência predominante das condições meteorológicas associadas ao ciclo fotoquímico, já que o comportamento apresentado pelas duas estações é bastante semelhante.

A análise dos episódios apresentados mostra que podem ocorrer altas concentrações horárias de NO₂ tanto no período da manhã quanto no período da tarde, sob condições de fraca ventilação.

Tabela 16 : Dados de concentração de NO₂ e vento registrados na estação Lapa nos dias 31/07 e 01 e 02/08/2001

Dia	31/07/01			01/08/01			02/08/01		
	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante
01:00									
02:00	54	1,1	NE	80	calm	-	120	calm	-
03:00	52	1,2	SE	73	calm	-	104	calm	-
04:00	46	1,6	NE	63	calm	-	110	calm	-
05:00	47	1,2	NE	61	calm	-	104	calm	-
06:00	55	1,2	NE	78	calm	-	102	calm	-
07:00	69	1,0	NE	88	calm	-	124	calm	-
08:00	65	1,5	NE	119	calm	-	142	calm	-
09:00	59	1,5	SE	157	0,8	NW	217	calm	-
10:00	99	1,5	NE	209	calm	-	207	calm	-
11:00	101	1,2	NE	259	0,9	NW	213	calm	-
12:00	104	var	-	222	var	-	148	1,2	SE
13:00	121	calm	-	156	var	-	125	1,6	SE
14:00	150	0,8	NW	192	0,9	NW	108	1,5	SE
15:00	115	1,0	NW	139	1,2	SE	114	1,2	SE
16:00	102	1,1	SW	112	var	-	96	1,6	SE
17:00	139	1,0	SW	128	1,0	SE	94	2,0	SE
18:00	141	1,0	SW	118	1,4	SE	102	2,1	SE
19:00	113	calm	-	93	1,0	SE	91	2,1	SE
20:00	77	calm	-	127	calm	-	105	1,5	SE
21:00	73	calm	-	120	calm	-	104	1,6	SE
22:00	78	calm	-	103	calm	-	92	1,2	SE
23:00	75	calm	-	127	calm	-	92	1,0	SE
24:00	65	calm	-	143	calm	-	85	calm	-

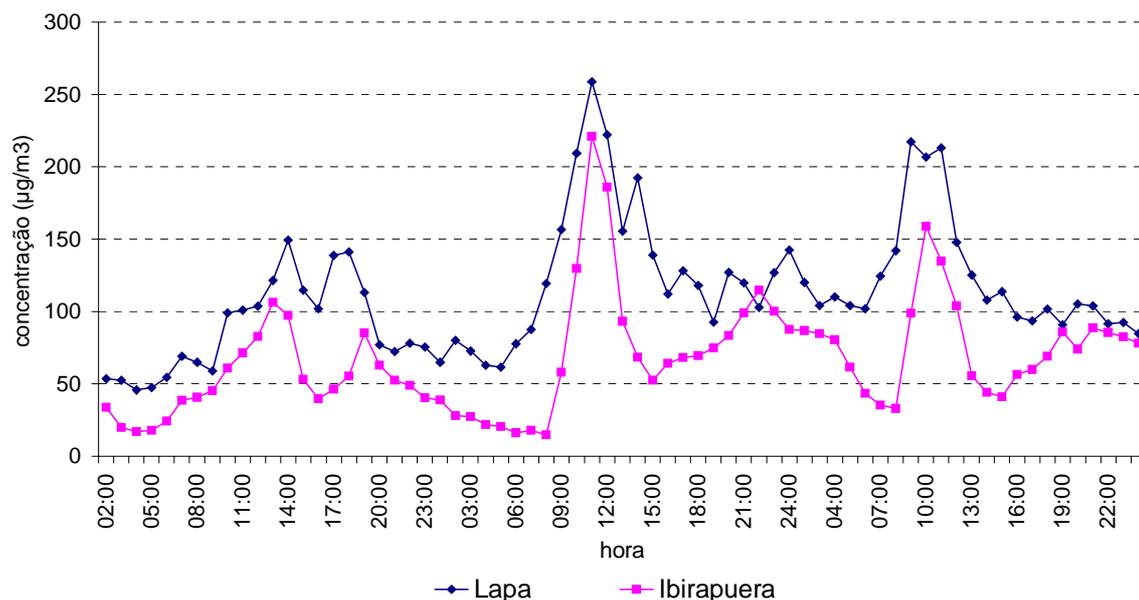


Figura 33 – NO₂ – Médias horárias nas estações Lapa e Ibirapuera nos dias 31/07 e 01 e 02/08/2001

Ozônio - O₃

O ozônio possui um perfil de concentrações médias ao longo do dia bastante diferente dos demais poluentes, pois apresenta um máximo de concentração no período da tarde, geralmente entre 12h e 17h. A figura 34 ilustra a distribuição do O₃ por hora na estação da Lapa, diferenciando os períodos de inverno e verão. Este fenômeno ocorre devido ao ciclo de formação do O₃, que depende não somente da presença de precursores (COVs e NOx), mas fundamentalmente de parâmetros meteorológicos como radiação e temperatura, mais elevados nesse período de primavera/verão. Além disso, pode-se observar também que as concentrações médias são mais baixas nos meses de inverno, ou seja, comportamento oposto aos demais poluentes, que têm as concentrações mais altas nesse período devido à maior estagnação atmosférica.

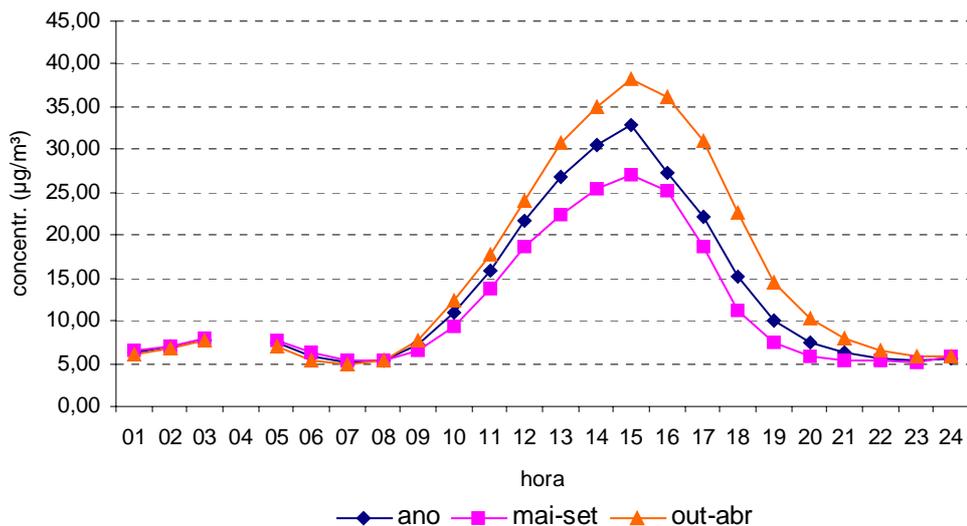


Figura 34 – O₃ – Médias horárias por época do ano no período de 1997 a 2000

A análise por dia da semana (figura 35) na estação Lapa mostra também um comportamento diferenciado para o O₃ com relação aos demais poluentes. Observa-se que, na média, as concentrações no domingo são as mais elevadas. Isto deve ocorrer pela diminuição da emissão de NO, que consome parte do O₃ formado, sendo portanto uma característica principalmente de estações localizadas próximo de vias de tráfego, como a da Lapa. Nestas estações, as concentrações de O₃ são normalmente mais baixas e não representam uma condição média da região. Por este motivo, optou-se por retirar o analisador de O₃ da estação Lapa, o que ocorreu em setembro de 2000.

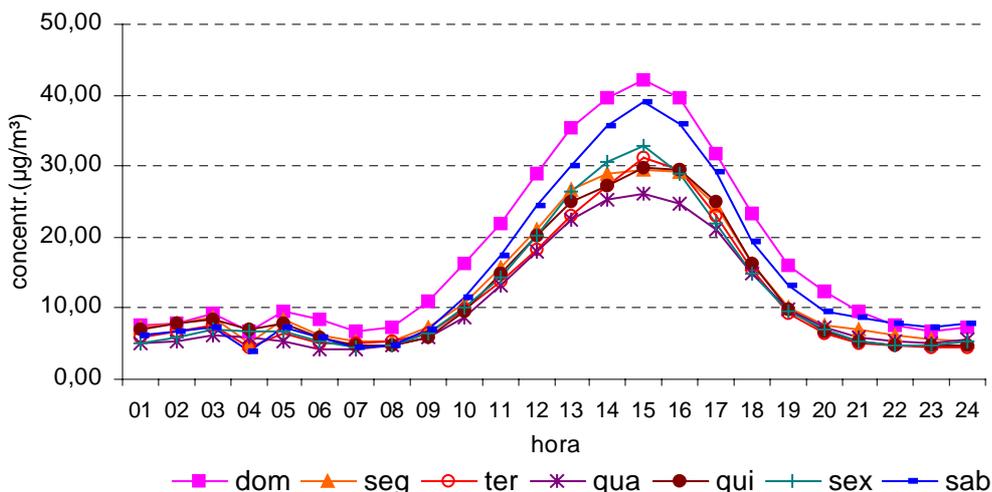


Figura 35 – O₃ – Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2000

Utilizou-se o período das 12h às 17h para a elaboração da figura 36, que apresenta as concentrações médias de O₃ em função do quadrante e velocidade do vento. A figura mostra que não há diferenças muito grandes com a variação das condições de vento. Por exemplo, entre 1 e 2m/s, a média mais elevada de concentração de O₃ é observada com ventos de SW, quadrante, no entanto, com baixa freqüência de ocorrência, em comparação com os ventos de SE, NW e de NE.

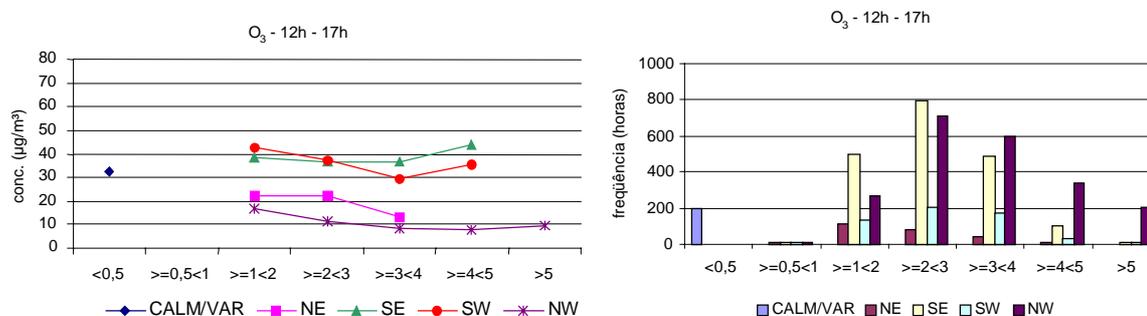


Figura 36 – O₃ – Médias e freqüência de ocorrência no período das 12h às 17h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1997 a 2000

Algumas características do comportamento do O₃ devem ser consideradas, todavia, para interpretação da figura 36. Uma delas é que, apesar de o O₃ ser um poluente secundário, portanto com concentrações representativas de áreas maiores, nesta estação as fontes de NO estão muito próximas e por isso observam-se baixas concentrações deste poluente com ventos provenientes de NW e de NE, de onde sopra o vento que vem das avenidas marginais. Com ventos de SE, mais freqüentes, e também com ventos de SW, observam-se concentrações de O₃ mais elevadas, representativas de emissões de precursores por fontes mais distantes da estação.

Uma vez que o O₃ é altamente influenciado pelo transporte proveniente de regiões mais afastadas, torna-se importante a análise não só do vento no horário de ocorrência de altas concentrações, mas também dos horários que o precedem, já que há um transporte não só de O₃ mas também de seus precursores. Para essa análise foram consideradas a freqüência de ocorrência do vento no período de 10h às 17h nos dias em que houve ultrapassagem do PQAr (160µg/m³), conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 17 : Freqüência de quadrante do vento por hora para os 32 dias em que houve ultrapassagem do PQAr de O₃ na estação Lapa no período de 1997 a 2000

Hora	Calmo	NE	SE	SW	NW
10:00	3	2	17	0	2
11:00	5	5	12	0	2
12:00	1	6	15	0	2
13:00	9	1	9	4	1
14:00	1	1	6	14	2
15:00	0	1	12	9	2
16:00	0	1	12	11	0
17:00	1	0	12	11	0

A tabela 17 mostra que nos dias em que há ultrapassagem do PQAr ($160\mu\text{g}/\text{m}^3$), o vento é predominantemente do quadrante SE, exceto às 14h, quando a predominância é de SW.

Além do transporte, outro parâmetro que influencia nas concentrações do O₃ é a radiação solar. A figura 37 ilustra as variações das concentrações máximas diárias de O₃ na Lapa em função das máximas diárias de radiação solar observadas na estação Ibirapuera, no período de 1997 a 2000. Observa-se que, com exceção de uma ocorrência, as concentrações acima do PQAr de 1 hora ($160\mu\text{g}/\text{m}^3$) ocorrem na presença de radiação acima de $659\text{ W}/\text{m}^2$. Apesar disso, observam-se também muitos dias com radiação solar alta e concentrações baixas de O₃, mostrando que para estações localizadas próximas a via de tráfego intenso esse parâmetro não é o único determinante de altas concentrações desse poluente, uma vez que o ozônio é consumido pelo NO proveniente dos escapamentos dos veículos automotores.

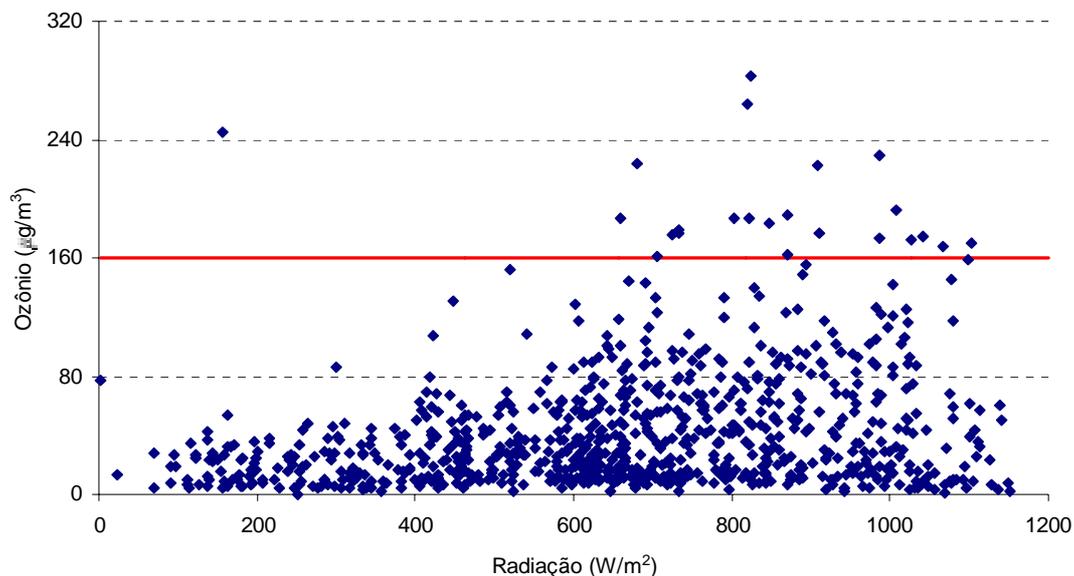


Figura 37 – Dispersão das máximas diárias do O₃ na Lapa e máximas diárias de radiação total na estação Ibirapuera no período de 1997 a 2000

Considerando a temperatura do ar em análise semelhante à realizada para a radiação solar, observa-se que a maioria das ultrapassagens do PQAr de 1h ocorrem em dias quentes, com temperatura máxima diária acima de 25°C (figura 38). Assim como foi observado no gráfico anterior, existem valores muito baixos de ozônio também para altas temperaturas, sendo isso resultado da proximidade com a via de tráfego. De maneira geral, os dias mais quentes são aqueles em que o vento predominante é proveniente de N – NW, ou seja, da via para a estação.

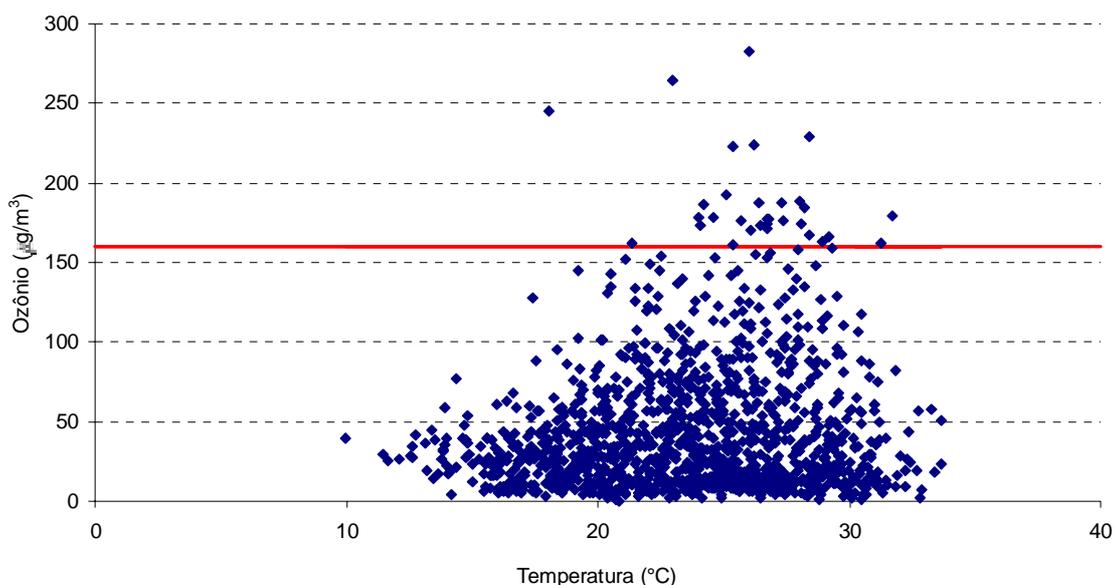


Figura 38 – Dispersão das máximas diárias do O₃ na Lapa e máximas diárias de temperatura na estação Ibirapuera no período de 1997 a 2000

Partículas Inaláveis - MP₁₀

A figura 39 ilustra a distribuição das concentrações médias ao longo dos dias da semana para o período de 1997 a 2001. Nesta figura, observa-se que os picos de concentração coincidem com o pico de tráfego pela manhã e a partir do final da tarde, este último associado ao tráfego e às condições meteorológicas, em média, mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes. Observa-se também uma nítida redução das concentrações nos finais de semana, principalmente no domingo.

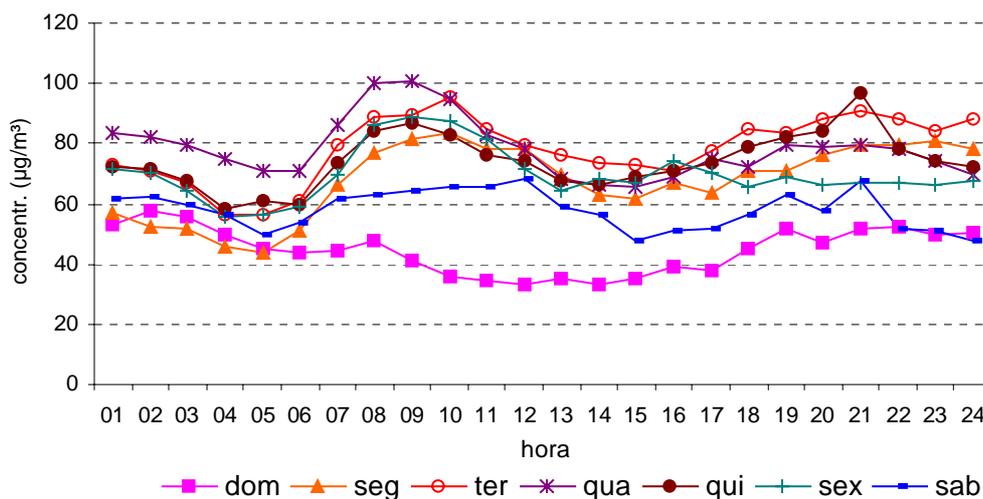
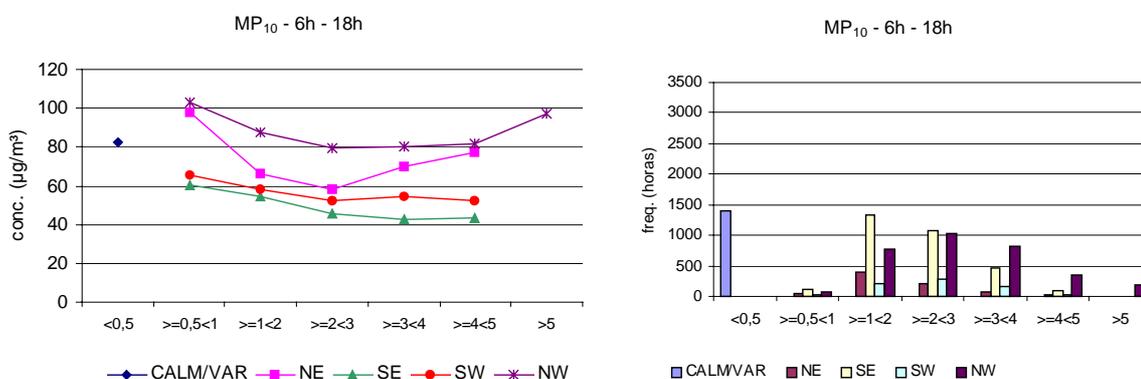


Figura 39 – MP₁₀ – Médias horárias por dia da semana no período de 1997 a 2001 (maio a setembro)

Os perfis das concentrações médias em função da direção e velocidade do vento para os períodos diurno e noturno estão apresentados na figura 40. A comparação simples entre os períodos diurno e noturno mostra que as concentrações são em média mais altas no período diurno, exceto em condições de vento calmo ou muito fraco.

Os gráficos mostram que os quadrantes do vento em que há maior impacto na estação são NW e NE, respectivamente, indicando também para este poluente forte influência dos veículos que trafegam nas avenidas marginais. Com ventos dos quadrantes NW e NE observa-se ainda o aumento das concentrações médias com o aumento da velocidade do vento. Embora a SE localize-se uma importante fonte de emissão de material particulado (Cia Vidraria Santa Marina) porém mais distante da Estação, conforme dados inventariados, quando o vento sopra deste quadrante, detectam-se as menores concentrações médias de MP₁₀, especialmente no período noturno.



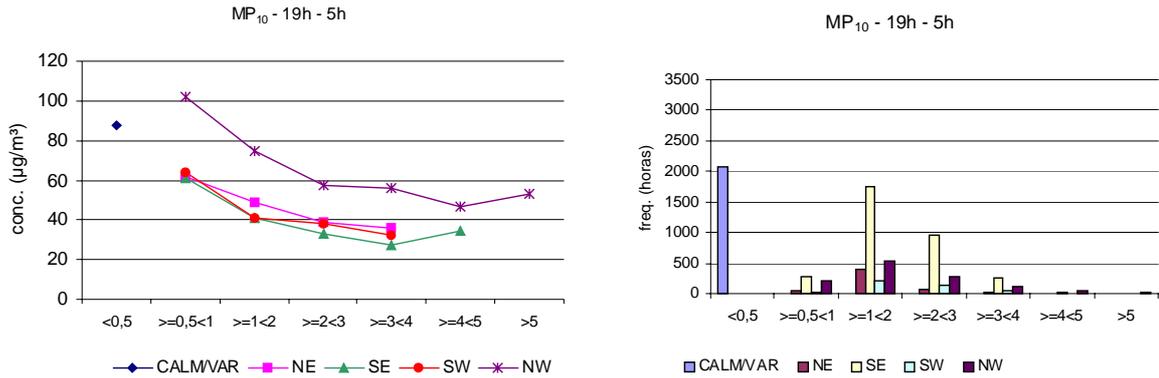


Figura 40 – MP₁₀ – Médias e freqüência de ocorrência nos períodos das 6h às 18h e das 19h às 5h, em função de velocidade e quadrante dos ventos, no período de 1997 a 2001

Episódios de alta concentração

A análise dos episódios de mais alta concentração de MP₁₀ em 2001 mostra que as concentrações mais elevadas nem sempre coincidiram com o horário usual para ocorrência das máximas diárias de MP₁₀ na estação Lapa, entre 8h e 10h da manhã.

O episódio que se estendeu das 18h do dia 14 de janeiro de 2001, com uma brusca elevação da concentração (337µg/m³), até a madrugada do dia 15, ocorreu em condição de calmaria.

Em média, as maiores concentrações de MP₁₀ na Lapa são registradas entre terça e quinta-feira. Este episódio, entretanto, foi registrado na noite de domingo e madrugada de segunda-feira, indicando que é possível que condições locais possam ter propiciado a ocorrência de altas concentrações. Esta possibilidade é reforçada por este episódio ter ocorrido no período de verão, quando as condições meteorológicas não são críticas, e pela análise dos dados na estação Ibirapuera, onde as concentrações de MP₁₀ mantiveram-se em nível bem mais baixo, atingindo valores um pouco mais altos no período da manhã do dia 14 (figura 41).

Tabela 18 : Dados de concentração de MP₁₀ e vento registrados na estação Lapa nos dias 14 e 15/01/2001

Dia	14/01/01			15/01/01		
	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante
01:00	39	calm	-	337	calm	-
02:00	59	calm	-	290	calm	-
03:00	43	-	-	285	calm	-
04:00	43	var	-	227	calm	-
05:00	59	calm	-	182	calm	-
06:00	46	calm	-	153	calm	-
07:00	33	calm	-	130	1,0	SE
08:00	66	calm	-	119	0,9	NE
09:00	36	1,1	SE	106	1,2	NE
10:00	23	1,3	SE	67	1,1	SE
11:00	26	var	-	50	1,3	NE
12:00	22	1,4	NW	43	1,4	NE
13:00	22	var	-	47	1,3	NW
14:00	22	var	-	50	var	-
15:00	16	1,5	NW	33	1,9	SE
16:00	16	1,8	SE	30	1,9	SE
17:00	26	4,0	NW	38	1,6	SE
18:00	291	2,5	SE	50	1,8	SE
19:00	301	1,4	NW	33	2,3	SE
20:00	323	calm	-	31	1,9	NE
21:00	301	calm	-	48	1,3	NE
22:00	292	calm	-	45	1,2	NE
23:00	271	calm	-	38	calm	-
24:00	277	calm	-	37	calm	-

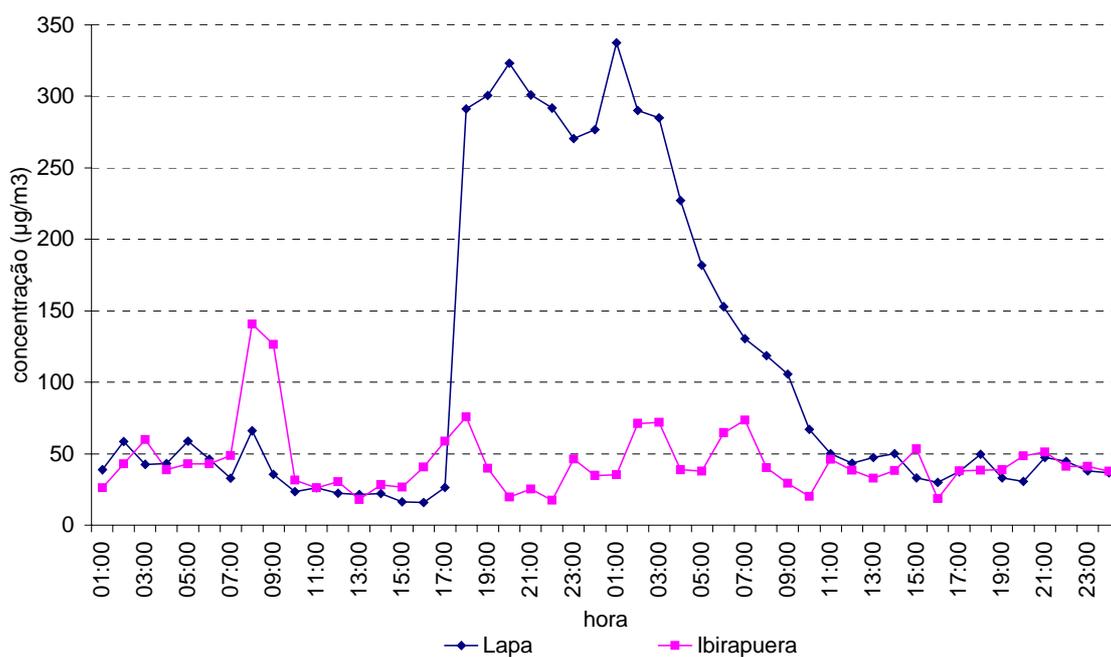


Figura 41 – MP₁₀ – Médias horárias nas estações Lapa e Ibirapuera nos dias 14 e 15/01/2001

A ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão atmosférica e pico de tráfego produziu um episódio de altas concentrações de MP₁₀, cuja máxima horária ocorreu no dia 02 de agosto às 9h.

Tabela 19 : Dados de concentração de MP₁₀ e vento registrados na estação Lapa nos dias 01 e 02/08/2001

Dia	01/08/01			02/08/01		
	Hora	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s	Quadrante	Conc.(1h) µg/m ³	Veloc. m/s
01:00	124	calm	-	162	calm	-
02:00	156	calm	-	213	calm	-
03:00	137	calm	-	218	calm	-
04:00	119	calm	-	167	calm	-
05:00	115	calm	-	147	calm	-
06:00	132	calm	-	137	calm	-
07:00	158	calm	-	167	calm	-
08:00	160	calm	-	189	calm	-
09:00	206	0,8	NW	281	calm	-
10:00	152	calm	-	195	calm	-
11:00	140	0,9	NW	84	calm	-
12:00	121	var	-	66	1,2	SE
13:00	63	var	-	54	1,6	SE
14:00	59	0,9	NW	57	1,5	SE
15:00	66	1,2	SE	45	1,2	SE
16:00	50	var	-	55	1,6	SE
17:00	64	1,0	SE	49	2,0	SE
18:00	50	1,4	SE	52	2,1	SE
19:00	37	1,0	SE	48	2,1	SE
20:00	50	calm	-	45	1,5	SE
21:00	134	calm	-	59	1,6	SE
22:00	122	calm	-	72	1,2	SE
23:00	115	calm	-	58	1,0	SE
24:00	148	calm	-	64	calm	-

A comparação com as concentrações observadas no Parque do Ibirapuera (figura 42) mostra que o comportamento de ambas são semelhantes, confirmando uma situação meteorológica que ocasionou concentrações relativamente elevadas numa escala espacial urbana. Deve-se considerar, no entanto, que o PQAr de curto prazo para este poluente é obtido pela média de 24 horas, ou seja, considerando a contribuição de ambas as concentrações diurnas e noturnas.

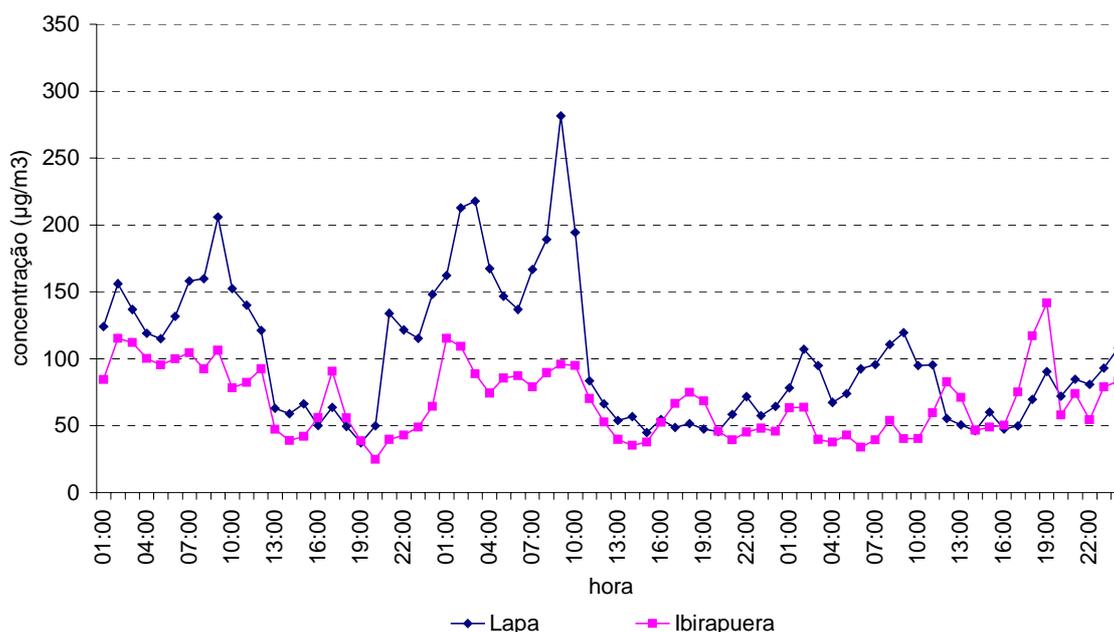


Figura 42 – MP₁₀ – Médias horárias nas estações Lapa e Ibirapuera nos dias 01 e 02/08/2001

4.1.5. Conclusões

Qualidade do Ar

Escala de Representatividade

O levantamento das principais fontes emissoras de poluentes no entorno da estação Lapa e a análise dos impactos a ela associados em termos de qualidade do ar na estação de monitoramento mostrou que a estação é representativa de microescala, ou seja, as concentrações observadas nesta estação são representativas de uma área muito pequena, de poucos metros no entorno da estação.

Os resultados comparativos entre as fontes de emissão e direção e velocidade do vento mostraram que as concentrações observadas na estação são fortemente influenciadas pela emissão das avenidas marginais, destacando que a via marginal local no sentido Lapa-Penha dista somente 8 metros da estação.

Outro ponto que deve ser destacado é que as concentrações em média são geralmente maiores no período diurno, evidenciando a forte influência das condições de tráfego mais intenso. Observou-se, no entanto, episódios de altas concentrações no período noturno, em associação com condições de estagnação atmosférica.

A localização da estação na direção sul em relação às avenidas marginais é favorável à detecção de episódios de alta concentração, exceto para o O₃, uma vez os ventos provenientes de norte estão, em geral, associados a condições desfavoráveis à dispersão dos poluentes atmosféricos. Entretanto, se a estação estivesse localizada ao norte das avenidas marginais é possível que as médias

anuais ali detectadas sejam maiores que as medidas no atual local, uma vez que o vento predominante nesta região é de SE, principalmente nos horários de pico de emissão veicular.

Uso do Solo

A estação está localizada em região de característica diversificada em termos de uso do solo. No raio de 2km inventariado estão presentes atividades comerciais, industriais e residências. A análise da influência das principais fontes mostrou que as concentrações de poluentes observados na estação decorrem principalmente das emissões veiculares, em especial das avenidas marginais do Tietê localizada a poucos metros de distância. Desta forma, em termos de uso do solo, o mais adequado é a classificação da estação como veicular, ou seja, localizada próximo de via de tráfego intenso.

População Exposta

A maior parte da população que reside no bairro não é exposta às concentrações equivalentes às da estação, sendo que somente as pessoas que residem ou trabalham muito próximo de vias de tráfego intenso de veículos, leves e pesados, é que realmente estão expostas a concentrações equivalentes.

Parâmetros Monitorados

A estação Lapa monitora os poluentes MP (MP_{10}), CO e NO_x . Considerando ser esta uma estação tipicamente veicular, tanto de veículos de ciclo Otto quanto diesel e que estes veículos são emissores dos poluentes monitorados, ela apresenta uma configuração adequada para avaliação da qualidade do ar em locais próximos de grandes vias de tráfego; do impacto ao longo do tempo resultante de alterações nas características da frota, como sua renovação ou alterações nos combustíveis; da eficácia de determinadas ações de controle, como por exemplo, a fiscalização de fumaça preta. Por ser uma estação veicular, não é adequada para monitoramento de poluentes secundários, como o ozônio.

Com relação aos parâmetros meteorológicos, a estação Lapa dispõe somente de sensores de vento. A análise feita com base na localização das fontes, da direção e velocidade do vento e das concentrações observadas na estação mostrou que o vento é um parâmetro útil para identificação das fontes responsáveis pela poluição medida, uma vez que não existem anteparos que possam estar influenciando significativamente estas medidas.

Recomendações

Uma vez que os ventos predominantes nos horários de pico de emissão veicular sopram da estação em direção às avenidas marginais, é importante monitorar alguns poluentes traçadores deste tipo de fonte no outro lado das avenidas.

5. Bibliografia

- 1- United States Environmental Protection Agency (US-EPA): An Empirical Approach for Relating Annual TSP Concentrations to Particulate Microinventory Emissions Data and Monitor Siting Characteristics, (EPA-450/4-79-012) 1979
- 2- World Health Organization (WHO) - Guidelines for Air Quality - Geneva - 1999
- 3- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) - Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 2000 - São Paulo - 2001
- 4- United States Environmental Protection Agency (US-EPA): Code of Federal Regulation, 40 – Pt.58 – Ambient Air Quality Surveillance. Ed. 1996
- 5- Guimarães, F. A., Esteves, S. S. et al.: Rede Automática de Amostragem de Poluentes Atmosféricos – Plano Preliminar; VIII Cong. Bras. de Eng. Sanitária; Rio de Janeiro, 1975
- 6- Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA): site SP Janela Eletrônica – Núcleo de Pesquisas em Tecnologia Avançada para Monitoramento e Proteção Ambiental (NATA).

Equipe de Trabalho

Américo Tomio Meenochite – ETQT
Carlos Eduardo Negrão – ETQT
Carlos Ibsen Vianna Lacava – ETQM
Dirce Maria Pellegatti Franco – ETQM
Maria Cristina Neuscheffer de Oliveira – ETQA
Maria Lúcia Gonçalves Guardani – ETQT
Orlando Ferreira Filho – ETQM
Richard Toyota – ETQT
Rosana Curilov – coordenadora – ETQM

Colaboração

Agência Ambiental de Pinheiros
Agência Ambiental de Santana

SUMÁRIO

A CETESB pública anualmente, desde 1976, este relatório com a análise dos dados e informações relativas à qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP e Cubatão, durante a então denominada Operação Inverno, que compreende o período de maio a setembro. Mais recentemente, foram incorporadas ao relatório os resultados do monitoramento automático nos municípios de Paulínia, Campinas, Sorocaba e São José dos Campos.

Neste relatório são apresentados dados do inverno de 2003, das redes manual e automática, compreendendo os seguintes poluentes: partículas inaláveis (MP_{10}), partículas totais em suspensão (PTS), fumaça (FMC), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3) e dióxido de nitrogênio (NO_2), além de dados meteorológicos relativos à passagem de sistemas frontais, precipitação, inversões térmicas, vento e calmaria. São apresentados a distribuição do índice de qualidade do ar e os estados atingidos e/ou declarados. Mostra-se, também, as tendências das concentrações de cada poluente, por região e dos parâmetros meteorológicos nos últimos dez anos.

Em termos meteorológicos, o inverno de 2003 apresentou uma frequência de dias de condições desfavoráveis para a dispersão dos poluentes um pouco maior que nos anos anteriores. Os resultados mostraram que:

partículas inaláveis – O PQAR diário permanece sendo excedido tanto na RMSP, quanto em Cubatão (V.Parisi e Centro). O nível de atenção foi atingido duas vezes em Cubatão – Vila Parisi.

fumaça – O PQAR de 24 horas foi excedido duas vezes na RMSP (Campos Elíseos e Moema).

partículas totais em suspensão – Em 2003, o PQAR foi ultrapassado em 4 das 10 estações que monitoram esse poluente, sendo que em Cubatão-Vila Parisi atingiu-se também 5 vezes o nível de atenção e uma vez o nível de alerta.

dióxido de enxofre – Os valores mantiveram-se bem abaixo do PQAR, mantendo-se estáveis nos últimos anos.

1. INTRODUÇÃO

A partir de 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 denominada “Operação Inverno”⁽¹⁾ 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⁽²⁾. 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. Já o ozônio, que é um poluente secundário, também atinge altas concentrações no período mais frio, embora as maiores freqüências de episódios ocorram na primavera/verão.

Os níveis de dióxido de enxofre (SO₂), partículas inaláveis (MP₁₀) e monóxido de carbono (CO) não têm mais atingido níveis críticos e, em decorrência disto, a "Operação Inverno" não existe atualmente, na RMSP, como ação concentrada de controle de fontes industriais. Já em Cubatão, ações mais efetivas de controle ainda são tomadas.

Este relatório permite uma análise histórica ao longo do período do que se tem observado na atmosfera a partir da avaliação da qualidade do ar pelas redes da Cetesb.

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 tamanho menor que 10µm. Estas partículas penetram profundamente no trato respiratório. Estudos realizados pela CETESB na RMSP⁽³⁾ 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.

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⁽⁴⁾.

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.

2.2. Padrões e Índice de Qualidade do Ar

Os padrões de qualidade do ar (PQAR) estão definidos no Decreto Estadual 8468/76⁽⁵⁾ e na Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90⁽⁶⁾. 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Atenção ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Emergência ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PTS	24h*	240 80 ²	150 60 ²	375	625	875
SO ₂	24h*	365 80 ¹	100 40 ¹	800	1.600	2.100
O ₃	1h*	160	160	400 200**	800	1.000
FMC	24h*	150 60 ¹	100 40 ¹	250	420	500
MP ₁₀	24h*	150 50 ¹	150 50 ¹	250	420	500
NO ₂	1h	320 100 ¹	190 100 ¹	1130	2260	3000
CO	1h*	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)			
	8h*	10.000 (9ppm)	10.000 (9ppm)	17.000 (15ppm)	34.000 (30ppm)	46.000 (40ppm)

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

Índice	Qualidade do Ar	Significado
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 O₃ 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.

2.3. Redes de Amostragem - histórico

A CETESB vem operando uma rede automática de monitoramento da qualidade do ar desde 1981 na RMSP. A partir de 2000, iniciou-se o monitoramento nos municípios de Campinas, Paulínia, Sorocaba e São José dos Campos. Possui também uma rede manual que mede os teores de dióxido de enxofre e fumaça na RMSP (desde 1973) e interior (desde 1986) e outra que mede as partículas totais em suspensão desde 1983 na RMSP e Cubatão. 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

ESTAÇÃO Nº	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS																
		MP ₁₀	FMC	PTS	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	CH ₄	HCNM	O ₃	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
01	Parque D. Pedro II	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
02	Santana ¹	X										X			X	X		
03	Moóca ¹	X										X			X	X		
04	Cambuci	X																
05	Ibirapuera	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
06	Nossa Senhora do Ó ¹	X																
07	São Caetano do Sul	X		X	X	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						X	X		
10	Cerqueira César	X	X	X	X	X	X	X	X									
11	Penha ¹	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	X		
19	São Bernardo do Campo	X		X											X	X		
20	Taboão da Serra	X																
21	São Miguel Paulista	X										X	X	X	X	X		
22	Mauá	X				X	X	X				X						
27	Pinheiros ²	X	X	X	X	X	X	X	X			X						
-	Aclimação ³		X		X													
-	Campos Elíseos ³		X		X													
-	Moema ³		X		X													
-	Praça da República ³		X		X													
-	Mogi das Cruzes ³		X		X													
-	Tatuapé ³		X		X													
TOTAL MONITORES RMSP		23	9	9	8	10	10	10	11	2	2	11	4	4	13	13	2	1
24	Cubatão - Centro	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	Cubatão - Vila Parisi	X		X	X										X	X		
TOTAL MONITORES LITORAL		2		2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	2	1	0
42	Campinas-Centro	X	X						X				X	X				
44	Paulínia	X	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	X		
55	São José dos Campos	X	X		X							X	X	X	X	X		
TOTAL MONITORES INTERIOR		4	4		3	2	2	2	2	1	1	3	4	4	3	3	1	1
49	Estação Móvel I	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
50	Estação Móvel II	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
TOTAL GERAL		29	13	11	13	13	13	13	13	4	4	15	9	9	18	18	4	2

MP₁₀ Material particulado inalável
 FMC Fumaça
 PTS Partículas Totais em Suspensão
 SO₂ Dióxido de enxofre
 NO Monóxido de nitrogênio
 NO_x Óxidos de nitrogênio
 NO₂ Dióxido de nitrogênio
 CO Monóxido de carbono
 O₃ Ozônio

CH₄ metano
 HCNM Hidrocarbonetos totais menos Metano
 UR Umidade Relativa
 TEMP Temperatura
 VV Velocidade do Vento
 DV Direção do Vento
 P Pressão Atmosférica
 RAD Radiação global e Ultra-violeta

1 - equipamento temporariamente fora de operação
 2 - monitoramento de SO₂ automático e manual
 3 - monitoramento de SO₂ manual

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 na RMSP.

3.1. 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 1 mostra o número de passagem de sistemas frontais e a respectiva média no período de maio a setembro de 1994 a 2003.

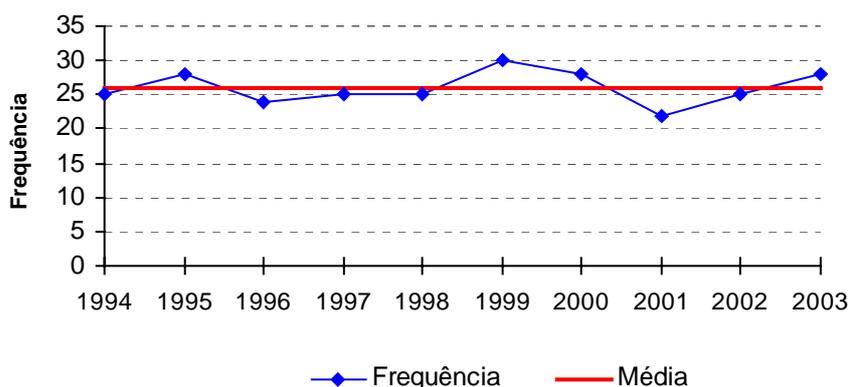


FIGURA 1 - Frequência de sistemas frontais que passaram sobre São Paulo
Período de maio a setembro

3.2. 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, sua ocorrência promove a remoção dos mesmos, pois uma parcela significativa desses poluentes são incorporados à água da chuva. A figura 2 mostra a normal climatológica de 1961-1990 bem como as precipitações ocorridas no período de maio a setembro de 1994 a 2003.

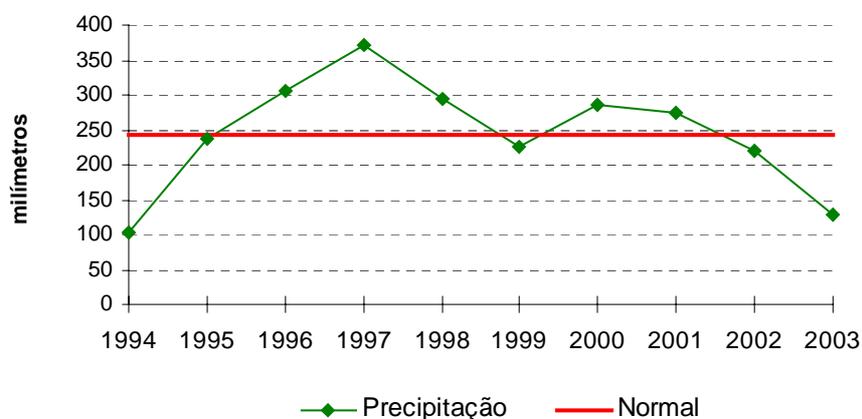


FIGURA 2 - Precipitação Total de 1994 a 2003 e Normal de 1961 a 1990
Período de maio a setembro (Estação Mirante de Santana - INMET)

3.3. 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 3 mostra a frequência total e respectiva média da altura da base das inversões térmicas ocorridas até 200 metros bem como a média no período de maio a setembro de 1994 a 2003.

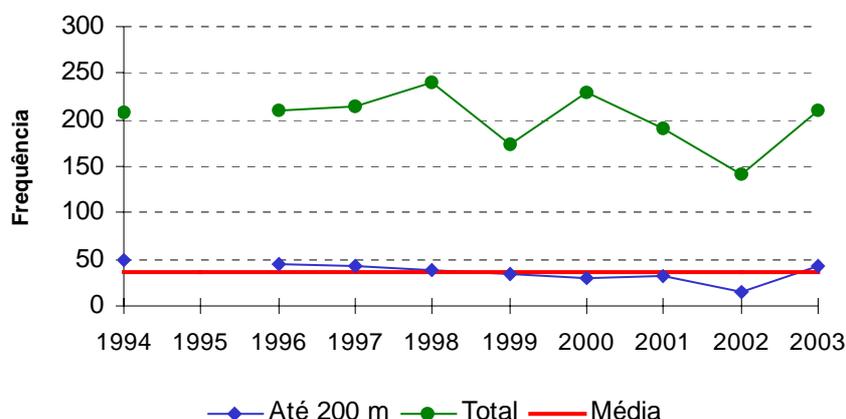


FIGURA 3 - Distribuição de frequência da altura da base das inversões térmicas Período maio a setembro (Força Aérea Brasileira - Campo de Marte)

3.4. 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 4 e 5 mostram respectivamente a porcentagem de calmaria e velocidades médias para os meses de maio a setembro de 1994 a 2003.

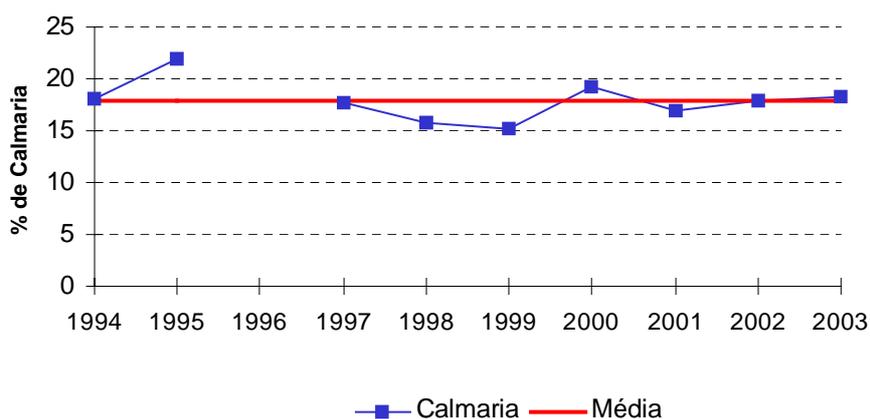


FIGURA 4 - Porcentagem de calmaria na Região Metropolitana de São Paulo Período maio a setembro (Rede Automática - CETESB)

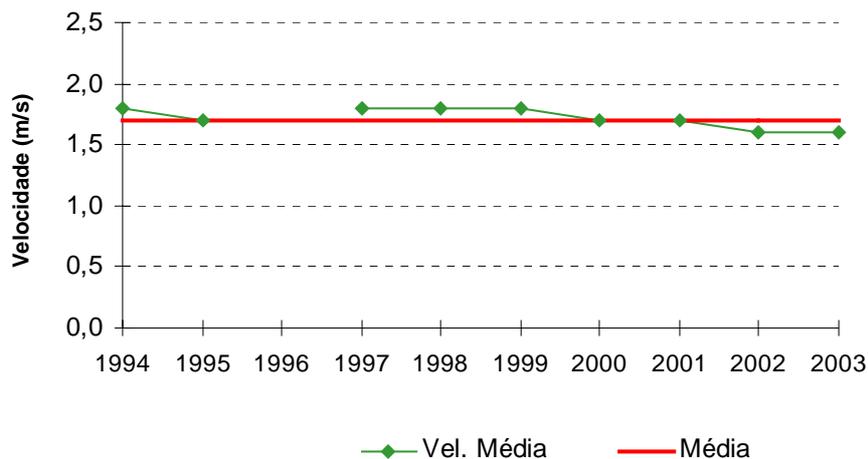


FIGURA 5 - Velocidade média do vento na Região Metropolitana de São Paulo Período maio a setembro (Rede Automática - CETESB)

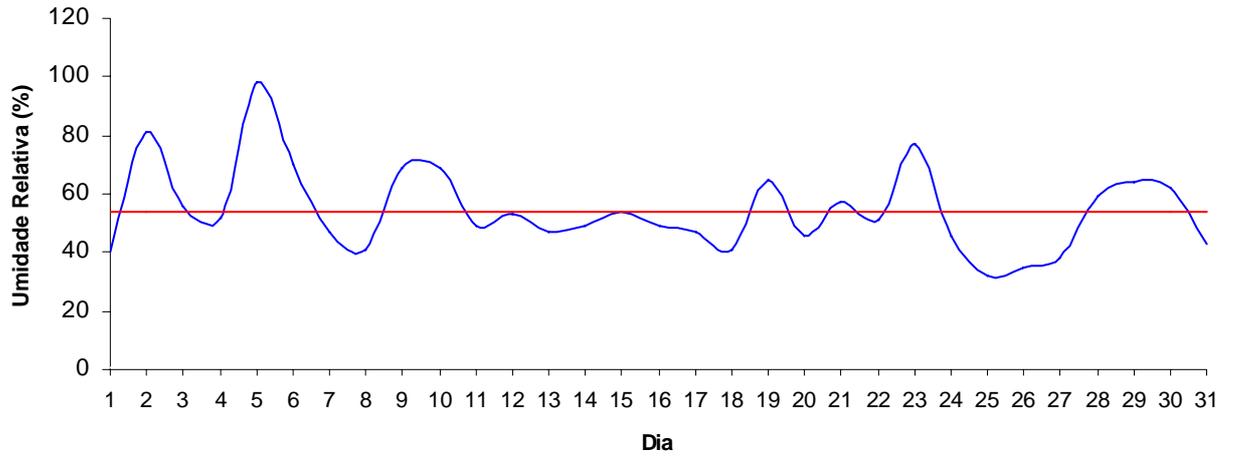
3.5. Umidade Relativa do Ar

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.

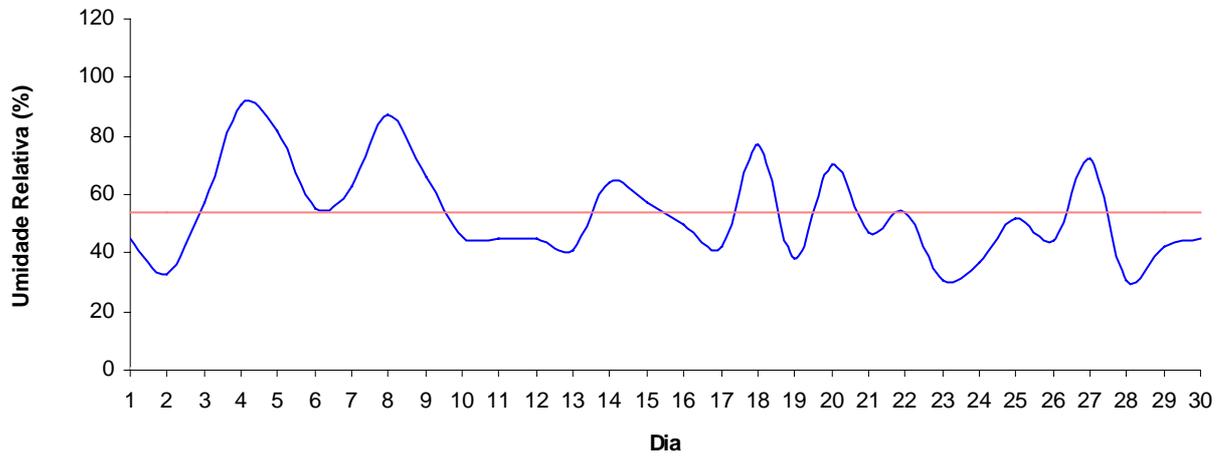
A figura 6 mostra o comportamento da umidade relativa, às 15h, horário do dia em que a umidade apresenta os valores mais baixos e a linha reta em cada gráfico representa as médias de umidade relativa do ar de cada mês, referentes ao período de maio a setembro de 2003.

Em 2003, as médias mensais de umidade relativa estiveram abaixo das médias dos últimos dois anos. Este dado, juntamente com os índices de pluviosidade mais baixos (figura2), indicam que 2003 foi um ano mais seco que os anteriores. Dentre os períodos com umidade mais baixa, destaca-se o período entre os dias 19 e 24 de agosto.

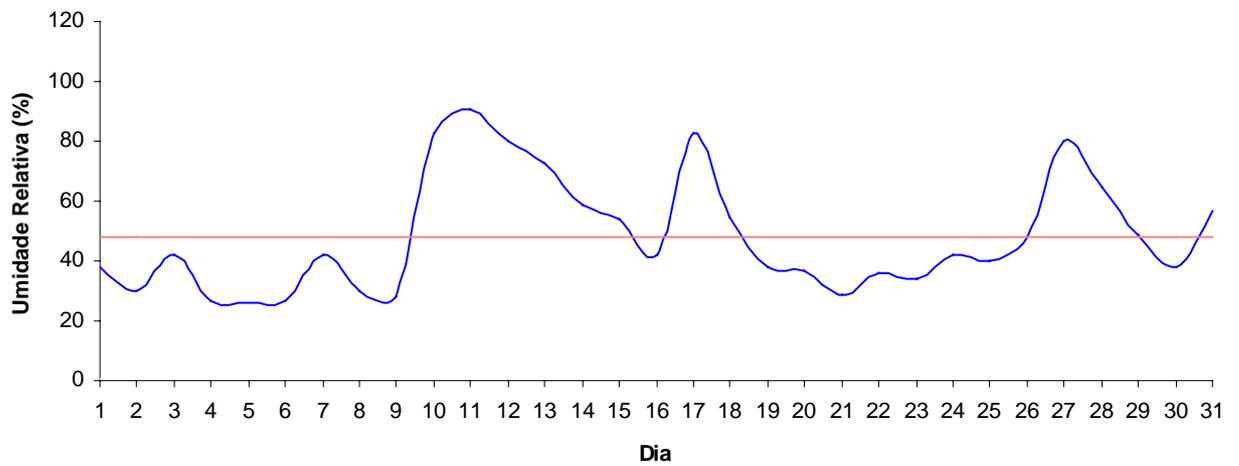
maio/2003

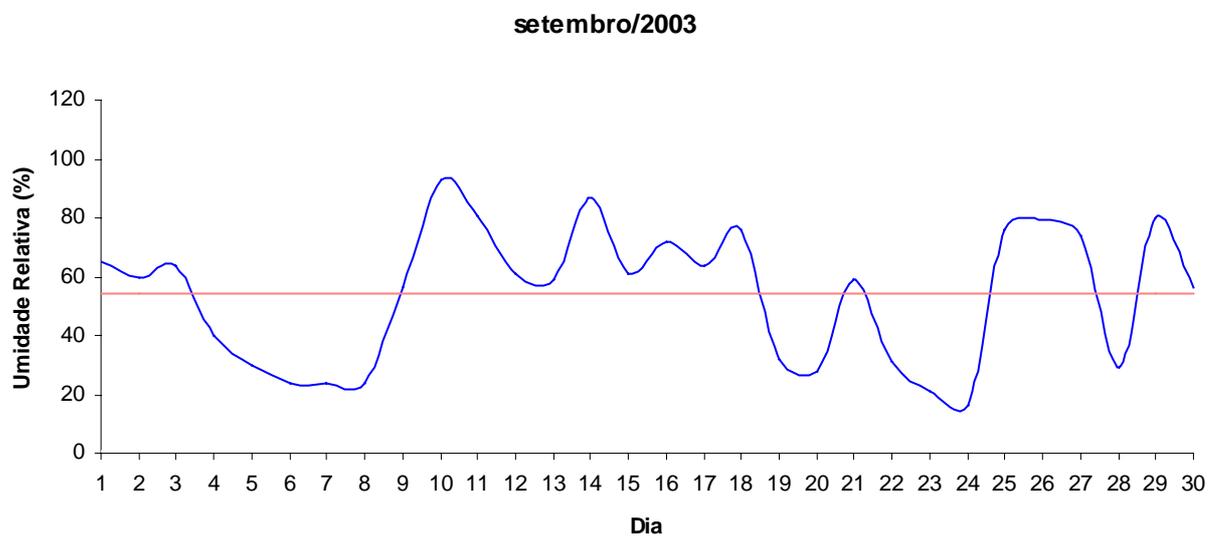
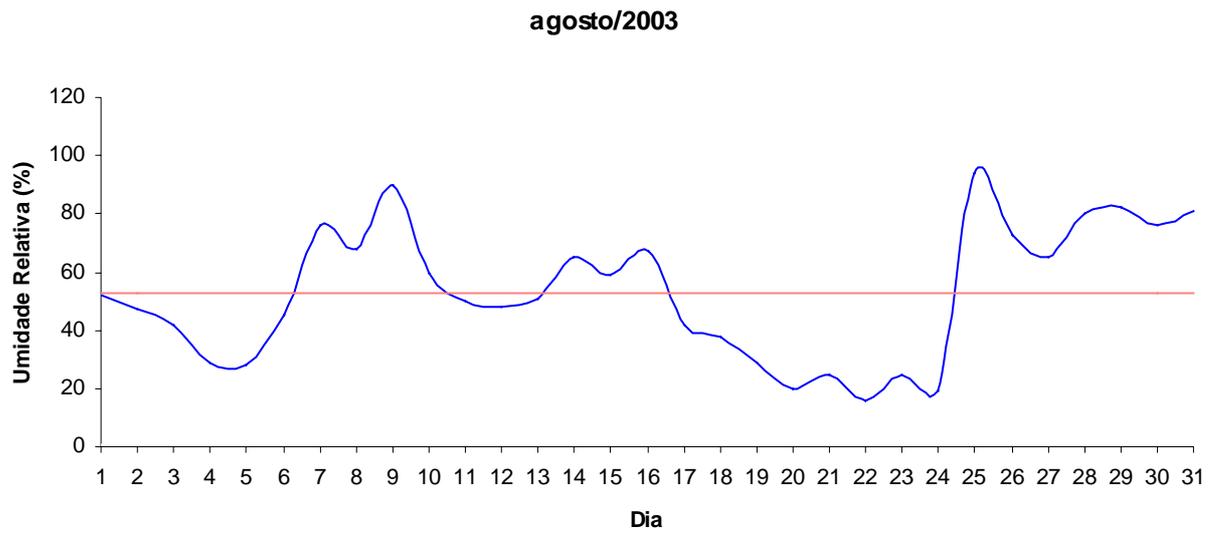


junho/2003



julho/2003





**FIGURA 6 - Umidade Relativa às 15h
Período maio a setembro (Estação Mirante de Santana – INMET)**

3.6. Condições Meteorológicas de Dispersão

Na figura 7 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 1994 a 2003.

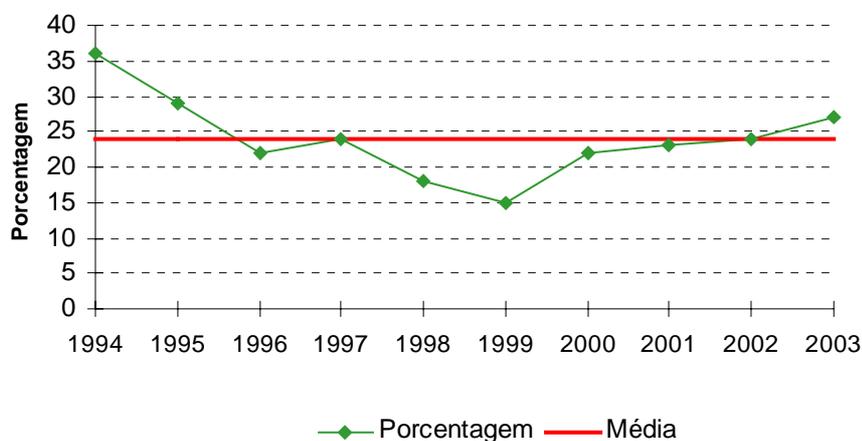


FIGURA 7 - Porcentagem de dias desfavoráveis à dispersão dos poluentes Período maio a setembro

Considerando os aspectos meteorológicos, a análise dos parâmetros indica que o inverno de 2003 foi um pouco mais desfavorável que a média dos anos anteriores. O principal indicador observado foi o de pluviosidade, já que observou-se volumes menores de chuva bem como uma frequência menor de dias com precipitação em comparação aos anos anteriores.

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 2003, 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 2003, somente na RMSP. A base de dados considerada para a tabela abaixo compreende 23 estações que correspondem a 19 monitores de MP_{10} , 11 de CO, 12 de O_3 , 7 de NO_2 e 6 de SO_2 .

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 30/09/03)

	Boa %	Regular %	Inadequada %	Má %
CO	93,1	5,8	1,1	0,0
MP ₁₀	50,9	47,1	1,9	0,1
O ₃	55,1	41,2	3,2	0,5
NO ₂	58,6	41,2	0,2	0,0
SO ₂	100,0	0,0	0,0	0,0

Os resultados mostram que o SO₂ é o único poluente em que o PQAR de curto prazo não foi excedido. O pior caso é o do O₃, onde 3,2% das medições ultrapassaram o PQAR, sendo 0,5% apresentando a qualidade Má. Os dias em que houve ultrapassagem do nível de atenção (qualidade Má) e as respectivas concentrações medidas estão apresentados no item 5.

Na tabela 5 é apresentado um resumo da qualidade do ar por estação de monitoramento, inclusive as estações do interior do Estado. Esta tabela é baseada no índice diário da qualidade do ar, que considera sempre o poluente com o índice mais alto em cada estação.

TABELA 5 - ÍNDICE GERAL DE QUALIDADE DO AR
PERÍODO: 01/05/03 A 30/09/03

ESTAÇÃO	BOA		REGULAR		INADEQUADA		MÁ		PÉSSIMA		CRÍTICA	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
P. D. PEDRO II	44	28,8	100	65,4	9	5,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0
SANTANA*	71	47,7	69	46,3	8	5,4	1	0,7	0	0,0	0	0,0
MOÓCA*	85	57,0	56	37,6	8	5,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0
CAMBUCI	86	56,6	66	43,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
IBIRAPUERA	50	32,9	91	59,9	8	5,3	3	2,0	0	0,0	0	0,0
NOSSA SENHORA DO Ó	92	60,1	61	39,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
S. CAETANO DO SUL	52	34,7	83	55,3	15	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
CONGONHAS	13	8,5	137	89,5	3	2,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
LAPA	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
CERQUEIRA CÉSAR	50	32,7	103	67,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
PENHA	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
CENTRO	68	44,4	83	54,2	2	1,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
GUARULHOS	32	21,1	114	75,0	6	3,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0
S. ANDRÉ - CENTRO	91	59,5	55	35,9	7	4,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
DIADEMA	73	47,7	76	49,7	3	2,0	1	0,7	0	0,0	0	0,0
SANTO AMARO	61	40,7	81	54,0	7	4,7	1	0,7	0	0,0	0	0,0
OSASCO	28	18,3	115	75,2	10	6,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
S. ANDRÉ - CAPUAVA	59	38,6	86	56,2	6	3,9	2	1,3	0	0,0	0	0,0
S. B. DO CAMPO	90	58,8	63	41,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TABOÃO DA SERRA	83	57,2	62	42,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
SÃO MIGUEL PAULISTA	76	49,7	74	48,4	3	2,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
MAUÁ	58	37,9	87	56,9	6	3,9	2	1,3	0	0,0	0	0,0
PINHEIROS	46	41,4	64	57,7	0	0,0	1	0,9	0	0,0	0	0,0
CUBATÃO - CENTRO	83	54,6	67	44,1	2	1,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
CUBATÃO - VILA PARISI	13	8,5	106	69,3	32	20,9	2	1,3	0	0,0	0	0,0
CAMPINAS - CENTRO	94	68,1	44	31,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
PAULÍNIA	28	18,7	107	71,3	15	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
SOROCABA	61	39,9	89	58,2	3	2,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	65	42,5	87	56,9	1	0,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0

* Não atendeu ao critério de representatividade

N = Número de dias

% = Porcentagem de dias no período

Material Particulado

Nas tabelas 6, 7 e 8 são apresentados, respectivamente, os resultados do monitoramento de partículas inaláveis (MP₁₀), partículas totais em suspensão (PTS) e fumaça (FMC), realizado pelas redes automática e manual.

**TABELA 6 - PARTÍCULAS INALÁVEIS (MP₁₀) - REDE AUTOMÁTICA – MÉDIA DE 24h
PERÍODO: 01/05/03 A 30/09/03**

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 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
P. D. PEDRO II	152	6	0	0	0	70	184	168
SANTANA*	58	0	0	0	0	52	124	118
MOÓCA*	63	5	0	0	0	63	183	168
CAMBUCI	152	0	0	0	0	52	120	112
IBIRAPUERA	148	2	0	0	0	64	163	155
NOSSA SENHORA DO Ó	153	0	0	0	0	47	106	100
S. CAETANO DO SUL	145	1	0	0	0	52	153	132
CONGONHAS	153	0	0	0	0	60	140	132
LAPA	0	-	-	-	-	-	-	-
CERQUEIRA CÉSAR	153	0	0	0	0	61	146	142
PENHA	0	-	-	-	-	-	-	-
CENTRO	153	2	0	0	0	61	158	151
GUARULHOS	152	6	0	0	0	81	170	166
S. ANDRÉ - CENTRO	153	4	0	0	0	52	185	178
DIADEMA	153	0	0	0	0	44	112	104
SANTO AMARO	150	1	0	0	0	58	164	148
OSASCO	153	10	0	0	0	84	182	177
S. ANDRÉ - CAPUAVA	153	0	0	0	0	44	134	102
S. BERNARDO DO CAMPO	153	0	0	0	0	52	140	138
TABOÃO DA SERRA	145	0	0	0	0	52	126	122
SÃO MIGUEL PAULISTA	153	3	0	0	0	56	220	157
MAUÁ	153	0	0	0	0	54	148	138
PINHEIROS	110	0	0	0	0	62	144	136
CUBATÃO - CENTRO	151	1	0	0	0	38	173	130
CUBATÃO - VILA PARISI	153	34	2	0	0	115	274	252
CAMPINAS - CENTRO	125	0	0	0	0	45	81	76
PAULÍNIA	149	0	0	0	0	55	127	103
SOROCABA	129	0	0	0	0	39	88	83
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	153	0	0	0	0	40	98	94

* Não atendeu ao critério de representatividade

TABELA 7 - PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO (PTS) – REDE MANUAL
PERÍODO : 01/05/03 A 30/09/03

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	17	0	0	0	0	93	161	160
CUBATÃO-V. PARISI	20	15	5	1	0	287	674	522
IBIRAPUERA	16	0	0	0	0	76	174	160
OSASCO	17	4	0	0	0	172	264	245
P. D. PEDRO II	20	1	0	0	0	123	302	239
PINHEIROS	17	0	0	0	0	86	187	176
SANTO AMARO	20	0	0	0	0	89	186	185
SANTO ANDRÉ-CAPUAVA	20	0	0	0	0	78	146	139
SÃO BERNARDO DO CAMPO	21	2	0	0	0	90	256	243
SÃO CAETANO DO SUL	19	0	0	0	0	92	179	171

Tempo de amostragem: 24 horas

* Não atendeu ao critério de representatividade

TABELA 8 - FUMAÇA (FMC) - REDE MANUAL
PERÍODO : 01/05/03 A 30/09/03

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
ACLIMAÇÃO	19	0	0	0	0	45	107	96
CAMPOS ELÍSEOS	22	1	0	0	0	69	155	144
CERQUEIRA CÉSAR	23	0	0	0	0	57	115	112
IBIRAPUERA	22	0	0	0	0	35	104	86
MOEMA	22	1	0	0	0	50	154	130
MOGI DAS CRUZES	5	0	0	0	0	15	32	17
PINHEIROS	23	0	0	0	0	46	147	108
PRAÇA DA REPÚBLICA	22	0	0	0	0	50	114	111
TATUAPÉ	23	0	0	0	0	54	114	111
CAMPINAS	21	0	0	0	0	42	70	67
PAULÍNIA	22	0	0	0	0	36	80	70
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	25	0	0	0	0	26	64	56
SOROCABA-H. CAMPOS	25	0	0	0	0	23	50	49

Tempo de amostragem: 24 horas

Dióxido de Enxofre

Nas tabelas 9 e 10 são apresentados os dados de dióxido de enxofre obtidos durante o período de maio a setembro nas redes automática e manual.

TABELA 9 - DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO₂) - REDE AUTOMÁTICA – MÉDIA DE 24h
PERÍODO : 01/05/03 A 30/09/03

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA µg/m ³	1ª MÁXIMA µg/m ³	2ª MÁXIMA µg/m ³
		PQAR 365 µg/m ³	ATENÇÃO 800 µg/m ³	ALERTA 1600 µg/m ³	EMERGÊNCIA 2100 µg/m ³			
P. D. PEDRO II	134	0	0	0	0	18	58	53
IBIRAPUERA*	65	0	0	0	0	7	14	14
S. CAETANO DO SUL	148	0	0	0	0	16	45	38
CONGONHAS	153	0	0	0	0	22	42	42
CERQUEIRA CÉSAR	153	0	0	0	0	12	32	30
OSASCO	151	0	0	0	0	12	26	24
PINHEIROS	0	0	0	0	0	-	-	-
CUBATÃO - CENTRO	148	0	0	0	0	18	74	59
CUBATÃO - VILA PARISI	153	0	0	0	0	20	77	74
PAULÍNIA	147	0	0	0	0	13	34	34
SOROCABA	149	0	0	0	0	9	23	23
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	141	0	0	0	0	8	34	31

* Não atendeu ao critério de representatividade

TABELA 10 - DIÓXIDO DE ENXOFRE SO₂- REDE MANUAL
PERÍODO : 01/05/03 A 30/09/03

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA µg/m ³	1ª MÁXIMA µg/m ³	2ª MÁXIMA µg/m ³
		PQAR 365 µg/m ³	ATENÇÃO 800 µg/m ³	ALERTA 1600 µg/m ³	EMERGÊNCIA 2100 µg/m ³			
ACLIAMAÇÃO	17	0	0	0	0	32	70	65
CAMPOS ELÍSEOS	20	0	0	0	0	40	79	71
CERQUEIRA CÉSAR	21	0	0	0	0	26	55	48
MOEMA	20	0	0	0	0	25	86	60
PINHEIROS	21	0	0	0	0	26	65	52
PRAÇA DA REPÚBLICA	20	0	0	0	0	31	72	68
TATUAPÉ	21	0	0	0	0	34	64	63

Tempo de amostragem: 24 horas

Monóxido de Carbono

Nas tabelas 11 e 12 são apresentados os dados de monóxido de carbono obtidos no período de maio a setembro na rede automática.

TABELA 11 - MONÓXIDO DE CARBONO CO - REDE AUTOMÁTICA - MÉDIA DE 8 HORAS - PERÍODO : 01/05/03 A 30/09/03

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA DAS MÁX. DE 8 hrs ppm	1ª MÁXIMA ppm	2ª MÁXIMA ppm
		PQAR 9 ppm	ATENÇÃO 15 ppm	ALERTA 30 ppm	EMERGÊNCIA 40 ppm			
P. D. PEDRO II	151	0	0	0	0	2,2	8,1	7,8
IBIRAPUERA	150	0	0	0	0	1,6	7,2	6,9
SÃO CAETANO DO SUL	144	9	0	0	0	2,9	14,4	14,1
CONGONHAS	145	3	0	0	0	3,4	12,1	10,5
LAPA	0	-	-	-	-	-	-	-
CERQUEIRA CÉSAR	153	0	0	0	0	2,2	6,4	5,5
CENTRO	150	1	0	0	0	2,7	10,6	6,6
S. ANDRÉ - CENTRO	151	5	0	0	0	1,7	10,3	9,8
SANTO AMARO	148	0	0	0	0	1,5	5,1	4,8
OSASCO	153	0	0	0	0	3,2	7,9	7,0
PINHEIROS	0	-	-	-	-	-	-	-
CAMPINAS-CENTRO	136	0	0	0	0	2,3	5,0	4,4
PAULÍNIA	143	0	0	0	0	1,2	7,0	2,6

TABELA 12 - MONÓXIDO DE CARBONO CO - REDE AUTOMÁTICA - MÉDIA DE 1 HORA - PERÍODO : 01/05/03 A 30/09/03

ESTAÇÃO	Nº DE ULTRAPASSAGENS DO PQAR HORÁRIO 35 ppm	MÉDIA ARITMÉTICA DAS MÁX. DE 1 hora ppm	1ª MÁXIMA ppm	2ª MÁXIMA ppm
P. D. PEDRO II	0	3,1	11,2	10,2
IBIRAPUERA	0	2,4	10,3	9,3
SÃO CAETANO DO SUL	0	4,6	16,8	16,6
CONGONHAS	0	4,7	16,2	12,7
LAPA	0	-	-	-
CERQUEIRA CÉSAR	0	3,0	8,1	7,5
CENTRO	0	3,6	13,3	9,2
S. ANDRÉ - CENTRO	0	3,0	14,7	13,9
SANTO AMARO	0	2,2	7,1	6,8
OSASCO	0	4,4	9,9	8,8
PINHEIROS	0	-	-	-
CAMPINAS-CENTRO	0	3,4	8,5	8,1
PAULÍNIA	0	1,8	4,4	4,3

Ozônio

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

**TABELA 13 - OZÔNIO O₃- REDE AUTOMÁTICA - MÉDIA DE 1 HORA PERÍODO :
01/05/03 A 30/09/03**

ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA DAS MAX. DE 1 hr	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
		PQAR 160 µg/m ³	ATENÇÃO 200 µg/m ³	ALERTA 800 µg/m ³	EMERGÊNCIA 1000 µg/m ³			
P. D. PEDRO II	111	3	0	0	0	57	183	179
SANTANA	149	9	1	0	0	84	212	198
MOÓCA	149	5	0	0	0	75	191	190
IBIRAPUERA	152	9	3	0	0	86	224	212
SÃO CAETANO DO SUL	143	5	0	0	0	86	194	188
DIADEMA	152	4	1	0	0	82	206	193
SANTO AMARO	147	7	1	0	0	85	224	191
OSASCO	0	-	-	-	-	-	-	-
SANTO ANDRÉ-CAPUAVA	153	8	2	0	0	93	206	200
S. MIGUEL PAULISTA	112	0	0	0	0	68	150	149
MAUÁ	153	8	2	0	0	86	224	200
PINHEIROS	110	1	1	0	0	56	218	149
CUBATÃO - CENTRO	152	1	0	0	0	80	167	160
PAULÍNIA	146	15	0	0	0	102	192	191
SOROCABA	151	3	0	0	0	89	193	171
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	153	1	0	0	0	83	186	159

Dióxido de Nitrogênio

Na tabela 14 são apresentados os dados de dióxido de nitrogênio durante o período de maio a setembro na rede automática.

TABELA 14 - DIÓXIDO DE NITROGÊNIO NO₂- REDE AUTOMÁTICA - MÉDIA DE 1 HORA - PERÍODO : 01/05/03 A 30/09/03

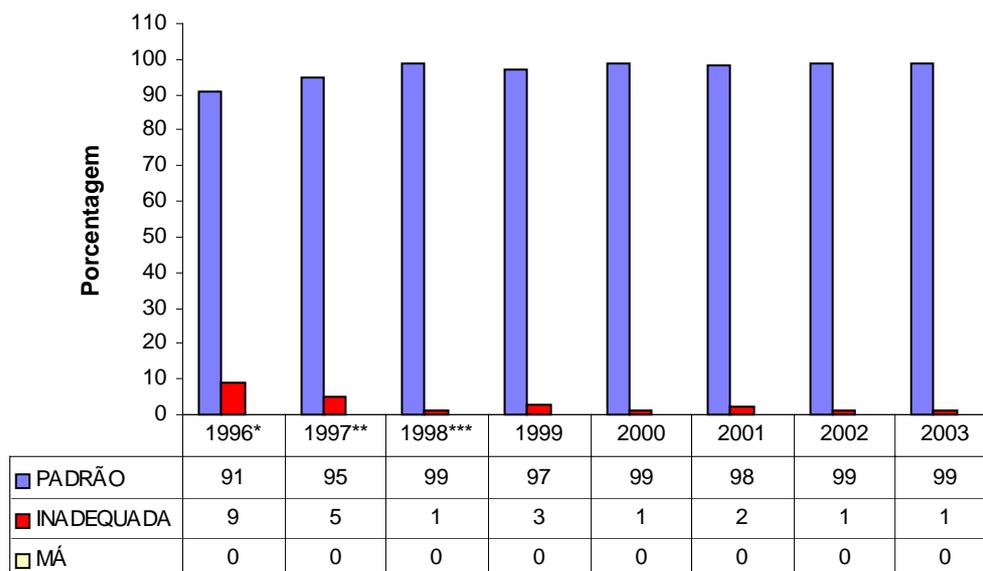
ESTAÇÃO	Nº DE DIAS AMOSTRADOS	ULTRAPASSAGENS				MÉDIA ARITMÉTICA DAS MAX. DE 1 hr	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
		PQAR 320 µg/m ³	ATENÇÃO 1130 µg/m ³	ALERTA 2260 µg/m ³	EMERGÊNCIA 3000 µg/m ³			
P. D. PEDRO II	145	2	0	0	0	124	393	328
IBIRAPUERA	140	0	0	0	0	86	236	228
SÃO CAETANO DO SUL	129	1	0	0	0	115	336	272
CONGONHAS	149	0	0	0	0	167	320	307
LAPA	0	0	0	0	0	0	0	0
CERQUEIRA CÉSAR	153	0	0	0	0	124	307	298
OSASCO	153	0	0	0	0	117	285	272
MAUÁ	117	0	0	0	0	73	267	223
PINHEIROS	0	0	0	0	0	-	-	-
CUBATÃO - CENTRO	148	0	0	0	0	44	144	135
PAULÍNIA	140	0	0	0	0	75	154	150
SOROCABA	150	0	0	0	0	59	125	124

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.

Material Particulado

A figura 8 mostra a evolução dos índices de qualidade do ar para MP₁₀ desde 1996. A coluna “Padrão” representa a soma dos índices de qualidade do ar Boa e Regular. A coluna “Inadequada” representa concentrações acima do PQAR e “Má” representa concentrações acima do nível de atenção. Nesta figura observa-se que o número de ultrapassagens do padrão de qualidade do ar decresce a partir de 1996. Em 2003, a distribuição manteve um perfil semelhante aos observados nos últimos anos, apesar do aumento do número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em 2003 (figura 7).



*rodízio em agosto

** rodízio de junho a setembro

*** rodízio de maio a setembro

Base: todas estações da RMSP, exceto Centro.

FIGURA 8 - MP₁₀ – Distribuição Percentual dos Índices de Qualidade do Ar - RMSP
Período de maio a setembro

As figuras 09 a 15 apresentam a evolução das concentrações médias anuais de MP₁₀, por estação na RMSP, observadas no período de maio a setembro e foram construídas de forma a possibilitar a observação das variações desses dois poluentes 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 significativa a partir de 1996, mantendo nos últimos anos praticamente os mesmos níveis (figuras 09 a 15).

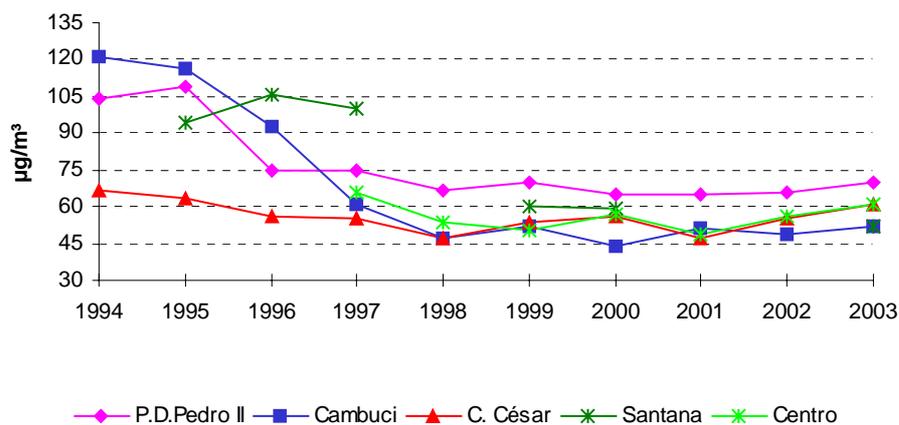


FIGURA 09 - MP₁₀ - Média de concentrações - Centro/Zona Norte
Período de maio a setembro

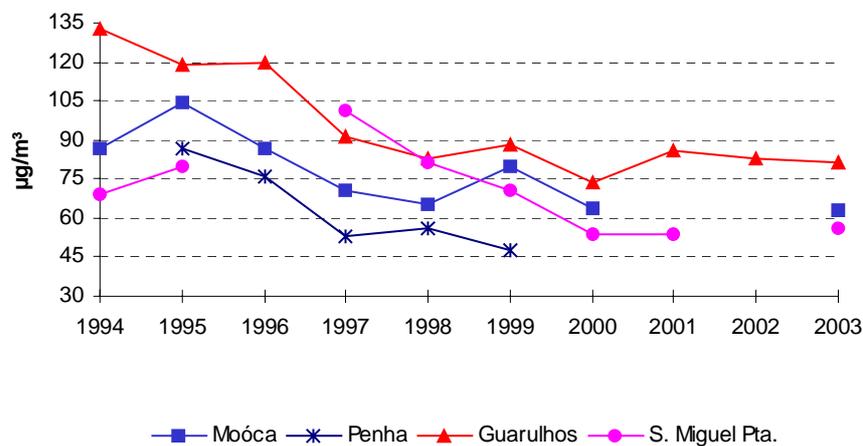


FIGURA 10 - MP₁₀ - Média de concentrações - Zona Leste
Período de maio a setembro

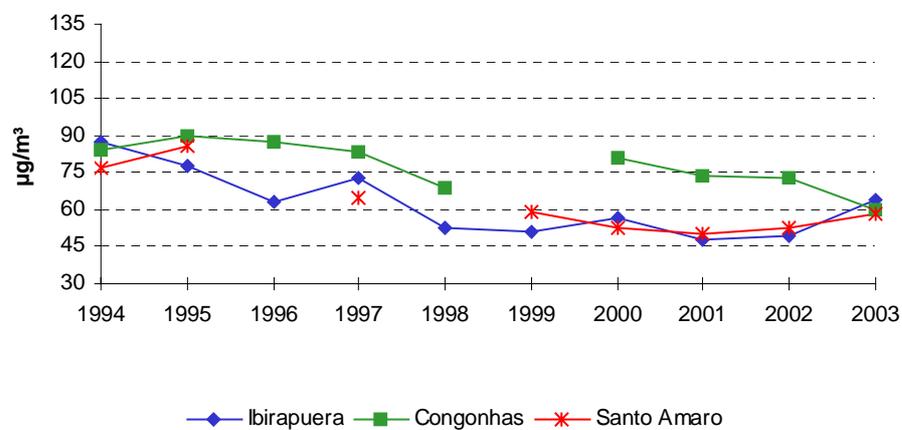
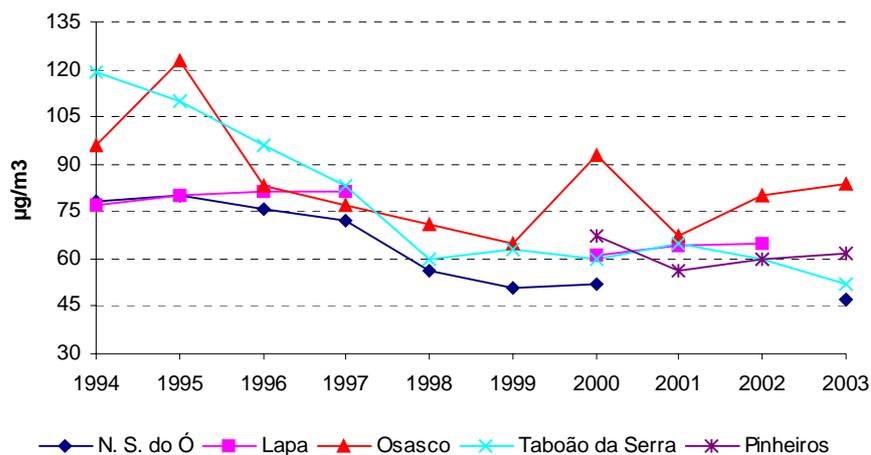


FIGURA 11 - MP₁₀ - Média de concentrações - Zona Sul
Período de maio a setembro



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 - MP₁₀ - Média de concentrações - Zona Oeste
Período de maio a setembro

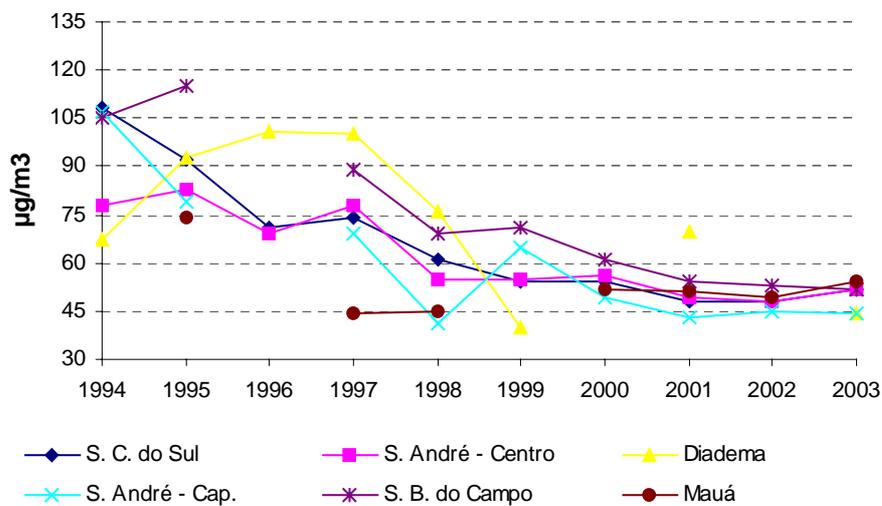
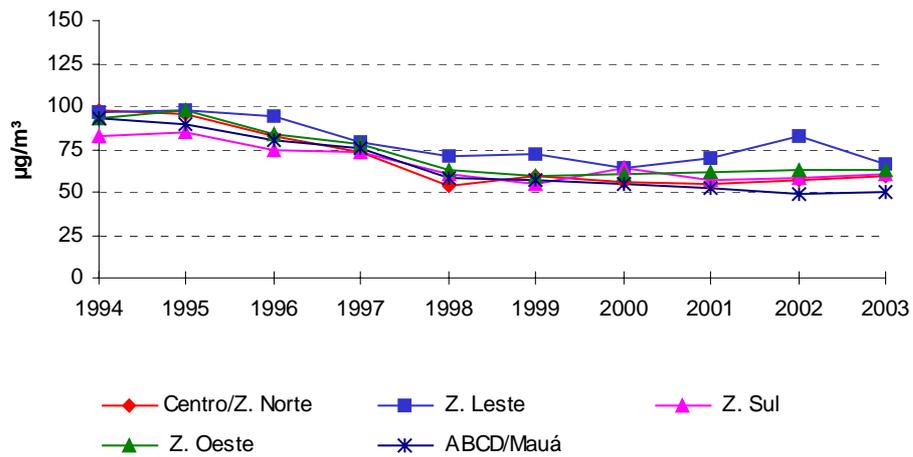
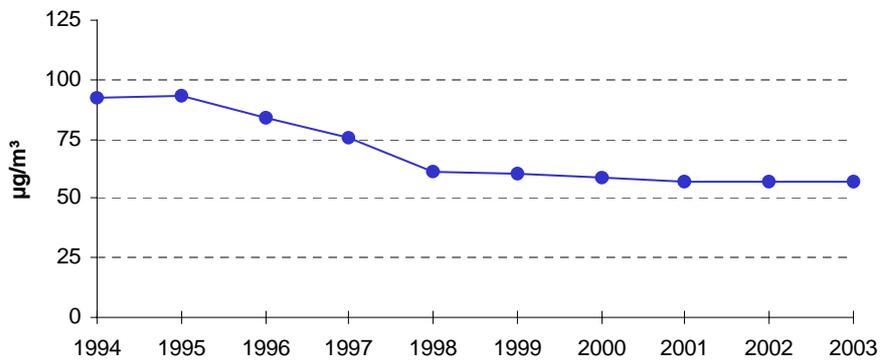


FIGURA 13 - MP₁₀ - Média de concentrações ABCD/Mauá
Período de maio a setembro



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

**FIGURA 14 - MP₁₀ - Média de concentrações por Região
 Período de maio a setembro**



*Não foi considerada a estação Osasco.

**FIGURA 15 - MP₁₀ - Média de concentrações - RMSP
 Período de maio a setembro**

Com relação às concentrações observadas fora da RMSP, destaca-se em 2003 o aumento significativo das concentrações em Cubatão Vila Parisi, tanto no número de ultrapassagens (figura 16), quanto na concentração média do período (figura 17).

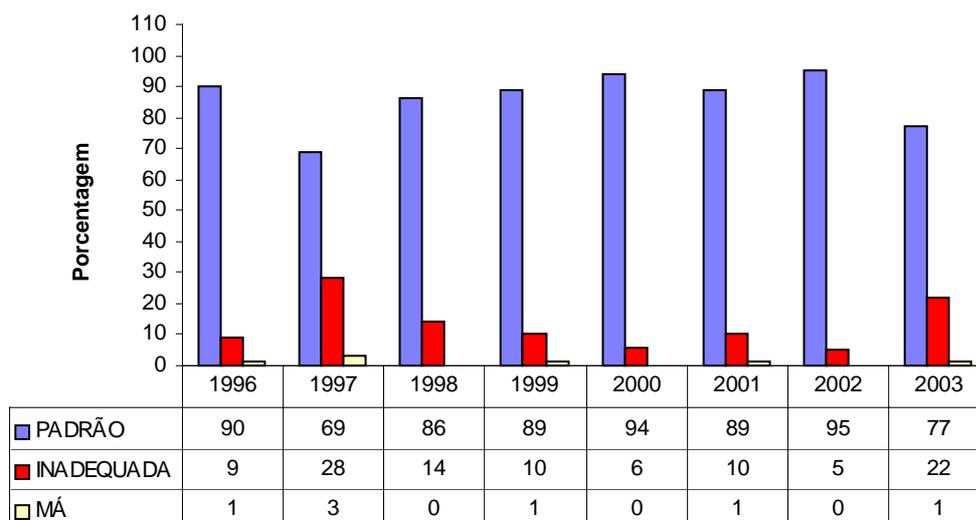


FIGURA 16 - MP₁₀ – Distribuição Percentual dos Índices de Qualidade do Ar – Cubatão-V.Parisi Período de maio a setembro

A análise dos dias em que houve ultrapassagens do padrão de 24 horas em Cubatão – Vila Parisi não indica uma situação específica de ocorrência. Foram observadas altas concentrações tanto em situação de vento forte, que pode indicar contribuição da ressuspensão de poeira do solo, como em situações de vento fraco de diversas direções, que podem indicar a contribuição de fontes industriais e veiculares próximas.

Nos demais municípios do interior monitorados (figura 17), as concentrações mais altas foram observadas em Paulínia, onde as concentrações médias do período de inverno se apresentam acima de 50µg/m³, contribuindo positivamente para ultrapassagem do PQAR anual. Exceto em Cubatão Vila Parisi, nenhuma das estações fora da RMSP registraram ultrapassagens do PQAR de 24 horas.

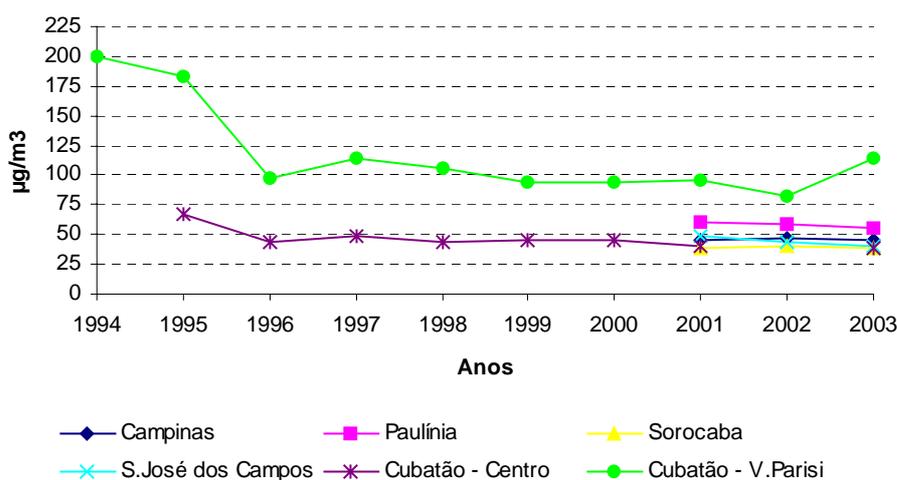


FIGURA 17 - MP₁₀ - Média de concentrações – Cubatão e Interior Período de maio a setembro

As figuras 18 e 19 apresentam as médias das concentrações de fumaça na RMSP, onde observa-se uma redução das concentrações que eram observadas no início dos anos 90.

Em 2003 observou-se um pequeno aumento das concentrações médias na maioria das estações com relação aos últimos dois anos. Isto pode ter ocorrido em função das condições meteorológicas de dispersão um pouco mais desfavoráveis.

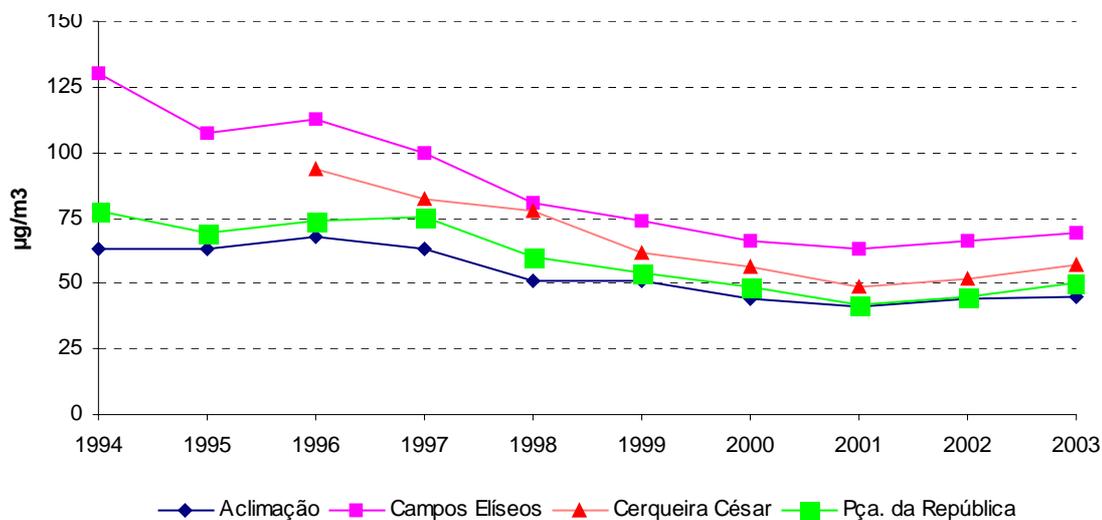


FIGURA 18 - Fumaça - Média das concentrações - Rede Manual (Região Central) Período de maio a setembro

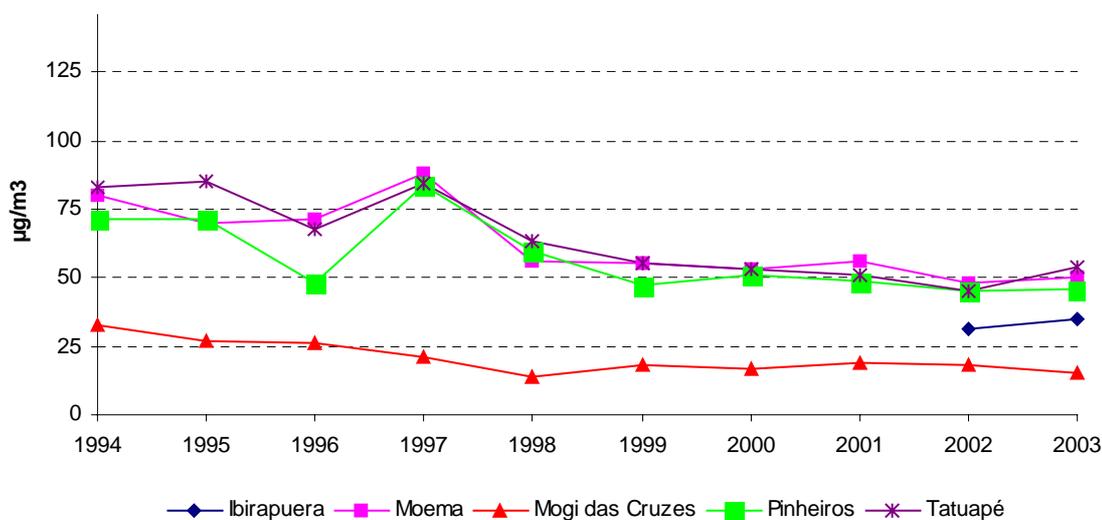
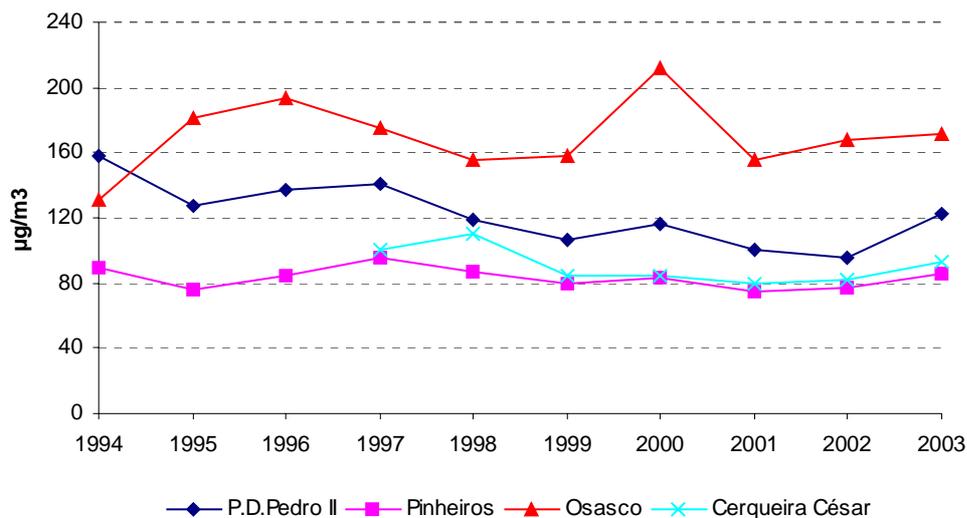


FIGURA 19 - Fumaça - Média das concentrações de fumaça - Rede Manual (Zona Sul, Oeste, Leste) - Período de maio a setembro

Os resultados obtidos no monitoramento da PTS são equivalentes aos medidos em termos de fumaça. As figuras 20 e 21 mostram que houve um ligeiro aumento das concentrações de PTS em 2003, em praticamente todas as estações da RMSP.



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 20 - PTS - Média das concentrações - Rede Manual – RMSP (Centro, Zona Oeste e Leste) - Período de maio a setembro

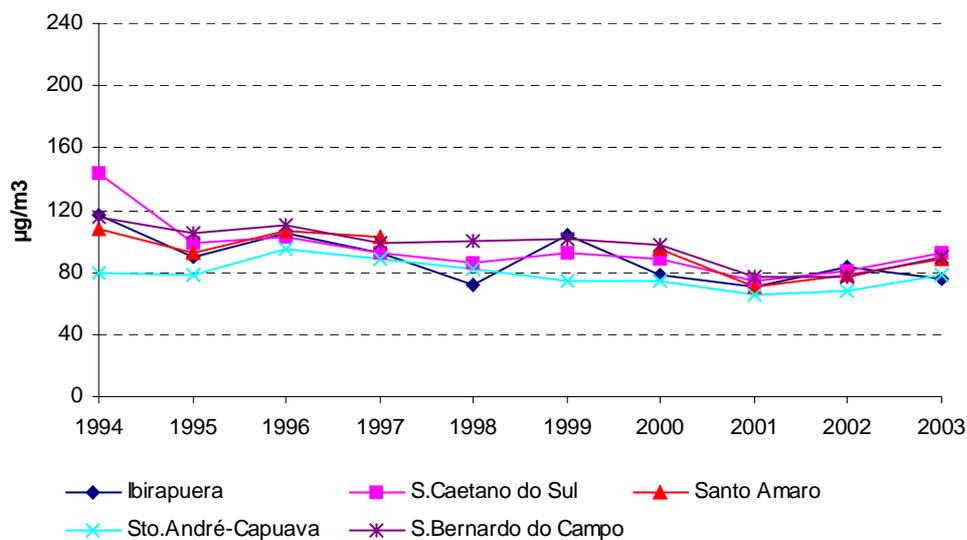
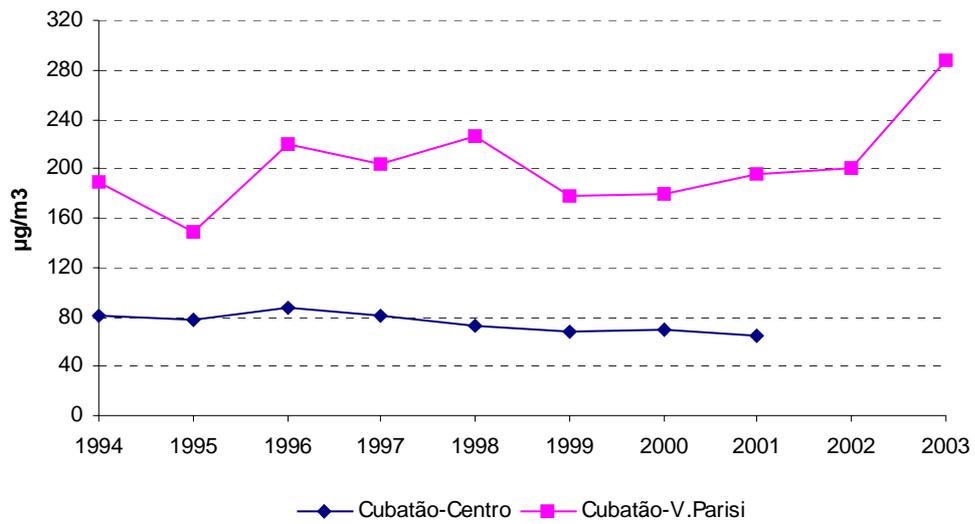


FIGURA 21 - PTS - Média das concentrações - Rede Manual – RMSP (Zona Sul e ABC) Período de maio a setembro

Em Cubatão - Vila Parisi, observou-se um aumento significativo da concentração média do período, concordando com os resultados obtidos na análise da MP₁₀ (figura 17).



Obs.: Estação Cubatão-Centro esteve temporariamente desativada

FIGURA 22 - PTS - Médias das concentrações - Rede Manual – Cubatão
Período de maio a setembro

Dióxido de Enxofre

As figuras 23 a 28 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_2 apresentam-se bastante estáveis nos últimos anos e, significativamente abaixo do padrão de 24h ($365\mu\text{g}/\text{m}^3$), o que permitiu uma redução do número de monitores, efetuada nos últimos anos.

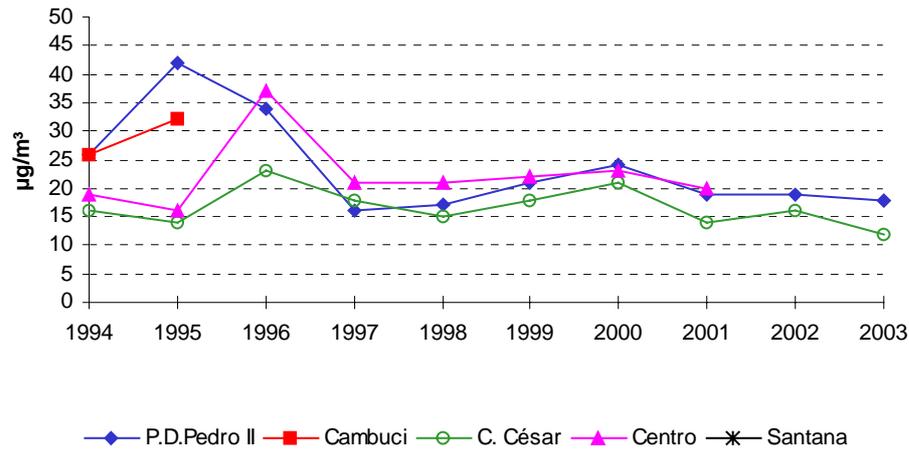


FIGURA 23 - SO_2 - Médias das concentrações - Centro/Zona Norte
Período de maio a setembro

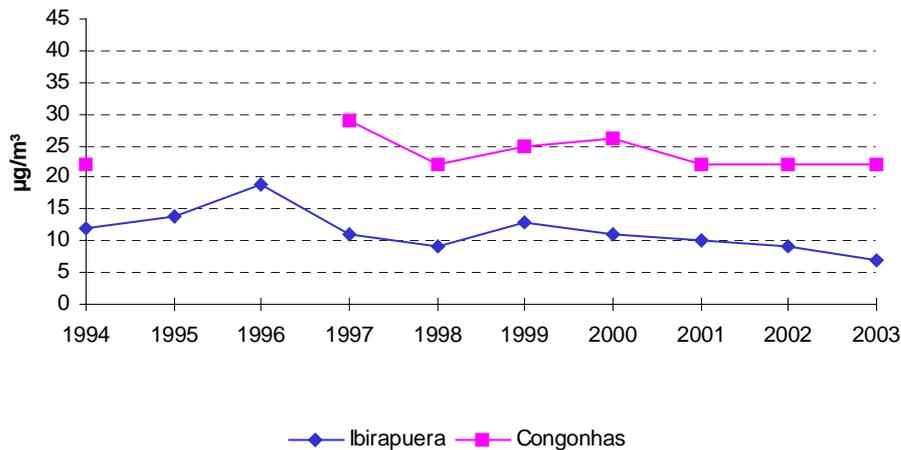


FIGURA 24 - SO_2 - Médias das concentrações - Zona Sul
Período de maio a setembro

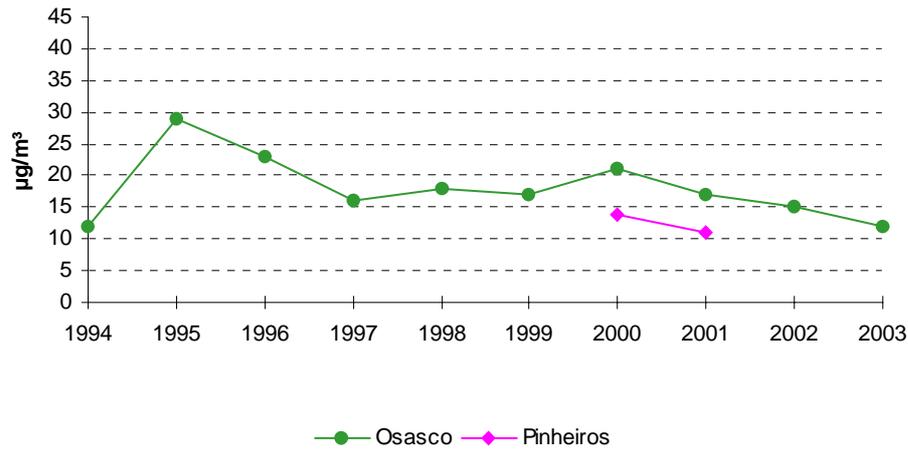


FIGURA 25 - SO₂ - Médias das concentrações - Zona Oeste
Período de maio a setembro

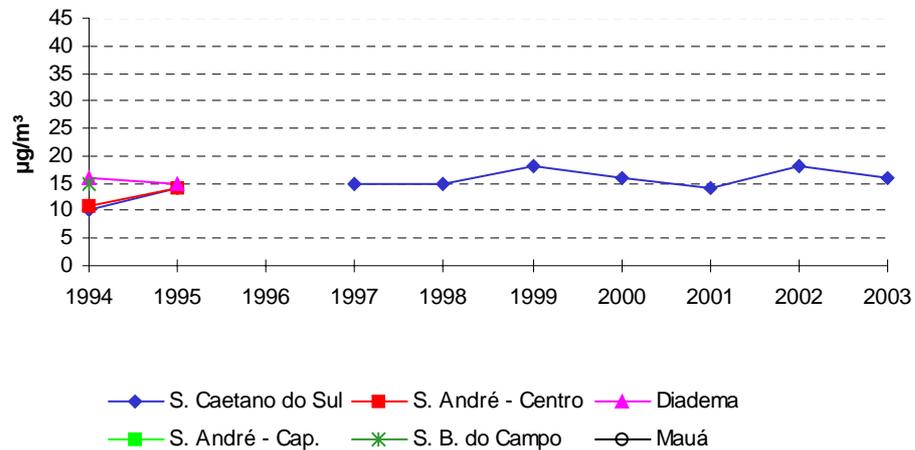


FIGURA 26 - SO₂ - Média das concentrações - ABCD/Mauá
Período de maio a setembro

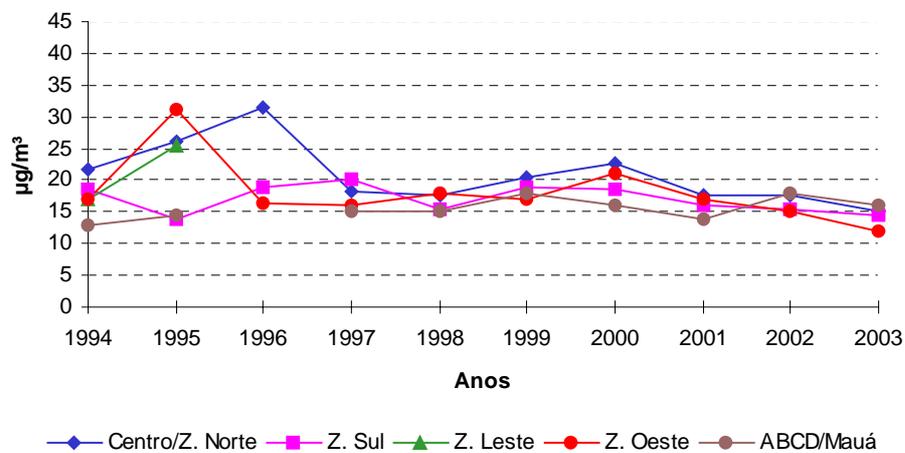
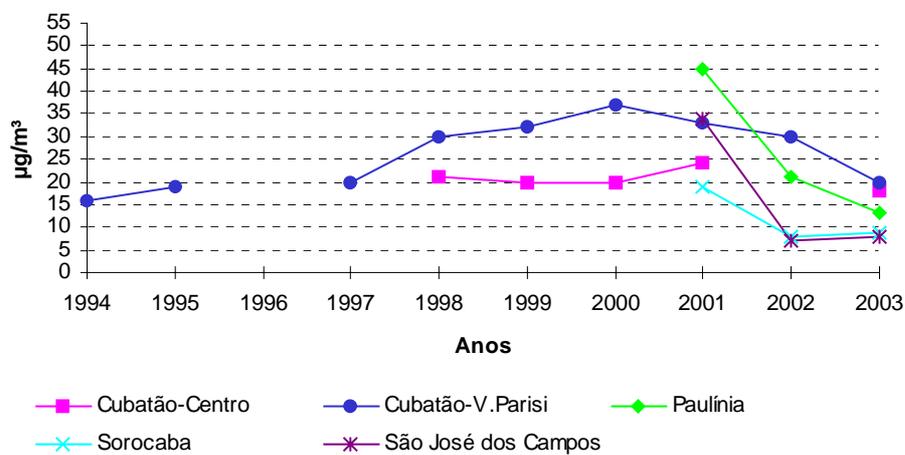


FIGURA 27 - SO₂ - Médias das concentrações por Região
Período de maio a setembro

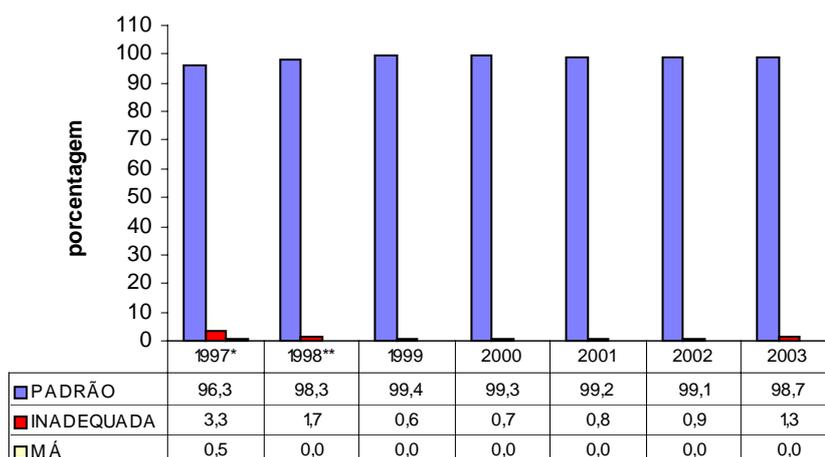
Em Cubatão – Vila Parisi, cujos níveis são um pouco mais altos que na RMSP, tem-se observado uma queda nos últimos quatro anos (figura 28).



**FIGURA 28 - SO₂ - Médias das concentrações – Cubatão e Interior
Período de maio a setembro**

Monóxido de Carbono

A figura 29 apresenta a distribuição da qualidade do ar por CO na RMSP de 1997 a 2003. Observa-se que em 2003 houve um pequeno aumento do tempo em que a qualidade do ar esteve inadequada (média de 8 horas acima de 9 ppm), em comparação com os anos anteriores. A análise das ultrapassagens, apresentadas na tabela 15, mostra que houve um aumento das ultrapassagens principalmente nas estações São Caetano do Sul e Santo André – Centro.



* rodízio de junho a setembro

** rodízio de maio a setembro

Base: Todas as estações que medem CO

FIGURA 29 - CO – Distribuição Percentual dos Índices de Qualidade do Ar - Média de 8 horas Período de maio a setembro

A tabela 15 apresenta o número de ultrapassagens do padrão de CO (média móvel de 8h) desde 1997.

TABELA 15 – CO – Nº DE ULTRAPASSAGENS DO PADRÃO (média de 8h) PERÍODO MAIO A SETEMBRO

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

* 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 até 2003. 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 Ibirapuera, 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.

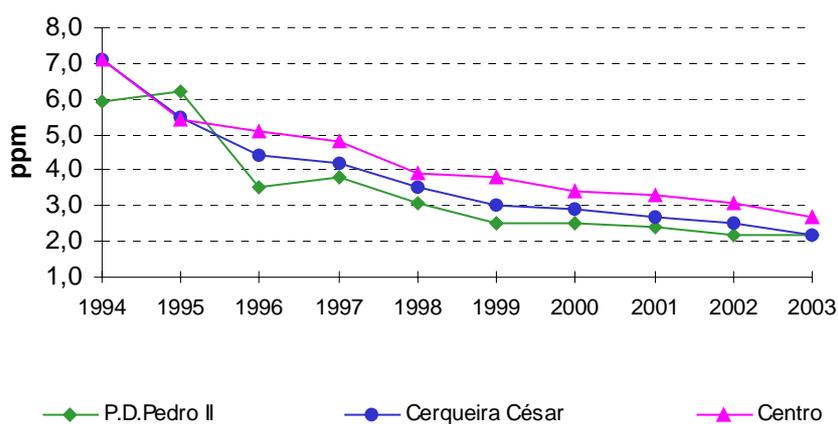


FIGURA 30 - CO - Evolução das concentrações médias - média de 8h (Região Central) Período de maio a setembro

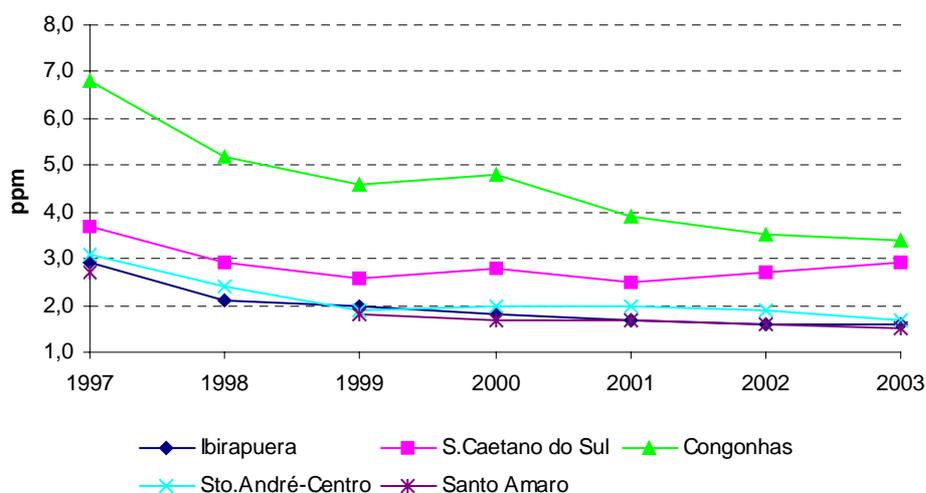
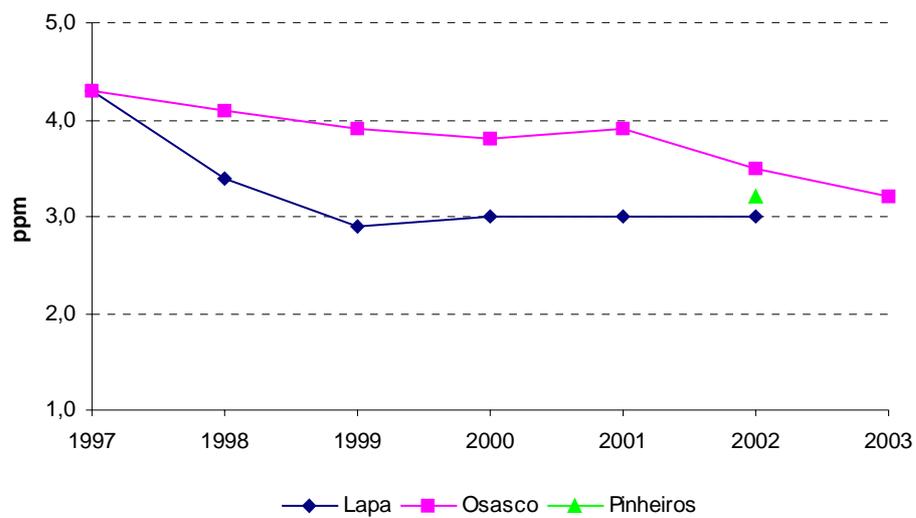


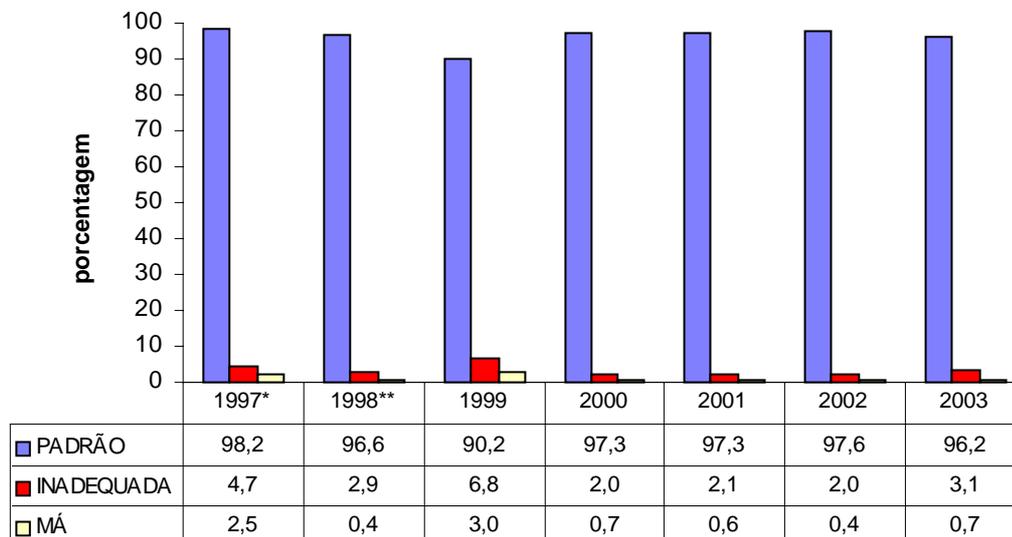
FIGURA 31 - CO - Evolução das concentrações médias - média de 8h (Zona Sul e ABC) Período de maio a setembro



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

Ozônio

O ozônio tem se caracterizado como o poluente com maior número de ultrapassagens do PQAR na RMSP. A figura 33 apresenta a distribuição da qualidade do ar por O₃ de maio a setembro de 1997 a 2003, onde observa-se que, o PQAR é excedido (cerca de 4% dos dias do período). Em relação a este poluente salienta-se que os maiores níveis são observados no período de primavera/verão.



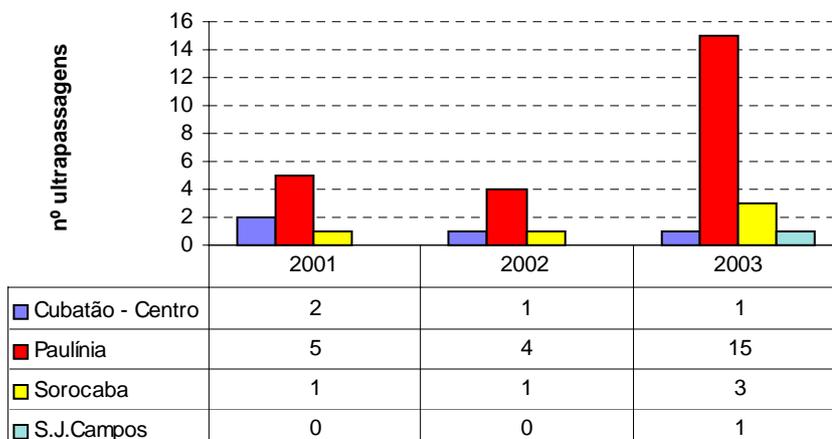
* rodízio de junho a setembro

** rodízio de maio a setembro

Base: Todas as estações menos PDP, Osasco, Congonhas e Lapa por serem muito próximas às vias de tráfego

**FIGURA 33 - O₃ – Distribuição Percentual dos Índices de Qualidade do Ar
Período de maio a setembro**

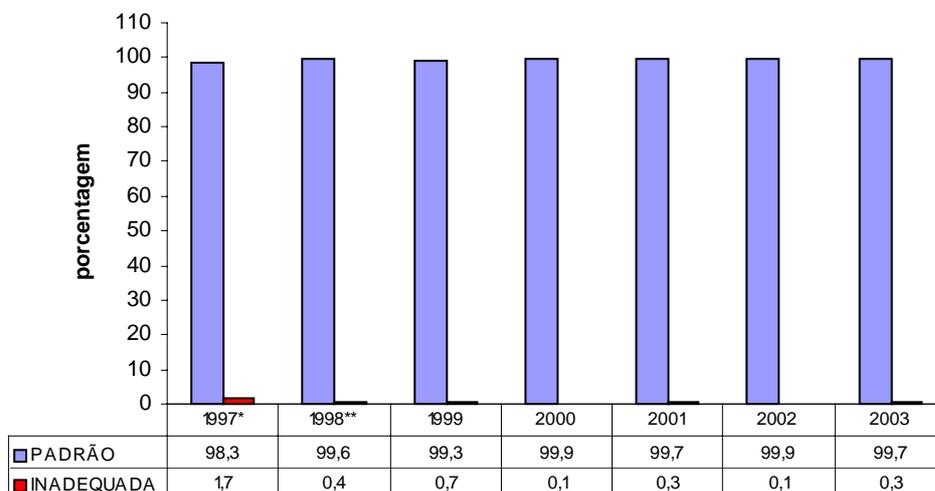
A figura 34 apresenta o número de ultrapassagens do PQAR de 1 hora de ozônio nos 3 últimos anos nos municípios de Paulínia, São José dos Campos, Sorocaba e Cubatão. Embora o período de inverno não seja o preferencial para ocorrência de episódios de ozônio, o inverno de 2003 foi o de maior número de ultrapassagens dos 3 anos monitorados. Paulínia se destaca com 15 dias de ultrapassagens freqüência maior que as observadas nas estações da RMSP.



**FIGURA 34 - O₃ – Número de dias de ultrapassagens – Cubatão e Interior
Período de maio a setembro**

Dióxido de Nitrogênio

A figura 35 apresenta a distribuição da qualidade do ar por NO_2 na RMSP de 1997 a 2003. A partir de 1998 podemos observar que mais de 99% dos valores máximos diários de 1 hora, nas estações da RMSP, ficaram abaixo do padrão de qualidade do ar.



* rodízio de junho a setembro

** rodízio de maio a setembro

Base: todas as estações na RMSP

**FIGURA 35 - NO_2 – Distribuição Percentual dos Índices de Qualidade do Ar
Período de maio a setembro**

5. ESTADOS ATINGIDOS E/OU DECLARADOS

A tabela 16 apresenta a relação dos dias no período de maio a setembro em que as concentrações atingiram o nível de atenção, bem como se houve a declaração do respectivo estado, que depende também da previsão das condições meteorológicas.

TABELA 16 - ESTADOS ATINGIDOS E/OU DECLARADOS
PERÍODO : MAIO A SETEMBRO DE 2003

DATA	ESTAÇÃO	POLUENTE	CONCENTRAÇÃO ATINGIDA (ug/m ³)	ESTADO
23/05/03	Cubatão - Vila Parisi	PI	274	VP
22/06/03	Cubatão - Vila Parisi	PI	252	VP
22/07/03	Ibirapuera	O ₃	224	AT-D
22/07/03	Pinheiros	O ₃	220	AT-D
22/08/03	Diadema	O ₃	203	AT-D
22/08/03	Mauá	O ₃	222	AT-D
23/08/03	Ibirapuera	O ₃	207	AT-D
22/09/03	Santana	O ₃	210	AT-D
22/09/03	Ibirapuera	O ₃	211	AT-D
22/09/03	Santo Amaro	O ₃	226	AT-D
22/09/03	Santo André - Capuava	O ₃	202	AT-D
23/09/03	Santo André - Capuava	O ₃	207	AT-D
23/09/03	Mauá	O ₃	202	AT-D

AT: ATENÇÃO

ND: NÃO DECLARADO

VP: VIGILÂNCIA PERMANENTE

D: DECLARADO EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DESFAVORÁVEIS

6. COMENTÁRIOS FINAIS

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

O inverno de 2003 apresentou uma frequência de dias de condições desfavoráveis para a dispersão dos poluentes um pouco maior que nos anos anteriores, o que pode ter refletido no ligeiro aumento observado no material particulado na maioria das estações da RMSP. Não explica, no entanto, os elevados níveis observados em Cubatão Vila Parisi, que exigem refinamento nas análises, mas principalmente medidas de controle de emissão local.

Na RMSP, os poluentes NO₂, SO₂ e CO apresentaram níveis equivalentes aos anos anteriores, embora ainda se observe tendência de queda dos níveis de CO, principalmente nas estações localizadas próximas de vias de tráfego intenso.

Com relação ao ozônio, o inverno não é a estação do ano preferencial à sua ocorrência em altos níveis, ainda assim foram observadas freqüentes ultrapassagens do PQAR, com destaque aos 15 dias de ultrapassagens observados em Paulínia. Os demais poluentes não apresentaram ultrapassagens nas estações do interior.

- partículas inaláveis – O PQAR diário permanece sendo excedido tanto na RMSP, quanto em Cubatão (V.Parisi e Centro). O nível de atenção foi atingido duas vezes em Cubatão – Vila Parisi.
- fumaça – O PQAR de 24 horas foi excedido duas vezes na RMSP (Campos Elíseos e Moema).
- partículas totais em suspensão – Em 2003, o PQAR foi ultrapassado em 4 das 10 estações que monitoram esse poluente, sendo que em Cubatão-Vila Parisi atingiu-se também 5 vezes o nível de atenção e uma vez o nível de alerta.
- dióxido de enxofre – Os valores mantiveram-se bem abaixo do PQAR, mantendo-se estáveis nos últimos anos.
- monóxido de carbono – O PQAR de 8 horas foi ultrapassado em 4 das 9 estações que monitoram esse poluente na RMSP, porém não houve ultrapassagem do nível de atenção.
- ozônio – É o poluente que apresentou o maior número de ultrapassagens do PQAR. Em 11 das 12 estações que monitoram esse poluente houve ultrapassagens do PQAR, sendo que a maior frequência foi verificada nas estações Ibirapuera e Santana (9). Em 7 estações na RMSP foram verificadas ultrapassagens do nível de atenção. Também em Cubatão-Centro, Paulínia, Sorocaba e São José dos Campos o PQAR foi ultrapassado.
- dióxido de nitrogênio – O PQAR de curto prazo (1 hora) foi excedido em 2 das 10 estações que monitoram esse poluente na RMSP.

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 - 2002**.
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

Análise e Interpretação de Dados

Setor de Meteorologia e Interpretação de Dados – ETQM

Texto

Carlos Ibsen Vianna Lacava – ETQM

Yoshio Yanagi – ETQM

Figuras e Tabelas

Roseli Sachi – ETQM

Ricardo Anazia - ETQM

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 (2001 a 2003).

		FAVORÁVEIS			DESFAVORÁVEIS		
MÊS \ ANO	ANO	2001	2002	2003	2001	2002	2003
	MAIO	29	24	24	2	7	7
	JUNHO	21	15	16	9	15	14
	JULHO	18	26	20	13	5	11
	AGOSTO	23	21	25	8	10	6
	SETEMBRO	27	30	27	3		3
	Total	118	116	112	35	37	41

TABELA B Frequência de inversões térmicas, por faixa, nos anos de 2001 a 2003 - Aeroporto de Congonhas - São Paulo.

ALTURA (m)	0 - 200			201 - 400			401 - 600			> 601			TOTAL			
	ANO	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
MÊS																
	MAIO	3	3	5	5	5	8	3	6	4	21	18	31	29	32	13
	JUNHO	7		13	12		8	4		4	11		25	34		50
	JULHO	14	4	16	8	6	9	5	8	4	18	17	28	45	35	57
	AGOSTO	7	8	6	11	8	7	10	8	5	20	15	30	48	39	48
	SETEMBRO	1	1	3	8	11	8	5	6	7	18	18	24	32	42	42
	TOTAL	32	16	43	44	30	40	27	28	24	88	68	138	188	148	210

OBS.: Em 2002 não houve sondagem nos seguintes dias:

15/05; de 24/05 a 11/07; 31/08; 02/09 e 07/09

Em 2003 não houve sondagem nos seguintes dias:

07/05 e 21/05; 29/06 e 31/06; 17/08

TABELA C Precipitação mensal e frequência de dias de chuva da Estação Mirante de Santana - Período de 2001 a 2003 e Normal de 1961 a 1990.

MÊS	ANO						
	1961 A 1990	2001		2002		2003	
	mm	mm	dias	mm	dias	mm	dias
MAIO	73,6	86,1	11	93,0	12	33,1	5
JUNHO	55,7	24,5	5	1,3	2	16,0	4
JULHO	44,1	41,0	9	22,9	3	19,0	1
AGOSTO	38,9	32,8	5	46,8	6	25,3	10
SETEMBRO	80,5	88,5	12	55,0	12	33,9	6
TOTAL	292,8	272,9	42	219	35	127,3	26

TABELA D Frequência de sistemas frontais que passaram sobre a Região de São Paulo durante os meses de maio a setembro de 2001 a 2003.

Mês \ Ano	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Total
2001	5	4	4	4	5	22
2002	5	5	6	5	4	25
2003	4	6	6	5	7	28

TABELA E Velocidade média do vento e porcentagem média de calmaria da Região Metropolitana de São Paulo - 2003.

MÊS	MAIO		JUNHO		JULHO		AGOSTO		SETEMBRO	
	CALM (%)	VEL (m/s)								
01	37,9	1,5	47,0	1,4	2,5	1,7	0,8	1,7	13,0	1,5
02	16,1	1,6	45,8	1,6	43,9	1,2	3,2	1,8	0,0	1,8
03	5,3	2,3	25,0	1,7	37,5	1,4	9,8	1,7	0,0	2,2
04	12,1	1,8	21,7	1,5	14,1	1,5	12,6	1,6	0,4	2,4
05	20,6	1,4	8,4	1,5	39,5	1,8	35,4	1,7	12,3	1,8
06	43,9	1,4	28,4	1,3	37,2	1,8	29,6	1,7	18,3	1,7
07	6,4	2,0	41,1	1,1	26,6	1,6	7,7	1,7	13,0	1,7
08	1,9	1,8	8,0	1,4	21,7	1,5	21,3	1,5	10,8	1,7
09	36,5	1,5	5,7	1,7	23,5	1,8	17,8	1,4	21,8	1,4
10	13,2	1,7	11,9	1,7	6,9	1,6	0,0	1,9	43,2	1,3
11	8,7	1,9	8,3	1,8	5,7	1,5	9,6	2,0	0,8	2,1
12	16,8	1,8	38,2	1,5	0,0	2,3	5,7	1,9	0,0	2,2
13	14,2	1,6	5,2	1,4	2,5	1,8	4,9	2,0	16,5	1,5
14	9,0	1,7	44,1	1,5	8,3	2,0	8,8	1,6	0,0	2,3
15	4,9	1,9	1,6	1,6	1,7	2,0	39,4	1,3	0,0	2,3
16	8,7	1,6	12,5	1,3	19,8	1,2	24,0	1,3	7,2	1,7
17	37,9	1,2	36,9	1,2	12,9	1,5	16,1	1,7	1,9	1,8
18	40,1	1,1	39,9	1,1	11,5	1,5	19,9	1,7	0,0	1,9
19	28,1	1,4	11,5	1,6	41,3	1,2	10,7	1,9	12,5	1,9
20	4,2	1,6	24,3	1,5	46,2	1,4	27,7	1,4	19,8	1,6
21	32,3	1,4	18,0	1,6	39,0	1,6	28,8	1,3	3,5	1,9
22	35,3	1,5	20,4	1,4	39,0	1,3	39,0	1,1	2,3	1,6
23	20,5	2,2	15,2	1,3	27,5	1,5	49,4	1,4	17,4	1,6
24	0,0	2,5	46,6	1,2	41,4	1,4	34,0	1,6	32,2	1,7
25	1,9	2,2	42,1	1,3	42,8	1,3	24,3	1,8	0,0	2,4
26	29,2	1,6	34,6	1,4	9,9	1,5	0,0	2,2	0,0	2,2
27	38,3	1,2	26,4	1,4	2,7	1,9	2,1	1,7	18,9	1,4
28	25,0	1,2	30,8	1,3	6,8	1,5	0,0	2,0	28,0	1,1
29	1,5	1,1	49,0	1,6	8,0	1,7	2,1	1,1	11,4	1,9
30	6,8	1,6	6,8	1,8	25,9	1,1	0,0	1,8	0,4	2,1
31	14,0	1,5			22,5	1,5	18,6	1,5		
MÉDIA	18,4	1,6	25,2	1,5	21,6	1,6	16,2	1,6	10,2	1,8