



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS E
ENGENHARIA AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

DIVISÃO DE QUALIDADE DO AR

SETOR DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE DO AR

SETOR DE INTERPRETAÇÃO DE DADOS

SETOR DE METEOROLOGIA

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO
OZÔNIO NA REGIÃO METROPOLITANA
DE SÃO PAULO**

SUMÁRIO EXECUTIVO

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o ozônio ultrapassa freqüentemente o padrão de qualidade do ar de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estabelecido pela Lei Estadual 8.468, de 1976, e por diversas vezes supera o valor de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (102 ppb), o que determina a qualidade do ar má, destacando-se, atualmente, como o poluente com maior número de ultrapassagens do padrão.

Este estudo faz parte do projeto "Estudo do Comportamento de Oxidantes Fotoquímicos no Ar da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)" e teve como objetivo apresentar um estudo investigativo do comportamento do ozônio, visando o entendimento de seus processos de formação e transporte, de forma a auxiliar na implantação de programas e medidas de previsão e controle de altas concentrações.

Foram utilizados dados de NO_x (NO e NO_2), HCNM e O_3 , além de parâmetros meteorológicos das estações da Rede Automática de Avaliação da Qualidade do Ar da CETESB (RAQAr) no período de maio de 1996 a dezembro de 1999.

Com relação ao comportamento do ozônio na RMSP, o perfil sazonal mostrou uma maior ocorrência de altas concentrações desde o final do inverno até início do verão. A maior freqüência não ocorre nos meses mais quentes e com maior incidência de radiação solar provavelmente pelo aumento da nebulosidade que ocorre nesses meses, o que reduz a quantidade de radiação solar que incide sobre a superfície, e conseqüentemente, diminui a formação do ozônio na baixa troposfera. A duração dos episódios, em geral, é curta, isto é, as ultrapassagens do padrão ocorrem com maior freqüência por uma ou duas horas no dia, entre 13 e 15 horas. Em relação à distribuição dos episódios durante os dias da semana, não observou-se diferenças significativas entre os dias úteis e finais de semana.

Através da análise dos perfis médios dos poluentes de cada uma das estações observou-se um comportamento diferenciado devido à distância da via, assim, as estações foram separadas em dois grupos: veiculares e não veiculares.

As estações não veiculares, como Ibirapuera e Mauá, foram as que apresentaram o maior número de ultrapassagens. Já as estações Congonhas, Osasco, Lapa e Parque D. Pedro II, apresentaram um menor número de ultrapassagens em função da proximidade da via.

Na análise do perfil das concentrações médias horárias de NO, NO_2 e O_3 observou-se que o valor máximo de NO ocorre normalmente no período da manhã, em

todas as estações, por volta das 8 horas coincidindo com o pico de tráfego, e que ainda no período da manhã, a concentração de NO diminui, sendo acompanhada do aumento do NO₂, cujo pico ocorre por volta das 10 horas.

Nas estações veiculares, o perfil médio de concentração de NO é elevado em função da forte emissão dos veículos que circulam próximos e a concentração de ozônio é baixa uma vez que é rapidamente consumido pelo NO.

Nas estações não veiculares a concentração média de NO no período da manhã é baixa quando comparada às estações veiculares. No horário de formação do ozônio a concentração de NO cai praticamente a zero e a concentração de NO₂ também diminui devido a fotólise do NO₂. As estações Ibirapuera e Mauá apresentaram características distintas com relação aos perfil médio do ozônio, principalmente nos dias de qualidade do ar inadequada e má. Em Mauá, as altas concentrações de ozônio muitas vezes prolongam-se até o final da tarde (horário das 17/18 horas), enquanto que no Ibirapuera, neste mesmo horário, as concentrações de ozônio já são baixas.

As tendências de concentração de O₃ nas estações Ibirapuera e Mauá no período de 1996 a 1999, de maneira geral, foram semelhantes, não sendo observados muitos casos de ultrapassagens em dias consecutivos. No entanto, do total de dias de episódios que ocorreram nessas estações, nesse período somente 21% dos casos ocorreram nas duas estações. Isto provavelmente ocorre devido à diferente localização geográfica dessas estações na RMSP, sendo assim influenciadas por diferentes condições de transporte pelo vento.

Na estação Ibirapuera, observou-se que os dias de episódios ocorreram com temperatura máxima entre 25 e 30°C e umidade relativa média de 42%. Observou-se também uma circulação convergente para a região central do Município de São Paulo, onde esta estação está localizada.

No caso de Mauá observou-se que a maioria dos episódios ocorrem em dias quentes, com temperaturas acima de 28°C e umidade relativa média mais baixa (35%) devido a predominância de ventos quentes e secos de direção noroeste.

Quanto a razão [NO₂]/[NO], observou-se que as estações veiculares apresentaram razão baixa e praticamente constante no período das 8 as 12h, o que indica que nessas estações o NO é alto devido a forte emissão veicular. No caso das estações não veiculares, as razões foram baixas no período das 8 às 10 horas, horário de maior emissão de NO, e aumentaram rapidamente depois desse horário.

Em relação aos HCNM observou-se, na estação Parque D. Pedro II, uma boa correlação com o NO_x indicando que estes poluentes devem estar sendo emitidos pelas mesmas fontes. A análise da razão NMHC/ NO_x mostrou-se COV limitante, no entanto a representatividade dessa estação está restrita a microescala o que impede afirmar qual a situação atual da RMSP em relação ao balanço dos precursores.

Para um melhor entendimento do processo de formação do ozônio deverão ser realizados ainda estudos específicos nos dias de ultrapassagens do padrão, bem como, pesquisas para avaliação de modelos de formação e transporte de ozônio, dentro do projeto de Oxidantes Fotoquímicos.

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

	Pág.
Figura 1 – Perfil de concentração de espécies envolvidas no ciclo do ozônio obtido pela variação de intensidade da luz do dia, num sistema fechado	10
Figura 2 – Localização das estações de Ozônio na RMSP	12
Figura 3 – Total de dias de ultrapassagem do Padrão de Qualidade do Ar (PQAR) de ozônio por mês na RMSP de jan/97 a dez/99	21
Figura 4 – Total de dias de ultrapassagens do PQAR de ozônio por estação na RMSP de mai/96 a dez/99	23
Figura 5 – Máximas diárias de 1 hora de ozônio (ppb) nas estações Ibirapuera e Mauá em 1997, 1998 e 1999	25
Figura 6 – Horário em que ocorreram as máximas concentrações de O ₃ nos dias de ultrapassagem do padrão, nas estações Mauá e Ibirapuera, de mai/96 a dez/99 ...	26
Figura 7 – Total de dias em função da duração em horas de ultrapassagem do padrão de ozônio (82 ppb), nas estações Ibirapuera e Mauá, de mai/96 a dez/99..	26
Figura 8 – Total de ultrapassagens do padrão de ozônio (82 ppb) por dia da semana, na RMSP de mai/96 a dez/99	27
Figura 9 – Distribuição do Índice de Qualidade do Ar por Ozônio na estação (a) Parque D. Pedro II e (b) Ibirapuera por dia da semana de mai/96 a dez/99	28
Figura 10 - Rosas de vento para o período de 1996 a 1998	29
Figura 11 - Rosas de Vento para os dias de episódios em cada estação no período de 1996 a 1998	31
Figura 12 - Rosas de vento nos dias de episódios na estação Ibirapuera no período de 1996 a 1998	33
Figura 13- Rosas de vento nos dias de episódios na estação Mauá no período de 1996 a 1998	34
Figura 14 - Dispersão de Máximos de O ₃ (ppb) e Máximas de Temperatura (°C), nas estações: (a) Parque D. Pedro II, (b) Ibirapuera, (c) São Caetano do Sul, (d) Mauá	35
Figura 15 - Dispersão de Máximos Diários de O ₃ (ppb) e Mínima Umidade Relativa Diária (%), nas estações: (a) Ibirapuera, (b) Mauá	37
Figura 16 – Temperatura e Umidade Relativa do Ar nos dias de ultrapassagens do padrão nas estações : a) Ibirapuera e b) Mauá	38
Figura 17 – Dispersão de Máxima de Radiação Global (W/m ²) na estação Ibirapuera e Máxima concentração de O ₃ (ppb) nas estações: (a) Parque D. Pedro II, (b) Ibirapuera, (c) São Caetano do Sul, (d) Mauá	39
Figura 18 – Valores médios de concentração na estação Congonhas nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b) por ozônio	42
Figura 19 – Valores médios de concentração na estação Parque Dom Pedro II nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) por ozônio	43
Figura 20 – Valores médios de concentração na estação Osasco nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) por ozônio	44

	Pág.
Figura 21 – Valores médios de concentração na estação São Caetano do Sul nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) e má (d) por ozônio	46
Figura 22 – Valores médios de concentração na estação Ibirapuera nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) e má (d) por ozônio	47
Figura 23 – Valores médios de concentração na estação Mauá nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) e má (d) por ozônio	48
Figura 24 - Razão $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ em função da hora do dia para as estações Congonhas (a), Parque D. Pedro II (b) e Osasco (c), para os dias com índice de qualidade do ar boa, regular e inadequada	50
Figura 25 - Razão $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ em função da hora do dia para as estações São Caetano do Sul (a), Ibirapuera (b) e Mauá (c), para os dias com índice de qualidade do ar boa, regular, inadequada e má	51
Figura 26 – Valores médios de concentração nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) e má (d) por ozônio na estação Ibirapuera	53
Figura 27 - Dispersão de Máximos de O_3 do Ibirapuera e HCNM (médias da 7 às 9 horas) do Parque D. Pedro II, para o ano de 1999	54
Figura 28 - Dispersão de HCNM e NO_x do Parque D. Pedro II, no período das 7 às 9 horas, para o ano de 1999	54
Figura 29 – Frequência de ocorrência de ultrapassagens do padrão na estação Ibirapuera em função da razão HCNM/ NO_x (média das 7 às 9 horas) do Parque D. Pedro II e de S. Caetano do Sul, em 1999	55
Tabela 1 – Máximas diárias de Temperatura – Est. Parque D. Pedro II - 1997 a 1999	21
Tabela 2 – Distribuição do número de dias em função do índice de qualidade do ar para ozônio no período de 1996 a 1998	45

GLOSSÁRIO DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

CH₄ - metano
CO - monóxido de carbono
CO₂ - dióxido de carbono
COV - composto orgânico volátil
DV - direção do vento
E - direção leste
EPA - Agência Ambiental dos EUA
hν - energia (luz solar)
HCNM - hidrocarbonetos não-metano
HO₂ - peroxi-radical
m/s - metros por segundo
N - direção norte
NE - direção nordeste
NO - óxido de nitrogênio
NO₂ - dióxido de nitrogênio
NO_x - óxidos de nitrogênio
NW - direção noroeste
O₂ - oxigênio
O₃ - ozônio
OH[•] - radical hidroxila
P - pressão atmosférica
PI - partícula inalável
ppb/ppm - partes por bilhão/partes por milhão
PQAR - Padrão Primário de Qualidade do Ar
RAD - radiação solar
RAQAr - Rede Automática de Avaliação da Qualidade do Ar da CETESB
RMSP - Região Metropolitana de São Paulo
RO[•]/RO₂[•] - radicais orgânicos
S - direção sul
SE - direção sudeste
SO₂ - dióxido de enxofre
SW - direção sudoeste
T - temperatura do ar
UR - umidade relativa do ar
VV - velocidade do vento
W - direção oeste
W/m² - watts por metro quadrado
°C - graus Celsius
μg/m³ - microgramas por metro cúbico

1. INTRODUÇÃO

O aumento dos níveis de ozônio (O_3) nas regiões metropolitanas tem sido objeto de preocupação por parte das instituições ambientais em todo o mundo há vários anos, tanto pelas concentrações encontradas quanto pela dificuldade no controle de seus precursores.

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o ozônio ultrapassa freqüentemente o padrão de qualidade do ar de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (82 ppb), estabelecido pela Lei Estadual 8.468, de 1976, e por diversas vezes supera o valor de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (102 ppb), o que determina a qualidade do ar má. O ozônio na RMSP destaca-se, atualmente, como o poluente com maior número de ultrapassagens do padrão.

Este relatório tem como objetivo apresentar um estudo investigativo do comportamento do ozônio na Região Metropolitana de São Paulo, visando o entendimento de seu processo de formação e transporte, de forma a auxiliar na implantação de programas e medidas de controle e de previsão. Para isso, foram utilizados dados de NO_x (NO e NO_2), O_3 , e hidrocarbonetos não metano (HCNM), além de parâmetros meteorológicos das estações da Rede Automática de Avaliação da Qualidade do Ar da CETESB (RAQAr) no período de maio de 1996 a dezembro de 1999, uma vez que a rede da CETESB foi renovada em 1996 e foram ampliados os locais de medição de ozônio.

O relatório apresenta, no capítulo 2, uma breve introdução sobre os mecanismos de formação do ozônio na troposfera. No capítulo 3 é feita uma caracterização das estações de monitoramento utilizados no presente estudo. São apresentados resumidamente, no capítulo 4, as condições meteorológicas que influenciam na formação do ozônio na RMSP. No capítulo 5 são apresentados os perfis de ultrapassagens anuais, horário e por dia da semana do padrão do ozônio. Os aspectos meteorológicos, capítulo 6, incluem um levantamento, anual e dos dias de episódios, de direção e velocidade de vento nas diferentes estações medidoras de O_3 e mostra as relações entre O_3 e temperatura, umidade relativa e radiação global. No capítulo 7 são apresentados as concentrações médias horárias de O_3 , NO e NO_2 para as diferentes estações, separadas por índice de qualidade do ar por ozônio, assim como as razões $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ para as mesmas estações e algumas considerações sobre os compostos orgânicos voláteis (COVs). Finalizando, os capítulos 8 e 9 apresentam as conclusões e as considerações finais, respectivamente.

2. O OZÔNIO NA TROPOSFERA

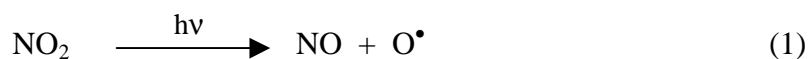
2.1 Formação

A literatura apresenta um grande número de estudos¹⁻⁹ visando auxiliar no desenvolvimento de programas de previsão e controle dos teores de ozônio, uma vez que este poluente, embora benéfico na estratosfera, onde forma uma camada protetora contra efeitos danosos da radiação ultravioleta, tem efeitos tóxicos nas camadas mais baixas da atmosfera.

O ozônio não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na atmosfera através da reação entre os compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NO_x) em presença de luz solar.

Os óxidos de nitrogênio, NO e NO₂, são lançados na atmosfera através de processos de combustão (veicular e industrial). Já os compostos orgânicos voláteis são emitidos através de processos evaporativos, da queima incompleta de combustíveis automotivos e em processos industriais.

A formação do ozônio na troposfera inicia-se pela fotólise do NO₂, o produto desta reação, NO, reage rapidamente com O₃ para regenerar o NO₂.



Dessa maneira, o O₃ mantém-se num estado estacionário que depende da velocidade de fotólise do NO₂ e da razão [NO₂]/[NO]. Assim, se nenhum outro processo convertesse NO em NO₂ a concentração de ozônio não aumentaria significativamente. No entanto, na presença dos compostos orgânicos voláteis, as concentrações de ozônio aumentam uma vez que NO é convertido a NO₂ via formação de radicais. A velocidade de formação do ozônio depende da quantidade e da reatividade de cada um desses compostos. Muitas são as reações químicas envolvendo os COVs presentes na atmosfera, sendo o mecanismo principal representado resumidamente pelas reações a seguir:



Os compostos orgânicos reagem com os radicais $\bullet\text{OH}$ ou sofrem fotólise para formar peroxi radicais ($\text{RO}_2\bullet$) que posteriormente reagem com NO formando NO_2 .

Em estudo realizado em sistema fechado, pode-se verificar (Figura 1) a variação na concentração das principais espécies envolvidas no ciclo fotoquímico do ozônio em função da intensidade da luz do dia⁴.

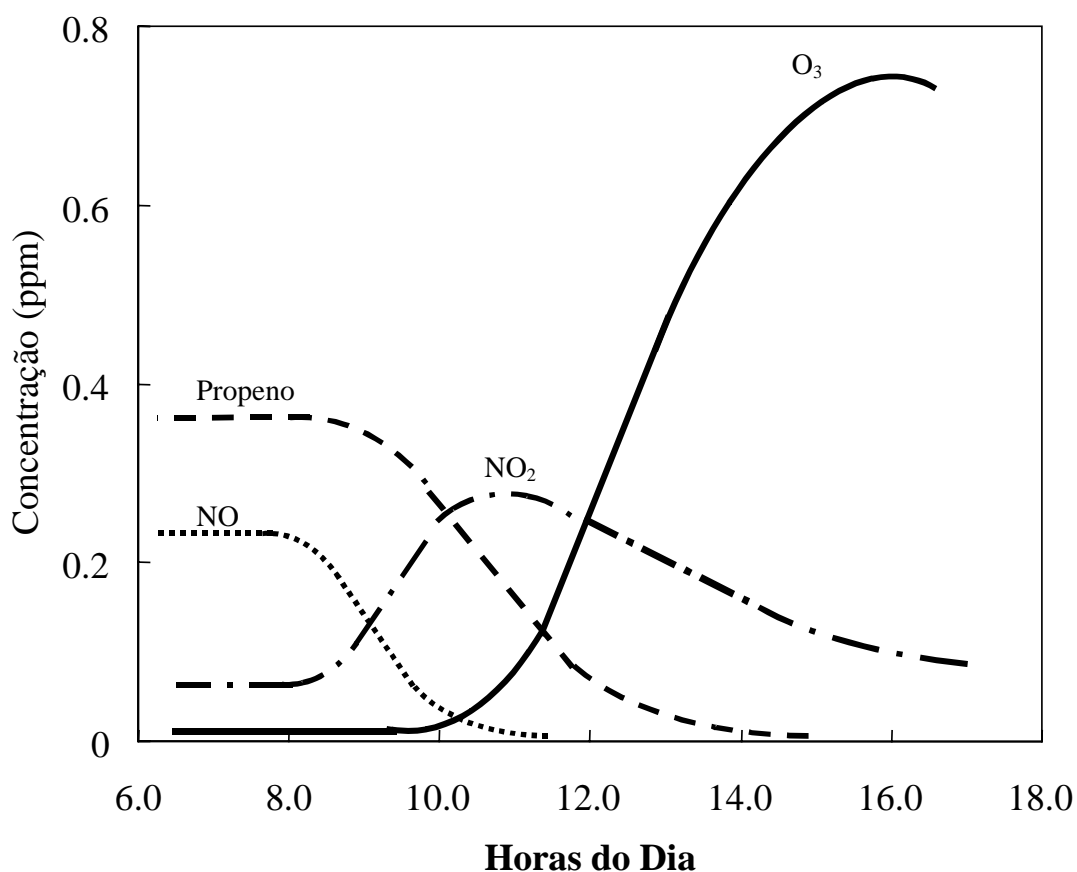


Figura 1 – Perfil de concentração de espécies envolvidas no ciclo do ozônio obtido pela variação de intensidade da luz do dia, num sistema fechado⁴.

Observa-se, na Figura 1, que o ciclo fotoquímico inicia-se com a conversão de NO a NO₂ pela reação com o propeno (COV), eq. (4) a (6). No decorrer do dia, conforme a intensidade da radiação solar aumenta, a fotólise do NO₂ e conseqüentemente a concentração de O₃ no sistema aumenta, (eq. (1) e (2)). A diminuição na concentração de NO₂ somente ocorre após todo NO ter sido consumido.

Além da complexidade do sistema de reações químicas, fatores meteorológicos e topográficos fazem com que os gases precursores emitidos sejam transportados a vários locais, às vezes distantes das fontes, resultando em níveis altos de ozônio em locais distintos da área onde ocorreram as emissões.

Segundo a literatura⁵⁻⁶, a formação de ozônio ocorre também, com menor velocidade de reação, devido à oxidação do monóxido de carbono, CO, na presença de óxidos de nitrogênio.



2.2 Efeitos

Com relação ao efeito do ozônio sobre a saúde, as ocorrências mais relatadas da exposição de seres humanos são irritação nos olhos, vias respiratórias e o agravamento de doenças respiratórias preexistentes, como a asma. Sabe-se que a exposição repetida ao ozônio pode tornar as pessoas mais suscetíveis a infecções respiratórias e inflamação nos pulmões. Adultos e crianças saudáveis também estão sujeitos aos efeitos danosos causados pelo ozônio se expostos a níveis elevados durante a prática de exercícios físicos.¹⁰

Além de danoso à saúde humana o ozônio é prejudicial à vegetação causando danos às colheitas e à vegetação natural. Os efeitos observados em plantas referem-se à diminuição na taxa de crescimento, aumento da vulnerabilidade a insetos e problemas de pigmentação, devido a alterações no processo de fotossíntese⁴.

3. CARACTERIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

A RAQAr possui 23 estações na RMSP, sendo que atualmente 11 medem as concentrações de ozônio, no entanto, neste estudo foram utilizadas 9 estações, conforme ilustrado na Figura 2, uma vez que as estações Santana e Diadema começaram a operar apenas em maio de 1999.



Figura 2 – Localização das estações de Ozônio na RMSP.

Os níveis de concentração de poluentes observados em uma determinada estação de amostragem ocorrem em função de uma série de fatores relativos a localização desta estação e das fontes de emissão que a influenciam.

Entre os fatores que influenciam os resultados do monitoramento, pode-se destacar a proximidade de vias de tráfego, o uso e a ocupação do solo nas áreas próximas (existência de fontes industriais etc.), condições de relevo, existência de anteparos etc.. Todos esses fatores determinam a escala de representatividade da estação, que deve ser escolhida conforme os objetivos do monitoramento.

A escala espacial de representatividade¹¹ define a área de abrangência em que os níveis de concentração e os valores medidos pela estação podem ser considerados similares. As escalas espaciais de maior interesse, conforme o objetivo a que se destinam, são:

- **Microescala** - concentrações abrangendo áreas de dimensão de poucos metros até 100 metros;
- **Média-escala** - concentrações para 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 cidade 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;

No caso das estações de monitoramento de O₃, estas não devem estar localizadas muito próximas de vias de tráfego e de árvores, pois estes tendem a reduzir a concentração medida. Segundo a agência ambiental dos EUA¹² (EPA), uma estação que mede O₃ deve estar distante pelo menos 30 metros de vias de tráfego (acima de 20.000 veículos por dia) e a 20 metros de árvores.

Como forma de auxiliar no entendimento das concentrações observadas nas estações utilizadas neste estudo, fez-se uma caracterização simplificada das condições de cada uma delas, juntamente com a rosa de vento obtida para o período de 1996 a 1998, apresentadas a seguir.

Estação Parque D. Pedro II

Endereço: Parque D. Pedro II, 319 - Centro - São Paulo

Topografia da região: Plana

Uso do solo: Comercial

Condições locais: Localizada a uns 5 metros da via, com grande movimento de veículos leves e pesados.

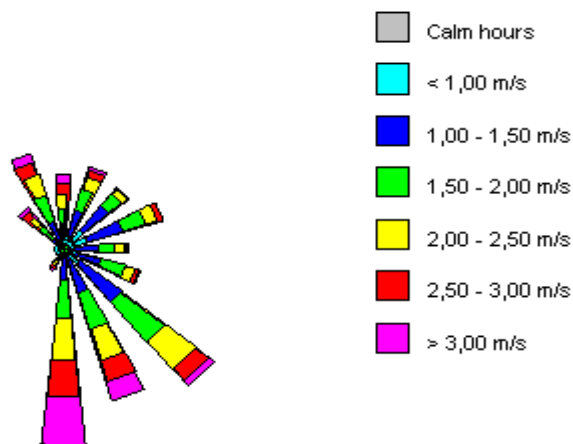
Tipo(s) principal(is) de fonte(s): Veículos leves e pesados.

Principal escala de representatividade : Micro.

Poluentes medidos: PI, SO₂, CO, NO_x, O₃, CH₄, HCNM.

Parâmetros meteorológicos medidos: UR, T, VV, DV

Rosa de vento :



Estação Moóca

Endereço: Administração Regional da Moóca. Rua Bresser, 2341 - Moóca.

Topografia da região: Plana.

Uso do solo: Residencial, comercial e industrial.

Condições locais: Localizada a uns 50 metros da via mais próxima. Há pouca atividade industrial próxima.

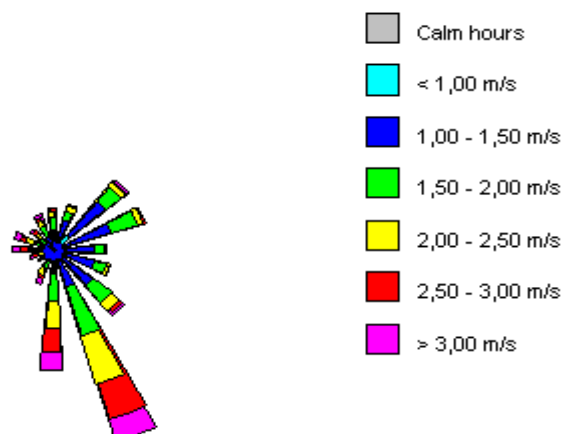
Tipo(s) principal(is) de fonte(s): Veículos e indústrias.

Principal escala de representatividade: Bairro.

Poluentes medidos: PI, O₃.

Parâmetros meteorológicos medidos: VV, DV.

Rosa de vento:



Estação Ibirapuera

Endereço: Parque Ibirapuera, 1985 - Ibirapuera.

Topografia da região: Plana.

Uso do solo: Residencial

Condições locais: Região de área verde circundada por áreas urbanizadas. Está afastada de fontes veiculares e industriais de influência direta.

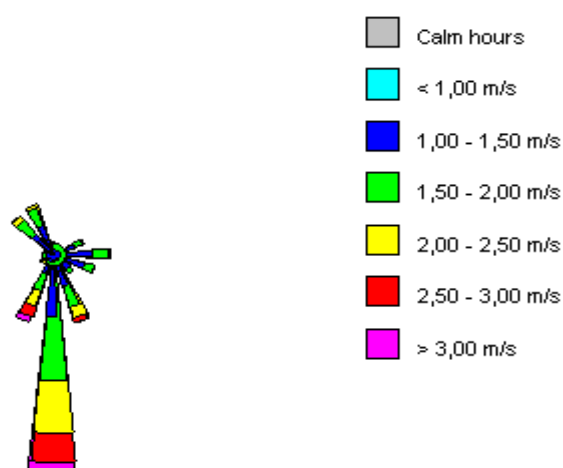
Tipo(s) principal(is) de fonte(s): Veículos.

Principal escala de representatividade: Urbana (exceto feriados e fins de semana).

Poluentes medidos: PI, SO₂, CO, NO_x, O₃.

Parâmetros meteorológicos medidos: UR, T, VV, DV, P, RAD.

Rosa de vento:



Estação: São Caetano do Sul

Endereço: Rua Aurélia s/n - Bairro da Fundação - São Caetano do Sul.

Topografia da região: Razoavelmente plana.

Uso do solo: Residencial e industrial.

Condições locais: Localizada em área verde, fica a uns 4 metros da via mais próxima, de movimento médio. Há indústrias no bairro.

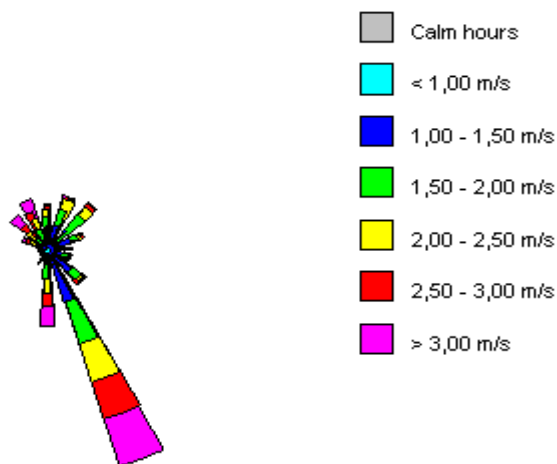
Tipo(s) principal(is) de fonte(s): Indústrias e veículos(principalmente leves).

Principal escala de representatividade: Média.

Poluentes medidos: PI, SO₂, CO, NO_x, O₃, CH₄, HCNM.

Parâmetros meteorológicos medidos: UR, T, VV, DV, P.

Rosa de vento:



Estação Congonhas

Endereço: Al. dos Tupiniquins, 1571 - Congonhas

Topografia da região: Razoavelmente plana.

Uso do solo: Comercial e residencial.

Condições locais: Localizada em um cruzamento, fica a cerca de 3 metros da Av. dos Bandeirantes, via altamente movimentada.

Tipo(s) principal(is) de fonte(s): Veículos leves e pesados (caminhões e ônibus).

Principal escala de representatividade: Micro

Poluentes medidos: PI, SO₂, CO, NO_x, O₃ (medido até 30/06/99)

Parâmetros meteorológicos medidos: Nenhum.

Estação Lapa

Endereço: Unid. Depós. e Oficina AR-LA. Av. Emb. Macedo Soares, 7995 - Lapa.

Topografia da região: Plana.

Uso do solo: Comercial, residencial e industrial.

Condições locais: Localizada a aproximadamente 5 metros da Marginal Tietê. Está bem próxima também de indústrias.

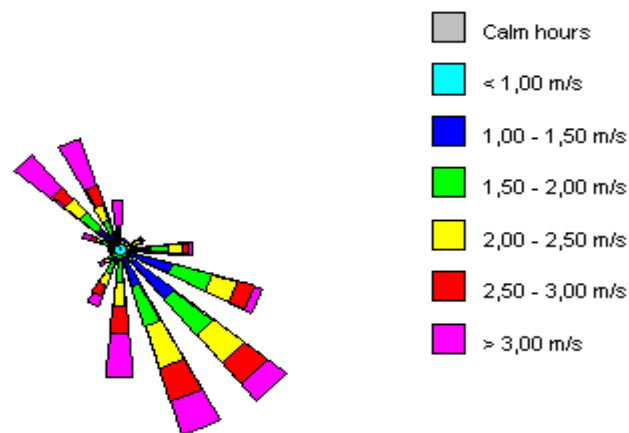
Tipo(s) principal(is) de fonte(s): Veículos (leves e pesados) e indústrias.

Principal escala de representatividade: Micro.

Poluentes medidos: PI, CO, NO_x, O₃.

Parâmetros meteorológicos medidos: VV, DV.

Rosa de vento:



Estação Osasco

Endereço: Praça 31 de março, 104 - Osasco.

Topografia da região: Irregular.

Uso do solo: Residencial, industrial e comercial.

Condições locais: Fica a uns 5 metros de via com trânsito médio, porém também próxima da Av. dos Autonomistas, de grande movimento.

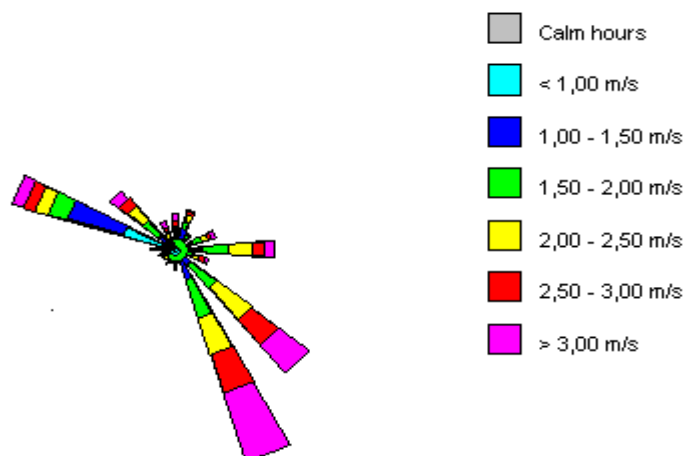
Tipo(s) principal(is) de fonte(s): Veículos (todos os tipos) e indústrias.

Principal escala de representatividade: Micro.

Poluentes medidos: PI, SO₂, CO, NO_x, O₃.

Parâmetros meteorológicos medidos: VV, DV.

Rosa de vento:



Estação São Miguel Paulista

Endereço: Rua Diego Calado, 166 - S. Miguel Paulista.

Topografia da região: Irregular.

Uso do solo: Residencial, industrial e comercial.

Condições locais: Localizada longe de vias de tráfego intenso, cercada parcialmente por árvores. Não há indústrias muito próximas.

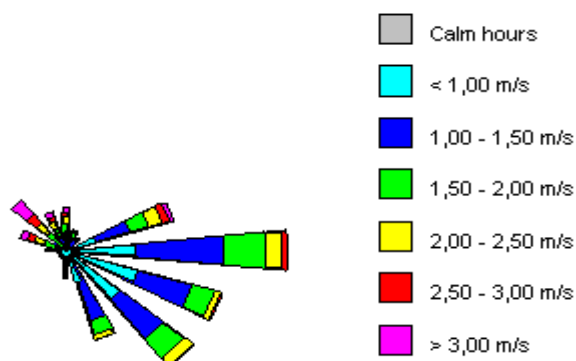
Tipo(s) principal(is) de fonte(s): Indústrias e veículos.

Principal escala de representatividade: Bairro.

Poluentes medidos: PI, O₃.

Parâmetros meteorológicos medidos: UR, T, VV, DV.

Rosa de vento:



Estação Mauá

Endereço: Rua Vitorino Del'Antonia, 150 - Mauá.

Topografia da região: Irregular.

Uso do solo: Residencial, industrial e comercial.

Condições locais: Localizada a cerca de 10 metros de via de pouco movimento que passa a cerca de 10 metros abaixo. Há indústrias na região.

Tipo(s) principal(is) de fonte(s): Indústrias.

Principal escala de representatividade: Bairro

Poluentes medidos: PI, NO_x, O₃.

Parâmetros meteorológicos medidos: Nenhum.

De forma resumida, pode-se considerar com forte influência dos veículos que circulam próximos (escala de representatividade Micro e Média), as estações Congonhas, Parque D. Pedro II, Lapa, Osasco e São Caetano do Sul, que neste estudo consideraremos como estações veiculares. Em condições distintas, ou seja, relativamente distantes de fontes veiculares diretas (escala de representatividade Bairro e Urbana) estão Ibirapuera, Mauá, São Miguel Paulista e Moóca.

Assim, nas estações veiculares, espera-se uma maior concentração de poluentes que são emitidos diretamente pelos veículos, tais como o CO e o NO_x, e concentrações mais baixas de O₃ devido ao seu consumo pelo NO, conforme mecanismo discutido no capítulo anterior. De forma inversa, nas estações distantes das vias de tráfego, espera-se concentrações mais baixas de CO e NO e maiores condições para a ocorrência de picos de O₃.

4. INFLUÊNCIAS METEOROLÓGICAS NA FORMAÇÃO DO OZÔNIO NA RMSP

As concentrações de ozônio, assim como a dos demais poluentes atmosféricos, são altamente influenciadas pelas condições meteorológicas, que determinam as concentrações do ozônio tanto para um determinado episódio (condição meteorológica do dia), quanto para as concentrações médias associadas às variações meteorológicas sazonais (condições climáticas). Assim, a identificação dos principais fatores que afetam o tempo e o clima na RMSP são essenciais para o entendimento do comportamento do ozônio.

Em termos de clima, a RMSP pode ser dividida em duas estações predominantes: uma estação chuvosa que compreende, normalmente, o período de outubro a abril, e outra mais seca que vai de maio a setembro. A estação chuvosa está centrada nos meses de verão, onde ocorre uma elevação das temperaturas médias e uma maior ventilação. Neste período, o aquecimento continental, associado à convecção tropical, sistemas extratropicais (frentes frias) e áreas de instabilidade continental, favorecem o aumento da nebulosidade e da precipitação.

Na estação seca o clima é determinado pela presença de anticiclones (sistemas de alta pressão) e pela passagem rápida de frentes frias provenientes do sul do continente, sendo esta estação caracterizada não só pela diminuição da precipitação, mas também pela queda das temperaturas e ocorrência de calmarias e períodos de grande estabilidade atmosférica, proporcionando com isso condições mais desfavoráveis à dispersão de poluentes na atmosfera. Outra característica do período seco é a baixa umidade relativa em alguns dias, que chega a atingir valores de 15%.

A literatura¹³ mostra ainda que o desenvolvimento urbano acelerado da região a partir dos anos 50, ocasionou o processo de formação do efeito “ilha de calor”. Este maior aquecimento da área urbana em relação ao seu entorno provoca uma convergência do ar próximo à superfície sobre a área mais urbanizada.

O número de dias de ultrapassagem do Padrão Primário de Qualidade do Ar (PQAR) para ozônio, por mês, na RMSP de 1997 a 1999 é apresentado na Figura 3, onde se observa uma significativa redução do número de ultrapassagens nos meses mais frios. O período observado predominante para ocorrência de episódios foi desde o final do inverno até início do verão.

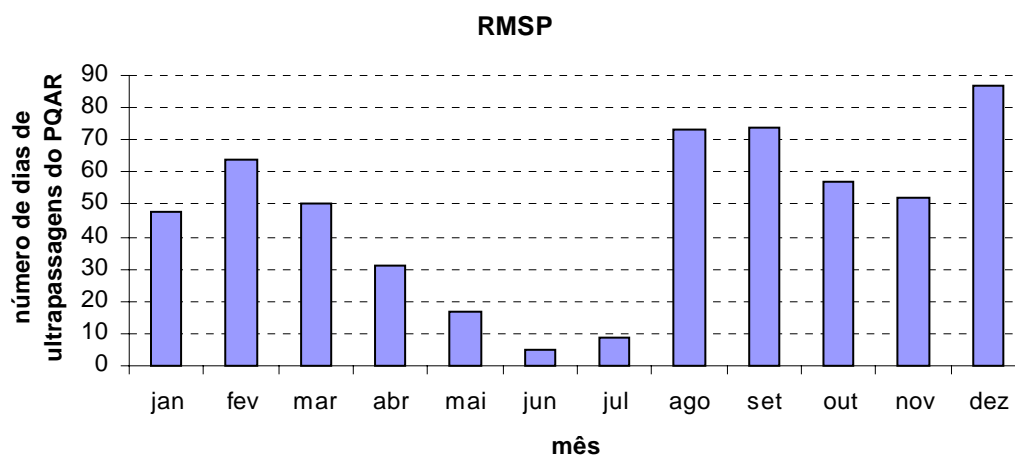


Figura 3 – Total de dias de ultrapassagem do Padrão de Qualidade do Ar (PQAR) de ozônio por mês na RMSP de jan/97 a dez/99.

As distribuições mensais para cada uma das estações na RMSP estão apresentadas no Anexo 1, onde se observa que a redução no período de inverno ocorreu em todas as estações que apresentaram um número significativo de episódios.

Conforme estudos¹⁴⁻¹⁵, o aumento da temperatura e da radiação solar incidente favorecem a formação do ozônio na atmosfera, o que explica a mínima ocorrência de episódios nos meses mais frios do ano. A Tabela 1 apresenta as médias, mínimas e máximas mensais, baseadas nas máximas diárias de temperatura no período de 1997 a 1999 na estação Parque D. Pedro II, onde observa-se que os valores mais baixo e mais alto ocorreram nos meses de junho e fevereiro, respectivamente.

Ressalta-se que nos anos de 1997¹⁶ e 1999¹⁷ ocorreram períodos prolongados de estiagem nos meses de agosto e setembro e consequentemente dias quentes e secos, que favoreceram a formação de ozônio.

Tabela 1 – Máximas diárias de Temperatura – Est. Parque D. Pedro II - 1997 a 1999

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Média	28,7	29,1	27,8	25,9	22,7	21,2	22,7	24,8	24,9	24,3	25,9	28,7
Máxima	35,0 (1999)	33,6 (1998)	33,6 (1998)	32,4 (1998)	29,7 (1997)	27,7 (1997)	28,7 (1998)	32,4 (1999)	35,1 (1997)	35,5 (1997)	35,5 (1997)	34,6 (1997)
Mínima	19,5 (1998)	24,2 (1998)	20,8 (1999)	19,9 (1998)	13,7 (1999)	14,9 (1999)	13,7 (1999)	10,0 (1999)	15,7 (1999)	13,1 (1999)	13,2 (1999)	21,0 (1998)

Em termos de radiação solar, na RMSP a máxima incidência no topo da atmosfera ocorre nos mês de janeiro e a mínima no mês de junho, numa redução em torno de 35%¹⁸.

No entanto, na comparação do número de episódios de ozônio por mês do ano, conforme Figura 3, observa-se que a maior frequência não ocorre necessariamente nos meses mais quentes¹⁹ e com maior incidência de radiação solar no topo da atmosfera. Este fenômeno provavelmente está associado ao aumento da nebulosidade que ocorre nos meses mais quentes, o que reduz a quantidade de radiação solar que incide sobre a superfície, e conseqüentemente, diminui a formação do ozônio na baixa troposfera.

5. PERFIL DE ULTRAPASSAGENS DO PADRÃO DE OZÔNIO

A Figura 4 mostra o número total de ultrapassagens do padrão de O₃ (82 ppb) observadas em cada uma das estações da RAQAr de 1996 a 1999. Pode-se observar que as estações Ibirapuera e Mauá foram as que apresentaram o maior número de ultrapassagens, porém um grande número de eventos foram também observados nas estações Moóca, São Caetano do Sul e São Miguel Paulista. As demais estações apresentaram um menor número de ultrapassagens em função da proximidade de fontes veiculares, uma vez que o NO emitido consome o ozônio formado, conforme reação (3) no item 2.

No Anexo 2 são apresentadas as máximas concentrações horárias de ozônio para as estações medidoras deste poluente na RMSP nos dias em que ocorreram episódios em pelo menos uma dessas estações.

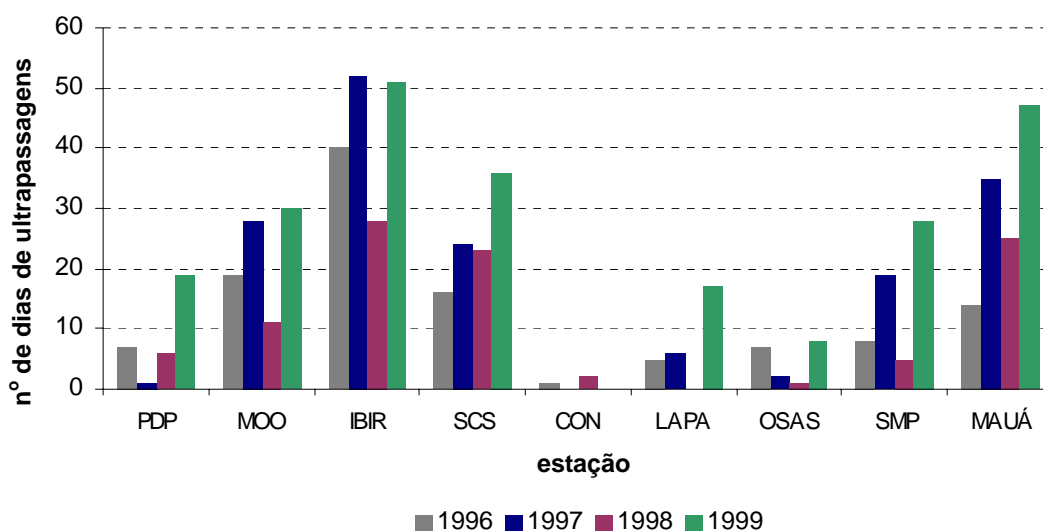


Figura 4 – Total de dias de ultrapassagens do PQAR de ozônio por estação na RMSP de mai/96 a dez/99.

Ainda na Figura 4 pode-se observar que 1997 e 1999 foram anos com maior número de ocorrências de episódios de alta concentração de O₃ em relação a 1998.

Devido a renovação da rede automática, não houve monitoramento nos primeiros meses de 1996, o que impede uma comparação mais precisa com os demais anos utilizados no estudo. Não houve monitoramento na estação Congonhas a partir de 1999, uma vez que, nos últimos 3 anos, não foram observadas ultrapassagens do padrão

de O_3 , devido a grande influência da via. Assim, o monitor de ozônio desta estação foi realocado para uma estação melhor localizada.

Na Figura 5 estão apresentadas as máximas diárias de 1 hora de ozônio para as estações Ibirapuera e Mauá para os anos de 1997, 1998 e 1999. Observa-se variações muito grandes nas máximas concentrações de ozônio de um dia para outro, não sendo observados muitos casos de ultrapassagens em dias consecutivos. Como as emissões na RMSP variam pouco de um dia para outro, essas grandes variações de concentração de ozônio devem ser causadas principalmente pela variação das condições meteorológicas favoráveis ou não à formação de O_3 .

Pode-se observar ainda, na Figura 5, que as tendências de aumento e/ou diminuição na concentração de O_3 , de maneira geral, são semelhantes nas duas estações, ou seja, quando há aumento e/ou diminuição da concentração de O_3 em uma das estações, o mesmo ocorre na outra. No entanto, do total de dias de episódios que ocorreram nessas estações, neste período, somente 21% dos casos ocorreram nas duas estações. Isto provavelmente ocorre devido à diferente localização geográfica dessas estações na RMSP, sendo assim influenciadas por diferentes condições de transporte. Enquanto a estação Ibirapuera fica localizada em um parque na região central da área urbana, a estação Mauá está localizada a sudeste da região central.

Na Figura 5, pode-se observar também a tendência sazonal já comentada no capítulo anterior, em que há uma menor ocorrência no período de inverno.

A Figura 6 mostra o horário em que ocorreram as máximas concentrações de O_3 , nas estações Mauá e Ibirapuera, nos dias em que houve ultrapassagem do padrão. Observa-se, nesta figura, que a maioria dos episódios ocorre entre 13 e 15 horas, com maior incidência de máximas concentrações às 14 horas. Nesta análise considerou-se sempre o horário oficial, que não inclui as mudanças relativas ao horário de verão.

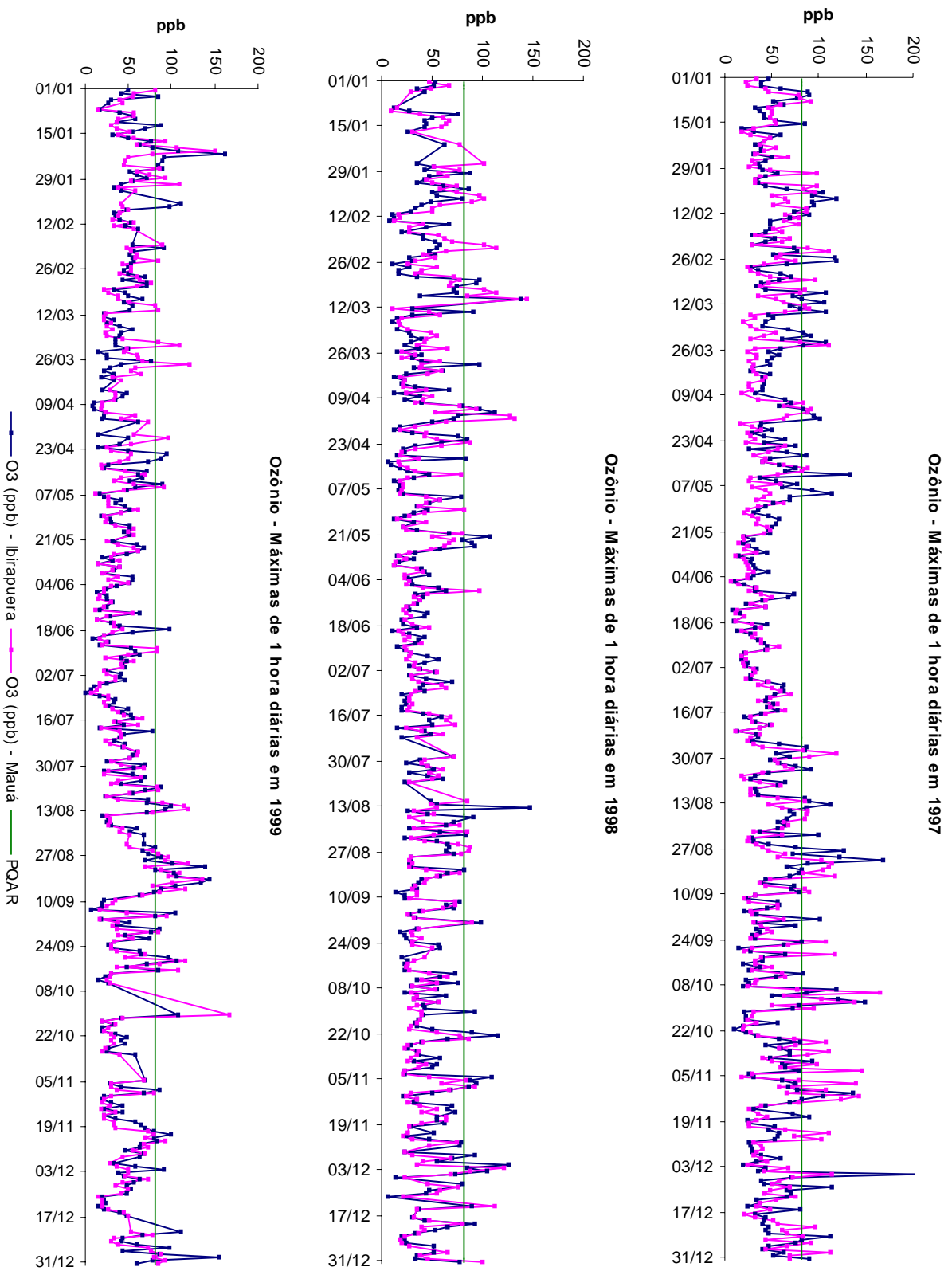


Figura 5 – Máximas diárias de 1 hora de ozônio (ppb) nas estações Ibirapuera e Mauá em 1997, 1998 e 1999

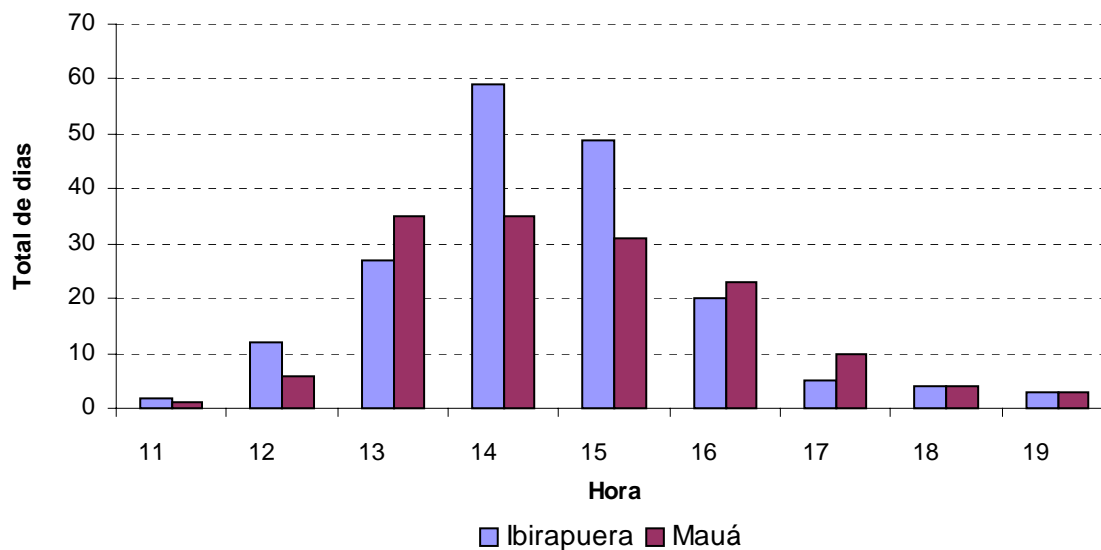


Figura 6 – Horário em que ocorreram as máximas concentrações de O₃ nos dias de ultrapassagem do padrão, nas estações Mauá e Ibirapuera, de mai/96 a dez/99.

O número de dias em função da duração em horas de ultrapassagem do padrão nas estações Mauá e Ibirapuera está apresentado na Figura 7. A duração dos episódios é curta, na maioria dos casos entre 1 e 2 horas, em ambas as estações, embora em Mauá tenham sido observados episódios com duração de até 7 a 8 horas de ultrapassagens consecutivas do padrão.

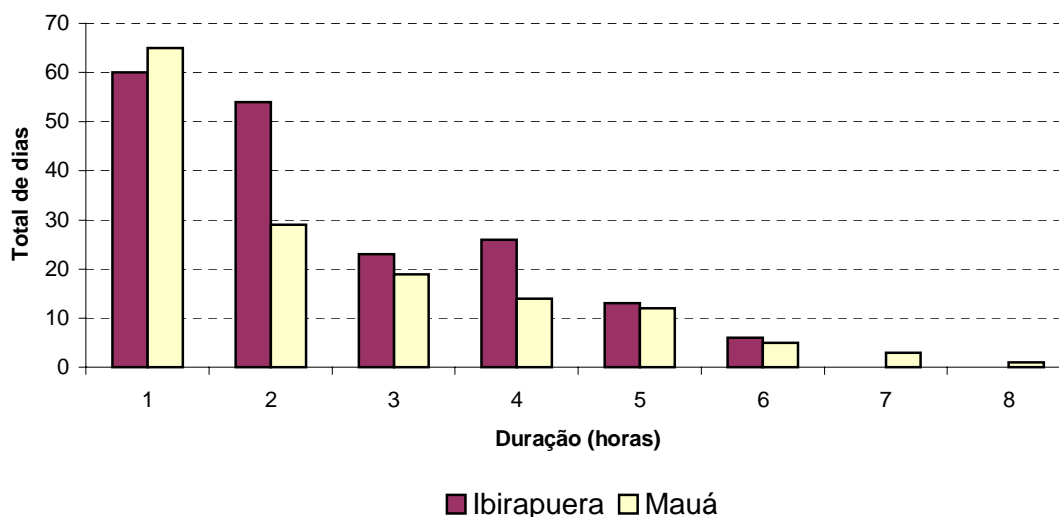


Figura 7 – Total de dias em função da duração em horas de ultrapassagem do padrão de ozônio (82 ppb), nas estações Ibirapuera e Mauá, de mai/96 a dez/99.

Com relação a distribuição dos episódios durante os dias da semana, pode-se observar, na análise da Figura 8, que não há diferenças significativas entre os dias úteis e finais de semana, ou seja, mesmo aos sábados e domingos, quando ocorre uma redução no tráfego urbano, e conseqüentemente na emissão de precursores, observou-se ainda um grande número de eventos.

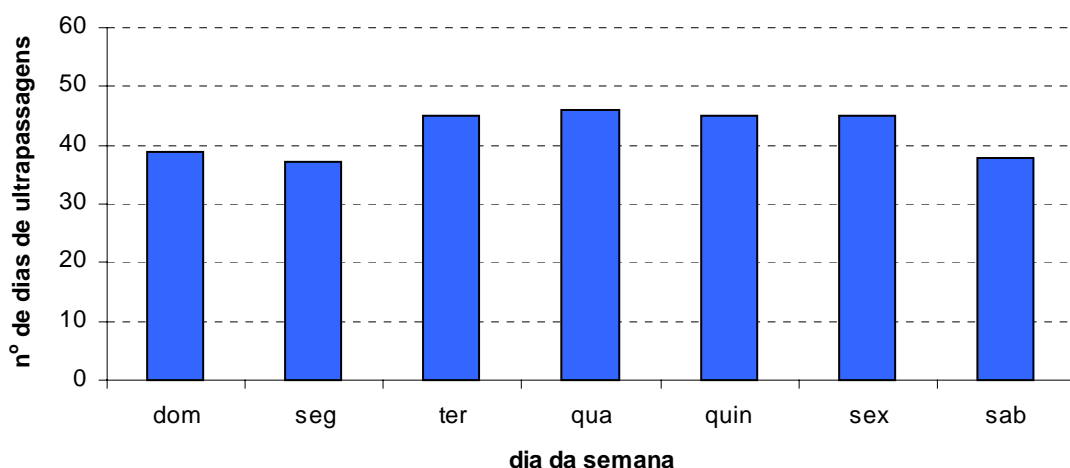


Figura 8 – Total de ultrapassagens do padrão de ozônio (82 ppb) por dia da semana, na RMSP de mai/96 a dez/99.

O grande número de episódios nos dias de menor tráfego não é um fenômeno de simples interpretação pois envolve uma série de variáveis, porém fatores importantes devem ser considerados. A presença de precursores, mesmo nos finais de semana, talvez seja suficiente para a formação do O_3 , e sua formação está sendo determinada principalmente pelas condições meteorológicas reinantes. Outro fator que deve ser considerado é que a redução do tráfego próximo à determinadas estações medidoras, e conseqüentemente dos níveis de NO, permite uma maior ocorrência de episódios nestas estações nos sábados, domingos e feriados.

A Figura 9 mostra a distribuição por dia da semana das máximas diárias de O_3 para as estações (a) Parque D. Pedro II e (b) Ibirapuera. Pode-se observar que no Parque D. Pedro II o menor número de dias de qualidade boa ocorre justamente aos domingos, seguido pelos sábados. Já na estação Ibirapuera, observa-se uma distribuição mais uniforme entre os dias com índice de qualidade boa e regular durante a semana. Para esta análise considerou-se todos os dias, independentemente dos feriados.

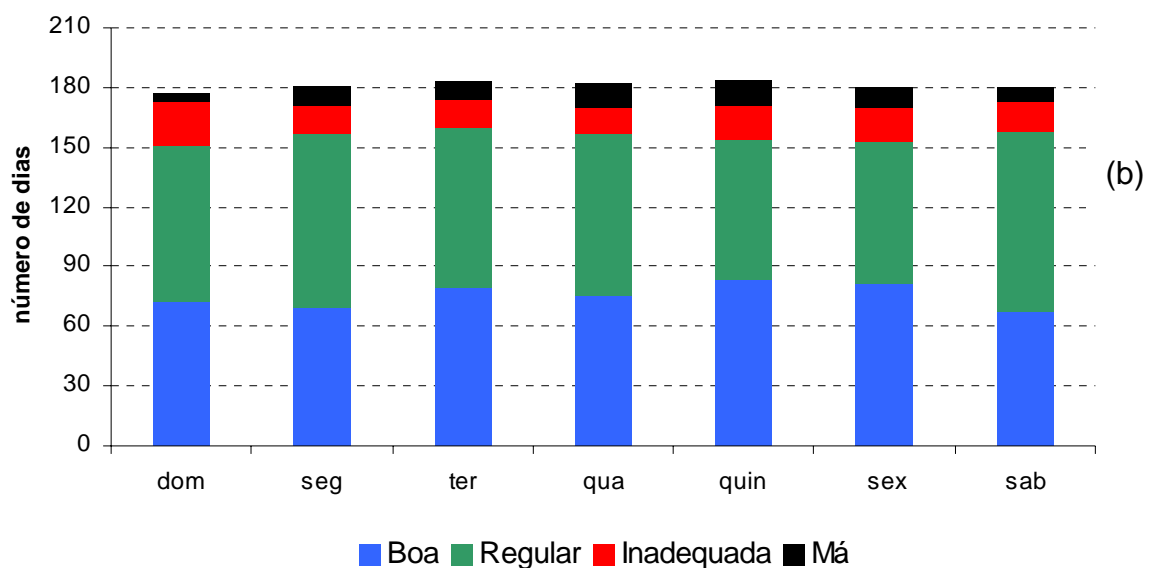
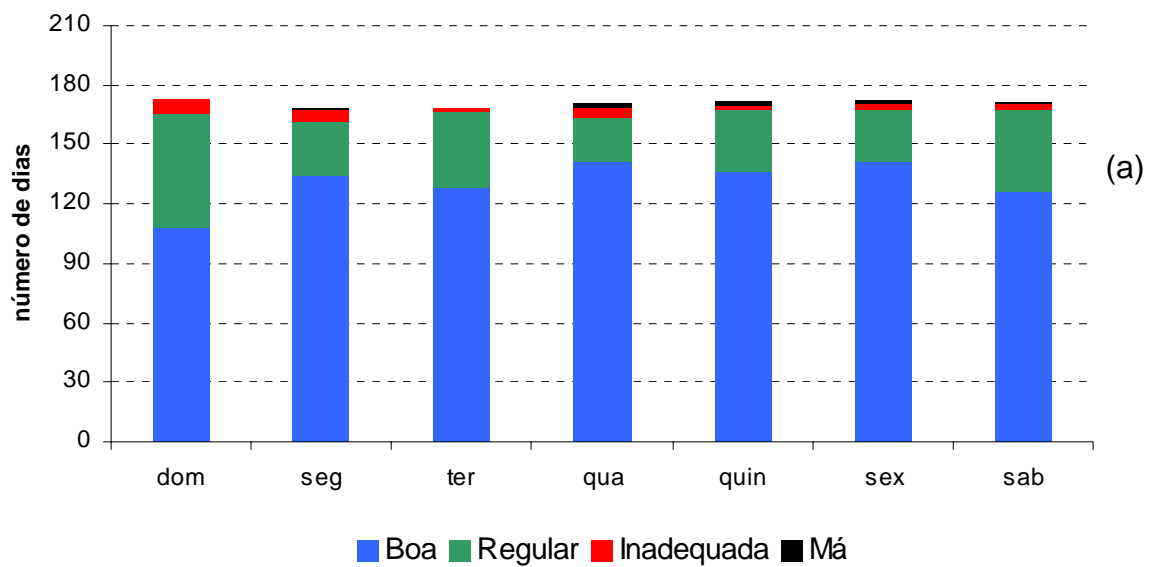


Figura 9 – Distribuição do Índice de Qualidade do Ar por Ozônio na estação (a) Parque D. Pedro II e (b) Ibirapuera por dia da semana de mai/96 a dez/99.

6. ASPECTOS METEOROLÓGICOS

6.1 Direção e Velocidade do Vento

A ocorrência de altas concentrações de O_3 está relacionada com as trajetórias das massas de ar que circulam sobre uma região e que transportam tanto os precursores como o ozônio formado na atmosfera através das reações fotoquímicas. Desse modo, é importante conhecer a direção e a velocidade do vento que predominam sobre a região.

Na Figura 10 é mostrado o mapa da RMSP com as rosas de vento em cada uma das 12 estações medidoras de direção e velocidade do vento da RAQAr para o período de 1996 a 1998. Pode-se observar que a maior frequência do vento ocorre de direção sul/sudeste, seguida pela direção noroeste. Na estação Mauá não há medidor de vento.

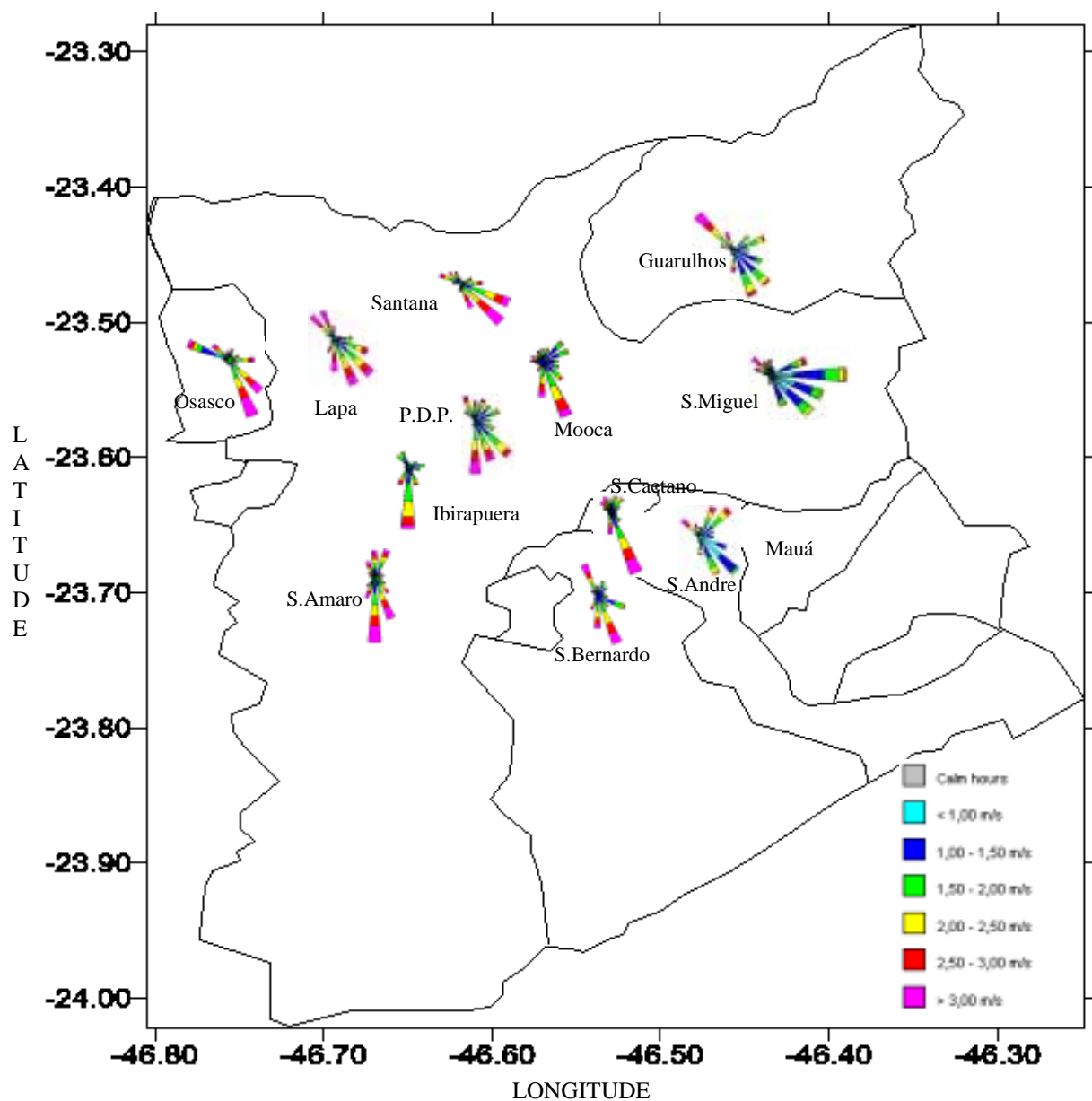


Figura 10 - Rosas de vento para o período de 1996 a 1998.

Para este período de estudo, foram utilizados os dados horários de direção e velocidade do vento, excluindo-se as horas de calmaria e ventos variáveis. É considerada calmaria, quando a velocidade do vento é igual ou menor do que 0,44m/s; ventos variáveis, quando o vento é muito fraco, menor do que 1m/s, e não há predominância de direção em 70% das amostras medidas num intervalo de tempo de 1 hora. Geralmente, os ventos que auxiliam a dispersão ou transporte de poluentes atmosféricos na RMSP possuem velocidade acima de 1,5m/s, e quando maior que 2m/s são considerados de moderados a fortes. Os ventos de direção noroeste, normalmente, possuem rajadas acima de 3m/s.

A predominância de ventos de sudeste sobre a RMSP está associada à circulação de massas de ar de origem marítima, que é, na maioria dos casos, provocada por um anticiclone polar marítimo (sistema de alta pressão), após a passagem de um sistema frontal. Os ventos de sudeste também estão associados à atuação da brisa marítima durante o dia, devido a diferença de temperatura entre as superfícies terrestre e marítima, ocasionada pelo aquecimento continental, em função da incidência de radiação solar.

Por outro lado, os ventos de direção noroeste precedem a entrada de sistemas frontais que atingem a RMSP, oriundos do sul do continente, e que estão sempre associados a sistemas de baixa pressão, em que os ventos seguem um padrão de giro no sentido anti-horário, por exemplo, quando um sistema de baixa pressão se aproxima da região, a direção do vento tende a girar para norte, passando em seguida para noroeste e oeste; após a passagem do sistema frontal, a direção do vento passa a ser de sudoeste.

Na Figura 11 são mostradas as rosas de vento para os dias de episódios de ozônio nas estações Parque D. Pedro II, Moóca, Ibirapuera, São Caetano do Sul e São Miguel Paulista, no período de 1996 a 1998. Foram utilizados dados horários de direção e velocidade do vento no período das 11 às 15 horas em cada estação, excluindo-se as horas de calmaria e os ventos variáveis. Este período, das 11 às 15 horas, foi selecionado por ser mais propício à formação de O₃, quando há maior incidência de radiação solar e temperaturas mais altas, que favorecem o aumento da turbulência em superfície, facilitando também o transporte e/ou diluição dos poluentes na atmosfera.



Figura 11 - Rosas de Vento para os dias de episódios em cada estação no período de 1996 a 1998.

Observa-se que nas estações Parque D. Pedro II e Moóca os ventos são predominantemente de direção sul/sul-sudeste. Na estação São Caetano do Sul predominam ventos mais intensos de sul/sudeste e ventos mais fracos de norte/nordeste. Na maioria dos episódios ocorridos nesta estação, observou-se que os ventos mais fracos ocorrem às 11 horas (valor médio 1,5 m/s) enquanto que os ventos mais intensos de sul/sudeste ocorrem às 15 horas (valor médio 2,5 m/s), possivelmente devido a atuação da brisa marítima. No Ibirapuera há predominância do vento de sul/sudoeste e muitas horas de calmaria. Na estação São Miguel Paulista os ventos são fracos de direção leste.

Na Figura 12 são mostradas as rosas de vento, em cada estação, nos dias de episódios na estação Ibirapuera, no período das 11 às 15 horas. Observa-se que a circulação dos ventos predominantes sobre a RMSP apresenta uma certa convergência para a região central do Município de São Paulo.

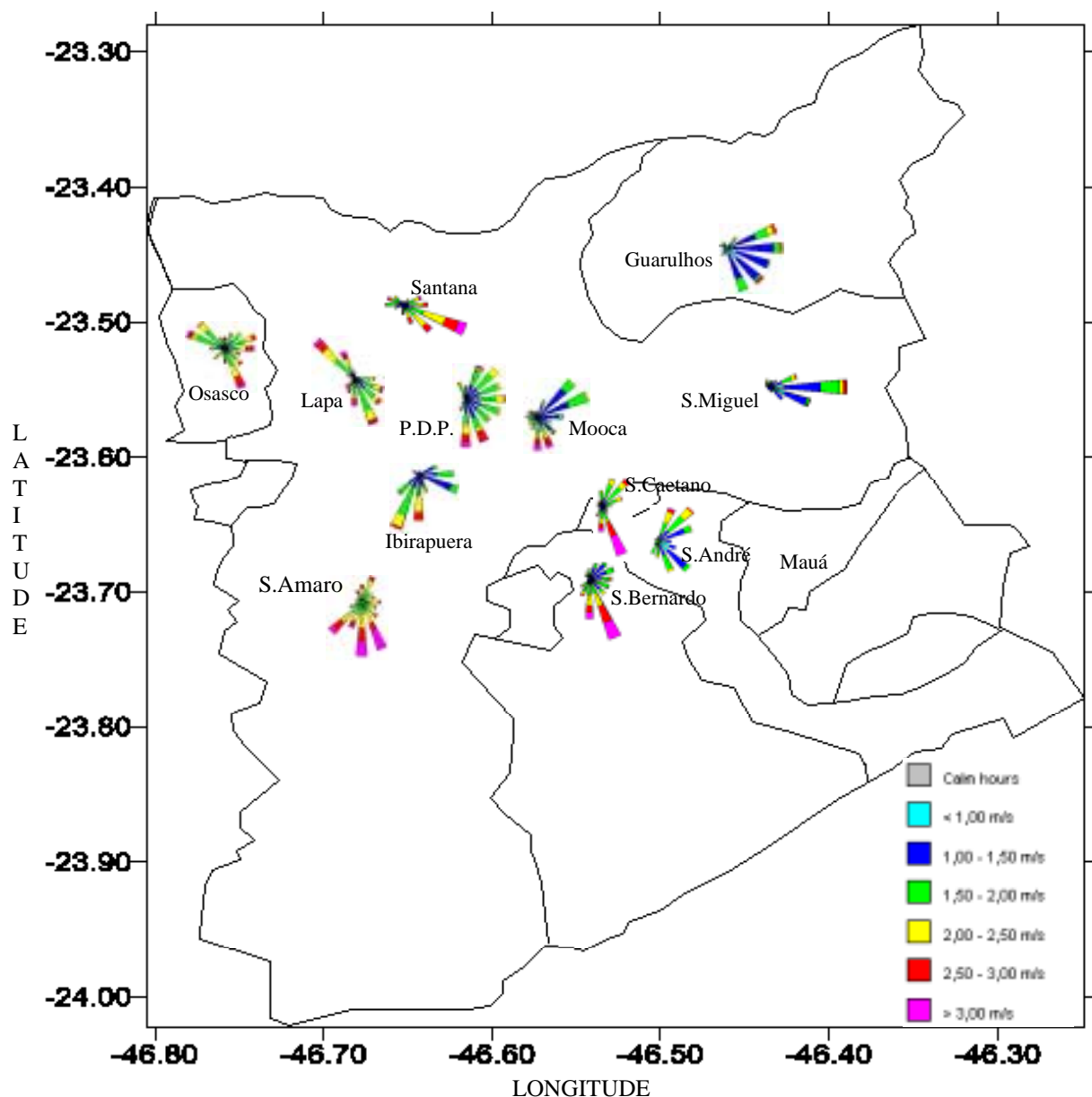


Figura 12 - Rosas de vento nos dias de episódios na estação Ibirapuera no período de 1996 a 1998.

Na Figura 13 são mostradas as rosas de vento de cada estação, das 11 às 15 horas, nos dias de episódios na estação Mauá no período de 1996 a 1998. Observa-se que há uma predominância de ventos de direção norte, variando entre NE e NW. É observado também que a maior intensidade da velocidade do vento ocorre na direção NW. Esta direção de vento, geralmente, precede a entrada de sistemas de baixa pressão (frentes frias) sobre a região, como comentado anteriormente. A aproximação de sistemas frontais para a região, geralmente, provoca o aumento da temperatura do ar em superfície, devido ao transporte horizontal do ar quente continental pelos ventos de direção de N/NW. Este aquecimento favorece a formação de ozônio sobre a RMSP.

Ressalta-se que dos 255 dias de episódios nas estações Mauá e/ou Ibirapuera no período de 1996 a 1999 em apenas 21% dos casos ocorreram episódios nas duas estações no mesmo dia.

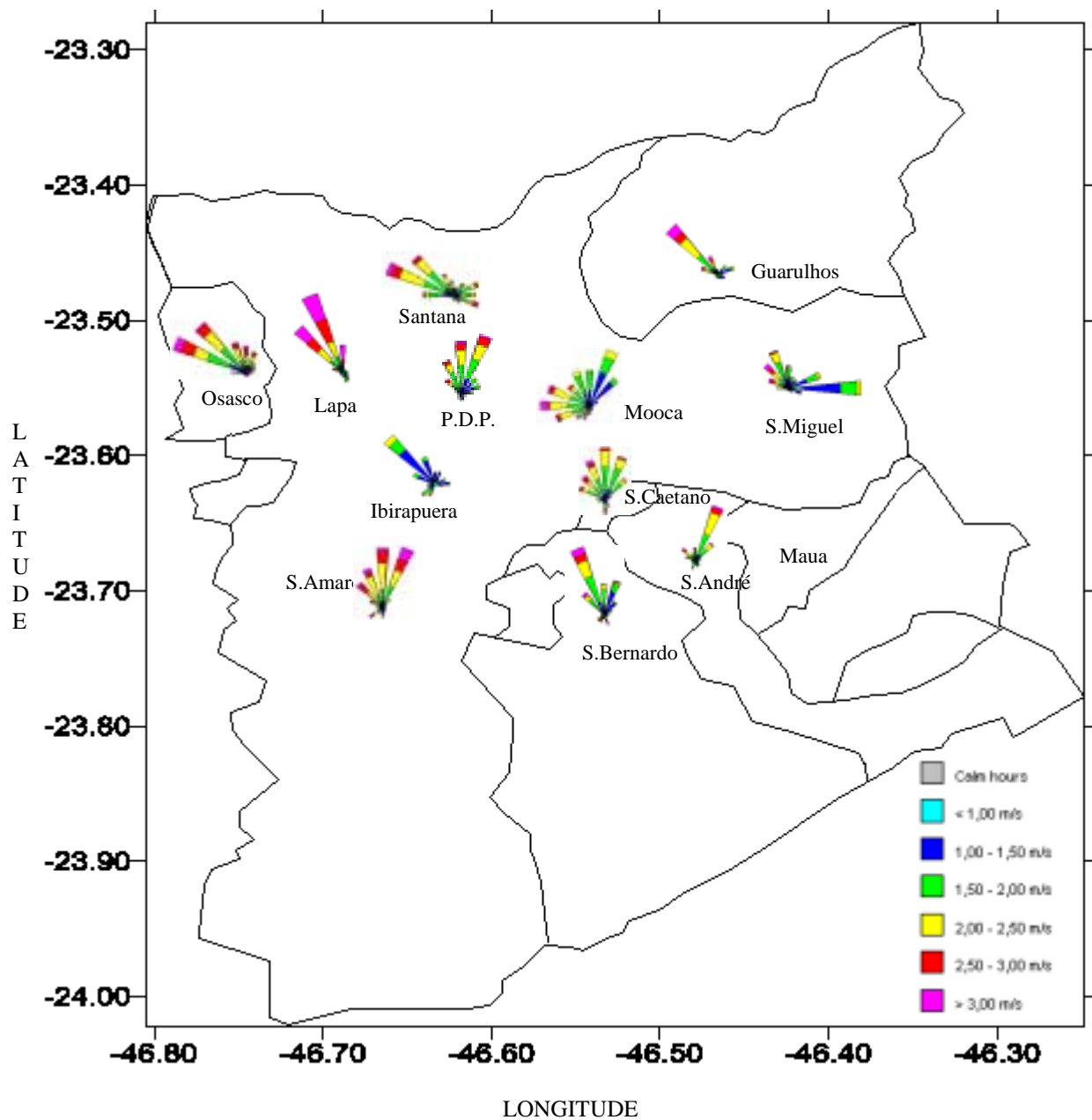


Figura 13- Rosas de vento nos dias de episódios na estação Mauá no período de 1996 a 1998.

6.2 Temperatura e Umidade Relativa

A temperatura ambiente é um fator que influencia na reação fotoquímica de formação do ozônio na atmosfera. Na Figura 14 estão apresentados os gráficos de dispersão da máxima concentração de O₃ em função da máxima temperatura⁴ no período de 1996 a 1999, nas estações Parque D. Pedro II , Ibirapuera, São Caetano do Sul e Mauá. Os valores de temperatura são apresentados em graus Celsius e as concentrações de O₃ em ppb. A linha vermelha significa o valor do Padrão de Qualidade do Ar - PQAr para o ozônio (82 ppb).

Ressalta-se que, como na estação Mauá não há medidor de temperatura nem de umidade relativa, foram utilizados os dados da estação São Caetano do Sul, por ser a estação mais próxima.

Observa-se que a maioria dos episódios de ozônio ocorreram na faixa de temperatura máxima acima de 25°C, com exceção de Mauá, que ocorreram em temperaturas mais altas, acima de 28°C.

Na estação Parque D. Pedro II, o aumento da temperatura não reflete no aumento das concentrações de ozônio, o que pode ser explicado por ser esta uma estação de via, onde o ozônio formado é rapidamente consumido.

Nota-se que, apesar de ocorrerem dias com altas temperaturas não há, necessariamente, a ocorrência de altas concentrações de ozônio, uma vez que também outros fatores meteorológicos influenciam no processo das reações fotoquímicas.

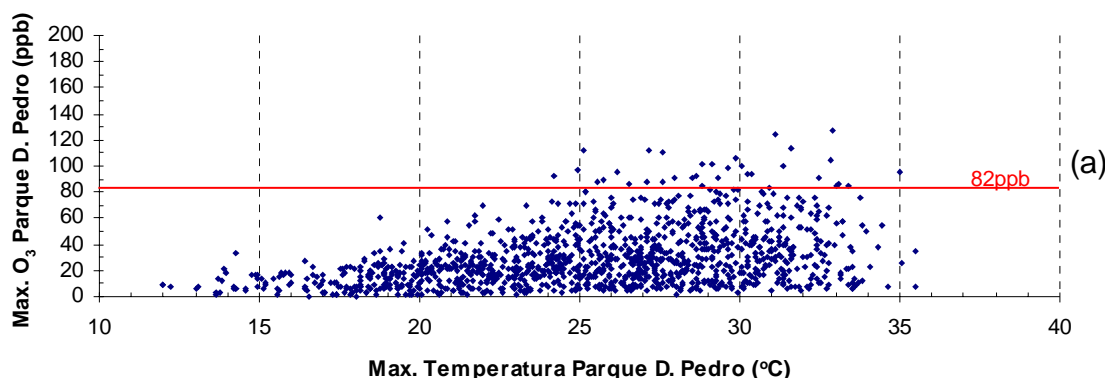


Figura 14 - Dispersão de Máximos de O₃ (ppb) e Máximas de Temperatura (°C), nas estações: (a) Parque D. Pedro II , (b) Ibirapuera, (c) São Caetano do Sul, (d) Mauá. (continua)

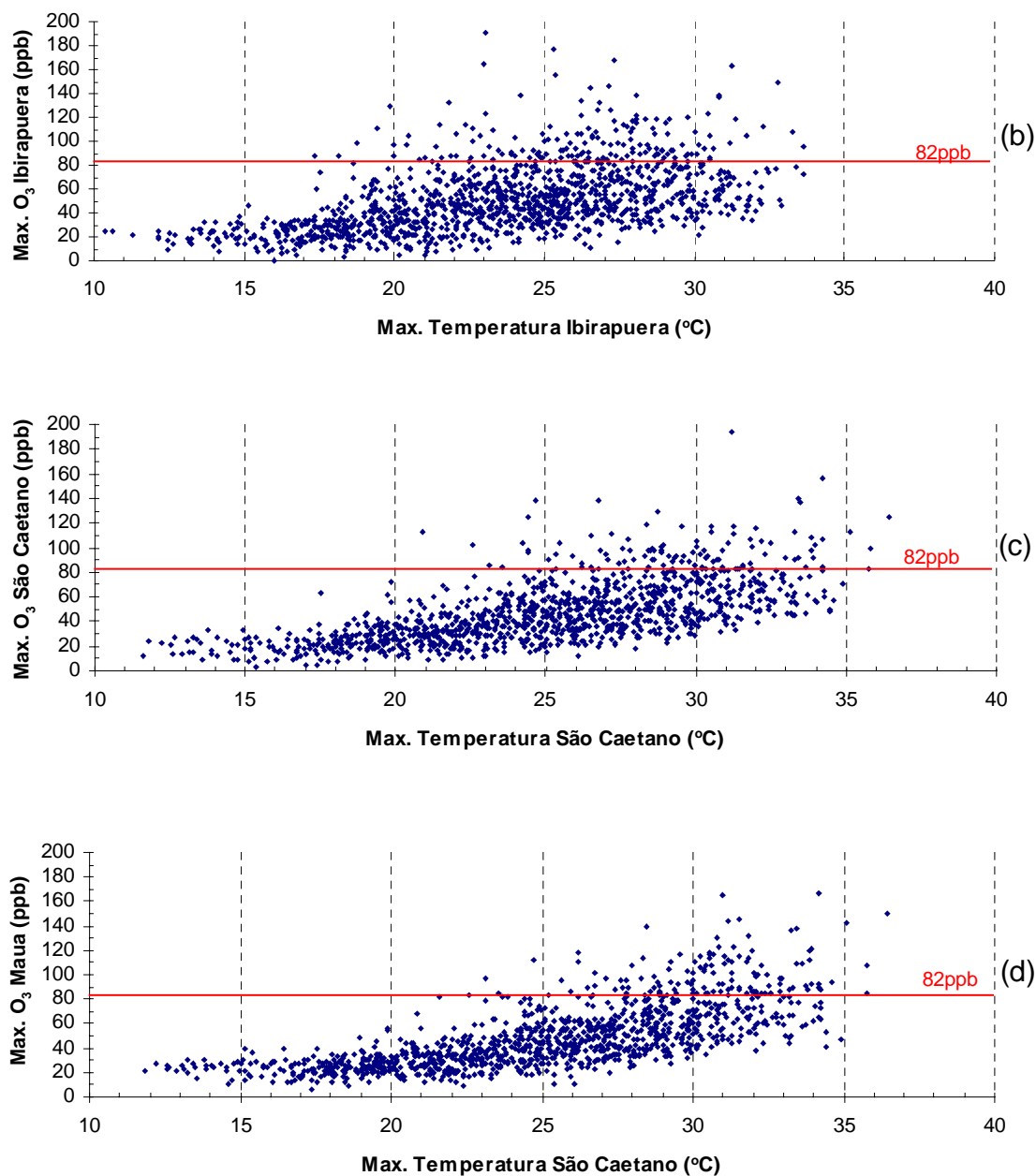


Figura 14 - Conclusão.

Na Figura 15 são apresentados os gráficos de dispersão da máxima diária de concentração de ozônio em função da mínima diária de umidade relativa nas estações Ibirapuera e Mauá, no período de 1996 a 1999.

Observa-se que as ultrapassagens do padrão de O₃ ocorrem com a umidade relativa variando entre 20 a 60% no Ibirapuera e entre 15 e 50% em Mauá.

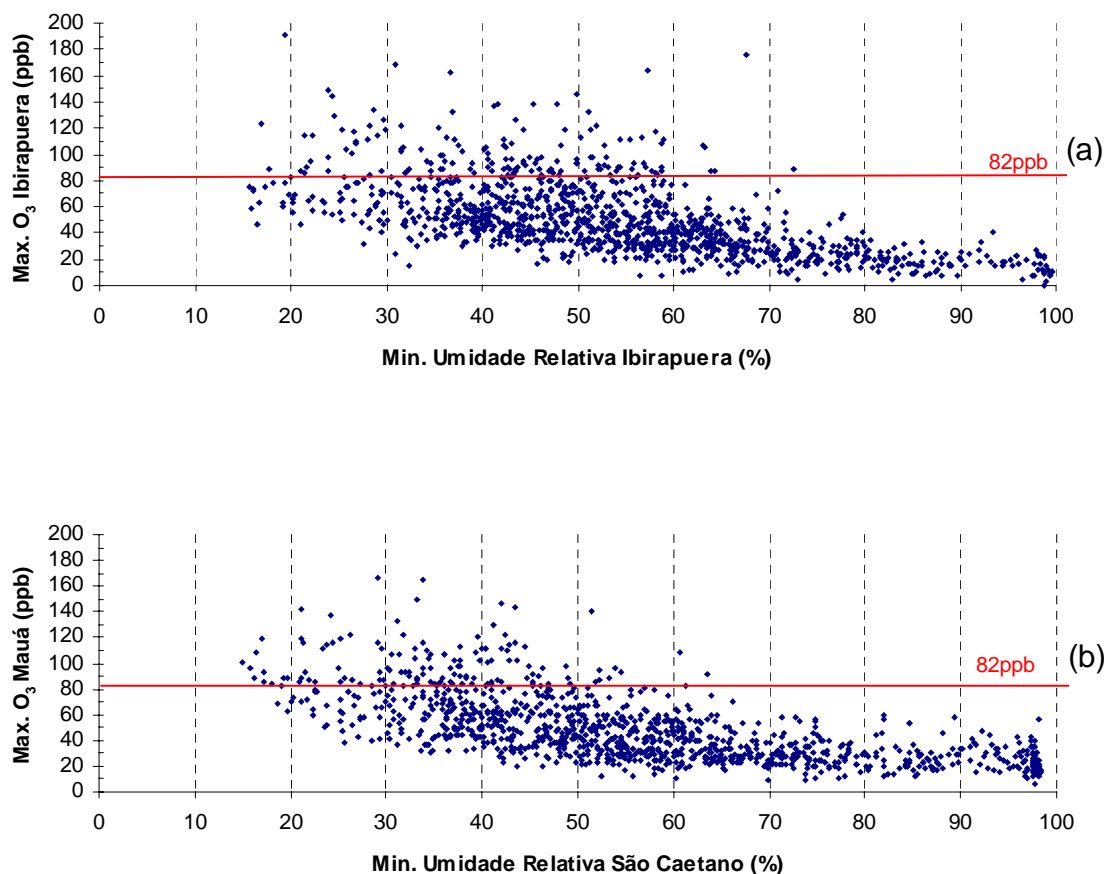


Figura 15 - Dispersão de Máximos Diários de O₃ (ppb) e Mínima Umidade Relativa Diária (%), nas estações: (a) Ibirapuera, (b) Mauá.

Na Figura 16 são mostrados os valores de máxima temperatura (°C) e mínima umidade relativa (%) do ar registrados nas estações Ibirapuera e Mauá, nos horários de máxima concentração de O₃, em dias em que ocorreram a ultrapassagens do padrão, no período de 1996 a 1999. Nota-se que as temperaturas na estação Mauá são maiores do que na estação Ibirapuera, sendo observadas temperaturas médias de 27°C e 30°C, respectivamente, no Ibirapuera e em Mauá.

Pode-se ressaltar que a maioria dos episódios ocorrem em dias quentes, no entanto, principalmente para o Ibirapuera, ocorreram episódios em dias com temperaturas abaixo de 25°C.

Em Mauá, temperaturas mais altas e umidade relativa mais baixa ocorrem devido a predominância de ventos quentes e secos de direção noroeste, como já foi citado na análise das rosas de vento. Em Mauá a porcentagem de umidade relativa média é mais baixa, 35%, contra 42% no Ibirapuera. Além disso no Ibirapuera ocorreram episódios com umidade acima de 70%.

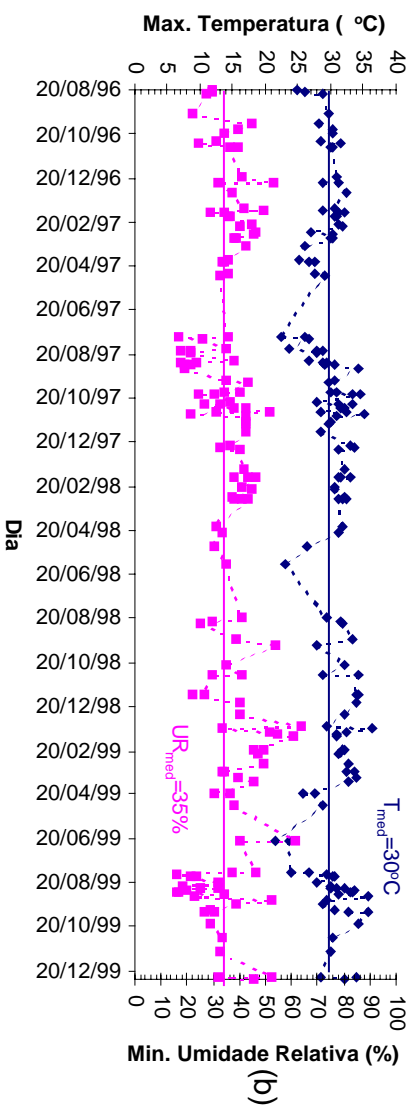
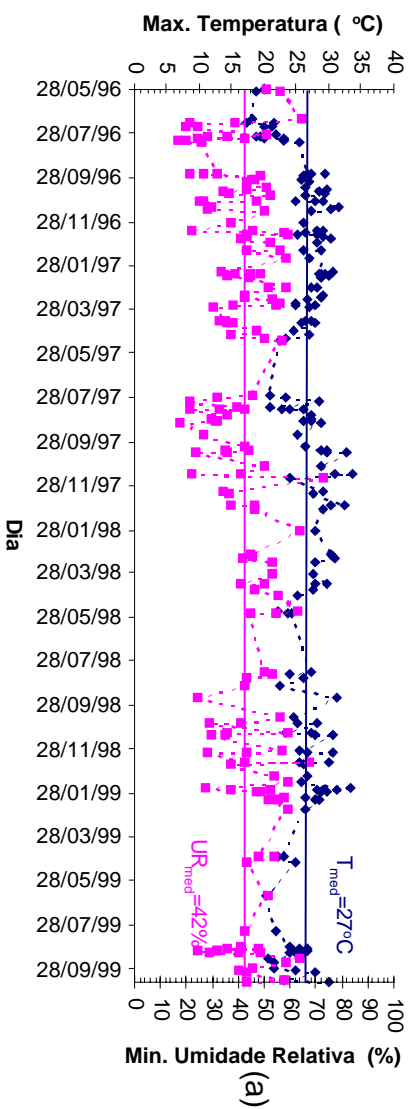


Figura 16 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar nos dias de ultrapassagens do padrão nas estações : a) Ibirapuera e b) Mauá.

6.3 Radiação Global

A Figura 17 mostra os gráficos de dispersão da máxima concentração de O_3 nas estações: (a) Parque D. Pedro II, (b) Ibirapuera, (c) São Caetano do Sul e (d) Mauá em função da máxima radiação solar global na estação Ibirapuera no período de agosto de 1996 a dezembro de 1997. A linha vermelha indica o PQAr para o ozônio.

Observa-se que na estação Parque D. Pedro II, mesmo altos valores de radiação não refletem altas concentrações de ozônio, devido a proximidade da via. No entanto, nas demais estações, quando houve ultrapassagens do padrão, estas ocorreram em dias com valores de radiação global normalmente acima de 700 W/m^2 .

Deve ser lembrado que a radiação solar global, geralmente, não é utilizada para os estudos de reações fotoquímicas, mas somente sua fração no espectro ultravioleta. Contudo para este período de estudo não há registros horários deste parâmetro que permita tal análise.

Deve ser também considerado que, numa análise geral, outras condições meteorológicas que influenciam no processo fotoquímico podem estar associadas, e devido a isso, em alguns dias com altas radiações globais não foram observadas altas concentrações de ozônio.

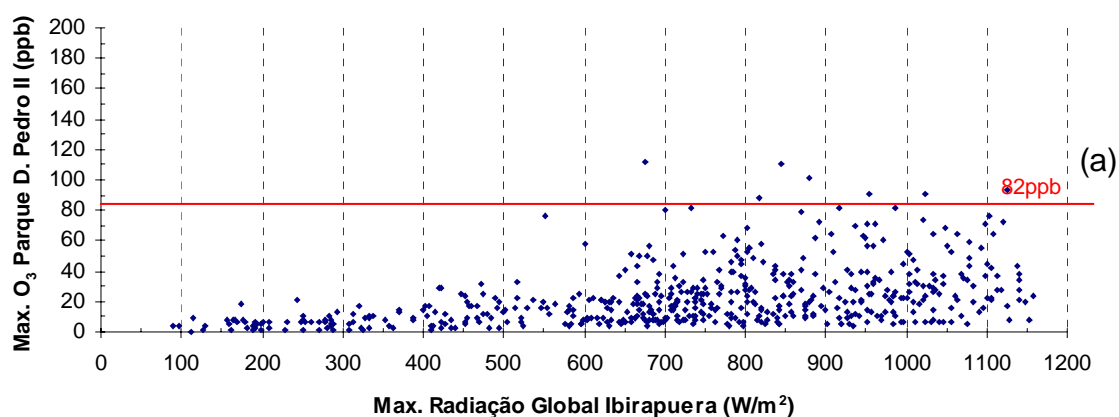


Figura 17 - Dispersão de Máxima de Radiação Global (W/m^2) na estação Ibirapuera e Máxima concentração de O_3 (ppb) nas estações: (a) Parque D. Pedro II, (b) Ibirapuera, (c) São Caetano do Sul, (d) Mauá. (continua).

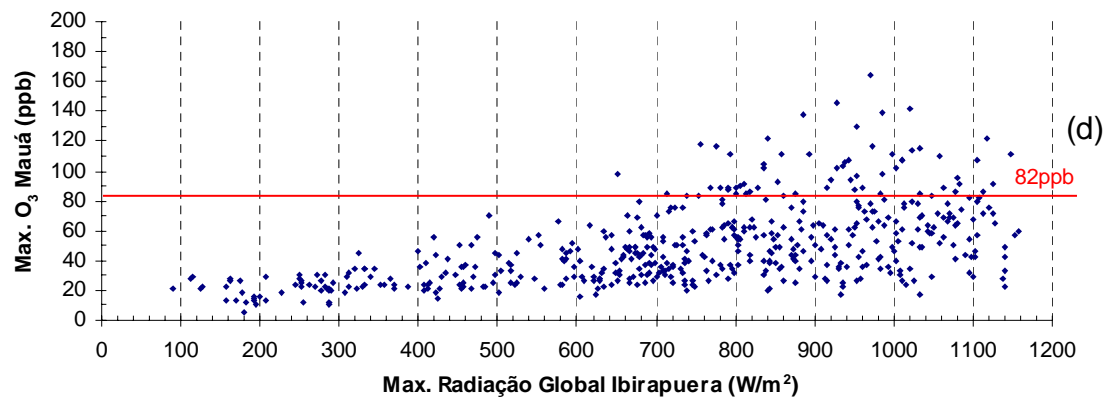
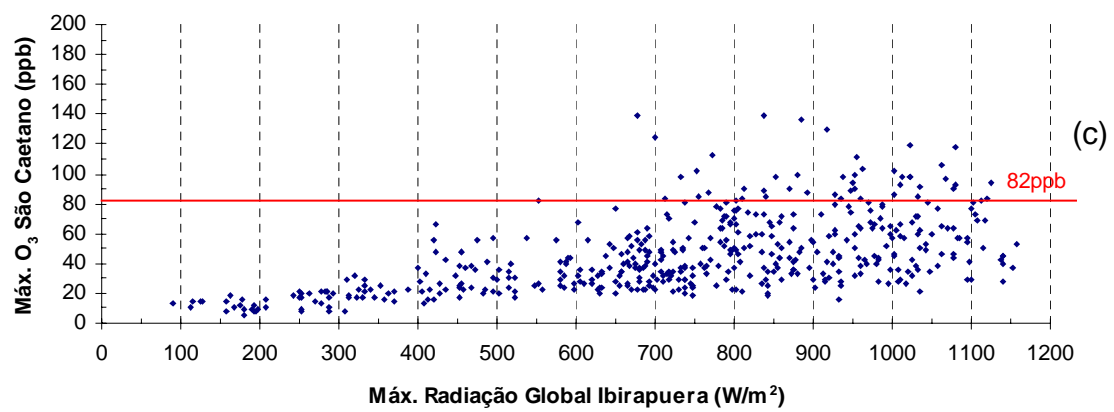
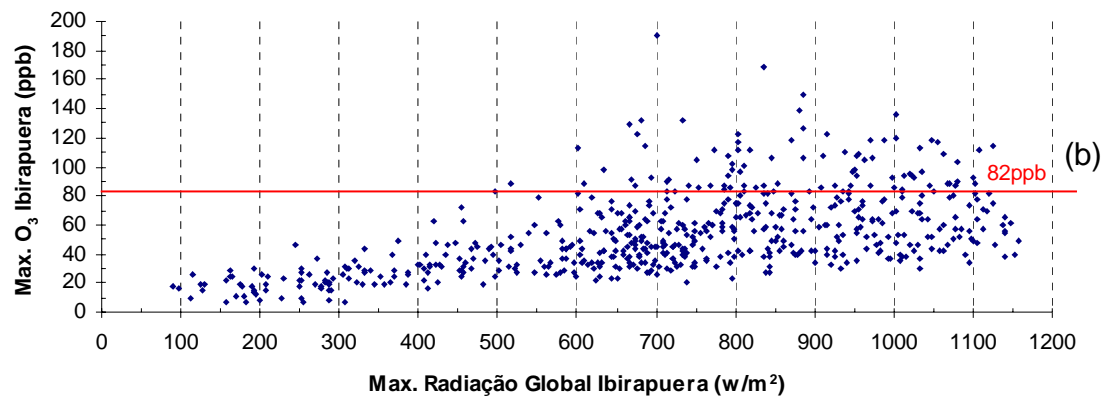


Figura 17 - Conclusão.

7. COMPORTAMENTO MÉDIO DO OZÔNIO

7.1. Óxidos de Nitrogênio

Para obter um perfil médio da variação da concentração das estações, no período de 24 horas, foram feitas curvas com as concentrações médias horárias de NO, NO₂ e O₃ nos dias com índice de qualidade do ar boa, regular, inadequada e má para ozônio no período de maio de 1996 a dezembro de 1998.

Neste trabalho, as concentrações de ozônio, NO e NO₂ são apresentadas em ppb para melhor visualização da estequiometria das reações envolvidas no ciclo fotoquímico do ozônio.

Observa-se, nas Figuras 18 a 23, que o valor máximo de NO no período da manhã normalmente ocorre por volta das 8 horas coincidindo com o pico de tráfego, e que ainda no período da manhã a concentração de NO diminui, sendo acompanhada do aumento do NO₂, cujo pico ocorre por volta das 10 horas. A máxima concentração de ozônio ocorre por volta das 14 horas. Perfil semelhante foi observado no sistema fechado apresentado na Figura 1.

Através da análise dos perfis médios dos poluentes de cada uma das estações observou-se um comportamento diferenciado devido à distância da via. Assim, para facilitar as análises, as estações foram separadas em dois grupos: veiculares e não veiculares.

Nas estações Congonhas (Fig. 18), Parque D. Pedro II (Fig. 19) e Osasco (Fig. 20), estações veiculares, foram poucos os dias em que a concentração de ozônio ultrapassou o padrão (82 ppb). Nestas estações o perfil médio de concentração de NO é elevado em função da forte emissão dos veículos que circulam próximos às mesmas. O ozônio formado próximo a estas estações é rapidamente consumido pelo NO, segundo a reação (3), por isso, a concentração de NO diminui no horário de formação do ozônio e a concentração de NO₂, produto da reação (3), mantém-se alta, diferindo do perfil de concentração do modelo apresentado na Figura 1.

Nos dias em que o índice de qualidade do ar esteve regular para ozônio, tanto na estação Congonhas como Parque D. Pedro II (Figuras 18b e 19b), a concentração média de NO no período da manhã foi menor que nos dias de qualidade do ar boa (Figuras 18a e 19a). Desses dias de qualidade regular, cerca de 40% ocorreram nos sábados, domingos ou feriados, onde o trânsito diminui consideravelmente, diminuindo também a emissão de NO.

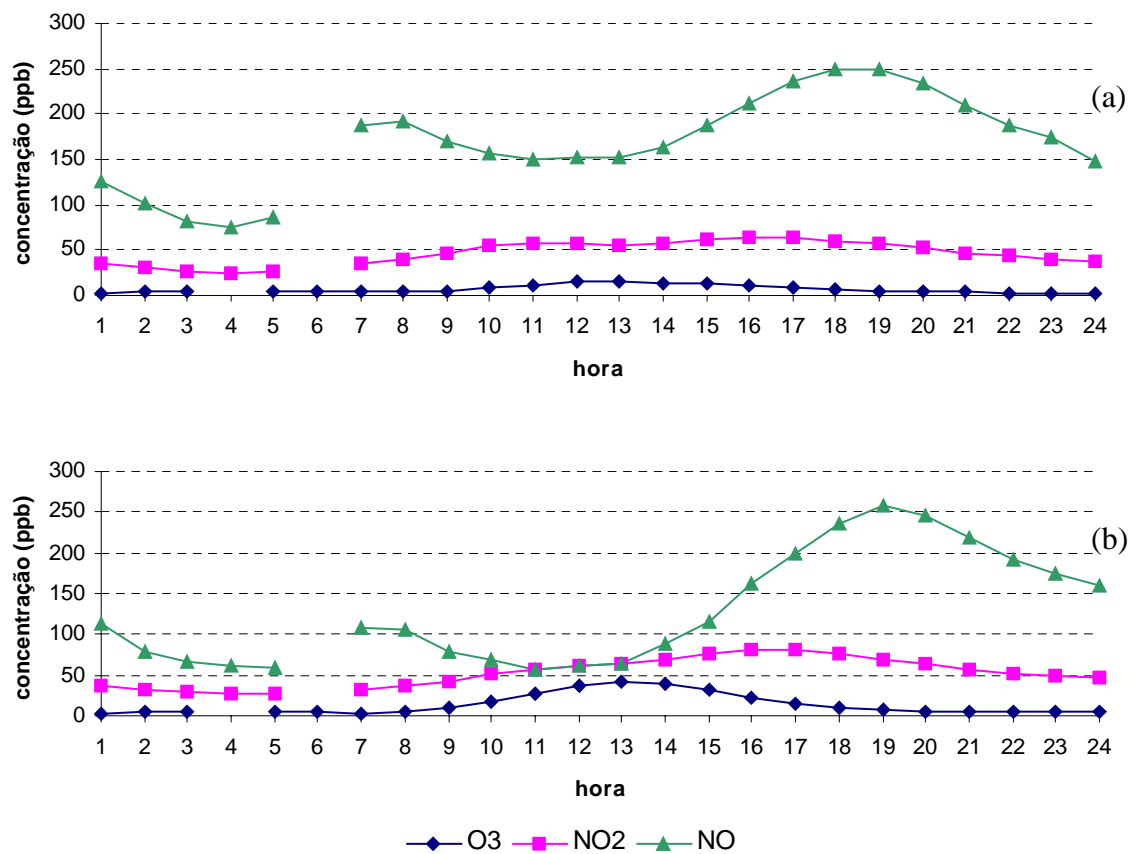


Figura 18 – Valores médios de concentração na estação Congonhas nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b) por ozônio.

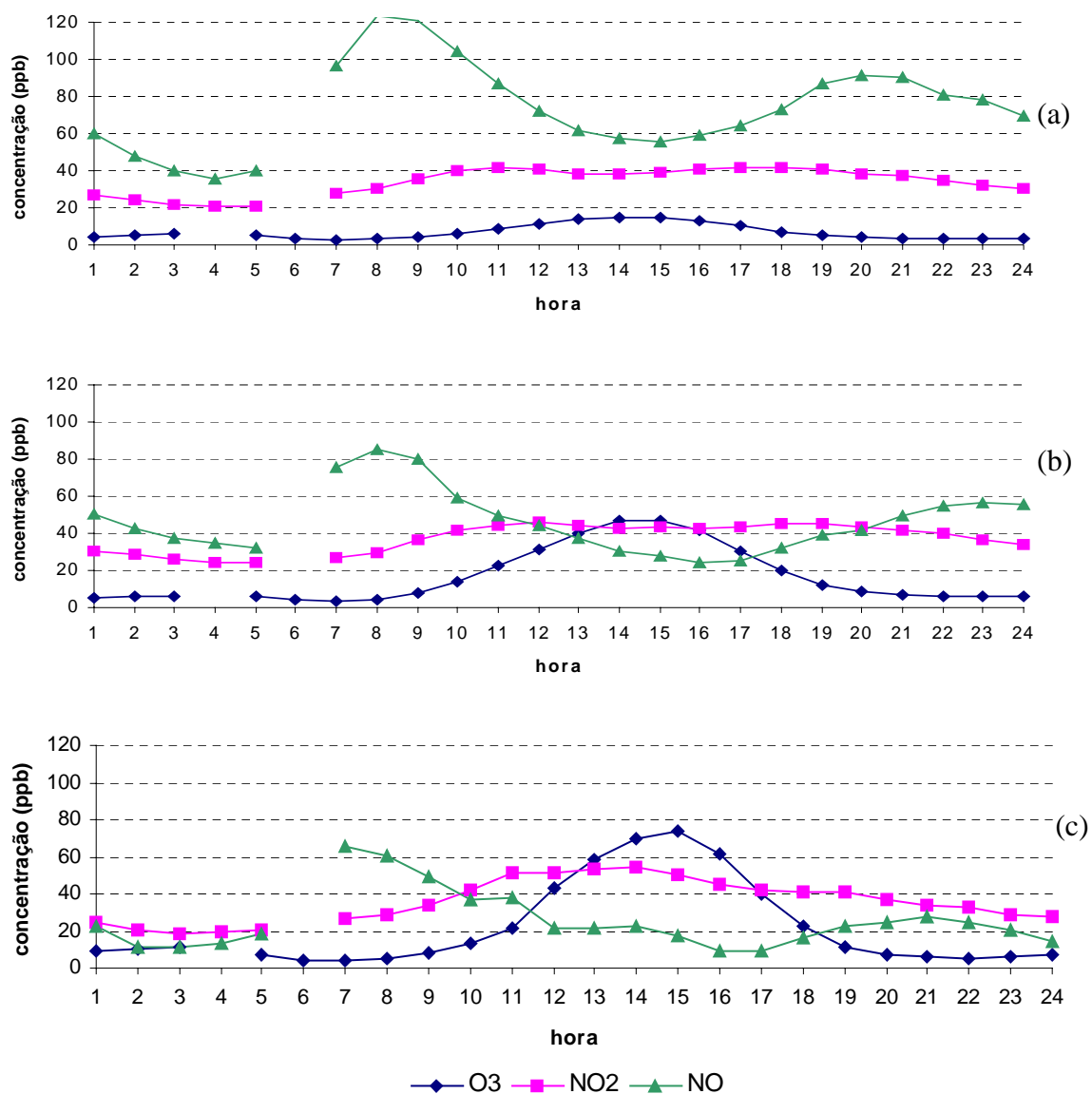


Figura 19 – Valores médios de concentração na estação Parque Dom Pedro II nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) por ozônio.

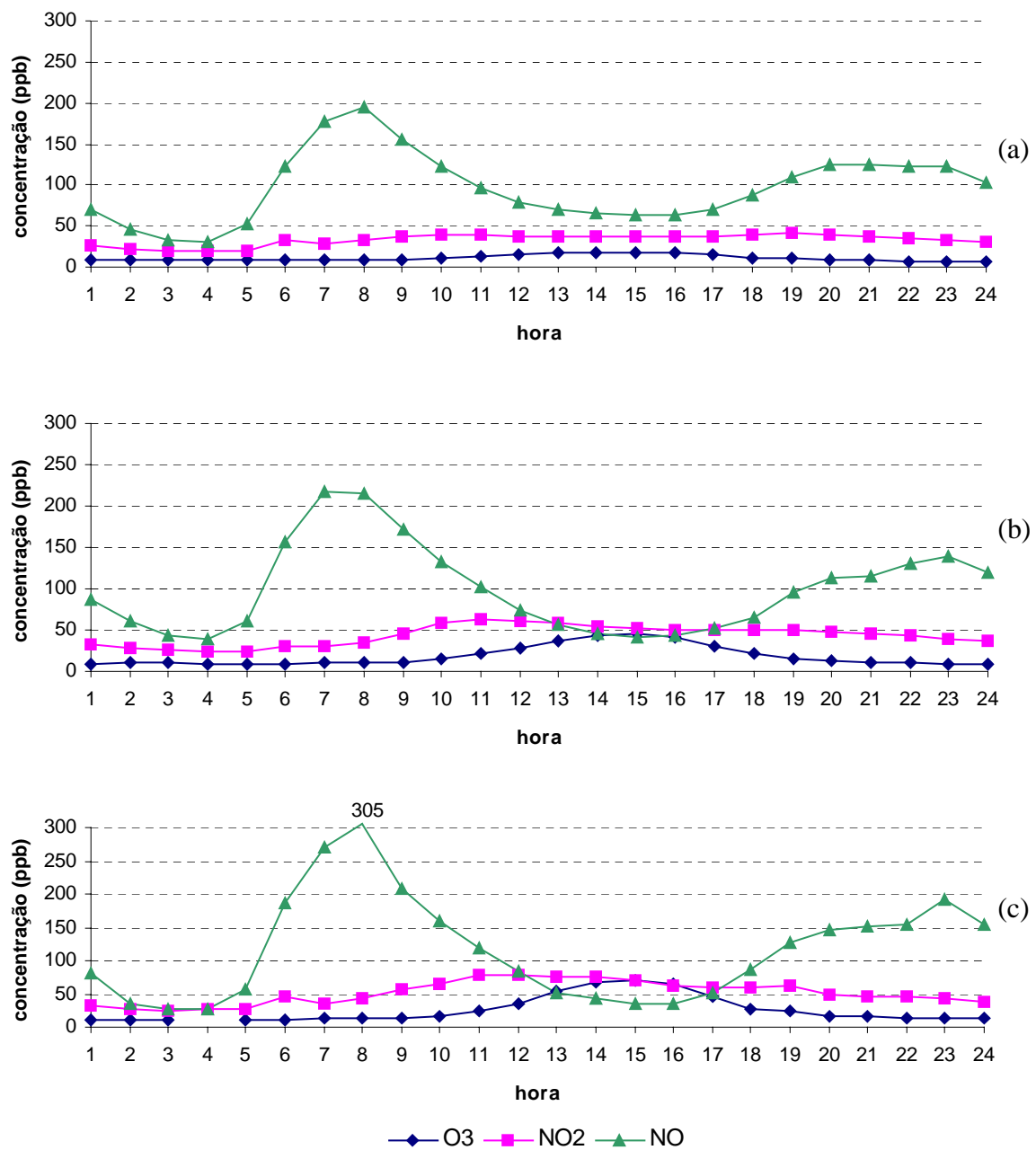


Figura 20 – Valores médios de concentração na estação Osasco nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) por ozônio.

Não estão apresentadas as concentrações médias obtidas no Parque D. Pedro II para os dias de qualidade inadequada e má e Congonhas e Osasco para os dias de qualidade má por ozônio uma vez que ocorreram número muito pequeno de episódios, conforme pode-se observar na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição do número de dias em função do índice de qualidade do ar para ozônio no período de 1996 a 1998.

Qualidade do Ar	Estações veiculares				Estações não veiculares	
	CONG	PDP	OSAS	SCS	IBI	MAUA
Boa	768 (85,1%)	724 (82,3%)	771 (83,3%)	423 (50,5%)	404 (42,6%)	410 (48,1%)
Regular	132 (14,6%)	138 (15,7%)	142 (15,3%)	335 (40,0%)	414 (43,6%)	341 (40,0%)
Inadequada	1 (0,1%)	16 (1,8%)	10 (1,1%)	59 (7,0%)	81 (8,5%)	61 (7,2%)
Má	2 (0,2%)	2 (0,2%)	3 (0,3%)	21 (2,5%)	50 (5,3%)	40 (4,7%)

Nas estações não veiculares, como Ibirapuera (Figura 22) e Mauá (Figura 23) foram muitos os dias em que a concentração de ozônio ultrapassou o padrão. Nestas estações a concentração média de NO no período da manhã é baixa quando comparada à estações veiculares. No horário de formação do ozônio a concentração de NO cai praticamente a zero, devido a reação (3), a concentração de NO₂ também diminui neste horário devido a fotólise do NO₂ (reação (1)).

Apesar de não possuírem fontes veiculares próximas, as estações Ibirapuera (Figura 22) e Mauá (Figura 23) apresentam características distintas com relação aos perfis médios dos poluentes. No caso do Ibirapuera, as concentrações de NO no período da manhã pouco variam em função da qualidade do ar por O₃, enquanto que a concentração em Mauá aumenta nos dias em que o ozônio apresenta concentrações mais elevadas. Observa-se, ainda, que em Mauá a concentração de NO diminui rapidamente, sendo praticamente zero por volta das 10 horas, já no Ibirapuera isto acontece somente próximo do meio dia. No período noturno as concentrações de NO aumentam no Ibirapuera provavelmente devido ao aumento da estabilidade atmosférica, das horas de calmaria e do abaixamento da camada de mistura. Em Mauá este fato não é observado, talvez porque esta estação esteja localizada numa região mais afastada das emissões na área central.

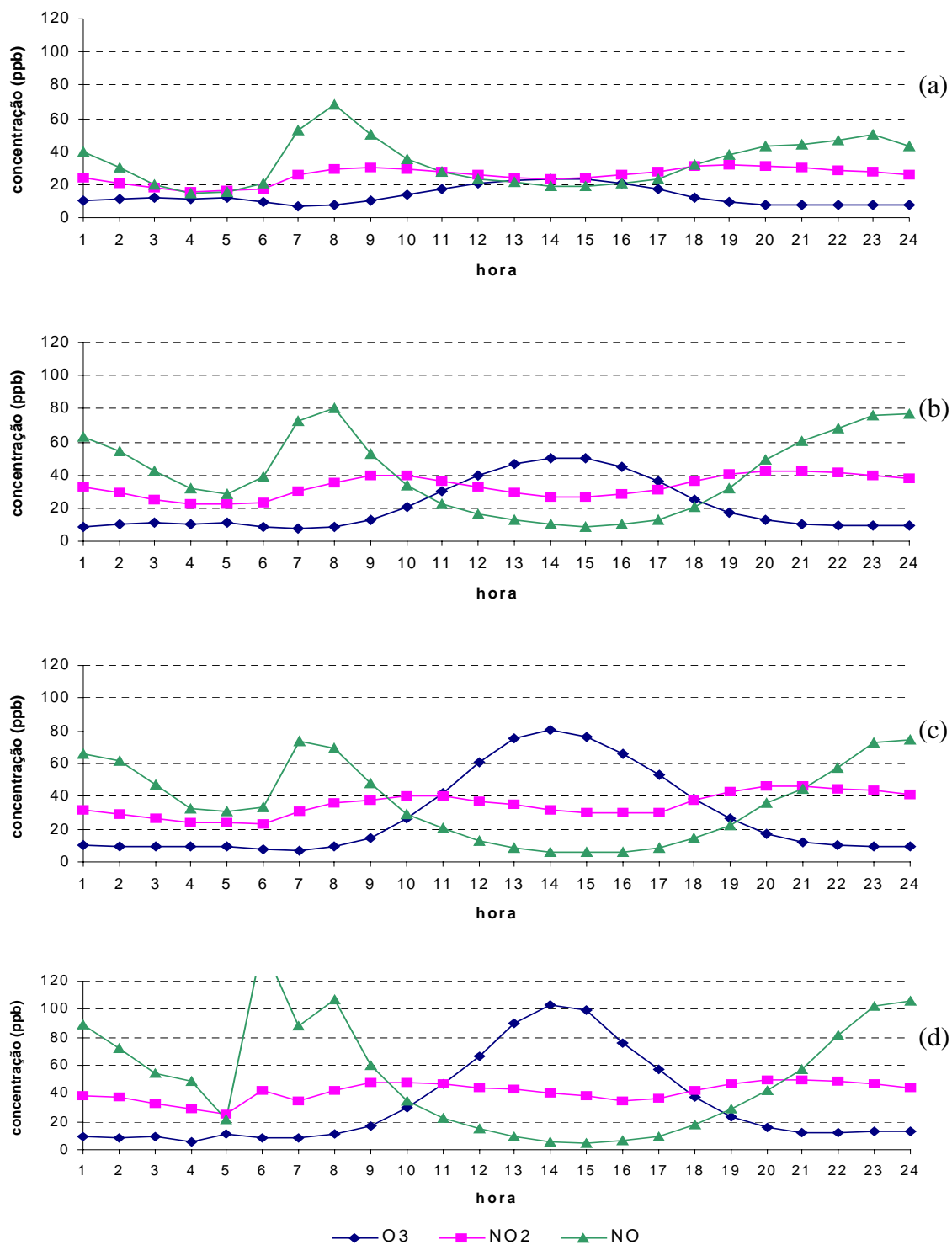


Figura 21 – Valores médios de concentração na estação São Caetano do Sul nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) e má (d) por ozônio.

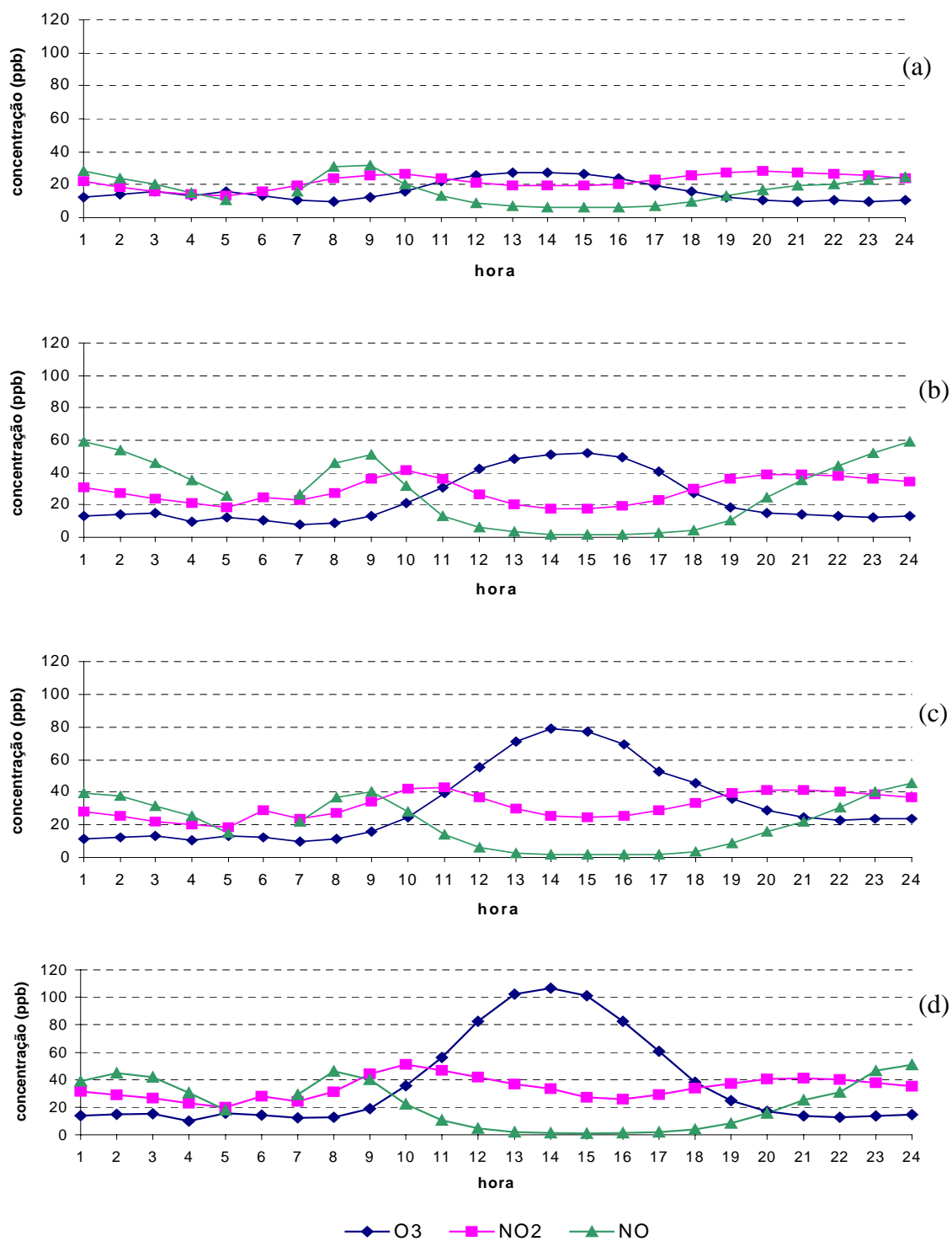


Figura 22 – Valores médios de concentração na estação Ibirapuera nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) e má (d) por ozônio.

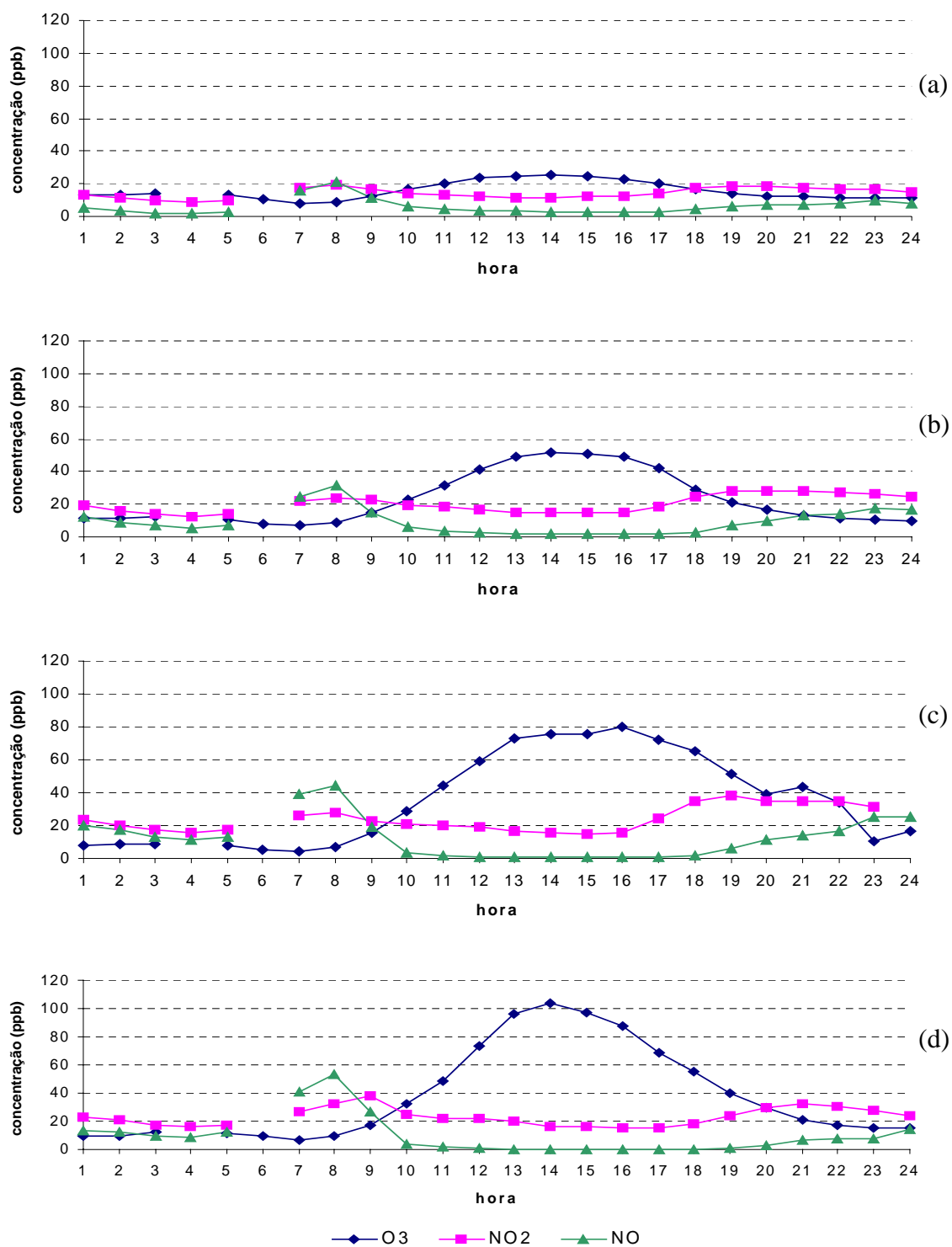


Figura 23 – Valores médios de concentração na estação Mauá nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) e má (d) por ozônio.

Com relação ao NO_2 , observa-se uma pequena variação tanto em Mauá quanto no Ibirapuera, no período da manhã, em função da variação da qualidade do ar por ozônio.

Quanto ao ozônio formado nestas estações, o perfil médio apresenta características diferentes, principalmente nos dias de qualidade do ar inadequada e má. Observa-se, em Mauá, (Figuras 23 c, d) que as altas concentrações de ozônio prolongam-se até o final da tarde (horário das 17/18 horas) enquanto que no Ibirapuera (Figuras 22 c, d), neste mesmo horário, as concentrações de ozônio já são baixas. Como os episódios de Mauá ocorrem com ventos de noroeste (conforme ficou caracterizado no item 6), o ozônio formado na cidade de São Paulo por volta das 15 horas pode, neste caso, estar sendo transportado para Mauá fazendo com que as concentrações de ozônio mantenham-se altas até mais tarde.

Na estação São Caetano do Sul (Figura 21), como o tráfego próximo não é muito intenso, as concentrações médias de NO não são tão altas como nas demais estações veiculares, o que faz com que a ocorrência de episódios de ozônio seja mais freqüente nesta estação.

As estações Moóca e São Miguel Paulista apesar de serem estações não veiculares apresentaram um menor número de episódios de ozônio que Mauá e Ibirapuera. No caso de São Miguel Paulista os ventos são predominantemente de leste, fazendo com que essa estação sofra pouca influência dos poluentes emitidos na região central. Já a estação Moóca talvez sofra uma maior influência das vias ao redor que as demais estações não veiculares.

7.2 Razão $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$

Como a formação do ozônio depende da razão $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$, uma vez que ambos estão envolvidos no ciclo fotoquímico do ozônio (reações (1) a (3)), foram feitas as curvas de $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ (ppb) em função da hora do dia para os dias de qualidade do ar boa, regular, inadequada e má por ozônio. Para o cálculo das razões utilizou-se somente os horários das 8 às 12 horas por ser nesses horários que o NO é emitido e convertido a NO_2 . Nas estações veiculares como Parque D. Pedro II, Congonhas e Osasco (Figura 24) não foram calculadas as razões para os dias com índice de qualidade má por ozônio, pois esses dias estão baseados em um número muito pequeno de episódios (Tabela 2).

Observa-se, na Figura 24, que as estações Congonhas, Parque D. Pedro II e Osasco apresentaram uma razão $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ baixa e praticamente constante no período

das 8 às 12h, o que indica que nessas estações o NO é alto devido a forte influência da emissão veicular, sendo o ozônio presente próximo à estação rapidamente consumido pelo NO, segundo reação (3). Altas concentrações de ozônio quase não são observadas nestas estações, conforme visto anteriormente.

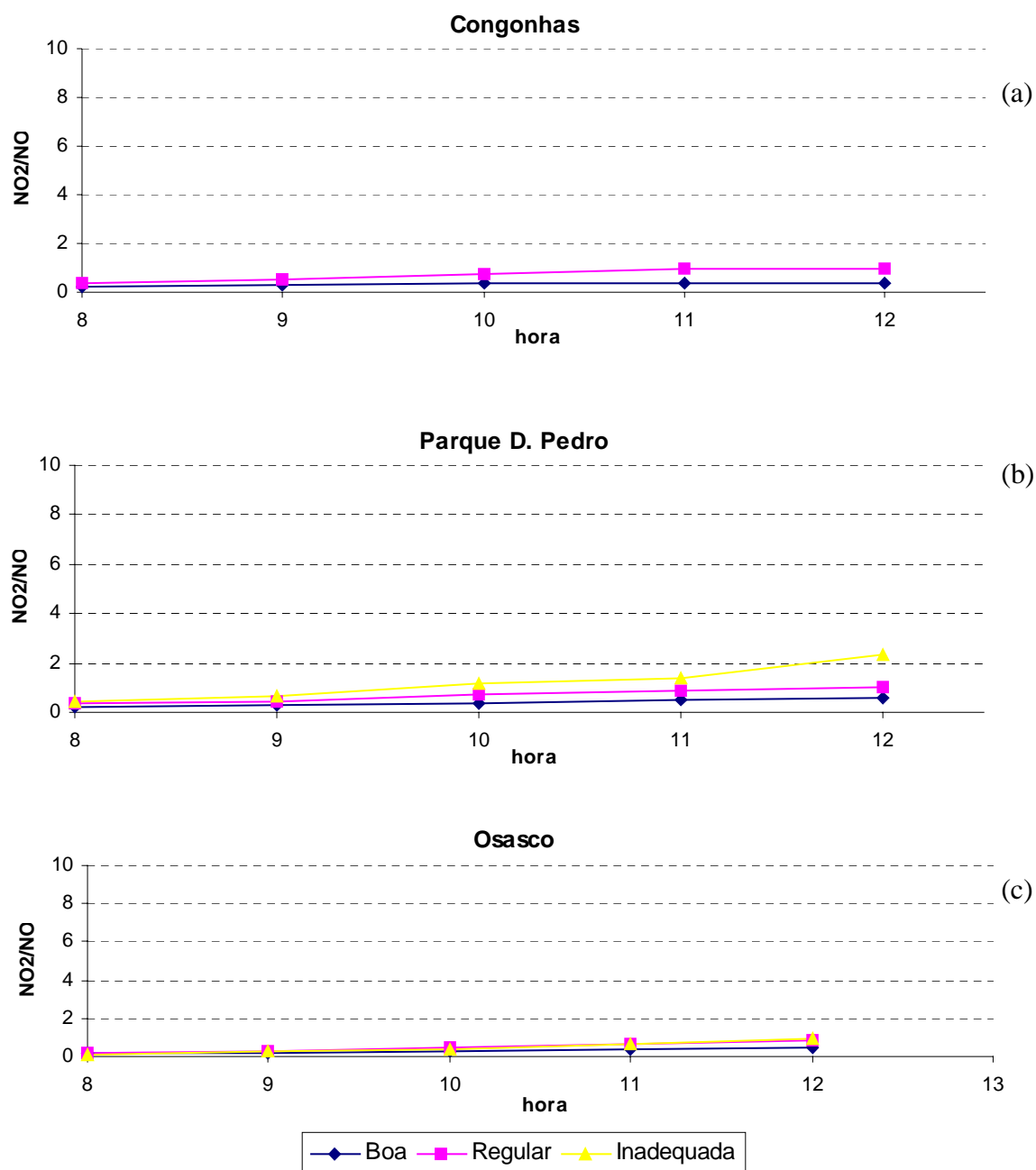


Figura 24 - Razão $[NO_2]/[NO]$ em função da hora do dia para as estações Congonhas (a), Parque D. Pedro II (b) e Osasco (c), para os dias com índice de qualidade do ar boa, regular e inadequada.

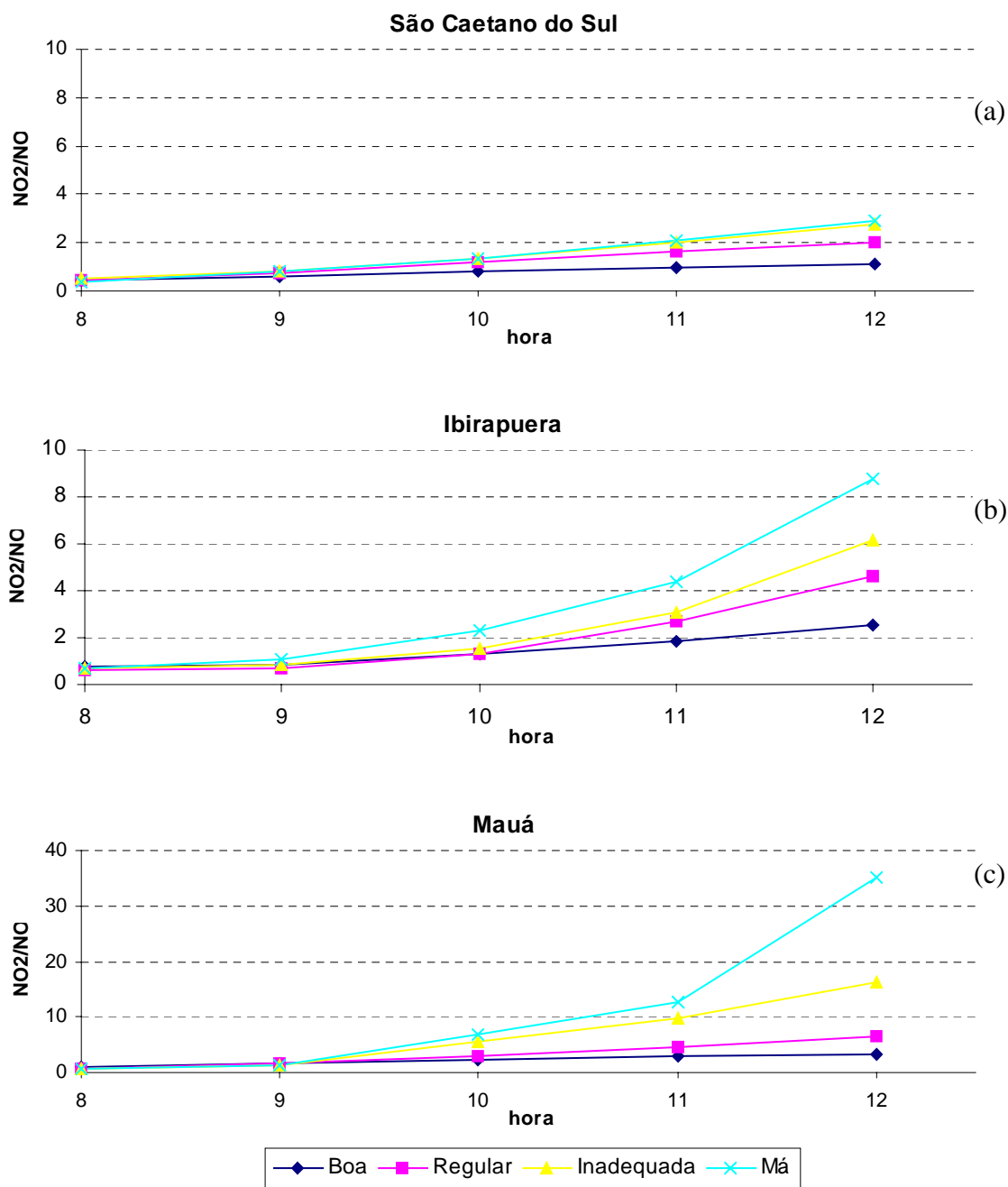


Figura 25 - Razão $[NO_2]/[NO]$ em função da hora do dia para as estações São Caetano do Sul (a), Ibirapuera (b) e Mauá (c), para os dias com índice de qualidade do ar boa, regular, inadequada e má.

No caso das estações Ibirapuera e Mauá (Figura 25 b e c), as razões $[NO_2]/[NO]$ foram baixas no período das 8 às 10 horas, horário de maior emissão de NO, e aumentaram rapidamente depois desse horário. Observou-se um significativo aumento da razão com o índice de qualidade do ar sendo que nos dias de má a razão foi cerca de

9 no Ibirapuera e 35 em Mauá às 12 horas. Altas razões $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ indicam que estas estações apresentam condições favoráveis a não destruição do ozônio uma vez que não estão sujeitas a emissões veiculares próximas.

7.3 Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

Para análise dos COVs foram utilizados os dados de hidrocarbonetos não-metanos (HCNM) da RAQAr da CETESB, disponíveis apenas nas estações Parque D. Pedro II e S. Caetano do Sul a partir de 1999.

A Figura 26 apresenta as concentrações médias horárias de HCNM do Parque D. Pedro II e O_3 do Ibirapuera, separados pelos índices de qualidade do ar boa, regular, inadequada e má por ozônio. Observa-se que o valor máximo de HCNM no período da manhã ocorre por volta das 8 horas, coincidindo com o pico de tráfego. A medida que se inicia a formação de ozônio a concentração de HCNM diminui, devido à reação destes no ciclo fotoquímico, (eq. (4) a (6)). Observa-se ainda que as concentrações de HCNM aumentam gradualmente em função da qualidade do ar para ozônio, tanto no período diurno quanto no noturno. Esse aumento noturno deve-se às emissões do tráfego no final da tarde e noite (horário de pico) e, provavelmente, à estabilidade atmosférica, conforme descrito anteriormente (item 7.1).

A Figura 27 apresenta o gráfico de dispersão da máxima concentração de O_3 do Ibirapuera em função do HCNM (médias das 7 às 9 horas) do Parque D. Pedro II, para o ano de 1999. Neste caso, não foi observada nenhuma correlação entre os parâmetros, o que é esperado devido à complexidade dos processos que envolvem a formação de O_3 .

Já a Figura 28 apresenta o gráfico de dispersão de HCNM em função do NO_x , ambos médias das 7 às 9 horas, do Parque D. Pedro II, para o ano de 1999. Foi observada uma boa correlação entre os parâmetros, indicando que os HCNM, assim como o NO , devem estar sendo emitidos pelas mesmas fontes, sendo que neste local predominam as emissões veiculares.

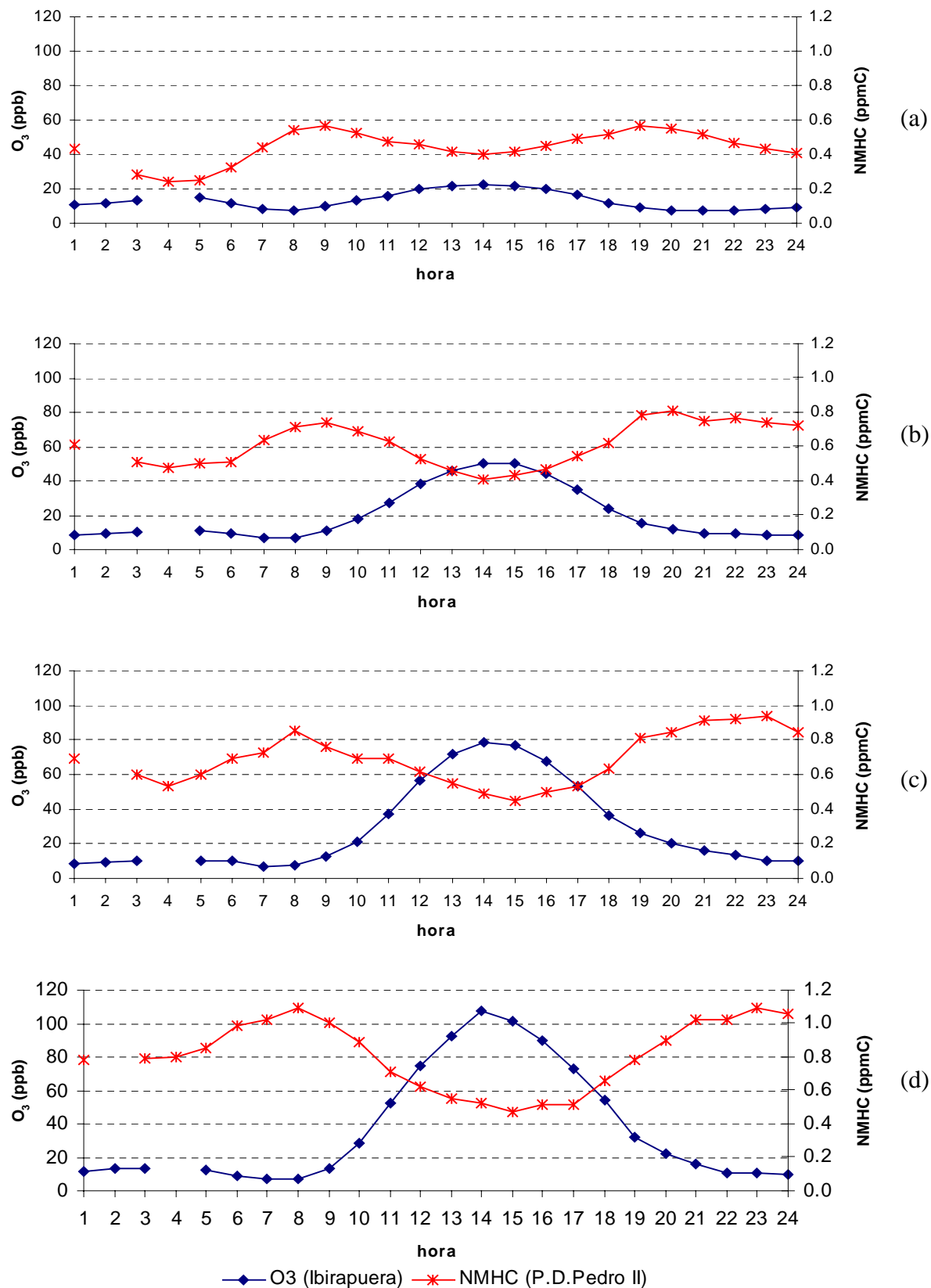


Figura 26 – Valores médios de concentração nos dias com índice de qualidade do ar boa (a), regular (b), inadequada (c) e má (d) por ozônio na estação Ibirapuera.

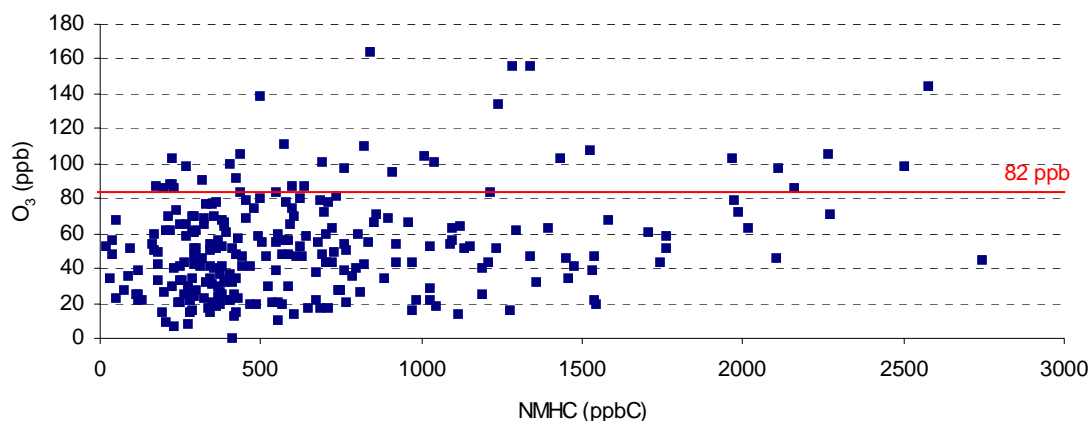


Figura 27 - Dispersão de Máximos de O_3 do Ibirapuera e HCNM (médias da 7 às 9 horas) do Parque D. Pedro II, para o ano de 1999.

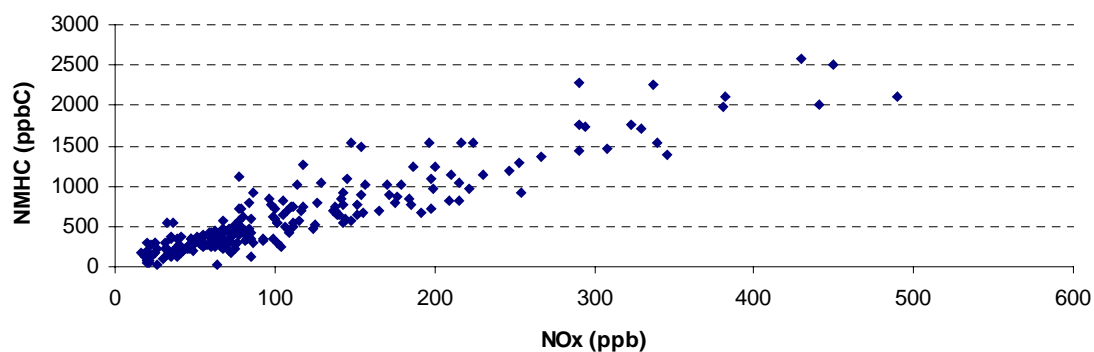


Figura 28 - Dispersão de HCNM e NO_x do Parque D. Pedro II, no período das 7 às 9 horas, para o ano de 1999.

De maneira geral, a formação de ozônio é limitada pelas concentrações de COVs e/ou NO_x presentes na atmosfera de uma dada região. A literatura^{1,4,9,20} descreve a razão COV/ NO_x como um balanço entre os precursores importante na definição de estratégias a serem adotadas para reduzir as máximas concentrações de ozônio. Em atmosferas com altas concentrações de NO_x , em comparação aos COVs (razão baixa), a diminuição na formação do ozônio torna-se mais eficiente se forem controlados os COVs, neste caso o local é considerado COV-limitante. Já atmosferas com altas concentrações de COVs, em relação ao NO_x (razão alta), são considerados NO_x -limitante, isto é, para um controle mais efetivo do ozônio deve-se diminuir o NO_x .

Diversos estudos²⁰ definem sistemas COV-limitante como aqueles onde a razão HCNM/ NO_x é menor que 8. No entanto a literatura cita ainda valores de 4 ou 5 como

limite²¹. Razões de 8 a 15, são considerados locais intermediários onde tanto o controle de COV quanto NOx são efetivos na diminuição do O₃²¹. Locais com razões acima de 15 são NOx –limitante.

A Figura 29 apresenta o gráfico de frequência de ocorrência de ultrapassagens do padrão de O₃ na estação Ibirapuera em função da razão HCNM/NOx (média das 7 às 9 horas) do Parque D. Pedro II e de S. Caetano do Sul, em 1999.

O maior número de dias de ultrapassagens na estação Parque D. Pedro II ocorreu na razão 4 a 6 seguida da 6 a 8, podendo este local ser considerado COV limitante. No caso da estação S. Caetano do Sul o maior número de dias de ultrapassagens ocorreu na razão 8 a 10, seguida de 6 a 8. Deve-se ressaltar que esta estação está localizada próxima ao setor de pintura de uma grande montadora de automóveis. Como o processo de pintura é considerado uma fonte significativa de HCNM, pode estar influenciando no aumento da razão na estação.

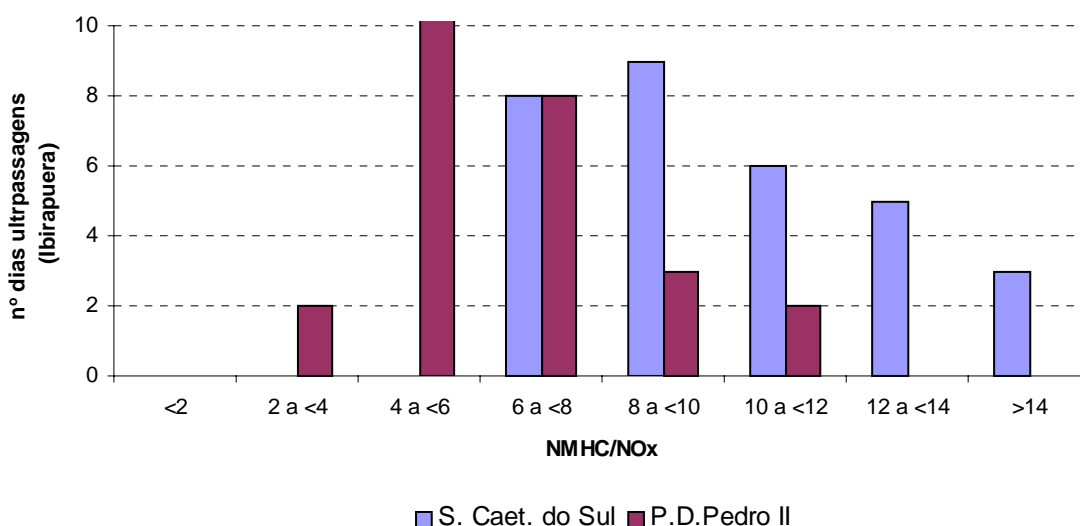


Figura 29 – Frequência de ocorrência de ultrapassagens do padrão na estação Ibirapuera em função da razão HCNM/NOx (média das 7 às 9 horas) do Parque D. Pedro II e de S. Caetano do Sul, em 1999.

Apesar da literatura⁹ mostrar que a maior parte das grandes cidades americanas é COV limitante, a representatividade dessas estações está restrita a microescala (Parque D. Pedro II) e média escala (S. Caetano do Sul) o que impede afirmar qual a situação atual da RMSP em relação ao balanço dos precursores.

8. CONCLUSÕES

Com relação ao comportamento do ozônio na RMSP, o perfil sazonal mostrou uma maior ocorrência de altas concentrações desde o final do inverno até início do verão. A maior frequência não ocorre nos meses mais quentes e com maior incidência de radiação solar provavelmente pelo aumento da nebulosidade que ocorre nesses meses, o que reduz a quantidade de radiação solar que incide sobre a superfície, e conseqüentemente, diminui a formação do ozônio na baixa troposfera. A duração dos episódios, em geral, é curta, isto é, as ultrapassagens do padrão ocorrem com maior frequência por uma ou duas horas no dia, entre 13 e 15 horas. Em relação à distribuição dos episódios durante os dias da semana, não observou-se diferenças significativas entre os dias úteis e finais de semana.

As tendências de concentração de O_3 nas estações Ibirapuera e Mauá no período de 1996 a 1999, de maneira geral, foram semelhantes, não sendo observados muitos casos de ultrapassagens em dias consecutivos. No entanto, do total de dias de episódios que ocorreram nessas estações, nesse período, somente 21% dos casos ocorreram nas duas estações. Isto provavelmente ocorre devido à diferente localização geográfica dessas estações na RMSP, sendo assim influenciadas por diferentes condições de transporte.

Na análise do comportamento do vento nos dias de episódios nas estações Mauá e Ibirapuera, observou-se em Mauá uma predominância de ventos de direção norte, variando entre NE e NW, com maior intensidade da velocidade do vento ocorrendo na direção NW. No caso do Ibirapuera, observou-se uma circulação convergente para a região central do Município de São Paulo, onde esta estação está localizada.

Com relação à temperatura observou-se que a maioria dos episódios ocorrem em dias quentes. No Ibirapuera observou-se temperatura máxima entre 25 e 30°C e umidade relativa entre 30 e 70%. Em Mauá temperaturas mais altas (>28°C) e umidade relativa mais baixa ocorrem devido a predominância de ventos quentes e secos de direção noroeste.

Em relação à radiação solar global observou-se que as ultrapassagens do padrão ocorreram geralmente em dias com valores acima de 700 W/m².

Na análise do perfil das concentrações médias horárias de NO, NO₂ e O₃ observou-se que o valor máximo de NO no período da manhã, em todas as estações, normalmente ocorre por volta das 8 horas coincidindo com o pico de tráfego, e que

ainda no período da manhã a concentração de NO diminui sendo acompanhada do aumento do NO₂, cujo pico ocorre por volta das 10 horas.

Através da análise dos perfis médios dos poluentes de cada uma das estações observou-se um comportamento diferenciado devido à distância da via, assim, as estações foram separadas em dois grupos: veiculares e não veiculares.

As estações não veiculares, como Ibirapuera e Mauá, foram as que apresentaram o maior número de ultrapassagens. Já as estações Congonhas, Osasco, Lapa e Parque D. Pedro II, apresentaram um menor número de ultrapassagens em função da proximidade da via.

Nas estações veiculares o perfil médio de concentração de NO é elevado em função da forte emissão dos veículos que circulam próximos e a concentração de ozônio é baixa uma vez que é rapidamente consumido pelo NO.

Nas estações não veiculares a concentração média de NO no período da manhã é baixa quando comparada às estações veiculares. No horário de formação do ozônio a concentração de NO cai praticamente a zero e a concentração de NO₂ também diminui devido a fotólise do NO₂. As estações Ibirapuera e Mauá apresentaram características distintas com relação aos perfil médio do ozônio, principalmente nos dias de qualidade do ar inadequada e má. Em Mauá as altas concentrações de ozônio prolongam-se até o final da tarde (horário das 17/18 horas) enquanto que no Ibirapuera, neste mesmo horário, as concentrações de ozônio já são baixas.

Quanto à razão [NO₂]/[NO], observou-se que as estações veiculares apresentaram razão baixa e praticamente constante no período das 8 as 12h, o que indica que nessas estações o NO é alto devido à forte emissão veicular. No caso das estações não veiculares, as razões foram baixas no período das 8 às 10 horas, horário de maior emissão de NO, e aumentaram rapidamente depois desse horário.

Em relação aos HCNM observou-se, na estação Parque D. Pedro II, uma boa correlação com o NO_x indicando que estes poluentes devem estar sendo emitidos pelas mesmas fontes. A análise da razão NMHC/NO_x mostrou-se COV limitante, no entanto a representatividade dessa estação está restrita a microescala o que impede afirmar qual a situação atual da RMSP em relação ao balanço dos precursores.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo faz parte do projeto “Estudo do Comportamento de Oxidantes Fotoquímicos no Ar da Região Metropolitana de São Paulo” e teve como objetivo apresentar o perfil do ozônio na RMSP. Ainda como parte desse projeto, para um melhor entendimento do processo de formação do ozônio, serão realizados estudos específicos nos dias de ultrapassagem do padrão. Paralelamente também serão feitas pesquisas para avaliação de modelos de formação e transporte de O_3 .

É importante ressaltar que diversos países vem estudando, há vários anos, os processos de formação do O_3 na troposfera sem, no entanto, obter um padrão definitivo de ocorrência de altas concentrações deste poluente.

Dessa maneira pode-se considerar que o conhecimento do processo de formação e transporte do ozônio na RMSP ainda demandará tempo, sendo que para obter resultados factíveis é necessário uma boa base de dados de qualidade e de emissão.

Em função, ainda, dos resultados obtidos em Mauá sugere-se estudos que quantifiquem as emissões de precursores na região.

10.. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARTER, William P.L.. Development of Ozone Reactivity Scales for Volatile Organic Compounds. *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, v. 44, p. 881-899, 1994.
2. DERWENT, R.G., DAVIES, T.J., Modelling the Impact of NO_x or Hydrocarbon Control on Photochemical Ozone in Europe. *Environmental Pollution*, v. 28, p. 2039-2052, 1994.
3. BURROWS, W.R., BENJAMIM, M., BEAUCHAMP, E.R., *et al.* CART Decision-Tree Statistical Analysis and Prediction of Summer Season Maximum Surface Ozone for the Vancouver, Montreal, and Atlantic Regions of Canada. *J. of Applied Meteorology*, v. 34 (8), p. 1848-1862, 1995.
4. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants. 3 v., July 1996. EPA/600/p-93/004aF
5. KLEY, D., KLEINMANN, M., SANDERMAN, H., *et al.* Photochemical oxidants: state of the science. *Environmental Pollution*, v. 100, p. 19-42, 1999.
6. FOWLER, D., CAPE, J.N., COYLE, M., *et al.* Modeling photochemical oxidant formation, transport, deposition and exposure of terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, v. 100, p. 43-55, 1999.
7. GUARDANI, Roberto, NASCIMENTO, Claudio A.O., GUARDANI, Maria Lúcia G., *et al.* Study of Atmospheric Ozone Formation by Means of a Neural Network-Based Model. *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, v. 49, p. 316-323, 1999.
8. DRAXLER, Roland R., Meteorological Factors of Ozone Predictability at Houston, Texas. *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, v. 50, p. 259-271, 2000.
9. U.S. Congress, Office of Technology Assessment. Catching Our Breath: Next Steps for Reducing Urban Ozone, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, July 1989.
10. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Environmental Health Criteria 7: Photochemical Oxidants, Geneva, 1979.
11. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 40 Code Federal Register, Ch 1, Pt 58, App. D., 7-1-1996.
12. Idem, ibidem, App. E.
13. LOMBARDO, Magda Adelaide. *Ilha de Calor nas Metrópoles: O Exemplo de São Paulo*, São Paulo: HUCITEC, 1985.

14. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Guideline for Developing an Ozone Forecasting Program, July 1999, EPA-454/R-99-009.
15. COMRIE, Andrew C., YARNAL, Brent. Relationships Between Synoptic-Scale Atmospheric Circulation and Ozone Concentrations in Metropolitan Pittsburgh, Pennsylvania. *Atmospheric Environment*, v. 26B, p.301-312, 1992.
16. www.cptec.inpe.br/products/climanalise
17. CETESB. Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, 1999. São Paulo, 2000.
18. WALLACE, J.M., HOBBS, P.V., *Atmospheric Science*. New York: Academic Press, 1977.
19. INMET. Normais Climatológicas (1961 – 1990). 1992
20. THE NATIONAL ACADEMY PRESS. Ozone-forming Potential of Reformulated Gasoline, 1999.
21. www.epa.gov/airprog/oar/oaqps/pams/analysis/noy/ozone.html

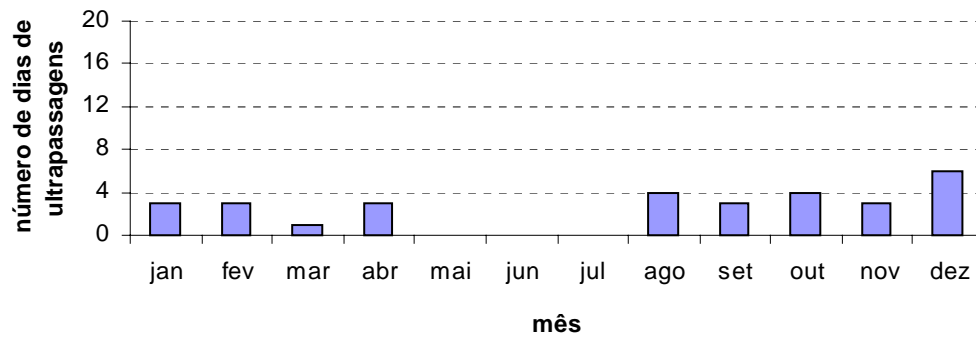
Equipe Técnica: EQQA
 EQQI
 EQQM
 EQQT

Relatório elaborado por: Carlos Ibsen V. Lacava
 Clarice Aico Muramoto
 Cristiane F. Fernandes Lopes

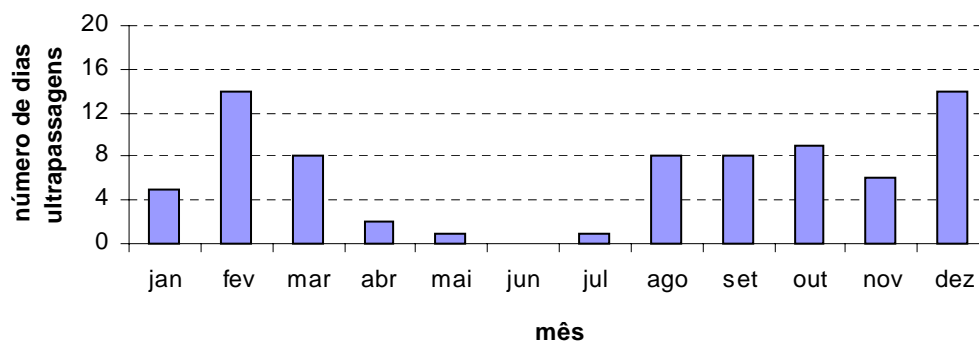
ANEXO 1

Total de dias de ultrapassagens do PQAR por mês para cada estação na RMSP de jan/97 a dez/99.

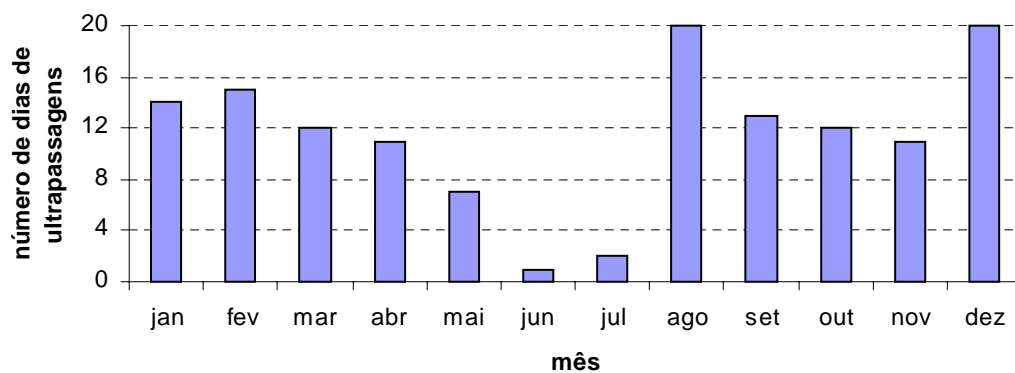
Parque D. Pedro II



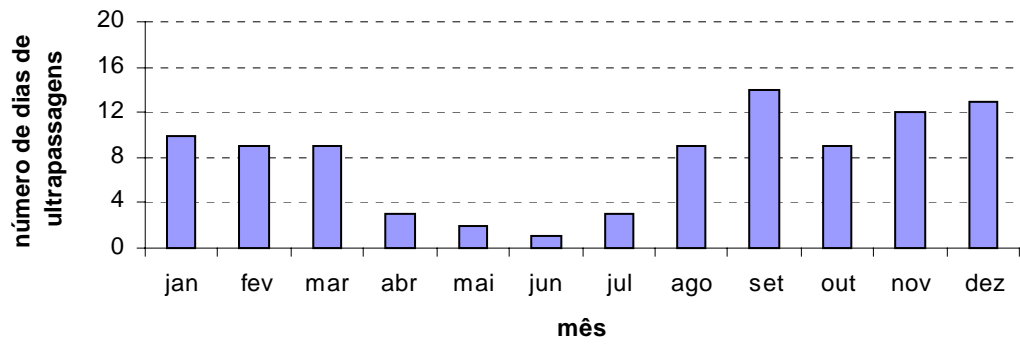
Moóca



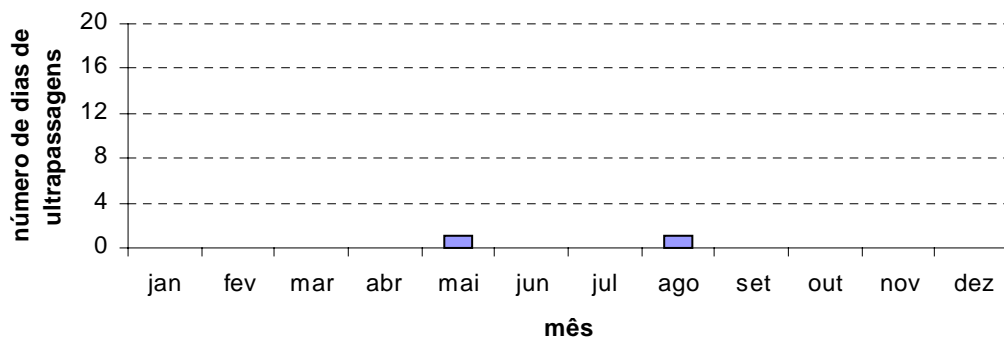
Ibirapuera



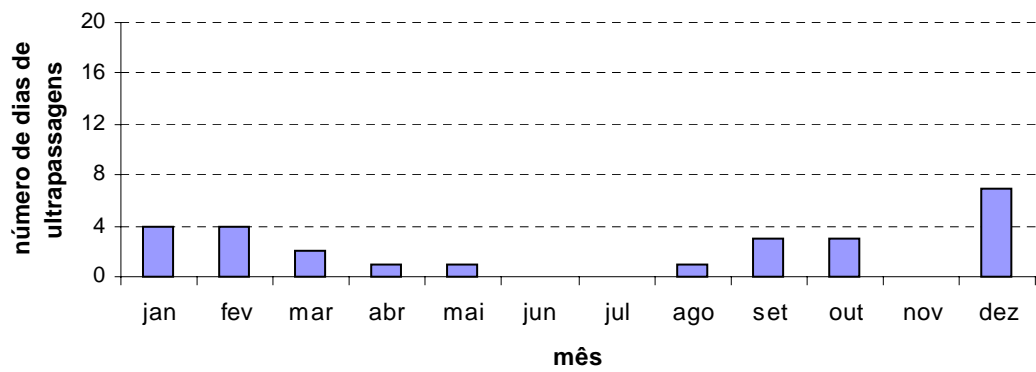
São Caetano do Sul



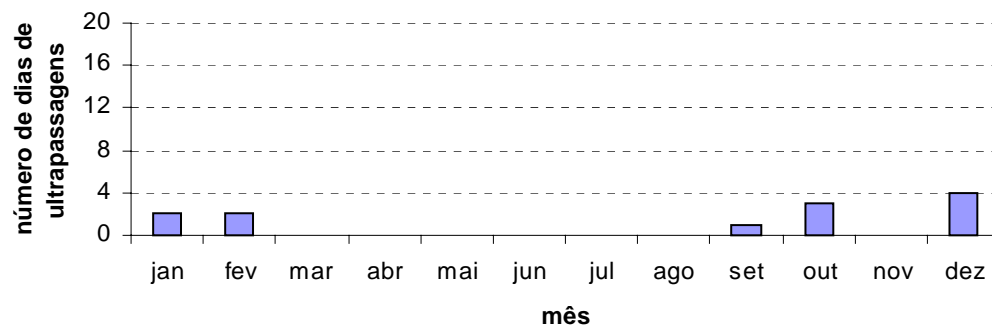
Congonhas



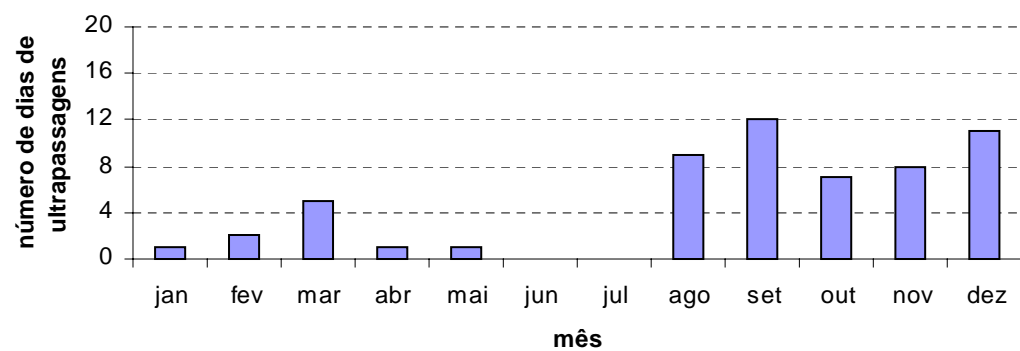
Lapa



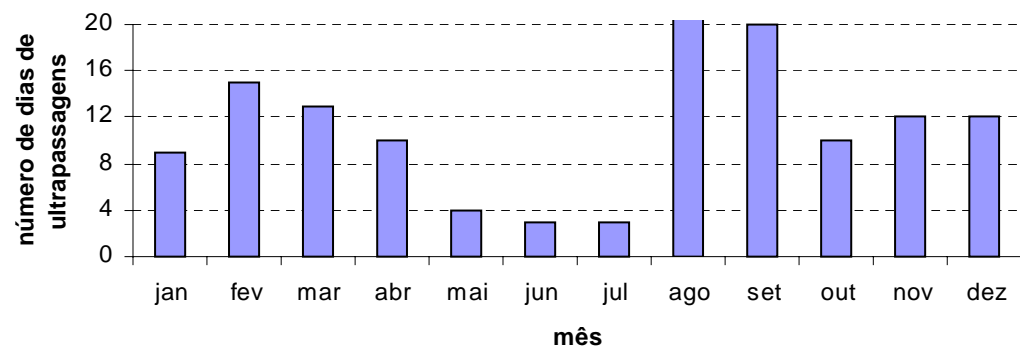
Osasco



São Miguel Paulista



Mauá



ANEXO 2

Máximas concentrações de ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nos dias em que ocorreram episódios em pelo menos uma das estações.

Estação	P.D.Pedro II		Moóca		Ibirapuera		S.C.do Sul		Congonhas		Lapa		Osasco		S.M.Paulista		Mauá	
Dia	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora
28/05/96	49	12	82	16	172	15	-	-	69	12	-	-	-	-	-	-	-	-
29/05/96	-	-	29	3	161	15	-	-	76	13	-	-	-	-	-	-	-	-
11/06/96	-	-	68	15	137	16	-	-	204	11	-	-	-	-	-	-	-	-
18/06/96	-	-	44	13	121	24	-	-	30	11	-	-	179	19	-	-	-	-
06/07/96	-	-	109	14	172	14	-	-	53	13	-	-	88	14	-	-	-	-
12/07/96	45	15	-	-	173	15	-	-	108	13	-	-	47	14	-	-	-	-
13/07/96	93	14	-	-	224	14	-	-	121	14	-	-	62	15	-	-	-	-
18/07/96	63	15	-	-	254	14	-	-	48	16	-	-	81	14	-	-	-	-
19/07/96	49	20	-	-	162	11	-	-	53	21	-	-	73	16	-	-	-	-
28/07/96	112	15	160	15	260	15	-	-	92	12	-	-	128	14	-	-	-	-
01/08/96	123	15	194	15	218	14	221	15	109	13	-	-	130	14	-	-	-	-
02/08/96	93	14	106	14	193	13	90	13	85	13	-	-	105	14	-	-	-	-
03/08/96	108	16	120	16	189	15	118	15	95	14	-	-	104	15	-	-	-	-
04/08/96	107	14	-	-	172	15	141	16	94	16	-	-	95	16	-	-	-	-
05/08/96	103	15	-	-	204	14	133	14	52	13	-	-	109	13	-	-	7	23
06/08/96	158	14	-	-	374	14	245	14	128	12	-	-	141	15	-	-	137	13
07/08/96	220	14	302	14	241	15	273	13	84	13	-	-	143	15	-	-	134	13
08/08/96	100	15	127	16	162	13	107	14	121	14	-	-	87	15	-	-	147	14
20/08/96	87	16	141	17	169	15	132	17	133	14	139	17	123	16	94	15	219	15
22/08/96	119	16	166	16	209	15	108	14	-	-	73	15	142	16	119	16	170	16
26/08/96	61	15	89	15	127	15	136	16	71	14	13	19	73	15	121	16	165	15
20/09/96	139	15	205	15	204	15	202	14	121	14	155	17	73	17	171	15	142	14
21/09/96	177	15	253	15	215	15	217	14	103	12	224	16	164	15	206	15	150	14
22/09/96	124	12	166	14	169	14	175	14	116	12	88	11	126	11	190	15	184	13
23/09/96	217	13	273	13	209	13	133	14	38	13	245	14	192	13	207	12	118	17
29/09/96	140	14	198	14	192	14	183	13	86	13	153	14	139	13	205	14	122	13
02/10/96	102	14	136	14	168	14	111	13	79	13	99	15	113	14	146	15	90	13
06/10/96	79	11	103	11	133	11	160	10	57	10	39	13	75	12	160	11	191	11
10/10/96	78	16	124	15	163	15	109	15	115	17	76	14	86	14	126	16	119	15
12/10/96	102	17	143	11	163	12	182	13	88	11	83	11	98	12	129	13	211	14
17/10/96	79	14	141	13	185	14	191	15	92	13	115	18	87	18	127	15	154	15
18/10/96	54	16	115	12	163	13	163	14	80	12	28	11	72	15	126	14	202	16
20/10/96	149	14	208	13	155	14	160	14	40	14	151	14	110	14	125	16	111	14
22/10/96	67	16	115	15	174	17	125	16	73	14	66	18	100	15	103	13	99	16
28/10/96	125	16	177	15	167	15	-	-	44	15	144	15	175	15	144	17	94	15
29/10/96	103	16	179	15	230	16	-	-	109	14	133	17	145	16	123	16	168	17
30/10/96	135	16	206	15	232	16	158	15	138	15	120	18	189	17	185	17	165	15
31/10/96	68	18	143	17	154	18	176	18	94	13	76	19	90	14	156	18	227	13
07/11/96	143	17	195	16	232	17	206	15	100	13	68	16	111	18	127	15	174	15
08/11/96	137	16	79	12	240	17	193	16	59	14	113	17	89	17	170	16	209	13
10/11/96	83	16	-	-	125	15	148	19	75	11	48	24	81	13	106	14	179	19
12/11/96	122	16	-	-	189	14	145	15	113	14	174	17	167	17	139	16	111	15
24/11/96	143	14	170	15	160	13	164	14	81	14	145	14	132	14	215	15	149	16
29/11/96	110	16	147	16	163	16	116	15	97	15	137	17	107	16	121	15	121	16
Estação	P.D.Pedro II		Moóca		Ibirapuera		S.C.do Sul		Congonhas		Lapa		Osasco		S.M.Paulista		Mauá	

Dia	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora
09/12/96	184	14	245	14	225	14	184	13	42	15	212	15	185	14	157	15	141	14
10/12/96	198	15	256	14	272	14	194	14	-	-	307	15	339	15	169	15	129	14
11/12/96	71	14	127	14	170	14	158	14	-	-	70	16	76	15	96	15	115	14
14/12/96	172	14	214	14	219	13	144	13	55	13	195	14	171	13	92	13	-	-
15/12/96	127	13	189	14	189	15	178	14	105	13	130	16	101	16	124	14	-	-
16/12/96	79	13	151	17	170	12	156	16	82	12	69	19	64	13	106	17	64	19
19/12/96	83	18	169	13	184	13	177	13	125	12	61	12	81	13	121	14	255	15
25/12/96	161	14	229	14	239	14	253	13	147	13	125	16	94	12	173	15	174	14
26/12/96	85	19	151	19	158	19	174	18	83	12	68	19	74	17	124	19	240	16
05/01/97	149	15	189	15	173	14	159	15	123	8	170	14	145	14	99	14	90	15
06/01/97	76	14	151	15	174	15	191	13	55	14	-	-	125	16	103	14	153	13
08/01/97	38	16	73	17	101	12	113	12	40	12	10	16	49	16	-	-	179	12
15/01/97	77	15	135	15	166	14	134	13	53	11	58	15	81	15	-	-	106	15
30/01/97	55	16	106	17	111	17	129	16	38	16	17	18	52	17	-	-	192	18
03/02/97	-	-	44	16	85	17	116	18	41	17	-	-	51	15	-	-	192	17
04/02/97	-	-	114	17	128	19	112	16	75	12	19	16	76	20	-	-	162	14
05/02/97	137	16	241	16	204	16	230	15	67	14	118	17	107	17	-	-	187	14
06/02/97	89	15	150	15	182	15	117	15	73	12	113	15	131	16	-	-	96	13
07/02/97	160	15	220	14	233	14	153	15	68	12	229	15	278	14	-	-	126	15
08/02/97	139	16	179	16	182	16	150	15	100	13	159	16	140	15	-	-	132	15
09/02/97	144	15	201	15	184	15	193	15	100	13	88	16	62	12	-	-	100	13
10/02/97	85	13	132	14	174	17	177	16	91	14	52	12	48	14	-	-	168	16
11/02/97	82	17	132	17	144	17	160	16	62	16	57	18	-	-	-	-	168	15
12/02/97	116	14	197	14	176	14	182	14	117	12	59	16	100	16	-	-	127	14
22/02/97	71	12	121	12	144	12	163	15	82	12	34	11	54	14	103	13	174	13
23/02/97	126	11	206	12	151	14	209	14	118	10	87	10	81	10	200	13	217	13
25/02/97	133	13	213	13	230	13	147	13	51	10	187	14	123	13	116	15	106	14
26/02/97	155	13	212	14	232	12	177	14	43	10	189	14	255	13	187	15	147	14
04/03/97	59	16	107	16	112	13	16	2	40	11	29	17	65	16	165	16	189	14
07/03/97	68	17	131	17	85	20	124	16	29	14	68	18	81	18	134	17	167	15
08/03/97	122	15	169	13	209	13	44	9	106	13	86	17	84	16	117	15	157	13
11/03/97	119	15	168	15	208	15	133	15	81	13	42	11	146	14	116	15	123	15
12/03/97	57	15	105	14	134	15	140	15	48	11	-	-	57	14	136	14	165	15
13/03/97	55	13	102	11	157	13	150	13	66	10	-	-	65	15	106	15	176	13
14/03/97	104	13	164	14	210	13	144	15	48	13	177	12	157	15	116	13	125	15
20/03/97	75	13	116	13	164	12	92	14	64	12	29	10	76	13	93	13	108	14
21/03/97	98	12	123	12	178	11	101	11	29	10	123	13	94	13	91	12	82	13
23/03/97	111	14	190	14	210	14	194	14	105	14	95	13	78	14	144	15	156	13
24/03/97	143	13	257	13	162	13	171	12	42	12	156	13	108	12	159	14	218	12
11/04/97	64	13	99	13	138	13	139	14	49	11	30	14	61	14	127	14	163	15
13/04/97	95	13	137	14	163	13	163	15	96	12	62	12	98	13	141	17	179	13
14/04/97	81	14	-	-	172	13	171	14	45	11	99	15	87	12	222	15	173	15
15/04/97	98	15	-	-	185	15	140	15	72	12	119	15	90	15	116	15	128	14
16/04/97	71	16	118	14	199	14	129	15	110	14	66	13	63	15	98	15	123	16
27/04/97	74	14	123	14	170	14	116	13	-	-	56	16	88	14	92	15	59	14
01/05/97	59	14	127	14	147	14	148	14	79	14	47	13	58	13	100	14	174	15
02/05/97	39	15	90	18	125	18	126	17	41	13	36	19	66	16	120	15	161	17
03/05/97	159	15	243	13	260	13	193	14	95	13	177	15	159	14	191	14	110	12
Estação	P.D.Pedro II		Moóca		Ibirapuera		S.C.do Sul		Congonhas		Lapa		Osasco		S.M.Paulista		Mauá	

Dia	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora
08/05/97	75	14	130	14	182	14	114	14	-	-	74	14	87	14	116	15	85	13
09/05/97	113	14	151	14	222	14	131	13	-	-	129	14	101	14	100	14	94	13
09/07/97	36	14	88	15	122	14	191	17	98	14	23	13	58	13	85	15	117	16
26/07/97	48	16	156	15	170	15	112	14	61	14	52	16	115	16	98	15	79	14
27/07/97	49	16	164	17	167	16	200	16	114	16	38	17	67	16	141	17	165	15
28/07/97	21	14	106	13	108	16	166	14	61	15	15	18	48	15	146	15	232	16
29/07/97	19	16	93	13	134	16	124	13	63	16	16	18	53	16	98	14	174	14
02/08/97	21	17	132	16	178	16	144	14	83	13	21	17	158	15	106	14	143	15
11/08/97	27	16	145	16	167	16	143	15	60	15	47	16	87	15	-	-	108	15
12/08/97	33	15	149	16	175	14	165	15	45	12	20	17	66	16	172	16	165	14
13/08/97	38	15	143	14	218	12	129	13	85	11	47	15	81	15	131	14	91	12
14/08/97	37	14	128	14	171	14	98	15	79	14	57	16	84	16	98	15	118	15
15/08/97	24	19	85	13	135	12	116	14	-	-	15	22	55	13	116	16	174	14
16/08/97	28	21	99	12	144	15	-	-	66	16	14	20	45	15	98	16	169	13
17/08/97	16	16	141	12	130	13	-	-	64	13	11	19	59	15	89	16	167	13
22/08/97	15	14	128	14	193	14	-	-	68	16	10	13	61	14	153	15	118	14
27/08/97	24	16	136	15	247	15	129	14	104	14	16	13	61	16	92	16	90	15
29/08/97	46	16	206	15	239	12	161	15	56	11	71	15	158	13	140	14	108	12
30/08/97	84	16	293	15	330	15	272	15	98	14	100	16	154	17	183	15	199	14
31/08/97	36	14	165	14	173	13	191	14	83	13	52	17	83	12	218	16	223	18
01/09/97	46	11	131	12	130	15	133	14	34	12	20	17	60	15	163	15	217	15
02/09/97	43	15	160	15	159	16	175	15	27	11	47	17	64	17	198	15	205	14
03/09/97	21	15	115	14	153	15	159	15	51	13	12	9	66	15	127	16	163	14
04/09/97	23	17	121	14	135	14	154	12	31	13	8	16	53	13	133	16	229	13
08/09/97	41	19	107	13	138	15	143	15	28	14	12	19	54	16	137	15	165	16
09/09/97	57	24	129	13	153	14	159	13	27	12	18	17	63	13	137	13	174	13
17/09/97	52	14	204	14	197	15	177	14	17	11	62	16	83	14	214	15	121	15
24/09/97	43	17	120	14	159	14	153	15	45	11	13	18	53	15	128	17	210	14
28/09/97	35	17	137	13	125	13	147	14	29	13	15	19	30	16	44	11	228	14
04/10/97	39	16	154	16	164	15	113	15	49	15	45	16	87	16	105	15	121	14
09/10/97	22	15	165	16	233	16	53	17	73	15	21	17	38	16	117	16	152	15
10/10/97	22	24	193	14	170	14	159	15	37	14	23	24	59	15	254	15	323	16
12/10/97	61	15	216	14	235	13	199	15	60	12	81	15	128	14	223	16	200	14
13/10/97	74	16	303	16	293	14	267	15	81	13	57	17	76	16	233	18	270	14
15/10/97	14	17	114	16	142	16	113	16	42	12	23	17	47	15	115	17	185	14
25/10/97	13	15	121	13	156	13	130	14	31	13	7	14	48	16	112	15	210	14
28/10/97	12	16	125	16	134	14	127	15	32	15	17	18	44	15	117	18	217	13
29/10/97	12	15	111	13	136	13	118	13	26	16	16	18	41	15	139	16	172	14
31/10/97	14	15	139	16	181	15	131	15	55	15	20	17	48	15	138	16	98	15
01/11/97	22	17	127	14	120	14	125	14	16	15	19	17	43	16	108	16	192	14
03/11/97	14	5	151	16	154	13	169	14	26	13	10	21	32	13	191	14	286	16
07/11/97	10	16	105	13	148	15	137	13	28	14	10	17	37	14	116	15	274	13
08/11/97	47	16	175	15	133	15	127	16	13	14	63	16	57	14	187	16	114	15
09/11/97	45	15	158	14	151	14	136	16	38	12	44	14	63	13	195	16	211	13
10/11/97	100	15	268	15	268	14	168	15	60	11	86	14	119	15	161	15	129	15
11/11/97	67	17	253	17	205	18	221	17	53	12	51	17	49	16	234	16	279	13
12/11/97	17	3	144	15	160	14	165	16	30	12	14	5	41	14	144	17	240	16
17/11/97	-	-	-	-	175	17	111	15	11	16	22	16	49	18	80	14	89	16
Estação	P.D.Pedro II		Moóca		Ibirapuera		S.C.do Sul		Congonhas		Lapa		Osasco		S.M.Paulista		Mauá	

Dia	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora
22/11/97	30	15	117	14	113	14	152	13	50	14	15	19	32	17	100	17	216	13
24/11/97	18	13	78	13	103	12	123	12	24	13	6	24	32	13	111	13	201	12
05/12/97	178	16	208	17	403	15	233	15	109	13	117	15	108	14	230	16	224	15
09/12/97	74	15	212	14	222	14	117	13	72	13	87	15	119	15	138	15	135	16
21/12/97	26	19	93	17	91	15	-	-	38	16	7	20	37	15	90	16	187	18
24/12/97	127	14	312	14	219	14	-	-	31	14	26	16	74	13	208	13	162	14
25/12/97	88	15	145	15	161	15	-	-	31	16	40	17	59	13	97	16	83	14
26/12/97	46	18	108	17	146	14	-	-	26	15	24	19	46	17	102	14	178	16
29/12/97	38	15	129	15	123	17	-	-	27	18	8	19	39	15	100	15	219	16
31/12/97	86	15	188	13	175	14	-	-	23	14	31	15	61	13	227	14	136	14
14/01/98	19	15	76	15	87	17	187	16	23	17	8	18	35	17	83	17	124	16
15/01/98	16	17	68	17	83	16	162	13	27	16	12	18	36	16	97	15	116	14
21/01/98	59	18	159	17	146	17	163	17	25	18	36	19	50	18	109	17	-	-
23/01/98	42	17	122	17	116	16	170	16	14	16	-	-	46	16	115	17	-	-
26/01/98	13	21	72	21	68	15	77	12	17	16	-	-	33	17	59	13	199	18
29/01/98	80	15	185	14	171	14	177	13	18	12	-	-	83	15	-	-	109	14
03/02/98	83	15	177	15	168	19	137	16	17	17	-	-	75	15	-	-	113	16
05/02/98	-	-	86	14	107	13	152	13	20	18	-	-	35	19	126	16	191	13
06/02/98	-	-	179	13	156	13	219	13	17	12	-	-	39	12	71	17	200	13
07/02/98	-	-	89	13	94	12	136	13	17	15	-	-	33	15	98	15	177	13
20/02/98	-	-	88	16	114	14	109	16	18	16	-	-	19	15	87	13	199	14
21/02/98	-	-	101	16	106	14	147	16	18	18	-	-	20	14	105	17	222	16
03/03/98	109	14	208	15	191	15	181	14	54	12	16	12	34	13	122	15	151	13
04/03/98	84	14	225	15	184	13	161	13	74	12	28	12	33	14	148	15	133	15
06/03/98	77	16	61	16	141	16	140	12	47	12	28	17	25	14	88	14	199	13
07/03/98	113	17	78	17	145	12	197	16	44	15	28	18	27	18	139	17	221	15
08/03/98	68	16	47	16	74	16	115	15	37	10	18	17	23	16	114	15	167	15
09/03/98	170	13	86	14	271	13	381	15	125	13	37	17	38	15	193	16	282	13
13/03/98	131	14	64	14	177	14	132	14	61	14	51	15	44	14	114	14	93	13
29/03/98	158	13	69	13	191	13	185	12	-	-	49	15	33	13	104	13	78	14
12/04/98	195	17	100	17	189	16	-	-	-	-	65	17	32	17	122	17	183	15
13/04/98	195	15	85	16	221	14	-	-	-	-	132	16	64	16	139	16	103	15
14/04/98	74	13	40	15	150	14	-	-	53	12	11	18	20	17	120	17	249	14
15/04/98	115	12	44	13	140	12	-	-	50	11	11	8	21	12	137	14	259	16
21/04/98	114	15	59	15	166	15	155	15	80	14	80	13	20	13	95	16	107	14
22/04/98	44	15	36	16	115	16	115	15	55	12	19	11	15	15	84	15	171	15
27/04/98	71	15	112	15	163	15	119	15	64	13	75	16	20	15	87	16	70	14
13/05/98	36	15	78	15	89	14	114	15	66	15	10	15	15	19	97	14	162	14
21/05/98	144	16	154	16	209	14	149	15	55	14	71	16	131	15	117	16	99	15
23/05/98	133	16	129	16	176	15	141	15	185	15	61	15	106	15	91	16	131	15
24/05/98	120	14	145	15	181	14	184	14	116	14	98	16	124	15	105	15	121	15
07/06/98	141	14	150	15	125	13	169	15	84	16	34	12	57	15	125	17	189	16
11/08/98	55	15	85	14	95	16	106	15	36	12	11	7	47	15	110	16	167	19
13/08/98	192	12	226	12	287	13	183	13	214	14	49	13	72	13	116	15	108	13
16/08/98	176	14	187	14	178	13	106	12	53	12	126	14	105	14	93	14	-	-
20/08/98	79	16	112	16	113	17	131	14	41	13	75	17	63	16	164	15	165	14
21/08/98	118	14	147	14	162	14	133	13	84	13	125	15	100	14	127	14	102	13
25/08/98	83	15	116	14	130	14	151	15	60	15	19	15	63	14	134	16	171	16
Estação	P.D.Pedro II		Moóca		Ibirapuera		S.C.do Sul		Congonhas		Lapa		Osasco		S.M.Paulista		Mauá	

Dia	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora
26/08/98	74	15	116	15	124	15	148	15	89	14	20	19	77	15	129	15	168	13
01/09/98	136	15	153	15	161	15	80	16	74	14	145	16	104	16	116	15	86	16
17/09/98	93	14	141	15	193	14	177	15	152	14	38	12	100	15	115	15	174	15
26/09/98	115	13	166	15	33	2	191	14	90	13	105	16	92	13	148	15	188	13
15/10/98	188	15	186	15	181	15	146	14	62	14	178	16	199	16	142	15	77	14
21/10/98	146	16	154	16	176	16	138	15	109	15	113	17	134	16	116	16	106	16
22/10/98	131	14	151	14	225	14	185	14	153	14	71	13	99	17	148	16	152	15
23/10/98	78	16	94	14	129	16	138	16	79	15	22	14	76	16	114	13	169	13
04/11/98	191	16	239	16	213	16	203	16	87	15	111	15	107	16	250	16	91	16
05/11/98	118	13	142	14	173	15	201	14	113	12	124	18	108	17	182	16	164	13
06/11/98	144	15	159	15	183	15	142	13	133	13	158	16	135	15	150	15	115	15
07/11/98	105	16	122	16	170	12	165	15	134	12	-	-	94	18	142	17	181	14
28/11/98	172	15	171	15	182	15	89	14	106	15	145	15	143	15	94	15	59	15
01/12/98	166	15	184	14	246	14	164	14	98	13	171	17	163	15	158	15	69	15
02/12/98	123	15	164	15	165	15	199	16	88	12	88	20	114	16	217	16	238	16
03/12/98	149	16	163	14	206	16	166	15	114	12	179	16	154	16	130	14	171	15
04/12/98	85	12	108	12	142	12	161	13	104	12	47	16	68	13	100	13	132	13
08/12/98	135	16	119	15	150	15	161	13	89	12	129	18	84	15	111	16	148	13
14/12/98	130	17	170	17	176	12	212	16	108	12	58	18	92	18	126	16	219	16
16/12/98	98	18	106	17	346	15	137	16	44	3	69	18	91	16	180	17	114	16
19/12/98	134	16	-	-	183	14	208	14	115	11	97	17	90	14	149	16	156	14
31/12/98	148	16	149	16	152	13	207	14	94	14	93	17	75	11	183	15	197	13
03/01/99	171	13	150	13	165	12	155	13	101	12	153	13	143	15	85	15	107	13
12/01/99	117	14	137	14	172	14	113	14	92	13	100	15	133	15	93	14	60	14
17/01/99	154	19	152	18	180	19	173	14	97	16	103	20	96	14	98	16	181	15
19/01/99	143	19	171	19	188	19	-	-	91	11	19	17	82	18	137	19	207	17
20/01/99	188	17	229	17	214	18	245	13	82	11	58	18	100	17	228	16	293	14
21/01/99	203	13	222	14	318	14	210	13	130	14	162	14	130	15	140	14	152	15
22/01/99	154	12	157	15	180	14	139	14	52	14	166	13	179	14	96	13	98	14
23/01/99	129	13	138	14	175	14	125	13	89	13	135	15	132	15	108	15	92	14
24/01/99	155	15	147	15	164	15	135	15	99	13	163	16	162	15	107	15	88	15
25/01/99	147	14	150	15	175	14	187	15	119	14	110	19	84	14	120	16	168	15
28/01/99	86	14	108	14	138	14	159	14	58	14	38	17	72	15	104	14	181	14
30/01/99	71	14	83	14	81	14	107	14	44	14	16	14	51	13	68	14	213	14
03/02/99	177	14	119	15	177	13	156	13	38	13	155	14	129	14	104	15	55	11
04/02/99	122	16	188	16	217	16	159	14	113	13	85	17	99	14	118	15	70	18
05/02/99	141	14	180	14	218	14	130	14	118	12	110	15	146	15	114	15	81	15
06/02/99	145	15	144	15	191	15	144	15	111	15	74	13	116	15	95	14	87	19
15/02/99	168	16	168	16	-	-	-	-	55	11	164	17	134	16	94	14	117	14
17/02/99	102	17	123	17	-	-	-	-	67	17	23	16	66	16	96	18	161	17
18/02/99	157	15	188	15	106	16	-	-	45	12	98	16	89	15	159	15	174	12
19/02/99	146	14	149	14	177	14	-	-	51	14	133	15	123	15	111	15	93	14
23/02/99	85	16	98	17	109	14	115	16	53	12	36	17	66	16	112	15	164	13
10/03/99	77	14	85	13	102	13	111	13	23	12	41	17	68	16	162	17	166	16
20/03/99	99	15	121	16	69	12	147	16	122	12	62	19	70	15	101	13	166	15
21/03/99	134	17	145	17	68	17	165	16	70	11	93	18	90	16	180	17	215	16
22/03/99	128	14	161	14	98	14	108	14	124	13	115	14	105	13	119	14	93	12
26/03/99	151	14	158	15	148	12	143	12	82	12	174	15	74	16	133	15	128	15
Estação	P.D.Pedro II		Moóca		Ibirapuera		S.C.do Sul		Congonhas		Lapa		Osasco		S.M.Paulista		Mauá	

Dia	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora
27/03/99	122	12	130	13	81	14	191	13	85	12	65	18	80	14	135	13	236	14
30/03/99	112	13	118	14	64	12	145	12	22	14	77	13	67	14	178	13	133	11
02/04/99	104	15	110	18	-	-	154	16	70	15	43	19	62	17	103	15	180	13
06/04/99	151	14	163	14	84	15	115	14	32	10	177	15	133	14	127	15	69	14
19/04/99	98	14	150	14	99	14	157	14	83	12	49	12	71	13	153	15	188	15
20/04/99	94	13	116	13	34	13	175	14	82	12	80	17	82	13	151	14	187	14
24/04/99	139	16	150	15	186	15	142	14	62	15	137	17	141	15	133	16	103	13
25/04/99	181	14	187	14	171	13	137	14	90	12	149	14	135	15	128	14	98	15
03/05/99	119	16	146	16	174	16	155	15	110	15	62	17	54	16	109	16	112	15
04/05/99	71	16	104	18	112	16	137	17	51	12	24	11	60	16	137	18	178	17
17/06/99	136	14	135	13	191	13	114	13	48	12	131	14	46	13	91	14	83	13
23/06/99	79	14	109	15	102	15	135	16	44	16	23	14	55	14	117	14	161	15
24/06/99	74	14	129	15	114	15	122	16	40	13	37	14	47	17	108	16	162	15
05/08/99	90	16	147	16	173	16	123	16	-	-	99	17	49	17	122	16	161	15
06/08/99	62	14	110	15	136	14	131	15	-	-	40	15	56	15	109	16	164	16
10/08/99	64	15	129	14	140	16	129	15	-	-	47	13	64	15	147	16	174	15
11/08/99	81	14	131	13	194	15	166	15	-	-	55	18	86	14	182	14	225	15
12/08/99	-	-	156	15	182	14	175	16	-	-	64	13	89	14	181	17	233	16
21/08/99	85	14	115	14	-	-	151	15	-	-	62	13	56	14	125	16	161	16
22/08/99	147	16	180	16	-	-	156	16	-	-	92	15	82	17	179	17	153	15
26/08/99	76	15	122	15	142	16	156	15	-	-	20	8	68	13	147	16	165	17
27/08/99	75	14	127	15	171	16	142	15	-	-	27	12	84	15	145	14	187	14
28/08/99	85	13	120	13	136	13	134	13	-	-	55	12	65	14	130	14	182	14
29/08/99	163	16	193	16	198	15	226	15	-	-	117	16	121	16	222	16	233	13
30/08/99	199	15	235	15	272	14	168	14	-	-	187	15	123	14	181	15	137	13
31/08/99	73	13	126	13	160	13	151	14	-	-	34	12	71	15	137	15	173	14
01/09/99	100	15	174	16	201	16	179	16	-	-	38	16	114	16	171	16	214	17
02/09/99	105	15	149	15	207	16	181	16	-	-	23	15	103	15	164	15	189	17
03/09/99	178	16	240	16	282	15	220	15	-	-	101	17	157	17	222	14	266	12
04/09/99	222	15	232	15	263	15	204	14	-	-	224	16	164	16	197	15	196	13
05/09/99	181	14	192	15	203	14	184	13	-	-	179	15	151	14	195	15	153	12
06/09/99	113	14	192	15	171	16	203	16	-	-	58	13	109	15	231	16	226	16
07/09/99	106	16	138	16	155	16	161	13	-	-	38	15	96	15	140	14	167	13
13/09/99	117	15	138	14	205	14	121	14	-	-	134	15	96	15	120	15	93	16
14/09/99	97	15	153	15	158	14	181	13	-	-	41	14	71	13	185	16	185	13
18/09/99	120	14	134	14	169	14	106	13	-	-	93	14	100	15	114	14	70	13
19/09/99	130	13	153	14	150	14	198	14	-	-	70	15	86	14	171	15	165	13
27/09/99	140	13	150	13	188	12	146	12	-	-	162	13	100	13	114	13	95	11
28/09/99	132	15	184	16	207	15	220	16	-	-	89	14	117	14	187	15	228	15
29/09/99	87	12	123	13	140	13	148	12	-	-	43	15	88	13	149	13	169	12
01/10/99	98	16	145	13	164	13	193	13	-	-	31	11	96	15	164	16	210	13
13/10/99	185	15	215	15	130	17	231	15	-	-	108	17	111	15	247	16	-	-
14/10/99	249	15	321	15	322	15	275	15	-	-	264	16	187	16	261	16	-	-
15/10/99	132	14	181	14	211	14	306	14	-	-	57	13	102	14	231	15	326	15
22/10/99	73	13	88	13	93	15	172	13	-	-	106	13	56	16	71	12	64	15
29/10/99	218	14	242	14	46	22	217	14	-	-	245	15	171	14	157	15	112	14
02/11/99	145	17	154	17	-	-	162	16	-	-	138	18	121	15	113	14	139	16
03/11/99	91	14	115	15	-	-	180	14	-	-	103	18	76	14	-	-	205	14
Estação	P.D.Pedro II		Moóca		Ibirapuera		S.C.do Sul		Congonhas		Lapa		Osasco		S.M.Paulista		Mauá	

Dia	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora	Conc.	Hora
07/11/99	131	15	143	16	169	15	123	15	-	-	-	-	113	14	116	14	72	16
21/11/99	161	18	185	18	201	18	188	17	-	-	-	-	97	18	158	19	157	16
22/11/99	116	13	150	13	155	14	188	13	-	-	25	18	104	13	216	14	135	13
23/11/99	95	14	102	13	163	14	168	14	-	-	-	-	94	16	141	17	181	13
02/12/99	102	15	148	16	180	15	131	15	-	-	126	17	157	16	134	15	98	15
17/12/99	207	13	256	13	198	12	152	14	-	-	192	13	195	13	186	14	-	-
18/12/99	152	13	183	13	146	14	117	15	-	-	173	14	124	14	-	-	-	-
19/12/99	122	14	147	14	165	13	160	14	-	-	87	16	121	13	183	15	-	-
20/12/99	166	13	206	12	203	12	153	11	-	-	174	14	150	13	123	15	76	16
21/12/99	149	15	161	15	217	13	145	13	-	-	174	16	176	15	119	15	105	14
26/12/99	168	15	91	12	192	15	192	15	-	-	122	14	116	14	119	15	143	14
28/12/99	111	15	152	15	168	14	176	13	-	-	68	16	87	15	197	15	171	14
29/12/99	243	16	257	15	305	14	231	13	-	-	223	16	196	15	204	16	155	15
30/12/99	148	18	199	19	191	18	188	19	-	-	118	18	89	15	246	19	187	19
31/12/99	78	18	113	18	120	18	142	18	-	-	49	19	68	16	110	18	166	17