



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

**Caracterização das estações de
Monitoramento de fumaça no interior
do Estado de São Paulo
Estação do Município de Votorantim
maio/2006**

ÍNDICE GERAL

1. Introdução.....	1
2. Classificação das estações de monitoramento	1
3. Material particulado - fumaça.....	3
4. Caracterização do município.....	4
4.1 Aspectos gerais	4
5. Caracterização da estação	6
6. Microinventário de fontes.....	9
7. Tendências de qualidade do ar	11
8. Resultados e discussão	14
9. Conclusões	14
10. Bibliografia	15
11. Equipe de trabalho.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da estação Votorantim	5
Figura 2 – Localização do entorno da estação.....	6
Figura 3 – Vista da estação Votorantim – Face Norte.....	7
Figura 4 – Vista da estação Votorantim – Face Sul	8
Figura 5– Vista da estação Votorantim – Face Leste	8
Figura 6 - Vista da estação Votorantim – Face Oeste.....	9
Figura 7 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (1996-2005)	12
Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça (1996-2005)	12
Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (1996-2005)	13
Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1996-2005)	13



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das estações em relação ao uso do solo e população exposta.....	2
Tabela 2 – Padrão Nacional de Qualidade do Ar e critérios para episódios agudos de poluição do ar de fumaça	4
Tabela 3 – Estimativa de tráfego de veículos leves, diesel e motocicletas no entorno da estação Votorantim	10
Tabela 4 – Fatores médios de emissão de veículos em uso na RMSP em 2005.....	11
Tabela 5 – Estimativa de emissão de fontes móveis no entorno da estação Votorantim	11

1. INTRODUÇÃO

A CETESB mantém, desde a década de 70, redes de monitoramento da qualidade do ar que têm permitido a avaliação das concentrações dos principais poluentes do ar ambiente em diversos municípios no Estado de São Paulo. Basicamente, este monitoramento é realizado por uma rede automática e redes manuais, que monitoram: material particulado (Fumaça), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP_{10}), Partículas Inaláveis Finas ($MP_{2,5}$) e dióxido de enxofre (SO_2).

A rede manual OPS/OMS mede os teores de dióxido de enxofre (SO_2) e fumaça na Região Metropolitana de São Paulo (desde 1973) e interior (desde 1986). Os níveis de fumaça continuam sendo medidos pelo mesmo método até os dias de hoje, enquanto que o método de medição de SO_2 foi substituído pelo método de amostrador passivo. As partículas totais em suspensão são medidas desde 1983 na RMSP e Cubatão. Além disto, desde 2001 as partículas inaláveis vêm sendo monitoradas por método manual em algumas cidades do interior de São Paulo.

A rede manual de monitoramento de fumaça avalia as concentrações em 17 municípios do Estado de São Paulo, a saber: São José dos Campos, Taubaté, Ribeirão Preto, Americana, Campinas, Jundiaí, Limeira, Paulínia, Piracicaba, Franca, Itu, Sorocaba, Salto, Votorantim, Araraquara, São Carlos e Santos.

Considerando o crescimento econômico ocorrido no Estado ao longo dos anos, que pode ter ocasionado alterações no uso do solo, mudanças de via de tráfego nos municípios e, conseqüentemente, no entorno das estações, faz-se necessária uma reavaliação das mesmas.

O objetivo deste estudo é caracterizar e reavaliar o entorno das estações medidoras de fumaça instaladas no interior, para posteriormente, redimensionar esta rede visando a otimização do monitoramento.

Embora o trabalho seja de avaliação da rede manual de monitoramento do Estado de São Paulo, este relatório apresenta os aspectos relacionados somente à estação do município de Votorantim. Posteriormente, as informações aqui apresentadas serão incorporadas a um relatório geral contendo a análise das demais estações e da rede como um todo.

2. CLASSIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

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

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

Existem várias classificações utilizadas em diversas estações de monitoramento no mundo inteiro, mas todas elas fornecem informações similares. Utilizou-se neste trabalho uma classificação adaptada,

principalmente, das classificações da USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA), e da OMS (Organização Mundial da Saúde).

A classificação baseada no uso do solo e população exposta está apresentada na tabela 1.

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

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES EM RELAÇÃO AO USO DO SOLO E POPULAÇÃO EXPOSTA.

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

A área de abrangência, ou seja, a escala espacial de representatividade da estação caracteriza seu entorno, onde os valores medidos podem ser considerados semelhantes. A escala de representatividade de uma estação é baseada nos objetivos de monitoramento da rede e de cada estação individualmente. 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 50km;

- **Escala regional** – concentrações geralmente de uma área rural, de geografia razoavelmente uniforme e de dimensões de dezenas a centenas de quilômetros;

No caso das estações de monitoramento de fumaça, preferencialmente, devem estar localizadas em áreas centrais da cidade, com movimentação representativa de pedestres e sujeita à influência de tráfego de veículos no seu entorno. Assim, para atender ao objetivo desta rede, o monitoramento de fumaça não deve ser realizado em vias de tráfego intenso, uma vez que os resultados podem ser superestimados.

De acordo com a classificação das estações em relação ao uso do solo e população exposta e à escala de representatividade, as estações que monitoram fumaça devem ser, preferencialmente, comercial e média-escala ou escala de bairro.

3. MATERIAL PARTICULADO - FUMAÇA

As características do material particulado em suspensão na atmosfera variam muito em função de sua composição química e física, das fontes de emissão e do tamanho da partícula.

O parâmetro fumaça está associado ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente de processos de combustão, como queima de combustíveis em fontes estacionárias, exaustão de veículos automotores, sobretudo movidos a diesel, queimas ao ar livre, etc. O método de avaliação está baseado na medida da refletância da luz que incide na poeira, o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionada ao teor de fuligem na atmosfera.

Os efeitos adversos do material particulado na atmosfera, além de criarem problemas de visibilidade e incômodo, estão associados aos problemas de saúde, incluindo riscos maiores de doenças cardíacas e pulmonares.

Os padrões de qualidade do ar estão definidos na Resolução CONAMA N° 03, de 28/06/1990. Cada padrão define legalmente um limite máximo para a concentração de cada poluente atmosférico, de modo que seja garantida a proteção da saúde e do bem-estar da população. A tabela 2 apresenta o padrão nacional de qualidade do ar para fumaça, bem como os critérios estabelecidos para episódios agudos de poluição do ar.

O padrão primário representa a concentração que se ultrapassada pode afetar a saúde da população. Pode ser entendido como nível máximo tolerável de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazos. Já o padrão secundário de qualidade do ar representa a concentração abaixo da qual se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como danos à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Pode ser entendido como nível desejado de concentração de poluentes constituindo-se meta a longo prazo. O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar.

**TABELA 2 – PADRÃO NACIONAL DE QUALIDADE DO AR E CRITÉRIOS PARA
EPISÓDIOS AGUDOS DE POLUIÇÃO DO AR DE FUMAÇA**

Parâmetro	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m³)	Padrão Secundário (µg/m³)	Atenção (µg/m³)	Alerta (µg/m³)	Emergência (µg/m³)
Fumaça	24 horas ¹ MAA ²	150 60	100 40	250	420	500

1 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

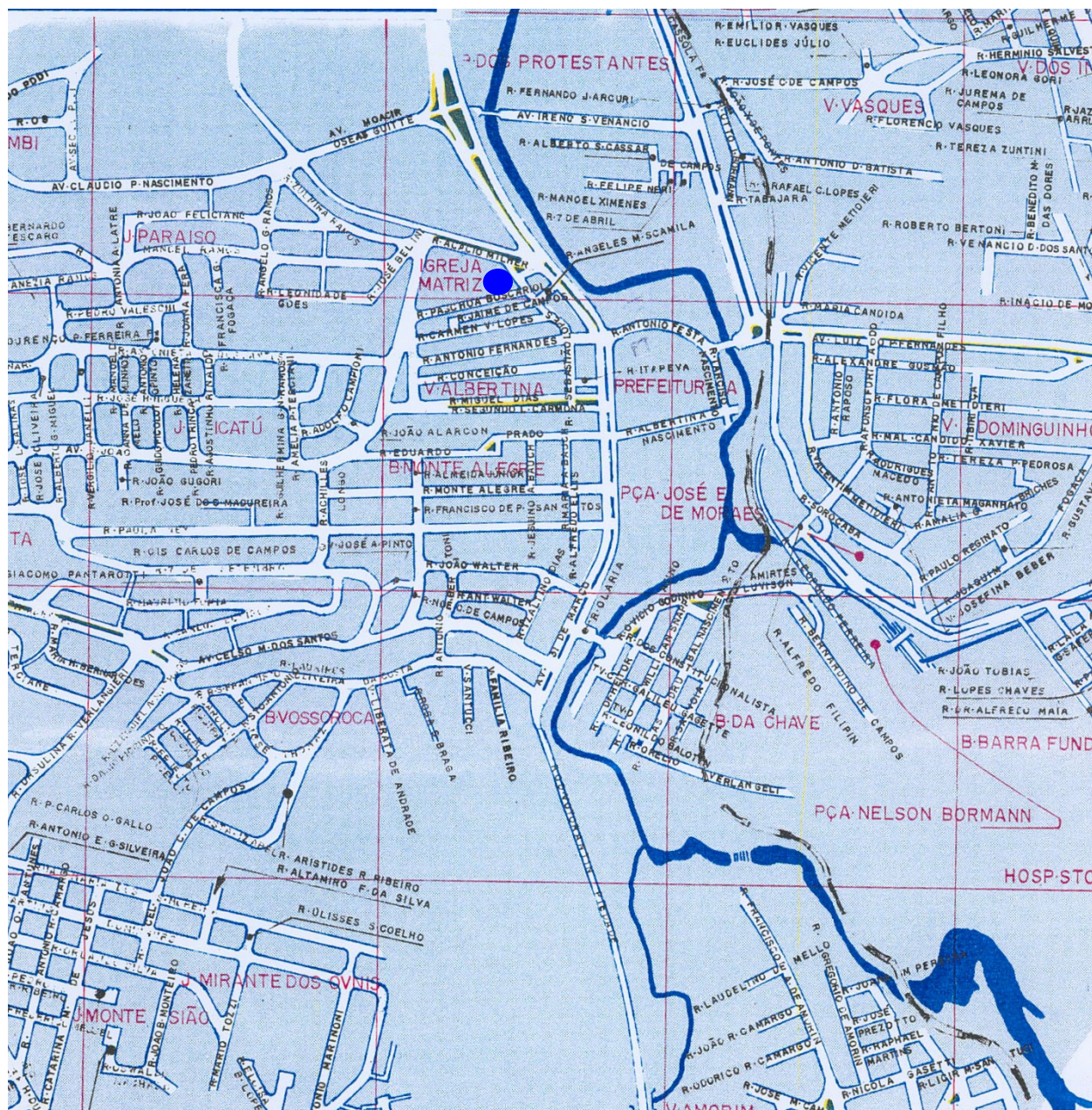
2 - Média aritmética anual

4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

4.1 Aspectos gerais

Votorantim está localizada a sudoeste do Estado, distante a 100km da capital, com uma área de 177km² e altitude média de 570 metros. Segundo o último censo, possui uma população em torno de 100 mil habitantes e uma frota de, aproximadamente, 19.000 veículos leves, 1.500 veículos pesados e 4.500 motocicletas. A temperatura média anual é de 20°C e os ventos predominantes são provenientes do quadrante leste-sul.

A CETESB mantém na cidade uma estação de monitoramento de fumaça, sendo que as amostragens são realizadas por um período de 24 horas a cada seis dias. Na figura 1 observa-se a localização desta estação.



● Estação Manual

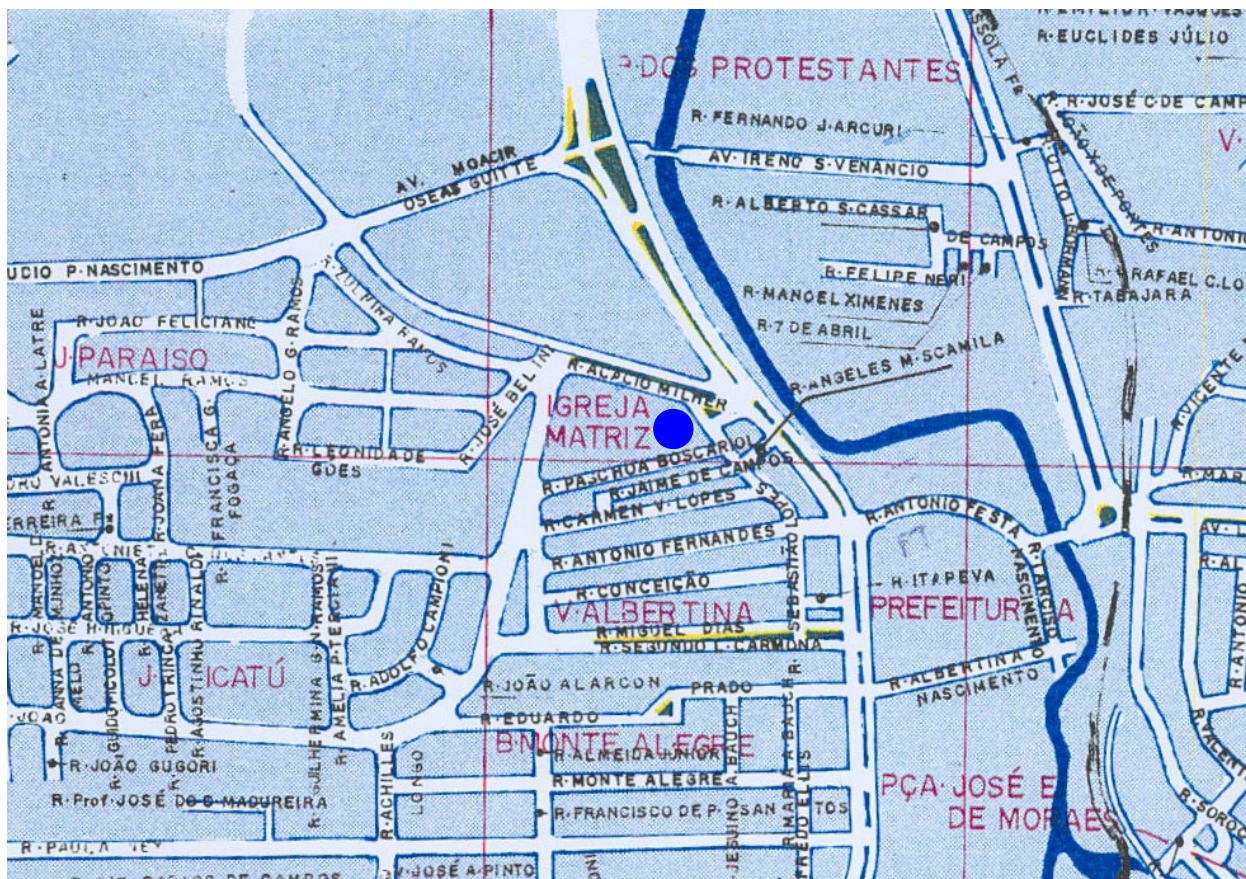
Figura 1 – Localização da estação Votorantim

5. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

As coordenadas UTM da estação são 23K0249950 – 7394758.

A estação está localizada na Praça Padre Luiz Trentini, região central do município.

A figura 2 apresenta o mapa com as ruas do entorno da estação.



● **Estação manual**

Figura 2 – Localização do entorno da estação

As figuras 3 a 6 apresentam fotografias do entorno da estação nas direções norte, sul, leste e oeste, respectivamente.

A estação está no interior da praça, sendo que na face norte, apresentada na figura 3, pode-se observar que a estação está cercada de árvores com tamanho que variam entre 5 a 10 metros de altura.



Figura 3 – Vista da estação Votorantim – Face Norte

Na face sul (figura 4), estão localizadas residências a aproximadamente 20 metros da estação.



Figura 4 – Vista da estação Votorantim – Face Sul

Na face leste (figura 5), a 30 metros de distância está a Rua Acácio Muller e a 100 metros está localizada a via de tráfego mais intenso do município, a Avenida 31 de Março, que liga Votorantim a Sorocaba.



Figura 5– Vista da estação Votorantim – Face Leste

Na figura 6, vista da face oeste, observam-se árvores, com cerca de 10 metros de altura, a uma distância de aproximadamente 10 metros.



Figura 6 - Vista da estação Votorantim – Face Oeste

6. MICROINVENTÁRIO DE FONTES

Para avaliar o impacto das fontes na estação, foram levantadas as fontes prioritárias de material particulado definidas no entorno da estação. Deve-se considerar que a fumaça representa apenas uma fração deste material particulado e que esta fração pode variar de fonte para fonte dependendo do tipo de emissão da mesma.

Fontes Estacionárias

De acordo com informações da Agência Ambiental de Sorocaba, em relação à estimativa de emissões atmosféricas no que se refere à queima de combustíveis nas fontes estacionárias, a indústria com maior emissão de material particulado na região é a Cimento Rio Branco S/A – Fábrica de Santa Helena, que emite cerca de 110t/ano. Essa indústria está localizada em uma região com topografia acidentada, a uma distância de, aproximadamente, 6km a sudoeste da estação. A estação de monitoramento de fumaça não está localizada na direção predominante do vento na região (sudeste), sendo assim, pode-se esperar que as concentrações medidas não sofram influência significativa das emissões desta indústria.

A indústria mais próxima da estação é a Empresa Brasileira de Filmes Flexíveis S/A (Votocel), que está localizada a 3km a sudeste da mesma, fora do raio de abrangência do estudo de impacto na estação amostradora. Esta indústria emite cerca de 0,31t/ano de material particulado e opera há pelo menos três anos com gás natural, o que confere um baixo nível de emissão de fumaça se comparada à queima de óleo combustível, portanto, sem influência na estação.

Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes no entorno de 200 metros da estação, e consideradas neste estudo, são os veículos que trafegam nas Avenidas 31 de Março e Acácio Muller. A contagem de veículos teve por objetivo estimar a ordem de grandeza da contribuição das fontes móveis na composição total das emissões do local. Foram efetuadas duas contagens (das 11h35 às 11h50 e das 14h15 às 14h30), nas ruas próximas à estação da CETESB no dia 30/11/2005 (quarta-feira), dos veículos movidos a gasolina/álcool, diesel e motocicletas..

Para o cálculo do volume de tráfego diário dos veículos leves e diesel, expandiu-se essas contagens para 60 minutos e calculou-se a média dos valores obtidos. Adotou-se como critério que essa média horária é válida entre 6h e 22h e que no horário complementar há uma redução de 70% no volume de tráfego. Para o cálculo do volume anual, considerou-se 52 semanas no ano e redução de 50% no tráfego aos sábados e domingos. No caso das motos, a média diária foi calculada levando-se em conta as médias horárias entre 9h e 18h e mantendo-se os mesmos critérios dos veículos leves e diesel. O volume de tráfego estimado é apresentado na tabela 3.

TABELA 3 – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DE VEÍCULOS LEVES, DIESEL E MOTOCICLETAS NO ENTORNO DA ESTAÇÃO VOTORANTIM

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume de tráfego anual
Av. 31 de Março	Veículos leves	11.996	3.740.000
	Veículos diesel	4.011	1.250.000
	Motocicletas	2.160	675.000
Av. Acácio Müller	Veículos leves	4.416	1.380.000
	Veículos diesel	515	160.000
	Motocicletas	513	160.000

Para a estimativa de emissão das fontes móveis, considerou-se os fatores de emissão de veículos em uso, na RMSP, em 2005, conforme tabela 4.

TABELA 4 – FATORES MÉDIOS DE EMISSÃO DE VEÍCULOS EM USO NA RMSP EM 2005

Tipo de veículo	Material Particulado g/km
Gasolina C*	0,08
Diesel	0,57
Motocicletas	0,05

*Gasolina C: contém 22% de etanol anidro (volume) e 600ppm de enxofre (massa)

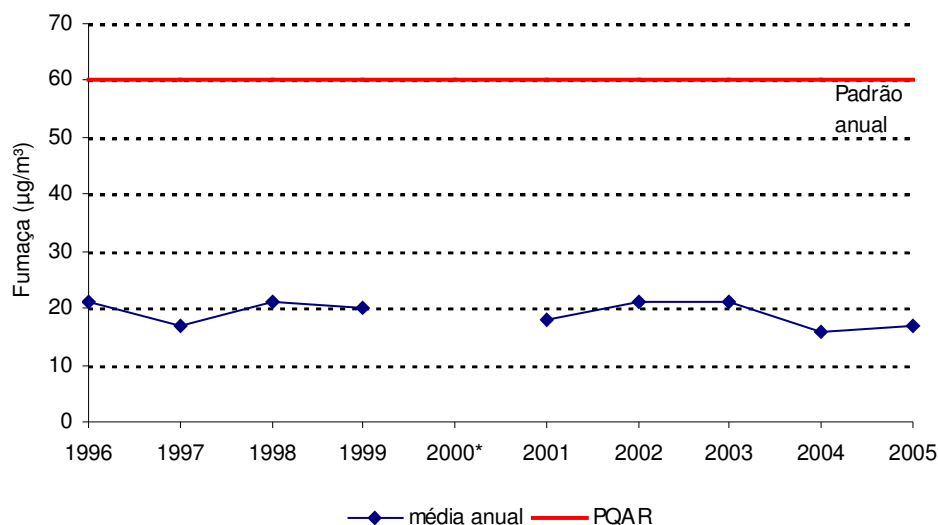
TABELA 5 - ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE FONTES MÓVEIS NO ENTORNO DA ESTAÇÃO VOTORANTIM

LOCAL	FONTES	Material Particulado t/ano
Av. 31 de Março *	Gasolina C	0,06
	Diesel	0,14
	Motocicletas	0,01
Av. Acácio Müller *	Gasolina C	0,02
	Diesel	0,02
	Motocicletas	0,01
TOTAL		0,26

* Fonte linear de 200 metros de extensão

7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR

A estação Votorantim opera desde 1986 na Praça Luiz Trentini – Centro. As médias aritméticas anuais de fumaça obtidas no município de 1996 a 2005, estão apresentadas na figura 7. Para o cálculo da média aritmética anual dos poluentes, utiliza-se o critério de representatividade dos dados, isto é, pelo menos 50% do número de amostras a cada quadrimestre. Nesta estação, somente o ano de 2000 não atendeu a este critério, portanto, o valor não foi apresentado no gráfico. Pode-se observar que os valores de concentração de fumaça apresentam pouca variação no período. As médias aritméticas anuais foram inferiores ao padrão anual de qualidade do ar ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$).



*não atendeu ao critério de representatividade

Figura 7 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (1996-2005)

Na figura 8 estão apresentadas as máximas concentrações diárias de fumaça, onde observa-se que não houve ultrapassagem do padrão diário de qualidade do ar ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$).

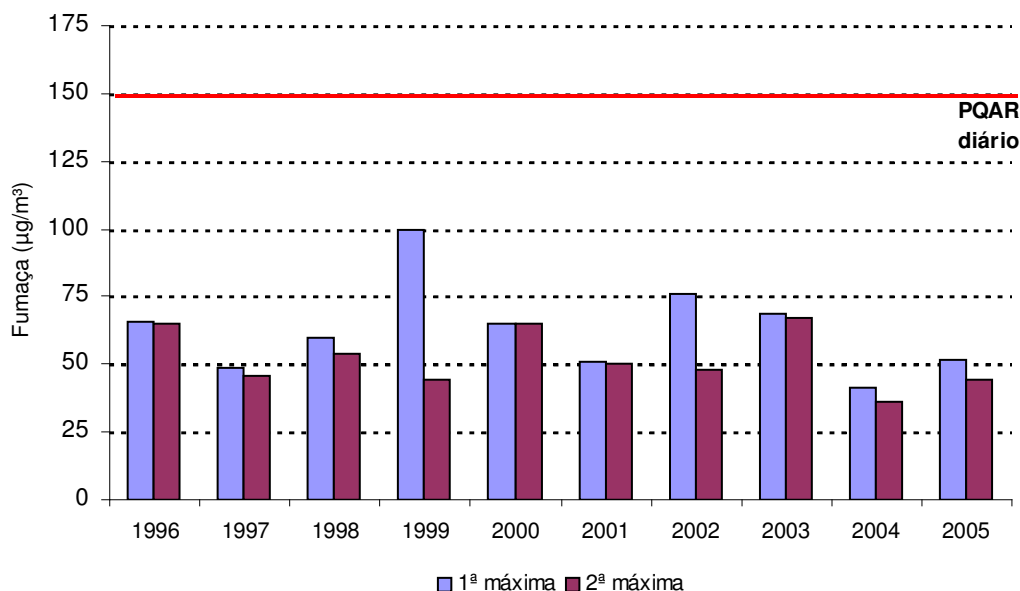


Figura 8 – Concentrações máximas de fumaça (1996-2005)

A figura 9 apresenta as concentrações médias de fumaça por mês. Foi observada uma variação sazonal no período de maio a setembro quando, em geral, no Estado de São Paulo, as condições meteorológicas são menos favoráveis à dispersão de poluentes, devido a maior ocorrência de calmarias por várias horas, inversões térmicas mais próximas da superfície e uma menor precipitação pluviométrica.

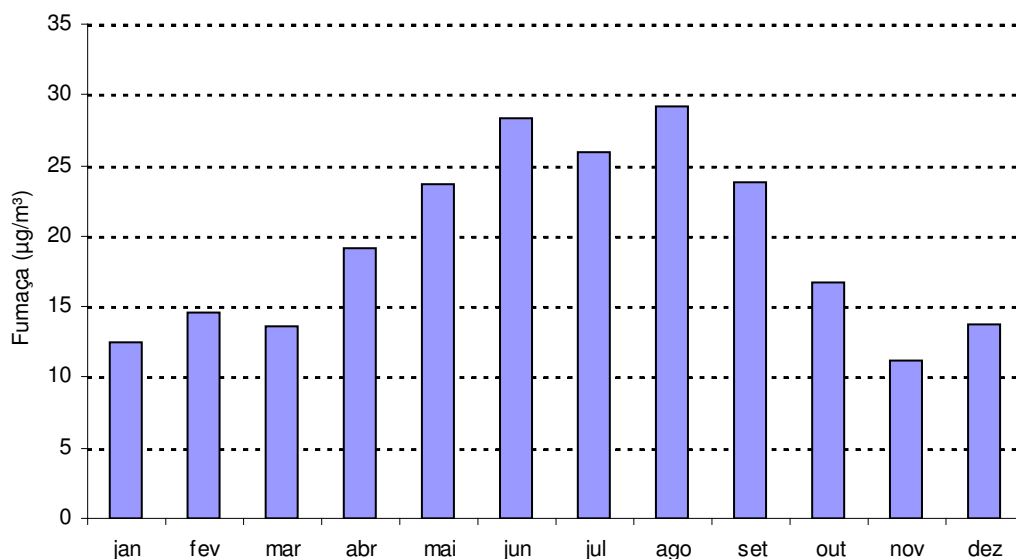


Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (1996-2005)

A figura 10 apresenta a distribuição por dia da semana das concentrações médias de fumaça. Pode-se observar que as concentrações foram menores aos domingos, que deve estar associada à queda no fluxo de veículos no entorno da estação.

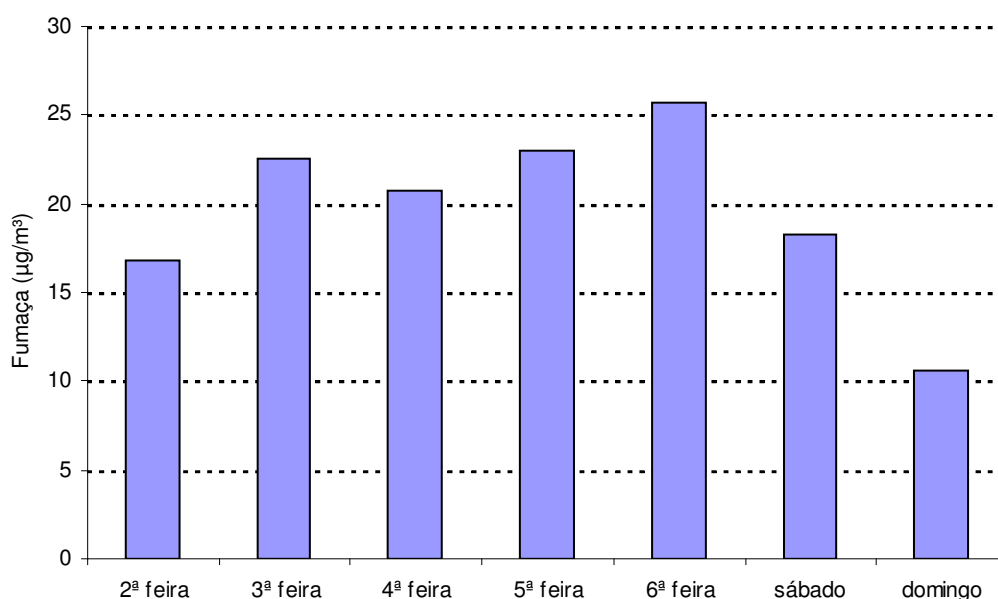


Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (1996-2005)

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os dados de fumaça, observa-se que a estação sofre influência das fontes móveis do seu entorno, uma vez que o perfil das concentrações de fumaça por dia da semana mostrou concentrações menores aos domingos quando ocorre significativa diminuição no volume de tráfego. A estação encontra-se em local com pouca ventilação devido aos obstáculos, principalmente, na direção norte.

Com relação à escala espacial de representatividade, considerando a via de tráfego mais próxima que está a 30 metros da estação e o fluxo diário de veículos (5.000 veículos/dia), esta estação pode ser classificada como “escala de bairro”, que representa concentrações para áreas da cidade com atividade uniforme, com distâncias entre 500 e 4.000 metros.

Embora a estação esteja localizada numa área onde não há grande movimentação de pedestres, pode ser classificada, em relação ao uso do solo e população exposta, como “comercial”, por localizar-se na região central da cidade.

9. CONCLUSÕES

Após análises, conclui-se que:

- a estação de Votorantim foi classificada quanto ao uso do solo, como “comercial” e quanto à escala de abrangência como “escala de bairro”;
- as concentrações observadas entre 1996 e 2005, ficaram abaixo do padrão primário de qualidade do ar, tanto o de 24 horas ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), quanto o anual ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- esta estação está em um local com muitos obstáculos no seu entorno que prejudicam a ventilação e também há pouca movimentação de pedestres. Sendo assim, sugere-se a realocação desta estação para a praça em frente ao Centro Cultural Mathias Gianolla, na Avenida 31 de Março, distante cerca de 300 metros da estação atual.
- Com a mudança de local, a estação Votorantim terá características semelhantes às demais estações instaladas nos municípios do interior do Estado de São Paulo.

10. BIBLIOGRAFIA

- United States Environmental Agency (US-EPA): Code of Federal Regulation, 40 – Pt.58 – Ambiente Air Surveillance. Ed. 1996.
- World Health Organization (WHO) – Guidelines for Air Quality – Geneva – 1999.
- Decreto Estadual nº 8468/76.
- Resolução CONAMA nº 03/90.
- CETESB - Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2005.
- CETESB - Caracterização das Estações da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP – Estação São Caetano do Sul.
- Votorantim Home Page – Disponível em www.votorantim.sp.gov.br

11. EQUIPE DE TRABALHO

Carlos Eduardo Negrão – ETQT

Clarice Aico Muramoto - ETQM

Cristiane Ferreira Fernandes Lopes - ETQA

Roseli Sachi – ETQI

Silmara Regina da Silva – ETQI

Yoshio Yanagi – ETQI

Supervisão: Maria Helena R. B. Martins - ETQA

Colaboração:

Agência Ambiental de Sorocaba – CBS