

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

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

**Caracterização das estações de
monitoramento de fumaça no interior
do Estado de São Paulo
Estação do município de Franca
2004**

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	10
8. Conclusões e recomendações	14
9. Bibliografia	15
10. Equipe de trabalho	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar no município de Franca	5
Figura 2 – Vista da estação Franca – Norte	6
Figura 3 – Vista da estação Franca – Sul.....	7
Figura 4 – Vista da estação Franca – Leste	7
Figura 5 – Vista da estação Franca – Oeste	8
Figura 6 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça.	11
Figura 7 – Concentrações máximas de fumaça (1997 a 2003)	12
Figura 8 – Concentrações médias de fumaça por mês (1997 a 2003).....	13
Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por dia da semana (1997 a 2003).	13

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 e diesel no entorno da estação Franca....	9
Tabela 4 – Fatores médios de emissão de veículos em uso na RMSP em 2003	10
Tabela 5 - Estimativa de emissão de fontes móveis no entorno da estação Franca.....	10

SUMÁRIO

A rede manual de monitoramento da qualidade do ar avalia as concentrações de fumaça em 17 municípios do Estado de São Paulo.

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. Este relatório apresenta os aspectos relacionados à estação do município de Franca.

A estação, de acordo com a classificação em relação ao uso do solo e população exposta pode ser classificada como “comercial”, por localizar-se na região central da cidade onde há grande movimentação de pedestres e tráfego de veículos leves. Quanto à escala espacial de representatividade, o levantamento das principais fontes emissoras no entorno da estação, tanto fixas quanto veiculares, que estão localizadas num raio de 500 metros em torno da estação, indicou que ela é classificada como “média escala”.

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, redes manuais de material particulado (Fumaça, Partículas Totais em Suspensão – PTS, Partículas Inaláveis – MP₁₀, e Partículas Inaláveis Finas – MP_{2,5}).

A rede manual OPS/OMS mede os teores de dióxido de enxofre (SO₂) e fumaça na RMSP (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 SO₂ 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 Franca. 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 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 a influência de tráfego de veículos no seu entorno. Assim, 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 é utilizado para avaliar o material particulado suspenso na atmosfera proveniente de processos de combustão, como queima de combustíveis em fontes estacionárias, exaustão de veículos automotores, sobretudo a diesel, queimas ao ar livre, etc.. Esta determinação está baseada na medida de refletância da 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 metas 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 - 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

O município de Franca, com uma área de 571km², localiza-se na região nordeste do estado, a 420km da cidade de São Paulo, com uma população em torno de 280 mil habitantes, segundo o último censo.

Seu relevo é caracterizado como planalto com vales profundos e escarpas abruptas, com altitude de 1040 metros. Com relação ao clima, pode-se considerar como tropical de altitude com inverno seco e verão úmido, e apresenta temperatura média das mínimas em torno de 15°C e média das máximas em torno de 23°C. A precipitação média anual é de 1623mm, sendo que a maior incidência se dá nos meses de outubro a março. A média da umidade relativa do ar é de 69%.

A principal atividade econômica no município é a indústria de calçados, composta por 360 indústrias de pequeno a grande porte. Além de possuir fábricas de calçados, a cidade conta também com produtores de insumos como solados, adesivos, curtumes, matrizarias, máquinas e equipamentos.

O município de Franca conta com uma frota de, aproximadamente, 87.000 veículos leves, 6.500 veículos pesados e 25.000 motocicletas.

Segundo informações da Agência Ambiental de Franca, a região é afetada pelas queimadas de cana e queimadas urbanas, sendo estas últimas provenientes da prática de atear fogo em terrenos baldios, de praças não urbanizadas e nos resíduos vegetais resultantes da poda de árvores e capina.

A CETESB mantém na cidade uma estação de monitoramento de dióxido de enxofre e fumaça (Rede Manual), sendo que as amostragens de fumaça são realizadas por um período de 24 horas a cada seis dias e o SO₂ por um período contínuo de 30 dias. Na figura 1 observa-se a localização dessa estação.



● - Estação Manual

🚌 - Terminal Rodoviário

Figura 1 – Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar no município de Franca

5. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

As coordenadas UTM da estação são 23K0249665 – 7727095, e a altitude é de 1003 metros.

A estação Franca está localizada numa região comercial, na Praça Nossa Senhora da Conceição. Como esta praça esteve em reforma, não houve monitoramento no período de agosto de 2002 a janeiro de 2003. No período de janeiro de 2001 a agosto de 2002 houve apenas 4 dias de monitoramento e o ano de 2003 não houve número de amostragens suficiente para atender ao critério de representatividade, isto é, os dados são insuficientes para o cálculo da média aritmética anual.

As figuras 2 a 5 apresentam fotografias do entorno da estação nas direções norte, sul, leste e oeste.

Na direção norte, apresentada na figura 2, encontra-se a 10 metros o obstáculo mais próximo que é uma árvore com cerca de 6 metros de altura.

Na direção sul, figura 3, observa-se, a aproximadamente 10 metros árvores com altura de 10 metros. Ao fundo encontra-se a Igreja Matriz Nossa Senhora da Conceição.

Na vista da face leste, figura 4, observa-se que a estação está voltada para a Praça Nossa Senhora da Conceição, que é bastante estreita com, aproximadamente, 25 metros de largura, sendo que a 10 metros da estação há uma árvore com cerca de 10 metros de altura. O quadrilátero das ruas Saldanha Marinho, Monsenhor Rosa, General Carneiro e Ouvidor Freire é uma região comercial com trânsito restrito somente aos pedestres.



Figura 2 – Vista da estação Franca – Norte



Figura 3 – Vista da estação Franca – Sul



Figura 4 – Vista da estação Franca – Leste



Figura 5 – Vista da estação Franca – Oeste

6. MICROINVENTÁRIO DE FONTES

Para avaliar o impacto das fontes na estação, foram levantadas as fontes prioritárias de material particulado definidas num raio de 2000m 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 Fixas

Esta estação não apresenta fontes fixas significativas no seu entorno.

Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes no entorno da estação, e consideradas neste estudo, são os veículos que trafegam em frente à Praça Nossa Senhora da Conceição.

A contagem de veículos tem por objetivo estimar a ordem de grandeza da contribuição das fontes móveis na composição total das emissões do local. Para tanto, foram efetuadas duas contagens nesta praça, em função da direção do fluxo de veículos, no dia 23/06/04 (quarta-feira). Considerados os veículos leves (veículos movidos a álcool e veículos movidos a gasolina C que contém 22% de álcool anidro e 600ppm de enxofre – massa), diesel e motocicletas.

A primeira contagem foi realizada de manhã, das 10h10 às 10h40 e outra no período da tarde, das 14h15 às 14h45, no mesmo ponto.

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 demais critérios dos veículos leves e diesel. O volume de tráfego estimado é apresentado na tabela 3.

TABELA 3 – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DE VEÍCULOS LEVES E DIESEL NO ENTORNO DA ESTAÇÃO FRANCA

Via	Fonte	Volume de tráfego diário	Volume de tráfego anual
Praça Nossa Senhora da Conceição	Veículos leves	6.992	2.180.000
	Veículos diesel	883	275.000
	Motocicletas	1.850	575.000

Para a estimativa de emissão das fontes móveis, considerou-se os fatores de emissão de veículos em uso, na RMSP, em 2003, conforme tabela 4.

TABELA 4 – FATORES MÉDIOS DE EMISSÃO DE VEÍCULOS EM USO NA RMSP EM 2003

Tipo de veículo	Material Particulado g/km
Gasolina-C	0,08
Diesel	0,81
Motocicletas	0,05

Observa-se na tabela 5, que a estimativa total das emissões de fontes móveis no município é baixa devido a pequena circulação de veículos no seu entorno.

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

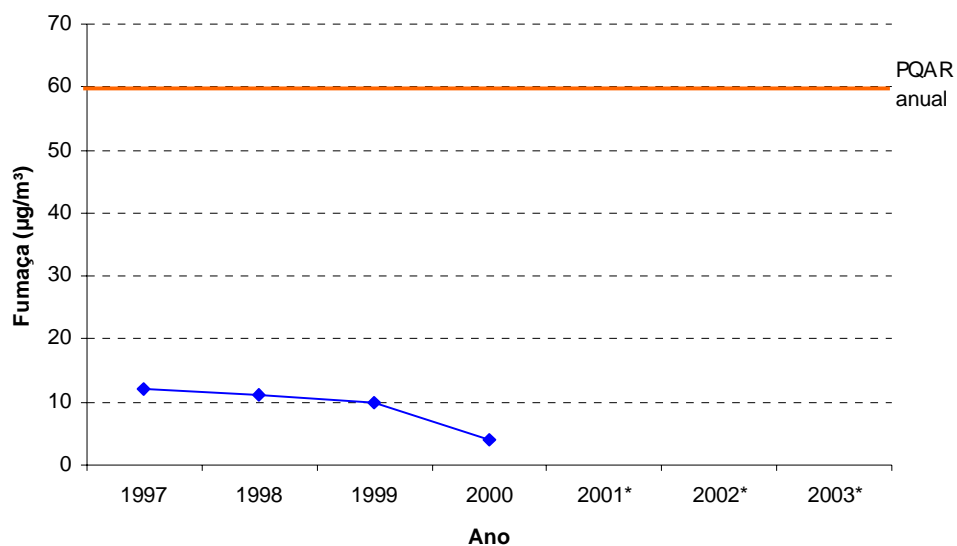
LOCAL	FONTE	Material Particulado t/ano
Praça Nossa Senhora da Conceição	Gasolina C	0,03
	Diesel	0,04
	Motocicletas	0,01
	Total	0,08

* fonte linear de 200m

7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR

A estação Franca ficou instalada de 1986 a 1996 na Avenida Champagnat. A partir de 1997, a estação foi transferida para um local mais central, na Praça Nossa Senhora da Conceição. Sendo assim, as análises de tendência de qualidade do ar são feitas somente a partir de 1997. As médias aritméticas anuais de fumaça obtidas no município de Franca de 1997 a 2003 estão apresentadas na figura 6.

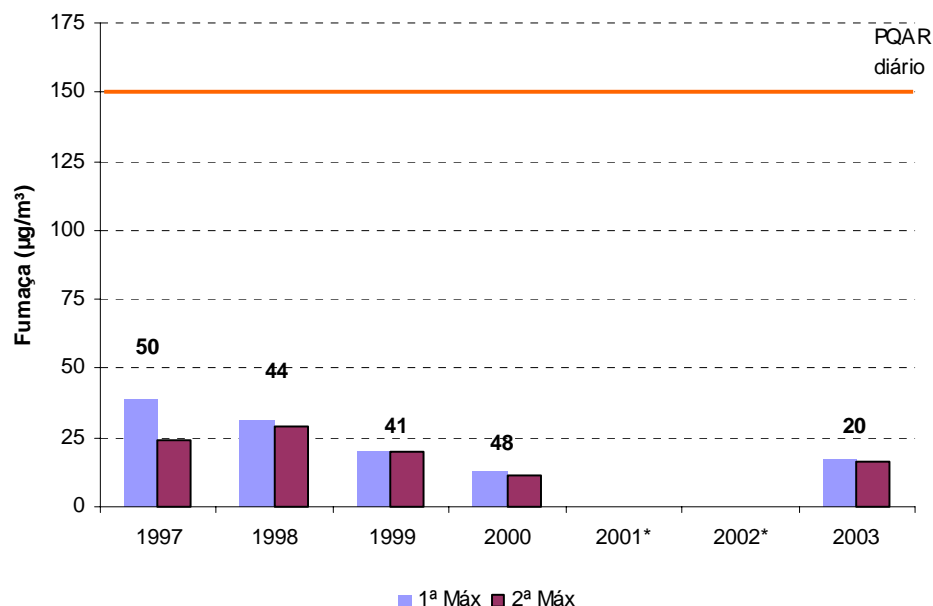
As médias aritméticas anuais foram inferiores ao padrão anual de qualidade do ar ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$). Observou-se uma ligeira tendência de queda até 1999 e uma queda acentuada em 2000. Como não houve representatividade dos dados de 2001 a 2003, isto é, não houve um número suficiente de amostras para o cálculo da média aritmética anual, não é possível afirmar qual a tendência dos dados de fumaça atualmente.



Obs.: (*) Não atendeu ao critério de representatividade para o cálculo da média aritmética anual

Figura 6 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça.

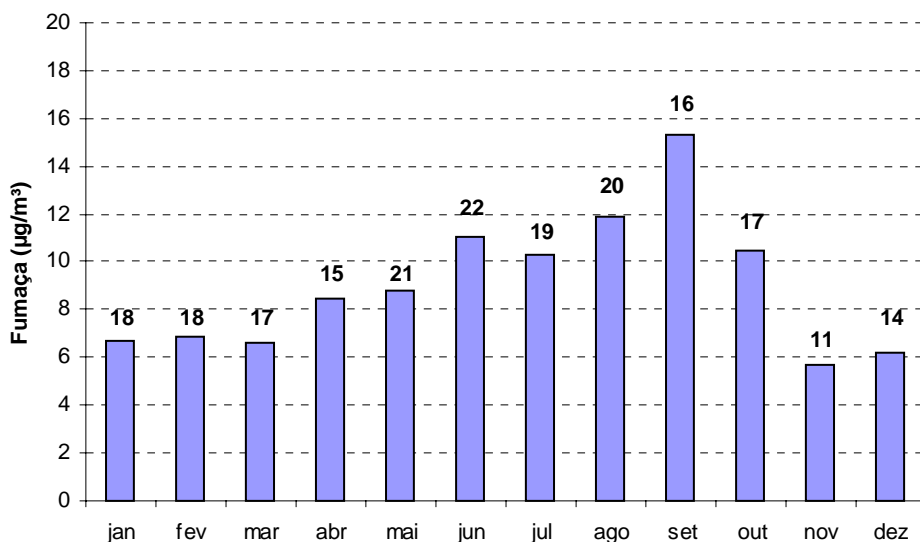
Na figura 7 estão apresentadas as máximas concentrações diárias de fumaça, onde observou-se que também não houve ultrapassagem do padrão diário de qualidade do ar ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$). Os valores máximos diminuíram de 1997 a 2000, no entanto em 2003, apesar de terem sido coletadas amostras em apenas 20 dias, a máxima observada foi maior que em 2000.



Obs.: Os números em cima de cada ano referem-se ao número de amostras.
(*) Houve apenas 2 dias de amostragem.

Figura 7 – Concentrações máximas de fumaça (1997 a 2003)

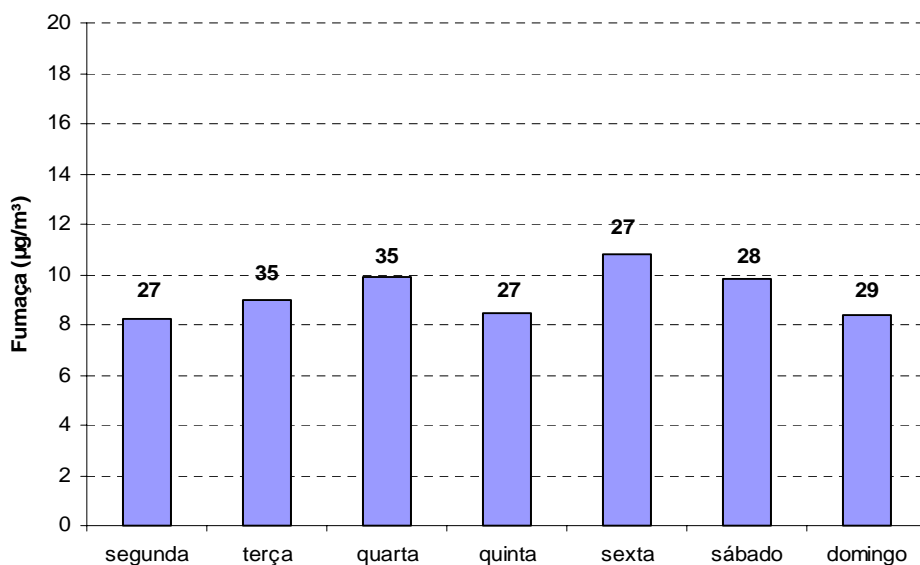
A figura 8 apresenta as concentrações médias de fumaça por mês. Observou-se que os maiores valores ocorreram no período de inverno onde, em geral, as condições meteorológicas são menos favoráveis à dispersão de poluentes devido a maior ocorrência de calmarias por várias horas, inversões térmicas mais próximas da superfície e uma menor precipitação pluviométrica. Destaca-se, na figura 8, o baixo número de amostragens realizadas por mês. No período de 1997 a 2003, o maior número de amostragens foi de 22 no mês de junho, e deveriam ter sido realizadas cerca de 35 amostragens em cada mês.



Obs.: Os números em cima de cada mês referem-se ao número de amostras

Figura 8 – Concentrações médias de fumaça por mês (1997 a 2003).

A figura 9 mostra a distribuição por dia da semana das concentrações médias de fumaça. Pode-se observar que as concentrações médias foram semelhantes em todos os dias da semana. Destaca-se, novamente, o baixo número de amostras realizadas, das cerca de 60 amostras esperadas por dia da semana, para o período, foram realizadas um pouco mais que a metade.



Obs.: Os números em cima de cada mês referem-se ao número de amostras

Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por dia da semana (1997 a 2003).

Verifica-se que a estação Franca, de acordo com a classificação em relação ao uso do solo e população exposta pode ser classificada como “comercial”, por localizar-se na região central da cidade onde há grande movimentação de pedestres, área comercial e tráfego de veículos.

A estação não apresenta fontes fixas no seu entorno. Quanto às fontes móveis, há pouca contribuição das emissões veiculares no entorno da estação o que, provavelmente, explica as baixas concentrações observadas e a semelhança dos valores das concentrações nos dias úteis e finais de semana. Assim, analisando-se os dados disponíveis, a escala espacial de representatividade é a de “média escala”, que representa poucos quarteirões com características semelhantes a uma distância entre 100 e 500 metros.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após as análises, conclui-se que:

- a estação de Franca foi classificada como comercial e de média escala;
- as concentrações observadas ficaram abaixo do padrão de qualidade do ar, tanto o de 24 horas ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), quanto o anual ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Considerando-se que:

- são observados baixos valores de concentração, mesmo sendo o monitoramento realizado na área central da cidade;
- não existe regularidade nas amostragens, fazendo com que os últimos três anos não tenham atendido ao critério de representatividade dos dados e, conseqüentemente, não possam ser considerados para uma análise de tendência de fumaça no município;

recomenda-se que a estação Franca opere até o final de 2004 e então seja desativada e reaproveitada em outro município.

9. 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 – 2003.
- CETESB - Caracterização das Estações da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP – Estação São Caetano do Sul.
- CETESB – Caracterização das Estações da Rede Manual de Monitoramento da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – Estações de Sorocaba.
- BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
Disponível em: www.bndes.gov.br/conhecimento/relat/r_7_001
- INMET – Normais climatológicas de 1961 a 1990. 1992
- São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Informações básicas para o planejamento ambiental/Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Coordenadoria de Planejamento Ambiental. – São Paulo: SMA, 2002.
- DETRAN/PRODESP. São Paulo, junho 2003.

10. 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 Franca – CMg-Fr