



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

**Caracterização das estações de
monitoramento de fumaça no interior
do Estado de São Paulo
Estação do município de Campinas
janeiro/2007**

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..... | 10 |
| 7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR | 12 |
| 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 14 |
| 9. CONCLUSÕES..... | 15 |
| 10. BIBLIOGRAFIA..... | 15 |
| 11. EQUIPE DE TRABALHO | 15 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Localização da estação Campinas..... | 5 |
| Figura 2 – Mapa de ruas do entorno da estação..... | 6 |
| Figura 3 – Vista da estação Campinas – Face Norte | 7 |
| Figura 4 – Vista da estação Campinas – Face Sul..... | 7 |
| Figura 5– Vista da estação Campinas – Face Oeste | 8 |
| Figura 6 - Vista da estação Campinas – Face Leste..... | 9 |
| Figura 7 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (abr/2000-dez/2005) | 12 |
| Figura 8 – Concentrações máximas diárias de fumaça (abr/2000-dez/2005)..... | 13 |
| Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (abr/2000-dez/2005) | 13 |
| Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (abr/2000-dez/2005) | 14 |

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 CAMPINAS | 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 CAMPINAS..... | 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 de São Paulo. Basicamente, este monitoramento é realizado por uma rede automática e redes manuais de material particulado (Fumaça, Partículas Totais em Suspensão – PTS, Partículas Inaláveis – MP₁₀, e Partículas Inaláveis Finas – MP_{2,5}), e dióxido de enxofre.

A rede manual OPS/OMS mede os teores de dióxido de enxofre (SO₂) 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 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 15 municípios do Estado de São Paulo, a saber: São José dos Campos, Taubaté, Americana, Campinas, Jundiaí, Limeira, 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 Campinas. 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 bairros 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

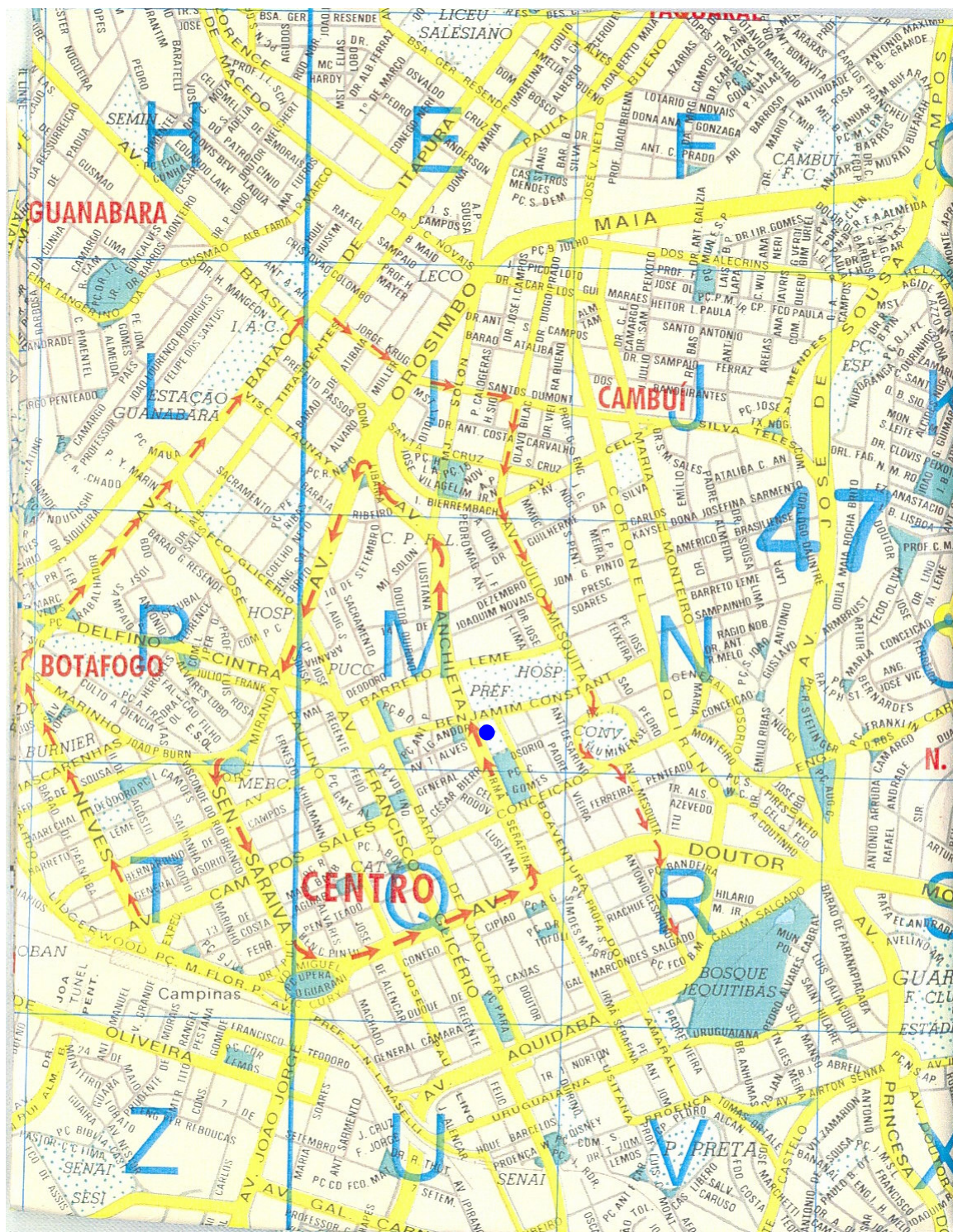
4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

4.1 Aspectos gerais

O município de Campinas situa-se na região nordeste do Estado de São Paulo, distante cerca de 90km a oeste da capital possuindo área de 887km². Segundo o último censo, possui população em torno de 1 milhão de habitantes. Possui ainda, frota de, aproximadamente, 39.000 veículos leves, 27.000 veículos pesados e 48.000 motocicletas. A cidade conta também com empresas de grande e médio porte.

A cidade localiza-se a uma altitude média de 583 metros e apresenta temperatura média anual de 16°C a 22°C. O verão é muito quente e seco e o inverno é seco. Os ventos predominantes são 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, e mede também SO₂, sendo as amostragens realizadas por um período contínuo de 30 dias. Ainda no mesmo local, a CETESB possui, desde 2000, uma estação automática de monitoramento da qualidade do ar (Rede Automática), medindo os seguintes parâmetros: partículas inaláveis (MP₁₀), monóxido de carbono (CO), e parâmetros meteorológicos (temperatura e umidade relativa). Na figura 1 observa-se a localização destas estações.



- Estação Manual e Automática

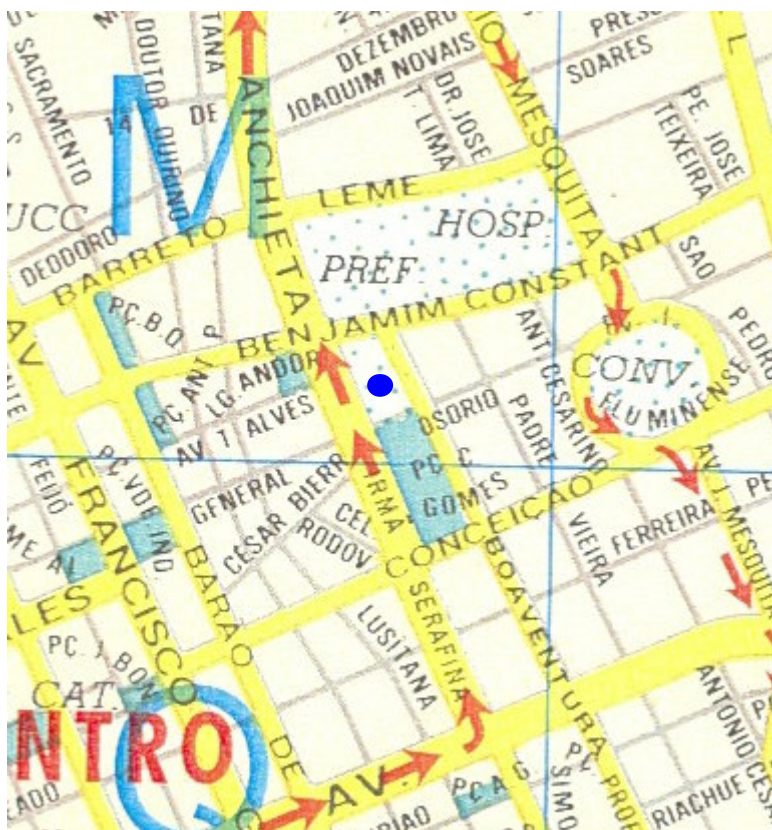
Figura 1 – Localização da estação Campinas

5. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

As coordenadas UTM da estação são 23K0289010 – 7465832 e a altitude é de 887 metros.

A estação está localizada na Av. Anchieta, 42 – Escola Estadual Carlos Gomes.

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



- **Estação manual e automática**

Figura 2 – Mapa de ruas do entorno da estação

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

Na face norte, apresentada na figura 3, observa-se a cerca de 15 metros da estação o prédio da Escola Estadual Carlos Gomes com cerca de 10 metros de altura. Na face sul da estação (figura 4), está situada a Av. Anchieta, a aproximadamente, 10 metros de distância da estação.



Figura 3 – Vista da estação Campinas – Face Norte



Figura 4 – Vista da estação Campinas – Face Sul

Na figura 5, vista da face oeste, o obstáculo mais próximo é uma árvore, de aproximadamente 10 metros de altura, que está localizada a 10 metros de distância. Mais ao fundo, a cerca de 10 metros, encontra-se a Av. Anchieta. Nesta avenida existe um ponto de ônibus a, aproximadamente, 50 metros da estação. Na face leste (figura 6), não se observa nenhum obstáculo significativo, sendo que esta face está voltada para o estacionamento da escola.



Figura 5– Vista da estação Campinas – Face Oeste



Figura 6 - Vista da estação Campinas – Face Leste

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 Fixas

Segundo a Agência Ambiental de Campinas, não existem fontes fixas significativas no entorno da estação.

Fontes Móveis

As fontes móveis mais importantes nas proximidades da estação, e consideradas neste estudo, são os veículos que trafegam na avenida Anchieta. 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 10h40 às 10h55 e, das 13h30 às 13h45 nesta avenida, no dia 17/05/2006 (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 CAMPINAS

| Via | Fonte | Volume de tráfego diário | Volume de tráfego anual |
|---------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Av. Anchieta | Veículos leves | 35.622 | 11.115.000 |
| | Veículos diesel | 7.765 | 2.425.000 |
| | Motocicletas | 3.618 | 1.130.000 |

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 |

* contém 22% de álcool anidro e 500 ppm de enxofre (massa).

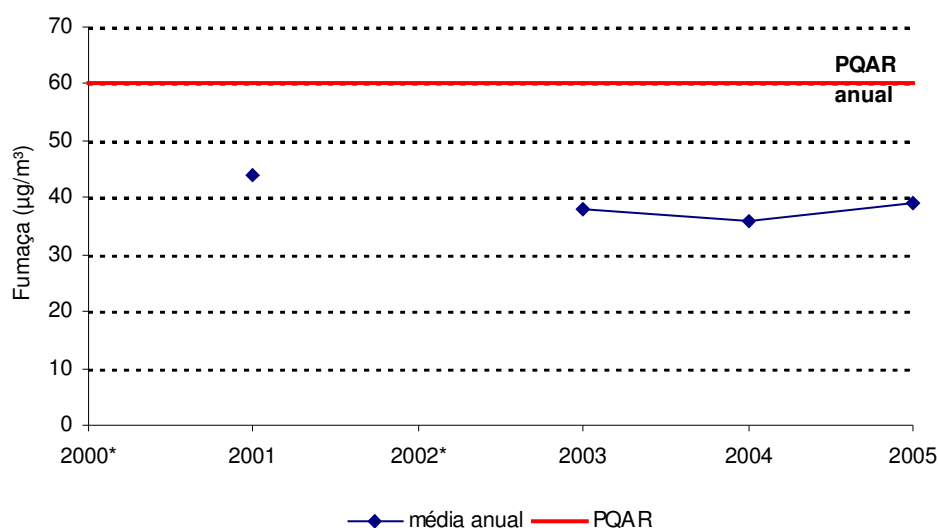
TABELA 5 - ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE FONTES MÓVEIS NO ENTORNO DA ESTAÇÃO CAMPINAS

| LOCAL | FONTE | Material Particulado t/ano |
|-----------------------|--------------|---------------------------------------|
| Av. Anchieta * | Gasolina C | 0,18 |
| | Diesel | 0,29 |
| | Motocicletas | 0,01 |
| TOTAL | | 0,48 |

* Fonte linear de 200m

7. TENDÊNCIAS DE QUALIDADE DO AR

A estação Campinas ficou instalada de 1985 a 1999 no Largo do Pará – Centro. Em abril de 2000 a estação foi transferida para o local atual. As médias aritméticas anuais de fumaça obtidas de 2000 a 2005, no novo local, 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. Na estação Campinas os anos de 2000 e 2002 não atenderam a este critério, portanto, os valores não foram apresentados no gráfico. Pode-se observar que as médias aritméticas anuais foram inferiores ao padrão anual de qualidade do ar ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$). Apesar das falhas, os dados disponíveis não indicam tendência significativa de alteração das concentrações médias nos últimos anos.



*não atendeu ao critério de representatividade

Figura 7 – Evolução das concentrações médias anuais de fumaça (abr/2000-dez/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 ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), no período de 2000 a 2005. Pode-se observar também que os máximos valores, exceto a máxima concentração de 2001, são inferiores à metade do padrão legal.



Figura 8 – Concentrações máximas diárias de fumaça (abr/2000-dez/2005)

A figura 9 apresenta as concentrações médias de fumaça por mês. Não foi observado um aumento significativo das concentrações de fumaça no período de maio a setembro quando, 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.

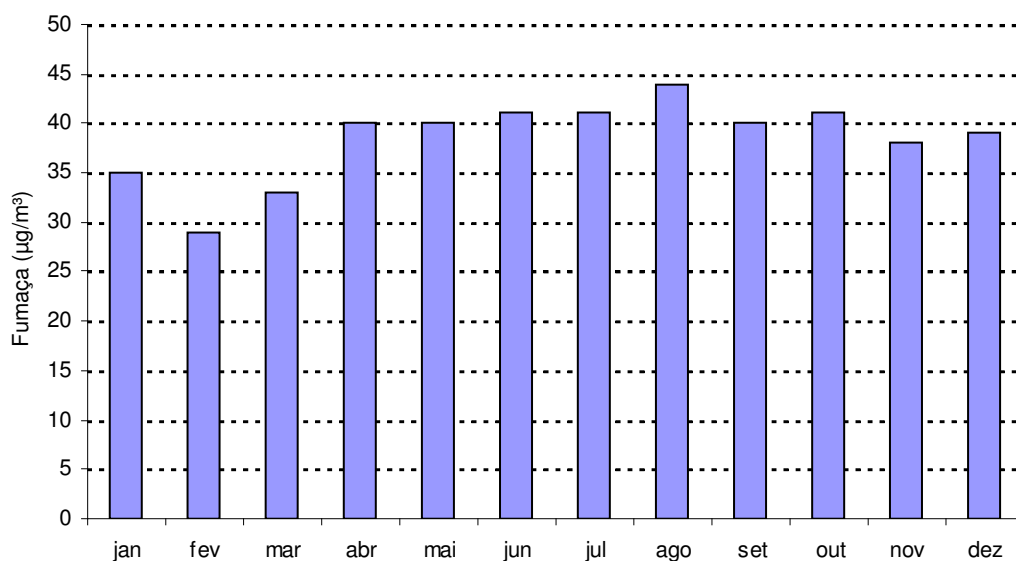


Figura 9 – Concentrações médias de fumaça por mês (abr/2000-dez/2005)

A figura 10 apresenta a distribuição por dia da semana das concentrações médias de fumaça. Pode-se observar que as concentrações foram menores no domingo, provavelmente em função da redução do fluxo de veículos na região central da cidade devido o fechamento do comércio.

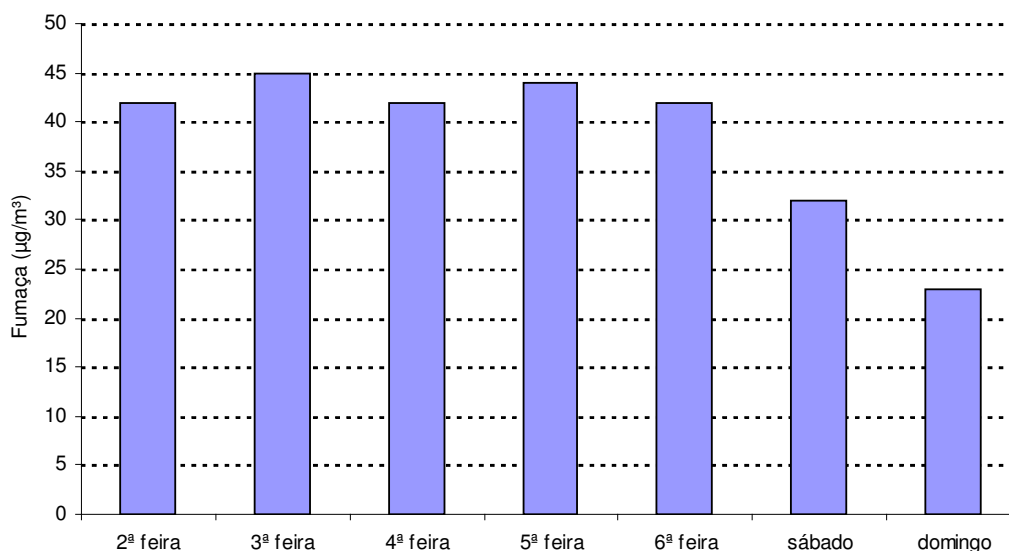


Figura 10 – Médias aritméticas de fumaça por dia da semana (abr/2000-dez/2005)

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a estação Campinas, 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.

A estação encontra-se em local com pouca ventilação, em função dos obstáculos existentes. Uma vez que as fontes móveis são a única fonte significativa no entorno da estação, a análise do fluxo diário de veículos (>15.000), e distância da via (10m), indicou que a escala espacial de representatividade é a “micro-escala”, que representa concentrações para áreas de dimensão de poucos metros até 100 metros.

9. CONCLUSÕES

Após análises, conclui-se que:

- a estação de Campinas foi classificada como comercial e de micro-escala;
- as concentrações de fumaça observadas entre 2000 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 ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Considerando-se que:

- a estação de monitoramento de fumaça está no mesmo local da estação automática, que fornece dados de hora em hora e que monitora o parâmetro partículas inaláveis (MP_{10}), que também avalia o material particulado proveniente de processos de combustão;
- as médias anuais de 2004 e 2005, tanto da fumaça quanto do MP_{10} , comprometem cerca de 60% do padrão de qualidade correspondente, recomenda-se o encerramento do monitoramento de fumaça neste local.

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.
- Campinas Home Page – Disponível em www.campinas.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 Campinas