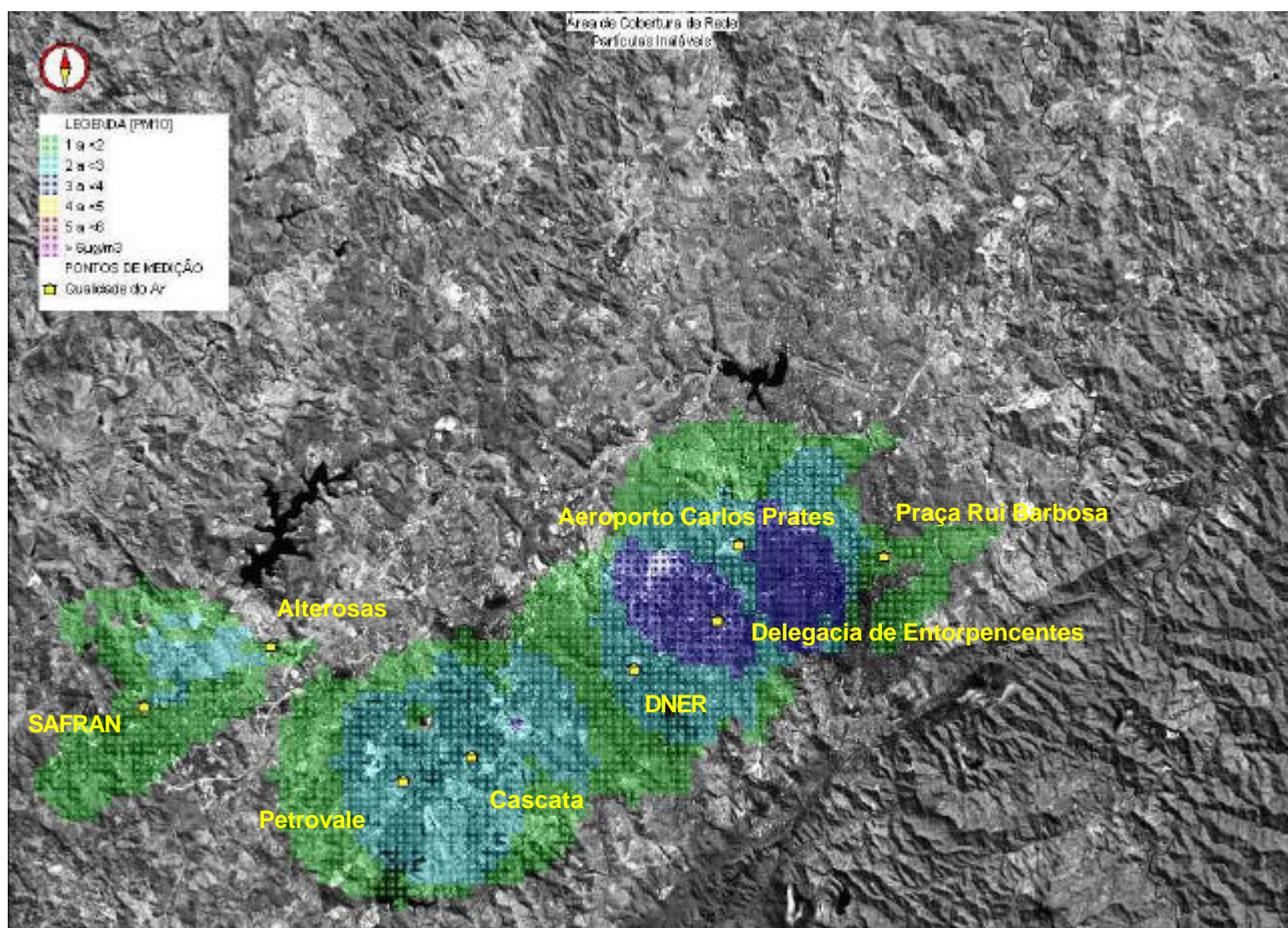


## Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte Período de 2003 a 2004



Belo Horizonte – Julho/2005

# feam

**FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE**

Publicada por:  
Fundação Estadual do Meio Ambiente/Minas Gerais

*Governador do Estado de Minas Gerais*  
Aécio Neves da Cunha  
*Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD*  
*Secretário de Estado*  
José Carlos Carvalho  
*Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM*  
*Presidente*  
Ilmar Bastos Santos

## AUTORES

Beverly Wen Yuh Liu – Coordenação  
Edwan Fernandes Fioravante  
Elisete Gomides Dutra  
Isis Laponez da Silveira  
Miriam Regina Cardoso de Oliveira  
Andréa Nardi

## COLABORADORES

Adriano César Júnior

F981m

Fundação Estadual do Meio Ambiente.

Monitoramento da qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte: período de 2003 a 2004. / Fundação Estadual do Meio Ambiente. – Belo Horizonte: FEAM, 2005. 48p. : il., mapas

1. Qualidade do ar. 2. Ar 3. Poluição atmosférica  
II. Título

CDU: 614.71

**feam**

**FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE**

## **Relatório Técnico**

### **Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte Período de 2003 a 2004**

## **EQUIPE TÉCNICA**

Beverly Wen Yuh Liu  
Cláudia Melo de Assis  
Edwan Fernandes Fioravante  
Elisete Gomides Dutra  
Isis Laponez da Silveira  
Miriam Regina Cardoso de Oliveira  
Rita de Cássia Modesto Anizelli  
Adriano César Júnior – Bolsista da FAPEMIG

- 
- **FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM**  
Ilmar Bastos dos Santos – Presidente
  
  - **DIRETORIA DE INFRA-ESTRUTURA E MONITORAMENTO**  
Alice Beatriz Pereira Soares
    - **DIVISÃO DE MONITORAMENTO E GEOPROCESSAMENTO**  
Rosa Maria Laender Costa
  
  - **DIRETORIA DE ATIVIDADES INDUSTRIAIS E MINERÁRIAS**  
Zuleika S. Chiacchio Torquetti
  
  - **DIRETORIA DE PLANEJAMENTO GESTÃO E FINANÇAS**  
Marco Flávio Neves

**feam**

**FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE**

## **APRESENTAÇÃO**

Apresenta-se neste relatório os resultados do monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte obtidos pela Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar em 2003 e 2004.

**feam**

**FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE**

*Agradecimentos à equipe técnica da PETROBRAS/REGAP/ASEMA e  
Vallourec & Mannesmann Tubes.*

**SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>10</b>
2.1 LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS DE MONITORAMENTO .....	10
2.2 MÉTODOS DE MEDIÇÃO.....	13
2.3 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR .....	16
2.4 ÍNDICES DE QUALIDADE DE AR.....	18
2.5 CRITÉRIOS PARA EPISÓDIOS AGUDOS DE POLUIÇÃO DO AR.....	19
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
3.1 CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	21
3.1.1 PARTÍCULAS INALÁVEIS (PM-10).....	21
3.1.2 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO <sub>2</sub> ).....	29
3.1.3 MONÓXIDO DE CARBONO (CO).....	31
3.1.4 OZÔNIO (O <sub>3</sub> ).....	33
3.1.5 DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO <sub>2</sub> ).....	35
3.2 CLASSES DE QUALIDADE DO AR.....	36
3.3 DADOS METEOROLÓGICOS.....	38
3.3.1 VELOCIDADE DE VENTO.....	38
3.3.2 DIREÇÃO DE VENTO.....	39
3.3.3 TEMPERATURA DO AR.....	40
3.3.4 UMIDADE RELATIVA DO AR.....	42
<b>4. DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>44</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH situa-se na região Metalúrgica do Estado de Minas Gerais, uma das mais ricas do País em recursos minerais. Inclui, além de Belo Horizonte, a capital, mais 32 municípios: Contagem, Betim, Pedro Leopoldo, Vespasiano, Sabará, Caeté, Lagoa Santa, Confins, São José da Lapa, Santa Luzia, Ribeirão das Neves, Esmeraldas, Raposos, Nova Lima, Rio Acima, Ibité, Florestal, Mateus Leme, Juatuba, Igarapé, São Joaquim de Bicas, Mário Campos, Sarzedo, Brumadinho, Rio Manso, Itaguara, Baldim, Jabuticabas, Nova União, Capim Branco, Matozinhos e Taquaraçu de Minas (Figura 1).

Com população de cerca de 4,3 milhões de habitantes, a RMBH concentra 24,3% da população do Estado e ocupa uma área de 8.612,3 km<sup>2</sup> – 1,5% de área de MG. Belo Horizonte, Contagem e Betim tem 2.238.256, 538.017 e 306.675 habitantes, respectivamente (IBGE, 2002).

A RMBH é responsável por 66% da atividade mineradora do Estado, destacando-se a extração de minério de ferro, manganês, ouro e calcário. A indústria é o grande fator de desenvolvimento da região pela concentração espacial elevada de empresas de médio porte e alto nível tecnológico, com destaque para os setores de metalurgia, de materiais elétricos, de comunicação, de transporte e de plásticos. Nessa Região, estão instaladas indústrias de grande porte ligadas aos setores siderúrgico, de minerais não metálicos (cimento e cal), de petróleo, e à indústria automobilística. A agropecuária ocupa somente 4% da população economicamente ativa, em geral, com produtos hortifrutigranjeiros. A RMBH responde por cerca de 32% do PIB de Minas Gerais (INDI, 1996).

O clima é subtropical, com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média mensal é 23°C no verão (dezembro a março) e 19°C no inverno (junho a setembro), sendo que durante o inverno, ocorre o fenômeno de inversão térmica. A precipitação anual é de cerca de 1.450mm e a direção predominante de vento é Leste.



Figura 1.1: Municípios e locais das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar da Região Metropolitana de Belo Horizonte

A Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar é constituída de nove estações automáticas, três delas foram instaladas em abril de 1995 em pontos selecionados pela FEAM na região urbana de Belo Horizonte, de Contagem e de Betim (LIU et al., 1996 e 1999) e duas estações foram instaladas em fevereiro de 2002 em Belo Horizonte. Duas estações foram instaladas em Betim em outubro de 2002 e outras duas estações foram instaladas em Ibirité, uma em outubro de 2002 e outra em agosto de 2004.

Todos os equipamentos que compõem a rede são de origem francesa, fornecidos pela ENVIRONNEMENT S.A. Os três primeiros foram adquiridos pela Refinaria Gabriel Passos – REGAP da PETROBRAS como medida compensatória em seu processo de licenciamento ambiental junto ao Conselho de Política Ambiental – COPAM do Estado de Minas Gerais. As duas estações instaladas em 2002 foram adquiridas pela Vallourec & Mannesmann Tubes em cumprimento da condicionante de licença de operação. As outras 3 estações foram adquiridas pela REGAP em 2002 e pela Usina Termoelétrica de Ibirité – Ibiritermo (1 estação) em 2004, respectivamente, como medida compensatória no processo de licenciamento.

As estações são constituídas por cabines climatizadas onde estão instalados analisadores e sensores que realizam a amostragem do ar atmosférico e determinam a concentração de poluentes e dados meteorológicos de forma contínua. Os resultados são transmitidos em tempo real por modem, via linha telefônica, às duas centrais de aquisição de dados instaladas na Divisão de Monitoramento e Geoprocessamento da FEAM. A Assessoria de Segurança e Meio Ambiente da REGAP também possui uma central que recebe os dados das estações pertencentes a REGAP e Ibiritermo.

Os poluentes monitorados nas três estações adquiridas pela REGAP foram Partículas Inaláveis (PM-10) e Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), além de parâmetros meteorológicos: velocidade e direção de vento, temperatura e umidade relativa do ar. Em abril de 1999, a REGAP juntamente com a ENVIRONNEMENT incorporou os analisadores de Monóxido de Carbono, Ozônio e Óxidos de Nitrogênio na estação de Belo Horizonte. As estações adquiridas pela Vallourec & Mannesmann Tubes monitoram Partículas Inaláveis e parâmetros meteorológicos. As demais estações monitoram Partículas Inaláveis, Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono, Ozônio, Óxidos de Nitrogênio, além dos parâmetros meteorológicos.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Localização das Estações Automáticas de Monitoramento

Uma das estações de Belo Horizonte está localizada na Praça Rui Barbosa em terreno da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, onde funciona o Centro de Referência Cultural da Criança e do Adolescente, ao lado da confluência entre o Viaduto da Floresta e a Avenida dos Andradas (Figura 2.1). Essa região é caracterizada por fluxo intenso de automóveis e ônibus urbanos e abriga linha de trem ferroviário e metrô sendo, por isso, influenciada predominantemente pela poluição de origem veicular. As outras duas estações estão situadas na Avenida Amazonas (Delegacia de Entorpecentes) e no Aeroporto Carlos Prates, figuras 2.2 e 2.3, respectivamente.

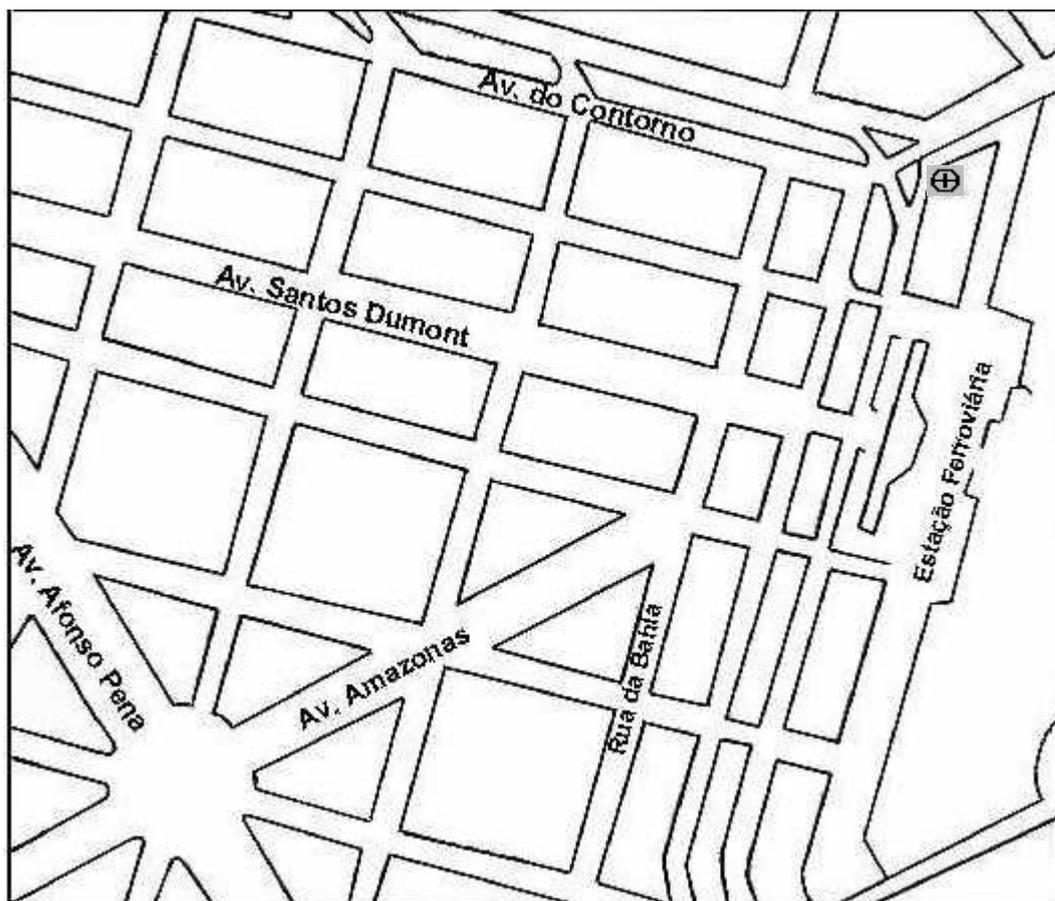


Figura 2.1 : Localização da Estação Praça Rui Barbosa ( símbolo ⊕ ) na Região Central de Belo Horizonte.



Figura 2.2: Localização da Estação Aeroporto Carlos Prates (símbolo ⊕) na Região Noroeste de Belo Horizonte.



Figura 2.3 : Localização da Estação Av. Amazonas ( símbolo ⊕ ) na Região Oeste de Belo Horizonte.

A estação de CONTAGEM (Estação DNER) está instalada na Avenida Babita Camargo, em área externa do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT, em local próximo à Praça da CEMIG (Figura 2.4). Essa região é circundada por diversas unidades industriais, além de concentrar fluxo intenso de veículos leves e pesados. É, portanto, uma região sob influência da poluição de origem industrial e veicular.

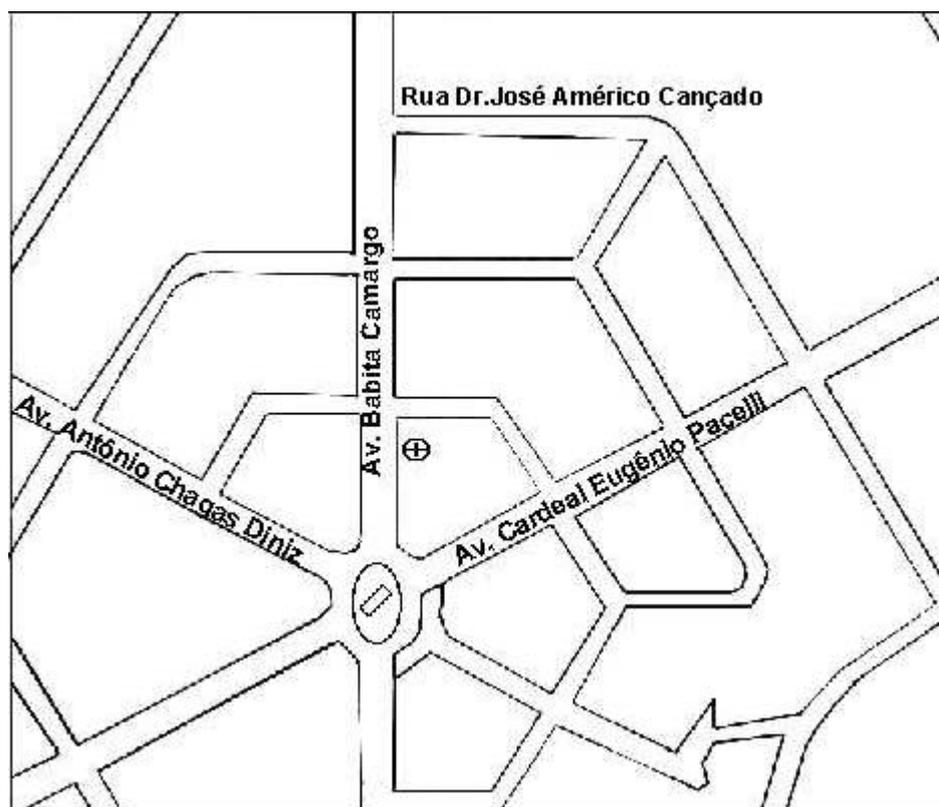


Figura 2.4 : Localização da Estação DNER ( símbolo ⊕ ) na Região da Cidade Industrial de Contagem.

A estação de BETIM (Estação Bairro Jardim das Alterosas) está localizada na Avenida Campos de Ourique, no Bairro Jardim das Alterosas, em área da Administração Regional Alterosa da Prefeitura Municipal de Betim (Figura 2.5). Essa região é residencial com fluxo moderado de veículos. Nas proximidades estão instalados um porto seco e indústrias. Essa estação entrou em operação, nesse local, em março de 1998.

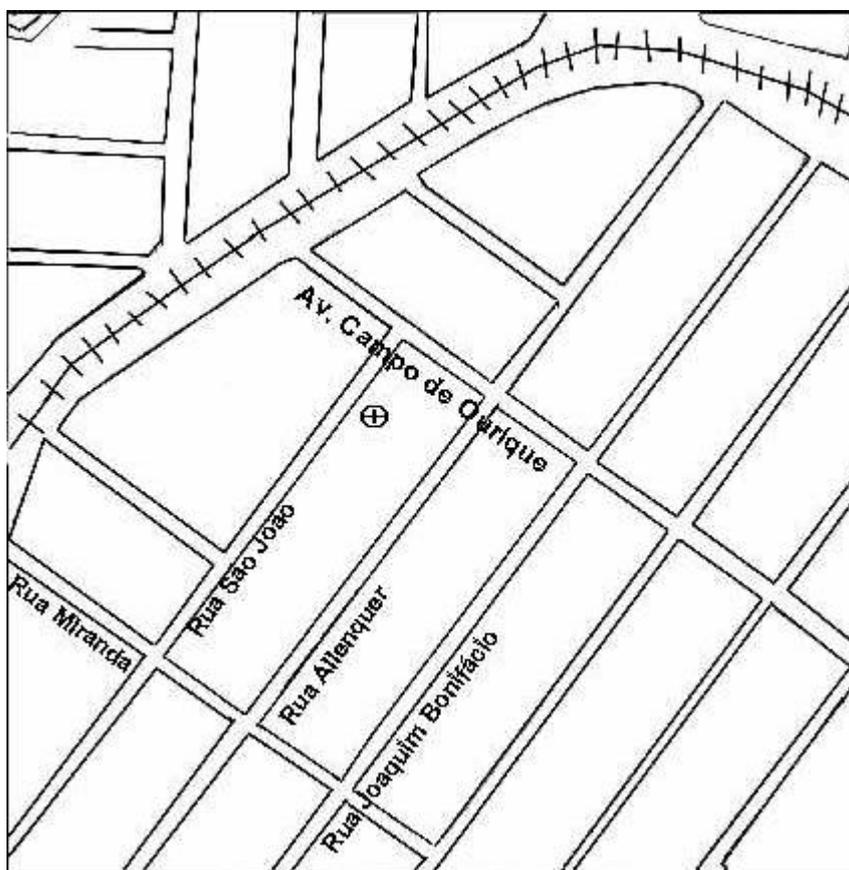


Figura 2.5 - Localização da Estação Bairro Jardim das Alterosas (símbolo ⊕) em Betim.

As estações Petrovale e Safran estão localizadas no município de Betim, a primeira está situada próxima a Refinaria Gabriel Passos – REGAP no Grupo Municipal Valério Palhares, a segunda estação situa-se na confluência das ruas Mamoré e Pará de Minas na área urbana do referido município. As estações Cascata e Ibitermo estão localizadas no município de Ibitaré, a primeira está situada na Escola Estadual José Rodrigues Betim, próxima a REGAP, a segunda estação está situada junto a APAE do município.

## 2.2 Métodos de Medição

- Dados de concentração de poluentes

As Partículas Inaláveis (PM-10) são poluentes atmosféricos constituídos por um conjunto de partículas com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 10  $\mu\text{m}$ . O método empregado

para medir a concentração de PM-10 no ar atmosférico é o da Radiação Beta, através de um analisador (MP101M), que emprega  $C^{14}$  como fonte de radiação de baixa energia, e mede a concentração a cada duas horas. A concentração média diária de PM-10 (média de 24 horas em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) é calculada quando pelo menos 75% do período de tempo considerado na análise apresentam dados válidos.

O método empregado para determinar a concentração de Dióxido de Enxofre ( $\text{SO}_2$ ) no ar atmosférico é o da Fluorescência por Radiação Ultravioleta (UV), cujo princípio se baseia na excitação da molécula de  $\text{SO}_2$  por UV. O analisador (AF21M) funciona em regime contínuo, medindo a concentração de  $\text{SO}_2$  de forma praticamente instantânea. As concentrações de  $\text{SO}_2$  em partes por bilhão – ppb são apresentados como média de 15 minutos. A concentração média diária de  $\text{SO}_2$  (média de 24 horas convertido para  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) é calculada quando pelo menos 75% do período de tempo analisado apresenta dados válidos.

O Monóxido de Carbono (CO) é originado de processos de combustão incompleta. O método empregado para medir a concentração de CO no ar atmosférico é o Infravermelho Não Dispersivo (NDIR). O analisador (CO11M) funciona como monitor contínuo de detecção da absorção de CO na faixa de luz infravermelha. As concentrações de CO em partes por milhão – ppm são apresentadas como média de 15 minutos. A concentração média de 8 horas (média móvel) de CO em ppm é calculada quando pelo menos 75% do período de tempo analisado apresenta dados válidos. O maior valor é utilizado como concentração do dia.

O Ozônio ( $\text{O}_3$ ) é um poluente secundário – não é emitido pelas fontes, mas gerado por processos fotoquímicos. O princípio de funcionamento do analisador contínuo de ozônio ( $\text{O}_3$ 41M) é fotométrico que mede a absorção de luz ultravioleta pelo ozônio. As concentrações de  $\text{O}_3$ , medidas em partes por bilhão – ppb, são apresentadas como média de 15 minutos. A concentração média horária é calculada quando pelo menos 45 minutos (75%) apresentam resultados válidos. A máxima horária é utilizada como concentração do dia após a conversão da unidade de ppb para  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) são produzidos durante a queima de combustíveis a altas temperaturas. O método de medição dos óxidos nítricos é o da quimioluminescência. O monitor (AC31M) é projetado para analisar as concentrações de NO e  $\text{NO}_x$  através da

emissão de luz (quimioluminescência) originada pela oxidação do NO em presença de Ozônio. O Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) é um gás marrom com odor característico. As concentrações de NO<sub>2</sub> (NO<sub>x</sub> – NO) em µg/m<sup>3</sup> são apresentadas como média de 15 minutos. A concentração média horária é calculada quando pelo menos 75% do período de tempo apresenta dados válidos. O maior valor é considerado como concentração do dia.

Os sensores de velocidade de vento, direção de vento, temperatura do ar e umidade relativa do ar foram instalados para monitorar os parâmetros meteorológicos necessários à interpretação dos dados de concentração de poluentes medidos. Os resultados são apresentados como médias de 15 minutos.

- Configuração das estações automáticas

As estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar são constituídas de cabines climatizadas onde estão instalados os analisadores de PM-10, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, os sensores meteorológicos, o sistema de aquisição e transmissão dos dados - data logger multicanal (SAM32A), microcomputador, linha telefônica e demais acessórios necessários à operação e ao funcionamento do sistema.

Três terminais, um instalado na REGAP/PETROBRAS e dois na FEAM, permitem a obtenção dos dados gerados, em tempo real, ou a recuperação de dados armazenados no data logger instalado em cada cabine. A configuração das estações automáticas está apresentada na Figura 2.6.

O programa “Scanair” é empregado no gerenciamento da aquisição, no armazenamento e no processamento dos dados originados do data logger e dos analisadores. Esse sistema permite, além do acesso às informações em tempo real, a obtenção de médias de 15 min, 30 min, 1 hora, diárias, mensais e anuais dos dados de concentração de PM-10, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e dos parâmetros meteorológicos na forma de gráficos e tabelas.

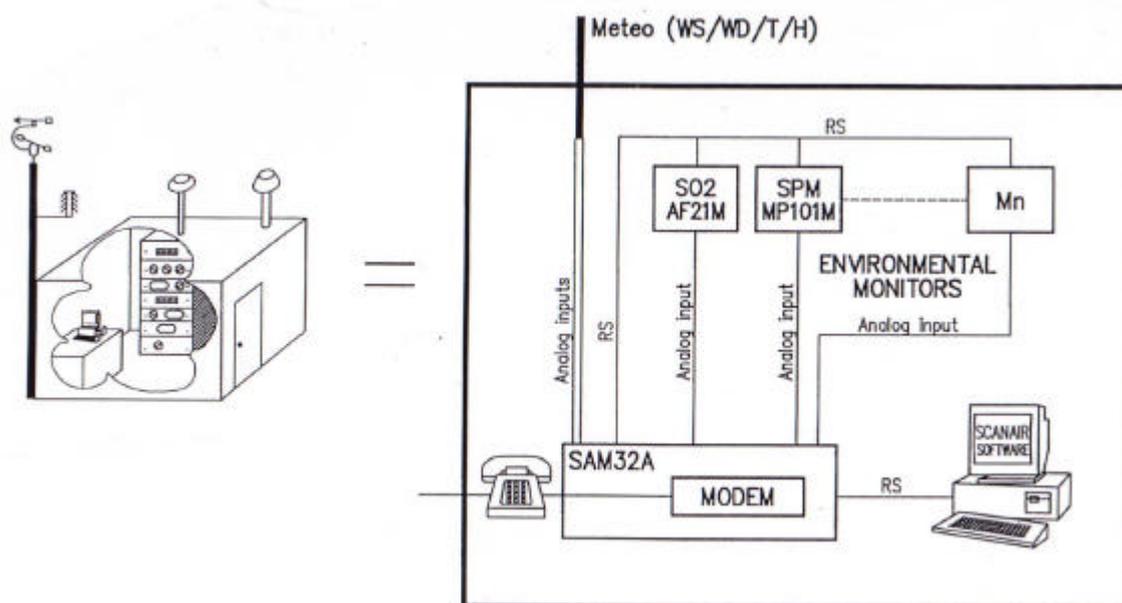


Figura 2.6 : Configuração das Estações Automáticas de Monitoramento da Qualidade do Ar

### 2.3 Padrões de Qualidade do Ar

Para os principais poluentes foram estabelecidos padrões de qualidade do ar que definem legalmente um limite máximo permitido para a concentração de um poluente no ar atmosférico que garanta a proteção à saúde e ao bem-estar das pessoas, à flora e à fauna e minimize os danos aos materiais e ao meio ambiente em geral.

No Brasil, os padrões de qualidade do ar foram fixados, em nível federal, pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, órgão deliberativo do Ministério do Meio Ambiente e são adotados no Estado de Minas Gerais (Deliberação Normativa COPAM 001/81) (FEAM, 2000). A Resolução CONAMA 03/90 estabelece padrões de qualidade do ar primários e secundários, como previsto no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR (Resolução CONAMA 05/89) (CONAMA, 2002):

- Os **padrões primários de qualidade do ar** são as concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população;

- Os **padrões secundários de qualidade do ar** são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente.

A Resolução CONAMA 03/90 prevê ainda que, enquanto não for estabelecida a classificação das áreas segundo seus usos pretendidos (visando a implementação de política de não deteriorização da qualidade do ar), os padrões de qualidade do ar primários serão adotados. Os parâmetros regulamentados são os seguintes: Partículas Totais em Suspensão, Fumaça, Partículas Inaláveis (PM-10), Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono, Ozônio e Dióxido de Nitrogênio.

Para os cinco parâmetros monitorados, os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90 são os seguintes:

- **PARTÍCULAS INALÁVEIS (PM-10)**

Padrão Primário e Secundário

- Concentração média aritmética anual de 50 microgramas por metro cúbico de ar;
- Concentração média de 24 horas de 150 microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

- **DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO<sub>2</sub>)**

Padrão Primário

- Concentração média aritmética anual de 80 microgramas por metro cúbico do ar;
- Concentração média de 24 horas de 365 microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Padrão Secundário

- Concentração média aritmética anual de 40 microgramas por metro cúbico de ar;
- Concentração média de 24 horas de 100 microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

- **MONÓXIDO DE CARBONO (CO)**

Padrão Primário e Secundário

- Concentração média de 8 horas de 10.000 microgramas por metro cúbico de ar (9ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano;

- Concentração média de 1 hora de 40.000 microgramas por metro cúbico de ar (35 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
- **OZÔNIO (O<sub>3</sub>)**  
Padrão Primário e Secundário
  - Concentração média de uma hora de 160 microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
- **DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO<sub>2</sub>)**  
Padrão Primário
  - Concentração média aritmética anual de 100 microgramas por metro cúbico do ar;
  - Concentração média de 1 hora de 320 microgramas por metro cúbico de ar.  
Padrão Secundário
  - Concentração média aritmética anual de 100 microgramas por metro cúbico de ar;
  - Concentração média de 1 hora de 190 microgramas por metro cúbico de ar.

## 2.4 Índices de Qualidade de Ar (IQA)

Com o objetivo de permitir uma informação precisa, rápida e facilmente compreendida sobre os níveis diários de qualidade do ar de uma dada região, foram estabelecidos **Índices de Qualidade do Ar - IQA** (Pollutant Standards Index – PSI) pela US Environmental Protection Agency (USEPA, 2000).

O IQA, como concebido pela USEPA, também é adotado pelo CONAMA e pelos órgãos ambientais estaduais brasileiros. O IQA permite à população conhecer a qualidade do ar em função do nível de poluição de acordo com a seguinte escala: boa, regular, inadequada, má, péssima ou crítica. Além disso, as instituições públicas (ligadas ao meio ambiente ou à saúde) utilizam o IQA como ferramenta para alertar a população e para determinar a adoção de medidas de emergência que possam se tornar necessárias, caso os níveis de poluição atinjam valores perigosos para a saúde humana.

O IQA converte a concentração de poluente medida para um número inteiro na escala de 0 a 500. O número 100 corresponde ao padrão de qualidade do ar estabelecido pelo CONAMA. Se o IQA excede o valor 100, significa que um determinado poluente ultrapassou a faixa de concentração aceitável naquele dia; um IQA abaixo de 100 significa que a concentração do poluente está satisfatória. Para cada poluente medido é calculado um IQA. A qualidade do ar de uma região é determinada pelo pior caso dentre os poluentes medidos.

## 2.5 Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar

A Resolução CONAMA 03/90 também estabelece critérios para a ocorrência de episódios agudos de poluição do ar que associam os níveis de concentração de cada um dos poluentes analisados aos efeitos adversos para a saúde humana por eles causados.

Quando o IQA atinge o valor 200, é decretado o “estado de **ATENÇÃO**”. Nessa situação, as autoridades locais podem adotar medidas preventivas que incluem orientações para que os cidadãos limitem suas atividades físicas e restrições das atividades industriais.

Quando o IQA atinge o valor 300, é decretado o “estado de **ALERTA**”. Nesse caso, as autoridades proíbem o uso de incineradores, interrompem as operações de certas unidades industriais e solicitam à população limitar o uso dos automóveis, substituindo-os por transporte solidário ou transporte coletivo.

Quando o IQA atinge os valores 400 e 500, é decretado o “estado de **EMERGÊNCIA**” e “**CRÍTICO**”, respectivamente, os quais requerem a paralisação das atividades industriais e comerciais, associada à proibição do uso de todos os automóveis particulares. Quando a poluição atinge esses níveis extremamente altos, pode ocorrer morte de pessoas idosas e enfermas. Para evitar o adoecimento de muitas outras, é necessário que elas diminuam suas atividades físicas normais.

Antes de decretar estados de **ATENÇÃO**, **ALERTA**, **EMERGÊNCIA** ou **CRÍTICO**, as autoridades locais examinam os dados de concentração de poluentes e as condições meteorológicas para prever as condições de dispersão dos poluentes no ar atmosférico. A estrutura do IQA baseado nas concentrações de PM-10, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub> está apresentada no Quadro 2.1.

Quadro 2.1: Estrutura do Índice da Qualidade do Ar baseado nas concentrações de: Partículas Inaláveis (PM-10), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O<sub>3</sub>) e Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)

Índice	Nível de Qualidade do Ar	Classificação da Qualidade do Ar	PM-10 Média 24 h (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> Média 24 h (µg/m <sup>3</sup> )	CO Média 8 h (ppm)	O <sub>3</sub> Média 1 h (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> Média 1 h (µg/m <sup>3</sup> )	Cor de Referência
0		Boa						
50	50%PQAR <sup>(1)</sup>	Regular	50	80	4,5	80	100	
100	PQAR	Inadequada	150	365	9	160	320	
200	ATENÇÃO	Má	250	800	15	400	1130	
300	ALERTA	Péssima	420	1600	30	800	2260	
400	EMERGÊNCIA	Crítica	500	2100	40	1000	3000	
500	CRÍTICA		600	2620	50	1200	3750	

Nota: (1) PQAR = Padrão de Qualidade do Ar (CONAMA 03/90)

Fonte: CETESB/FEAM

### **3. RESULTADOS**

Nas três seções a seguir, serão apresentadas as concentrações de poluentes atmosféricos, a qualidade do ar em torno de cada uma das estações e as estatísticas obtidas para os parâmetros meteorológicos.

#### **3.1. Concentrações de Poluentes Atmosféricos**

Devido a problemas de descarga elétrica, as estações Cascata, Petrovale e Safran, que foram instaladas em 2002, tiveram seus equipamentos queimados, estando em manutenção e aquisição de novos equipamentos durante 2003 e 2004. Consequentemente, essas estações não atenderam o critério de representatividade para nenhum parâmetro. A Estação Ibiritermo teve seu funcionamento iniciado em 25 de agosto de 2004, não atendendo, portanto, para esse ano, o critério de representatividade.

São discutidos os resultados dos poluentes PM-10 e SO<sub>2</sub> obtidos em 2003 e 2004 nas cinco estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas na RMBH (cinco estações com PM-10 e três estações com SO<sub>2</sub>). Para a Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte, outros resultados discutidos são: O<sub>3</sub>, CO e NO<sub>2</sub>.

Para balizar a análise dos dados, considerando que as concentrações de poluentes atmosféricos apresentam clara sazonalidade dentro do ano – períodos favoráveis e desfavoráveis à dispersão de poluentes – fixou-se o critério de representatividade de dados que é adotado pela CETESB [CETESB, 1998]:

- todos os quadrimestres do ano devem possuir dados representativos;
- o critério para representatividade dos dados no quadrimestre é de no mínimo 50% dos dados válidos.

##### **3.1.1 Partículas Inaláveis (PM-10)**

As concentrações médias diárias de PM-10 em 2003 e 2004, obtidas nas estações de Belo Horizonte, Contagem e Betim, estão apresentadas nas Figuras 3.1 a 3.5, respectivamente.

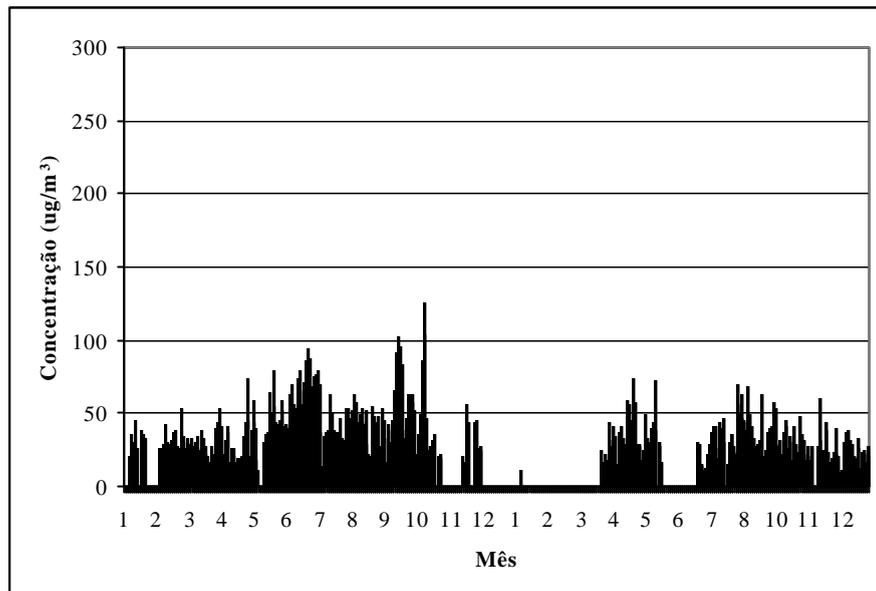


Figura 3.1: Concentração Média Diária de Partículas Inaláveis (PM-10), Estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2003 e 2004

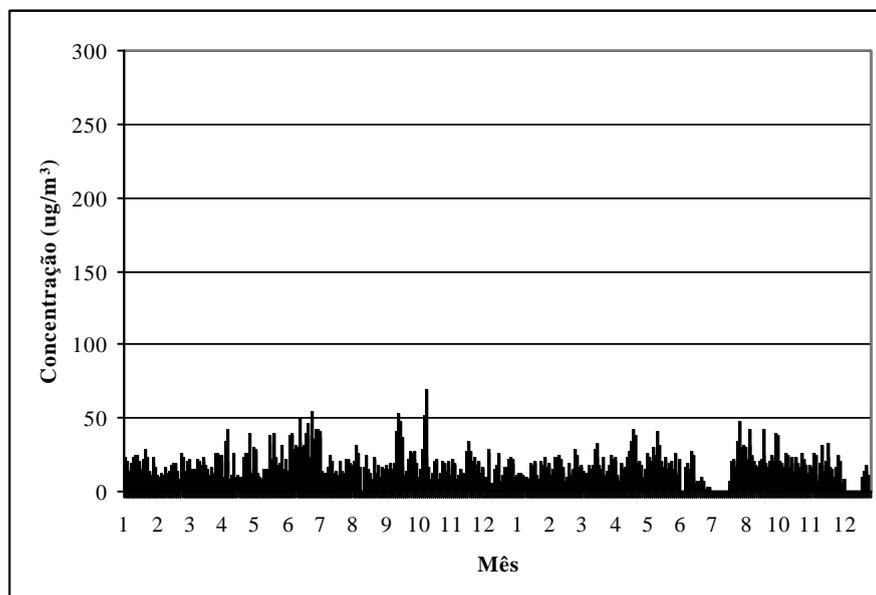


Figura 3.2: Concentração Média Diária de Partículas Inaláveis (PM-10), Estação Av. Amazonas, Belo Horizonte, 2003 e 2004.

Como pode ser visto na Figura 3.1, a série da Estação Praça Rui Barbosa em Belo Horizonte atendeu o critério de representatividade apenas para o ano de 2003, conseqüentemente, para esse ano, a média anual pôde ser considerada representativa.

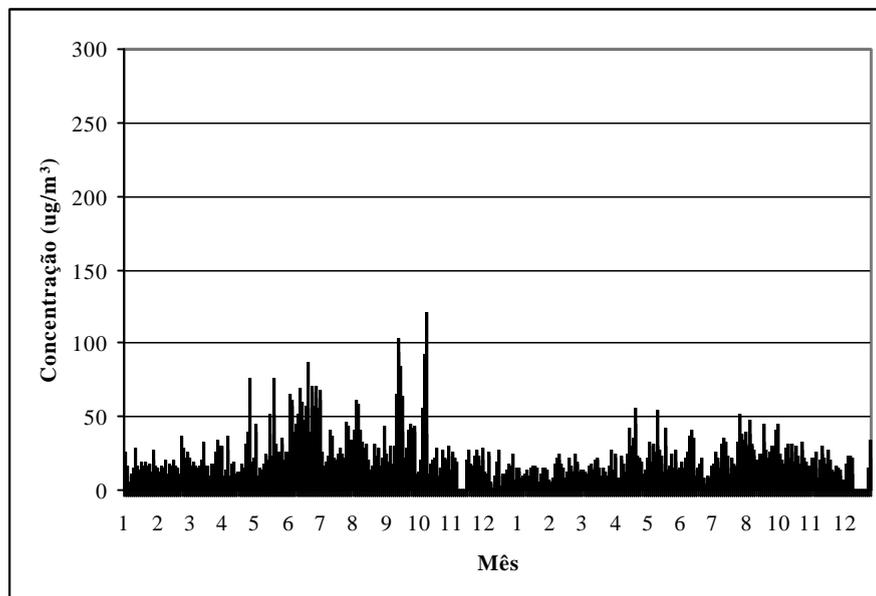


Figura 3.3: Concentração Média Diária de Partículas Inaláveis (PM-10), Estação Aeroporto Carlos Prates, Belo Horizonte, 2003 e 2004

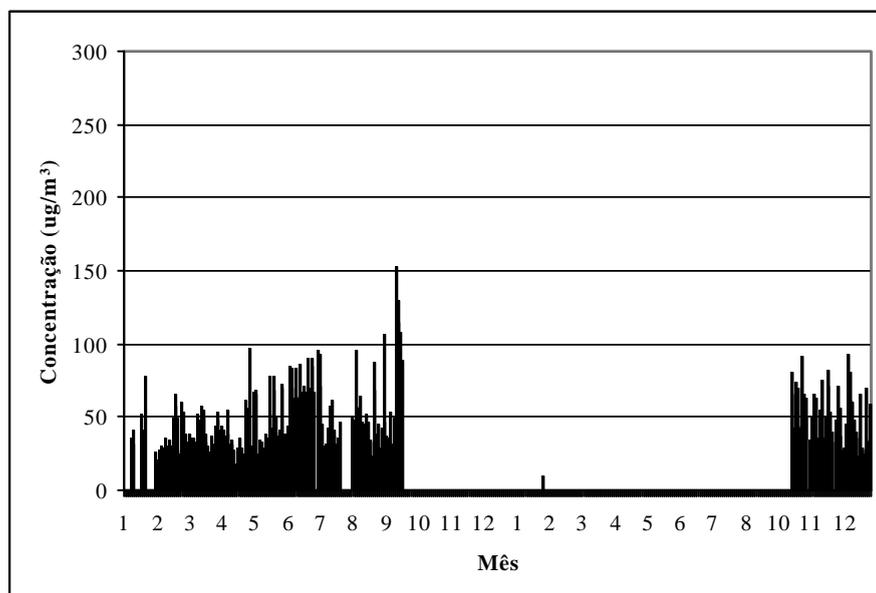


Figura 3.4: Concentração Média Diária de Partículas Inaláveis (PM-10), Estação DNER, Contagem, 2003 e 2004

As concentrações médias diárias registradas pela Estação Praça Rui Barbosa em Belo Horizonte foram inferiores a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sendo que as mais altas concentrações ocorreram em 25 de setembro, 21 e 22 de outubro de 2003 ( $102,6$ ;  $104,1$  e  $125,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente) que corresponde ao período de estiagem ocorrido em Belo Horizonte.

Para a Estação Aeroporto Carlos Prates, situada em Belo Horizonte, o critério de representatividade foi atendido e as concentrações registradas pela Estação Aeroporto Carlos Prates atingiu valores de  $103,4$  e  $121,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em 25 de setembro e 22 de outubro de 2003, respectivamente. As concentrações registradas pela Estação Av. Amazonas foram inferiores a  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A série da Estação DNER de Contagem não atendeu o critério de representatividade para os anos de 2003 e 2004, conseqüentemente, para esses anos, a média anual não pôde ser considerada representativa. As concentrações mais altas foram observadas no período de 11 a 27 de setembro 2003, variando entre  $106,1$  a  $152,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Já a série da Estação Bairro Jardim das Alterosas de Betim atendeu o critério de representatividade em todos os quadrimestres de 2003.

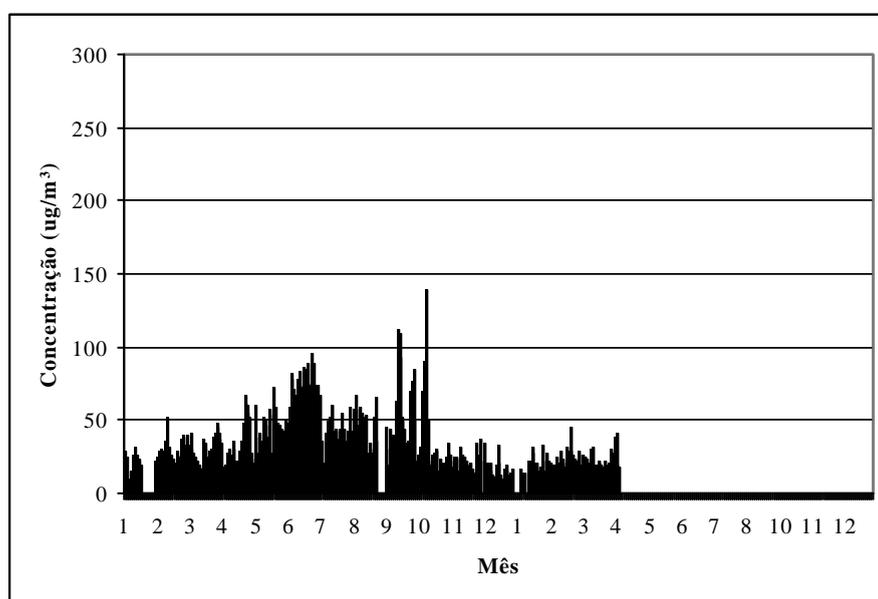


Figura 3.5: Concentração Média Diária de Partículas Inaláveis (PM-10), Estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2003 e 2004

As concentrações de PM-10 mais altas ocorreram no período de 25 de setembro a 22 de outubro de 2003. Os meses de setembro e outubro de 2003 apresentaram concentrações iguais a 111,7 µg/m<sup>3</sup> (25 de setembro de 2003), 108,9 µg/m<sup>3</sup> (26 de setembro de 2003) e 139,7 µg/m<sup>3</sup> (22 de outubro de 2003), respectivamente.

A Tabela 3.1 apresenta as estatísticas descritivas para as séries anuais de concentração de PM-10 nas estações de Belo Horizonte, Contagem e Betim em 2003 e 2004. Essas estatísticas foram obtidas a partir das concentrações médias diárias de PM-10 registradas pelas oito estações.

Tabela 3.1: Estatísticas Descritivas para as Concentrações de Partículas Inaláveis ( PM-10 em µg/m<sup>3</sup>) na RMBH em 2003 e 2004

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç Rui Barbosa	2003	11,5	34,8	125,4	38,9	18,99	73
		2004	5,4	26,7	73,8	28,6*	13,44	154
	Av. Amazonas	2003	3,8	15,4	69,1	18,1	9,91	7
		2004	1,3	15,9	47,6	16,5	7,86	46
	Aeroporto Carlos Prates	2003	1,6	20,2	121,1	25,3	17,76	13
		2004	1,8	15,6	56,3	17,8	9,51	14
Contagem	DNER	2003	13,2	38,3	152,5	44,4*	21,77	129
		2004	9,5	44,7	92,4	47,7*	18,65	298
Betim	B. Jardim das Alterosas	2003	8,6	30,6	139,7	37,2	20,45	26
		2004	7,0	19,8	45,0	20,6*	6,71	262
	Petrovale	2004	4,5	30,2	137,3	41,2*	29,90	274
	Safran <sup>1</sup>	2003	-	-	-	-	-	365
Ibirité	Cascata	2003	9,7	49,2	164,7	55,6*	30,89	141

Nota: \* indica que a média não é representativa

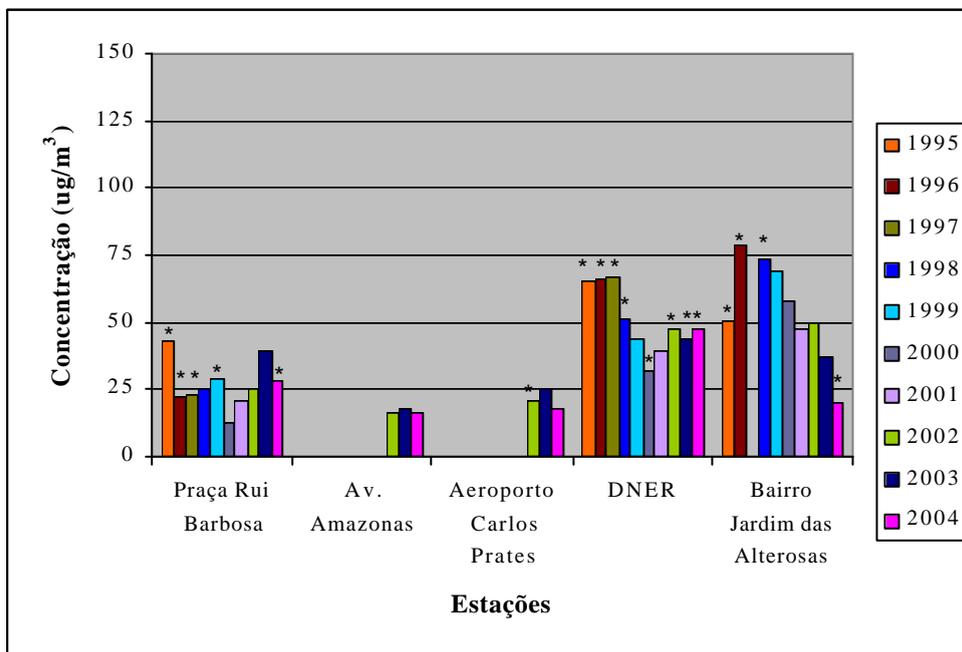
(1) Devido às obras de terraplenagem no local, as medições foram consideradas inválidas.

As estações Praça Rui Barbosa, Aeroporto Carlos Prates e Av. Amazonas obtiveram médias anuais representativas, com exceção da Praça Rui Barbosa em 2004. Essas

médias anuais não ultrapassaram o padrão anual ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) da Resolução CONAMA 03/90. Utilizando as estatísticas Mínimo e Mediana, pode-se afirmar que 50% das concentrações obtidas em 2003 pela Estação Praça Rui Barbosa situaram-se entre  $11,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $34,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pela Estação Av. Amazonas entre  $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $15,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e pela Estação Aeroporto entre  $1,6$  e  $20,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Em 2004, as concentrações diárias obtidas por essas estações foram inferiores a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para os anos de 2003 e 2004, a Estação DNER não obteve média anual representativa. Na Estação Bairro Jardim das Alterosas, verifica-se que 50% das concentrações obtidas em 2003 situaram-se entre  $8,6$  e  $30,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A Figura 3.6 apresenta as médias anuais de PM-10 de 1995 a 2004 para as cinco estações mais antigas da rede de monitoramento da RMBH. A estação de Betim, que situava-se no Bairro Petrovale em 1995 e 1996, foi desativada em 1997 e transferida para o Bairro Jardim das Alterosas em 1998.



Nota: \* indica que a média anual não é representativa

Figura 3.6: Médias Anuais da Concentração de Partículas Inaláveis (PM-10) no período 1995-2004

As médias anuais de PM-10 obtidas para a Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte de 1995 a 1997 e para os anos de 1999 e 2004 não puderam ser consideradas representativas, devendo-se ressaltar que as estações Praça Rui Barbosa, DNER em Contagem e Bairro Jardim das Alterosas em Betim entraram em funcionamento a partir do segundo quadrimestre de 1995.

As médias anuais da Praça Rui Barbosa obtidas para 1998; 2000; 2001; 2002 e 2003 correspondem a 25,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 13,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 21,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 25,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 38,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; respectivamente. As médias anuais da Estação Amazonas obtidas para 2002, 2003 e 2004 correspondem a 16,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 18,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; e 16,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; respectivamente. Na Estação Aeroporto Carlos Prates, as médias obtidas para o período 2002 a 2004, foram: 20,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 25,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 17,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; respectivamente. Dentre as estações localizadas em Belo Horizonte, apenas a média anual da estação Aeroporto em 2002 não é representativa. Todas essas médias estão abaixo de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  que é o padrão anual permitido pela Lei.

Para a Estação DNER, apenas em 1999 e 2001, as médias anuais de PM-10 puderam ser consideradas representativas e corresponderam a 44,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 39,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. As séries anuais entre 1999 e 2003 da Estação Bairro Jardim das Alterosas apresentaram médias anuais de PM-10 representativas: 69,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 57,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 47,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 49,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 37,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A Figura 3.7 mostra a evolução das concentrações médias mensais de PM-10 durante 2003 e 2004. Para o cálculo dos valores médios mensais referentes à RMBH considerou-se as médias diárias de cada estação para esse poluente em cada mês.

Para a Estação de Belo Horizonte, as concentrações médias mensais de PM-10 obtidas em 2003 foram representativas para o período de fevereiro a outubro. Em 2004, as médias representativas ocorreram no mês de maio e no período de agosto a dezembro.

As concentrações médias mensais registradas pela Estação Av. Amazonas foram representativas para os meses de janeiro de 2003 a junho de 2004 e setembro a novembro de 2004. Para a Estação Aeroporto Carlos Prates, as concentrações foram

representativas para o período de janeiro a outubro de 2003 e no período de dezembro de 2003 a novembro de 2004.

As concentrações médias mensais de PM-10 registradas para a Estação DNER foram representativas para os meses de fevereiro a julho de 2003, setembro de 2003, e novembro e dezembro de 2004.

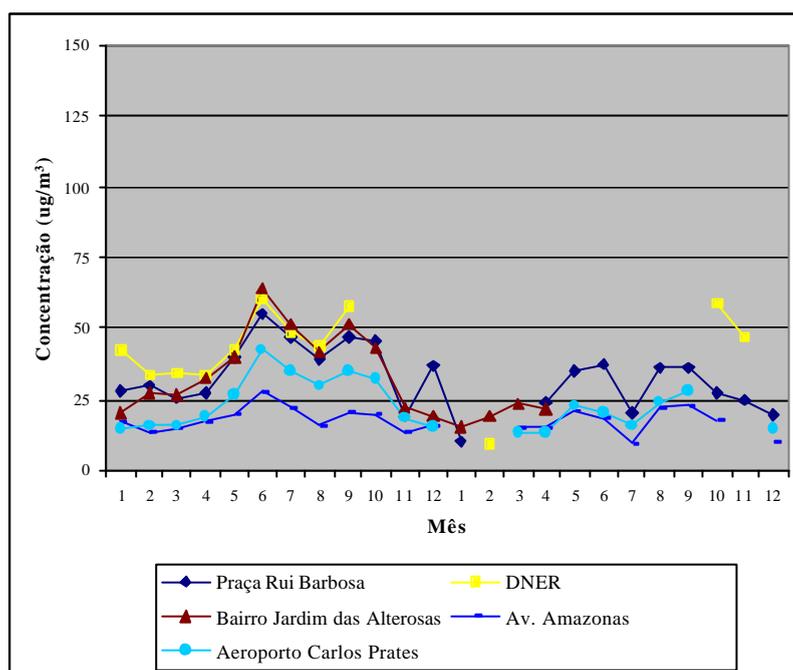


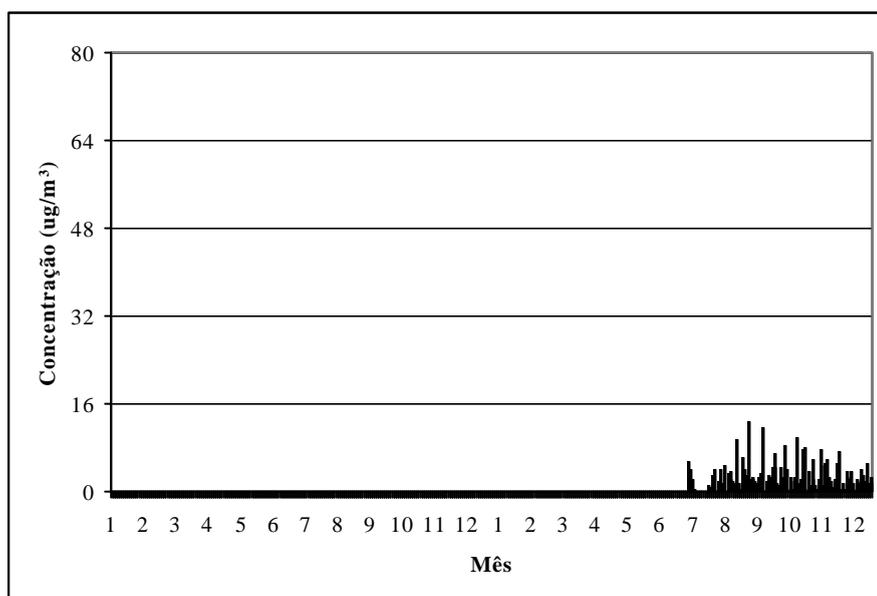
Figura 3.7: Evolução das Concentrações Médias Mensais de (PM-10) na RMBH em 2003 e 2004

Para a Estação Bairro Jardim das Alterosas, as concentrações médias mensais de PM-10 foram representativas para os meses de fevereiro a agosto de 2003, outubro a dezembro de 2003, fevereiro a abril de 2004.

As séries anuais de dados das estações de Belo Horizonte, Contagem e Betim apresentaram, em 2003 e 2004, o mesmo comportamento das séries anuais obtidas para os anos de 2001 e 2002. Ou seja, a Estação Bairro Jardim das Alterosas apresentou concentrações médias mensais superiores às da Estação DNER de Contagem que, por sua vez, foram superiores às médias da Estação Praça Rui Barbosa em Belo Horizonte.

### 3.1.2. Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)

Os dados de concentração média diária de SO<sub>2</sub> obtidos para as estações de Belo Horizonte (Praça Rui Barbosa), Contagem (DNER) e Betim (Bairro Jardim da Alterosa) em 2003 e 2004 estão apresentados nas Figuras 3.8, 3.9 e 3.10, respectivamente. Essas concentrações são muito baixas em relação à concentração média diária permitida por Lei que corresponde a 365 µg/m<sup>3</sup>.



Nota: médias diárias iguais a zero entre janeiro de 2003 e junho de 2004

Figura 3.8: Concentração Média Diária de Dióxido de Enxofre, Estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2003 e 2004

Para a Estação Praça Rui Barbosa, no ano de 2003, todos quadrimestres atenderam o critério de representatividade; conseqüentemente, a respectiva média anual de SO<sub>2</sub> pôde ser considerada representativa. Para o ano de 2004, o primeiro quadrimestre não atendeu o critério de representatividade.

O terceiro quadrimestre de 2003 e todos quadrimestres de 2004 não atenderam o critério de representatividade para a Estação DNER, como pode ser visualizado na Figura 3.9.

A Estação Bairro Jardim das Alterosas não atendeu o critério de representatividade para o terceiro quadrimestre de 2003. Em 2004, o equipamento esteve em manutenção, conforme pode ser visualizado na Figura 3.10.

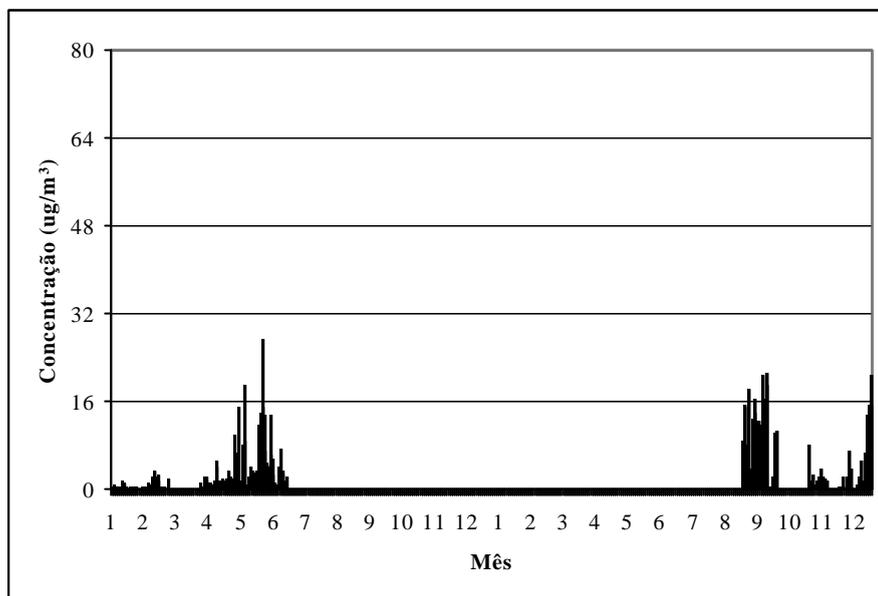


Figura 3.9: Concentração Média Diária de Dióxido de Enxofre, Estação DNER, Contagem, 2003 e 2004

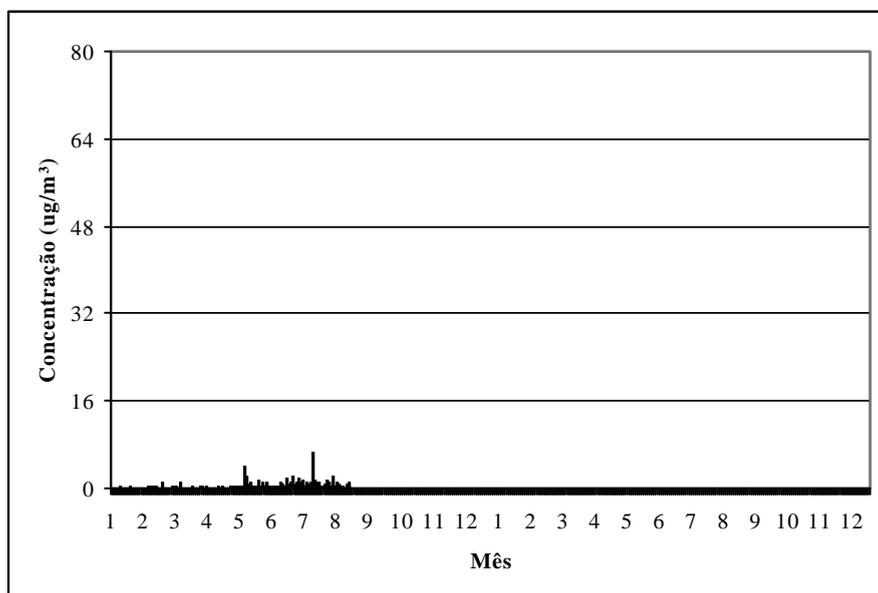


Figura 3.10: Concentração Média Diária de Dióxido de Enxofre, Estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2003 e 2004

A Tabela 3.2 apresenta as estatísticas descritivas para as séries anuais de concentração de SO<sub>2</sub> para as estações de Belo Horizonte, Contagem, Betim e Ibirité. A concentração média anual de SO<sub>2</sub> em 2003 é igual a zero µg/m<sup>3</sup> para Estação Praça Rui Barbosa; as demais médias anuais não puderam ser consideradas representativas.

Tabela 3.2: Estatísticas Descritivas para as Concentrações de Dióxido de Enxofre (µg/m<sup>3</sup>) na RMBH em 2003 e 2004

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç. Rui Barbosa	2003	0	0	0	0	0	81
		2004	0	0,3	12,8	1,3*	2,12	107
Contagem	DNER	2003	0	1,0	27,4	2,5*	4,07	220
		2004	0	0,8	21,2	4,4*	6,18	258
Betim	B. Jardim das Alterosas	2003	0	0,3	6,5	0,4*	0,67	139
		2004	-	-	-	-	-	366
	Petrovale	2004	0	2,4	32,7	4,0*	5,07	256
	Safran	2003	0	1,3	5,2	1,6*	1,25	334
Ibirité	B. Cascata	2003	0	2,9	130,6	7,5*	13,67	116

Nota: \* indica que os valores não são representativos

### 3.1.3 Monóxido de Carbono (CO)

A Tabela 3.3 apresenta as estatísticas descritivas referente aos dados de concentração diária de CO para a Estação Praça Rui Barbosa em Belo Horizonte, Estação Cascata em Ibirité e estações Petrovale e Safran em Betim. A concentração diária de CO corresponde à maior média de 8 horas.

Para a Estação Praça Rui Barbosa, todos os quadrimestres de 2003 atenderam o critério de representatividade; conseqüentemente, a média anual de 2003 (1 ppm) pôde ser considerada representativa. Em 2004, o segundo quadrimestre não pôde ser considerado representativo.

Tabela 3.3: Estatísticas Descritivas para as Concentrações de Monóxido de Carbono (ppm) na RMBH em 2003 e 2004

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç. Rui Barbosa	2003	0,2	0,9	4,1	1,0	0,67	45
		2004	0,0	0,7	3,1	0,8*	0,47	102
Betim	Petrovale	2004	0,3	0,7	1,6	0,7*	0,22	246
	Safran	2003	0,3	0,7	1,7	0,9*	0,43	335
Ibirité	B. Cascata	2003	0,2	0,6	1,6	0,6*	0,28	119

Nota: \* indica que os valores não são representativos

As concentrações não ultrapassaram o limite de 9 ppm permitidos pela Resolução CONAMA 03/90 como pode ser visualizado na Figura 3.11.

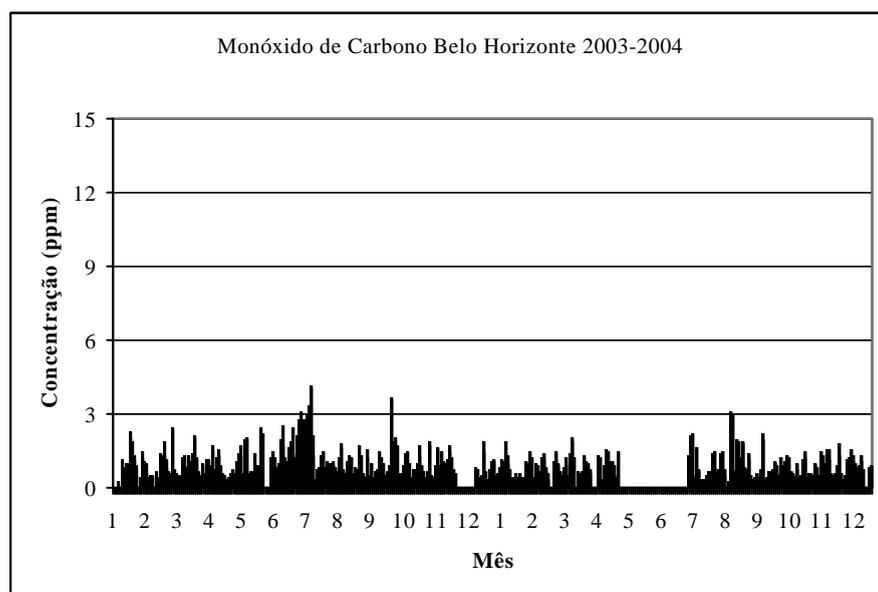


Figura 3.11: Concentração Diária de Monóxido de Carbono, Estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2003 e 2004

Em 2003, as menores concentrações obtidas para a Estação Praça Rui Barbosa foram 0,2 ppm. As maiores concentrações foram 4,1 ppm e 4 ppm registradas em 9 e 10 de

julho, respectivamente. Cinquenta por cento das médias diárias são maiores ou iguais a 0,2 ppm e menores ou iguais a 0,9 ppm para o ano de 2003.

### 3.1.4. Ozônio (O<sub>3</sub>)

A concentração diária de O<sub>3</sub> é representada pela maior média horária registrada no dia. Os dados de concentração diária de O<sub>3</sub> obtidos para Estação Praça Rui Barbosa em 2003 e 2004 estão apresentados na Figura 3.12.

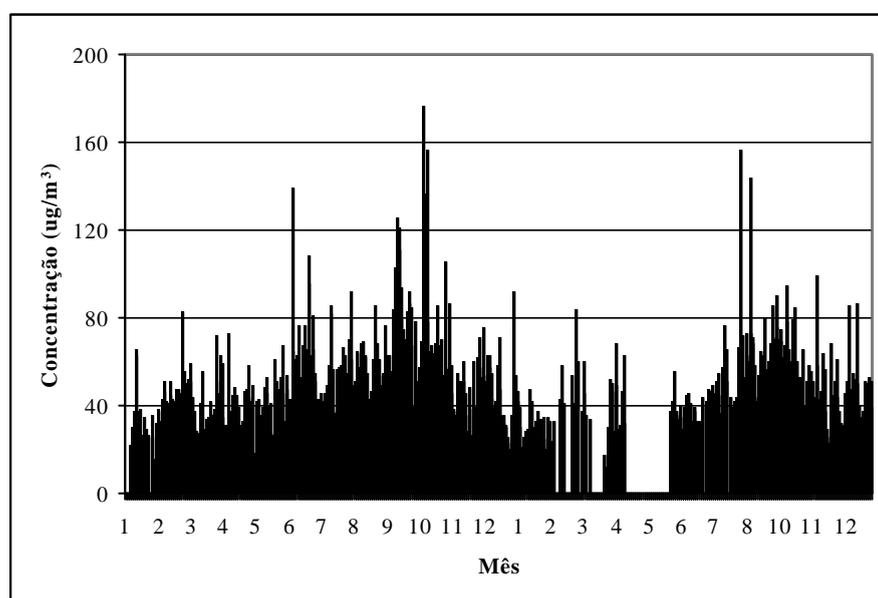


Figura 3.12: Concentração Diária de Ozônio, Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte, 2003 e 2004

Os anos de 2003 e 2004 apresentam grandes diferenças entre si devido à estiagem ocorrida durante os meses de setembro e outubro de 2003 em Belo Horizonte.

A Tabela 3.4 apresenta as estatísticas descritivas para as medições máximas de ozônio registradas pela Estação Praça Rui Barbosa em Belo Horizonte, Estação DNER em Contagem, Estação Cascata em Ibitiré, estações Petrovale e Safran em Betim.

Tabela 3.4: Estatísticas Descritivas para as Concentrações de Ozônio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) na RMBH em 2003 e 2004

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç. Rui Barbosa	2003	11,4	46,6	175,9	50,7	21,6	10
		2004	9,4	41,5	156,7	44,5	19,18	90
Contagem	DNER	2004	7,4	35,3	73,5	35,8*	15,22	243
Betim	Petrovale	2004	35,7	78,8	194,4	83,0*	25,46	244
	Safran	2003	11,8	20,0	39,6	23,0*	9,18	356
Ibirité	B. Cascata	2003	31,4	110,1	199,4	110,0*	35,3	183

Nota: \* indica que os valores não são representativos

Para a Estação Praça Rui Barbosa, a maior concentração diária de 2003,  $175,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ocorreu em 19 de outubro, e a segunda maior concentração,  $156,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ocorreu em 22 de outubro. Em 2004, a maior concentração,  $156,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ocorreu em 24 de agosto e a segunda maior concentração,  $143,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ocorreu em 03 de setembro. Em 2003, houve um única ultrapassagem do limite permitido pela Resolução CONAMA 03/90 que é de  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

O equipamento da Estação DNER foi instalado em 24 de agosto de 2004, passando a operar a partir de 29 de agosto. Portanto, para esse ano, a média anual não pode ser considerada representativa.

Apesar das séries de máxima concentração diária das estações Petrovale e Cascata não terem sido representativas, verifica-se uma tendência de que essas máximas sejam superiores às máximas concentrações de ozônio registradas pelas estações Praça Rui Barbosa e DNER. Em Ibirité, a Estação Cascata registrou 15 ultrapassagens que distribuíram-se entre 18 de maio e 7 de outubro de 2003, cujo valor máximo ( $199,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ocorreu em 25 de setembro. A Estação Petrovale em Betim registrou uma ultrapassagem em 24 de setembro de 2004.

### 3.1.5 Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)

O monitor de dióxido de nitrogênio instalado na Estação Praça Rui Barbosa esteve em manutenção entre 29 de março de 2003 e 23 de abril de 2004. Consequentemente, as médias anuais para 2003 e 2004 não puderam ser consideradas representativas.

A concentração diária de NO<sub>2</sub> é representada pela maior média horária registrada no dia. A Figura 3.13 apresenta as concentrações diárias e as estatísticas de NO<sub>2</sub> que variaram de 12,2 µg/m<sup>3</sup> a 201,8 µg/m<sup>3</sup> em 2004 para a Estação Praça Rui Barbosa em Belo Horizonte.

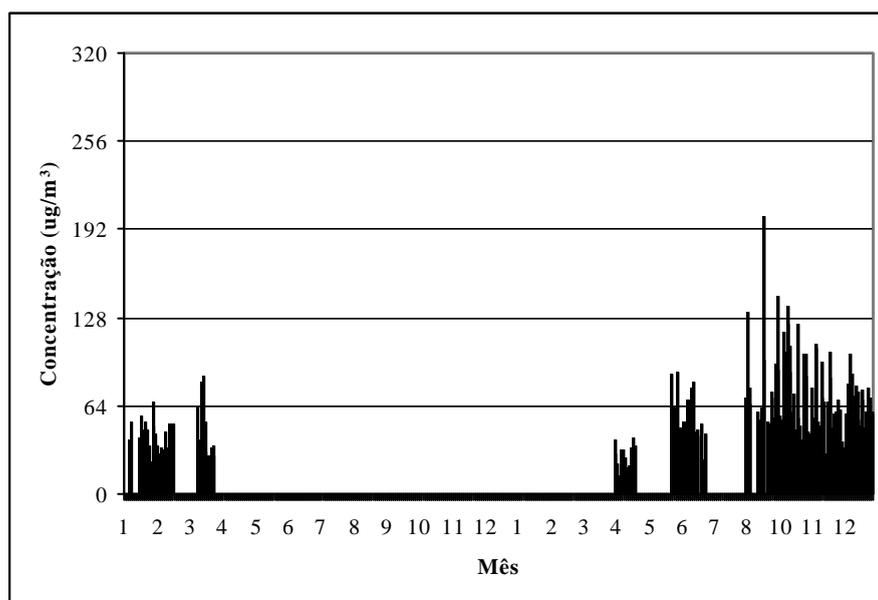


Figura 3.13: Concentração Diária de Dióxido de Nitrogênio, Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte, 2003 e 2004

A Tabela 3.5 apresenta as estatísticas descritivas para as concentrações máximas diárias de dióxido de nitrogênio registradas pela Estação Praça Rui Barbosa em Belo Horizonte, Estação Cascata em Ibituripe, estações Petrovale e Safran em Betim.

Tabela 3.5: Estatísticas Descritivas para as Concentrações de Dióxido de Nitrogênio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) na RMBH em 2003 e 2004

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç. Rui	2003	16,9	37,0	85,4	39,1*	14,70	313
	Barbosa	2004	12,2	54,5	201,8	59,0*	27,84	207
Betim	Petrovale	2004	10,3	43,6	108,0	47,1*	20,78	248
	Safran	2003	16,5	79,9	152,6	77,1*	39,8	345
Ibirité	B. Cascata	2003	10,1	27,6	90,9	29,6*	13,22	154

Nota: \* indica que os valores não são representativos

Nenhuma dessas estações atendeu o critério de representatividade para as concentrações máximas diárias de dióxido de nitrogênio. Durante o período analisado, não foi registrada a ultrapassagem do padrão de qualidade do ar para esse poluente.

### 3.2. Classes de Qualidade do Ar

A Tabela 3.6 apresenta a distribuição das classes de qualidade do ar para cada uma das cinco estações. Para Belo Horizonte, entre os anos de 2003 e 2004, houve uma redução da proporção de dias cuja qualidade do ar foi classificada como Regular. Para Contagem e Betim, não é possível fazer essa análise devido ao aumento da proporção de dias em que não se obteve medições válidas.

Em Betim, a segurança da Estação Safran foi comprometida pelas obras viárias próximas ao local de instalação que passaram a influenciara as medições realizadas pelos equipamentos. Sendo assim, até o término da obra e o restabelecimento das condições de segurança, esses equipamentos foram transferidos temporariamente para a Estação Petrovale, cujos equipamentos tinham sido queimados por descarga elétrica.

Em Ibirité, a Estação Cascata teve parte dos equipamentos roubados em 2003, tornando necessária sua transferência para outro local.

Tabela 3.6: Distribuição Percentual das Classes de Qualidade do Ar na RMBH em 2003 e 2004

Município	Estação	Ano	Classes de Qualidade do Ar				Omissos (%)
			Boa	Regular	Inadequada	Má	
Belo Horizonte	Pç. Rui Barbosa	2003	76,7	21,1	0,3	0	2,0
		2004	82,8	9,0	0	0	8,2
	Av. Amazonas	2003	96,7	1,4	0	0	1,9
		2004	87,7	0	0	0	12,3
	Aeroporto	2003	86,8	9,6	0	0	3,6
		2004	95,4	0,8	0	0	3,8
Contagem	DNER	2003	51,2	19,2	0,3	0	29,3
		2004	26,2	7,7	0	0	66,1
Betim	B. Jardim das Alterosas	2003	75,3	21,1	0	0	3,6
		2004	28,5	0	0	0	71,5
	Petrovale	2004	16,1	16,9	0,3	0	66,7
	Safran	2003	7,1	1,6	0	0	91,2
Ibirité	B. Cascata	2003	22,2	41,9	4,1	0	31,8

Nota: As porcentagens foram calculadas em relação aos 365 dias de cada ano. As porcentagens obtidas para Av. Amazonas e Aeroporto Carlos Prates referem-se apenas ao parâmetro PM-10.

Dentre os 77 dias de 2003 cujas concentrações registradas pela Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte classificaram a qualidade do ar como Regular, 50 desses dias obtiveram classificação Regular devido exclusivamente ao poluente Partículas Inaláveis e 11 devido ao poluente Ozônio; os outros 16 dias foram classificados como Regular devido aos poluentes Partículas Inaláveis e Ozônio conjuntamente (PM10 e O<sub>3</sub>). Dentre os 33 dias de 2004 cuja qualidade do ar foi classificada como Regular: 11 foram devidas ao poluente Partículas Inaláveis, 10 devido ao Dióxido de Nitrogênio, 5 devido ao Ozônio; os

7 dias restantes devem-se aos poluentes: PM10 e O<sub>3</sub> (2 dias), O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub> (3 dias), PM10 e O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub> (2 dias). Em 2003, a classificação Inadequada foi devida ao poluente Ozônio; em 2004, não houve classificação da qualidade do ar como Inadequada.

Para a Estação DNER, as classificações da qualidade do ar como Regular e Inadequada em 2003 e 2004 devem-se ao poluente Partículas Inaláveis.

Para a Estação Petrovale, em 2004, dentre os 62 dias cuja qualidade do ar foi classificada como Regular, 29 deles devem-se ao Ozônio, 5 às Partículas Inaláveis (PM10), 26 (PM10 e O<sub>3</sub>), 1 (O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>), 1 (PM10, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>). Em 24 de setembro de 2004, a qualidade do ar foi classificada como Inadequada devido aos poluentes Partículas Inaláveis e Ozônio.

Para a Estação Cascata, em 2003, dentre os 153 dias classificados como Regular, 55 deles devem-se ao poluente Ozônio, 16 às Partículas Inaláveis e 82 à esses dois poluentes conjuntamente (PM10 e O<sub>3</sub>). Dentre os 15 dias cuja qualidade do ar foi classificada como Inadequada, 14 deles devem-se ao poluente Ozônio e 1 dia deve-se ao poluente Ozônio e Partículas Inaláveis.

### **3.3. Dados Meteorológicos**

Os parâmetros meteorológicos a serem apresentados são: velocidade de vento, direção de vento, temperatura e umidade relativa do ar. Os dados analisados correspondem às médias diárias consideradas válidas para cada um dos parâmetros citados.

#### **3.3.1 Velocidade de Vento**

A Tabela 3.7 apresenta as estatísticas descritivas da velocidade de vento para as estações de Belo Horizonte, Contagem, Betim e Ibirité.

Tabela 3.7: Estatísticas Descritivas para a Velocidade de Vento (m/s) na RMBH em 2003 e 2004

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç.Rui Barbosa	2003	0,2	1,4	2,3	1,4	0,36	35
		2004	0,2	1,3	2,5	1,3	0,38	58
	Av. Amazonas	2003	0,7	1,4	2,5	1,5*	0,38	139
		2004	0,7	1,5	2,6	1,5	0,38	122
	Aeroporto	2003	1,2	2,8	4,9	2,7*	0,89	192
		2004	1,5	2,9	5,2	3,0*	0,88	232
Contagem	DNER	2003	0,1	1,4	2,5	1,4	0,43	49
		2004	0,6	1,4	2,6	1,5*	0,30	258
Betim	B.Jardim das Alterosas	2003	0,7	2,5	4,3	2,5	0,57	4
		2004	1,6	2,4	4,1	2,4*	0,41	224
	Petrovale	2004	0,6	1,4	2,9	1,5*	0,59	240
	Safran	2003	0,6	0,9	1,6	1,0*	0,27	336
Ibirité	B.Cascata	2003	0,4	0,9	2,2	1,0*	0,42	155

Nota:\* indica que a média não é representativa

Apenas as médias anuais da Praça Rui Barbosa (2003 e 2004), Av. Amazonas (2004), DNER (2003) e Bairro Jardim das Alterosas (2003) foram representativas. Essas médias corresponderam a 1,4 e 1,3 m/s para a Estação Praça Rui Barbosa, 1,5 m/s para a Estação Amazonas, 1,4 m/s para Estação DNER e 2,5 m/s para Estação Jardim das Alterosas. A região da estação Aeroporto apresenta uma tendência de velocidade de vento maior que a registrada para a região da Av. Amazonas e Praça Rui Barbosa.

### 3.3.2 Direção de Vento

Os dados de direção de vento obtidos pelas estações referem-se às médias diárias de direção predominante de vento. Essas direções foram classificadas como: Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste ou Noroeste.

Dentre essas classes, as direções predominantes de vento para a Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte foi direção Leste e Nordeste em 2003 com 44,9% e 32,6%, respectivamente. Em 2004, as direções predominantes foram Sudeste e Leste com 28,4% e 22,7%, respectivamente. As porcentagens de dados não considerados válidos para 2003 e 2004 foram 9,3% e 15,9%, respectivamente. As estações Av. Amazonas e Aeroporto Carlos Prates de Belo Horizonte não apresentaram medições válidas de direção de vento durante o ano de 2003 e 2004.

Para a Estação DNER de Contagem, a direção predominante foi Leste, com 60,3% em 2003 e Nordeste em 2004 com apenas 12,6%, devido à alta porcentagem de dados omissos que foi igual a 70,5%. Em 2003, a segunda direção predominante foi Sudeste com 10,1%. A porcentagem de dados omissos em 2003 correspondeu a 13,2%.

A Estação Bairro Jardim das Alterosas de Betim apresentou direção de vento Leste como predominante em 2003 e 2004 com 40,3% e 15,3%, respectivamente. As porcentagens de dados omissos corresponderam a 0,8% e 61,2%, respectivamente. Em 2003 e 2004, a segunda direção predominante foi Nordeste com 24,4% e 12,8%, respectivamente.

No Bairro Cascata, as direções predominantes em 2003 foram Sul e Sudeste com 34% e 18,9%, respectivamente; a porcentagem de dados omissos correspondeu a 30,7%. A Estação Petrovale teve 87% de dados omissos em 2004 pois essa estação retornou a operar em agosto; tendo a direção Leste como predominante com 7,1% apenas. A Estação Safran também teve alta porcentagem de dados omissos, 92%, ficando a direção Nordeste como predominante com apenas 3,6%.

### **3.3.3 Temperatura do Ar**

A Tabela 3.8 apresenta as estatísticas descritivas para o parâmetro temperatura do ar para as estações de Belo Horizonte, Contagem e Betim. As estações Praça Rui Barbosa, DNER e Bairro Jardim das Alterosas apresentaram médias anuais representativas em 2003. Em 2004, apenas as estações Praça Rui Barbosa e Av. Amazonas apresentaram médias representativas.

Em 2003, os menores valores de temperatura média diária registradas pelas estações Praça Rui Barbosa, Av. Amazonas, Aeroporto e DNER foi 15 de julho, 18,5°C, 14,8°C,

16°C e 19,3°C, respectivamente. Para as estações Bairro Jardim das Alterosas e Cascata, o dia mais frio foi registrado em 08 de maio e corresponderam a 18,3°C e 12,4°C, respectivamente.

Em 2004, a menor média obtida pela Estação Praça Rui Barbosa (16°C) foi em 23 de julho; nessa data, os equipamentos das estações Av. Amazonas, Aeroporto, DNER, Bairro Jardim das Alterosas e Petrovale estavam fora de operação. As menores médias registradas por essas estações foram 14,7°C (5 de junho), 17,1°C (12 de julho), 19,8°C (4 de outubro), 18,4°C (5 de junho) e 13,9°C (13 de agosto), respectivamente.

Tabela 3.8: Estatísticas Descritivas para a Temperatura do Ar (°C) na RMBH em 2003 e 2004

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç.Rui Barbosa	2003	18,5	24,5	31,2	24,5	2,60	34
		2004	16,0	24,4	29,6	23,9	2,84	58
	Av. Amazonas	2003	14,8	19,6	26,6	19,8*	2,30	139
		2004	14,7	20,3	24,5	20,0	2,18	122
	Aeroporto	2003	16,0	20,4	28,0	20,7*	2,15	192
		2004	17,1	22,1	25,9	22,0*	1,87	220
Contagem	DNER	2003	19,3	24,4	30,8	24,8	2,48	48
		2004	19,8	25,1	28,7	25,2*	1,87	248
Betim	B.Jardim das Alterosas	2003	18,3	25,2	30,9	25,0	2,62	3
		2004	18,4	25,1	29,6	24,9*	2,08	224
	Petrovale	2004	13,9	21,7	25,4	21,6*	2,10	240
	Safran	2003	19,9	23,4	25,3	22,8*	1,60	336
Ibirité	B.Cascata	2003	12,4	20,4	26,1	19,9*	2,96	115

Nota:\* indica que a média não é representativa

O dia mais quente em 2003 foi 21 de outubro conforme médias diárias registradas para as estações Praça Rui Barbosa (31,2°C), Av. Amazonas (26,6°C), Aeroporto (28°C), DNER (30,8°C que também foi registrada em 11 de fevereiro) e Bairro Jardim das Alterosas (30,9°C). As estações Cascata e Safran que estavam fora de operação nessa data, registraram as maiores médias em 26 de setembro (26,1°C) e 27 de fevereiro (25,3°C),

respectivamente. Em 2004, as máximas ocorreram, principalmente, entre os meses de setembro e novembro. As estações Praça Rui Barbosa (29,6°C), Av. Amazonas (24,5°C) Aeroporto (25,9°C), DNER (28,7°C), Bairro Jardim das Alterosas (29,6°C) e Petrovale (25,4°C) foram obtidas em 5 de novembro, 29 de setembro, 29 de setembro, 29 de setembro (além da data de 18 de outubro), 05 de fevereiro e 26 de agosto, respectivamente.

### 3.3.4 Umidade Relativa do Ar

As estatísticas descritivas da umidade relativa do ar estão apresentadas na Tabela 3.9. Percebe-se através dessa tabela que a média diária de umidade relativa do ar registrada pela Estação Praça Rui Barbosa em 2003 é inferior à média registrada para 2004; essa diferença é estatisticamente significativa (Teste t-Student,  $\alpha = 0,05$ ). Para as demais estações, o teste não seria tão confiável uma vez que as séries históricas não puderam ser consideradas representativas em pelo menos um dos anos.

Tabela 3.9: Estatísticas Descritivas para a Umidade Relativa (%) na RMBH em 2003 e 2004

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç.Rui Barbosa	2003	29,5	64,3	99,0	64,9	11,52	34
		2004	35,8	69,1	98,9	69,1	12,17	58
	Av. Amazonas	2003	32,6	65,4	96,2	65,9*	10,46	139
		2004	40,0	75,9	98,5	74,9	11,86	122
	Aeroporto	2003	34,9	65,0	89,4	65,1*	9,96	192
		2004	40,6	73,6	98,4	72,6*	12,41	220
Contagem	DNER	2003	32,5	66,8	100	67,9	12,56	48
		2004	37,5	67,2	97,4	68,5*	14,20	249
Betim	B.Jardim das Alterosas	2003	32,4	66,8	96,3	67,7	11,48	3
		2004	58,3	78,7	99,0	79,2*	8,12	224
	Petrovale	2004	37,1	70,9	99,3	72,7*	15,74	240
	Safran	2003	59,1	74,1	96,9	76,8*	12,28	336
Ibirité	B.Cascata	2003	39,0	74,8	98,5	73,7*	10,94	115

Nota:\* indica que a média não é representativa

As menores médias diárias de umidade relativa do ar em 2003 foram registradas em 21 de outubro pelas estações Praça Rui Barbosa (29,5%), Av. Amazonas (32,6%), Aeroporto (34,9%), DNER (32,5%). A Estação Bairro Jardim das Alterosas registrou as menores médias em 20 e 21 de outubro, 32,4% e 32,6%, respectivamente. As estações Bairro Cascata e Safran que não estavam operando nessa data, registraram as menores médias em 22 de setembro (39%) e 14 de fevereiro (59,1%), respectivamente. Em 2004, elas ocorreram em 28 de setembro para a Estação Praça Rui Barbosa (35,8%), Av. Amazonas (40%), Aeroporto (40,6% que também ocorreu em 29 de setembro), DNER (37,5%), Petrovale (37,1%). A Estação Bairro Jardim das Alterosas que não estava operando nessa data, registrou o menor mínimo em 31 de janeiro (58,3%).

Nos meses de maio a outubro de 2003, foram registradas médias horárias de umidade relativa do ar menores que 20%, sendo que, no mês de outubro, essa ocorrência foi mais intensa. Em 18 de outubro de 2003, as estações Praça Rui Barbosa, Av. Amazonas, Aeroporto, DNER, e Alterosa apresentaram médias horárias de umidade relativa do ar abaixo de 20% por um período de: 7, 5, 1, 5 e 8 horas consecutivas, respectivamente. O menor valor foi registrado na Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte e correspondeu a 9,9% às 14 horas. A Estação Cascata que teve seu funcionamento interrompido em outubro, apresentou médias horárias abaixo de 20% entre 21 e 25 de setembro de 2003. Enquanto que a Estação Safran teve seu funcionamento interrompido em 08 de março de 2003.

Em 2004, médias horárias abaixo de 20% ocorreram no mês de setembro para as estações Praça Rui Barbosa, Av. Amazonas, Aeroporto, DNER e Petrovale; a Estação Bairro Jardim das Alterosas não estava em operação. Médias horárias menores que 20% ocorreram por um período de 5 a seis horas consecutivas principalmente em 28 e 29 de setembro nas estações Praça Rui Barbosa, Av. Amazonas, Aeroporto, DNER e Petrovale.

#### **4. DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES**

As piores condições de qualidade do ar verificadas em 2003 devem-se principalmente às condições climáticas desfavoráveis que provocaram a elevação de material particulado no período de maio a outubro. Entre 2003 e 2004, houve uma redução da proporção de dias cuja qualidade do ar em Belo Horizonte foi classificada como Regular. Para Contagem e Betim, não foi possível fazer essa afirmação devido ao aumento da proporção de dias em que não se obteve medições válidas. Para Ibirité, não foi possível fazer essa análise, pois as estações Cascata e Ibitermo funcionaram apenas em 2003 e 2004, respectivamente.

Em 2003, as classificações da qualidade do ar como Regular a partir das medições obtidas pela Estação Praça Rui Barbosa devem-se aos poluentes Partículas Inaláveis e Ozônio; a classificação Inadequada deve-se ao poluente Ozônio. Em 2004, as classificações da qualidade do ar como Regular devem-se aos poluentes Partículas Inaláveis, Dióxido de Nitrogênio e Ozônio. Para as classificações obtidas a partir das medições da Estação DNER, as classes Regular e Inadequada foram atingidas devido ao poluente Partículas Inaláveis tanto em 2003 quanto em 2004. Na Estação Petrovale, em 2004, a classe Regular deve-se aos poluentes Partículas Inaláveis, Ozônio e Dióxido de Nitrogênio; a classe Inadequada foi atingida devido aos poluentes Partículas Inaláveis e Ozônio. Na Estação Cascata, as classes Regular e Inadequada foram atingidas em 2003 devido aos poluentes Ozônio e Partículas Inaláveis.

Em virtude da queima de parte dos equipamentos das novas estações automáticas pertencentes a REGAP e a necessidade de uma manutenção mais ampla das estações existentes desde 1995, essas estações ficaram em manutenção durante grande parte do ano de 2004. Nesse referido ano, a REGAP contratou a CETREL S.A. – Empresa de Proteção Ambiental para manutenção corretiva e preventiva dessas estações, entretanto, ainda não foi possível por em operação todos os equipamentos das mesmas. As estações pertencentes a Vallourec & Mannesmann Tubes também apresentaram atrasos na manutenção em 2003 e 2004 que acarretaram a não representatividade das médias anuais, com exceção apenas da Estação Av. Amazonas em 2004.

Entre fevereiro de 2002 e junho de 2003, foram realizados estudos para o dimensionamento e implantação de uma rede otimizada de monitoramento da qualidade do ar e de condições meteorológicas da RMBH (FEAM, 2003). Esses estudos fizeram parte do Projeto de Rede Otimizada de Monitoramento Atmosférico para a Região

Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH, eixo Belo Horizonte – Contagem – Betim que foi desenvolvido pela ECOSOFT juntamente com a FEAM através da Divisão de Qualidade do Ar, atualmente Divisão de Monitoramento e Geoprocessamento.

A partir desse estudo, pode-se afirmar que o número de estações, nove, ainda não é suficiente para retratar a qualidade do ar da RMBH que abriga uma população de mais de 4,2 milhões de habitantes, mais de 1 milhão de veículos (leves e pesados) e um parque industrial grande e diversificado. O Projeto de Rede Otimizada de Monitoramento Atmosférico para a RMBH identificou a necessidade de 15 estações para o eixo Belo Horizonte-Contagem-Betim, sendo que as estações Praça Rui Barbosa (Belo Horizonte), Av. Amazonas (Belo Horizonte), Aeroporto Carlos Prates (Belo Horizonte), DNER (Contagem), Bairro Jardim das Alterosas (Betim), Petrovale (Betim) e Safran (Betim) apresentaram localização coerente segundo esse estudo. Até o encerramento desse Projeto, não estava prevista a aquisição da estação de monitoramento no município de Ibirité que foi instalada em 2004. Para avaliação da cobertura da estação de Ibirité, é necessária a atualização do referido Projeto que consta de diversas fases: atualização do inventário de emissões de poluentes atmosféricos para determinação das taxas de emissão de poluentes; aplicação do modelo de dispersão (modelos de longo período e modelos estatísticos); obtenção de cenários típicos de qualidade do ar por períodos do ano e horários do dia; redimensionamento da rede de monitoramento da qualidade do ar.

Em outubro de 2002, a FEAM concluiu o Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso – PCPV, cujo objetivo era o de apresentar e discutir as questões que fundamentam tecnicamente a implementação do Programa de Inspeção e Manutenção dos Veículos em Uso – I/M, estabelecendo diretrizes gerais e critérios para o desenvolvimento de ações de prevenção e controle da poluição gerada pela frota de veículos automotores de Minas Gerais. Esse trabalho subsidiou também o Projeto “Inspeção Veicular: Capacitação e Avaliação Inicial” que foi concretizado através de Termo de Cooperação Técnica entre a Fundação Estadual do Meio Ambiente, a Universidade Federal de Minas Gerais e a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. O termo de cooperação foi firmado em 14 de novembro de 2001 e deverá finalizar em dezembro de 2005. Os resultados parciais indicam a necessidade de que campanhas educativas sejam desenvolvidas para os proprietários de veículos e que a inspeção veicular seja implantada no Estado de Minas Gerais.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 1997. São Paulo: CETESB. 1998. 98p.
2. CONAMA. Legislação. Desenvolvido pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)> Acesso em: 02 de julho de 2002.
3. DUTRA, E.G. et al. **Emissão de gases poluentes por veículos leves a gasolina na atmosfera de Belo Horizonte**. IN: Seminário Tecnológico de Motores, Combustíveis e Emissões. Belo Horizonte, 2004. (Disponível em CD-ROM)
4. FEAM. Licenciamento ambiental: coletânea de legislação. Fundação Estadual do Meio Ambiente; Projeto Minas Ambiente. 2ª. Edição, ver. e aum. 2000, 438p.
5. FEAM. **Inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos, estudo de dispersão atmosférica e projeto de rede otimizada de monitoramento atmosférico para a região metropolitana de Belo Horizonte: eixo Belo Horizonte – Contagem – Betim**. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Belo Horizonte, 2003. 517 p. (Projeto desenvolvido pela ECOSOFT conjuntamente com a FEAM).
6. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 07 de julho de 2002.
7. INDI. Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais. Disponível em <<http://indi.mg.gov.br>>. Acesso em 07 de julho de 1996.
8. LIU, B.W.Y., MORAIS, F.M.B. e Silveira, I.L. Monitoração da Qualidade do Ar no eixo Belo Horizonte – Contagem – Betim. Rede Automática de Três Estações (Parceria COPAM/FEAM/REGAP). Relatório Anual. Belo Horizonte. FEAM. 1996.
9. LIU, B.W.Y.; SANTI, A.M.M. e FIORAVANTE, E.F. Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte: Eixo Belo Horizonte – Contagem - Betim (1997 e 1998). Relatório Técnico. Belo Horizonte, FEAM. 1999. 39p.

10. USEPA. United States Government. Electronic Code of Federal Regulations, Title 40 - Protection of Environment. Disponível em <<http://www.epa.gov>>. Acesso em 07 de julho de 2000.

---

---

**EQUIPE RESPONSÁVEL PELO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR**

---

---

Técnicos: Beverly Wen Yuh Liu  
Edwan Fernandes Fioravante  
Elisete Gomides Dutra  
Isis Laponez da Silveira  
Miriam Regina Cardoso de Oliveira

Consultores: Cláudia Melo de Assis  
Rita de Cássia Modesto Anizelli

Bolsista FAPEMIG: Adriano César Júnior

Telefone: (031) 3298-6432  
Fax: (031) 3298-6296