

**feam**

**FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE**

**Monitoramento da Qualidade do Ar na  
Região Metropolitana de Belo Horizonte em 2008**

**Belo Horizonte – Julho/2009**

**feam**

**FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE**

Publicada por:

Fundação Estadual do Meio Ambiente / Minas Gerais - FEAM

*Governador do Estado de Minas Gerais*

Aécio Neves da Cunha

*Secretário de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD*

José Carlos Carvalho

*Presidente da FEAM*

José Cláudio Junqueira Ribeiro

Diretora de Qualidade e Gestão Ambiental - DQGA

Zuleika S. Chiacchio Torqueti

Gerência de Gestão da Qualidade do Ar - GESAR

Elisete Gomides Dutra

#### AUTORES

Elisete Gomides Dutra – Coordenação

Edwan Fernandes Fioravante

Álvaro Martins Junior

Antônio Alves dos Reis

Rúbia Cecília Augusta Francisco

F981m

Fundação Estadual do Meio Ambiente.

Monitoramento da qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte em 2008. / Fundação Estadual do Meio Ambiente. -- Belo Horizonte: FEAM, 2009. 47p. : 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 em 2008**

FEAM-GESAR-RT-2/2009

**Julho/2009**

Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM  
Rua Espírito Santo, 495, 11º andar - Centro - Belo Horizonte - MG / CEP: 30.160-030 Fone: (031) 3219-5723  
E-mail: feam@feam.br



**FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE**

## **EQUIPE TÉCNICA**

Álvaro Martins Júnior  
Antônio Alves dos Reis  
Edwan Fernandes Fioravante  
Elisete Gomides Dutra  
Rúbia Cecília Augusta Francisco

- 
- **FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM**  
José Cláudio Junqueira Ribeiro – Presidente
  - **DIRETORIA DE QUALIDADE E GESTÃO AMBIENTAL**  
Zuleika Stela Chiacchio Torqueti
    - **GERÊNCIA DE GESTÃO DA QUALIDADE DO AR**  
Elisete Gomides Dutra
  - **DIRETORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**  
Paulo Eduardo Fernandes de Almeida
  - **DIRETORIA DE MONITORAMENTO E FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL**  
Angelina Maria Lanna de Moraes

**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 2008.

**feam**

**FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE**

*Agradecimentos à equipe técnica da PETROBRAS/REGAP/ASEMA e  
VALLOUREC & MANNESMANN TUBES DO BRASIL S.A.*

**SUMÁRIO**

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                      | <b>1</b>  |
| <b>2. METODOLOGIA .....</b>                                     | <b>4</b>  |
| 2.1 LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS DE MONITORAMENTO ..... | 4         |
| 2.2 MÉTODOS DE MEDIÇÃO .....                                    | 7         |
| 2.3 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR .....                            | 10        |
| 2.4 ÍNDICES DE QUALIDADE DE AR (IQA) .....                      | 12        |
| 2.5 CRITÉRIOS PARA EPISÓDIOS AGUDOS DE POLUIÇÃO DO AR.....      | 13        |
| <b>3. RESULTADOS.....</b>                                       | <b>15</b> |
| <b>3.1. CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....</b>        | <b>15</b> |
| 3.1.1 PARTÍCULAS INALÁVEIS (PM10) .....                         | 15        |
| 3.1.2 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO <sub>2</sub> ) .....               | 22        |
| 3.1.3 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) .....                            | 25        |
| 3.1.4 OZÔNIO (O <sub>3</sub> ) .....                            | 29        |
| 3.1.5 DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO <sub>2</sub> ).....             | 33        |
| <b>3.2. CLASSES DE QUALIDADE DO AR.....</b>                     | <b>36</b> |
| <b>3.3. DADOS METEOROLÓGICOS.....</b>                           | <b>38</b> |
| 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 .....                              | 41        |
| <b>4. DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>                      | <b>43</b> |
| <b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                      | <b>45</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 33 municípios: Baldim, Betim, Brumadinho, Caeté, Capim Branco, Confins, Contagem, Esmeraldas, Florestal, Ibirité, Igarapé, Itaguara, Itatiaiuçu, Jaboticatubas, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, Matozinhos, Nova Lima, Nova União, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Rio Manso, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo, Taquaraçu de Minas, Vespasiano.

Com população de cerca de 6,0 milhões de habitantes, a RMBH concentra 30,8% da população do estado e ocupa uma área de 8.612,3 km<sup>2</sup>, equivalente a 1,5% de área do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Contagem e Betim tem 2.412.937, 608.650 e 415.098 habitantes, respectivamente (IBGE, 2007).

A RMBH é responsável por 66% da atividade mineradora do estado de Minas Gerais, 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.



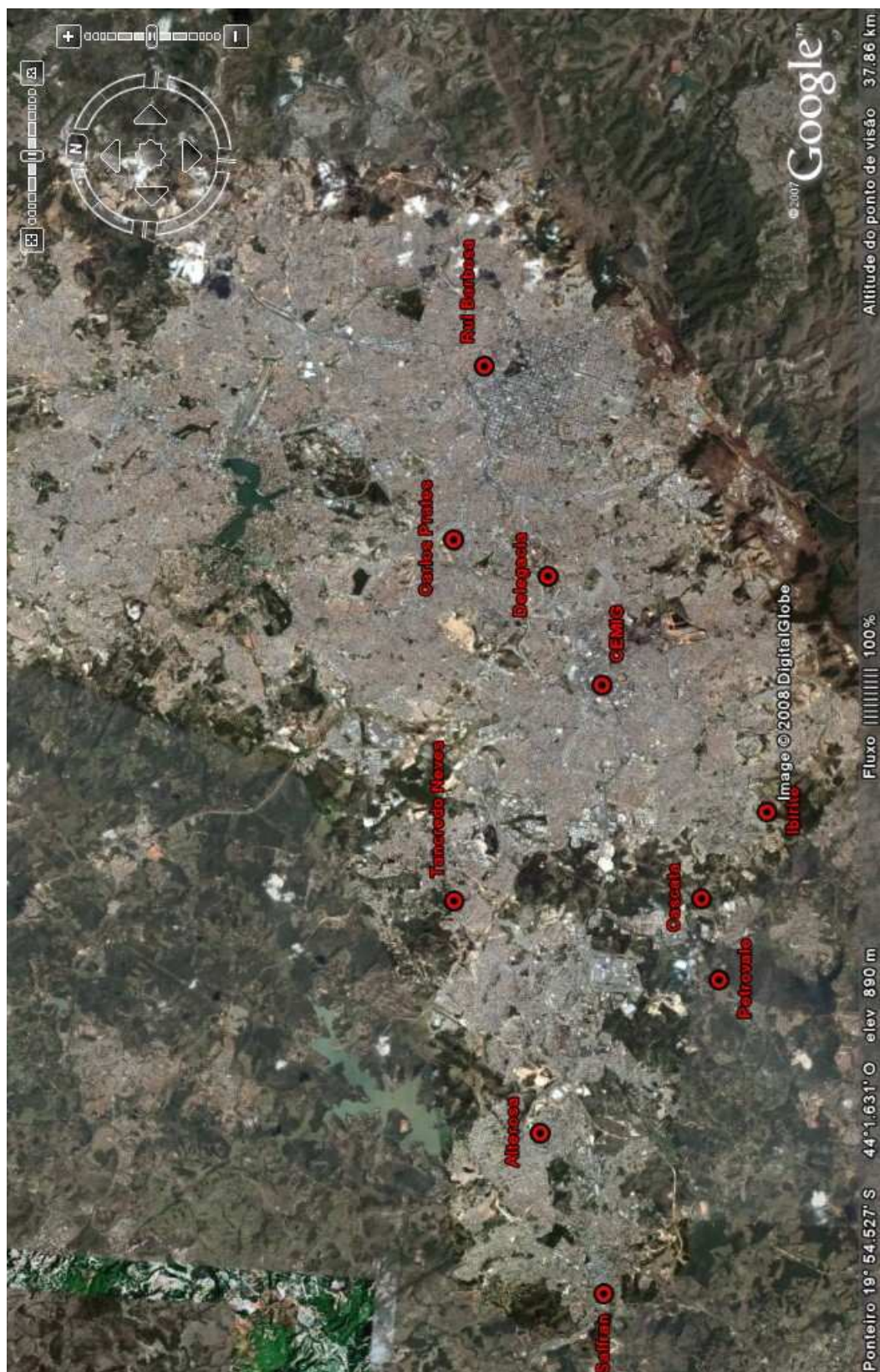


Figura 1.1: Locais das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar da Região Metropolitana de Belo Horizonte

A rede automática de monitoramento da qualidade do ar da RMBH é constituída de dez estações (Figura 1.1). Três delas foram instaladas em abril de 1995 na região urbana de Belo Horizonte, de Contagem e de Betim e duas estações foram instaladas em fevereiro de 2002 em Belo Horizonte. Mais 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 (LIU & FIORAVANTE, 2006). Contagem ganhou uma estação nova em julho de 2006.

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 DO BRASIL S.A. em cumprimento da condicionante de licença de operação. Outras 3 estações foram adquiridas pela PETROBRAS/REGAP em 2002 e uma estação pela IBIRITERMO LTDA. (ex-consórcio da Usina Termelétrica de Ibirité) em 2004, como medida compensatória no processo de licenciamento. Em 2006, a FIAT AUTOMÓVEIS S.A. importou e doou a FEAM uma estação para compor a rede em cumprimento de acordo assinado com o Ministério Público. Essa estação foi instalada no município de Contagem em julho de 2006.

As estações são constituídas por cabines climatizadas onde estão instalados analisadores, monitores 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 Gerência de Gestão da Qualidade do Ar da FEAM. A Assessoria de Segurança e Meio Ambiente da PETROBRAS/REGAP também possui uma central que recebe os dados das estações pertencentes a PETROBRAS/REGAP e IBIRITERMO LTDA.

Os poluentes monitorados são Partículas Inaláveis (PM10), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O<sub>3</sub>) e Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>) além de parâmetros meteorológicos: velocidade e direção de vento, temperatura e umidade relativa do ar e precipitação. A distribuição dos parâmetros para cada estação está apresentada no Quadro 1.1.

Quadro 1.1: Municípios e localizações, parâmetros monitorados e data de instalação das estações automáticas da rede de monitoramento da qualidade do ar na RMBH

| Município      | Local                       | Parâmetros monitorados |                 |                |    |                 |     |   |                   |
|----------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|----------------|----|-----------------|-----|---|-------------------|
|                |                             | PM10                   | SO <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | CO | NO <sub>2</sub> | Met | P | Instalação        |
| Belo Horizonte | Praça Rui Barbosa           | X                      | X               | X              | X  | X               | X   |   | PETROBRAS abr/95  |
|                | Aeroporto Carlos Prates     | X                      |                 |                |    |                 | X   |   | MANNESMANN fev/02 |
|                | Avenida Amazonas            | X                      |                 |                |    |                 | X   |   | MANNESMANN fev/02 |
| Contagem       | DNER <sup>1</sup>           | X                      | X               | X              |    |                 | X   |   | PETROBRAS abr/95  |
|                | Praça Tancredo Neves        | X                      |                 | X              | X  | X               | X   | X | FIAT/FEAM jul/06  |
| Betim          | Bairro Jardim das Alterosas | X                      |                 | X              | X  |                 | X   |   | PETROBRAS mar/98  |
|                | Saffran                     | X                      | X               | X              | X  | X               | X   |   | PETROBRAS out/02  |
|                | Bairro Petrovale            | X                      | X               | X              | X  | X               | X   |   | PETROBRAS out/02  |
| Ibirité        | Bairro Cascata              | X                      | X               | X              | X  | X               | X   |   | PETROBRAS out/02  |
|                | Ibiritermo                  | X                      | X               | X              | X  | X               | X   | X | IBIRITERMO ago/04 |

Nota: PM10-Partículas Inaláveis; SO<sub>2</sub>-Dióxido de Enxofre; O<sub>3</sub>-Ozônio; CO-Monóxido de Carbono; NO<sub>2</sub>-Dióxido de Nitrogênio; Met-Direção e Velocidade de Vento, Temperatura e Umidade Relativa do Ar; P-Precipitação (chuva).

1) A estação DNER foi desativada devido a mudanças nas características do entorno dessa estação e dificuldades no acesso para realizar serviços de instalação e manutenção.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Localização das Estações Automáticas de Monitoramento

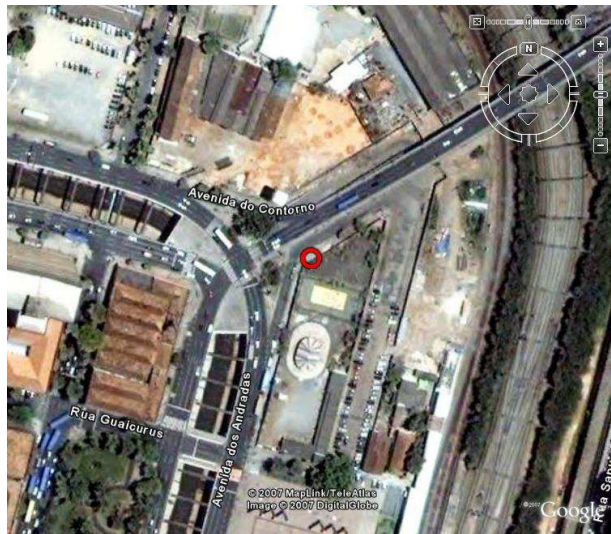
Uma das estações de Belo Horizonte está localizada na praça Rui Barbosa em terreno da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, onde funciona como Centro de Referência Cultural da Criança e do Adolescente, ao lado da confluência entre o viaduto da Floresta e a avenida dos Andradas. Essa região é caracterizada 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 (Figura 2.1).

A estação DNER está instalada na avenida Babita Camargo, em área externa do Polícia Federal Rodoviária (PFR), antigamente denominada de DNER ou DNIT, em local próximo à praça da CEMIG. Essa região é circundada por diversas unidades industriais, além de concentrar fluxo intenso de veículos leves e pesados. É, portanto, uma região sob

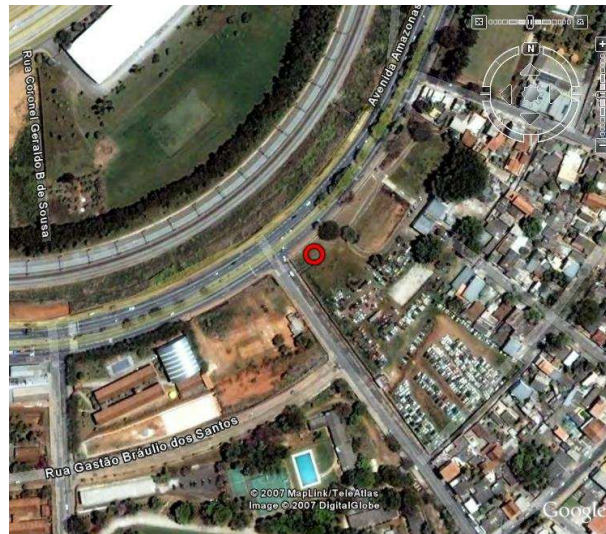
influência da poluição de origem industrial e veicular. A estação Praça Tancreto Neves está localizada no terreno da Prefeitura de Contagem (Figura 2.2), que apresenta uma menor influência da poluição de origem veicular, quando comparada com a região próxima à praça da Cemig. Devido às construções e ao crescimento de vegetações próximas à estação, a localização da mesma já se encontrava em discussão, uma vez que não se desejava perder uma série histórica de dados com mais de dez anos. Entretanto, devido à dificuldade em realizar a poda das árvores e, principalmente, em acessar essa estação para implantação de um mastro com os sensores meteorológicos, bem como para realização dos serviços de manutenção dos analisadores, pois a estação DNER localizava-se no terreno de órgão federal, ela foi desativada. Os equipamentos dessa estação passaram a servir como sobressalentes, quando da ocorrência de falha de algum equipamento similar nas demais estações da RMBH, pertencentes a PETROBRA/REGAP.

A estação Bairro Jardim das Alterosas está localizada na avenida Campo Ourique, no Bairro Jardim das Alterosas, em área da Administração Regional Alterosa da Prefeitura Municipal de Betim. Esta região é residencial com fluxo moderado de veículos. Um porto seco, e várias indústrias estão instalados nas proximidades, além da via Expressa, que liga o município de Betim a Belo Horizonte. As estações Bairro Petrovale e Saffran também estão localizadas no município de Betim, sendo que a estação Bairro Petrovale está situada na Escola Municipal Valério Palhares (Rua Argentina, número 64) e a estação Saffran situa-se na rua Pará de Minas, número 640, na área urbana do referido município, onde funciona parte da Prefeitura da Betim, apresentando trânsito intenso tanto na via Expressa, quanto na rua Amazonas (Figura 2.3).

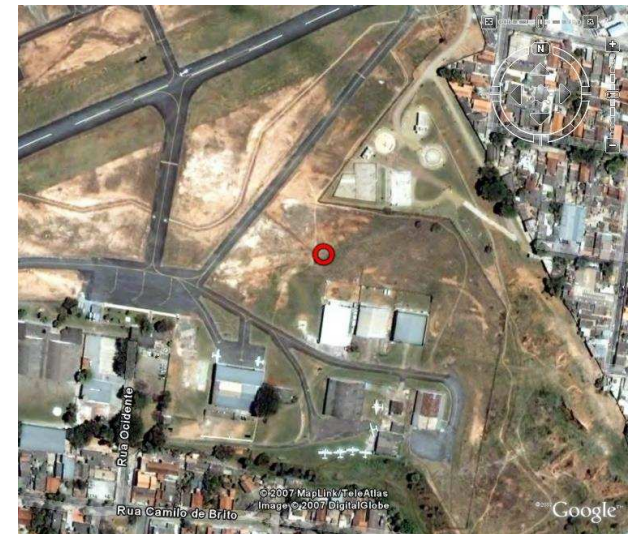
As estações Bairro Cascata e Ibiritermo estão localizadas no município de Ibirité. A estação Bairro Cascata está situada na Escola Estadual José Rodrigues Betim (Rua Padre Eustáquio, número 881), próxima a PETROBRAS/REGAP. A estação Ibiritermo está situada no terreno da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE), na rodovia Renato Azeredo, número 831, conforme pode ser visualizado na Figura 2.4.



Estação Praça Rui Barbosa

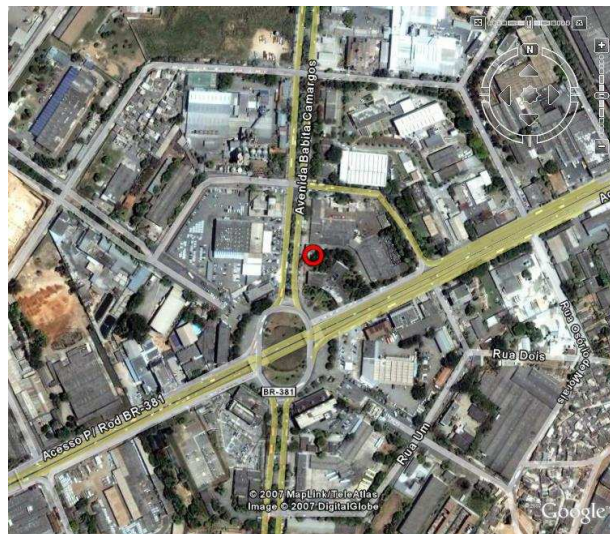


Estação Avenida Amazonas



Estação Aeroporto Carlos Prates

Figura 2.1 – Localização das estações em Belo Horizonte



Estação Praça da CEMIG



Estação Praça Tancredo Neves

Figura 2.2 – Localização das estações em Contagem

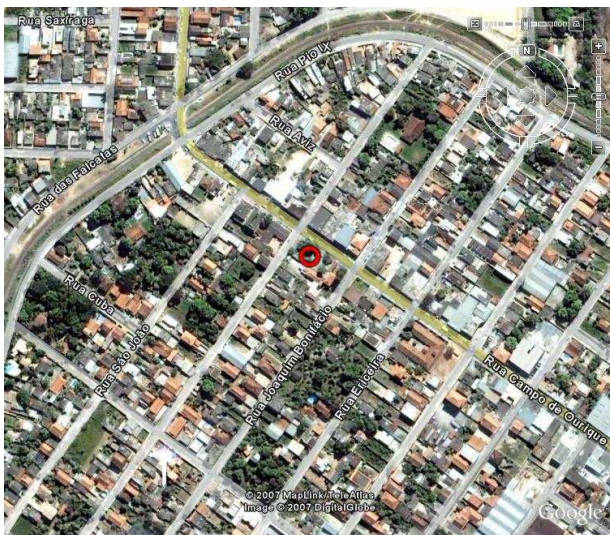
## 2.2 Métodos de Medição

- **Dados de concentração de poluentes**

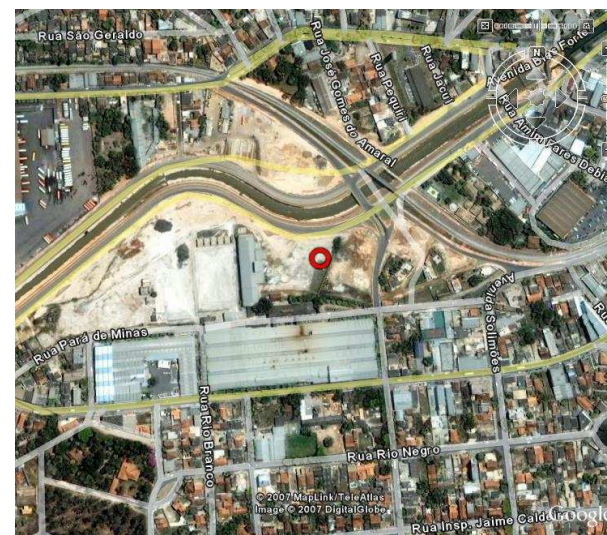
As Partículas Inaláveis (PM10) são poluentes atmosféricos constituídos por um conjunto de partículas com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 10  $\mu\text{m}$ . O método empregado para medir a concentração de PM10 no ar atmosférico é o da Radiação *Beta*, através de um monitor (modelo MP101M), que emprega  $\text{C}^{14}$  como fonte de radiação de baixa energia, e mede a concentração a cada hora. A concentração média diária de PM10 (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 baseia-se na excitação da molécula de  $\text{SO}_2$  por UV. O analisador (modelo 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 convertida 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 (modelo 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.

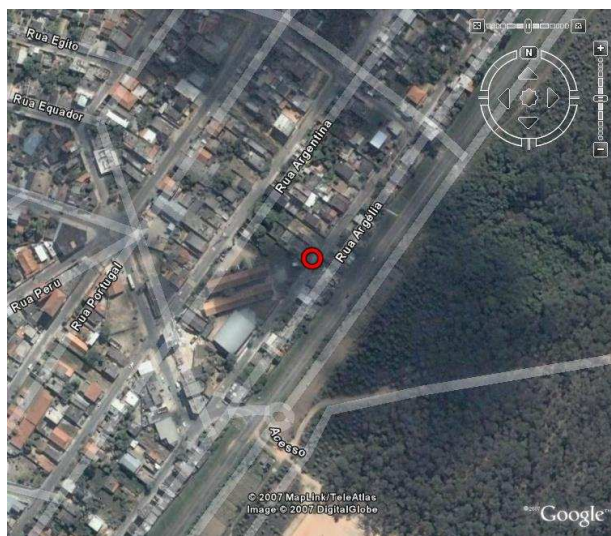


Estação Bairro Jardim das Alterosas

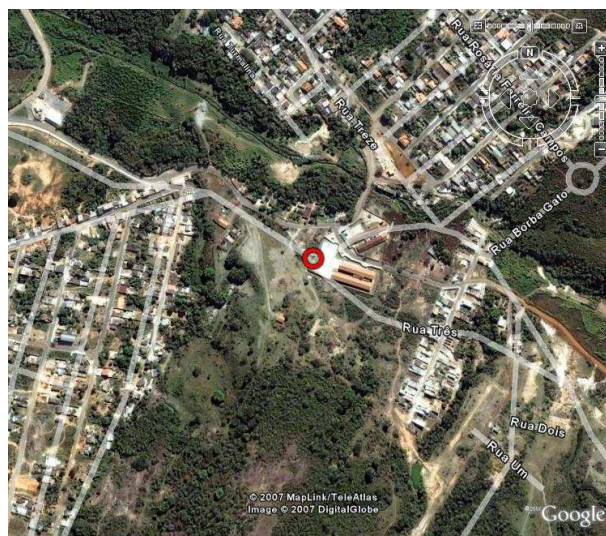


Estação Saffran

Figura 2.3 – Localização das estações em Betim



Estação Bairro Petrovale



Estação Bairro Cascata



Estação Ibiritermo

Figura 2.4 – Localização das estações em Ibirité

O Ozônio ( $O_3$ ) é um poluente secundário – não é emitido pelas fontes, mas gerado por processos fotoquímicos. O princípio de funcionamento do analisador contínuo de ozônio (modelo  $O_341M$ ) é fotométrico que mede a absorção de luz ultravioleta pelo ozônio. As concentrações de  $O_3$ , 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  $\mu g/m^3$ .

O Dióxido de Nitrogênio ( $NO_2$ ) é um gás marrom com odor característico. Os Óxidos de Nitrogênio ( $NO_x$ ) são produzidos durante a queima de combustíveis a altas temperaturas. O método de medição dos  $NO_x$  é por quimiluminescência. O analisador (modelo  $AC31M$ ) é projetado para analisar as concentrações de  $NO$  e  $NO_x$  através da emissão de luz (quimiluminescência) originada pela oxidação do  $NO$  em presença de Ozônio. A concentração de  $NO_2$  é calculada por diferença entre concentração de  $NO_x$  e  $NO$  em ppb e apresentada como média de 15 minutos. A concentração média horária é calculada quando pelo menos 75% do período de tempo apresenta dados válidos, os quais são posteriormente convertidos para a unidade  $\mu g/m^3$ . A maior média é considerada 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 o monitor de  $PM_{10}$  e os analisadores de  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NO_x$ , os sensores meteorológicos, o sistema de aquisição e transmissão dos dados – “data logger” multicanal (modelo  $SAM32A$ ), linha telefônica, modem e demais acessórios necessários à operação e ao funcionamento do sistema.

Três terminais, dois instalados na FEAM e um na PETROBRAS/REGAP, permitem a obtenção dos dados gerados, em tempo real, ou a recuperação de dados armazenados



no “data logger” instalado em cada cabine. 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 PM10, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e dos parâmetros meteorológicos na forma de gráficos e tabelas.

### **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, segundo a 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), que podem ser consultados através da 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 à 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 (PM10), 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<sub>10</sub>)**

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 (9 ppm), 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 os **índices de qualidade do ar (IQA)**, em inglês, Pollutant Standards Index (PSI), desenvolvidos por United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2000).

O IQA, como concebido pela USEPA, também é adotado 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<sub>10</sub>, 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 (PM10), 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 | PM10 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**

São discutidos os resultados dos poluentes PM10 (8 estações), SO<sub>2</sub> (5 estações), CO (6 estações), O<sub>3</sub> (6 estações) e NO<sub>2</sub> (5 estações) obtidos em 2007 nas estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas na RMBH.

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 (PM10)**

As concentrações médias diárias de PM10 em 2007, obtidas nas estações da Região Metropolitana de Belo Horizonte estão apresentadas nas Figuras 3.1 a 3.8. Como pode ser visto nessas figuras, as concentrações médias diárias registradas pelas estações Praça Rui Barbosa; Avenida Amazonas; Aeroporto Carlos Prates; Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale; Bairro Cascata, Saffran e Ibiritermo, respectivamente. Para a estação Bairro Jardim das Alterosas foram registradas quatro médias diárias superiores a 150 µg/m<sup>3</sup>, que corresponde ao padrão primário e não deve ser ultrapassado mais de uma vez ao ano.

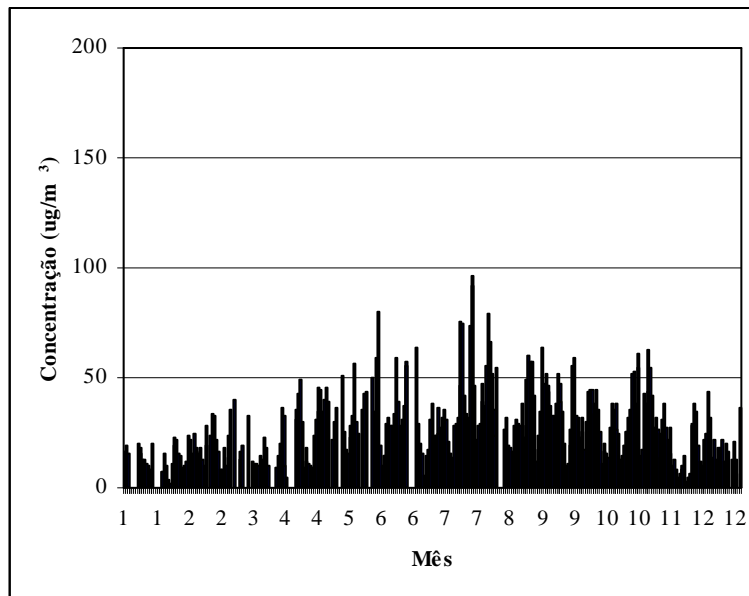


Figura 3.1: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2008

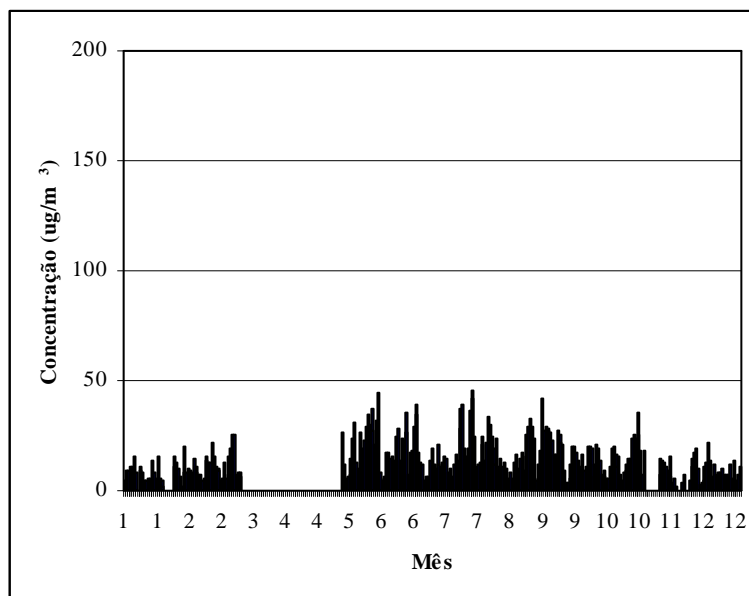


Figura 3.2: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Avenida Amazonas, Belo Horizonte, 2008

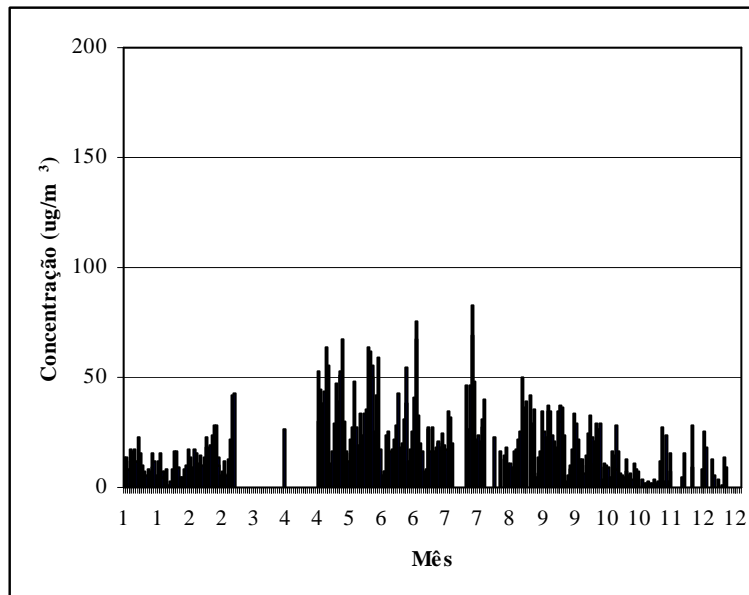


Figura 3.3: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Aeroporto Carlos Prates, Belo Horizonte, 2008

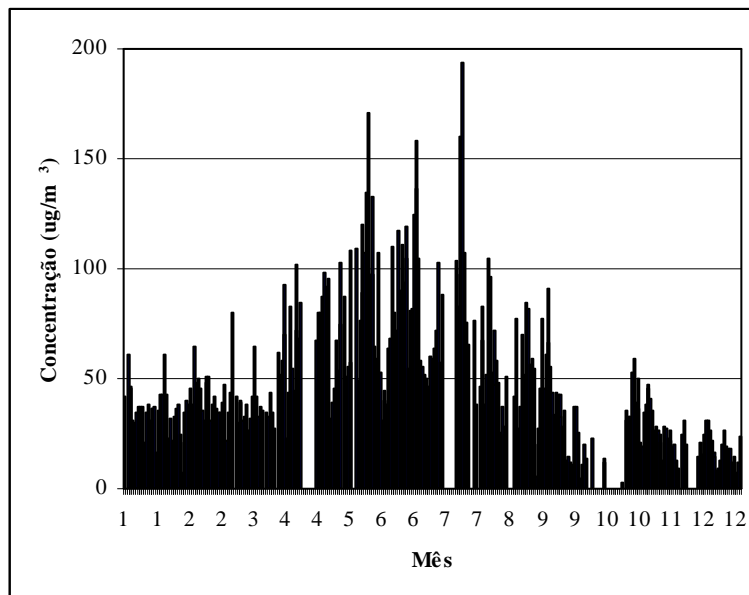


Figura 3.4: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2008



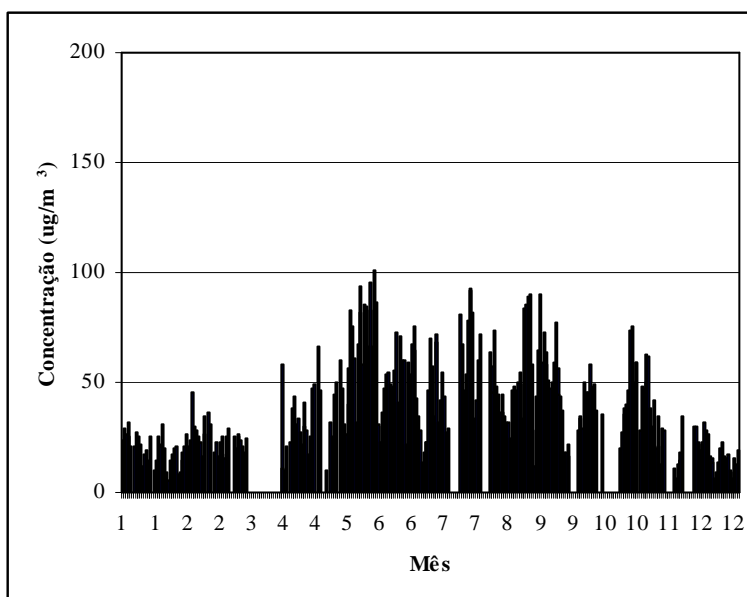


Figura 3.5: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Bairro Petrovale, Betim, 2008

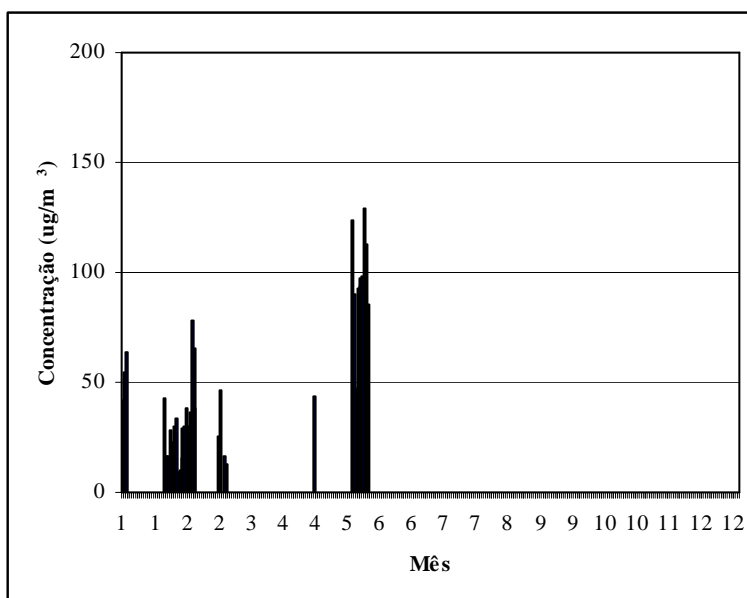


Figura 3.6: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Saffran, Betim, 2008

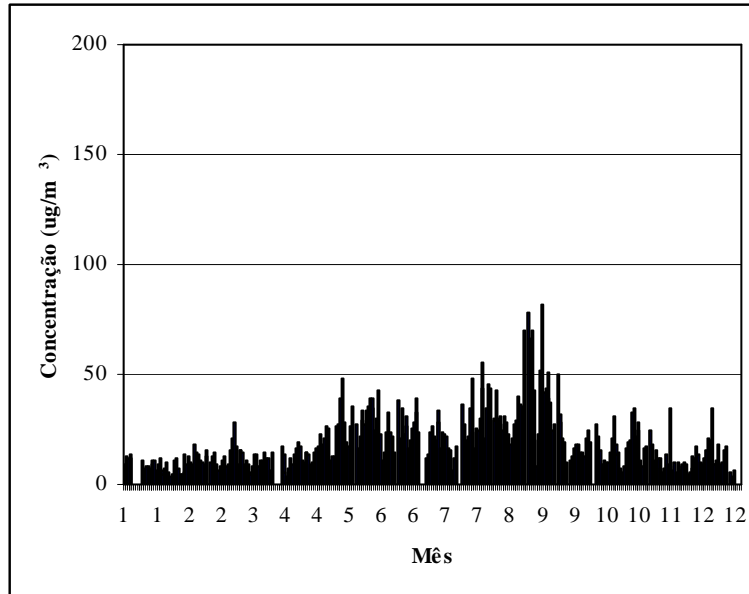


Figura 3.7: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Bairro Cascata, Ibirité, 2008

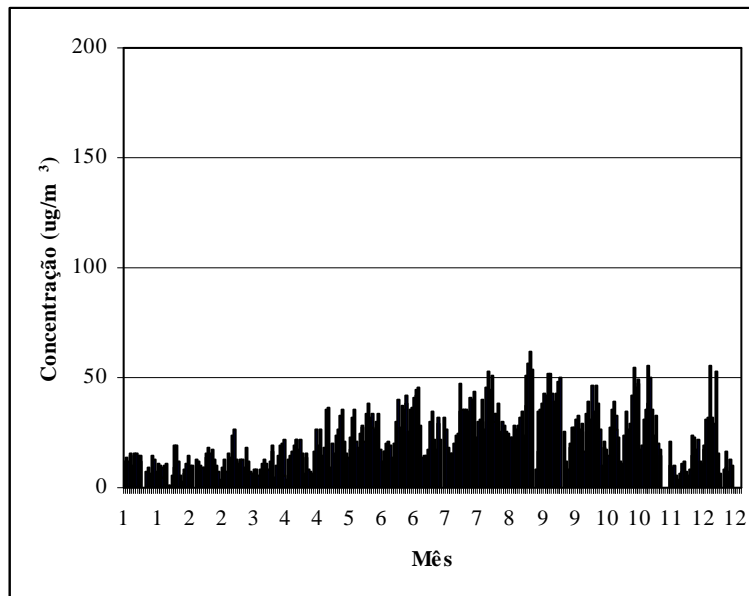


Figura 3.8: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Ibiritermo, Ibirité, 2008

A Tabela 3.1 apresenta as estatísticas descritivas para as séries anuais de concentração de PM10 nas estações Região Metropolitana de Belo Horizonte em 2008. Essas estatísticas foram obtidas a partir das concentrações médias diárias de PM10 registradas pelas oito estações.

As três estações de Belo Horizonte: Praça Rui Barbosa, Avenida Amazonas e Aeroporto Carlos Prates, obtiveram médias anuais representativas em 2008. Essas médias anuais: 27,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para Praça Rui Barbosa, 14,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para Avenida Amazonas e 20,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para Aeroporto Carlos Prates não ultrapassaram o padrão anual (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) da Resolução CONAMA 03/90.

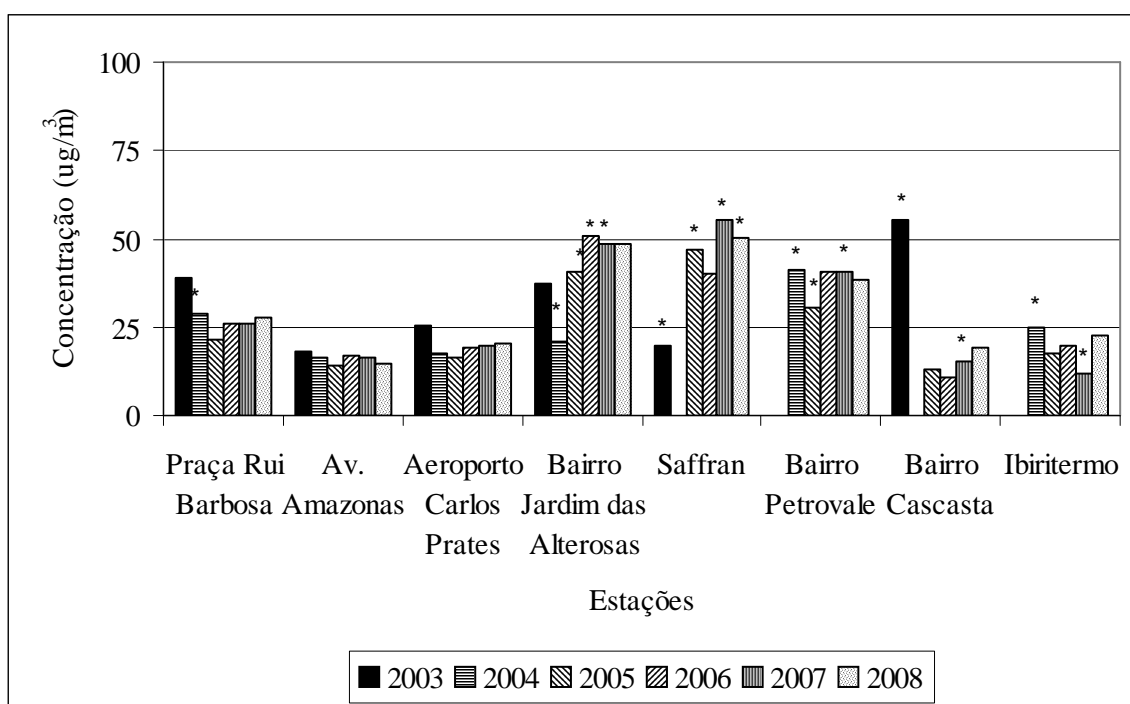
Tabela 3.1: Estatísticas descritivas para as concentrações de partículas inaláveis (PM10 em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), na RMBH, em 2008

| Município      | Estação                     | Estatísticas descritivas |         |        |       |               |                |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|---------|--------|-------|---------------|----------------|
|                |                             | Mínimo                   | Mediana | Máximo | Média | Desvio padrão | Omissos (dias) |
| Belo Horizonte | Praça Rui Barbosa           | 2,1                      | 25,4    | 96,0   | 27,8  | 16,33         | 49             |
|                | Avenida Amazonas            | 1,5                      | 12,2    | 45,2   | 14,5  | 8,90          | 79             |
|                | Aeroporto Carlos Prates     | 0,0                      | 16,7    | 82,6   | 20,2  | 15,45         | 91             |
| Betim          | Bairro Jardim das Alterosas | 2,7                      | 39,9    | 194,0  | 48,7  | 31,34         | 60             |
|                | Bairro Petrovale            | 5,6                      | 31,9    | 101,0  | 38,4  | 21,59         | 78             |
|                | Saffran                     | 9,4                      | 38,5    | 129,1  | 50,2* | 34,48         | 329            |
| Ibirité        | Bairro Cascata              | 3,2                      | 15,2    | 81,5   | 19,0  | 12,60         | 39             |
|                | Ibiritermo                  | 0,7                      | 19,6    | 62,2   | 22,6  | 12,86         | 21             |

Nota: \* indica que a média não é representativa

Utilizando as estatísticas mínimo e mediana, pode-se afirmar que 50% das concentrações obtidas em 2008 pela estação Praça Rui Barbosa situaram-se entre 2,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 25,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pela estação Avenida Amazonas entre 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 12,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e pela estação

Aeroporto entre 0 e 16,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Os máximos foram registrados nos dia 24 de julho para estação Praça Rui Barbosa, estação Avenida Amazonas e para estação Aeroporto Carlos Prates. Para as estações de Betim, os máximos foram registrados nos meses de maio e julho: estação Bairro Jardim das Alterosas, em 19 de julho, estação Bairro Petrovale, em 29 de maio e estação Saffran, em 23 de maio. Para a estação Saffran, a média anual não pode ser considerada representativa. Em Ibirité, os máximos ocorreram após o mês de julho: estação Bairro Cascata, em 4 de setembro, e estação Ibiritermo, em 28 de agosto. A evolução das médias anuais de PM10 de 2003 a 2008, para as estações da rede de monitoramento da RMBH, está apresentada na Figura 3.10.



Nota: o asterisco indica que a média anual não é representativa.

Figura 3.9: Médias Anuais da Concentração de Partículas Inaláveis (PM10) no período 2003-2008

Na Praça Rui Barbosa as médias anuais obtidas para 2003; 2005; 2006, 2007 e 2008 correspondem a 38,9; 21,5; 25,9; 26,1 e 27,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. As médias anuais da estação Avenida Amazonas obtidas para período 2003 a 2008 foram: 18,1; 16,5; 14,3; 16,8; 16,6 e 14,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Na estação Aeroporto Carlos Prates, as médias obtidas para o período 2003 a 2008, foram: 25,3; 17,8; 16,1; 19,4; 19,8 e 20,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Todas essas médias estão abaixo de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  que é o padrão anual

permitido pela Lei. Em Betim, para a estação Bairro Jardim das Alterosas, apenas as médias anuais de PM10 de 2003 e 2008 puderam ser consideradas representativas e corresponderam a 37,2 e 48,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para a estação Safran, apenas a média anual de 2006, 40,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pôde ser considerada representativa. Para a estação Bairro Petrovale, também em Betim, apenas a média anual de 2008 pôde ser considerada representativa e correspondeu a 38,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Em Ibité, a estação Bairro Cascata obteve média anual representativa para os anos de 2005, 2006 e 2008: 13,0; 10,7 e 19,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para a estação Ibiritermo, também nos anos de 2005, 2006 e 2008, obteve-se médias anuais representativas: 17,6; 19,9 e 22,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Observa-se que as concentrações médias anuais de PM10 na RMBH, a partir de 2004, apresenta um ligeiro aumento até 2008.

### 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), Betim (Bairro Petrovale e Safran) e Ibité (Bairro Cascata e Ibiritermo) em 2007 estão apresentados nas Figuras 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 e 3.14 respectivamente.

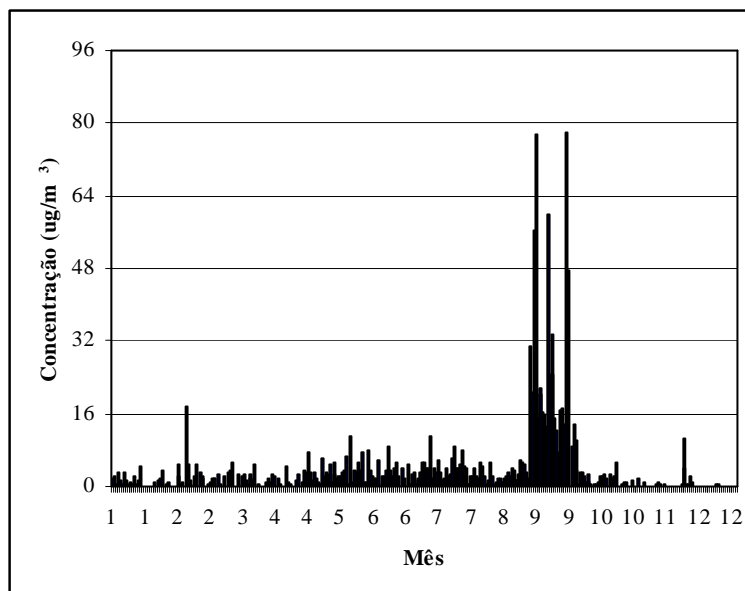


Figura 3.10: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2008

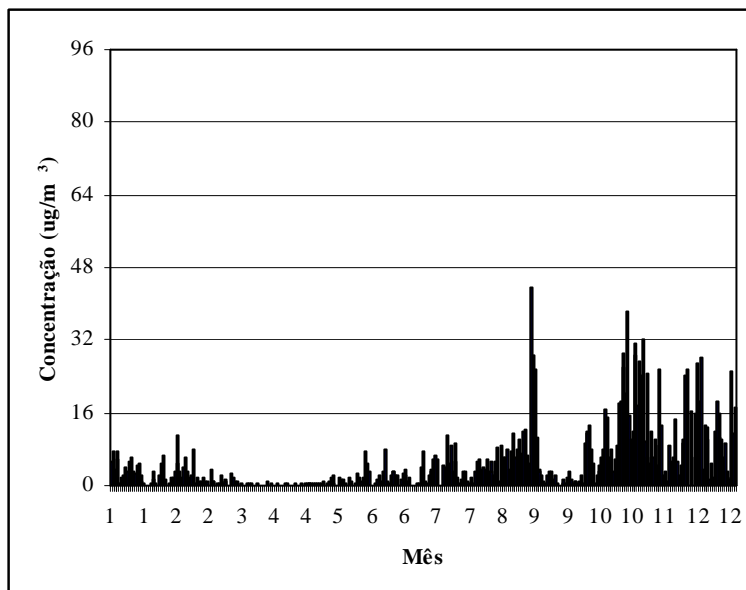


Figura 3.11: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Bairro Petrovale, Betim, 2008

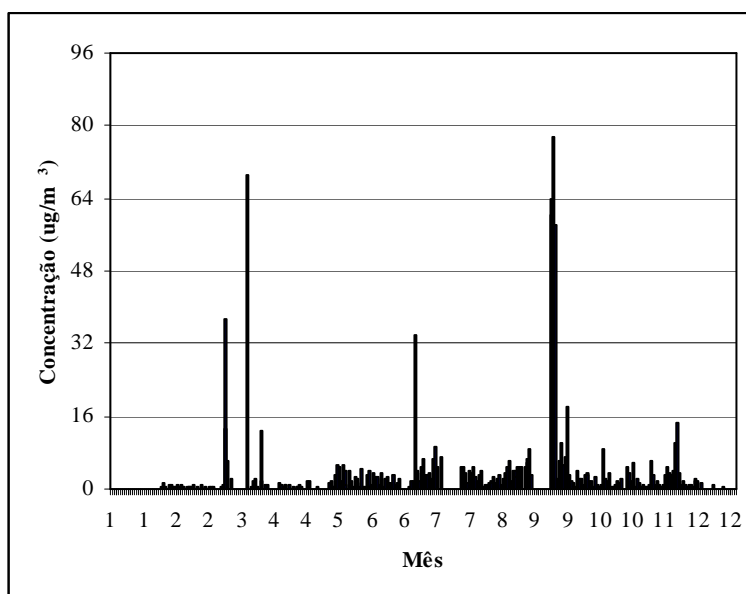


Figura 3.12: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Saffran, Betim, 2008

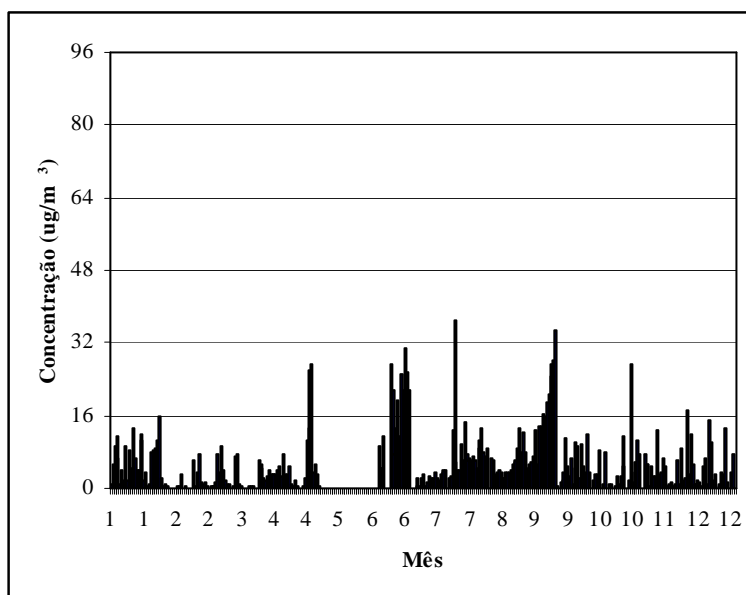


Figura 3.13: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Bairro Cascata, Ibirité, 2008

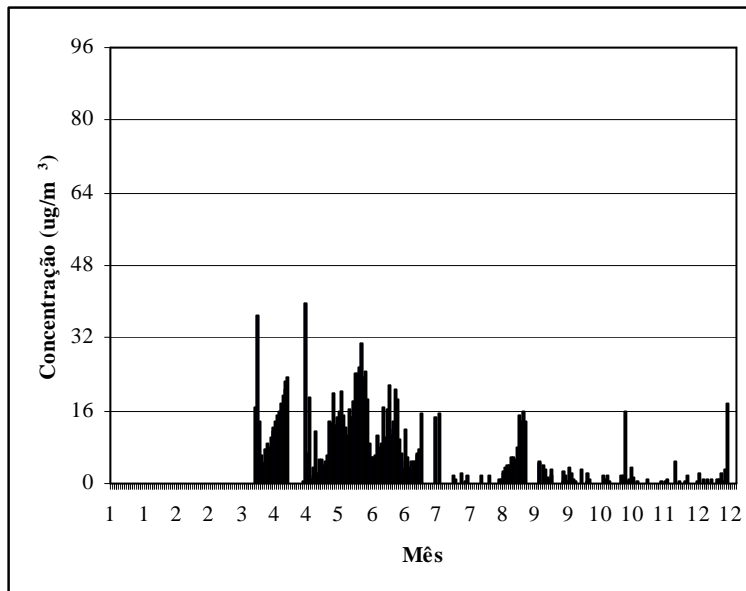


Figura 3.14: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Ibiritermo, Ibirité, 2008

A Tabela 3.2 apresenta as estatísticas descritivas para a série anual de concentração de SO<sub>2</sub> para as estações de Belo Horizonte, Betim e Ibirité. Essas concentrações são muito baixas em relação à concentração média diária e anual permitida por Lei que corresponde a 365 e 80 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

Tabela 3.2: Estatísticas descritivas para as concentrações de dióxido de enxofre (µg/m<sup>3</sup>), na RMBH, em 2008

| Município      | Estação                     | Estatísticas descritivas |         |        |       |               |                |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|---------|--------|-------|---------------|----------------|
|                |                             | Mínimo                   | Mediana | Máximo | Média | Desvio padrão | Omissos (dias) |
| Belo Horizonte | Praça Rui Barbosa           | 0                        | 2,1     | 78,1   | 4,4   | 9,37          | 76             |
| Betim          | Bairro Jardim das Alterosas | 0                        | 1,8     | 19,1   | 3,1*  | 3,53          | 138            |
|                | Bairro Petrovale            | 0                        | 2,1     | 43,6   | 4,9   | 6,97          | 7              |
|                | Saffran                     | 0                        | 1,6     | 77,6   | 3,9   | 9,78          | 117            |
| Ibirité        | Bairro Cascata              | 0                        | 3,4     | 36,8   | 5,6   | 6,59          | 57             |
|                | Ibiritermo                  | 0                        | 3,7     | 39,7   | 6,7*  | 7,8           | 163            |

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

A concentração média anual de SO<sub>2</sub> em 2008 foi igual a 4,4 µg/m<sup>3</sup> para estação Praça Rui Barbosa, que está bem próxima da média anual registrada pela estação Saffran, em Betim. As médias anuais das estações Bairro Petrovale e Bairro Cascata, que se situam em áreas tipicamente industriais, apresentaram-se superiores.

### 3.1.3 Monóxido de Carbono (CO)

A concentração diária de CO corresponde à maior média de 8 horas. Os dados de concentração média diária de CO obtidos para as estações de Belo Horizonte (Praça Rui Barbosa), Betim (Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale e Saffran) e Ibirité (Bairro Cascata e Ibiritermo), em 2008, estão apresentados nas Figuras 3.15; 3.16; 3.17; 3.18;



3.19 e 3.20, respectivamente. As concentrações diárias não ultrapassaram o limite de 9 ppm permitidos pela Resolução CONAMA 03/90 como pode ser visualizado nessas figuras.

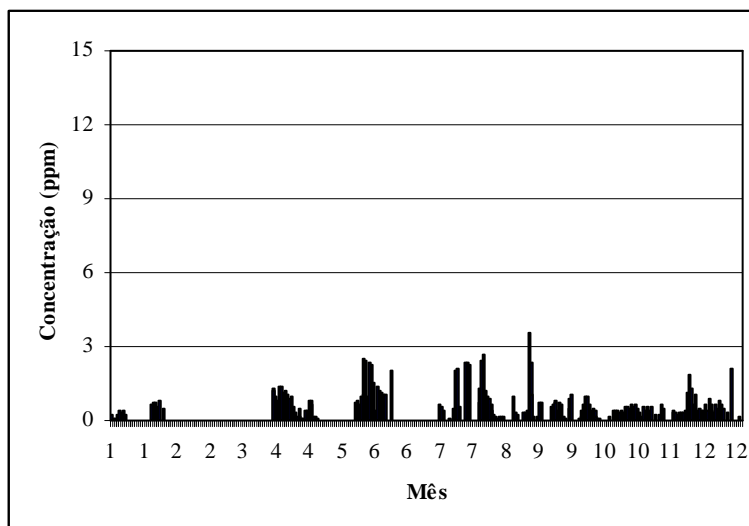


Figura 3.15: Concentração diária de monóxido de carbono, estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2008

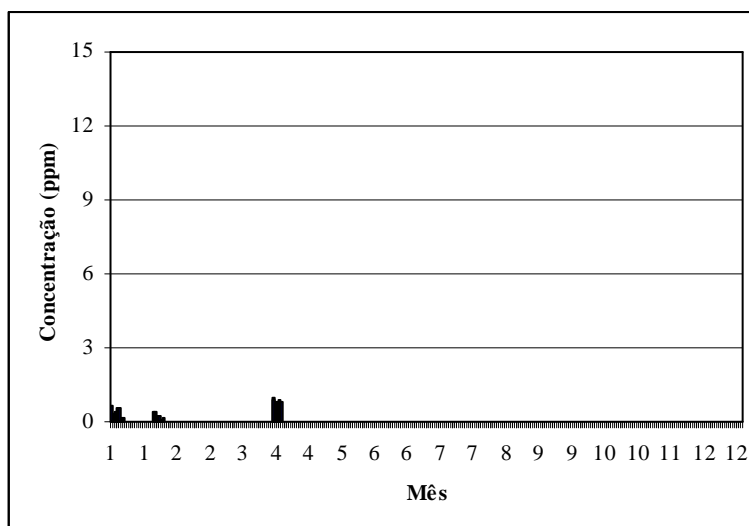


Figura 3.16: Concentração diária de monóxido de carbono, estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2008

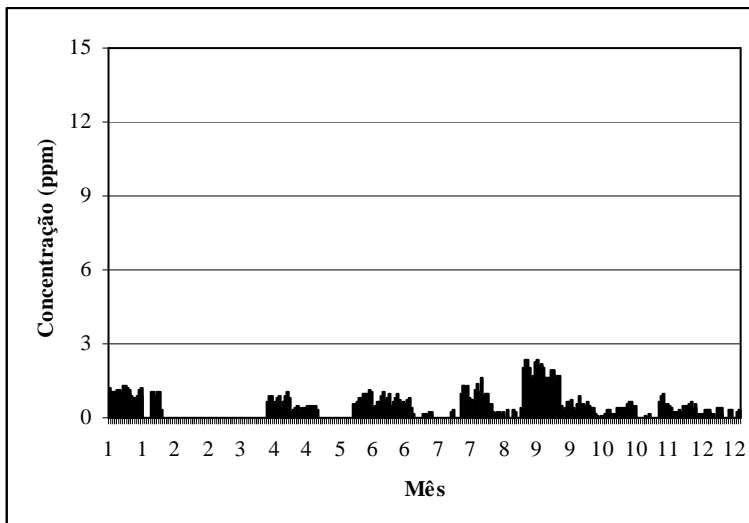


Figura 3.17: Concentração diária de monóxido de carbono, estação Bairro Petrovale, Betim, 2008

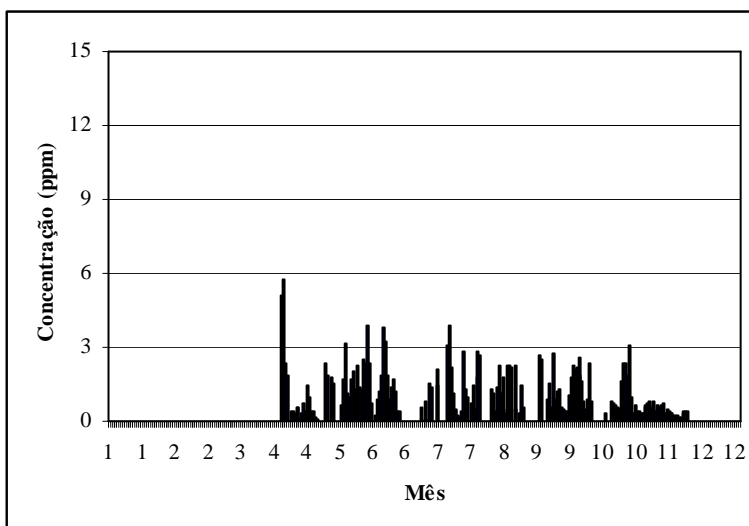


Figura 3.18: Concentração Diária de monóxido de carbono, estação Safran, Betim, 2008

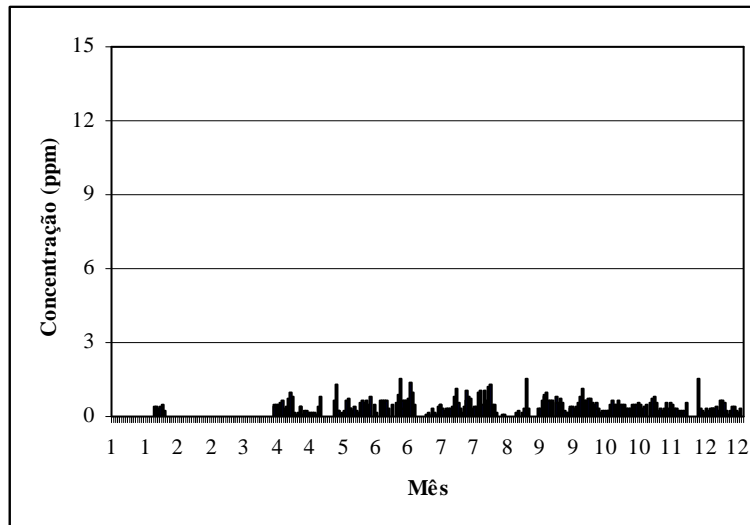


Figura 3.19: Concentração diária de monóxido de carbono, estação Bairro Cascata, Ibité, 2008

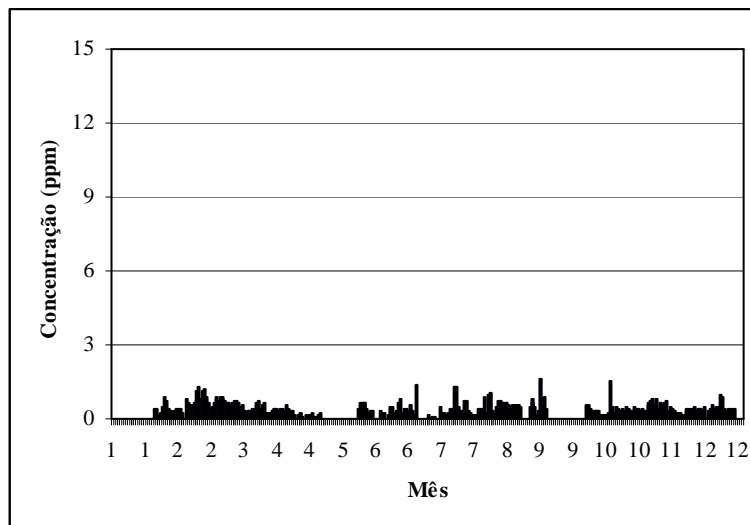


Figura 3.20: Concentração diária de monóxido de carbono, estação Ibitermo, Ibité, 2008

A Tabela 3.3 apresenta as estatísticas descritivas referente aos dados de concentração diária de CO para as estações. Somente a estação Ibitermo atendeu o critério de

representatividade, cuja média anual (0,46 ppm) está bem abaixo do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90, que é de 9 ppm.

Tabela 3.3: Estatísticas descritivas para as concentrações de monóxido de carbono (ppm), na RMBH, em 2008

| Município      | Estação                     | Estatísticas descritivas |         |        |       |               |                |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|---------|--------|-------|---------------|----------------|
|                |                             | Mínimo                   | Mediana | Máximo | Média | Desvio padrão | Omissos (dias) |
| Belo Horizonte | Praça Rui Barbosa           | 0                        | 0,51    | 3,59   | 0,70* | 0,61          | 176            |
| Betim          | Bairro Jardim das Alterosas | 0                        | 0,39    | 0,93   | 0,46* | 0,29          | 344            |
|                | Bairro Petrovale            | 0,09                     | 0,58    | 2,35   | 0,71* | 0,50          | 129            |
|                | Saffran                     | 0,04                     | 0,81    | 5,75   | 1,20* | 1,00          | 195            |
| Ibirité        | Bairro Cascata              | 0                        | 0,39    | 1,56   | 0,46* | 0,28          | 129            |
|                | Ibiritermo                  | 0,01                     | 0,40    | 1,63   | 0,46  | 0,26          | 96             |

Nota: \* indica que a média não é representativa

### 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 em 2008 para as estações: Praça Rui Barbosa, Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale; Saffran, Bairro Cascata e Ibiritermo estão apresentados nas figuras 3.21 a 3.26, respectivamente.

A Tabela 3.4 apresenta as estatísticas descritivas para as medições máximas de ozônio registradas pela estação Praça Rui Barbosa em Belo Horizonte, estações Bairro Petrovale e Saffran, em Betim, e estações Bairro Cascata e Ibiritermo, em Ibirité.

Para a estação Praça Rui Barbosa, a maior concentração diária de 152,8 µg/m<sup>3</sup> ocorreu em 29 de agosto. Não houve ultrapassagem do limite permitido pela Resolução CONAMA 03/90 que é de 160 µg/m<sup>3</sup>, em Belo Horizonte.

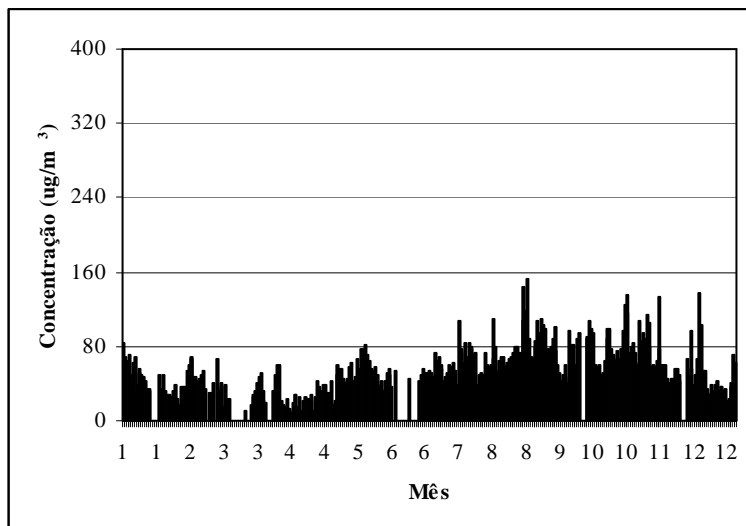


Figura 3.21: Concentração diária de ozônio, estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2008

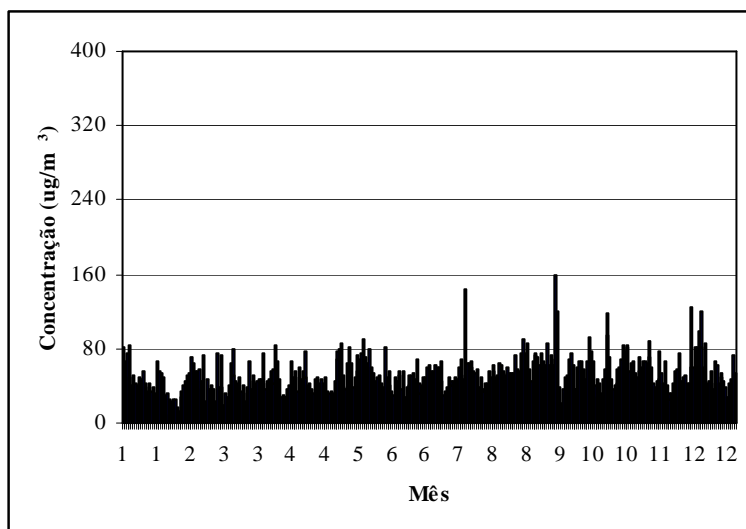


Figura 3.22: Concentração diária de ozônio, estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2008

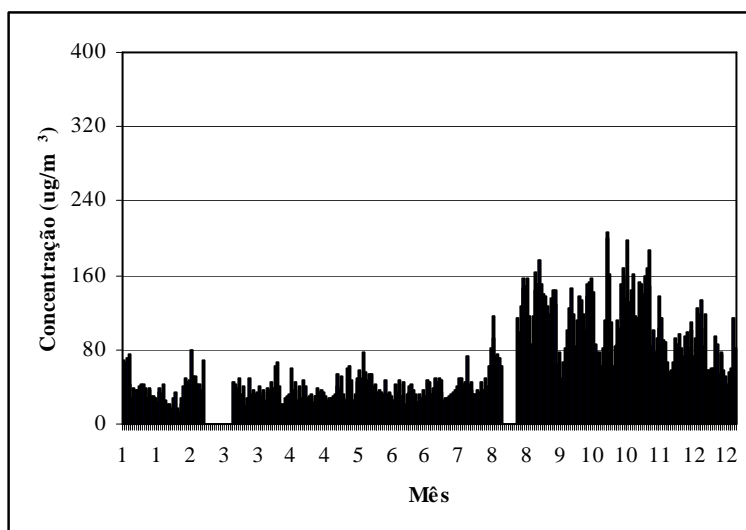


Figura 3.23: Concentração diária de ozônio, estação Bairro Petrovale, Betim, 2008

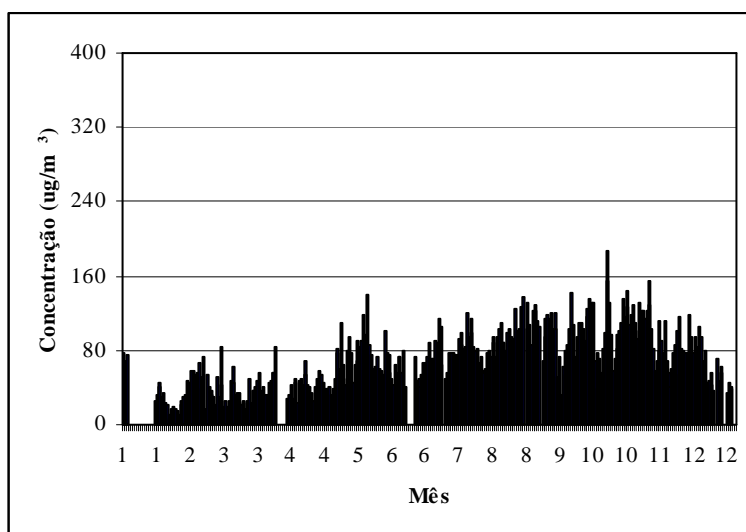


Figura 3.24: Concentração diária de ozônio, estação Saffran, Betim, 2008

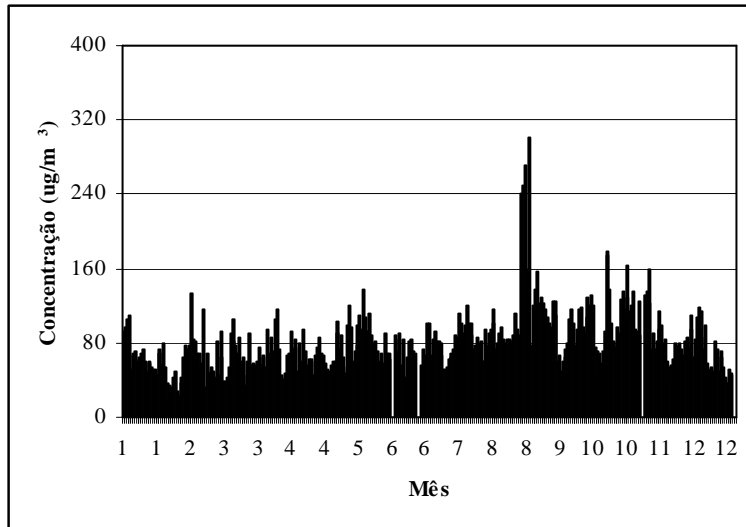


Figura 3.25: Concentração diária de Ozônio, estação Bairro Cascata, Ibirité, 2008

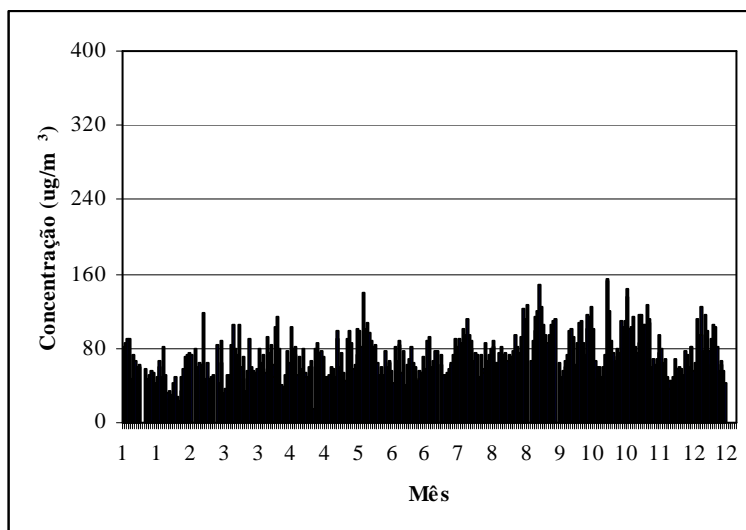


Figura 3.26: Concentração diária de ozônio, estação Ibiritermo, Ibirité, 2008

Tabela 3.4: Estatísticas descritivas para as concentrações de ozônio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), na RMBH, em 2008

| Município      | Estação                     | Estatísticas descritivas |         |        |       |               |                |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|---------|--------|-------|---------------|----------------|
|                |                             | Mínimo                   | Mediana | Máximo | Média | Desvio padrão | Omissos (dias) |
| Belo Horizonte | Praça Rui Barbosa           | 7,8                      | 53,3    | 152,8  | 56,1  | 25,69         | 43             |
| Betim          | Bairro Jardim das Alterosas | 8,2                      | 50,0    | 158,7  | 53,4  | 18,78         | 0              |
|                | Bairro Petrovale            | 12,2                     | 47,7    | 207,3  | 66,1  | 42,50         | 26             |
|                | Saffran                     | 6,5                      | 69,8    | 186,1  | 71,1  | 32,53         | 36             |
| Ibirité        | Bairro Cascata              | 21,9                     | 75,4    | 300,2  | 81,2  | 33,25         | 9              |
|                | Ibiritermo                  | 14,1                     | 72,1    | 154,8  | 74,0  | 23,68         | 16             |

Nota: \* indica que a média não é representativa

A concentração diária maior que  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registrada pela estação Saffran ( $186,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ocorreu no dia 16 de outubro; a segunda maior concentração ( $155,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ocorreu em 15 de outubro. Para a estação Bairro Jardim das Alterosas não houve ultrapassagem do limite permitido. Para a estação Bairro Petrovale, as ultrapassagens ocorreram nos dias 3 de setembro ( $164,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e 5 de setembro ( $175,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); e para os seguintes dias do mês de outubro: 15 ( $200,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 16 ( $207,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 17 ( $162,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 25 ( $167,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 28 ( $197,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e 31 ( $161 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); bem como, nos dias 8 ( $167,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e 10 ( $186,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de novembro. Em Ibirité, a estação Bairro Cascata registrou  $300,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , concentração superior a  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , em 30 de agosto. As concentrações de segunda ( $271,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); terceira ( $250,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); quarta ( $240,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); quinta ( $179,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); sexta ( $174,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e sétima ordem ( $162,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ocorreram em 28, 27 e 25 de agosto, 16, 15 e 28 de outubro, respectivamente.

### 3.1.5 Dióxido de Nitrogênio ( $\text{NO}_2$ )

A concentração diária de  $\text{NO}_2$  é representada pela maior média horária registrada no dia. As figuras 3.27 a 3.30 apresentam as concentrações diárias registradas pelas estações: Praça Rui Barbosa, Bairro Petrovale, Bairro Cascata e Ibiritermo.



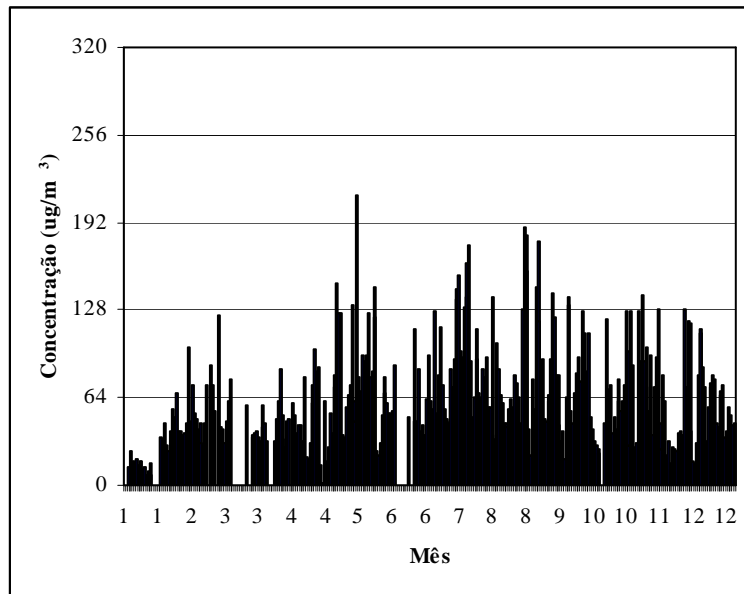


Figura 3.27: Concentração diária de dióxido de nitrogênio, estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2008

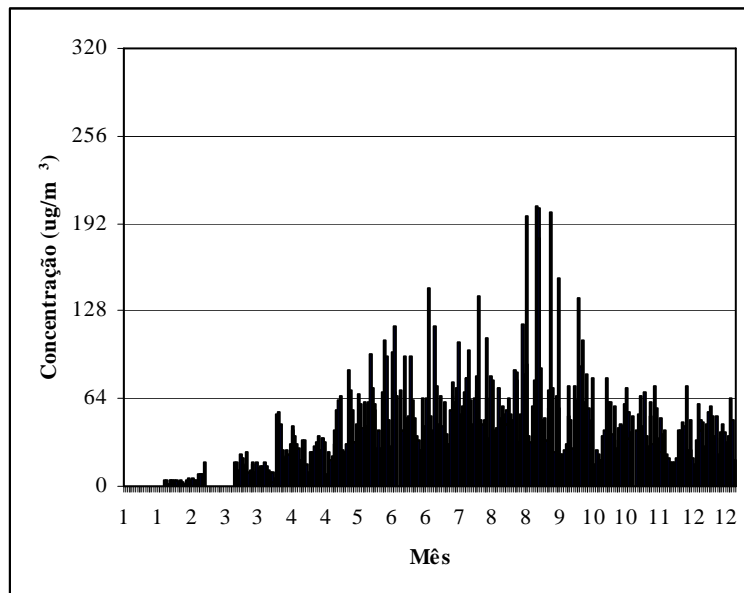


Figura 3.28: Concentração diária de dióxido de nitrogênio, estação Bairro Petrovale, Betim, 2008

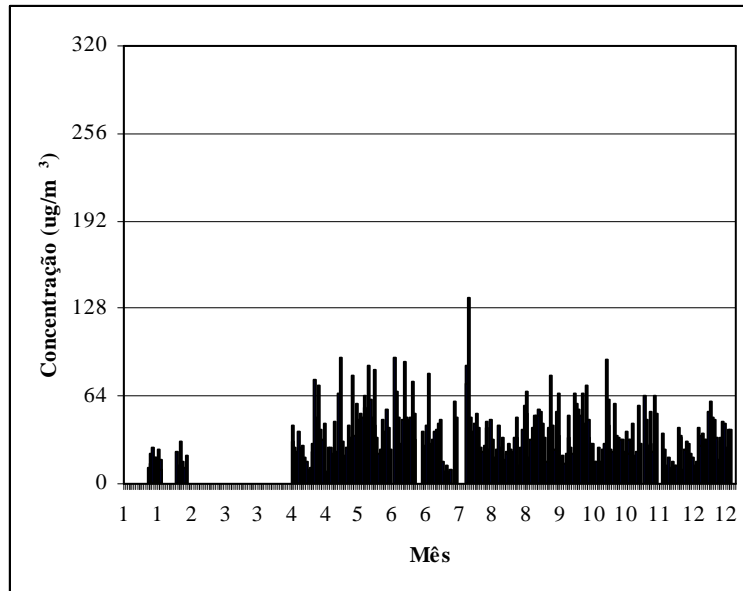


Figura 3.29: Concentração diária de dióxido de nitrogênio, estação Bairro Cascata, Ibirité, 2008

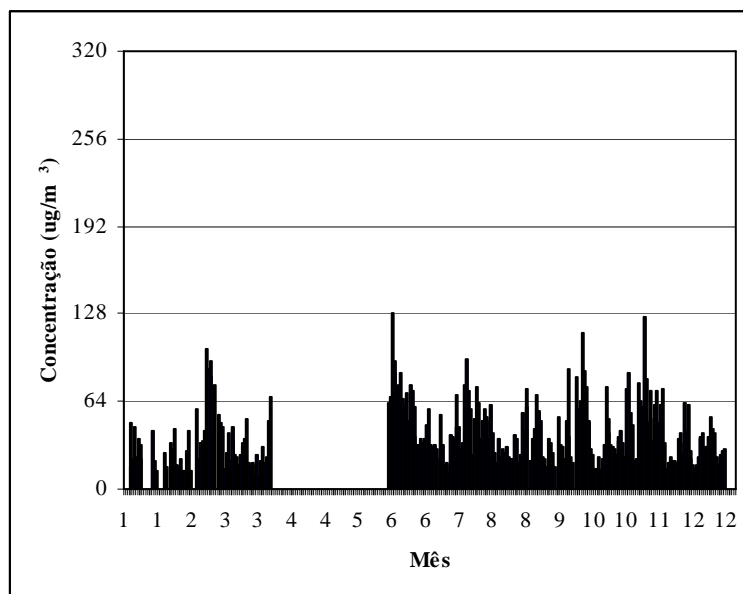


Figura 3.30: Concentração diária de dióxido de nitrogênio, estação Ibiritermo, Ibirité, 2008

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, estações Bairro Petrovale, em Betim, estações Bairro Cascata e Ibiritermo, em Ibirité.

Tabela 3.5: Estatísticas descritivas para as concentrações de dióxido de nitrogênio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), na RMBH, em 2007

| Município      | Estação           | Estatísticas descritivas |         |        |       |               |                |
|----------------|-------------------|--------------------------|---------|--------|-------|---------------|----------------|
|                |                   | Mínimo                   | Mediana | Máximo | Média | Desvio padrão | Omissos (dias) |
| Belo Horizonte | Praça Rui Barbosa | 1,9                      | 56,0    | 212,5  | 64,2  | 37,21         | 39             |
| Betim          | Bairro Petrovale  | 1,5                      | 40,9    | 204,3  | 46,2  | 32,95         | 43             |
| Ibirité        | Bairro Cascata    | 6,6                      | 32,9    | 135,2  | 36,3* | 19,08         | 103            |
|                | Ibiritermo        | 2,8                      | 34,2    | 128,1  | 40,0  | 22,29         | 98             |

Nota: \* indica que a média não é representativa. O analisador da estação Saffran não funcionou durante o ano de 2008.

As estações Praça Rui Barbosa, Bairro Petrovale e Ibiritermo atenderam o critério de representatividade para as concentrações máximas diárias de dióxido de nitrogênio. Tendo como base as médias anuais, observa-se que não foi registrada a ultrapassagem do padrão de qualidade do ar para esse poluente, que corresponde a  $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.2. Classes de Qualidade do Ar

A Tabela 3.6 apresenta a distribuição das classes de qualidade do ar para cada uma das nove estações. As estações Avenida Amazonas e Aeroporto Carlos Prates, ambas em Belo Horizonte, apresentaram as maiores frequências de dias sem a definição da qualidade do ar, 21,6% e 24,7%, respectivamente. Para as demais estações, as frequências de perdas ficaram abaixo de 10%.

Tabela 3.6: Distribuição percentual das classes de qualidade do ar, na RMBH, em 2008

| Município      | Estação                     | Classes de qualidade do ar |         |            |             |
|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|------------|-------------|
|                |                             | Boa                        | Regular | Inadequada | Omissos (%) |
| Belo Horizonte | Praça Rui Barbosa           | 71,3                       | 23,0    | 0          | 5,7         |
|                | Avenida Amazonas            | 78,4                       | 0       | 0          | 21,6        |
|                | Aeroporto Carlos Prates     | 71,2                       | 4,1     | 0          | 24,7        |
| Betim          | Bairro Jardim das Alterosas | 64,5                       | 34,4    | 1,1        | 0           |
|                | Bairro Petrovale            | 58,5                       | 38,8    | 2,7        | 0           |
|                | Saffran                     | 55,1                       | 35,3    | 0,3        | 9,3         |
| Ibirité        | Bairro Cascata              | 54,5                       | 41,4    | 1,9        | 2,2         |
|                | Ibiritermo                  | 60,9                       | 35,3    | 0          | 3,8         |

Nota: As porcentagens foram calculadas em relação aos 365 dias de cada ano. As porcentagens obtidas para Avenida Amazonas e Aeroporto Carlos Prates referem-se apenas ao parâmetro PM10.

Dentre os 84 dias cujas concentrações registradas pela estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte classificaram a qualidade do ar como Regular, 8 dias foram devidos exclusivamente ao PM10, 23 dias ao Ozônio, 19 dias ao poluente Dióxido de Nitrogênio e 4 dias foram devidos aos poluentes PM10 e O<sub>3</sub> conjuntamente (PM10+O<sub>3</sub>), 9 dias aos poluentes PM10 e Dióxido de Nitrogênio (PM10+NO<sub>2</sub>), 9 dias devidos aos poluentes Ozônio e Dióxido de Nitrogênio (O<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>) e 12 dias devidos aos poluentes PM10, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>.

Em Betim, estação Bairro Jardim das Alterosas, dentre os 126 dias com qualidade do ar Regular da, 97 dias foram devidos ao PM10, 20 dias ao Ozônio e 9 dias devidos aos poluentes PM10 e Ozônio conjuntamente. Os 4 dias com qualidade Inadequada foram devidos, exclusivamente, ao poluente PM10. Para a estação Bairro Petrovale, dentre os 142 dias classificados como Regular, 43 dias deveram-se a PM10, 67 dias ao O<sub>3</sub>, 2 dias

ao NO<sub>2</sub>, 22 dias aos poluentes PM10 e O<sub>3</sub>, 6 dias devido aos poluentes PM10 e NO<sub>2</sub>, 2 dias devidos aos poluentes O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>. Dentre os 10 classificados com qualidade Inadequada, pela estação Bairro Petrovale, 2 dias apresentaram qualidade Regular devidos ao poluente PM10 e 2 dias devidos aos poluentes PM10 e Ozônio. Para a estação Saffran, dentre os 129 dias classificados como Regular, 8 dias deveram-se ao PM10, 2 dias ao poluente monóxido de carbono (CO) e 114 dias ao O<sub>3</sub>, 5 dias foram devidos aos poluentes PM10 e O<sub>3</sub> conjuntamente; classificados com a qualidade do ar Inadequada devido ao ozônio; em 1 dia, a qualidade foi classificada como Inadequada devido ao poluente Ozônio.

A estação Bairro Cascata em Ibirité registrou 151 dias como Regular, sendo 143 dias devidos exclusivamente ao poluente ozônio (O<sub>3</sub>), 7 dias devidos aos poluentes PM10 e O<sub>3</sub>, 1 dia devido ao poluente O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>. Dentre os 7 dias, cuja qualidade do ar foi classificada como Inadequada, dois dias foram devidos aos poluentes PM10 e O<sub>3</sub> e cinco dias devidos, exclusivamente, ao poluente ozônio. Para a estação Ibiritermo, 129 dias obtiveram classificação Regular, sendo que 3 dias foram devidos ao poluente PM10, 112 dias foram devidos ao poluente Ozônio, 2 dias foram devidos ao poluente Dióxido de Nitrogênio, 10 dias foram devidos aos poluentes PM10 e O<sub>3</sub> conjuntamente, 2 dias foram devidos aos poluentes PM10 e NO<sub>2</sub> conjuntamente.

### **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, Betim e Ibirité.

Tabela 3.7: Estatísticas descritivas para a velocidade de vento (m/s), na RMBH, em 2008

| Município      | Estação                     | Estatísticas descritivas |         |        |       |               |                |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|---------|--------|-------|---------------|----------------|
|                |                             | Mínimo                   | Mediana | Máximo | Média | Desvio padrão | Omissos (dias) |
| Belo Horizonte | Praça Rui Barbosa           | 0,7                      | 1,4     | 2,7    | 1,4   | 0,44          | 84             |
|                | Avenida Amazonas            | 0,7                      | 1,3     | 2,3    | 1,4   | 0,34          | 50             |
|                | Aeroporto Carlos Prates     | 0,9                      | 2,5     | 4,9    | 2,6   | 0,79          | 60             |
| Betim          | Bairro Jardim das Alterosas | 0,4                      | 1,7     | 4,6    | 1,8   | 0,74          | 18             |
|                | Bairro Petrovale            | 0,6                      | 1,2     | 3,2    | 1,4   | 0,53          | 1              |
|                | Saffran                     | 0,6                      | 1,4     | 4,3    | 1,5   | 0,64          | 41             |
| Ibirité        | Bairro Cascata              | 0,4                      | 1,2     | 3,7    | 1,4   | 0,65          | 9              |
|                | Ibitermo                    | 0,6                      | 2,4     | 6,2    | 2,5   | 1,00          | 64             |

A média anual de velocidade de vento, para cada estação, pôde ser considerada representativa. A média das estações Praça Rui Barbosa, Avenida Amazonas e Aeroporto Carlos Prates corresponderam a 1,4 m/s, 1,4 m/s e 2,6 m/s, respectivamente. A região da estação Aeroporto Carlos Prates apresenta uma velocidade de vento bem superior que as regiões da avenida Amazonas e praça Rui Barbosa, estando mais próxima da média obtida pela estação Ibitermo, em Ibirité. Para as demais estações, a média anual é inferior a 2 m/s.

### 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 três direções predominantes de vento para a estação Praça Rui Barbosa de Belo

Horizonte foram Leste, Nordeste e Sudeste com 33,3%, 14,5% e 11,5% respectivamente. Para as estações Avenida Amazonas e Aeroporto Carlos Prates, as medições não foram consideradas válidas.

As estações Bairro Jardim das Alterosas, Saffran, Bairro Cascata e Ibiritermo não tiveram representatividade em função do menor número de dias com resultados para o sensor de direção de vento. Para a estação Bairro Petrovale, as três direções predominantes de vento foram Leste, Nordeste e Oeste com 24,6%, 37,2% e 8,7%, respectivamente. Para estação Bairro Cascata, as três direções predominantes de vento foram Nordeste, Norte e Leste com 33,6%, 29,3% e 8,2%, respectivamente.

### 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, Betim e Ibirité.

Tabela 3.8: Estatísticas descritivas para a temperatura do ar (°C), na RMBH, em 2008

| Município      | Estação                     | Estatísticas Descritivas |         |        |       |               |                |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|---------|--------|-------|---------------|----------------|
|                |                             | Mínimo                   | Mediana | Máximo | Média | Desvio padrão | Omissos (dias) |
| Belo Horizonte | Praça Rui Barbosa           | 18,0                     | 24,1    | 31,3   | 24,1  | 2,59          | 45             |
|                | Avenida Amazonas            | 14,7                     | 19,8    | 26,2   | 20,0  | 2,35          | 50             |
|                | Aeroporto Carlos Prates     | 16,6                     | 21,7    | 28,8   | 21,9  | 2,42          | 60             |
| Betim          | Bairro Jardim das Alterosas | 17,0                     | 22,2    | 28,4   | 22,4  | 2,18          | 18             |
|                | Bairro Petrovale            | 14,5                     | 20,7    | 26,6   | 20,7  | 2,40          | 0              |
|                | Saffran                     | 15,6                     | 21,5    | 27,3   | 21,6  | 2,49          | 39             |
| Ibirité        | Bairro Cascata              | 14,4                     | 20,9    | 27,2   | 20,9  | 2,29          | 9              |
|                | Ibiritermo                  | 15,9                     | 21,1    | 27,5   | 21,1  | 2,23          | 52             |

Todas as estações apresentaram médias anuais representativas, sendo que para a estação Praça Rui Barbosa, a média diária ultrapassou os 30 °C. O menor valor de temperatura média diária registrada foi registrada no mês de julho pelas estações: Praça Rui Barbosa (dia 16), Bairro Petrovale (dia 17), Saffran (dia 16), Bairro Cascata (dia 17) e Ibiritermo (dia 16); no mês de setembro, pelas estações Av. Amazonas (dia 18), Aeroporto Carlos Prates (dia 19) e Bairro Jardim das Alterosas (dia 18). Os dias mais quentes foram registrados em outubro pelas estações: Praça Rui Barbosa (dia 27), Av. Amazonas (dia 16 e 27), Aeroporto Carlos Prates (dia 27), Bairro Jardim das Alterosas (dia 28), Bairro Petrovale (dia 26), Saffran (dia 28), Bairro Cascata (dia 26) e Ibiritermo (dia 27).

### 3.3.4 Umidade Relativa do Ar

As estatísticas descritivas da umidade relativa do ar estão apresentadas na Tabela 3.9.

Tabela 3.9: Estatísticas descritivas para a umidade relativa (%) do ar, na RMBH, em 2008

| Município      | Estação                     | Estatísticas Descritivas |         |        |       |               |                |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|---------|--------|-------|---------------|----------------|
|                |                             | Mínimo                   | Mediana | Máximo | Média | Desvio padrão | Omissos (dias) |
| Belo Horizonte | Praça Rui Barbosa           | 39,3                     | 67,1    | 99,6   | 67,9  | 11,92         | 45             |
|                | Avenida Amazonas            | 45,1                     | 72,6    | 98,5   | 73,6  | 12,14         | 50             |
|                | Aeroporto Carlos Prates     | 42,6                     | 75,3    | 98,4   | 75,5  | 12,88         | 60             |
| Betim          | Bairro Jardim das Alterosas | 34,4                     | 64,4    | 93,0   | 65,0  | 12,73         | 20             |
|                | Bairro Petrovale            | 33,4                     | 67,0    | 98,8   | 67,3  | 13,91         | 0              |
|                | Saffran                     | 39,0                     | 66,1    | 96,6   | 66,7  | 11,90         | 39             |
| Ibirité        | Bairro Cascata              | 32,0                     | 66,7    | 97,4   | 65,7  | 12,98         | 65             |
|                | Ibiritermo                  | 30,3                     | 62,0    | 95,9   | 62,1  | 13,92         | 52             |



Médias horárias de umidade relativa do ar menores que 20% foram registradas pelas estações: Praça Rui Barbosa, em setembro e outubro; Av. Amazonas, em setembro e outubro; Aeroporto Carlos Prates, em outubro; Bairro Jardim das Alterosas e Bairro Petrovale, nos períodos de julho a outubro; Bairro Cascata, nos meses de fevereiro e março e no período de julho a outubro; Saffran e Ibiritermo, no período de julho a outubro.

Nos meses de agosto e setembro, foram registradas médias horárias de umidade relativa do ar menor que 20%. Para as estações Praça Rui Barbosa, Avenida Amazonas, Aeroporto Carlos Prates, Bairro Jardim das Alterosas, Saffran e Ibiritermo, a menor média diária foi obtida no período de 5 a 13 de setembro. Embora, para as estações Bairro Petrovale e Bairro Cascata, as menores médias tenham ocorrido em 25 de outubro e 17 de fevereiro, o período de 5 a 13 de setembro também se destaca por incluir a terceira e oitava menor média diária, respectivamente.

A hora mais seca do ano em Belo Horizonte foi registrada pelas estações Praça Rui Barbosa, Avenida Amazonas, Aeroporto Carlos Prates, Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale e Saffran, no dia 5 de outubro, entre 16 e 17 horas. Para as estações Bairro Cascata e Ibiritermo, as menores médias ocorreram às 14 horas e 16 horas, respectivamente.

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

Com a renovação do contrato PETROBRAS/REGAP para terceirizar a manutenção e operação da rede, houve uma melhora gradativa no número de medições obtidas ao longo do ano de 2008, praticamente em todas as estações automáticas pertencentes a essa empresa. Essa melhora contribuiu para que grande parte dos parâmetros monitorados atingisse o critério de representatividade.

Em 2008, para o município de Belo Horizonte, observou-se que as séries anuais de material particulado, registradas pelas estações Praça Rui Barbosa, Avenida Amazonas e Aeroporto Carlos Prates, apresentaram médias anuais de partículas inaláveis entre 14 e 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que não se distinguem grandemente das médias obtidas para as séries anuais de 2007. Em ambos os anos, essas médias anuais ficaram abaixo de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que é o padrão anual permitido por lei. As médias anuais obtidas pelas estações Bairro Jardim das Alterosas e Bairro Petrovale, em Betim, são superiores à média anual obtida pela estação Praça Rui Barbosa, em Belo Horizonte, em até 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Entre 2005 e 2008, observou-se um ligeiro aumento das concentrações médias anuais de PM10 para grande parte das estações da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Em relação ao poluente dióxido de enxofre, as médias anuais encontram-se bem abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90, que corresponde a 365  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; o que já vem sendo observado há vários anos.

O poluente ozônio definiu a qualidade do ar como regular, na RMBH, em uma frequência maior do que os demais poluentes. Na RMBH, essa frequência variou de 16% no bairro Jardim das Alterosas, em Betim, a 95% no bairro Cascata, em Ibirité. Em 2008, as estações Bairro Petrovale e Saffran, situadas no município de Betim, registraram ultrapassagens do padrão primário de qualidade do ar para o poluente ozônio, totalizando dez e uma ultrapassagens, respectivamente. A estação Bairro Cascata, localizada em Ibirité, registrou sete ultrapassagens desse padrão. A radiação solar contribui para a formação, do ozônio devido à presença de compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio na atmosfera. Entretanto, esse parâmetro não é monitorado pelas estações automáticas da RMBH.

Ao contrário de 2007, as séries de concentrações referentes ao poluente dióxido de nitrogênio atenderam o critério de representatividade para algumas estações. Essas séries não apresentaram ultrapassagem do padrão primário de  $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (concentração média de uma hora), durante os respectivos períodos de obtenção de dados válidos.

Em 2009, para a estação Trancredo Neves, situada no município de Contagem, foi realizada a compra de um equipamento mais moderno, que permitiu a transmissão das concentrações de poluentes e medições dos parâmetros meteorológicos realizadas por essa estação, bem como a compra de um analisador de material particulado de 2,5 micrômetros de diâmetro. Embora ainda não haja um padrão nacional para esse poluente, a FEAM iniciou esse monitoramento, uma vez que, por se tratar de partículas de diâmetros menores, são capazes de atingir os alvéolos dos pulmões.

## 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 <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 2 jul. 2002.
3. DUTRA, E.G. **Metodologia Teórico-Experimental para Determinação dos Parâmetros Básicos para Elaboração de Inventários de Emissão de Veículos Leves do Ciclo Otto**. Tese Ph.D. Escola de Engenharia da UFMG, 2007. 165p.
4. FEAM. Projeto inspeção veicular: capacitação e avaliação inicial. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Belo Horizonte, 2005. 92p.
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. FEAM. Licenciamento ambiental: coletânea de legislação. Fundação Estadual do Meio Ambiente; Projeto Minas Ambiente. 2ª. Edição, 2000, 438p.
7. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 3 nov. 2007.
8. INDI. Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais. Disponível em <<http://www.indi.mg.gov.br>>. Acesso em: 7 jul. 1996.
9. LIU, B.W.Y., FIORAVANTE, E.F. **Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte em 2005**. Relatório Técnico FEAM-RT-DIMOG-25/2006, Belo Horizonte, FEAM, 2006. 56p.

10. 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.
11. USEPA. United States Government. Electronic Code of Federal Regulations, Title 40 - Protection of Environment. Disponível em <<http://www.epa.gov>>. Acesso em: 11 jul. 2000.

---

---

EQUIPE RESPONSÁVEL PELO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

---

Técnicos: Álvaro Martins Júnior  
Antônio Alves dos Reis  
Edwan Fernandes Fioravante  
Elisete Gomides Dutra  
Rúbia Cecília Augusta Francisco

Telefone: (031) 3219-5723  
(031) 3219-5702