

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

COLABORADORES

Daniel Majuste

F981m	Fundação Estadual do Meio Ambiente. Monitoramento da qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte: período de 2001 a 2002. / Fundação Estadual do Meio Ambiente. -- Belo Horizonte: FEAM, 2003. 55p. : il., mapas 1. Qualidade do ar. 2. Ar 3. Poluição atmosférica II. Título CDU: 614.71
-------	---

Relatório Técnico

**Monitoramento da Qualidade do Ar na
Região Metropolitana de Belo Horizonte
Período de 2001 a 2002**

EQUIPE TÉCNICA

Beverly Wen Yuh Liu
Cláudia Melo de Assis
Daniel Majuste
Edwan Fernandes Fioravante
Elisete Gomides Dutra
Isis Laponez da Silveira
Miriam Regina Cardoso de Oliveira
Rita de Cássia Modesto Anizelli

-
- **FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM**
Ilmar Bastos dos Santos – Presidente
 - **DIRETORIA DE INFRA-ESTRUTURA E MONITORAMENTO**
Alice Beatriz Pereira Soares
 - **DIVISÃO DE QUALIDADE DO AR**
Beverly Wen Yuh Liu
 - **DIRETOR DE ATIVIDADES INDUSTRIAIS E MINERÁRIAS**
Zuleika S. Chiacchio Torquetti
 - **DIRETOR DE PLANEJAMENTO GESTÃO E FINANÇAS**
Marco Flávio Neves

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 2001 e 2002.

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

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. METODOLOGIA.....	11
2.1 LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS DE MONITORAMENTO	11
2.2 MÉTODOS DE MEDIÇÃO.....	14
2.3 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR	17
2.4 ÍNDICES DE QUALIDADE DE AR (IQA)	19
2.5 CRITÉRIOS PARA EPISÓDIOS AGUDOS DE POLUIÇÃO DO AR	20
3. RESULTADOS.....	22
3.1 CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS	22
3.1.1 <i>Partículas Inaláveis (PM-10)</i>	22
3.1.2 <i>Dióxido de Enxofre (SO₂)</i>	29
3.1.3 <i>Monóxido de Carbono (CO)</i>	32
3.1.4 <i>Ozônio (O₃)</i>	33
3.1.5 <i>Dióxido de Nitrogênio (NO₂)</i>	35
3.2 CLASSES DE QUALIDADE DO AR	36
3.3 DADOS METEOROLÓGICOS	38
3.3.1 <i>Velocidade de Vento</i>	38
3.3.2 <i>Direção de Vento</i>	42
3.3.3 <i>Temperatura do Ar</i>	42
3.3.4 <i>Umidade Relativa do Ar</i>	47
4. DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	52
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

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, Ibirité, 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 km² – 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), quando ocorre o fenômeno de inversão térmica. A precipitação anual é de cerca de 1.450mm e a direção predominante de vento é Leste.

A Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar é constituída de cinco 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.

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 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 Qualidade do Ar da FEAM e na Assessoria de Segurança e Meio Ambiente da REGAP.

Os poluentes monitorados nas três estações adquiridas pela REGAP foram Partículas Inaláveis (PM-10) e Dióxido de Enxofre (SO₂), 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.

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). 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 3 e 4, respectivamente.

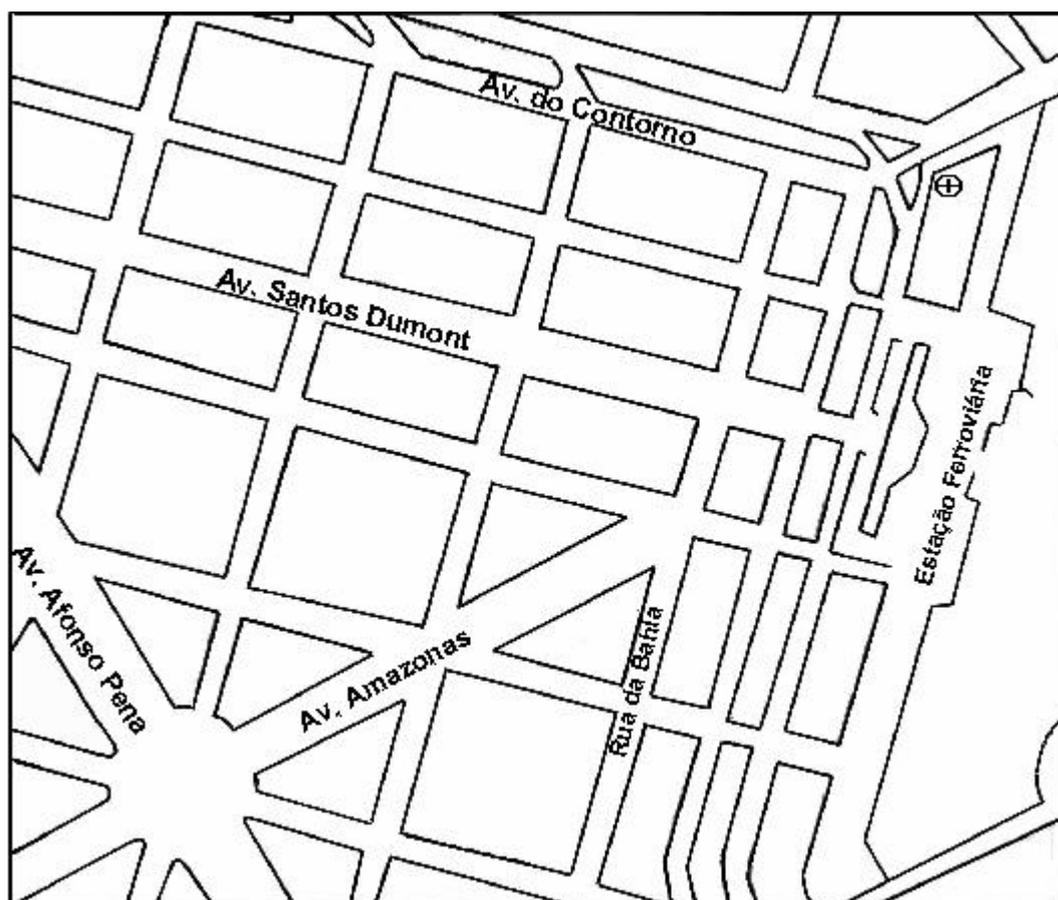


Figura 2 : Localização da Estação Praça Rui Barbosa (símbolo ⊕) na Região Central de Belo Horizonte.

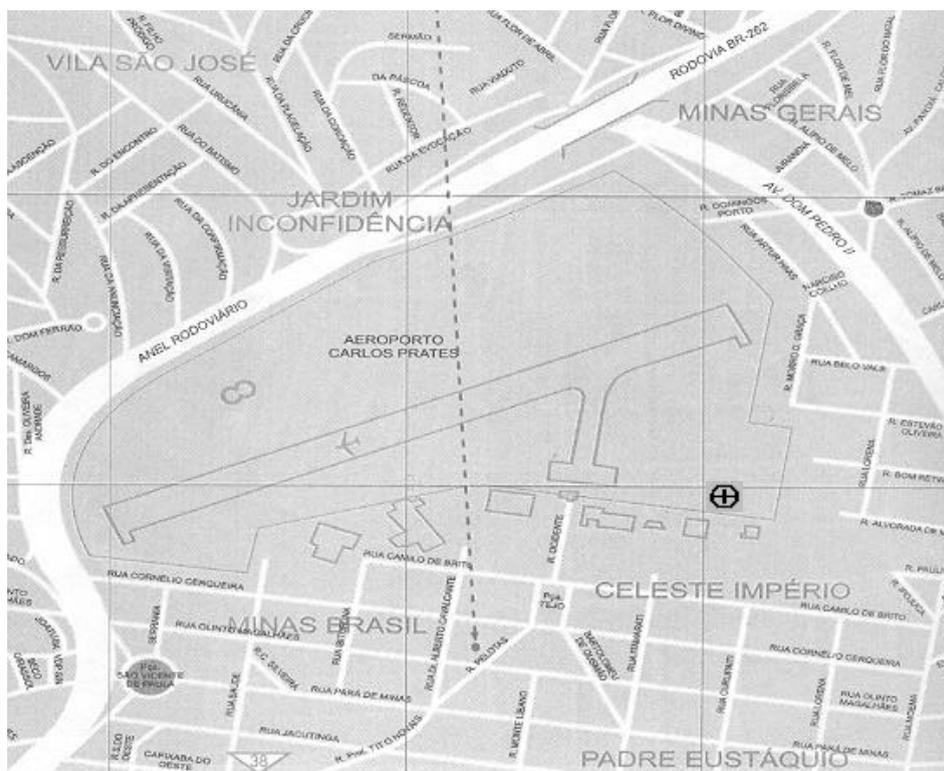


Figura 3 : Localização da Estação Aeroporto Carlos Prates (símbolo ⊕) na Região Noroeste de Belo Horizonte.



Figura 4 : 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 Estradas e Rodagem – DNER, em local próximo à Praça da CEMIG (Figura 5). 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.

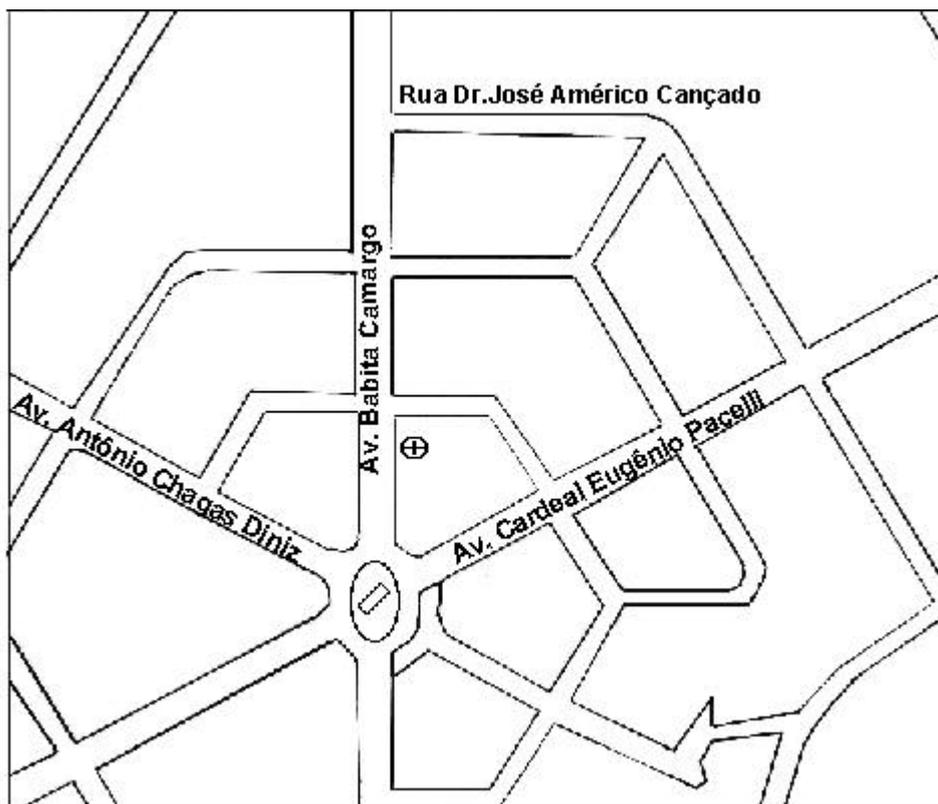


Figura 5 : Localização da Estação DNER (símbolo ⊕) na Região da Cidade Industrial de Contagem.

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 6). 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.

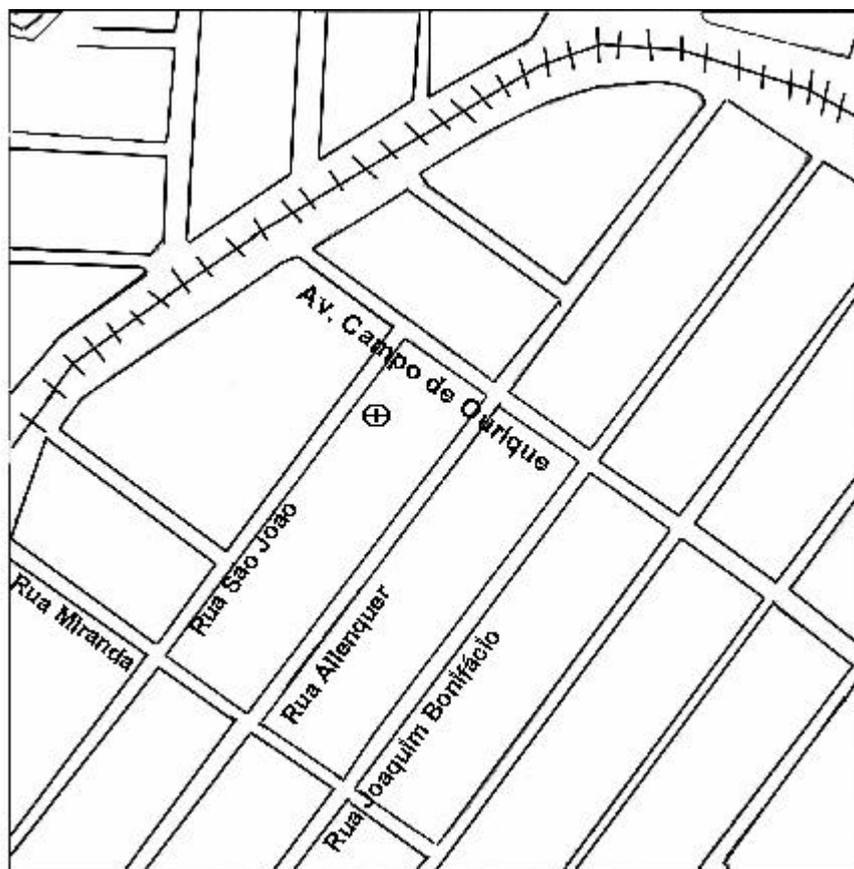


Figura 6 - Localização da Estação Bairro Jardim das Alterosas (símbolo ⊕) em Betim.

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 μm . 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 (SO_2) no ar atmosférico é o da Fluorescência por Radiação Ultravioleta (UV), cujo princípio se baseia na excitação da molécula de SO_2 por UV. O analisador (AF21M) funciona em regime contínuo, medindo a concentração de SO_2 de forma praticamente instantânea. As concentrações de SO_2 em partes por bilhão – ppb são apresentados como média de 15 minutos. A concentração média diária de 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 (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 (O_3 41M) 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Os óxidos de nitrogênio (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 NO_x através da emissão de luz (quimioluminescência) originada pela oxidação do NO em presença de Ozônio. O Dióxido de Nitrogênio (NO_2) é um gás marrom com odor característico. As concentrações de NO_2 ($\text{NO}_x - \text{NO}$) em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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, SO₂, CO, O₃, NO_x, 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 7.

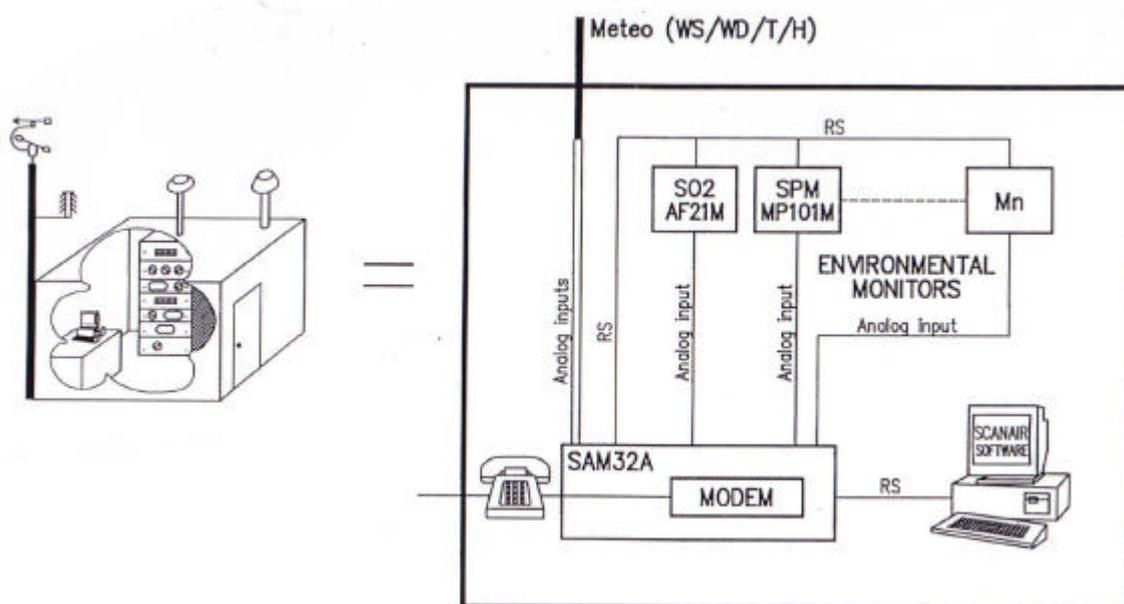


Figura 7 : Configuração das Estações Automáticas de Monitoramento da Qualidade do Ar

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, SO₂, CO, O₃, NO₂ 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 (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 (SO₂)**

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 (O₃)**

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 (NO₂)**

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, SO₂, CO, O₃ e NO₂ está apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Estrutura do Índice da Qualidade do Ar baseado nas concentrações de: Partículas Inaláveis (PM-10), Dióxido de Enxofre (SO₂), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃) e Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

Índice	Nível de Qualidade do Ar	Classificação da Qualidade do Ar	PM-10 Média 24 h (µg/m ³)	SO ₂ Média 24 h (µg/m ³)	CO Média 8 h (ppm)	O ₃ Média 1 h (µg/m ³)	NO ₂ Média 1 h (µg/m ³)	Cor de Referência
0		Boa						
50	50%PQAR ⁽¹⁾	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 cinco estações e as estatísticas obtidas para os parâmetros meteorológicos.

3.1 Concentrações de Poluentes Atmosféricos

São discutidos os resultados dos poluentes PM-10 e SO₂ obtidos em 2001 e 2002 nas cinco estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas na RMBH (cinco estações com PM-10 e três estações com SO₂). Para a Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte, outros resultados discutidos são: O₃, CO e NO₂.

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 2001 e 2002, obtidas nas estações de Belo Horizonte, Contagem e Betim, estão apresentadas nas Figuras 6 a 10, respectivamente.

Como pode ser visto na Figura 6, a série da Estação Praça Rui Barbosa em Belo Horizonte atendeu o critério de representatividade para os anos de 2001 e 2002, conseqüentemente, para esses anos, as médias anuais puderam ser consideradas representativas.

As concentrações médias diárias registradas pela Estação Praça Rui Barbosa em Belo Horizonte foram inferiores a 100 µg/m³, sendo que as mais altas concentrações ocorreram no período de maio a julho de 2001 e no período de julho a outubro de 2002 que

compreendem o período de inverno, quando as condições climáticas não são favoráveis à dispersão dos poluentes devido ao fenômeno de inversão térmica, que ocorre nessa época do ano.

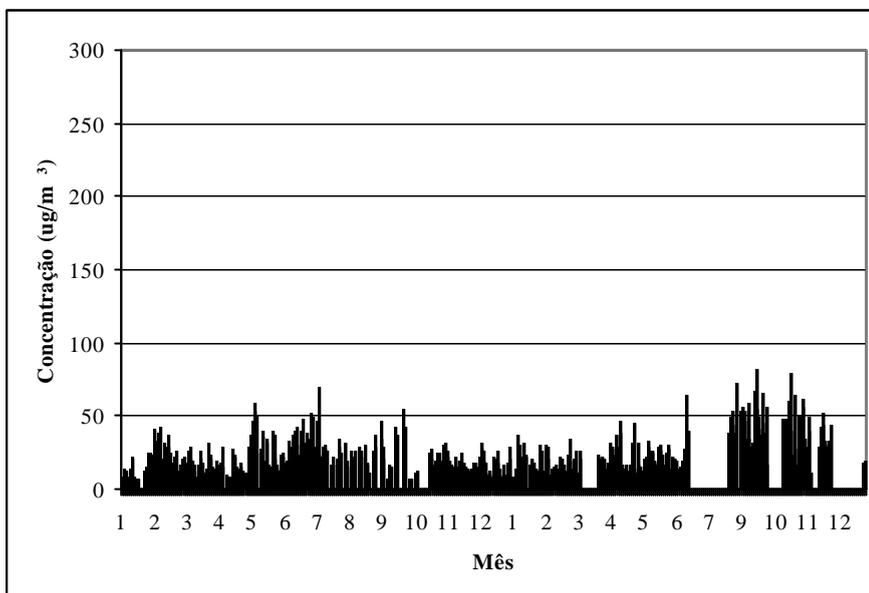


Figura 6: Concentração Média Diária de Partículas Inaláveis (PM-10), Estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2001 e 2002

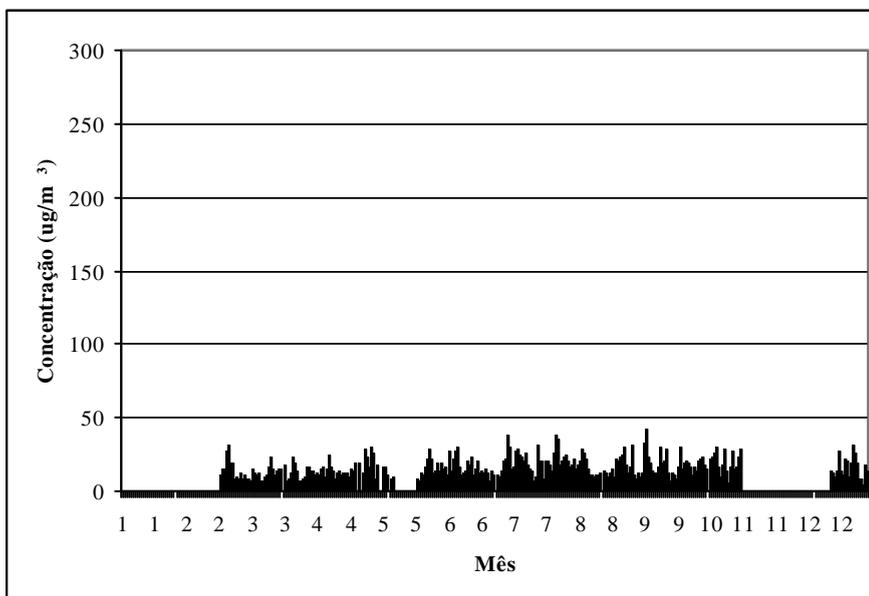


Figura 7: Concentração Média Diária de Partículas Inaláveis (PM-10), Estação Av. Amazonas, Belo Horizonte, 2002

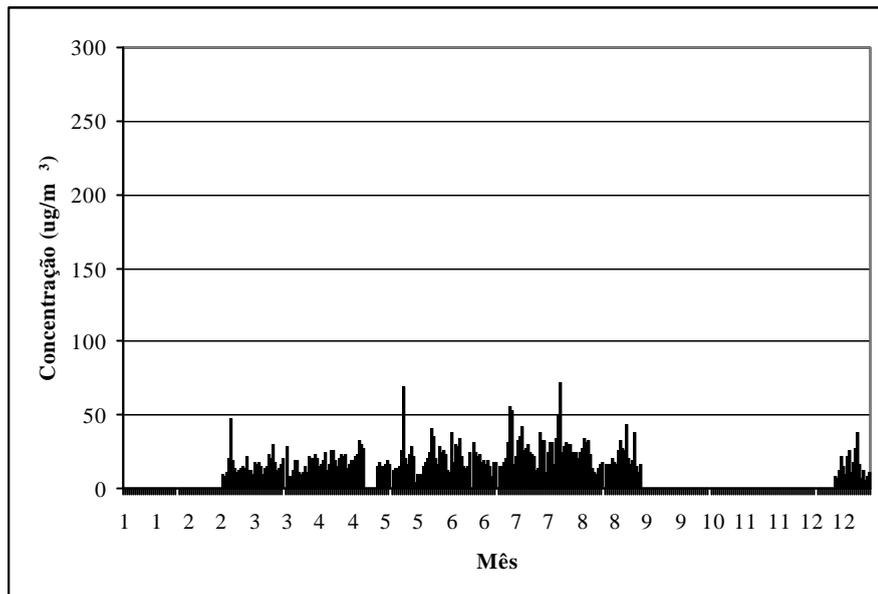


Figura 8: Concentração Média Diária de Partículas Inaláveis (PM-10), Estação Aeroporto Carlos Prates, Belo Horizonte, 2002

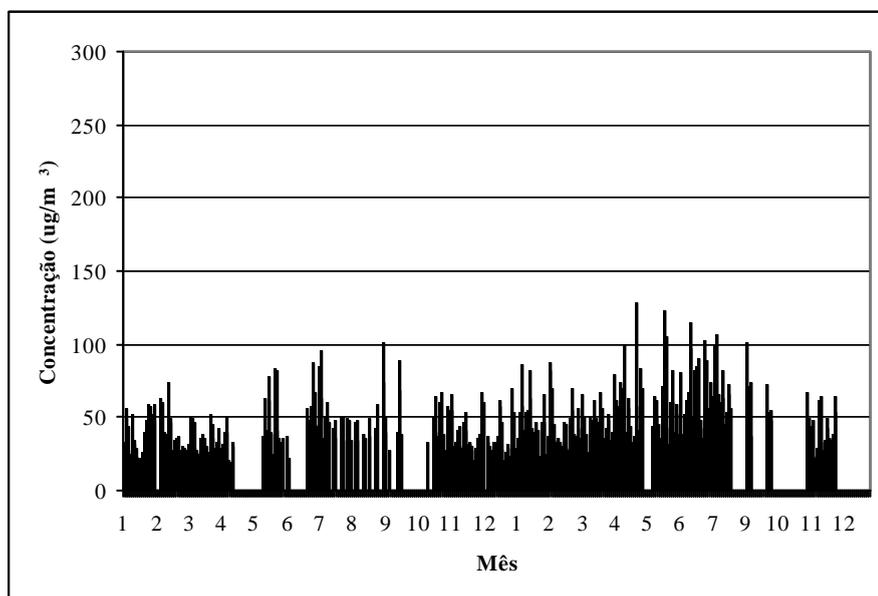


Figura 9: Concentração Média Diária de Partículas Inaláveis (PM-10), Estação DNER, Contagem, 2001 e 2002

Para a Estação Aeroporto Carlos Prates, situada em Belo Horizonte, o critério de representatividade não foi atendido. As concentrações registradas pela Estação Av. Amazonas foram inferiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto que as concentrações registradas pela Estação Aeroporto Carlos Prates atingiu valores de 68,7; 56,2 e $72,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 17 de maio, 8 de julho e 2 de agosto, respectivamente.

A série da Estação DNER de Contagem não atendeu o critério de representatividade para o terceiro quadrimestre de 2002, conseqüentemente, para esse ano, a média anual não pôde ser considerada representativa. As concentrações mais altas foram observadas no período de 4 de maio a 2 de setembro de 2002.

Já a série da Estação Bairro Jardim das Alterosas de Betim atendeu o critério de representatividade em todos os quadrimestres de 2001 e 2002. As concentrações de PM-10 mais altas ocorreram no período de 14 de junho a 11 de setembro de 2001 e no período de 17 de maio a 14 de setembro de 2002. Os meses de julho de 2001 e junho de 2002 apresentaram concentrações próximas a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $148,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (12 de julho de 2001) e $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (14 de junho de 2002), respectivamente.

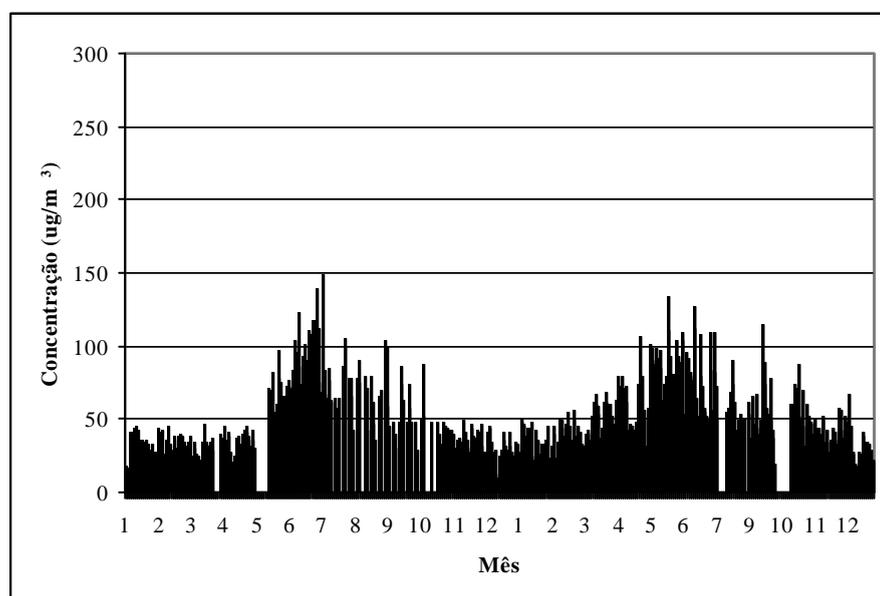


Figura 10: Concentração Média Diária de Partículas Inaláveis (PM-10), Estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2001 e 2002

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas para as séries anuais de concentração de PM-10 nas estações de Belo Horizonte, Contagem e Betim em 2001 e 2002. Essas estatísticas foram obtidas a partir das concentrações médias diárias de PM-10 registradas pelas cinco estações.

Tabela 1: Estatísticas Descritivas para as Concentrações de Partículas Inaláveis (PM-10 em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) na RMBH em 2001 e 2002

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç Rui Barbosa	2001	4,4	19,0	69,8	21,3	10,79	67
		2002	5,7	21,3	81,9	25,6	15,03	119
	Av. Amazonas	2002	3,9	14,8	41,5	16,5	6,90	106
	Aeroporto	2002	4,3	18,8	72,3	20,8*	10,10	149
Contagem	DNER	2001	11,8	35,9	100,8	39,2	15,74	124
		2002	12,9	44,7	128,7	47,6*	21,10	110
Betim	B. Jardim das Alterosas	2001	7,1	39,0	148,9	47,3	25,0	72
		2002	5,5	45,0	133,0	49,7	22,83	34

Nota: * indica que a média não é representativa

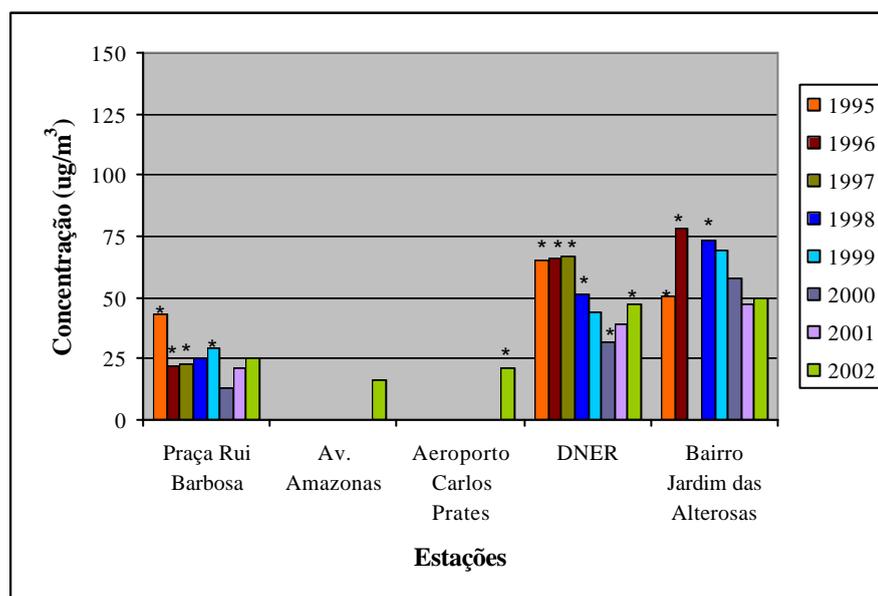
As estações Praça Rui Barbosa e Av. Amazonas obtiveram médias anuais representativas. Essas médias anuais não ultrapassaram o padrão anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) da Resolução CONAMA 03/90. Tanto em 2001 quanto em 2002, as concentrações obtidas pelas estações de Belo Horizonte foram inferiores a $100 \text{ mg}/\text{m}^3$. Utilizando as estatísticas Mínimo e Mediana, pode-se afirmar que 50% das concentrações obtidas em 2002 pela Estação Praça Rui Barbosa situaram-se entre $5,7 \text{ mg}/\text{m}^3$ e $21,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ e pela Estação Av. Amazonas entre $3,9 \text{ mg}/\text{m}^3$ e $14,8 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Para o ano de 2002, a Estação DNER não obteve média anual representativa. Para a série de 2001, pode-se afirmar que 50% dos dados situaram-se entre $11,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $35,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A maior concentração média diária, $100,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, foi registrada em 11 de setembro de 2001.

Na Estação Bairro Jardim das Alterosas, verifica-se que 50% das concentrações obtidas em 2001 situaram-se entre 7,1 e 39,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; para o ano de 2002, esse intervalo compreende valores situados entre 5,5 a 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Em 2001, a maior concentração média diária 148,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ foi registrada em 12 de julho. Em 2002, a maior concentração média diária foi registrada em 14 de junho.

Em todas as estações, a variação em torno da concentração média anual de PM-10 obtida para cada ano foi alta. O coeficiente de variação (média anual dividida pela desvio-padrão) variou de 0,40 (Estação DNER em 2001) a 0,59 (Estação Praça Rui Barbosa em 2002).

A Figura 9 apresenta as médias anuais de PM-10 de 1995 a 2002 para as cinco estações 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 11: Médias Anuais da Concentração de Partículas Inaláveis (PM-10) no período 1995-2002

As médias anuais de PM-10 obtidas para a Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte de 1995 a 1997 e para o ano de 1999 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 e 2002 correspondem a 25,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 13,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 21,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 25,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Todas essas médias estão abaixo de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que é o padrão anual permitido pela Lei.

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 4 últimas séries anuais da Estação Bairro Jardim das Alterosas apresentou médias anuais de PM-10 representativas: 39,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; 31,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; 47,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 49,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A Figura 12 mostra a evolução das concentrações médias mensais de PM-10 durante 2001 e 2002. Para o cálculo dos valores médios mensais referentes à RMBH considerou-se as médias diárias de cada estação para esse poluente em cada mês.

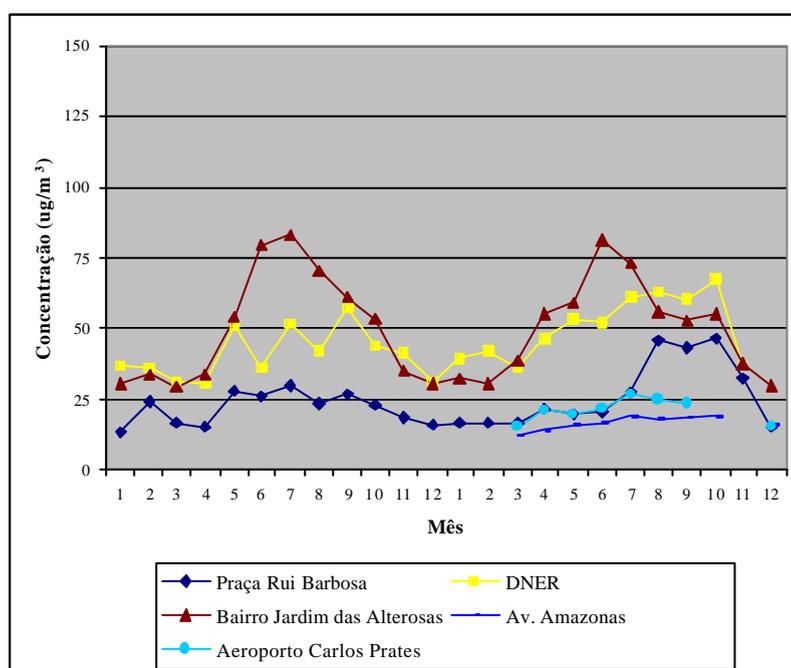


Figura 12: Evolução das Concentrações Médias Mensais de (PM-10) na RMBH em 2001 e 2002

Para a Estação de Belo Horizonte, as concentrações médias mensais de PM-10 obtidas em 2001 foram representativas para o período de janeiro a julho e para os meses de novembro e dezembro. Em 2002, as médias representativas ocorreram no período de janeiro a março e nos meses de maio, junho e setembro.

As concentrações médias mensais registradas pela Estação Av. Amazonas foram representativas para os meses de março, abril, junho a outubro. Para a Estação Aeroporto Carlos Prates, as concentrações foram representativas para o período de março a agosto.

As concentrações médias mensais de PM-10 registradas para a Estação DNER foram representativas para os meses de janeiro, fevereiro, março, julho, novembro e dezembro de 2001; janeiro a abril, junho, julho e novembro de 2002.

Para a Estação Bairro Jardim das Alterosas, as concentrações médias mensais de PM-10 foram representativas para os meses de janeiro a abril, junho, julho, novembro e dezembro de 2001, e para os meses de 2002: janeiro a julho, setembro, novembro e dezembro.

As séries anuais de dados das estações de Belo Horizonte, Contagem e Betim apresentaram, em 2001 e 2002, o mesmo comportamento das séries anuais obtidas para o ano de 2000. 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 (SO₂)

Os dados de concentração média diária de SO₂ obtidos para as estações de Belo Horizonte (Praça Rui Barbosa), Contagem (DNER) e Betim (Bairro Jardim da Alterosa) em 2001 e 2002 estão apresentados nas Figuras 13, 14 e 15, respectivamente. Essas concentrações são muito baixas em relação à concentração média diária permitida por Lei que corresponde a 365 µg/m³.

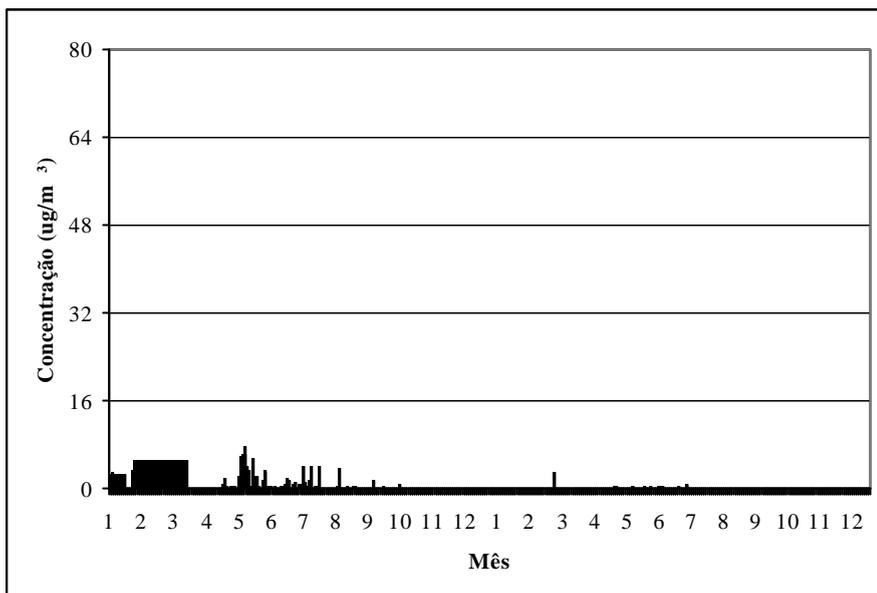


Figura 13: Concentração Média Diária de Dióxido de Enxofre, Estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2001 e 2002

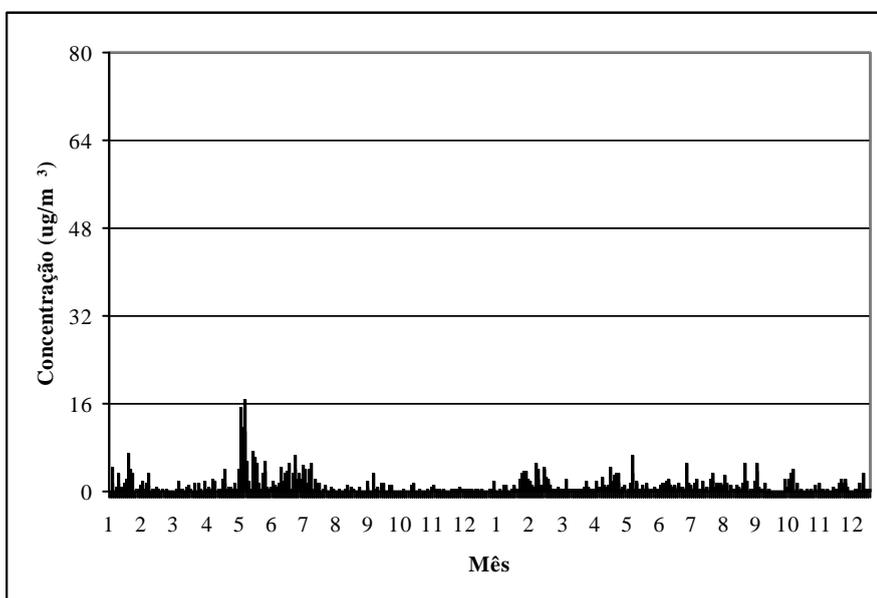


Figura 14: Concentração Média Diária de Dióxido de Enxofre, Estação DNER, Contagem, 2001 e 2002

Para a Estação Praça Rui Barbosa, nos anos de 2001 e 2002, os quadrimestres atenderam o critério de representatividade; conseqüentemente, as respectivas médias anuais de SO₂ puderam ser consideradas representativas.

Todos os quadrimestres de 2001 e 2002 atenderam o critério de representatividade para a Estação DNER, como pode ser visualizado na Figura 14. A Estação Bairro Jardim das Alterosas também atendeu o critério de representatividade tanto em 2001 quanto no ano de 2002 e está representada na Figura 15 a seguir.

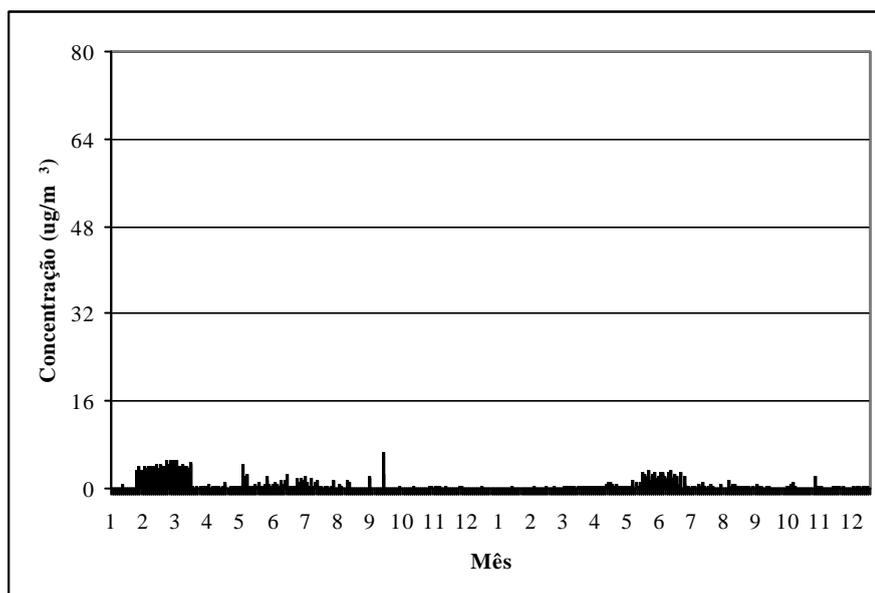


Figura 15: Concentração Média Diária de Dióxido de Enxofre, Estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2001 e 2002

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas para as séries anuais de concentração de SO₂ para as estações de Belo Horizonte, Contagem e Betim. A concentração média anual de SO₂ em 2001 é igual a 1,4 µg/m³ para Estação Praça Rui Barbosa; 1,1 µg/m³ para Estação DNER e 1,0 µg/m³ para Estação Bairro Jardim das Alterosas. Em 2002, as médias anuais de SO₂ para Belo Horizonte, Contagem e Betim apresentaram-se inferior à média obtida para o ano de 2001: zero, 0,8 e 0,4 µg/m³, respectivamente.

Tabela 2: Estatísticas Descritivas para as Concentrações de Dióxido de Enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na RMBH em 2001 e 2002

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç. Rui Barbosa	2001	0	0	7,6	1,4	2,06	65
		2002	0	0	2,9	0,02	0,18	47
Contagem	DNER	2001	0	0,5	16,7	1,1	2,12	61
		2002	0	0,5	6,5	0,8	1,04	19
Betim	B. Jardim das Alterosas	2001	0	0,3	6,5	1,0	1,55	62
		2002	0	0,3	3,4	0,4	0,72	41

Dividindo-se, a média pelo desvio-padrão obtém-se o coeficiente de variação que permitirá a variação das medições em diferentes anos. A série de medições de SO_2 da Praça Rui Barbosa apresentou um aumento na variação das medições entre 2001 e 2002. O coeficiente de variação passou de 1,5 em 2001 para 9,0 em 2002. Para Estação DNER os coeficientes de variação em 2001 e 2002 corresponderam a 1,9 e 1,3, respectivamente, sendo que para a Estação Bairro Jardim das Alterosas, esses coeficientes de variação corresponderam a 1,6 e 1,8.

3.1.3 Monóxido de Carbono (CO)

A Figura 16 e a Tabela 3 apresentam os dados de concentração diária de CO e as estatísticas descritivas, respectivamente, obtidas para a Estação Praça Rui Barbosa.

Tabela 3: Estatísticas Descritivas para as Concentrações de Monóxido de Carbono (ppm) em Belo Horizonte nos anos de 2001 e 2002

Estação	Ano	Estatísticas Descritivas						
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Omissos (dias)
Belo Horizonte	2001	0,2	0,9	7,2	1,2	0,91	0,73	97
Belo Horizonte	2002	0,0	0,9	4,0	1,1	0,65	0,61	39

Nota: * indica que os valores não são representativos

A concentração diária de CO corresponde à maior média de 8 horas. Nos anos de 2001 e 2002, todos os quadrimestres atenderam o critério de representatividade; conseqüentemente, as médias anuais de 2001 e 2002 puderam ser consideradas representativas.

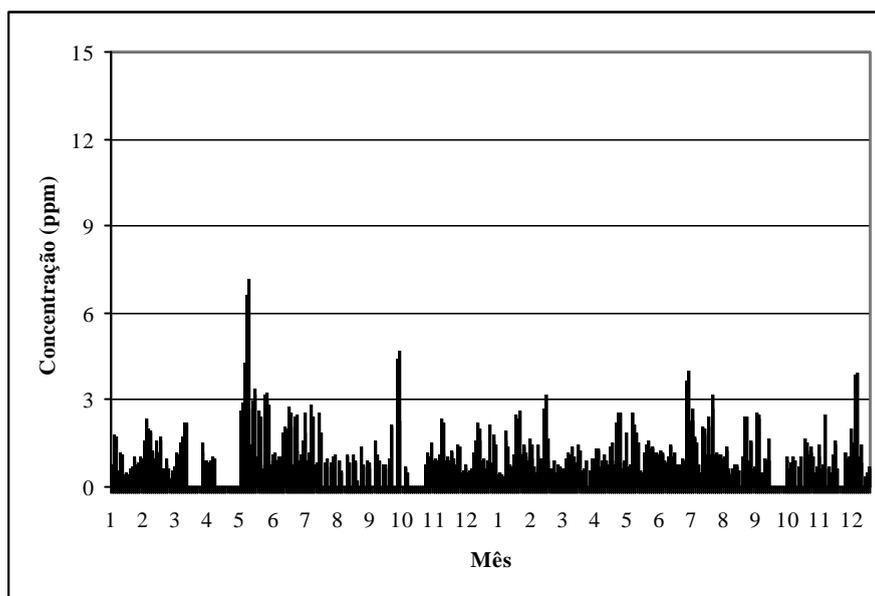


Figura 16: Concentração Diária de Monóxido de Carbono, Estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2001 e 2002

Em 2001 e 2002, as menores concentrações obtidas foram 0,2 ppm e zero ppm, respectivamente. Como ocorrido para os poluentes PM-10 e SO₂, os coeficientes de variação dessas séries é elevado mas ainda assim são inferiores aos coeficientes de variação de SO₂.

As maiores concentrações diárias, 7,2 ppm em 2001 e 4,0 ppm em 2002, ocorreram em 12 de maio e 9 de julho, respectivamente. Essas concentrações não ultrapassaram o limite de 9 ppm permitidos pela Resolução CONAMA 03/90.

3.1.4. Ozônio (O₃)

A concentração diária de O₃ é representada pela maior média horária registrada no dia. Os dados de concentração diária de O₃ obtidos para Estação Praça Rui Barbosa em 2001

e 2002 estão apresentados na Figura 17 e as respectivas estatísticas descritivas estão apresentadas na Tabela 4.

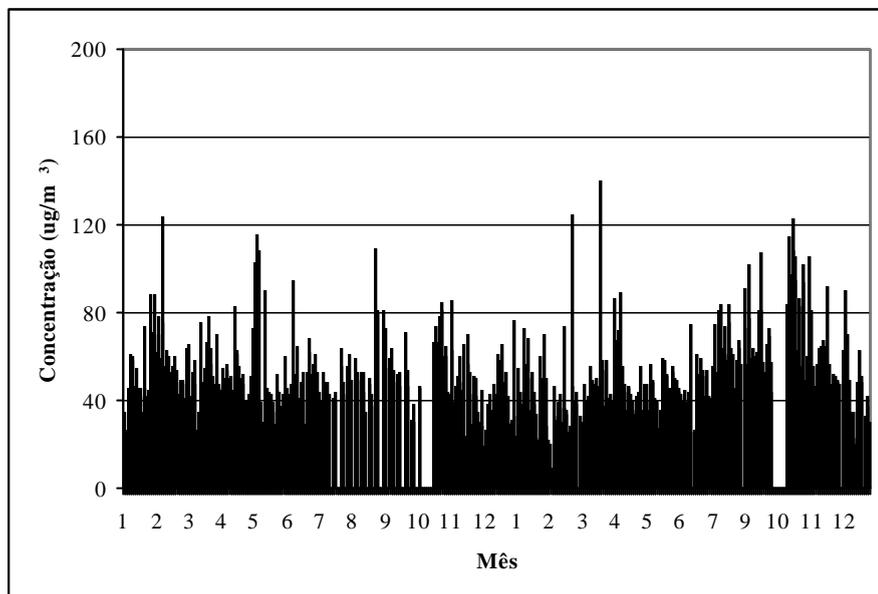


Figura 17: Concentração Diária de Ozônio, Estação de Belo Horizonte, 2001 e 2002

Os anos de 2001 e 2002 não apresentam grandes diferenças entre si, quer seja em relação às médias obtidas quer seja em relação às maiores concentrações de ozônio.

Tabela 4: Estatísticas Descritivas para as Concentrações de Ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em Belo Horizonte nos anos de 2001 e 2002

Estação	Ano	Estatísticas Descritivas						
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Omissos (dias)
Belo Horizonte	2001	12,7	46,3	123,4	48,9	16,61	0,3	57
Belo Horizonte	2002	7,4	46,0	139,7	49,2	19,88	0,4	32

Nota: * indica que os valores não são representativos

A maior concentração diária de 2001, $123,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ocorreu em 7 de fevereiro, e a segunda maior concentração, $115,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ocorreu em 10 de maio. Em 2002, a maior

concentração, $139,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ocorreu em 11 de abril e a segunda maior concentração, $124,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ocorreu em 15 de março. Não houve ultrapassagem do limite permitido pela Resolução CONAMA 03/90 que é de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.1.5 Dióxido de Nitrogênio (NO_2)

O monitor de dióxido de nitrogênio foi instalado na Estação Praça Rui Barbosa em abril de 1999 e teve um período curto de funcionamento, até julho do mesmo ano. Esse equipamento retornou em 18 de setembro de 2001, conseqüentemente, a média anual para 2001 não pôde ser considerada representativa. A concentração diária de NO_2 é representada pela maior média horária registrada no dia.

A Figura 18 e a Tabela 5 apresentam as concentrações diárias e as estatísticas de NO_2 que variaram de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $149,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2002.

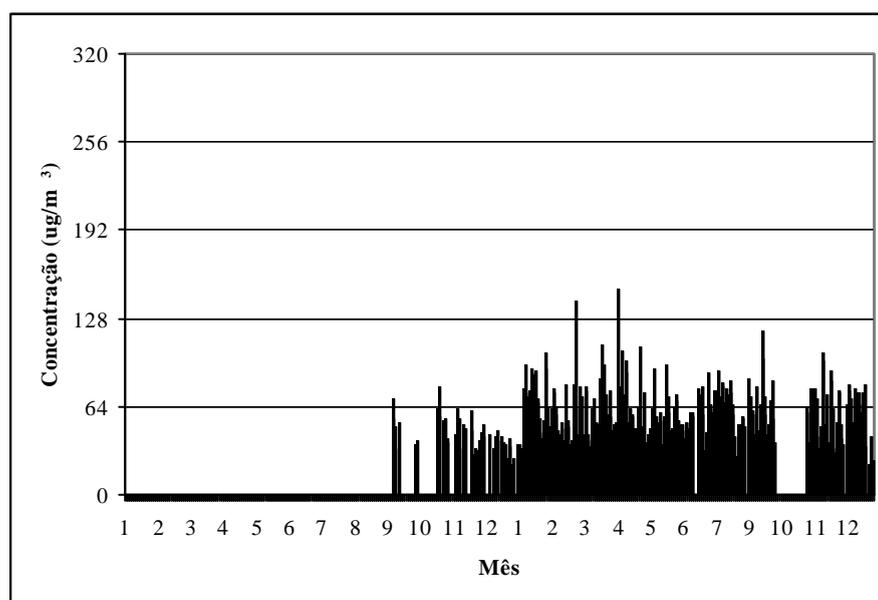


Figura 18: Concentração Diária de Dióxido de Nitrogênio, Estação de Belo Horizonte, 2001 e 2002

O maior valor foi registrado em 25 de abril. Essa série apresentou média igual a $55,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e desvio padrão igual a $20,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 5: Estatísticas Descritivas para as Concentrações de Dióxido de Nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em Belo Horizonte nos anos de 2001 e 2002

Estação	Ano	Estatísticas Descritivas						
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Omissos (dias)
Belo Horizonte	2001	24,4	41,6	78,5	43,6*	12,05	0,3	321
Belo Horizonte	2002	15,0	52,2	149,8	55,8	20,56	0,4	57

Nota: * indica que os valores não são representativos

O coeficiente de variação da série de concentrações máximas diárias de NO_2 em 2002 apresentou valor bastante próximo ao obtido para o poluente ozônio em 2001 e 2002.

3.2. Classes de Qualidade do Ar

A Tabela 6 apresenta a distribuição das classes de qualidade do ar para cada uma das cinco estações.

Tabela 6: Distribuição Percentual das Classes de Qualidade do Ar na RMBH em 2001 e 2002

Município	Estação	Ano	Classes de Qualidade do Ar				Omissos (%)
			Boa	Regular	Inadequada	Má	
Belo Horizonte	Pç. Rui Barbosa	2001	78,9	5,5	0	0	15,6
		2002	80,6	12,6	0	0	6,8
	Av. Amazonas Aeroporto	2002	71,0	0	0	0	29,0
		2002	58,1	1,1	0	0	40,8
Contagem	DNER	2001	70,1	13,2	0	0	16,7
		2002	67,7	27,1	0	0	5,2
Betim	B. Jardim das Alterosas	2001	60,5	24,7	0	0	14,8
		2002	56,7	34,8	0	0	8,5

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

Na Estação Praça Rui Barbosa, houve um aumento na porcentagem de dados válidos de 2001 para 2002. Em 2001, 20 dias foram classificados como classe de qualidade Regular; os parâmetros responsáveis exclusivamente por essas classificações foram O₃ e PM10 em 14 dias e 2 dias, respectivamente. O parâmetro PM10 juntamente com O₃ (1 dia), CO (1 dia), O₃ + CO (2 dias) foram responsáveis por 4 dias. Em 2002, 46 dias foram classificados como classe de qualidade Regular; os parâmetros responsáveis exclusivamente por essas classificações foram: O₃ (19 dias); PM-10 (12 dias); NO₂ (5 dias). Os 10 dias restantes devem-se aos parâmetros: PM10 + O₃ (7 dias), O₃ + NO₂ (2 dias), PM10+O₃+NO₂ (1 dia).

A Estação DNER de Contagem apresentou em 2002 uma redução na porcentagem de omissos. Para essa estação, o parâmetro PM-10 é o responsável pela definição da classe de qualidade do ar. Em 2001, os meses de abril, maio, junho, agosto, setembro e outubro não atenderam o critério de representatividade para o parâmetro PM-10. Em 2002, os meses de maio, agosto, setembro, outubro e dezembro não atenderam o critério de representatividade para o parâmetro PM10.

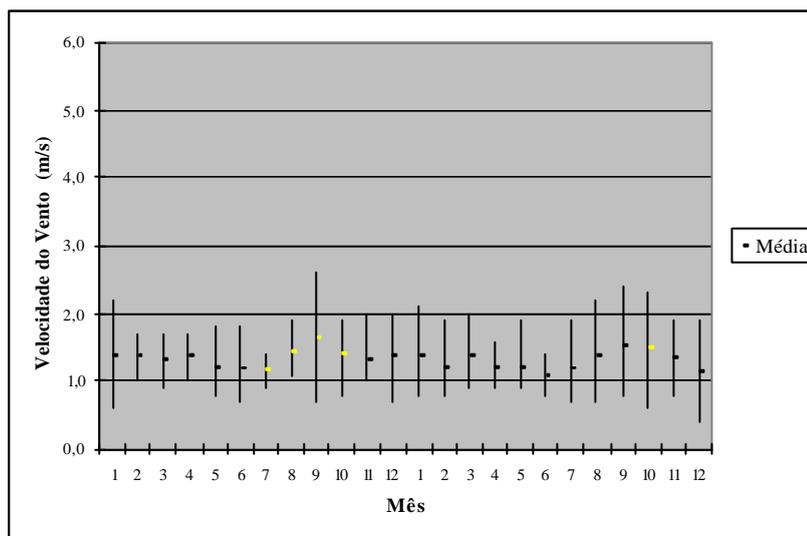
Na Estação Bairro Jardim das Alterosas de Betim, embora tenham sido observadas as concentrações de PM-10 mais baixas em 2001 do que em 2002, houve uma redução na porcentagem de dias cuja classe de qualidade do ar foi classificada como Boa em 2002. A porcentagem de dias de classe Regular aumentou aproximadamente 10% de 2001 para 2002. Tanto em 2001 quanto em 2002, não houve registro de dias com classe de qualidade Irregular como ocorrido no ano de 2000.

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 Figura 19 apresenta as médias mensais e respectivas amplitudes da velocidade de vento para a Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte. Todos os quadrimestres de 2001 e 2002 atenderam o critério de representatividade utilizado para a obtenção da média anual.

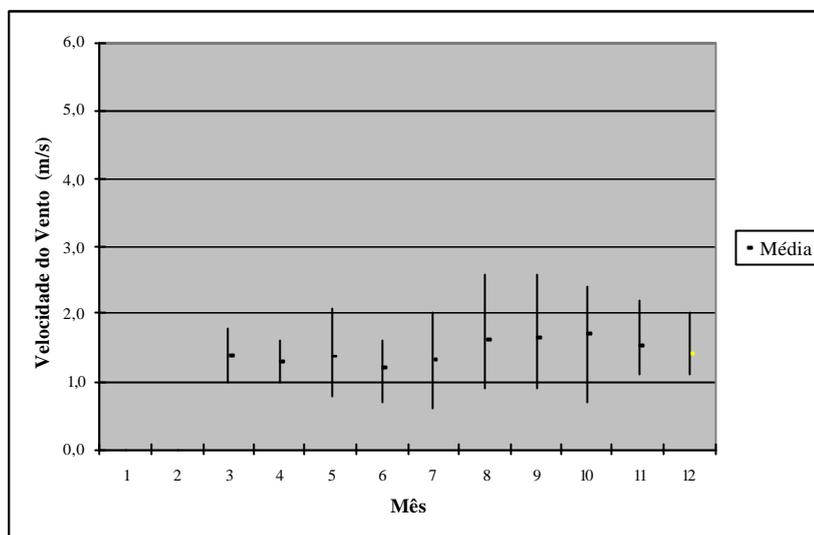


Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 19: Velocidade Média Mensal de Vento e sua Respectiva Amplitude, Estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2001 e 2002

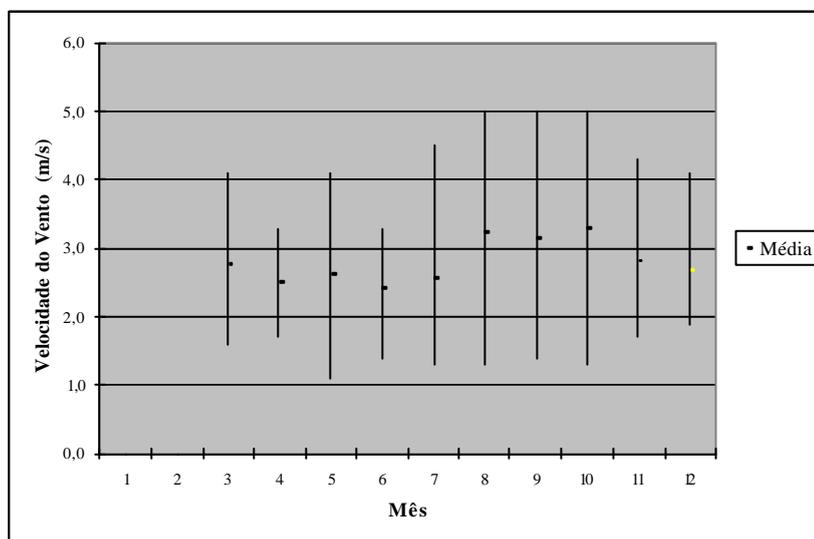
As Figuras 20 e 21 apresentam as médias mensais da velocidade de vento para as estações Av. Amazonas e Aeroporto Carlos Prates, respectivamente. Ambas as estações

não atenderam o critério de representatividade no primeiro quadrimestre de 2002 devido à data de início de operação dessas estações.



Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

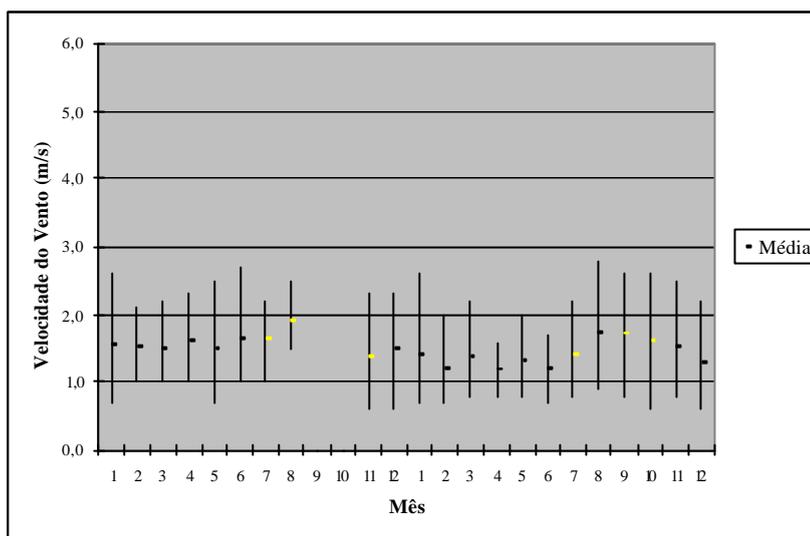
Figura 20: Velocidade Média Mensal de Vento e sua Respectiva Amplitude, Estação Av. Amazonas, Belo Horizonte, 2002



Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 21: Velocidade Média Mensal de Vento e sua Respectiva Amplitude, Estação Aeroporto Carlos Prates, Belo Horizonte, 2002

Para a Estação DNER de Contagem, o terceiro quadrimestre de 2001 não atendeu o critério de representatividade utilizado para a obtenção da média anual. Em 2002, todos os quadrimestres atenderam o critério de representatividade. Os resultados estão representados na Figura 22.

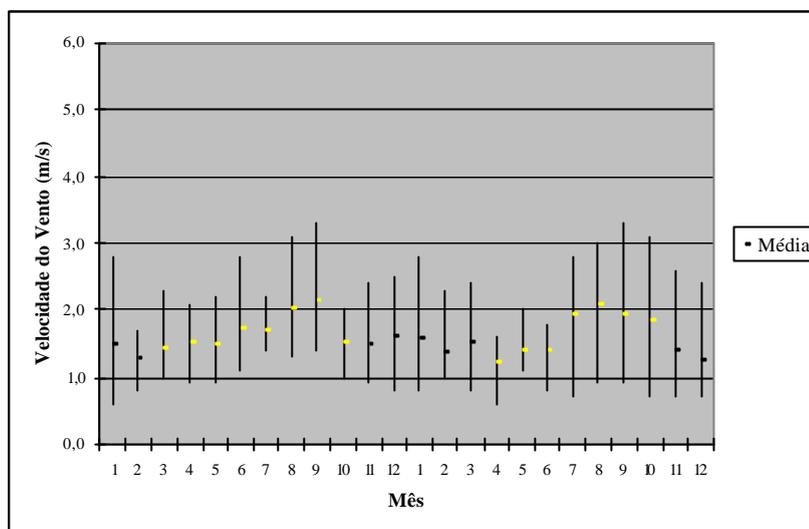


Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 22: Velocidade Média Mensal de Vento e sua Respectiva Amplitude, Estação DNER, Contagem, 2001 e 2002

A Figura 23 apresenta as médias mensais e respectivas amplitudes da velocidade de vento para a Estação Bairro Jardim das Alterosas de Betim. Tanto o segundo quadrimestre de 2001 quanto o de 2002 não atenderam o critério de representatividade utilizado para a obtenção da média anual.

A Tabela 7 apresenta as estatísticas descritivas da velocidade de vento para as estações de Belo Horizonte, Contagem e Betim. Apenas as médias anuais da Praça Rui Barbosa e (2001 e 2002) e DNER em 2002 foram representativas. Essas médias corresponderam a 1,3 m/s para a Estação Praça Rui Barbosa em 2001 e 2002, 1,4 m/s para a Estação DNER em 2002. A região da estação Aeroporto apresenta uma tendência de velocidade de vento maior que a registrada para a região da Av. Amazonas que por sua vez é maior que da região da Praça Rui Barbosa.



Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 23: Velocidade Média Mensal de Vento e sua Respectiva Amplitude, Estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2001 e 2002

Tabela 7: Estatísticas Descritivas para a Velocidade de Vento (m/s) na RMBH em 2001 e 2002

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç. Rui Barbosa	2001	0,6	1,3	2,6	1,3	0,31	79
		2002	0,4	1,2	2,4	1,3	0,36	32
	Av. Amazonas	2002	0,6	1,4	2,6	1,5*	0,37	87
		Aeroporto	2002	1,1	2,7	5,0	2,8*	0,85
Contagem	DNER	2001	0,6	1,6	2,7	1,6*	0,43	104
		2002	0,6	1,4	2,8	1,4	0,44	55
Betim	B. Jardim das	2001	0,6	1,5	3,3	1,6*	0,48	169
	Alterosas	2002	0,6	1,4	3,3	1,6*	0,57	141

Nota:* indica que a média não é representativa

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.

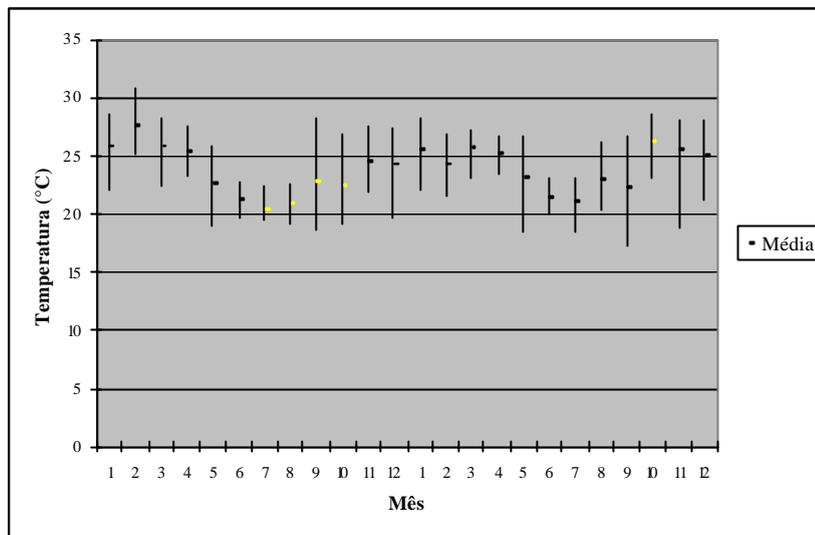
Dentre essas classes, a direção predominante de vento para a Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte foi direção Nordeste em 2001 e 2002 com 35,6% e 44,1%, respectivamente. A segunda predominante foi direção Leste em 2001 e 2002 com 34% e 37%, respectivamente. As porcentagens de dados não considerados válidos para 2001 e 2002 foram 21,6% e 8,8%, respectivamente. As estações Av. Amazonas e Aeroporto Carlos Prates de Belo Horizonte não apresentaram medições válidas de direção de vento durante o ano de 2002.

Para a Estação DNER de Contagem, a direção predominante foi Leste, com 54,5% em 2001 e 68% em 2002, seguida pela direção Nordeste em 2001 com 8,5% e a direção Sudeste em 2002 com 8,5%. As porcentagens de dados omissos em 2001 e 2002 corresponderam a 21,9% e 5,8%, respectivamente.

A Estação Bairro Jardim das Alterosas de Betim apresentou direção de vento Leste como predominante em 2001 e 2002, 40,8% e 42,2%, respectivamente. A segunda direção predominante foi a Nordeste em 2001 (22,5%) e 2002 (28,8%), sendo que as porcentagens de dados omissos em 2001 e 2002 corresponderam a 19,7% e 10,1%, respectivamente.

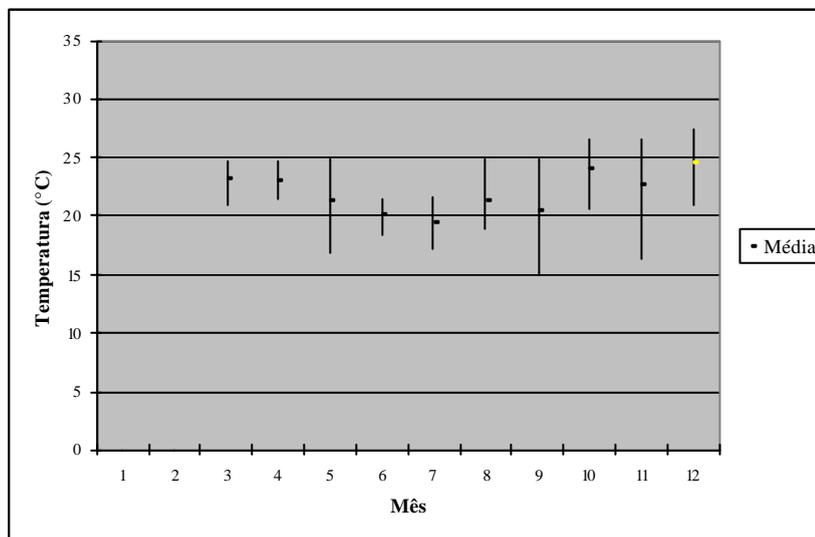
3.3.3 Temperatura do Ar

As Figuras 24, 25 e 26 apresentam as médias mensais e respectivas amplitudes de temperatura do ar para as estações: Praça Rui Barbosa, Av. Amazonas e Aeroporto de Carlos Prates situadas em Belo Horizonte. Para a Estação Praça Rui Barbosa, tanto em 2001 quanto em 2002, todos os quadrimestres atenderam o critério de representatividade para a obtenção da média anual. As estações Av. Amazonas e Aeroporto Carlos Prates não atenderam o critério de representatividade para o 1º quadrimestre de 2002.



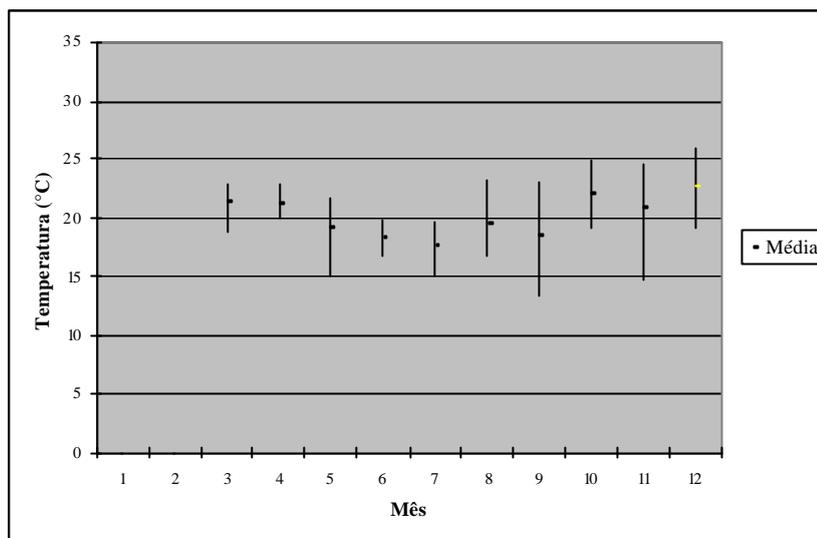
Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 24: Temperatura do Ar Média Mensal e sua Respectiva Amplitude, Estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2001 e 2002



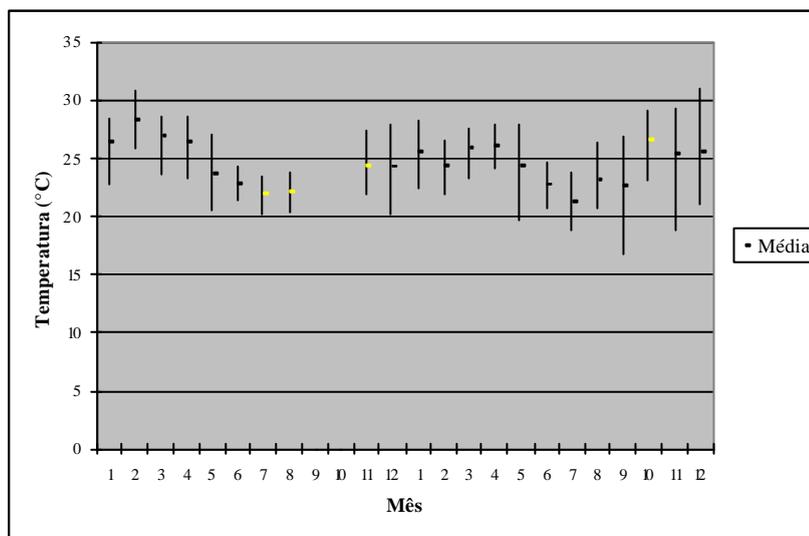
Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 25: Temperatura do Ar Média Mensal e sua Respectiva Amplitude, Estação Av. Amazonas, Belo Horizonte, 2002



Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 26: Temperatura do Ar Média Mensal e sua Respectiva Amplitude, Estação Aeroporto Carlos Prates, Belo Horizonte, 2002



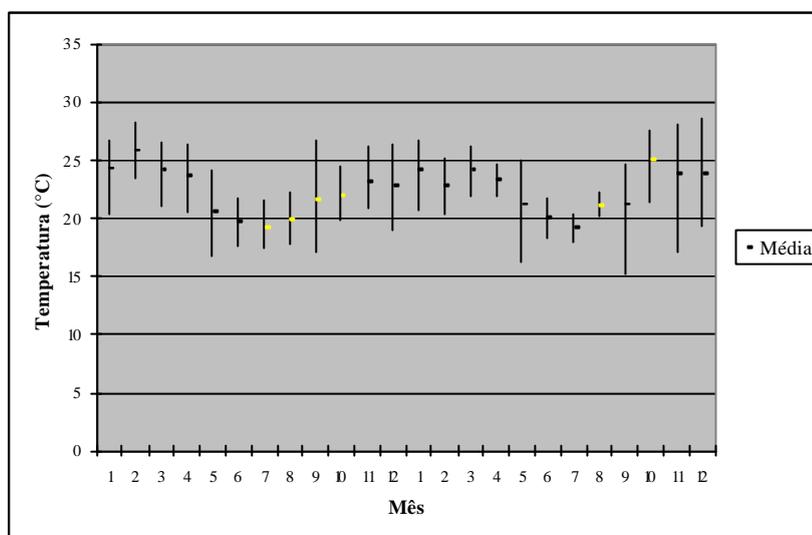
Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 27: Temperatura do Ar Média Mensal e sua Respectiva Amplitude, Estação DNER, Contagem, 2001 e 2002

As médias mensais e respectivas amplitudes da temperatura do ar para a Estação DNER estão representadas na Figura 27. Em 2001, o terceiro quadrimestre não atendeu o

critério de representatividade. Em 2002, todos os quadrimestres atenderam o critério de representatividade, conseqüentemente, a respectiva média anual pôde ser considerada representativa.

A Figura 28 apresenta as médias mensais e respectivas amplitudes da temperatura do ar para a Estação Bairro Jardim das Alterosas de Betim. Todos os quadrimestres de 2001 e 2002 atenderam o critério de representatividade para a obtenção da média anual.



Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 28: Temperatura do Ar Média Mensal e sua Respectiva Amplitude, Estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2001 e 2002

Ao comparar a série de médias mensais da Estação DNER de Contagem com as séries das estações: Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte e Bairro Jardim das Alterosas de Betim, verifica-se que as médias obtidas pela Estação DNER são superiores aos respectivos valores registrados pela Estação Praça Rui Barbosa (com exceção de novembro de 2001 e 2002 – meses cujas médias não são representativas) que por sua vez são superiores às médias obtidas pela Estação Bairro Jardim das Alterosas. A Estação Aeroporto Carlos Prates registrou as menores médias mensais em relação às demais estações durante o ano de 2002.

A Tabela 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 e Bairro Jardim das Alterosas apresentaram médias anuais representativas em 2001 e 2002. Em 2002, essas médias corresponderam a 24,0°C e 22,6°C, respectivamente.

Tabela 8: Estatísticas Descritivas para a Temperatura do Ar (°C) na RMBH em 2001 e 2002

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç.Rui Barbosa	2001	18,6	24,4	30,8	24,2	2,71	79
		2002	17,3	24,5	28,6	24,0	2,39	32
	Av. Amazonas Aeroporto	2002	14,9	22,0	27,5	21,9*	2,26	87
		2002	13,4	20,1	25,9	19,9*	2,23	97
Contagem	DNER	2001	20,1	25,1	30,8	25,0*	2,49	99
		2002	16,8	24,9	30,9	24,5	2,37	21
Betim	B.Jardim das Alterosas	2001	16,7	22,7	28,3	22,6	2,61	72
		2002	15,1	23,0	28,6	22,6	2,47	37

Nota:* indica que a média não é representativa

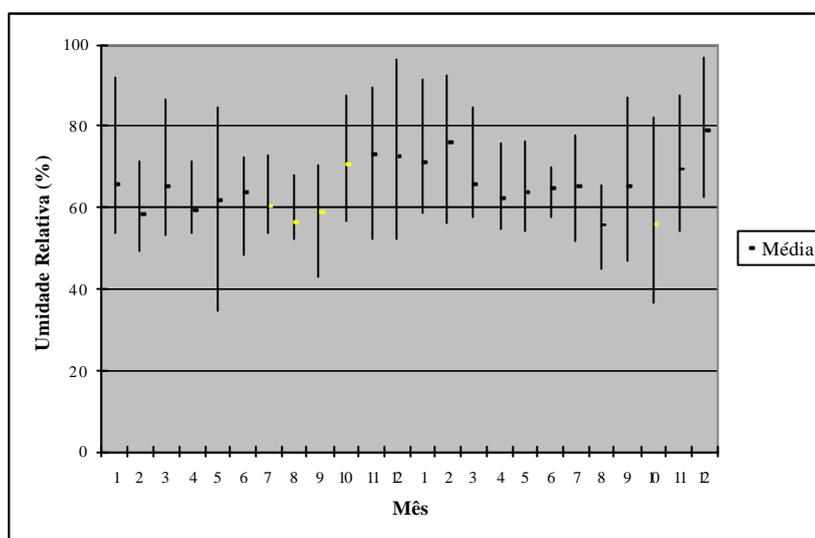
Os menores valores de temperatura média diária registradas pelas estações Praça Rui Barbosa, DNER e Bairro Jardim das Alterosas em 2001 ocorreram nos dias 18 de setembro (18,6°C), 29 de dezembro (20,1°C) e 19 de maio (16,7°C), respectivamente. O dia mais frio de 2002 foi 2 de setembro que apresentou temperatura média diária igual a 14,9°C, 13,4°C, 16,8°C e 15,1°C para as estações Av. Amazonas, Aeroporto Carlos Prates, DNER, Bairro Jardim das Alterosas, respectivamente. Para a Estação Praça Rui Barbosa, em 2 de setembro não houve medição válida para o parâmetro temperatura; sem essa medição, o dia mais frio (17,3°C) foi registrado em 25 de setembro.

Em 2001, o dia mais quente foi 4 de fevereiro para as estações Praça Rui Barbosa (30,8°C) e DNER (30,8°C). Para a Estação Bairro Jardim das Alterosas as maiores temperaturas 28,3°C e 28,2°C ocorreram em 5 e 4 de fevereiro, respectivamente. Para o ano de 2002, o dia mais quente ocorreu em 2 de dezembro para as estações Av. Amazonas, Aeroporto Carlos Prates, DNER, Bairro Jardim das Alterosas (dias 1º e 2 de

dezembro). Para a Estação Praça Rui Barbosa, o dia mais quente registrado (28,6°C) foi 28 de outubro porque a estação estava fora de operação no período de 1º de dezembro a 3 de dezembro de 2002.

3.3.4 Umidade Relativa do Ar

As Figuras 29, 30 e 31 apresentam as médias mensais e respectivas amplitudes da umidade relativa do ar para as estações de Belo Horizonte.

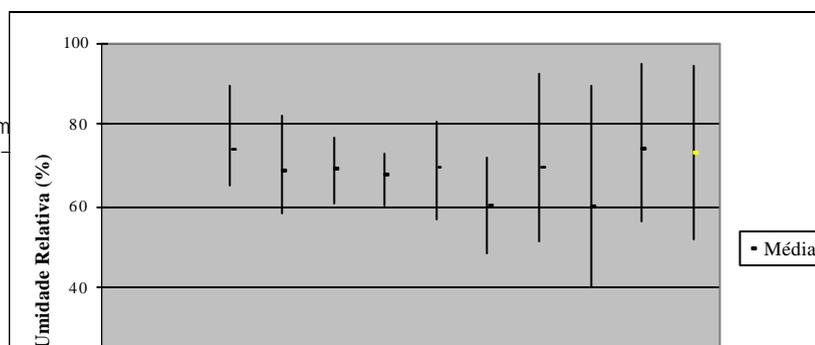


Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 29: Umidade Relativa do Ar Média Mensal e sua Respective Amplitude, Estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2001 e 2002

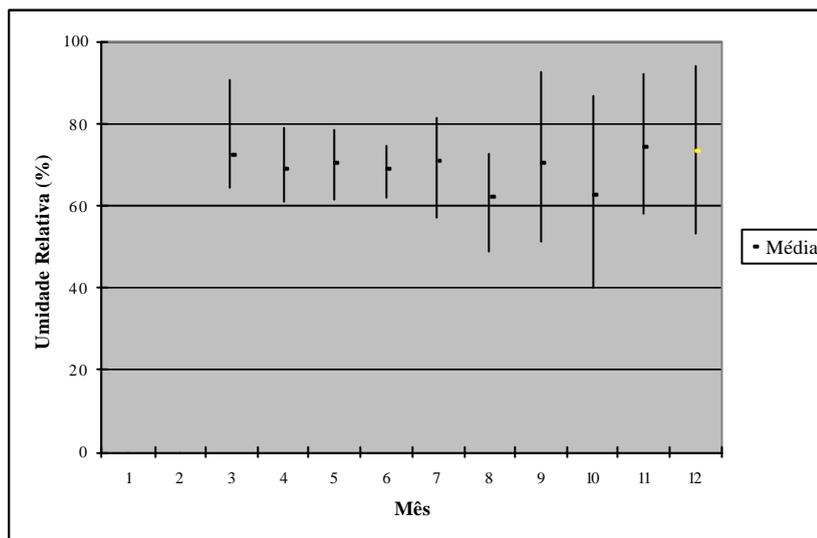
Para o ano de 2001 e 2002, todos os quadrimestres da Estação Praça Rui Barbosa atenderam o critério de representatividade.

Para as estações Av. Amazonas e Aeroporto Carlos Prates, o critério de representatividade em 2002 não foi atendido para o 1º quadrimestre de 2002 (deve-se lembrar que o início de operação dessas estações ocorreu em março de 2002), conseqüentemente, as médias anuais dessas estações não puderam ser consideradas representativas.



Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

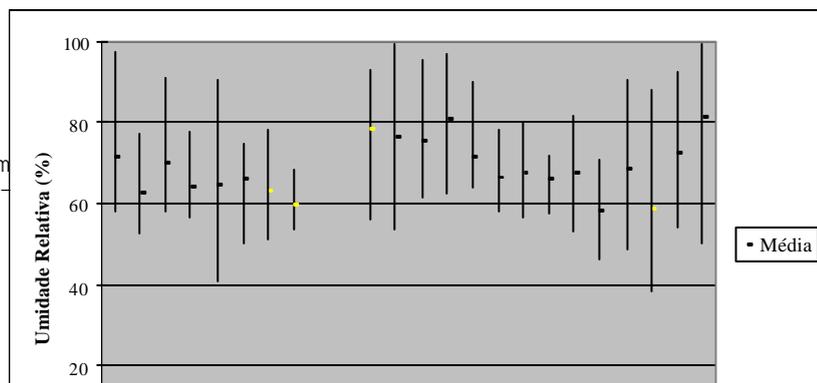
Figura 30: Umidade Relativa do Ar Média Mensal e sua Respectiva Amplitude, Estação Av. Amazonas, Belo Horizonte, 2002



Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

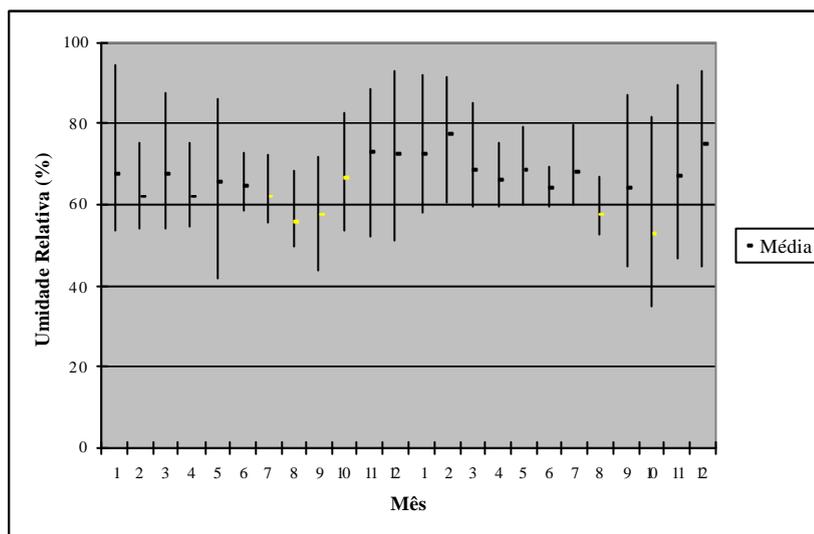
Figura 31: Umidade Relativa do Ar Média Mensal e sua Respectiva Amplitude, Estação Aeroporto Carlos Prates, Belo Horizonte, 2002

As Figura 32 e 33 apresentam as médias mensais e respectivas amplitudes da umidade relativa do ar para Estação DNER de Contagem e Bairro Jardim das Alterosas em Betim.



Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 32: Umidade Relativa do Ar Média Mensal e sua Respectiva Amplitude, Estação DNER, Contagem, 2001 e 2002



Nota: Médias mensais não representativas em amarelo

Figura 33 Umidade Relativa do Ar Média Mensal e sua Respectiva Amplitude, Estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2001 e 2002

Para a Estação DNER, o terceiro quadrimestre de 2001 não atendeu o critério de representatividade, conseqüentemente, a média anual não pôde ser considerada representativa. Para o ano de 2002, todos os quadrimestres atenderam o critério de representatividade.

Para a Estação Bairro Jardim das Alterosas, os anos de 2001 e 2002 obtiveram representatividade em todos os quadrimestres.

Como pode ser observado nas Figuras 29 a 33, as médias mensais representativas de umidade relativa do ar obtidas pelas estações Av. Amazonas e Aeroporto Carlos Prates são superiores às médias obtidas pelas demais estações. As médias mensais da estação de Contagem são geralmente superiores às médias obtidas pela estação de Betim (exceção: maio de 2001 e 2002 e julho de 2002). As médias da estação de Betim são geralmente superiores às médias registradas pela Praça Rui Barbosa (exceção: junho, novembro e dezembro de 2002).

As estatísticas descritivas da umidade relativa do ar estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9: Estatísticas Descritivas para a Umidade Relativa (°%) na RMBH em 2001 e 2002

Município	Estação	Estatísticas Descritivas						
		Ano	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Pç.Rui Barbosa	2001	34,7	62,5	96,4	64,4	10,69	81
		2002	36,9	65,1	97,1	66,4	10,28	32
	Aeroporto	2002	40,1	68,6	95,2	68,3*	9,17	87
		2002	40,4	69,3	94,4	69,3*	8,46	97
Contagem	DNER	2001	40,5	66,2	98,9	68,0*	11,04	99
		2002	38,7	68,2	99,4	69,9	11,19	21
Betim	B.Jardim das Alterosas	2001	41,8	64,0	94,4	65,6	9,98	72
		2002	34,9	66,3	92,9	67,6	10,49	37

Nota:* indica que a média não é representativa

As médias anuais de 2002 foram representativas para as estações Praça Rui Barbosa, DNER e Bairro Jardim das Alterosas: 66,4%, 69,9% e 67,6%, respectivamente. O coeficiente de variação em torno dessas médias foi aproximadamente 0,16.

As menores médias diárias de umidade relativa do ar em 2001 foram registradas em 6 de maio pelas estações Praça Rui Barbosa (34,7%), DNER (40,5%) e Bairro Jardim das

Alterosas (41,8%). Em 2002, elas ocorreram em 15 de outubro para a Estação Praça Rui Barbosa (36,9%) e 17 de outubro para as demais estações. Para a Estação Praça Rui Barbosa, em 17 de outubro foi registrada a terceira menor média diária de umidade relativa do ar (41,5%).

As maiores médias diárias de 2001 ocorreram em 29 de dezembro para as estações Praça Rui Barbosa (96,4%) e DNER (98,9%) e em 3 de janeiro para a Estação Bairro Jardim das Alterosas (94,4%), sendo que a segunda maior média (92,9%) ocorreu em 29 de dezembro. No ano de 2002, as maiores médias diárias ocorreram em 12 de dezembro para as estações Praça Rui Barbosa, DNER e Bairro Jardim das Alterosa. As estações Av. Amazonas e Aeroporto Carlos Prates cujos monitores estavam fora de operação a partir de 12 de dezembro, apresentaram as maiores médias em 6 de novembro e 11 de dezembro, respectivamente. A Estação Av. Amazonas apresentou a segunda maior média, 94,6%, em 11 de dezembro.

Em 6 de maio de 2001, as estações Praça Rui Barbosa e Bairro Jardim das Alterosas apresentaram médias horárias de umidade relativa do ar abaixo de 20% por um período de seis horas consecutivas e três horas consecutivas, respectivamente. O menor valor foi registrado na Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte e correspondeu a 11,9% às 17 horas.

Em 2002, médias horárias abaixo de 20% ocorreram por um período de até seis horas consecutivas em 16 e 17 de outubro para a Estação Bairro Jardim das Alterosa (13 às 18 horas), 17 de outubro para as estações: DNER (14 às 17 horas), Aeroporto Carlos Prates (13 às 16 horas), Av. Amazonas (13 às 16 horas). Para a Estação Praça Rui Barbosa, valores inferiores a 20% foram registrados às 16 e 17 horas de 14 de outubro de 2002.

4. DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES

A Estação de Belo Horizonte está localizada a nordeste da região central, caracterizada por tráfego intenso de automóveis e ônibus urbanos, pela presença de prédios altos e linhas ferroviárias. As baixas concentrações de PM-10 registradas podem ser justificadas pela direção predominante do vento ser Leste; pela reestruturação do transporte e do trânsito, através da implantação dos projetos BHBUS e PACE da BHTRANS; e pelo controle da fumaça preta emitida pelos veículos movidos a diesel – Programa Operação Oxigênio da Secretária Municipal da Prefeitura de Belo Horizonte [PBH, 2002]. As estações Av. Amazonas e Aeroporto Carlos Prates apresentaram médias anuais inferiores à média observada na Praça Rui Barbosa, sendo que para a Estação Aeroporto Carlos Prates, a média não pode ser considerada representativa.

A Estação DNER de Contagem não registrou nenhuma ultrapassagem do padrão diário de PM-10 em 2001 e 2002; sendo que o total de ultrapassagens foi igual a 11 em 1997 e igual a 3 em 1998. Essa estação está localizada em região de grande concentração industrial com tráfego intenso e o vento predominante favorece o transporte de parte da poluição de Belo Horizonte para Contagem, justificando assim as concentrações de PM-10 mais altas do que as registradas pelas estações de Belo Horizonte: Praça Rui Barbosa, Av. Amazonas e Aeroporto Carlos Prates. A reengenharia de trânsito local, com a construção da trincheira na Praça da CEMIG e a possibilidade de acesso a Betim pela Via Expressa pode ter influenciado na redução da concentração de PM-10.

A Estação Bairro Jardim das Alterosas de Betim também não registrou ultrapassagens do padrão diário de PM-10 em 2001 e 2002. Em 2000, ocorreram 4 ultrapassagens do padrão primário de PM-10, sendo que 3 delas ocorreram em junho.

Em Betim, a estação está localizada em região urbana de densidade populacional baixa, cortada por uma via principal, a Avenida Campos de Ourique, utilizada como via de acesso às moradias do Bairro Jardim das Alterosas e sítios da redondeza. O tráfego local é moderado. O Porto Seco de Betim, na entrada do Bairro Jardim das Alterosas, as indústrias Teksid do Brasil e Alumbrás, situadas a leste da estação, e as obras de continuação de Via Expressa, a noroeste da estação, são as possíveis origens das altas concentrações de PM-10 registradas.

As concentrações médias anuais de dióxido de enxofre e monóxido de carbono puderam ser consideradas representativas para as estações da RMBH. Não houve ultrapassagem do padrão primário em nenhuma das estações para esses parâmetros tanto em 2001 quanto em 2002.

A concentração máxima horária de ozônio registrada na Estação Praça Rui Barbosa de Belo Horizonte atingiu 139,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, reduzindo a qualidade do ar de Boa para Regular, o que indica a necessidade de monitoramento desse parâmetro também nas estações de Contagem e Betim .

O número de estações, cinco, 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.

São necessárias pesquisas com modelos de dispersão de poluentes na atmosfera para definir as regiões críticas e os locais adequados para a instalação de equipamentos de monitoramento da qualidade do ar bem como a atualização do inventário de emissões de poluentes atmosféricos pelos empreendimentos potencialmente poluidores do ar instalados na RMBH. Portanto, encontra-se em elaboração, na FEAM, o inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos da região metropolitana de Belo Horizonte, considerando o eixo Belo Horizonte – Betim – Contagem,. Esse inventário bem como o estudo de dispersão atmosférica e Projeto de Rede Otimizada de Monitoramento Atmosférico para a Região Metropolitana de Belo Horizonte tem sido desenvolvido pela EcoSoft Consultoria e Softwares Ambientais Ltda. conjuntamente com os técnicos da Divisão de Qualidade do Ar da FEAM.

Com o objetivo de avaliar a frota veicular que circula na capital mineira e conscientizar a população sobre a necessidade de reduzir a emissão excessiva de poluentes de origem veicular, a FEAM, em parceria com a Prefeitura de Belo Horizonte e a Universidade Federal de Minas Gerais iniciaram, em 2002, o projeto “Inspeção Veicular: Capacitação e Avaliação Inicial”.

Faz-se necessário destinar recursos financeiros contínuos para aquisição e manutenção de equipamentos de monitoramento da qualidade do ar e treinamento de pessoal técnico.

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> Acesso em: 02 de julho de 2002.
3. FEAM. Licenciamento ambiental: coletânea de legislação. Fundação Estadual do Meio Ambiente; Projeto Minas Ambiente. 2ª. Edição, ver. e aum. 2000, 438p.
4. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 07 de julho de 2002.
5. INDI. Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais. Disponível em <<http://indi.mg.gov.br>>. Acesso em 07 de julho de 1996.
6. 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.
7. 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.
8. PBH. Meio Ambiente. Desenvolvido pela Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais. Disponível em <<http://www.pbh.gov.br>>. Acesso em 15 de julho de 2002.
9. 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

Estagiário: Daniel Majuste

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