

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Fundação Estadual do Meio Ambiente
Diretoria de Gestão da Qualidade Ambiental
Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões

Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte no Ano Base de 2011

Relatório Técnico

FEAM-GESAR-RT-03/2013

Janeiro
2013

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Fundação Estadual do Meio Ambiente
Diretoria de Gestão da Qualidade Ambiental
Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões

Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte no Ano Base de 2011

Relatório Técnico

FEAM-GESAR-RT 03/2013

Belo Horizonte

2013

© 2013 Fundação Estadual do Meio Ambiente

Governo do Estado de Minas Gerais

Antônio Augusto Junho Anastasia

Governador

Sistema Estadual do Meio Ambiente – SISEMA

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD

Adriano Magalhães Chaves

Secretário

Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM

Zuleika Stela Chiacchio Torquetti

Presidente

Diretoria de Gestão da Qualidade Ambiental

Liliana Adriana Nappi Mateus – Diretora

Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões

Flávio Daniel Ferreira – Gerente

Elaboração

Edwan Fernandes Fioravante

Lucas Guimarães Viana

Colaboração

Antônio Alves dos Reis

Diego Francisco Bastos Cavalcante

Fabírcia de Souza Barcelos

Genésio Alves Vieira

João Cautiero Mota Miranda

Márcia Cristina Ferreira da Costa

Márcia Gonçalves Leão

Nathália Nascimento Coelho

Paulo Roberto de Vasconcelos Júnior

Rúbia Cecília Augusta Francisco

Ficha catalográfica elaborada pelo Núcleo de Documentação Ambiental

F981m Fundação Estadual do Meio Ambiente.
Monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte no ano base de 2011: relatório técnico / Diretoria de Gestão da Qualidade Ambiental. --- Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiental, 2013.
60 p.; il.

FEAM-GESAR-RT-02/2013

1. Qualidade do ar. 2. Monitoramento ambiental. I. Título.

CDU: 614.71:504.064

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. METODOLOGIA	5
2.1 LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS DE MONITORAMENTO	5
2.2 MÉTODOS DE MEDIÇÃO	11
2.3 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR	13
2.4 ÍNDICES DE QUALIDADE DE AR (IQA)	15
2.5 CRITÉRIOS PARA EPISÓDIOS AGUDOS DE POLUIÇÃO DO AR.....	15
3. RESULTADOS.....	18
3.1. CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	18
3.1.1 PARTÍCULAS INALÁVEIS (PM10)	18
3.1.2 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO ₂)	24
3.1.3 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	28
3.1.4 OZÔNIO (O ₃).....	33
3.1.5 DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO ₂).....	38
3.1.6 HIDROCARBONETOS.....	41
3.2. CLASSES DE QUALIDADE DO AR.....	47
3.3. DADOS METEOROLÓGICOS.....	50
3.3.1 VELOCIDADE DE VENTO	50
3.3.2 DIREÇÃO DE VENTO.....	51
3.3.3 TEMPERATURA DO AR	51
3.3.4 UMIDADE RELATIVA DO AR	52
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	54
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

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 5,4 milhões de habitantes, a RMBH concentra 40% da população do estado e ocupa uma área de 8.612,3 km² equivalente a 1,5% da área do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Contagem e Betim tem 2.375.151, 603.442 e 378.089 habitantes, respectivamente (IBGE, 2010).

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 34% do PIB de Minas Gerais (SEGEM, 2012).

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/Nordeste.



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 nove estações (Figura 1.1). Duas delas foram instaladas em abril de 1995 na região urbana de Belo Horizonte 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 em Ibirité: sendo uma delas em outubro de 2002 e outra em agosto de 2004 (LIU & FIORAVANTE, 2006). Contagem ganhou uma estação nova em julho de 2006.

Por motivos de defasagem tecnológica as duas estações instaladas em Belo Horizonte em 2002, foram desativadas em 2011, e incutido ao empreendimento responsável, a responsabilidade de substituí-las por estações mais modernas que contemplem além dos parâmetros meteorológicos e partículas inaláveis os poluentes gasosos previstos na legislação e ainda o parâmetro partículas respiráveis (MP 2,5).

Com exceção do analisador de partículas respiráveis, 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 REGAP em 2002 e uma estação pela Ibitermo 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 à FEAM uma estação para compor a rede em cumprimento do acordo assinado com o Ministério Público em 2001. 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 Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões da FEAM. A Assessoria de Segurança e Meio Ambiente da REGAP também possui uma central que recebe os dados das estações de sua propriedade e da Ibitermo Ltda.

Os poluentes monitorados são partículas inaláveis (PM10), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e óxidos de nitrogênio (NO_x) 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: Localização, parâmetros monitorados e data de instalação das estações automáticas da rede de monitoramento da qualidade do ar na RMBH, 2011.

Município	Local	Parâmetros monitorados							Data de Instalação
		PM10	SO ₂	O ₃	CO	NO ₂	H	M	
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	X	X	X	X	X		X	abril/1995
	Aeroporto Carlos Prates	X						X	fevereiro/2002
	Avenida Amazonas	X						X	
Contagem	Praça Tancredo Neves	X		X	X	X		X	jul/2006
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	X		X	X			X	março/1998
	Centro Administrativo	X	X	X	X	X		X	outubro/2002
	Bairro Petrovale	X	X	X	X	X	X	X	
Ibirité	Bairro Cascata	X	X	X	X	X	X	X	agosto/2004
	Bairro Piratininga	X	X	X	X	X		X	

Nota: M - parâmetros meteorológicos: direção e velocidade de vento, temperatura e umidade relativa do ar; H - hidrocarbonetos.

As estações localizadas no Aeroporto Carlos Prates, na Avenida Amazonas e na Praça Tancredo Neves não funcionaram durante o ano de 2011, devido à necessidade de renovação dos equipamentos de medição e do sistema de transmissão dessas estações.

2. METODOLOGIA

2.1 Localização das Estações Automáticas de Monitoramento

As Figuras 2.1 a 2.9 apresentam a localização geográfica das estações de monitoramento automático. 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. 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 (próxima à Delegacia de Entorpecentes) e no aeroporto Carlos Prates (Figuras 2.1a 2.3).



Figura 2.1: Estação Praça Rui Barbosa 





Figura 2.2: Estação Avenida Amazonas 



Figura 2.3: Estação Aeroporto Carlos Prates 

O terreno da estação localizada próxima a Praça Tancredo Neves é de propriedade da Prefeitura de Contagem (Figura 2.4), e apresenta uma menor influência da poluição de origem veicular.



Figura 2.4: Estação Praça Tancredo Neves 

A estação do Bairro Jardim das Alterosas está localizada na Avenida Campo Ourique, em área da Administração Regional 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 do Bairro Petrovale e do Centro Administrativo também estão localizadas no município de Betim, estando a primeira estação situada na Escola Municipal Valério Palhares na Rua Argentina, número 64, enquanto a outra situa-se na Rua Pará de Minas, número 640, onde funciona parte da Prefeitura da Betim, apresentando trânsito intenso tanto na via Expressa, quanto na avenida Amazonas (Figuras 2.5 a 2.7).




Figura 2.5: Estação Bairro Jardim das Alterosas 





Figura 2.6: Estação Bairro Petrovale 



Figura 2.7: Estação Centro Administrativo 

As estações do Bairro Cascata e do Bairro Piratininga estão localizadas no município de Ibirité. A primeira estação está situada na Escola Estadual José Rodrigues Betim na Rua Padre Eustáquio, número 881, próxima a REGAP. A estação do Bairro Piratininga está situada no terreno da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE), na rodovia Renato Azeredo, número 831, conforme pode ser visualizado na Figuras 2.8 e 2.9.





Figura 2.8: Estação Bairro Cascata 



Figura 2.9: Estação Bairro Piratininga 

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 μm . O método empregado para medir a concentração de PM10 no ar atmosférico é o da radiação beta, por meio de um monitor (modelo MP101M), que emprega 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 (SO_2) no ar atmosférico é o da fluorescência por radiação ultravioleta (UV), cujo princípio baseia-se na excitação da molécula de SO_2 por UV. O analisador (modelo 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 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 nos 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.

O ozônio (O_3) é um poluente secundário – não é emitido por uma fonte específica, mas gerado por processos fotoquímicos. O princípio de funcionamento do analisador contínuo de ozônio (modelo O₃41M) 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% do período analisado) apresentam resultados válidos. A máxima horária é utilizada como concentração do dia após a conversão da unidade de ppb para $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 pela diferença entre as concentrações de NO_x e NO , expressa 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A maior média é considerada como concentração do dia.

Os hidrocarbonetos são compostos constituídos por carbono e hidrogênio tais como metano, etano, propano, ciclopropano, butano e ciclopentano. Eles têm toxicidade potencial baixa e, com exceção do metano, têm baixo potencial de aquecimento global (USEPA, 2010). O analisador de hidrocarbonetos utiliza o princípio de detecção por ionização de chama que apresenta dois estágios: 1) quebra de compostos orgânicos na zona central da chama e formação dos radicais de hidrocarbonetos; 2) ionização química dos radicais em contato com oxigênio. Em seguida, o eletrômetro do analisador mede a corrente gerada pela ionização dos átomos de carbono na chama alimentada por uma mistura de hidrogênio e ar. Para distinguir entre hidrocarbonetos totais e não metanos, o analisador possui um forno conversor para oxidar todos os hidrocarbonetos não metanos.

Os sensores de velocidade e direção de vento e, temperatura 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, linha telefônica, modem e demais acessórios necessários à operação e ao funcionamento do sistema.

Quatro terminais, três instalados na FEAM e um na 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, SO₂, CO, O₃, NO₂ e dos parâmetros meteorológicos na forma de gráficos e tabelas. Para a estação Praça Tancredo Neves, utiliza-se o programa *Atmos*, tecnologia nacional, mais avançado que o *Scanair* para o gerenciamento de estação automática de qualidade do ar e da respectiva base de dados de monitoramento.

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 nº 01/1981 (FEAM, 2000). A Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990 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 nº 05/1989 (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 nº 03/1990 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 (PTS), 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 nº 03/1990 são os seguintes:

- **Partículas inaláveis (PM10)**

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 (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 (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 os índices de qualidade do ar (IQA), em inglês, Pollutant Standards Index (PSI), desenvolvidos por *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 2009).

O IQA, como concebido pela USEPA, também é adotado pelos órgãos ambientais estaduais brasileiros, inclusive Minas Gerais. 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 à saúde humana.

O IQA converte a concentração de poluente medida para um número inteiro na escala de 0 a 500. O valor 100 é atribuído ao limite aceitável 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 nº 03/1990 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 à 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 PM₁₀, SO₂, CO, O₃ e NO₂ 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 (SO₂), monóxido de Carbono (CO), ozônio (O₃) e dióxido de nitrogênio (NO₂).

Índice	Nível de qualidade do ar	Classificação da qualidade do ar	PM10 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 nº 03/1990)

Fonte: USEPA (2009).

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, SO₂, CO, O₃, NO₂ e hidrocarbonetos obtidos pelas estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) em 2011.

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 anual de dados, conforme 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 diárias de PM₁₀ correspondem às concentrações médias de 24 horas. O valor de 150 µg/m³ corresponde ao padrão primário e não deve ser ultrapassado mais de uma vez ao ano, segundo a Resolução CONAMA número 3, de 28 de junho de 1990.

Durante 2011, foram registradas 07 ultrapassagens do padrão primário de qualidade do ar pela estação Centro Administrativo, em Betim. Para as demais estações da Região Metropolitana de Belo Horizonte, não houve registro de ultrapassagem do padrão primário, como pode ser observado nas Figuras 3.1 a 3.5.

As concentrações diárias de PM₁₀ apresentaram elevação a partir do mês de julho, sendo que os maiores valores ocorreram geralmente durante o mês de setembro. Para a estação Centro Administrativo, cinco das ultrapassagens do padrão primário ocorreram justamente no mês de setembro.

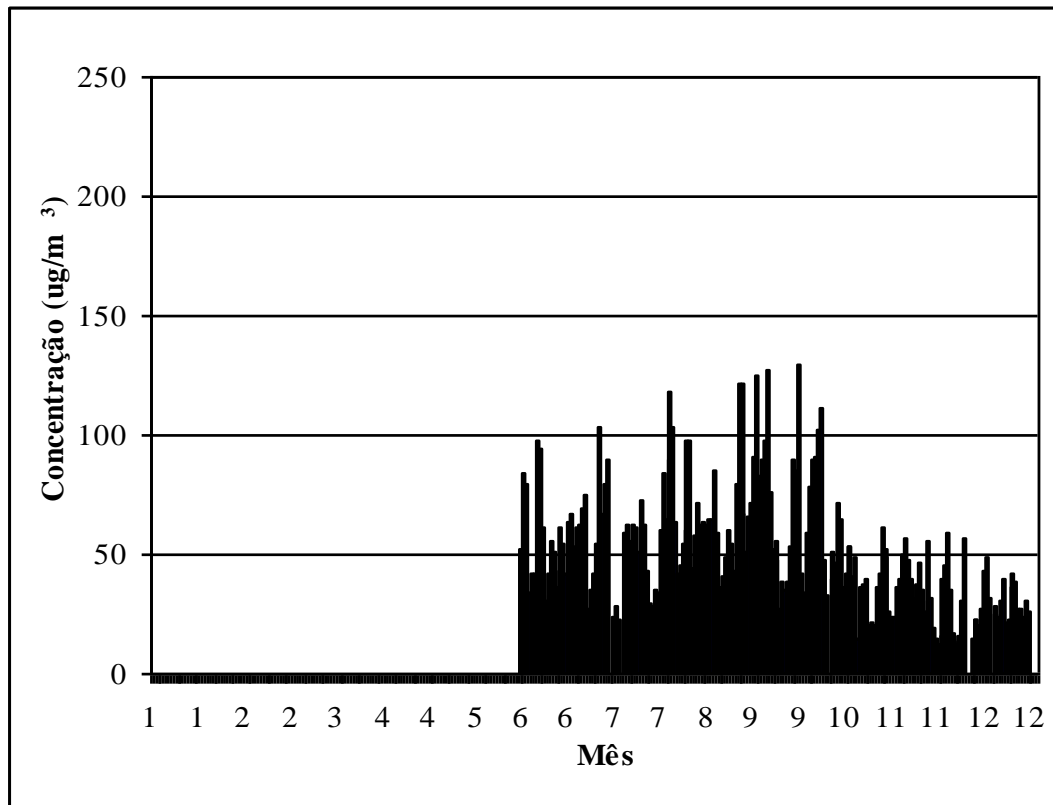


Figura 3.1: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2011.

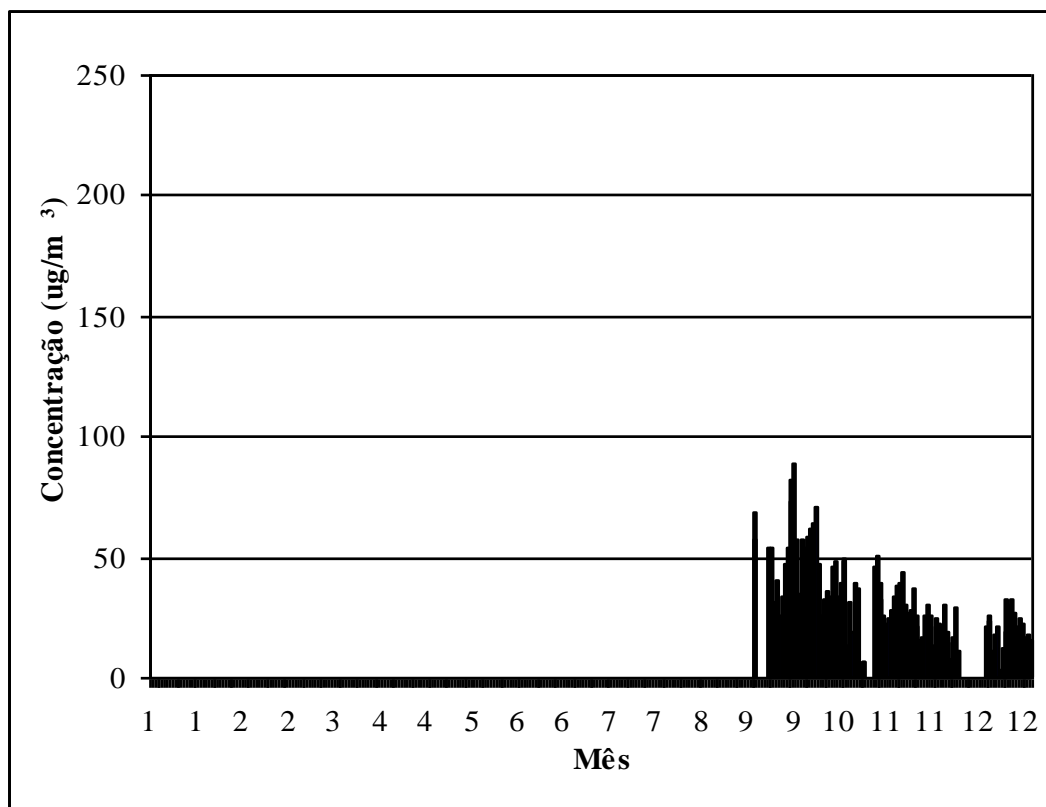


Figura 3.2: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10) estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2011.

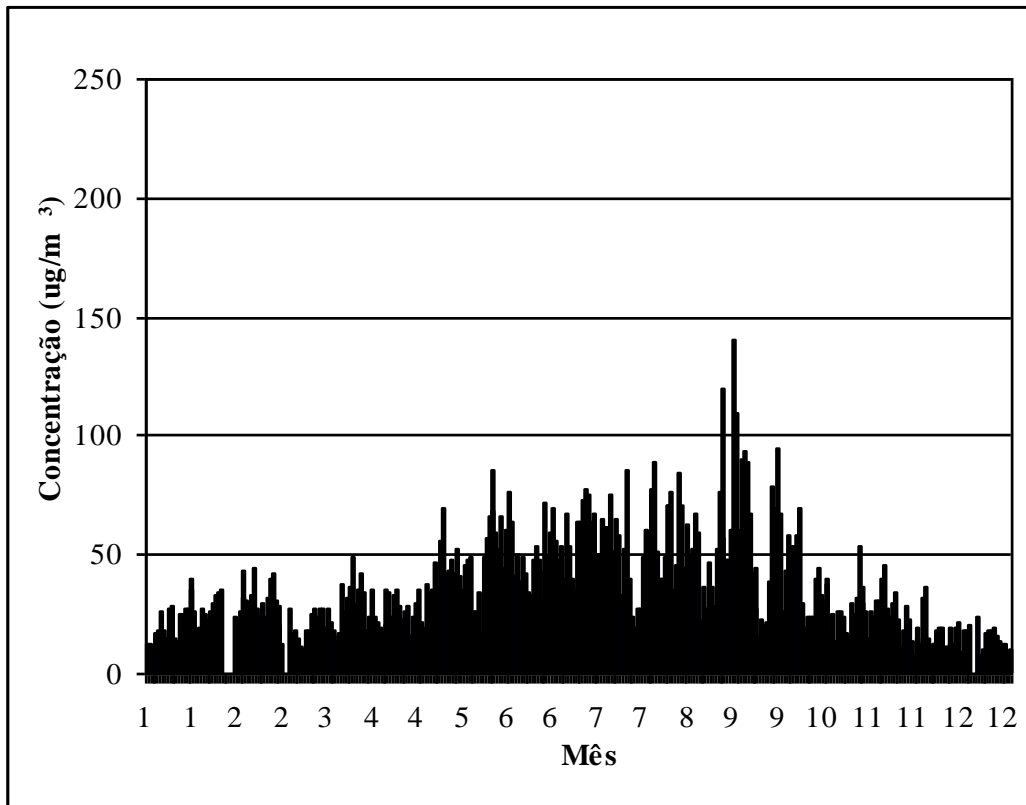


Figura 3.3: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Bairro Petrovale, Betim, 2011.

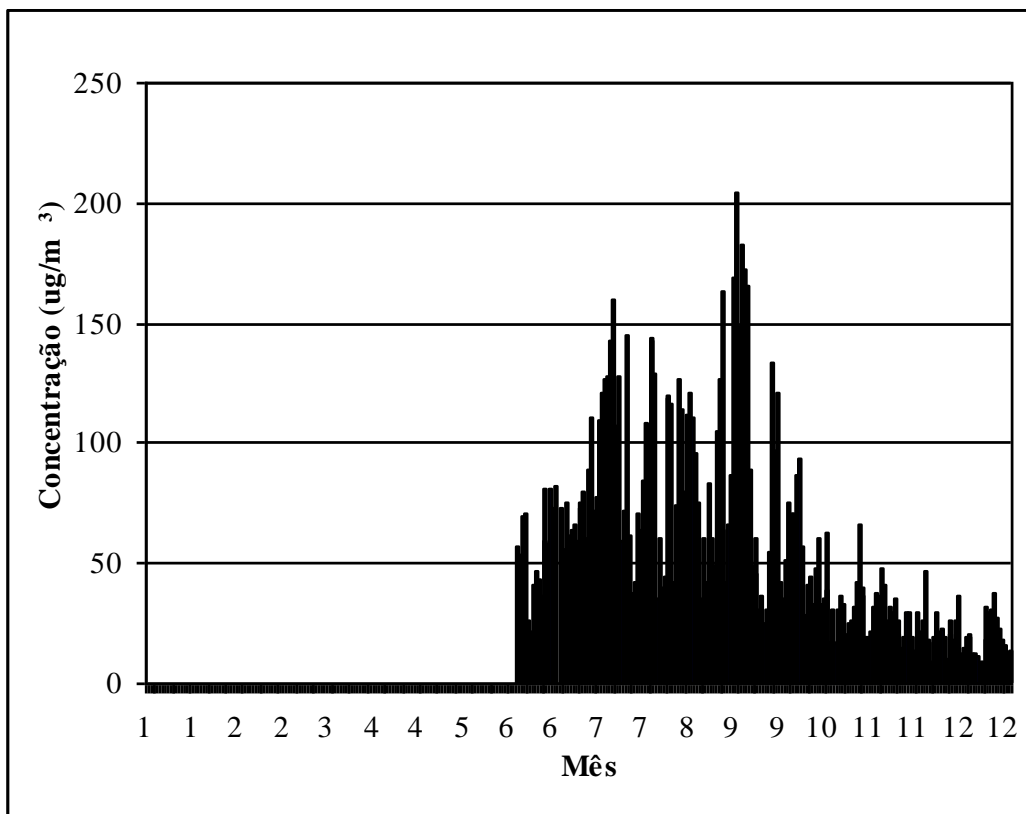


Figura 3.4: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Centro Administrativo, Betim, 2011.

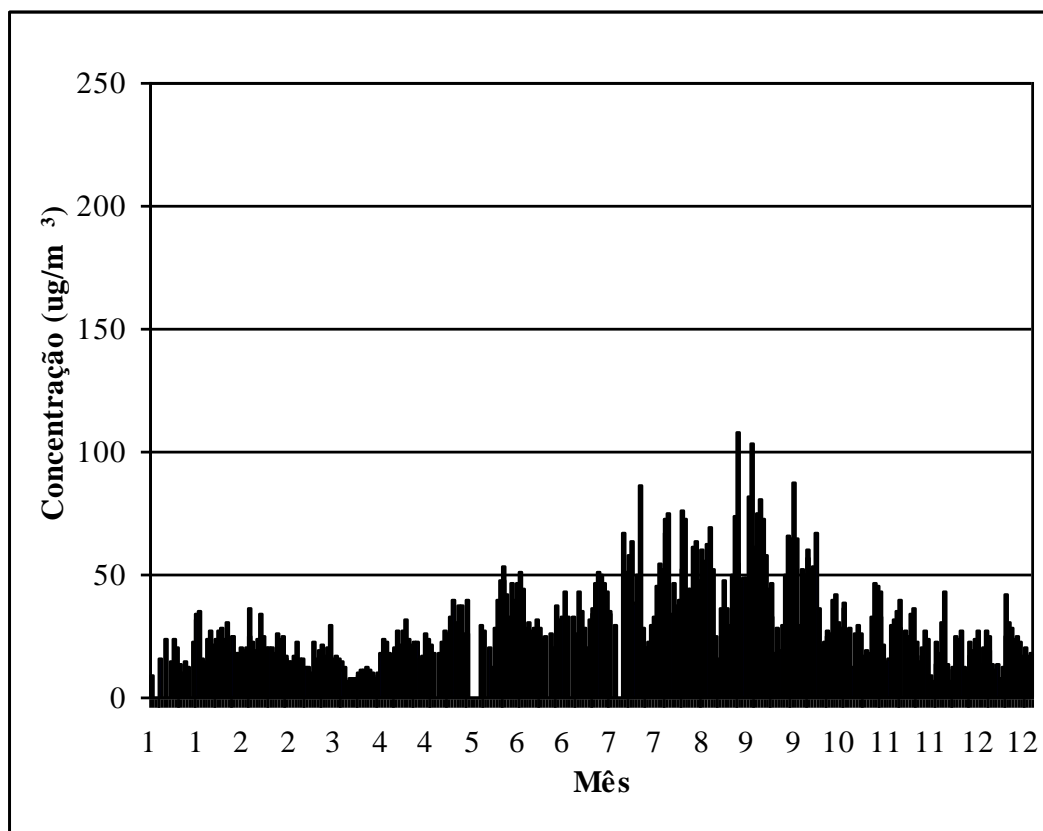


Figura 3.5: Concentração média diária de partículas inaláveis (PM10), estação Bairro Cascata, Ibirité, 2011.

A Tabela 3.1 apresenta as estatísticas descritivas para as médias diárias das concentrações de PM10 nas estações da Região Metropolitana de Belo Horizonte, em 2011.

Tabela 3.1: Estatísticas descritivas para as médias diárias de concentrações de partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), na RMBH, em 2011.

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	10,3	48	129,3	51,7*	25,20	162
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	3,8	30,2	89,5	33,2*	17,46	266
	Bairro Petrovale	7,2	30,9	140,7	36,6	20,75	11
	Centro Administrativo	8,7	44,8	204,3	58,1*	40,82	157

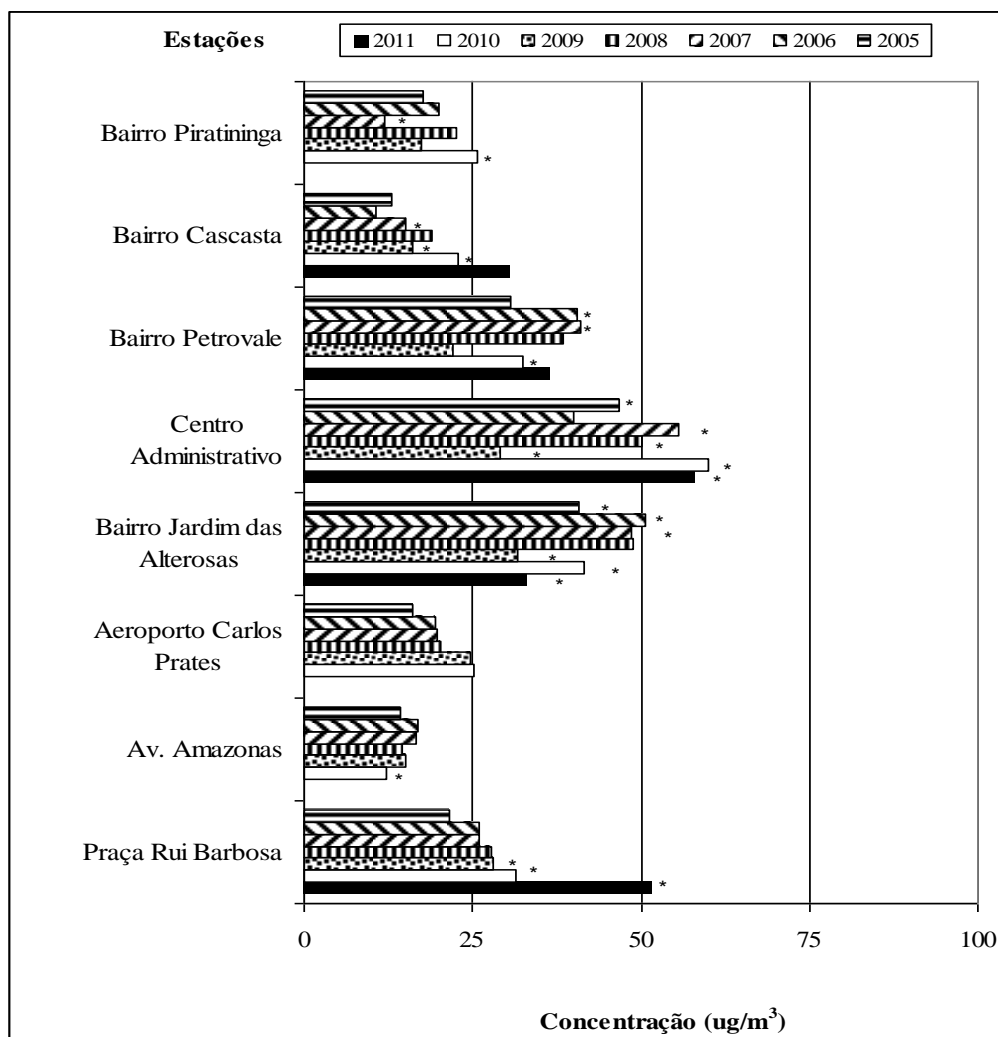
Tabela 3.1: Estatísticas descritivas para as médias diárias de concentrações de partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), na RMBH, em 2011 (continuação).

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Ibirité	Bairro Cascata	7,0	26,0	107,7	30,7	17,44	20

Nota: * indica que a média não é representativa. A estação Bairro Piratininga, em Ibirité, não apresentou medições. Para a estação Centro Administrativo, médias maiores que $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ocorreram em 16/07, 31/08, 05/09, 06/09, 09 a 11/09 de 2011.

Apenas as séries de concentrações registradas pelas estações Bairro Petrovale e Bairro Cascata atenderam o critério de representatividade anual. As médias aritméticas anuais dessas séries corresponderam a $36,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $30,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente e não ultrapassaram o padrão primário anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da Resolução CONAMA número 3, de 28 de junho de 1990.

A evolução das médias anuais de PM10 de 2005 a 2011, para as estações da rede de monitoramento da RMBH, está apresentada na Figura 3.6.



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

Figura 3.6: Médias anuais das concentrações de partículas inaláveis (PM10) no período 2005-2011.

Na Praça Rui Barbosa as médias anuais representativas para 2005, 2006, 2007 e 2008 correspondem a 21,5; 25,9; 26,1 e 27,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. O maior valor obtido para 2011 não deve ser interpretado como uma elevação da concentração desse poluente, pois a média não foi representativa devido à falta de medições durante o primeiro quadrimestre. As médias anuais representativas da estação Avenida Amazonas para período de 2005 a 2009 corresponderam a: 14,3; 16,8; 16,6; 14,5 e 15,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Na estação Aeroporto Carlos Prates, as médias representativas para o período de 2005 a 2010 foram: 16,1; 19,4; 19,8; 20,2; 24,8 e 25,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 a média anual de PM10 de 2008 pôde ser considerada representativa e correspondeu a 48,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para a estação Centro Administrativo, 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, as médias anuais de

2005, 2008, 2009 e 2011 são representativas e corresponderam a 30,8; 38,4, 22,1 e 36,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Em Ibirité, para a estação Bairro Cascata, as médias anuais representativas para 2005, 2006, 2008 e 2011 corresponderam a: 13,0; 10,7; 19,0 e 30,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Para a estação Bairro Piratininga, nos anos de 2005, 2006, 2008 e 2009, as médias anuais são representativas e corresponderam a: 17,6; 19,9; 22,6 e 17,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

3.1.2. Dióxido de Enxofre (SO_2)

As concentrações diárias de SO_2 correspondem às concentrações médias de 24 horas. O valor de 365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponde ao padrão primário e não deve ser ultrapassado mais de uma vez ao ano, segundo a Resolução CONAMA n° 3 de 28 de junho de 1990.

Não houve registro de ultrapassagem desse padrão por nenhuma das estações que compõem a rede de monitoramento da Região Metropolitana de Belo Horizonte. As Figuras 3.7 a 3.12 apresentam os dados de concentração média diária de SO_2 .

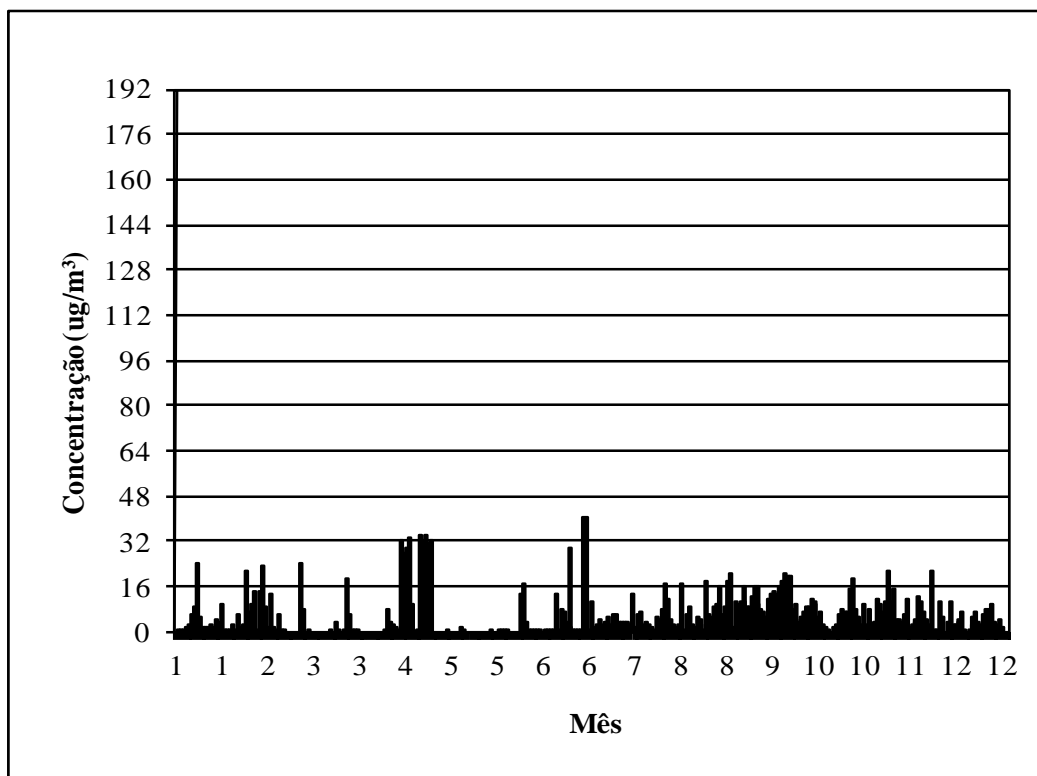


Figura 3.7: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2011.

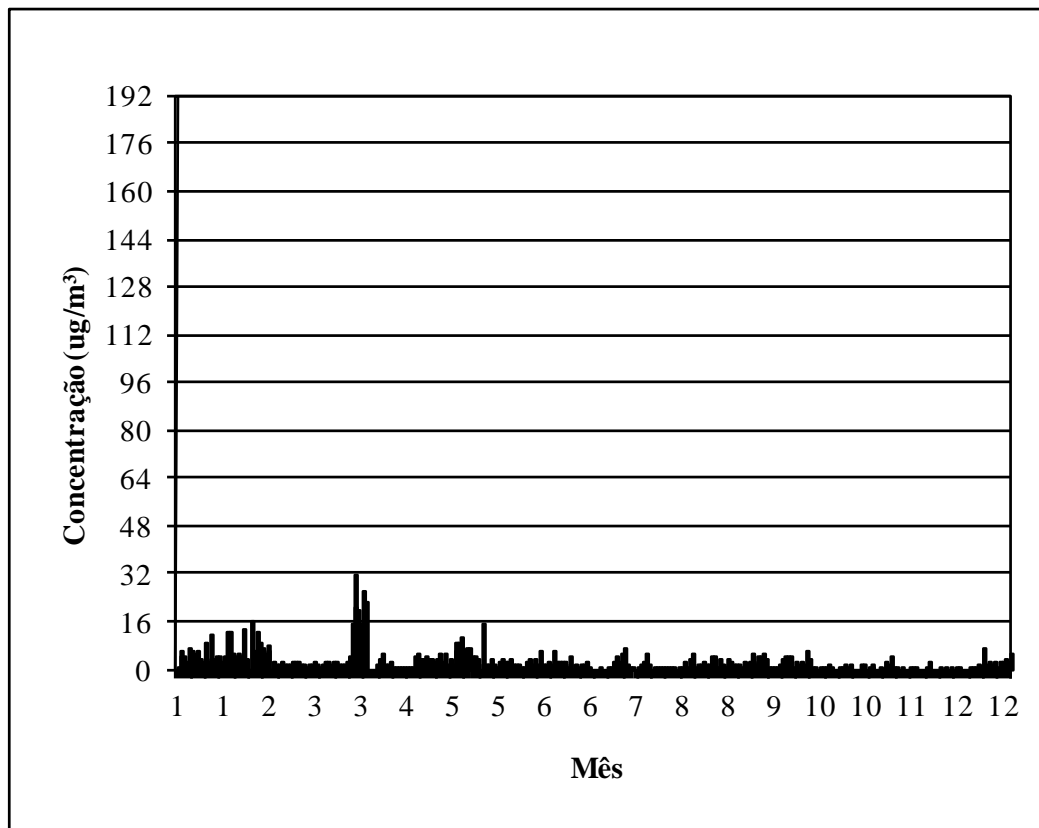


Figura 3.8: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2011.

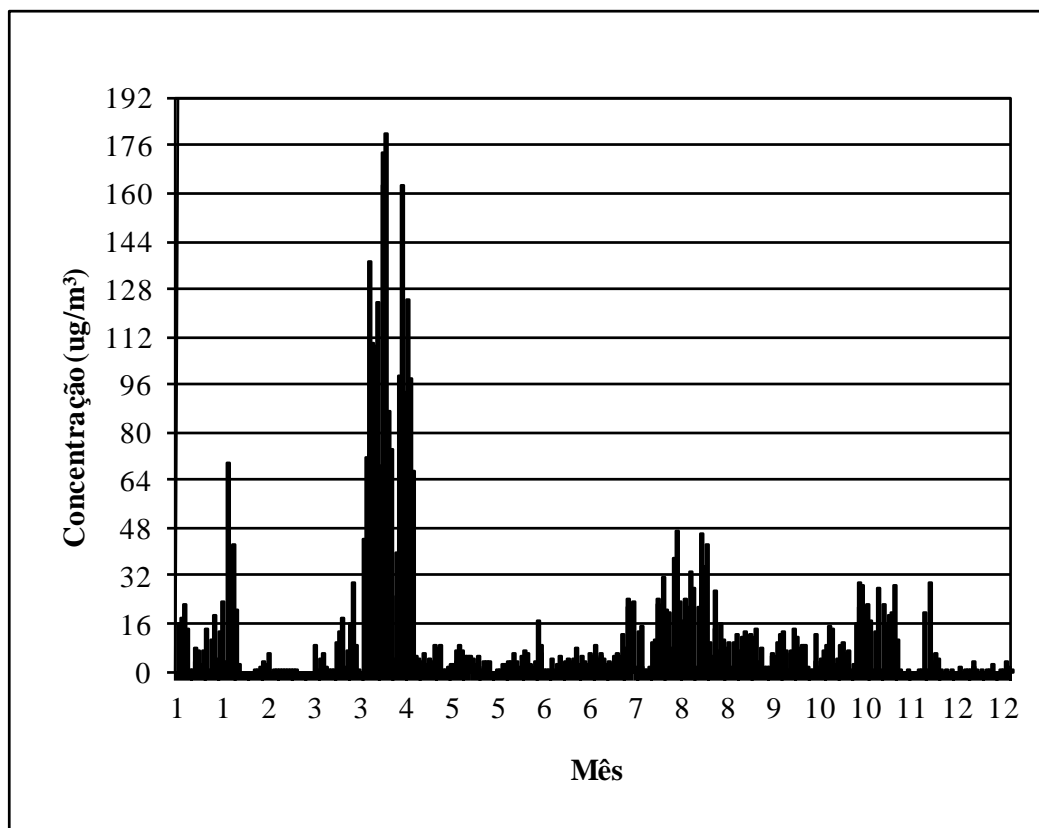


Figura 3.9: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Bairro Petrovale, Betim, 2011.

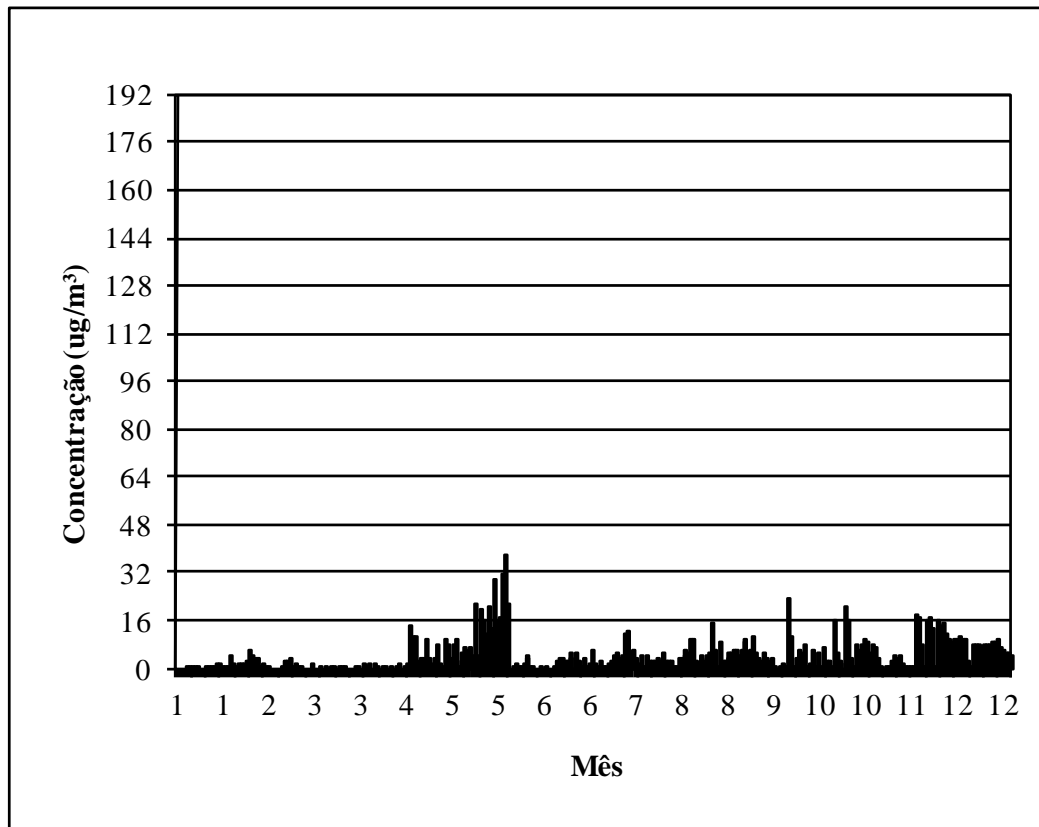


Figura 3.10: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Centro Administrativo, Betim, 2011.

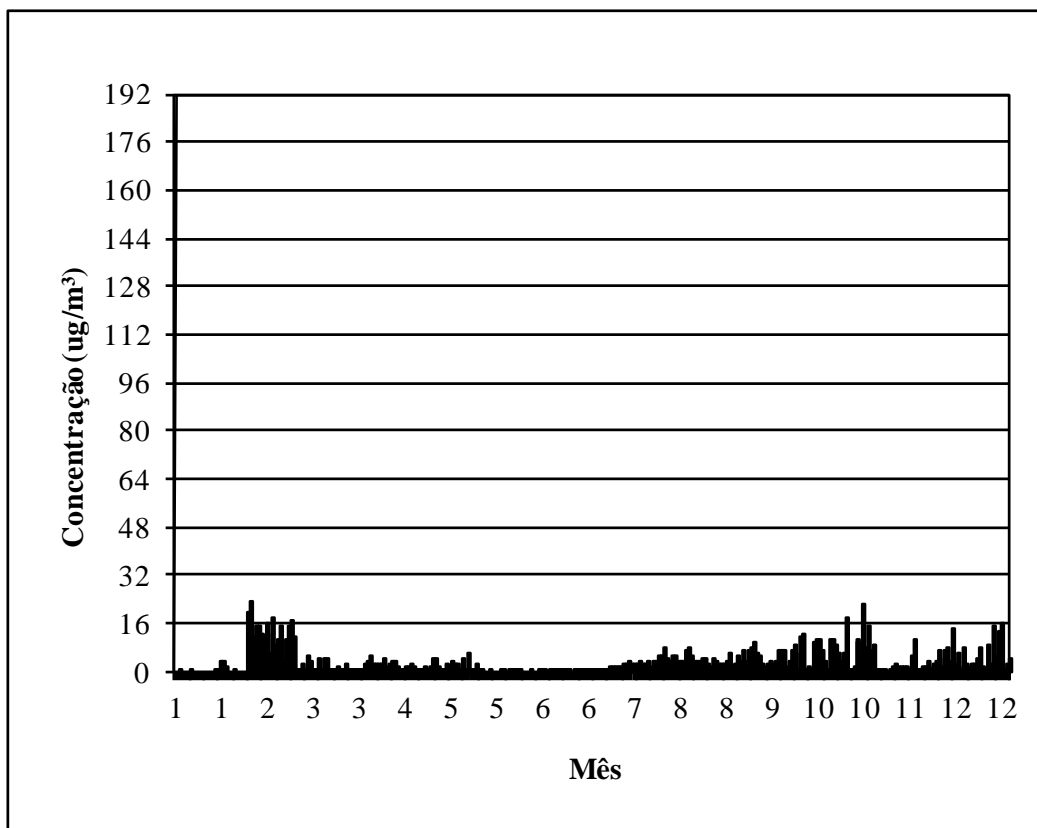


Figura 3.11: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Bairro Cascata, Ibirité, 2011.

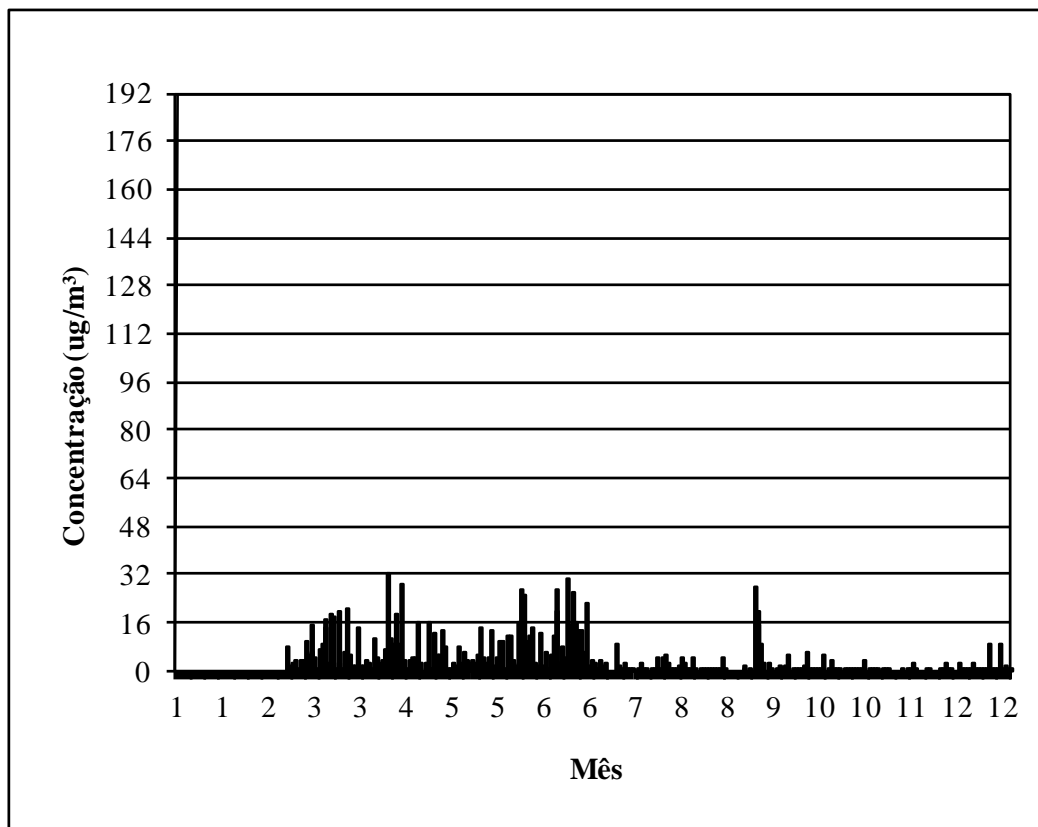


Figura 3.12: Concentração média diária de dióxido de enxofre, estação Bairro Piratininga, Ibirité, 2011.

As estatísticas correspondentes às médias diárias de concentrações de dióxido de enxofre estão apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Estatísticas descritivas para as médias diárias de concentrações de dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), na RMBH, em 2011.

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos(dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	0,0	2,6	40,7	5,7	7,67	20
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	0,0	1,6	31,5	2,5	3,70	8
	Bairro Petrovale	0,0	4,2	180,1	13,0	26,33	13
	Centro Administrativo	0,0	2,3	37,6	4,1	5,35	11
Ibirité	Bairro Cascata	0,0	1,6	22,8	3,2	4,16	15
	Bairro Piratininga	0,0	0,9	32,0	3,7	6,12	51

Concentrações médias diárias superiores a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar classifica a qualidade do ar como regular. As concentrações registradas pela estação Bairro Petrovale ultrapassaram o valor de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 25 de março, de 27 de março a 3 de abril, de 8 a 12 de abril, sendo que, a maior média diária ($180,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi obtida em 2 de abril. Todas as séries de concentrações de dióxido de enxofre atenderam o critério de representatividade anual. A série de concentrações da estação Bairro Petrovale foi a que apresentou uma maior média anual ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$), que está muito abaixo da do padrão primário anual estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990, $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.1.3 Monóxido de Carbono (CO)

A concentração diária de CO corresponde à maior média de 8 horas, que segundo a Resolução CONAMA nº 03/1990, não deve exceder o valor de 9 ppm mais de uma vez por ano. Concentração diária maior que esse valor foi obtida pela estação Bairro Centro Administrativo, em Betim, em um único dia; o que é permitido por Lei. Os dados de concentração diária de CO obtidos pelas estações da RMBH em 2011 estão apresentados nas Figuras 3.13 a 3.18.

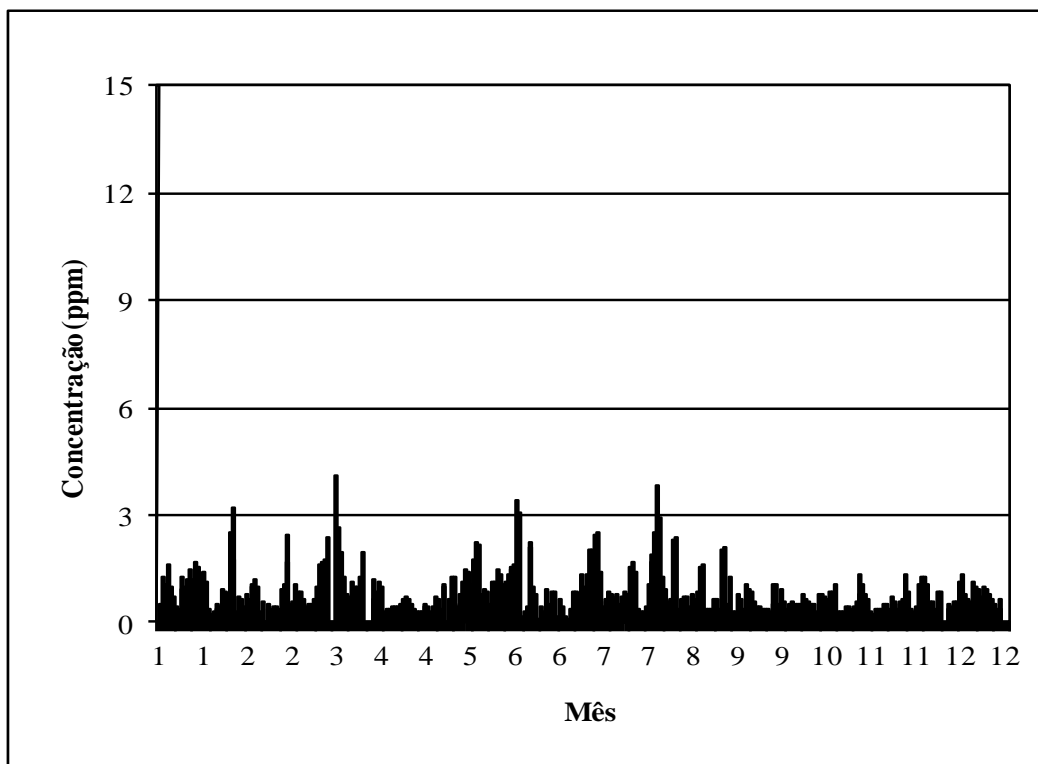


Figura 3.13: Concentração diária de monóxido de carbono, estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2011.

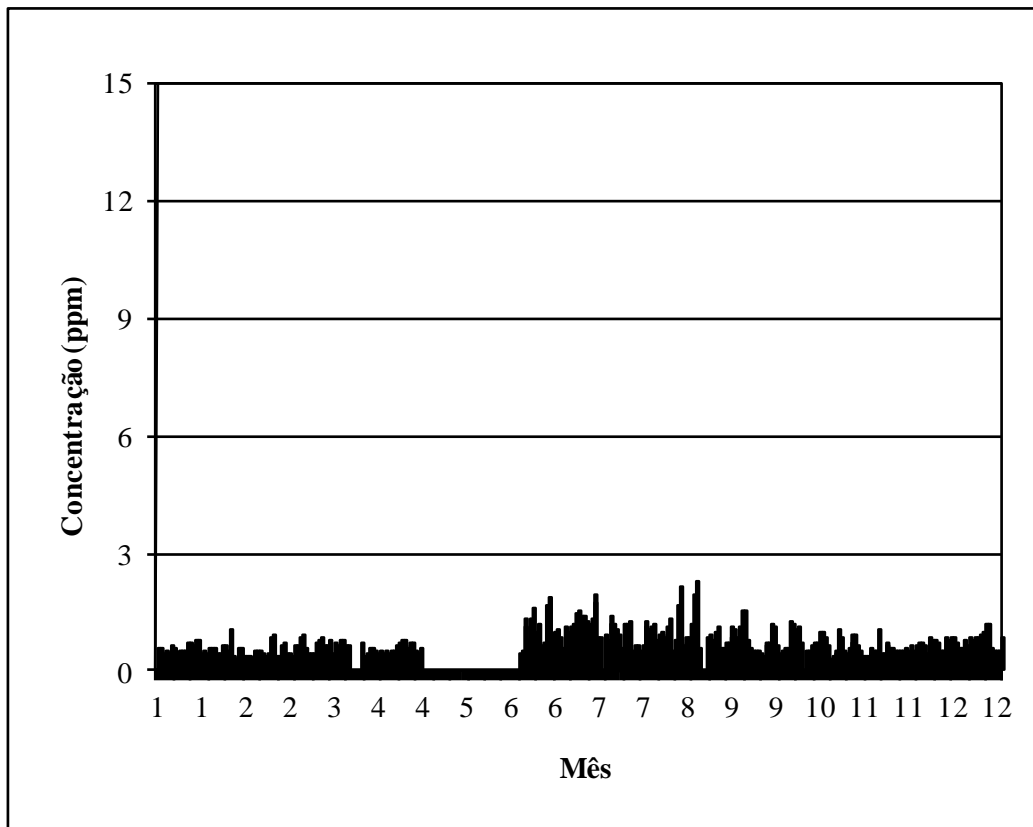


Figura 3.14: Concentração diária de monóxido de carbono, estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2011.

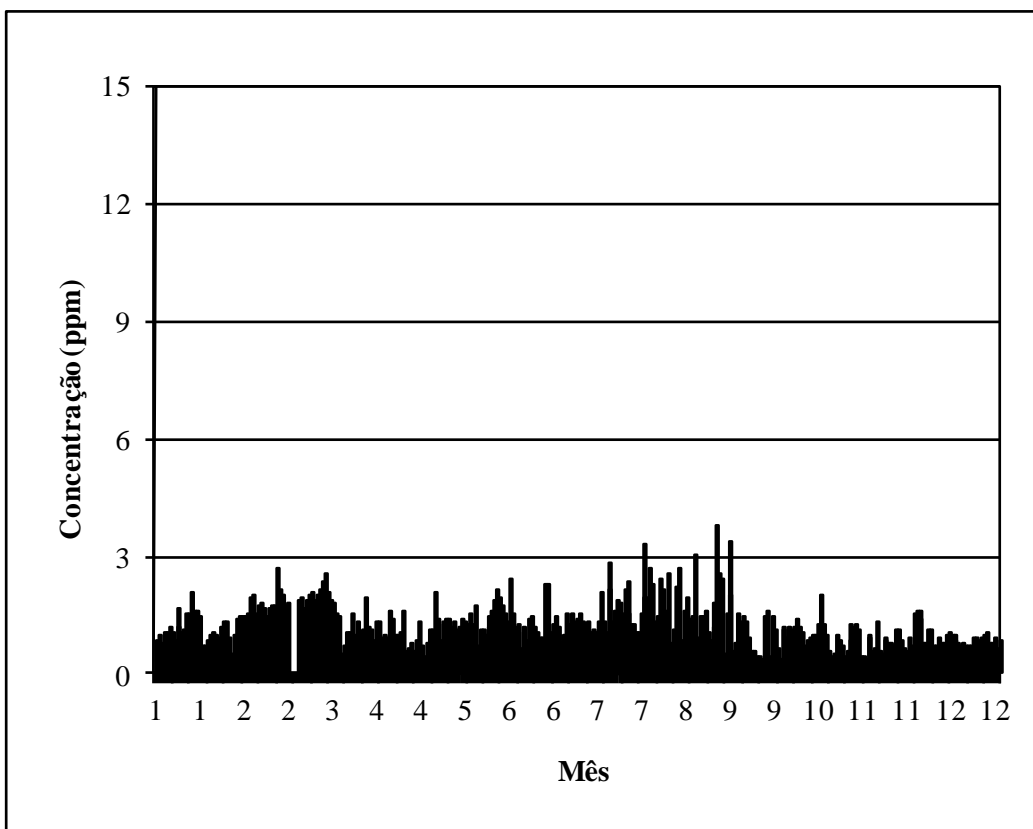


Figura 3.15: Concentração diária de monóxido de carbono, estação Bairro Petrovale, Betim, 2011.

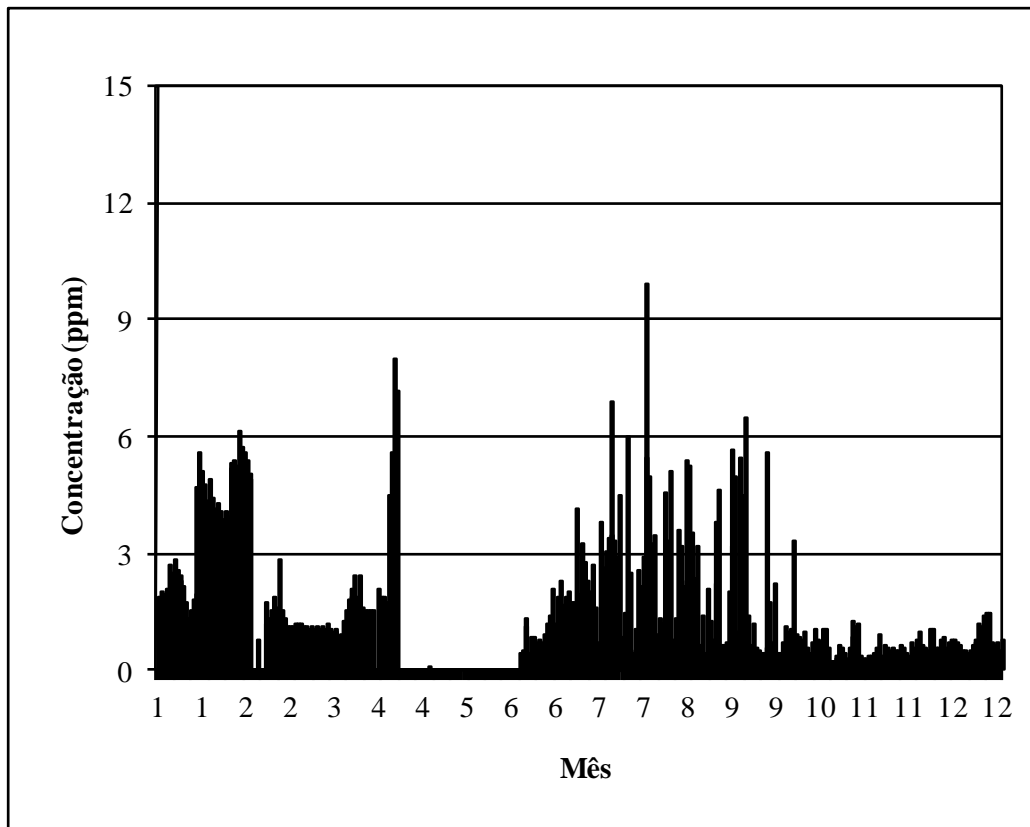


Figura 3.16: Concentração diária de monóxido de carbono, estação Centro Administrativo, Betim, 2011.

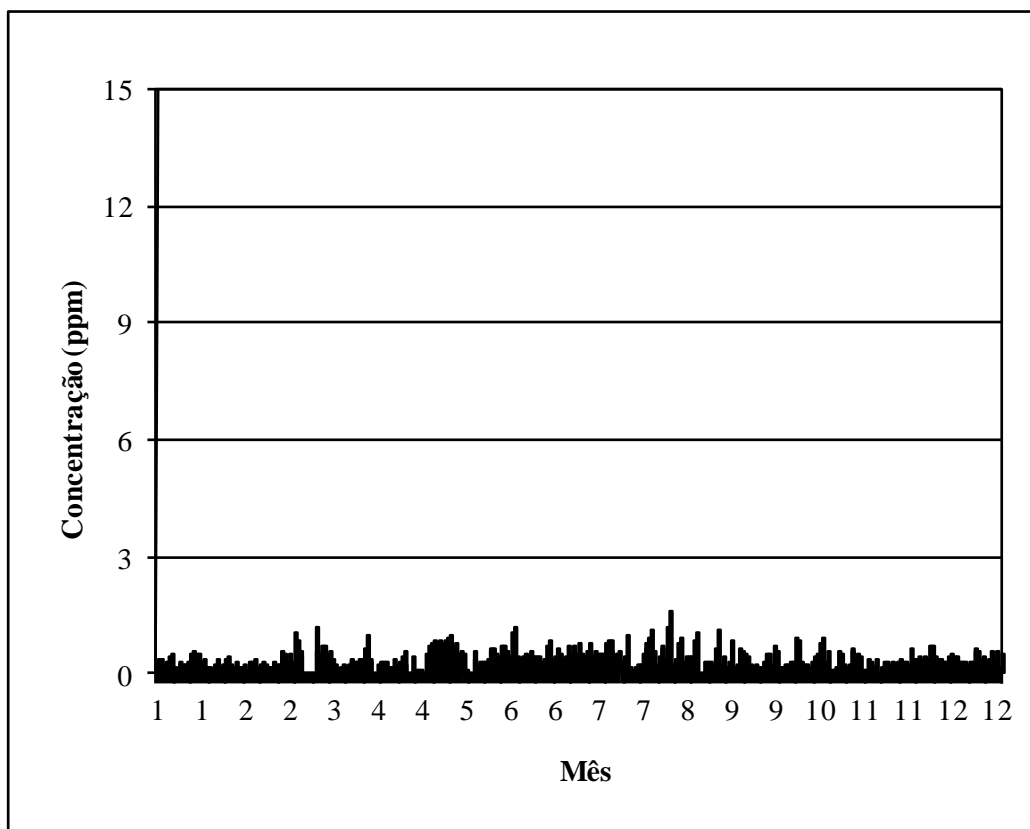


Figura 3.17: Concentração diária de monóxido de carbono, estação Bairro Cascata, Ibirité, 2011.

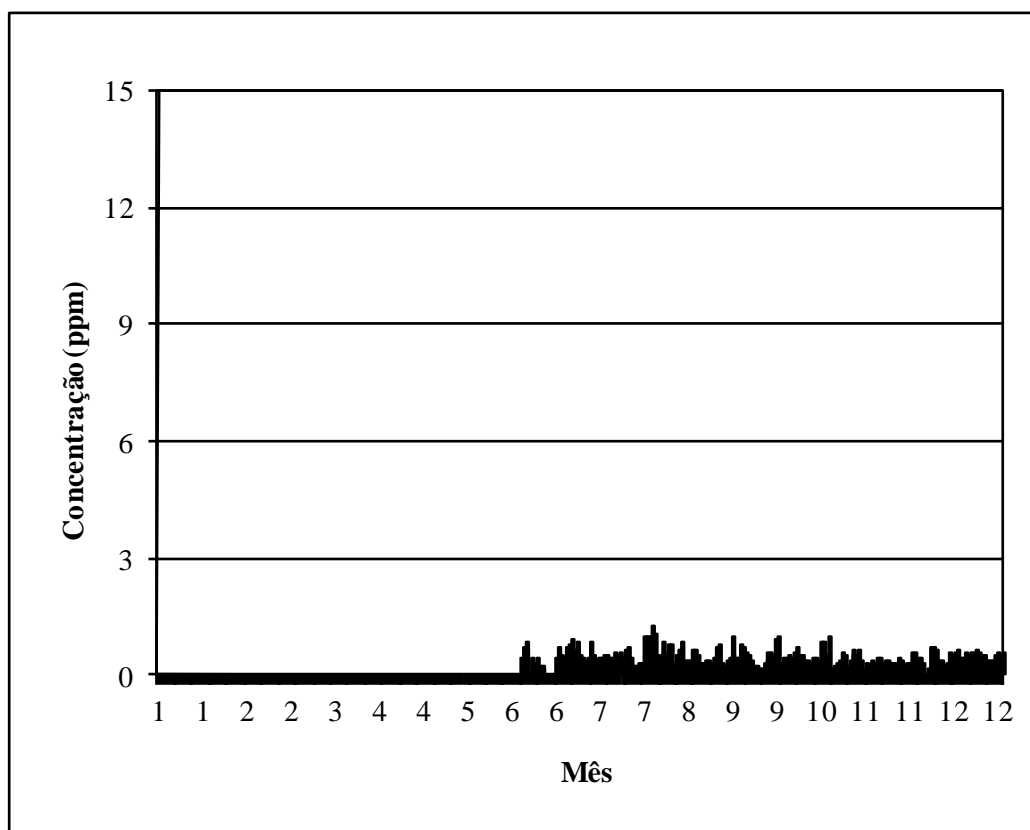


Figura 3.18 Concentração diária de monóxido de carbono, estação Bairro Piratininga, Ibité, 2011.

A Tabela 3.3 apresenta as estatísticas descritivas das maiores médias de 8 horas de CO obtidas em cada dia de 2011 pelas estações de monitoramento da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Tabela 3.3: Estatísticas descritivas para as maiores médias de 8 horas das concentrações de monóxido de carbono (ppm), na RMBH, em 2011.

Município	Estação	Estatísticas descritivas					Omissos(dias)
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	0,01	0,69	4,13	0,87	0,62	13
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	0,30	0,65	2,32	0,75	0,33	52
	Bairro Petrovale	0,00	1,16	3,76	1,25	0,55	3
	Centro Administrativo	0,04	1,20	9,91	1,88	1,66	57

Tabela 3.3: Estatísticas descritivas para as maiores médias de 8 horas das concentrações de monóxido de carbono (ppm), na RMBH, em 2011 (continuação).

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Ibirité	Bairro Cascata	0,00	0,38	1,61	0,43	0,24	22
	Bairro Piratininga	0,16	0,45	1,27	0,49*	0,20	163

Nota: * indica que a média não é representativa. A ultrapassagem do padrão primário estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 (9 ppm) foi registrada pela estação Centro Administrativo, em 30 de julho.

A série de medições da estação Bairro Piratininga, em Ibirité, não atendeu o critério de representatividade devido às falhas do equipamento ocorridas durante o primeiro quadrimestre. Para as demais estações, as séries anuais são representativas, sendo as maiores concentrações registradas pelas estações Centro Administrativo, Bairro Petrovale e Praça Rui Barbosa.

A série de medições da estação Centro Administrativo apresentou a maior variação devido, principalmente, às medições ocorridas durante o período de abril a julho de 2011.

A ultrapassagem do padrão primário estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, corresponde a 9,91 ppm e foi registrada pela estação Centro Administrativo, em um único dia (30 de julho), o que é permitido por lei.

3.1.4. Ozônio (O₃)

A concentração diária de O₃ é representada pela maior média horária registrada no dia. A Resolução CONAMA nº 03/1990, estabelece, como padrão primário, o valor de 160 µg/m³ do ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano. As Figuras 3.19 a 3.24. apresentam essas concentrações, sendo possível observar a ultrapassagem desse valor em todas as estações.

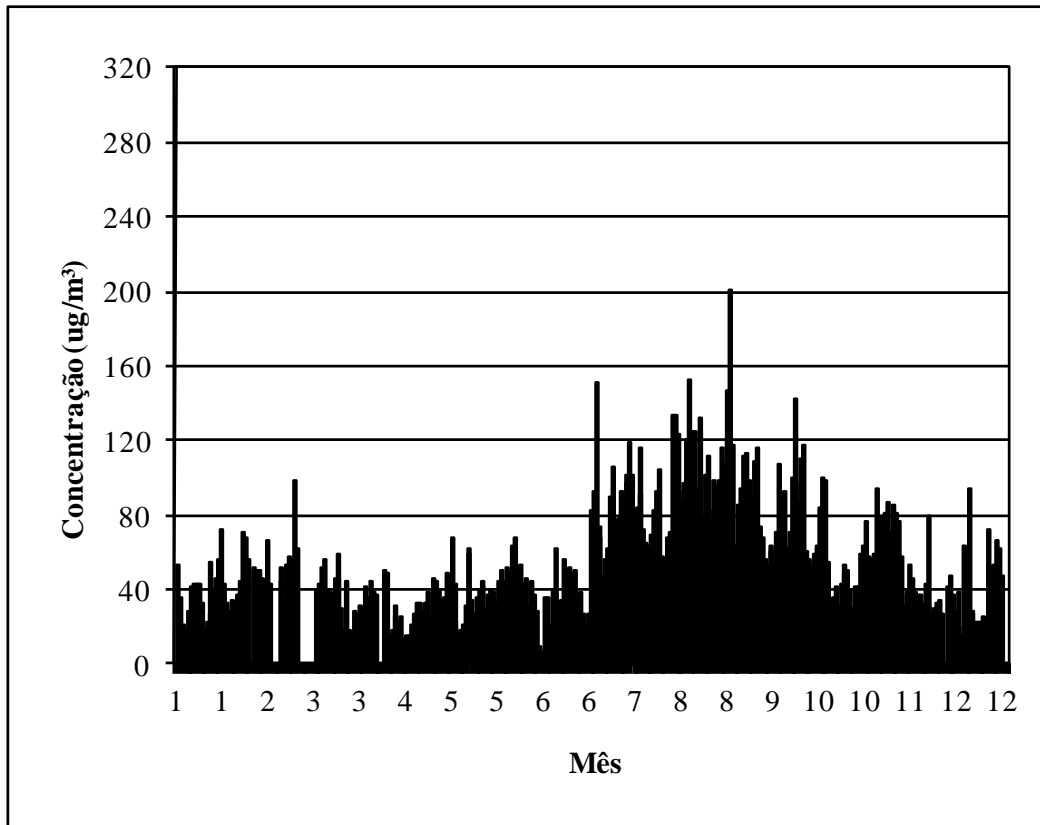


Figura 3.19: Concentração diária de ozônio, estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2011.

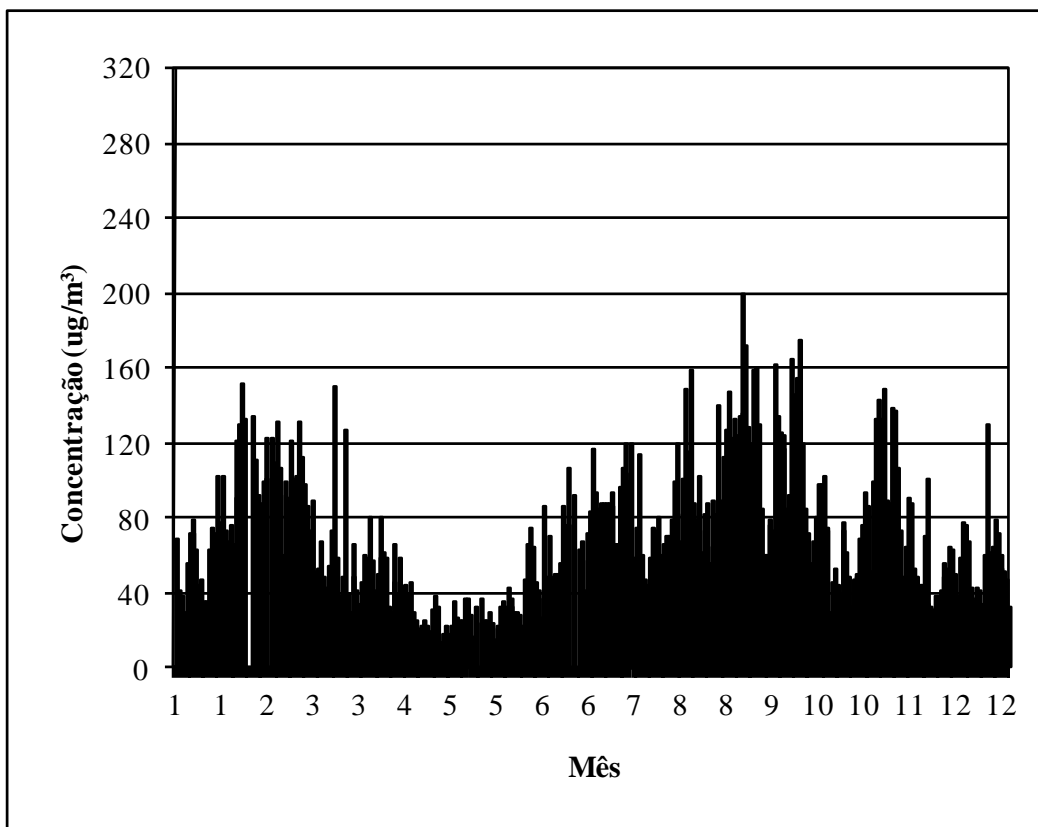


Figura 3.20: Concentração diária de ozônio, estação Bairro Jardim das Alterosas, Betim, 2011.

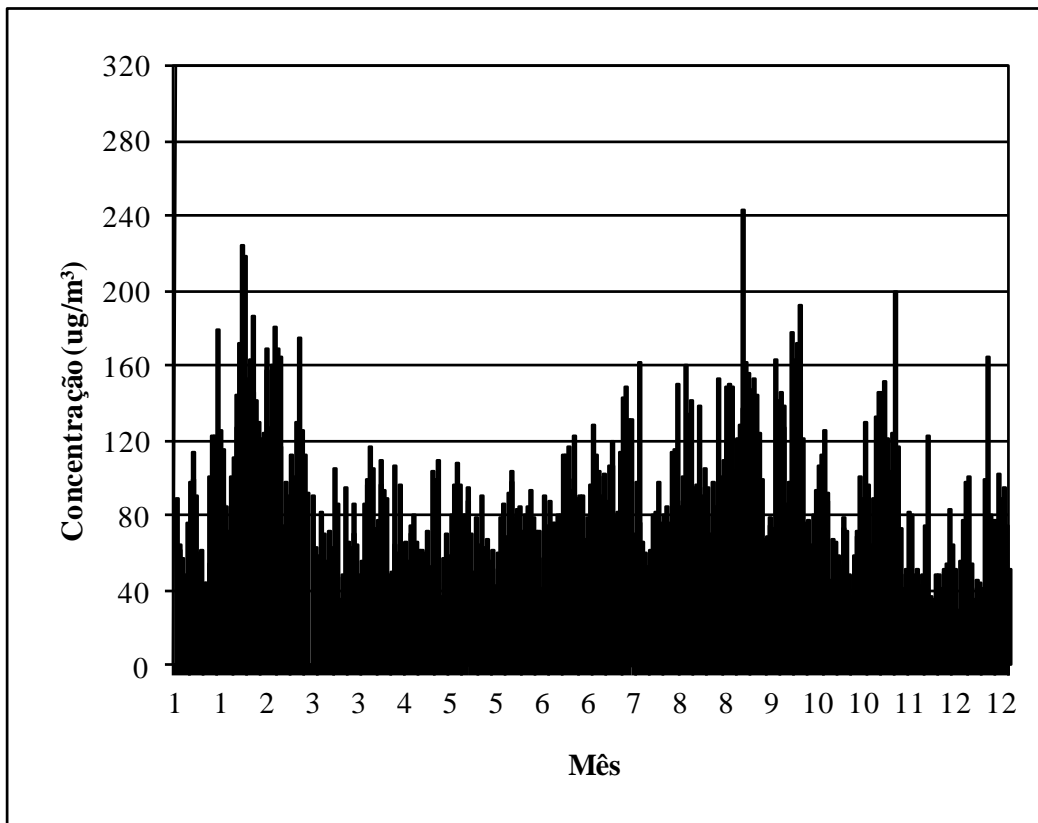


Figura 3.21: Concentração diária de ozônio, estação Bairro Petrovale, Betim, 2011.

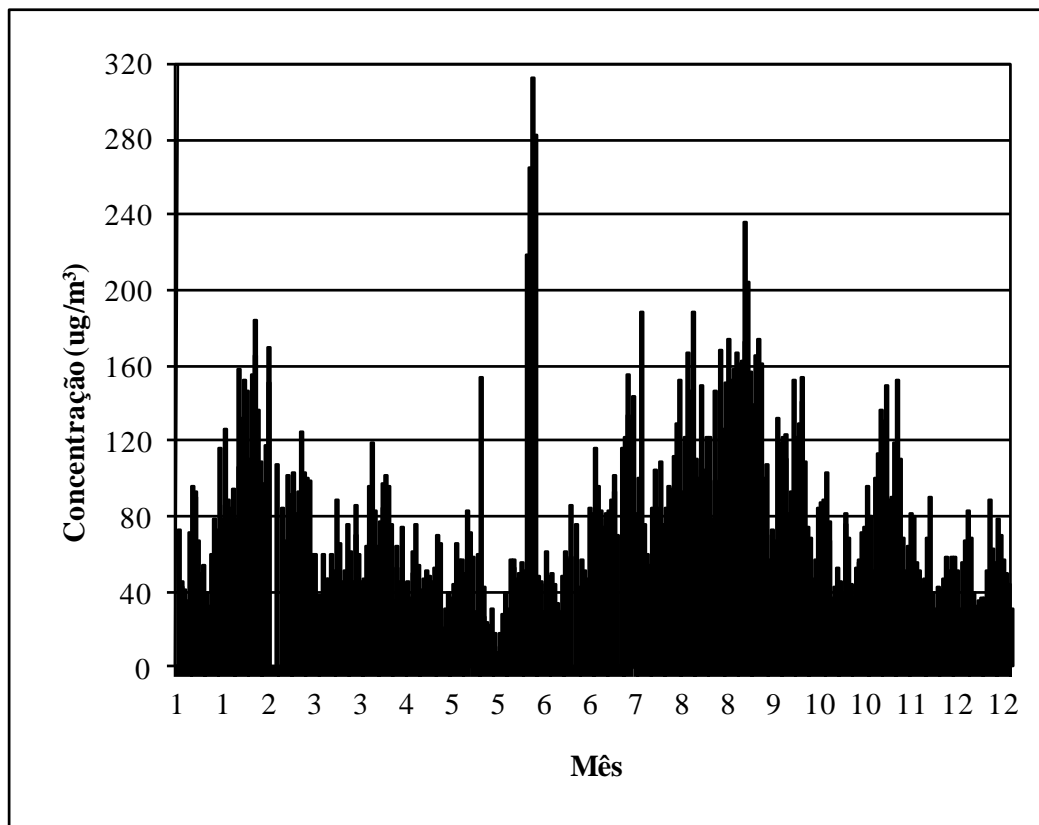


Figura 3.22: Concentração diária de ozônio, estação Centro Administrativo, Betim, 2011.

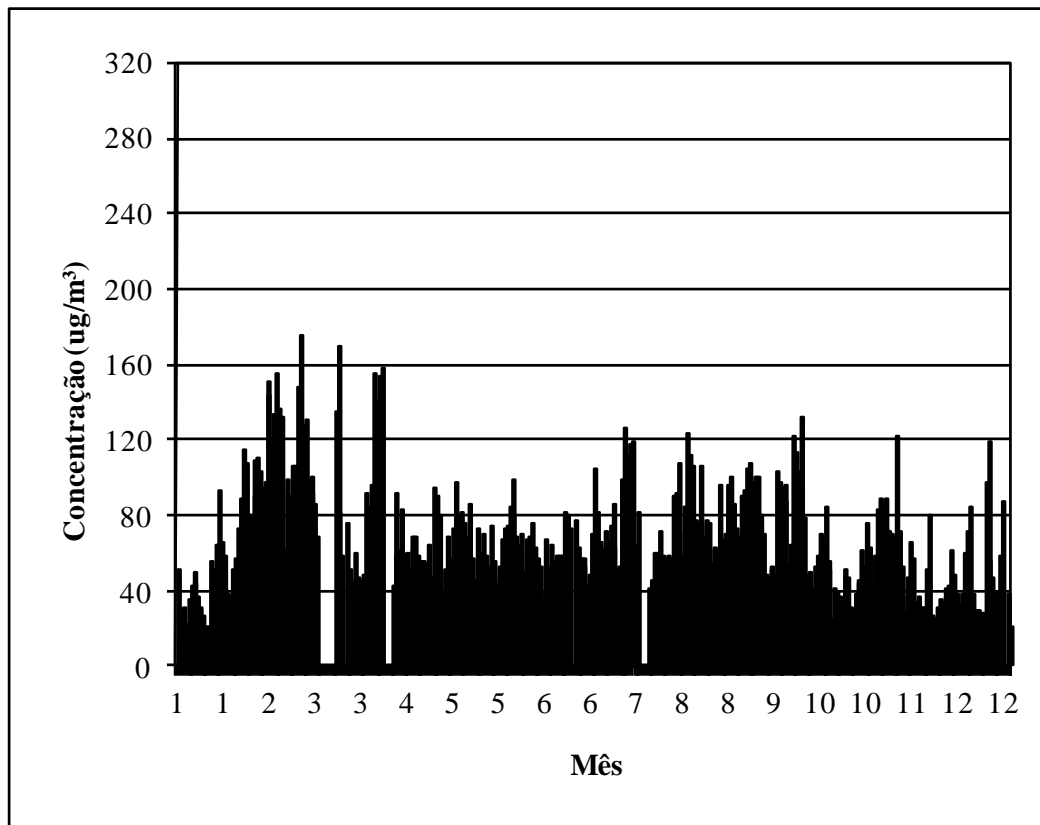


Figura 3.23: Concentração diária de ozônio, estação Bairro Cascata, Ibirité, 2011.

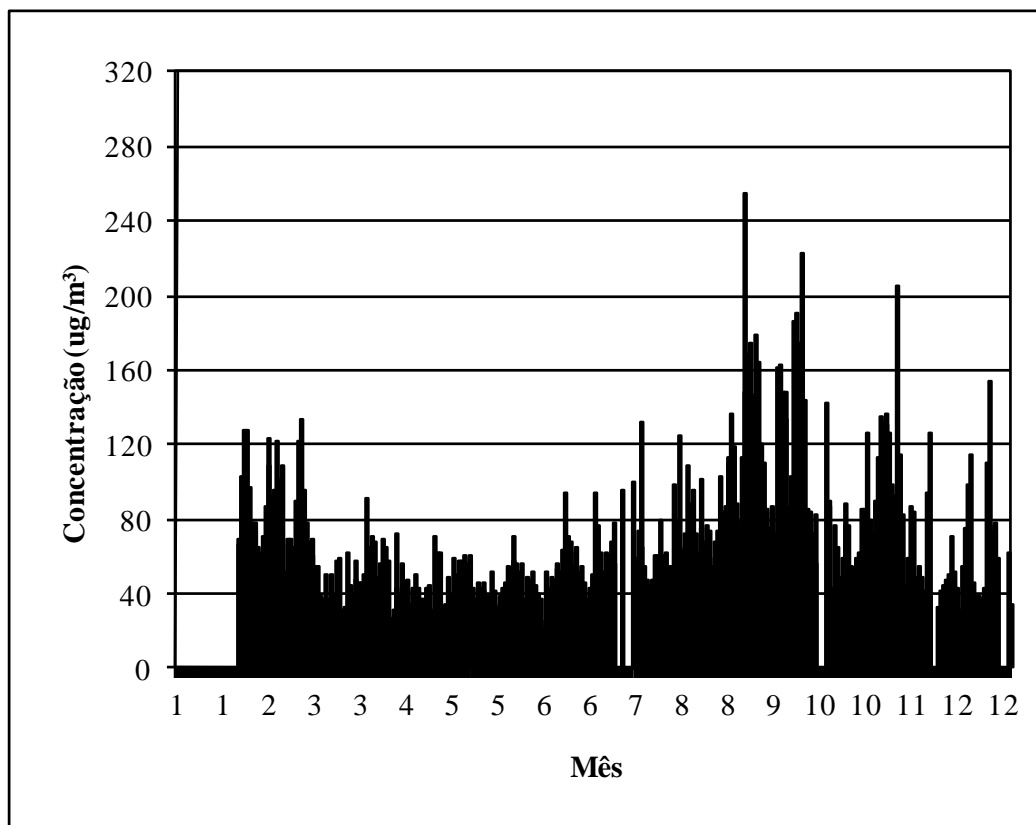


Figura 3.24: Concentração diária de ozônio, estação Bairro Piratininga, Ibirité, 2011.

As estatísticas descritivas referentes às máximas concentrações diárias de ozônio estão apresentadas na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Estatísticas descritivas para as máximas concentrações diárias de ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), na RMBH, em 2011.

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos(dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	3,9	49,0	200,2	56,3	30,57	22
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	13,7	65,6	200,2	71,1	36,17	7
	Bairro Petrovale	25,9	86,2	243,9	92,4	36,96	2
	Centro Administrativo	8,2	71,5	313,1	81,7	44,89	8
Ibirité	Bairro Cascata	20,6	64,0	174,8	69,2	29,25	21
	Bairro Piratininga	20,6	61,7	254,7	72,6	36,55	42

Nota: Concentrações maiores do que $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ foram registradas pela estação **Praça Rui Barbosa** em 31 de agosto; pela estação **Bairro Jardim das Alterosas** durante o mês de setembro (dias 6, 7, 11, 20, 27 e 30); pela estação **Bairro Petrovale** durante o mês de janeiro (dias 19, 29 a 31), fevereiro (dias 2, 3, 9, 12 a 15, 24), julho (dia 22), agosto (dia 12), setembro (dias 6, 7, 20, 27 a 30), novembro (dia 11), dezembro (dia 21); pela estação **Centro Administrativo** durante o mês de fevereiro (dias 3, 4, 10), junho (dias 3 a 6), julho (dia 22), agosto (dias 12, 14, 26, 29), setembro (dias 2 a 7, 10, 11, 13); pela estação **Bairro Cascata** em 24 de fevereiro e 12 de março; pela estação **Bairro Piratininga** durante setembro (dias 6 a 8, 10, 11, 20, 21, 27 a 30) e novembro (dia 11).

Todas as séries de concentrações de ozônio satisfizeram o critério de representatividade anual. O total de dias com ultrapassagens registradas pelas estações Praça Rui Barbosa, Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale, Centro Administrativo, Bairro Cascata e Bairro Piratininga corresponderam a: 1 dia, 6 dias, 23 dias, 21 dias, 2 dias e 12 dias, respectivamente¹.

As maiores concentrações registradas pelas estações Bairro Jardim das Alterosas ($200,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Bairro Petrovale ($243,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Bairro Piratininga ($254,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) apresentaram a mesma data de ocorrência, 06 de setembro de 2011. A estação Centro Administrativo

¹ Os totais de horas com concentrações maiores que $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registradas pelas estações Praça Rui Barbosa, Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale, Centro Administrativo, Bairro Cascata e Bairro Piratininga corresponderam a: 3, 14, 56, 94, 2 e 37 horas, respectivamente.

registrou a maior concentração ($313,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em 05 de junho, mas em 06 de setembro a concentração também foi elevada ($236,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.1.5 Dióxido de Nitrogênio (NO_2)

A concentração diária de NO_2 é representada pela maior média horária registrada no dia, cujo padrão primário estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990, corresponde a $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar.

Para a estação Bairro Piratininga, em Ibité, a ultrapassagem do padrão ocorreu em 30 de agosto de 2011; não havendo registro de ultrapassagem nos demais dias e nem por outras estações. As Figuras 3.25 a 3.29 apresentam as concentrações máximas diárias registradas pelas estações de monitoramento da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

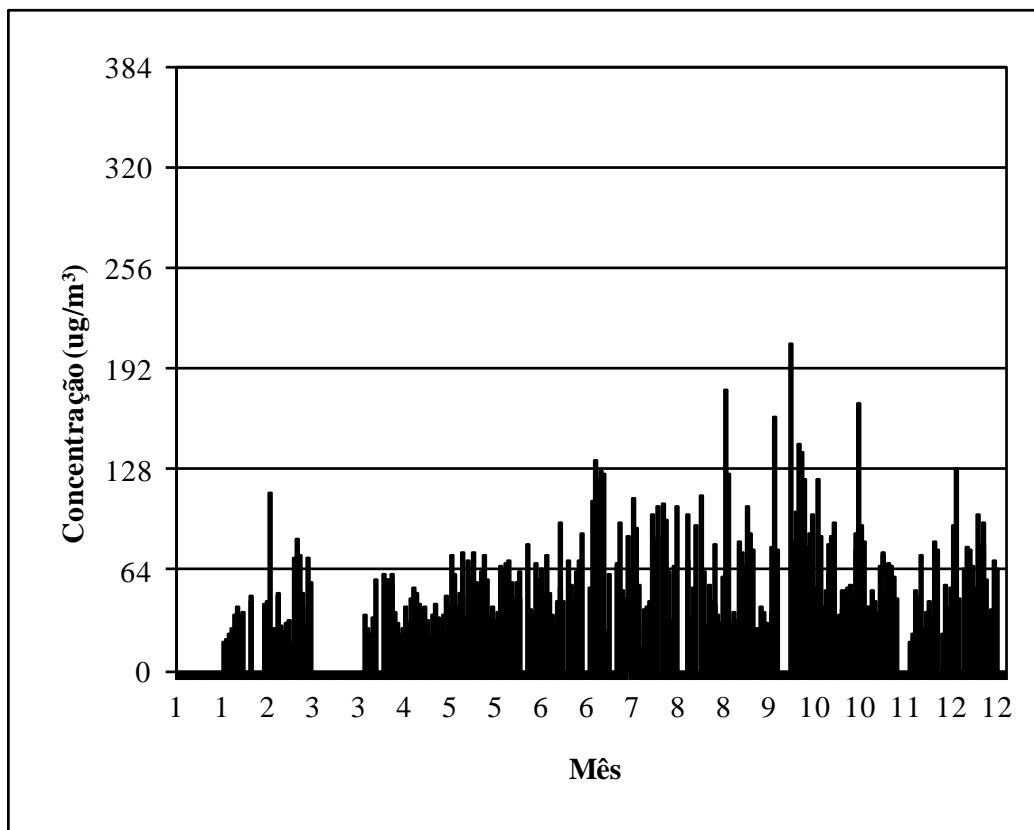


Figura 3.25: Concentração diária de dióxido de nitrogênio, estação Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte, 2011.

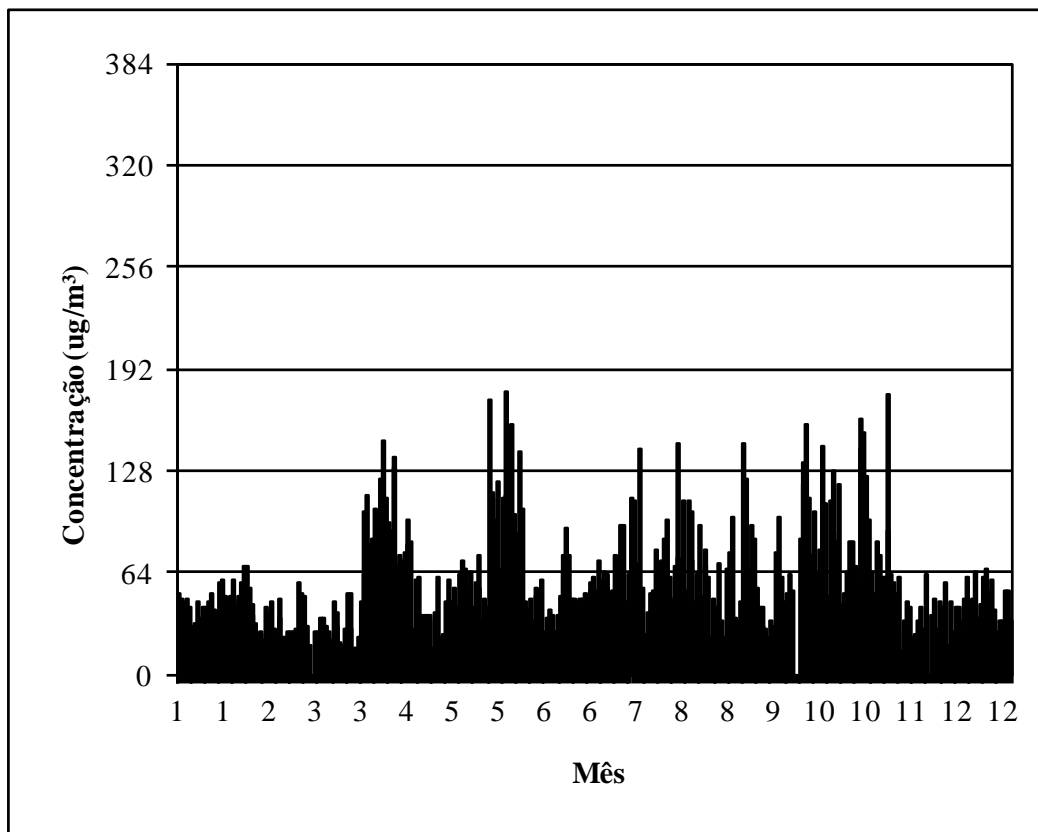


Figura 3.26: Concentração diária de dióxido de nitrogênio, estação Bairro Petrovale, Betim, 2011.

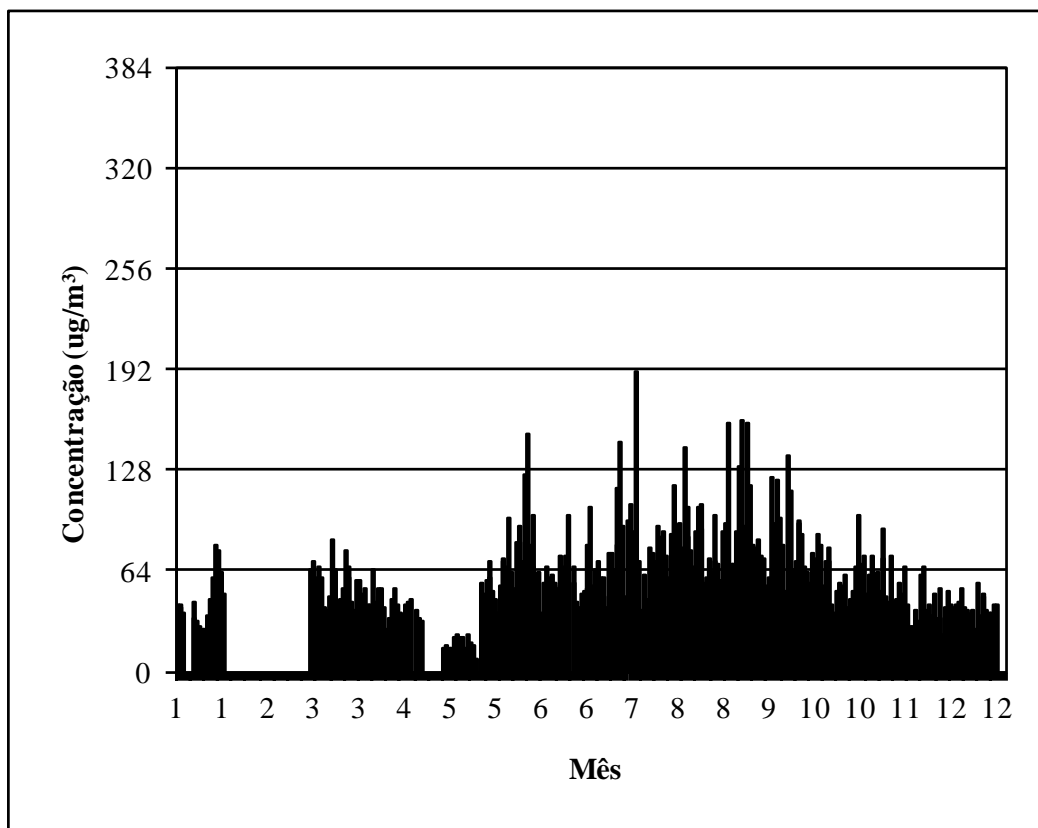


Figura 3.27: Concentração diária de dióxido de nitrogênio, estação Centro Administrativo, Betim, 2011.

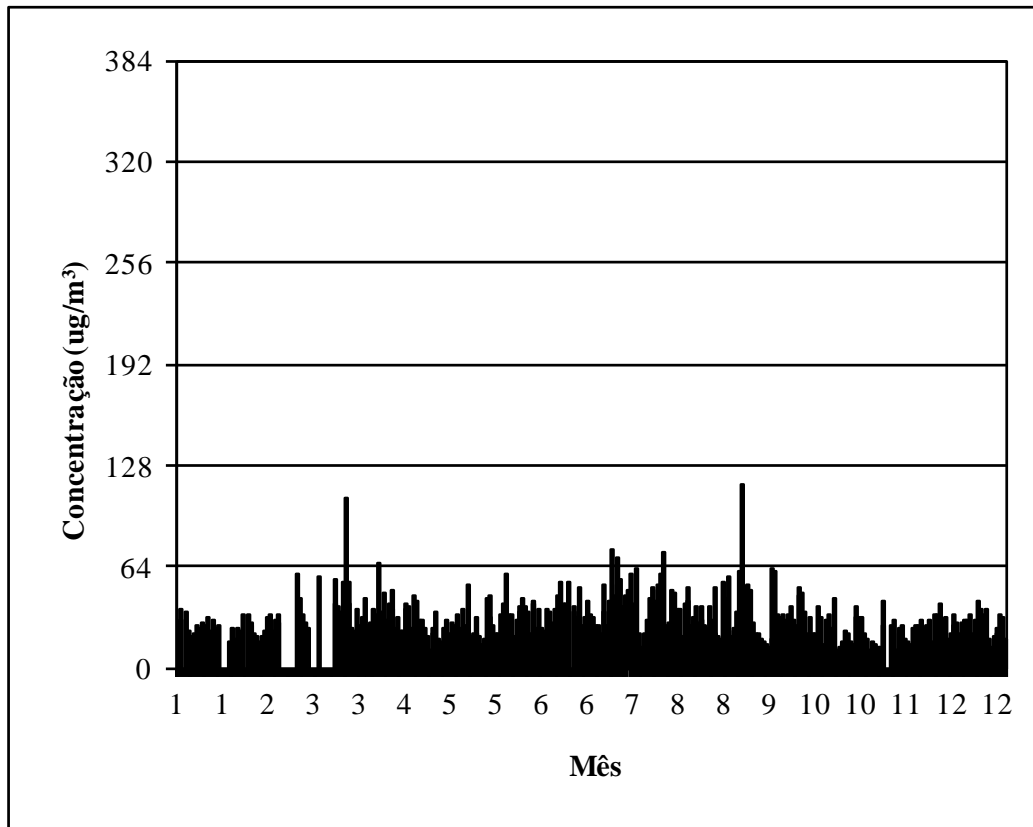


Figura 3.28: Concentração diária de dióxido de nitrogênio, estação Bairro Cascata, Ibirité, 2011.

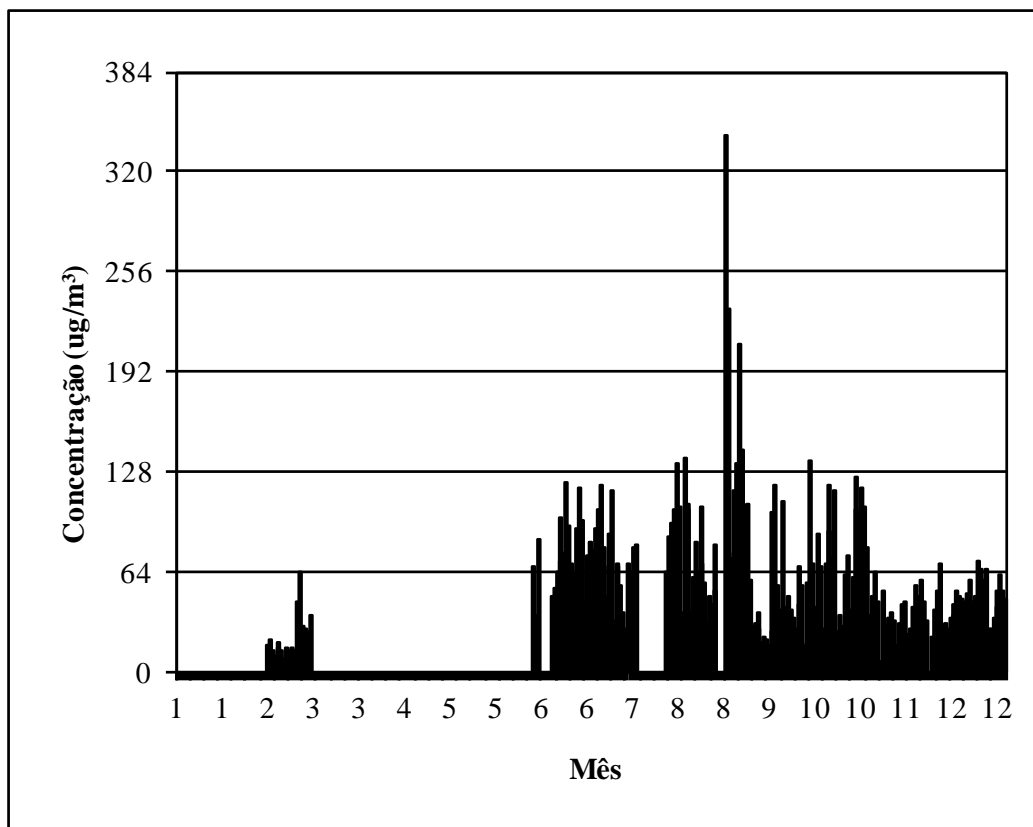


Figura 3.29: Concentração diária de dióxido de nitrogênio, estação Bairro Piratininga, Ibirité, 2011.

A Tabela 3.5 apresenta as estatísticas descritivas para as concentrações máximas diárias de NO₂ registradas pelas estações da Região Metropolitana de Belo Horizonte em 2011.

Tabela 3.5: Estatísticas descritivas para as máximas concentrações diárias de dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), na RMBH, em 2011.

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos(dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	9,8	52,2	208,8	58,5	30,15	86
Betim	Bairro Petrovale	12,2	50,1	176,9	59,3	32,42	6
	Centro Administrativo	7,5	56,5	190,6	60,9	27,90	57
Ibirité	Bairro Cascata	8,5	29,7	116,4	31,6	13,68	27
	Bairro Piratininga	5,3	49,2	343,2	59,1*	40,37	160

Nota: * indica que a média não é representativa. A estação Bairro Piratininga registrou uma ultrapassagem do padrão primário em 30 de agosto de 2011. Nesse dia, foram registradas concentrações horárias maiores que 320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar por 3 horas subsequentes.

Somente a série de medições registradas pela estação Bairro Piratininga, em Ibirité, não atendeu o critério de representatividade anual. A Resolução CONAMA nº 03/1990, estabelece, como padrão primário anual para NO₂, a concentração média aritmética anual de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar. Mesmo considerando as séries de concentrações máximas de NO₂, observa-se que as médias anuais são bem inferiores ao padrão estabelecido por Lei.

3.1.6 Hidrocarbonetos

A Resolução CONAMA nº 03/1990, não estabelece padrão para hidrocarbonetos. As Figuras 3.30 a 3.32 apresentam as concentrações diárias de hidrocarboneto total, metano e hidrocarboneto não metano, que correspondem às médias diárias das concentrações horárias de hidrocarbonetos registradas pela estação Bairro Petrovale, em Betim, de 2 de fevereiro a 15 de junho de 2011.

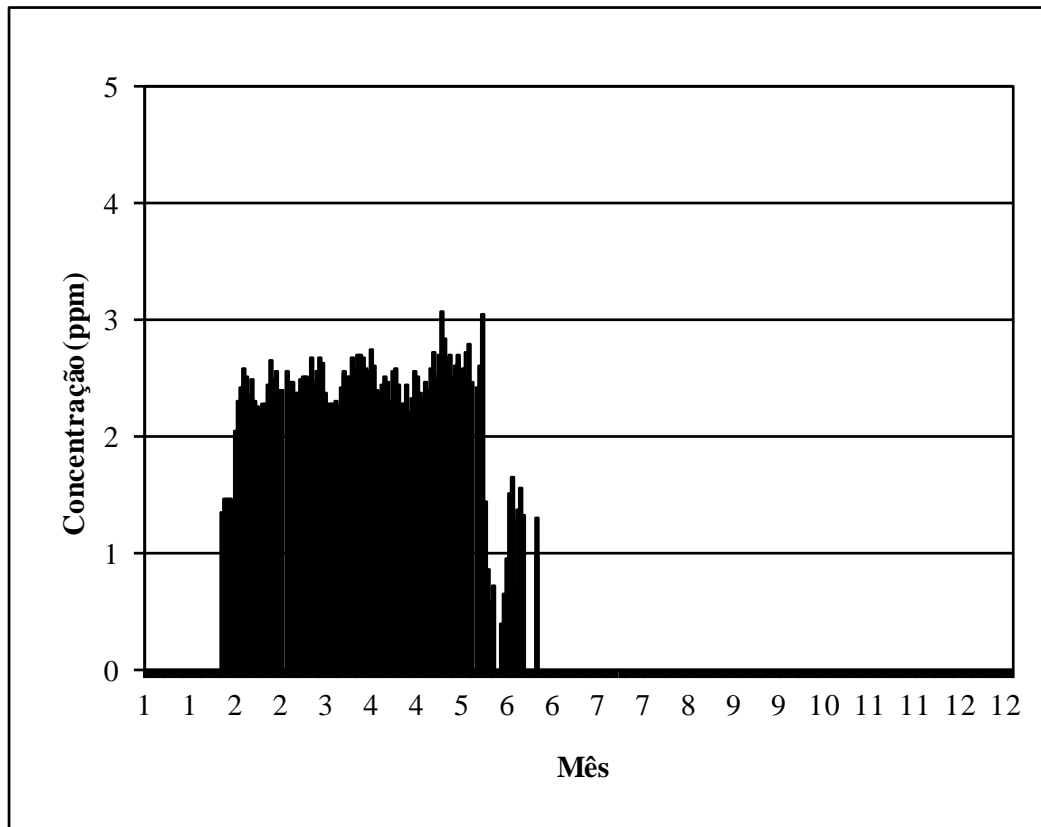


Figura 3.30: Concentração diária de hidrocarboneto total, estação Bairro Petrovale, Betim, 2011.

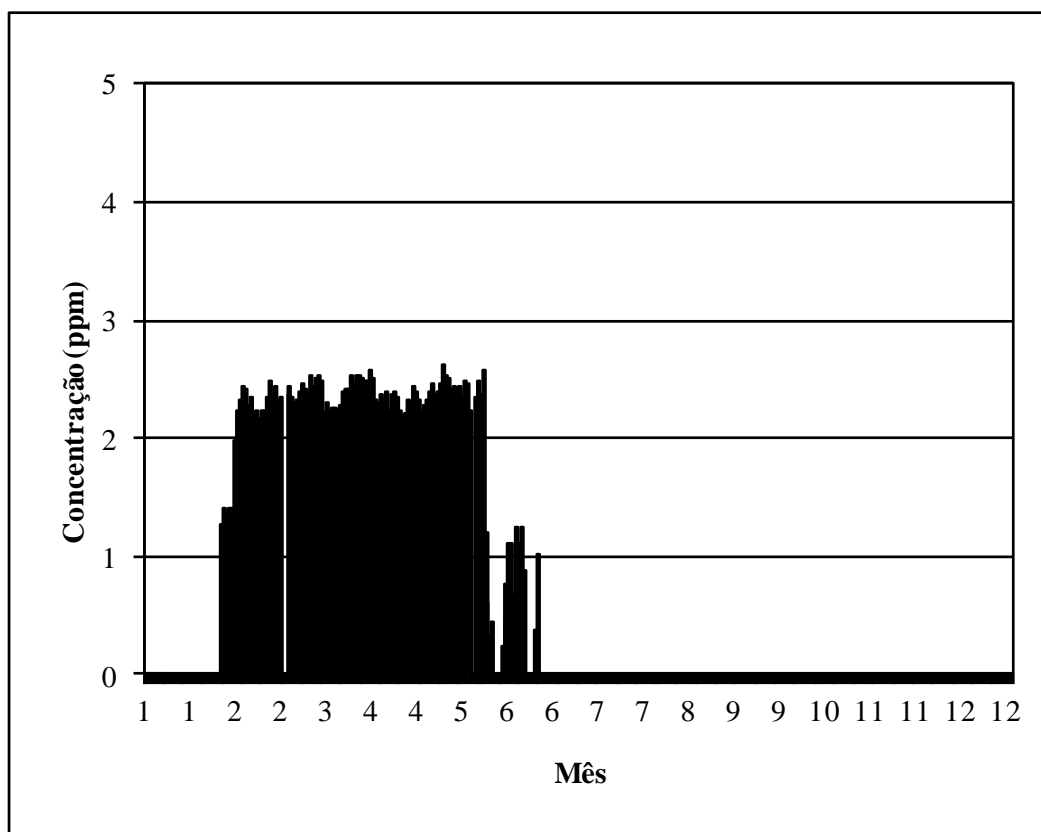


Figura 3.31: Concentração diária de metano, estação Bairro Petrovale, Betim, 2011.

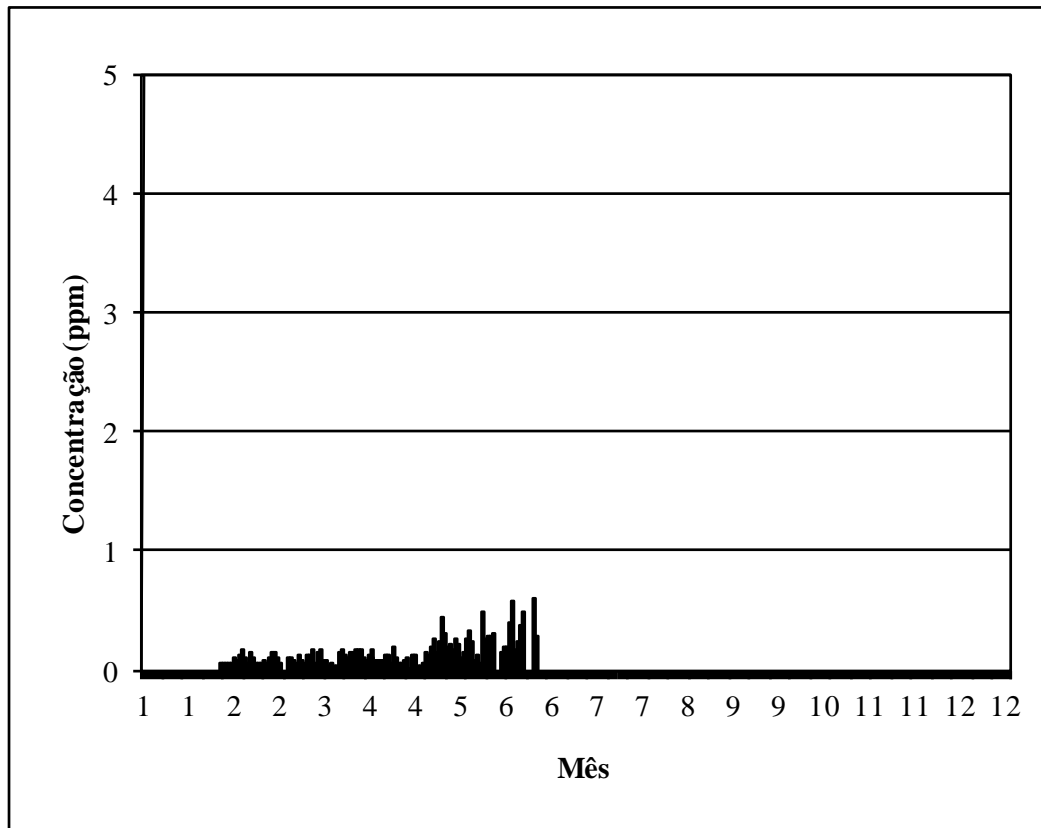


Figura 3.32: Concentração diária de hidrocarboneto não metano, estação Bairro Petrovale, Betim, 2011.

Nos gráficos anteriores, é possível observar que a maior parte da concentração diária de hidrocarboneto total refere-se à concentração de metano, cuja proporção foi superior a 39%. As Figuras 3.33 a 3.35 apresentam as concentrações diárias de hidrocarboneto total, metano e hidrocarboneto não metano, que correspondem às médias das concentrações horárias das concentrações de hidrocarbonetos registradas pela estação Bairro Cascata, em Ibirité.

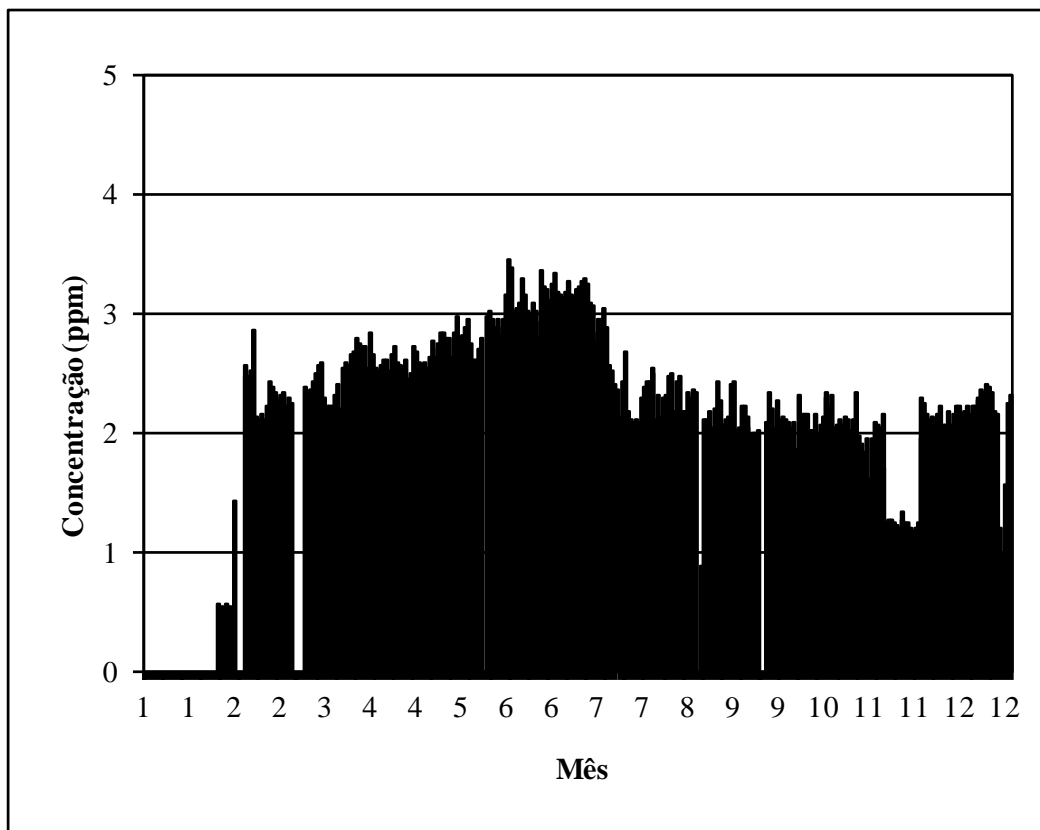


Figura 3.33: Concentração diária de hidrocarboneto total, estação Bairro Cascata, Ibirité, 2011.

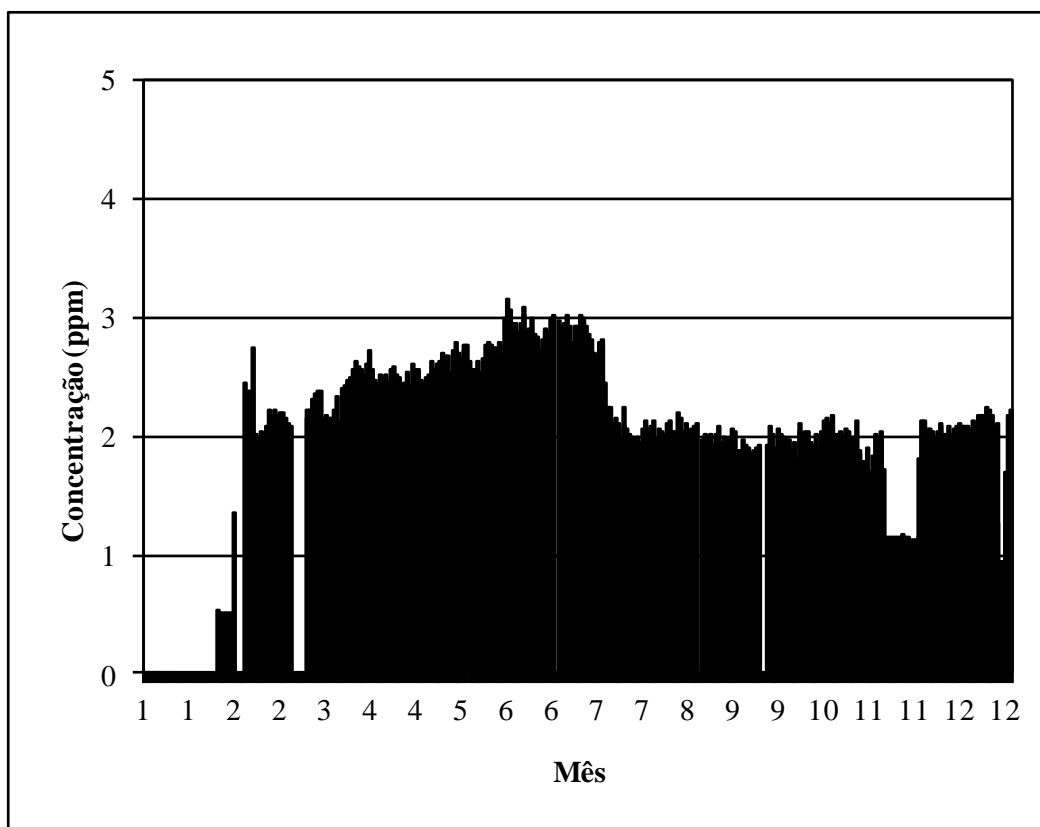


Figura 3.34: Concentração diária de metano, estação Bairro Cascata, Ibirité, 2011.

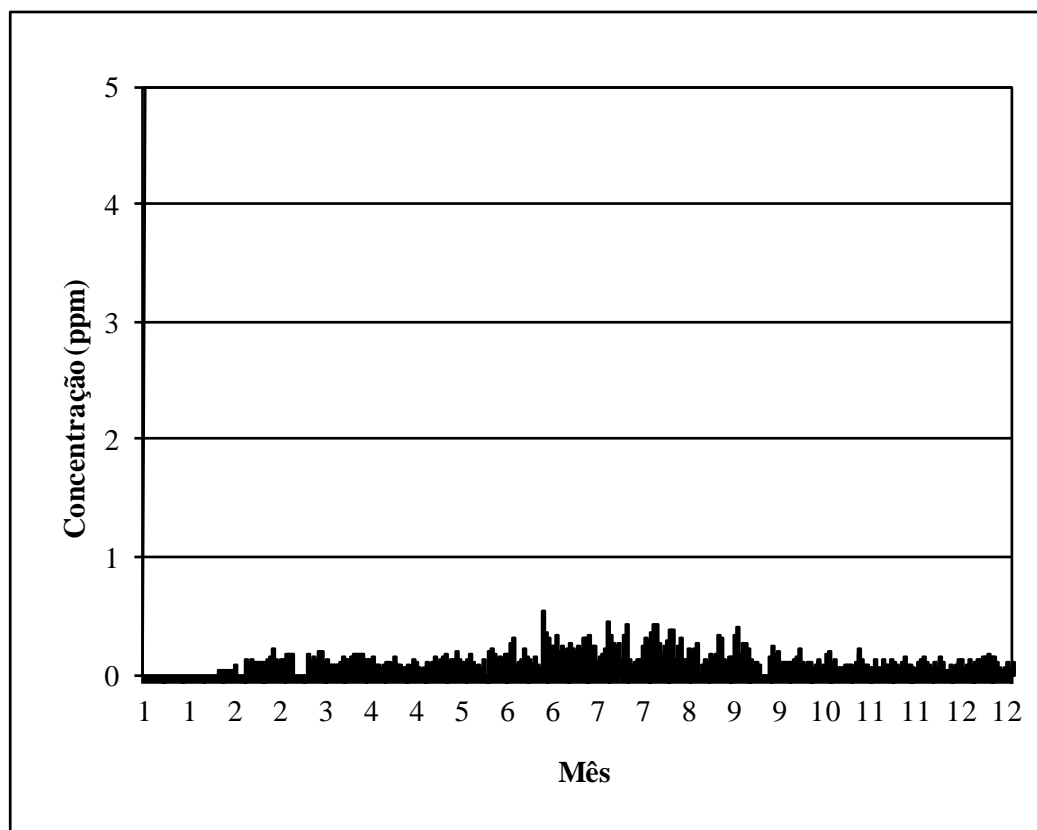


Figura 3.35: Concentração diária de hidrocarboneto não metano, estação Bairro Cascata, Ibirité, 2011.

É possível observar que, também para a série de concentrações diárias da estação Bairro Cascata, grande parte da concentração diária de hidrocarboneto total refere-se à concentração de metano, cuja proporção foi superior a 83%.

A Tabela 3.6 apresenta as estatísticas descritivas para as médias diárias das concentrações de hidrocarbonetos obtidas pelas estações Bairro Petrovale e Bairro Cascata, em 2011.

Tabela 3.6: Estatísticas descritivas para as médias diárias de concentrações de hidrocarboneto total, metano e não metano (ppm), estação Bairro Petrovale, em Betim, e estação Bairro Cascata, em Ibirité, em 2011.

Estação	Hidrocarboneto	Estatísticas descritivas					Omissos(dias)
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	
Bairro Petrovale	Total	0,38	2,43	3,06	2,25*	0,55	241
	Metano	0,25	2,35	2,63	2,12*	0,57	241
	Não metano	0,02	0,12	0,60	0,15*	0,11	241

Tabela 3.6: Estatísticas descritivas para as médias diárias de concentrações de hidrocarboneto total, metano e não metano (ppm), estação Bairro Petrovale, em Betim, e estação Bairro Cascata, em Ibirité, em 2011 (continuação).

Estação	Hidrocarboneto	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos(dias)
Bairro Cascata	Total	0,53	2,31	3,44	2,33	0,54	45
	Metano	0,51	2,12	3,17	2,20	0,51	45
	Não metano	0,02	0,12	0,53	0,14	0,08	45

Nota: * indica que a média não é representativa.

As séries de concentrações diárias de hidrocarboneto total, metano e não metano obtidas pela estação Bairro Cascata atenderam o critério de representatividade anual. Para a série de concentrações diárias de hidrocarboneto total registrada pela estação Bairro Cascata, o maior valor (3,44 ppm) ocorreu no dia 3 de junho; os maiores valores para as séries de metano (3,17 ppm) e não metano (0,53 ppm) ocorreram em 3 e 17 de junho, respectivamente.

A evolução das concentrações horárias é importante, principalmente, quanto à evolução das concentrações de hidrocarboneto não metano (VOC), pois ele participa da cinética química atmosférica de formação do ozônio (INEA, 2010). O hidrocarboneto metano não causa impacto direto na saúde humana, mas contribui para o efeito estufa, sendo que a concentração desse poluente na atmosfera está crescendo devido às atividades humanas, tais como agricultura, disposição de resíduos, produção e uso de combustíveis fósseis (INEA, 2010).

A Tabela 3.7 apresenta as estatísticas descritivas para as médias horárias de concentrações de metano e hidrocarboneto não metano registradas pela estação Bairro Cascata em 2011.

Tabela 3.7: Estatísticas descritivas para as médias horárias de concentrações de hidrocarboneto metano e não metano (ppm), estação Bairro Cascata, Ibirité, 2011.

Estação	Hidrocarboneto	Estatísticas descritivas						
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (horas)	
Bairro Cascata	Metano	0,00	2,15	4,05	2,20	0,55	1.103	
	Não metano	0,00	0,10	4,41	0,14	0,14	1.103	
	Metano	1ª máxima			4,05	Horário	2 horas	
		2ª máxima			3,76	Horário	8 horas	
		3ª máxima			3,72	Horário	9 horas	
	Não metano	1ª máxima			4,41	Horário	16 horas	
		2ª máxima			1,92	Horário	17 horas	
		3ª máxima			1,46	Horário	23 horas	

Observa-se que as três maiores concentrações horárias de hidrocarboneto metano foram registradas no período da manhã; ao passo que, as três maiores concentrações horárias de hidrocarboneto não metano foram registradas no final da tarde e à noite.

3.2. Classes de Qualidade do Ar

A Tabela 3.8 apresenta a distribuição das classes de qualidade do ar para cada uma das estações.

Tabela 3.8: Distribuição percentual das classes de qualidade do ar, Região Metropolitana de Belo Horizonte, 2011.

Município	Estação	Classes de qualidade do ar			
		Boa	Regular	Inadequada	Omissos(%)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	64,9	32,3	0,3	2,5
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	65,2	32,3	1,7	0,8
	Bairro Petrovale	34,8	58,4	6,3	0,5
	Centro Administrativo	48,8	43,0	6,8	1,4

Tabela 3.8: Distribuição percentual das classes de qualidade do ar, Região Metropolitana de Belo Horizonte, 2011 (continuação).

Município	Estação	Classes de qualidade do ar			
		Boa	Regular	Inadequada	Omissos(%)
Ibirité	Bairro Cascata	65,2	34,0	0,5	0,3
	Bairro Piratininga	63,0	25,7	3,6	7,7

A porcentagem de dados omissos, que representa dias para os quais não foi determinada a qualidade do ar, é cerca de 8% do total de dados gerados, valor inferior às porcentagens observadas em 2010². Deve-se ressaltar que apenas as estações Bairro Petrovale e Bairro Piratininga apresentaram séries representativas de concentrações de PM10. Para os demais poluentes, as séries foram consideradas representativas com exceção apenas das séries referentes aos poluentes monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio registradas pela estação Bairro Piratininga.

Para a estação Praça Rui Barbosa, em Belo Horizonte, a qualidade do ar foi classificada como Inadequada em um único dia, devido exclusivamente à concentração do poluente ozônio, pois as concentrações de PM10 e NO₂ classificariam a qualidade do ar como regular. Em 118 dias, a qualidade do ar foi classificada como regular devido à concentração dos poluentes: PM10 (36 dias), O₃ (22 dias), NO₂ (3 dias), PM10+O₃ (38 dias), PM10+NO₂ (8 dias), PM10+O₃+NO₂ (11 dias).

Em Betim, estação Bairro Jardim das Alterosas, ocorreram 6 dias com qualidade do ar inadequada devido exclusivamente ao poluente ozônio, sendo que, em 3 desses dias, a concentração de PM10 determinaria a qualidade do ar como regular. Em 118 dias, a qualidade do ar foi classificada como regular devido aos poluentes: PM10 (1 dia), O₃ (104 dias), PM10+O₃ (13 dias).

Em 23 dias, a qualidade do ar foi classificada como inadequada devido, exclusivamente, às concentrações de ozônio registradas pela estação Bairro Petrovale, em Betim. Dentre esses 23 dias, a qualidade do ar seria classificada como boa em 17 dias devido à

² Em 2010, as estações Praça Rui Barbosa, Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale, Centro Administrativo, Bairro Cascata e Bairro Piratininga apresentaram as seguintes proporções de omissos: 31,2%, 20,8%, 12,9%, 9,3%, 17% e 18,1%, respectivamente.

concentração dos demais poluentes e seria classificada como regular para 6 dias devido à concentração dos poluentes: PM10 (3 dias), NO₂ (1 dia), PM10+NO₂ (2 dias). Em 213 dias, a qualidade do ar foi classificada como regular devido à concentração dos poluentes: PM10 (11 dias), SO₂ (5 dias), O₃ (103 dias), NO₂ (12 dias), PM10+O₃ (50 dias), PM10+NO₂ (2 dias), SO₂+O₃ (4 dias), O₃+NO₂ (9 dias), PM10+O₃+NO₂ (13 dias), SO₂+O₃+NO₂ (4 dias).

Para estação Centro Administrativo, em Betim, em 25 dias a qualidade do ar foi classificada como inadequada devido à concentração dos seguintes poluentes: PM10 (3 dias), CO (1 dia), O₃ (17 dias), PM10+O₃ (4 dias)³. Em 157 dias a qualidade do ar foi classificada como Regular devido aos poluentes: PM10 (23 dias), CO (5 dias), O₃ (63 dias), PM10+CO (1 dia), PM10+O₃ (39 dias), CO+O₃ (10 dias), PM10+CO+O₃ (4 dias), PM10+O₃+NO₂ (10 dias), PM10+CO+O₃+NO₂ (2 dias).

A estação Bairro Cascata em Ibirité classificou a qualidade do ar em 2 dias como inadequada devido, exclusivamente, às concentrações do poluente ozônio. Em 124 dias, a qualidade do ar foi classificada como regular devido aos poluentes: PM10 (17 dias), O₃ (76 dias), NO₂ (1 dia), PM10+O₃ (29 dias), PM10+NO₂ (1 dia).

Para a estação Bairro Piratininga, 13 dias obtiveram classificação Inadequada, sendo 12 deles devidos exclusivamente ao ozônio e 1 dia ao dióxido de nitrogênio⁴. Em 94 dias, a qualidade foi classificada como Regular devido aos poluentes: O₃ (69 dias), NO₂ (14 dias) e O₃+NO₂ (11 dias).

³ Dentre os 3 dias com classificação inadequada devido a **PM10**, as concentrações dos demais poluentes classificariam a qualidade do ar como regular devido a: CO+O₃ (1 dia), CO+O₃+NO₂ (2 dias). A classificação inadequada devido ao **CO** foi acompanhada de classificação regular pelos poluentes PM10 e O₃. Dentre os 17 dias com classificação inadequada devido ao **O₃**; para 3 deles, não há influência das concentrações dos demais poluentes e, para 14 deles, as concentrações dos demais poluentes classificariam a qualidade do ar como regular devido a: PM10 (6 dias), CO (3 dias), NO₂ (2 dias), PM10+CO (1 dia), PM10+NO₂ (1 dia), PM10+CO+NO₂ (1 dia). Dentre os 4 dias com classificação inadequada devido a **PM10+O₃**, as concentrações dos demais poluentes classificariam a qualidade do ar como regular devido a: CO (1 dia), NO₂ (1 dia), CO+NO₂ (2 dias).

⁴ Dentre os 12 dias com classificação inadequada devido ao ozônio, para 3 dias, a concentração de NO₂ classificaria a qualidade do ar como regular. Para a classificação inadequada devido ao NO₂, a concentração de ozônio classificaria a qualidade do ar como regular.

3.3. Dados Meteorológicos

Os parâmetros meteorológicos a serem apresentados são: velocidade e direção do 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 3.9 apresenta as estatísticas descritivas das médias diárias de velocidade de vento para as estações de Belo Horizonte, Betim e Ibirité.

Tabela 3.9: Estatísticas descritivas para a média diária de velocidade de vento (m/s), RMBH, 2011.

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	0,7	1,4	2,4	1,5	0,35	18
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	0,9	2,0	4,1	2,1	0,70	4
	Bairro Petrovale	0,8	1,6	3,3	1,7	0,55	3
	Centro Administrativo	0,9	1,7	4,0	1,9	0,65	41
Ibirité	Bairro Cascata	0,7	1,4	3,9	1,6	0,63	1

Nota: A estação Bairro Piratininga, em Ibirité, não apresentou medições durante o ano de 2011.

Todas as séries de medições de velocidade do vento atenderam o critério de representatividade anual. As maiores médias diárias obtidas pelas estações Praça Rui Barbosa (2,4 m/s), Bairro Jardim das Alterosas (4,1 m/s), Bairro Petrovale (3,3 m/s), Centro Administrativo (4 m/s) e Bairro Cascata (3,9 m/s) ocorreram nas seguintes datas: 18 de novembro, 19 de setembro, 18 de setembro, 19 de setembro e 23 de setembro, respectivamente. A segunda e terceira maior velocidade média do vento obtida para a estação Praça Rui Barbosa ocorreram em 31 de outubro e 22 de agosto, respectivamente.

3.3.2 Direção de Vento

Os dados de direção do vento obtidos pelas estações referem-se às médias diárias de direção predominante do vento. Para a estação Praça Rui Barbosa, em Belo Horizonte, a série de medições da direção do vento atendeu o critério de representatividade. Para 68% dos dias, a direção predominante foi sul, seguida pelas direções sudoeste (11,8%) e sudeste (8,8%).

As séries de medições das estações Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale e Centro Administrativo também atenderam o critério de representatividade anual. Para a série de medições da estação Bairro Jardim das Alterosas, em 60,3% dos dias, as médias diárias corresponderam à direção sul, seguida pelas direções sudoeste (12,3%) e sudeste (10,4%). Para a série de medições da estação Bairro Petrovale, em 31,5% dos dias, as médias diárias corresponderam à direção oeste, seguida pelas direções noroeste (24,4%) e sudoeste (23,3%). Para a estação Bairro Centro Administrativo, em 39,2% dos dias, as médias diárias corresponderam à direção sul, que foi seguida pelas direções sudeste (20,6%) e sudoeste (16,2%).

Em Ibirité, a série de medições da estação Bairro Cascata também atendeu o critério de representatividade anual. Para 45,2% dos dias, a série de medições apresentou direção sudoeste, seguida pela direção sul (26%) e sudeste (5,5%). A estação Bairro Piratininga, em Ibirité, não apresentou medições de direção de vento em 2011.

3.3.3 Temperatura do Ar

A Tabela 3.10 apresenta as estatísticas descritivas da média diária de temperatura para as estações de Belo Horizonte, Betim e Ibirité.

Tabela 3.10: Estatísticas descritivas para a média diária de temperatura (°C), RMBH, 2011.

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	14,6	23,3	29,7	23,3	2,91	18
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	16,8	21,5	26,4	21,6*	2,55	156
	Bairro Petrovale	15,7	21,4	26,4	21,2	2,51	2

Tabela 3.10: Estatísticas descritivas para a média diária de temperatura (°C), RMBH, 2011 (continuação).

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos(dias)
Betim	Centro Administrativo	15,9	21,8	27,1	21,7	2,44	71
Ibirité	Bairro Cascata	15,0	21,1	26,1	20,7	2,59	1
	Bairro Piratininga	14,5	20,8	27,6	20,8*	2,67	196

Nota: * indica que a média não é representativa.

As séries de medições de temperatura referentes às estações Praça Rui Barbosa, Bairro Petrovale, Centro Administrativo e Bairro Cascata atenderam o critério de representatividade anual. As menores temperaturas médias diárias das estações Praça Rui Barbosa, Bairro Petrovale e Centro Administrativo ocorreram em 22 de outubro. Para a estação Bairro Cascata, a menor temperatura (15 °C) ocorreu em 8 de julho; sendo que, em 22 de outubro, a temperatura média diária correspondeu a 16°C.

As maiores temperaturas médias diárias das estações Praça Rui Barbosa, Bairro Petrovale, Centro Administrativo e Bairro Cascata ocorreram em 30 de janeiro, 10 de fevereiro, 10 de fevereiro e 11 de setembro, respectivamente. Para as estações Praça Rui Barbosa e Bairro Cascata, em 10 de fevereiro, ocorreram as quintas maiores temperaturas, 28,5°C e 25,6°C, respectivamente.

3.3.4 Umidade Relativa do Ar

As estatísticas descritivas da média diária de umidade relativa do ar estão apresentadas na Tabela 3.11.

Tabela 3.11: Estatísticas descritivas para a média diária da umidade relativa do ar (%), RMBH, 2011.

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos(dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	33,8	61,0	98,8	62,1	13,67	27

Tabela 3.11: Estatísticas descritivas para a média diária da umidade relativa do ar (%), RMBH, 2011 (continuação).

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos(dias)
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	38,3	60,5	98,1	60,9*	10,86	176
	Bairro Petrovale	34,0	65,2	96,7	66,0	13,54	11
	Centro Administrativo	35,4	63,2	99,2	62,3*	12,58	152
Ibirité	Bairro Cascata	35,3	64,1	94,7	64,7	12,54	1
	Bairro Piratininga	27,8	60,9	100,0	63,3*	21,17	202

Nota: * indica que a média não é representativa.

As séries de medições da umidade relativa do ar registradas pelas estações Praça Rui Barbosa, Bairro Petrovale e Bairro Cascata atenderam o critério de representatividade anual. As menores umidades médias diárias das estações Praça Rui Barbosa (33,8%) e Bairro Petrovale (34%) ocorreram em 10 de setembro; enquanto que a menor umidade média diária da estação Bairro Cascata (35,3%) ocorreu em 7 de setembro. Para essa última estação, em 10 de setembro, ocorreu a segunda menor média diária, que correspondeu a 36,8%.

As maiores médias diárias de umidade relativa das estações Praça Rui Barbosa, Bairro Petrovale e Bairro Cascata ocorreram em 15 de dezembro, 15 de janeiro e 19 de dezembro, respectivamente. Em 19 de dezembro, a estação Bairro Petrovale registrou a quarta maior umidade diária, que correspondeu a 94,4%.

Umidades relativas horárias menores que 20% foram registradas pelas estações Praça Rui Barbosa, Bairro Petrovale e Bairro Cascata, principalmente, nos meses de agosto e setembro.

Médias horárias de umidade menores que 20% foram registradas pela estação Praça Rui Barbosa nas seguintes datas: 8/jul (1 hora), 15/jul (3 horas), 4/ago (4 horas), 13/ago (5 horas), 14/ago (4 horas não subsequentes), 19/ago (4 horas), 5/set (4 horas) 6/set (1 hora), 9/set, 21/09 (2 horas não subsequentes) e (3 horas), 10/out (4 horas).

Para a estação Bairro Petrovale, têm-se as seguintes datas: 4/ago (2 horas), 14/ago (3 horas), 2/set (1 hora), 4/set (5 horas), 5/set (6 horas), 6/set (4 horas), 9/set (5 horas), 10/set (5 horas), 11/set (2 horas), 21/set (2 horas), 1/out (2 horas não subseqüentes), 2/out (2 horas não subseqüentes).

A estação Bairro Cascata registrou umidades relativas do ar menores que 20% nas seguintes datas: 4/ago (3 horas), 13/ago (3 horas), 14/ago (4 horas), 4/set (1 hora), 5/set (5 horas), 6/set (3 horas), 9/set (1 hora), 10/set (2 horas).

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em relação a 2010, houve uma melhora significativa da quantidade de dados gerados por todas as estações, tanto da quantidade de concentrações de poluentes que foram consideradas válidas, quanto da quantidade de mensurações de parâmetros meteorológicos, resultante do melhor acompanhamento da operação dos equipamentos e melhoria na qualificação do corpo técnico.

Em virtude da necessidade de modernização dos sistemas de armazenamento e transmissão dos dados, as estações Aeroporto Carlos Prates (Belo Horizonte), Avenida Amazonas (Belo Horizonte) e Praça Tancredo Neves (Contagem), deixaram de compor a rede de monitoramento temporariamente no ano de 2010, com reativação das estações previstas para 2013.

A melhoria na operação das estações, e conseqüentemente na qualidade dos dados gerados, fez com que a proporção de dias para os quais não é possível classificar a qualidade do ar reduzisse para menos de 10%. Com essa redução, foi possível inferir que a qualidade do ar foi classificada como boa entre 34% e 65% dos dias de 2011. Não sendo considerada a região próxima a estação Bairro Petrovale, por ser caracterizada como uma região industrial, a proporção de dias com qualidade regular variou de 25% a 43%.

Geralmente, a qualidade do ar é classificada como regular devido a concentrações de material particulado ou ozônio. As séries de medições das estações Bairro Petrovale (Betim) e Bairro Cascata (Ibirité) atenderam o critério de representatividade anual tanto para material particulado quanto para ozônio. Para essas séries, foi possível determinar que, em grande parte dos dias de 2011, a qualidade do ar foi classificada como regular devido exclusivamente às concentrações máximas de ozônio.

Dentre os dias com qualidade do ar classificada como regular, devido às concentrações registradas pela estação Bairro Petrovale, em 48% desses dias, a classificação foi devida exclusivamente à concentração máxima de ozônio naqueles dias. Para a série de medições realizadas pela estação Bairro Cascata, essa proporção correspondeu a 61%.

Para as concentrações de material particulado, houve uma redução do número dias sem medição para as estações Praça Rui Barbosa (Belo Horizonte), Bairro Petrovale, Centro Administrativo (Betim) e Bairro Cascata; entretanto, apenas para as estações Bairro Petrovale e Bairro Cascata, as séries de medições atenderam o critério de representatividade anual.

Para as estações Bairro Jardim das Alterosas (Betim), Centro Administrativo, Bairro Petrovale e Bairro Piratininga (Ibirité) que apresentaram séries anuais representativas de concentrações de dióxido de enxofre em 2010 e 2011, houve uma redução das concentrações médias anuais obtidas pelas duas primeiras estações e uma elevação da concentração média obtida pelas duas últimas. A elevação obtida pela estação Bairro Petrovale deve-se a alguns dias do período de março a abril, cujas concentrações médias diárias diferem-se bastante das obtidas para as demais estações no mesmo período, o que pode estar mostrando a influência de uma ou mais fontes de emissão situadas na região.

Entre 2010 e 2011, as maiores concentrações diárias de monóxido de carbono obtidas pela estação Bairro Jardim das Alterosas não apresentaram uma grande alteração; enquanto que, houve uma redução das máximas concentrações obtidas pelas estações Bairro Petrovale e Bairro Cascata de 2010 para 2011.

Apenas as estações de Ibirité (Bairro Cascata e Bairro Piratininga) apresentaram séries anuais representativas de ozônio nos anos de 2010 e 2011. Para a estação Bairro Piratininga, o número de dias com ultrapassagens do padrão primário de ozônio ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$) aumentou de 6 para 12 dias; ao passo que, para a estação Bairro Cascata, houve uma redução de 33 para 2 dias.

As estações de Betim (Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale, Centro Administrativo) não apresentaram séries anuais representativas em 2010; entretanto, observou-se uma redução do número de dias com ultrapassagem do padrão primário para a estação Bairro Jardim das Alterosas de 15 dias em 2010 para 6 dias em 2011. Para a estação Centro Administrativo, houve uma elevação de 4 para 21 dias, que pode ser devida à maior quantidade de dias com medições válidas ou a eventos locais, pois essa estação apresentou um pico de concentração de ozônio no mês de junho, que não foi

acompanhado, com a mesma intensidade, pelas medições das demais estações. Para a estação Bairro Petrovale, o número de dias com ultrapassagens aumentou de 16 para 23 dias.

Em relação ao poluente dióxido de nitrogênio, somente a estação Bairro Petrovale apresentou séries de medições representativas para os anos de 2010 e 2011. A concentração máxima registrada pela estação Bairro Petrovale em 2011 ($176,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi inferior à máxima registrada em 2010 ($203,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Em 2011, iniciou-se o monitoramento de hidrocarbonetos pela estação Bairro Petrovale e estação Bairro Cascata, sendo que foi possível inferir que grande parte da concentração de hidrocarboneto total era constituída por metano.

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: 25 de outubro de 2012.
 3. FEAM. Avaliação da eficiência da rede de estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte. Fundação Estadual do Meio Ambiente; 2010.
 4. FEAM. Licenciamento ambiental: coletânea de legislação. Fundação Estadual do Meio Ambiente; Projeto Minas Ambiente. 2^a. Edição, 2000, 438p.
 5. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_rm_zip.shtm>. Acesso em: 5 de fevereiro de 2013.
 6. INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Relatório anual de qualidade do ar – 2009. Rio de Janeiro, INEA, 2010, 108 p. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/downloads/relatorios/qualidade_ar_2009.pdf>. Acesso em: 17 de dezembro de 2012.
 7. 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.
 8. SEGEM. Secretaria de Gestão Metropolitana. Disponível em: <http://metropolitana.mg.gov.br/pagina/duvidas-frequentes>. Acesso em: 08/02/2013.
 9. USEPA. **National ambient air quality standards (NAAQS)**. Environmental Protection Agency, 31 ago. 2011. Disponível em <<http://www.epa.gov/air/criteria.html>>. Acesso em: 13 de novembro de 2012.
 10. USEPA. **Air quality index: a guide to air quality and your healthy**. U.S. Environmental Protection Agency, ago. 2009. Disponível em <http://www.epa.gov/airnow/aqi_brochure_08-09.pdf>. Acesso em: 03 de dezembro de 2012.
-