

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

ANO BASE
2012

feam

Fundação Estadual do Meio Ambiente

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Secretaria de Estado 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 de 2012

Relatório Técnico

FEAM-GESAR-RT-09/2015

Belo Horizonte
Dezembro de 2015

Governador do Estado de Minas Gerais

Fernando Damata Pimentel

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SISEMA**Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD**

Luiz Sávio de Souza Cruz - Secretário

Presidente da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM

Diogo Soares de Melo Franco

Diretora de Gestão da Qualidade Ambiental – DGQA

Irene Albernaz Arantes

Gerente de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões – GESAR

Flávio Daniel Ferreira

Equipe técnica

Afonso Henrique Ribeiro – Geógrafo e Analista Ambiental

Antônio Alves dos Reis – Engenheiro Químico

Bárbara Regina Batista Soares – Estagiária em Geografia

Edwan Fernandes Fioravante - Estatístico

Gabriela Batista Agostinho – Bolsista em Geografia

Jussara dos Santos Martins – Estagiária em Geografia

Lucas Guimarães Viana – Geógrafo e Analista Ambiental

Nathália Nascimento Coelho – Bolsista em Geografia

Priscila Kelly Moreira Ireno – Bolsista em Engenharia Ambiental

Ricardo Torres Nunes – Bolsista em Sistema de Informação

Robson Fernando Justino – Engenheiro Químico

Rúbia Cecília Augusta Francisco - Arquiteta

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 de 2012: relatório técnico / Diretoria de Gestão da Qualidade Ambiental. --- Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiental, 2015.

52 p.; il.

FEAM-GESAR-RT-09/2015

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

CDU: 614.71

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DO AR	7
2.1 Padrões de qualidade do ar	10
2.2 Índices de qualidade do ar (IQA)	11
2.2.1 Critérios para episódios agudos de poluição do ar	12
3 REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA RMBH	15
3.1 Localização das estações automáticas de monitoramento	18
3.2 Configuração das estações automáticas.....	24
3.3 Métodos de medição.....	24
4 RESULTADOS.....	26
4.1 Concentrações de poluentes atmosféricos.....	26
4.1.1 Partículas inaláveis (PM10).....	27
4.1.2 Dióxido de enxofre (SO ₂).....	31
4.1.3 Monóxido de carbono (CO).....	34
4.1.4. Ozônio (O ₃)	36
4.1.5 Dióxido de nitrogênio (NO ₂).....	39
4.2. Classes de qualidade do ar.....	41
4.3 Dados meteorológicos	44
4.3.1 Velocidade de vento	44
4.3.2 Direção de vento.....	45
4.3.3 Temperatura do ar	45
4.3.4 Umidade relativa do ar	46
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	48
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

APRESENTAÇÃO

Esse relatório tem por objetivo principal apresentar os resultados do monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) do ano de 2012, bem como o resultado das medições de parâmetros meteorológicos executados no mesmo período.

Ao divulgar para população informações sobre a qualidade do ar, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) atende aos preceitos da Lei Federal nº 12.527/11 e do Decreto Estadual nº 45.969/12, que tratam do acesso à informação no âmbito da administração pública.

1 INTRODUÇÃO

A gestão da qualidade do ar no estado de Minas Gerais tem avançado nos últimos anos. O aumento do número das estações de monitoramento da qualidade do ar, o aparelhamento técnico da gerência responsável pela gestão dos dados e o aumento do efetivo, são ações que contribuíram para o aperfeiçoamento dessa gestão. Dessa forma, o estado de Minas Gerais, através do seu órgão ambiental, atende a uma de suas responsabilidades referentes à gestão da qualidade do ar, atribuída pela Resolução CONAMA nº 03 de 28 de julho de 1990, que determina a responsabilidade para os estados para o monitoramento da qualidade do ar.

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 outros 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 e 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. As indústrias

instaladas na região são ligadas aos setores siderúrgico, de minerais não metálicos (cimento e cal), de petróleo e a indústria automobilística. A agropecuária ocupa 4% da população economicamente ativa, em geral, com produtos hortifrutigranjeiros. Por este conjunto de atividades, 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.

Na RMBH a qualidade do ar é determinada tanto pelos poluentes de origem veicular quanto por aqueles de origem industrial, por isso a necessidade de controle das emissões veiculares e das emissões de fontes industriais. Dentre esses poluentes se destacam as partículas inaláveis, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e ozônio, sendo que, em se tratando desse último, atenção especial deve ser dada ao controle dos compostos orgânicos e óxidos de nitrogênio, formadores desse poluente por meio de processos fotoquímicos.

2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DO AR

De acordo com a Resolução CONAMA nº 03/90, poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Os poluentes atmosféricos podem se classificar quanto à sua origem em:

- Poluentes primários: aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão;
- Poluentes secundários: aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes e/ou constituintes naturais na atmosfera.

O nível de qualidade do ar é definido pela interação entre as fontes de poluição e a atmosfera, ou seja, quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera está sendo medido o grau de exposição dos agentes receptores (seres humanos, fauna, flora, materiais) como resultado final do processo de lançamento deste poluente na atmosfera por sua fonte de emissão e suas interações na atmosfera.

Ressalta-se que as condições meteorológicas exercem papel fundamental na determinação da qualidade do ar, uma vez que promovem a dispersão dos poluentes na atmosfera determinando uma maior ou menor diluição desses poluentes mesmo que as emissões se mantenham estáveis. Em razão disso, a qualidade do ar se mostra pior durante o inverno e melhor durante as estações mais quentes.

A classificação da qualidade do ar está restrita a um grupo de poluentes determinados como indicadores da qualidade do ar em razão de sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente, sendo esses poluentes: monóxido de carbono, dióxido de enxofre, material particulado, ozônio e dióxido de nitrogênio.

A Tabela 1 apresenta os poluentes considerados indicadores da qualidade do ar, suas características, quais suas origens principais e seus efeitos ao meio ambiente.

Tabela 1: Características, fontes e efeitos ao meio ambiente dos principais poluentes da atmosfera

Poluente	Características	Fontes principais	Efeitos gerais ao meio ambiente
Partículas inaláveis finas (MP _{2,5})	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem etc, que podem permanecer no ar e percorrer longas distâncias. Faixa de tamanho < 2,5 micra.	Processos de combustão (industrial, veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera) como sulfato e nitrato, entre outros.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade, contaminação do solo e água.
Partículas inaláveis (MP ₁₀) e fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), poeira ressuspensa, aerossol secundário (formado na atmosfera).	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e água.
Partículas totais em suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol, marinho e solo.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e água.
Dióxido de enxofre (SO ₂)	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser transformado a SO ₃ , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H ₂ SO ₄ . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa e papel, fertilizantes.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	
Ozônio (O ₃)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais.

Fonte: CETESB, 2013

2.1 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 garantindo a proteção à saúde e ao bem-estar das pessoas, à flora e à fauna e que 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 do 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. A Resolução CONAMA nº 03/90, estabelece padrões de qualidade do ar primários e secundários, como previsto no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), que podem ser consultados através da Resolução CONAMA 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 03/90 prevê ainda que, enquanto não for estabelecida a classificação das áreas segundo seus usos pretendidos, visando à implementação de política de não deterioração 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 03/90 são evidenciados por meio da Tabela 2

Tabela 2: Padrões primários e secundários de poluentes atmosféricos

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas inaláveis (PM10)	24 horas ⁽¹⁾	150	150
	1 ano	50	50
Dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas ⁽¹⁾	365	100
	1 ano	80	40
Monóxido de carbono (CO)	1 hora ⁽¹⁾	40.000	40.000
	8 horas ⁽¹⁾	10.000	10.000
Ozônio (O ₃)	1 hora ⁽¹⁾	160	160
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 hora	320	190
	1 ano	100	100

Nota: (1) - Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.

Fonte: Resolução CONAMA nº 03, 1990

2.2 Índices de qualidade do 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.

2.2.1 Critérios para episódios agudos de poluição do ar

A Resolução CONAMA nº 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 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 “estado 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 os níveis extremamente altos, a população pode sofrer danos como a morte de pessoas idosas e enfermas.

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 na Tabela 3.

Tabela 3: 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	

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2012

Os efeitos causados pela concentração de poluentes do ar podem se manifestar na saúde, no bem estar da população, na vegetação e na fauna, sobre os materiais, sobre as propriedades da atmosfera passando pela redução da visibilidade e alteração da acidez das águas da chuva (“chuva ácida”).

3 REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA RMBH

A rede automática de monitoramento da qualidade do ar da RMBH é constituída de nove estações (Figura 1). As estações são adquiridas, instaladas e operadas por empreendimentos diversos que durante o processo de licenciamento ambiental foram condicionados a executarem o monitoramento da qualidade do ar.

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 via internet à Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões da FEAM.

Os poluentes monitorados são partículas inaláveis (PM10), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e óxidos de nitrogênio (NOx) além de parâmetros meteorológicos: velocidade e direção de vento, temperatura e umidade relativa do ar. A distribuição dos parâmetros para cada estação está apresentada na Tabela 4.

Tabela 4: Localização, parâmetros monitorados e data de instalação das estações automáticas da rede de monitoramento da qualidade do ar na RMBH, 2012

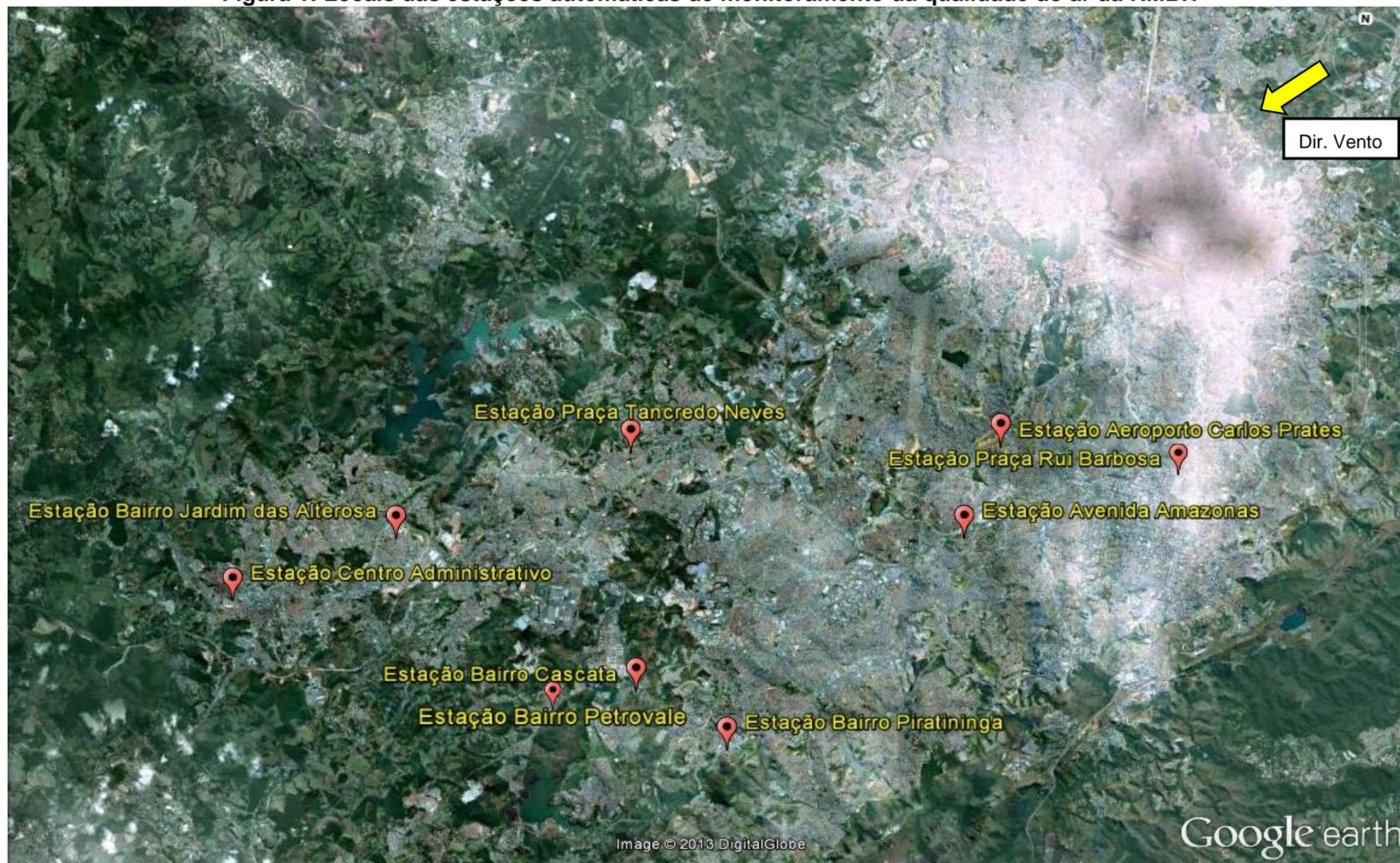
Município	Local	Parâmetros monitorados							Data de Instalação
		PM10	SO ₂	O ₃	CO	NO ₂	M	H	
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	X	X	X	X	X	X	X	abr/95
	Aeroporto Carlos Prates	X					X	X	
	Avenida Amazonas	X					X	X	fev/02
Contagem	Praça Tancredo Neves	X		X	X	X	X	X	jul/06
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	X		X	X		X	X	mar/98
	Centro Administrativo Betim	X	X	X	X	X	X	X	out/02
	Bairro Petrovale	X	X	X	X	X	X	X	out/02
Ibirité	Bairro Cascata	X	X	X	X	X	X	X	jan/03
	Bairro Piratininga	X	X	X	X	X	X	X	ago/04

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

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2012

As estações localizadas no Aeroporto Carlos Prates, na Avenida Amazonas e na Praça Tancredo Neves não funcionaram durante o ano de 2012, devido à necessidade de renovação dos equipamentos de medição e do sistema de transmissão dessas estações.

Figura 1: Locais das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar da RMBH



3.1 Localização das estações automáticas de monitoramento

As Figuras 2 a 7 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. A outra estação está situada na Avenida Amazonas, próxima à Delegacia de Entorpecentes. (Figuras 2 e 3).

Figura 2: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Praça Rui Barbosa, em Belo Horizonte - MG



Fonte: Google Earth, 2012

Figura 3: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Avenida Amazonas, em Belo Horizonte - MG



Fonte: Google Earth, 2012

O terreno da estação localizada próxima a Praça Tancredo Neves é de propriedade da Prefeitura de Contagem (Figura 4), e apresenta uma menor influência da poluição de origem veicular.

Figura 4: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Praça Tancredo Neves, em Contagem - MG



Fonte: Google Earth, 2012

A estação do Bairro Jardim das Alterosas está localizada na Avenida Campo de 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 de Betim, apresentando trânsito intenso tanto na via Expressa, quanto na avenida Amazonas (Figuras 5 a 7).

Figura 5: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Bairro Jardim das Alterosas, em Betim - MG



Fonte: Google Earth, 2012

Figura 6: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Bairro Petrovale, em Betim - MG



Fonte: Google Earth, 2012

Figura 7: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Centro Administrativo, em Betim - MG



Fonte: Google Earth, 2012

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 nas Figuras 8 e 9.

Figura 8: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Bairro Cascata, em Ibirité - MG



Fonte: Google Earth, 2012

Figura 9: Localização da estação automática de monitoramento da qualidade do ar Bairro Piratininga, em Ibirité - MG



Fonte: Google Earth, 2012

3.2 Configuração das estações automáticas

As estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar são constituídas de cabines climatizadas onde estão instalados o monitor de PM10 mais PM2,5 e os analisadores de SO₂, CO, O₃, NO_x, os sensores meteorológicos, o sistema de aquisição e transmissão dos dados – *datalogger* com acesso a internet e demais acessórios necessários à operação e ao funcionamento do sistema.

Um computador, instalado na FEAM, dotado de softwares específicos permite a obtenção dos dados gerados ou recuperação de dados armazenados no data logger instalado em cada estação.

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 a obtenção de médias de 15 minutos, horárias, permitindo sua apresentação em médias 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.

3.3 Métodos de medição

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, que emprega C14 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 µg/m³) 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 (SO₂) 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 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 apresentam 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 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 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 apresentam 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 cicloplentano. 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 (FID) que apresenta dois estágios: quebra de compostos orgânicos na zona central da chama e formação dos radicais de hidrocarbonetos; e depois a 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, 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.

4 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.

4.1 Concentrações de poluentes atmosféricos

São discutidos os resultados dos poluentes PM₁₀, SO₂, CO, O₃ e NO₂ obtidos pelas estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) em 2012.

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.

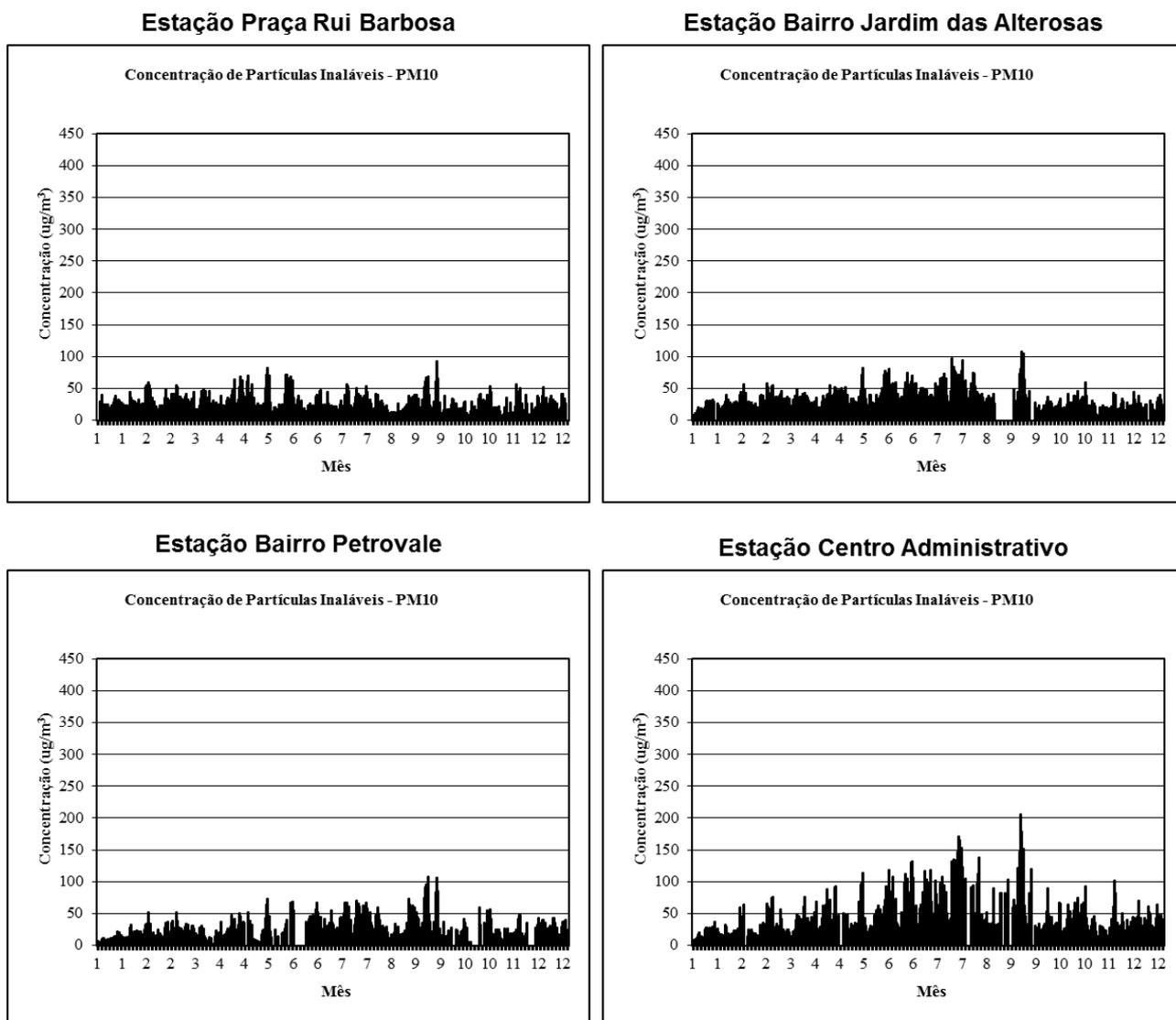
4.1.1 Partículas inaláveis (PM10)

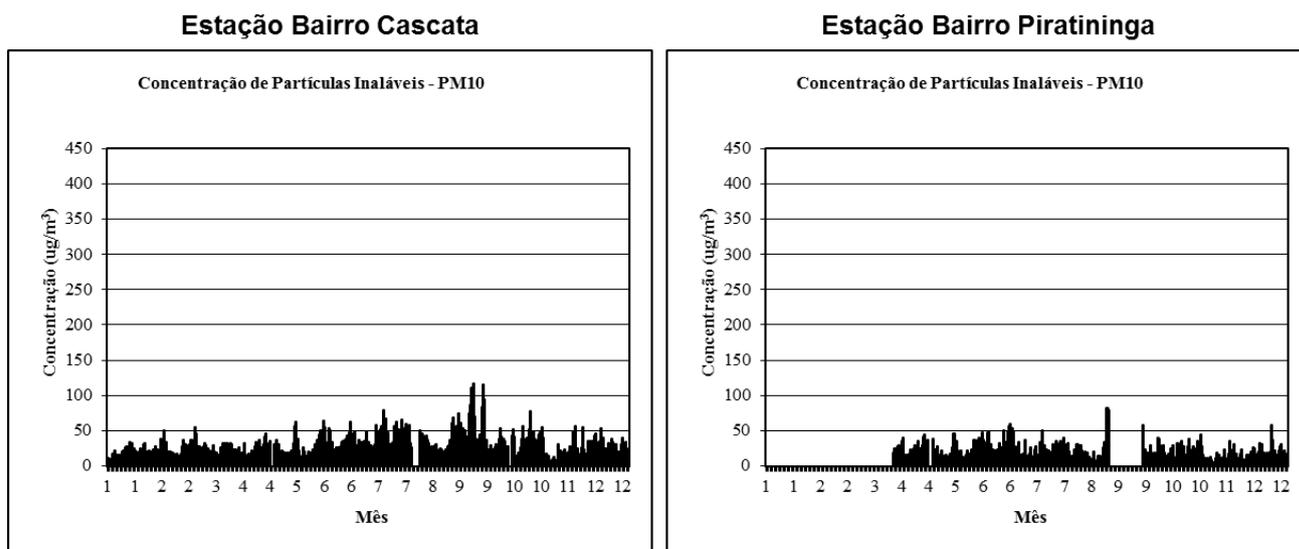
As concentrações diárias de PM10 correspondem às concentrações médias de 24 horas. O valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponde ao padrão primário e não deve ser ultrapassado mais de uma vez ao ano, segundo a Resolução CONAMA nº 03/90.

Durante o ano de 2012, foram registradas 06 ultrapassagens do padrão primário de qualidade do ar pela estação Centro Administrativo, localizada no município de Betim. Para as demais estações da Região Metropolitana de Belo Horizonte, não houve registro de ultrapassagem do padrão primário, como pode ser observado na figura 10.

As concentrações diárias de PM10 apresentaram geralmente elevação até o mês de setembro e declínio a partir do mês de outubro, fato também observado na estação Centro Administrativo, onde três das ultrapassagens do padrão primário ocorreram no mês de julho e outras três no mês de setembro.

Figura 10: Distribuição da concentração média diária de partículas inaláveis (PM10) para as estações da RMBH em 2012





Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2012

A Tabela 5 apresenta as estatísticas descritivas para as médias diárias das concentrações de PM10 nas estações da Região Metropolitana de Belo Horizonte, em 2012.

Tabela 5: Estatísticas descritivas para as médias diárias de concentrações de partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), na RMBH, em 2012

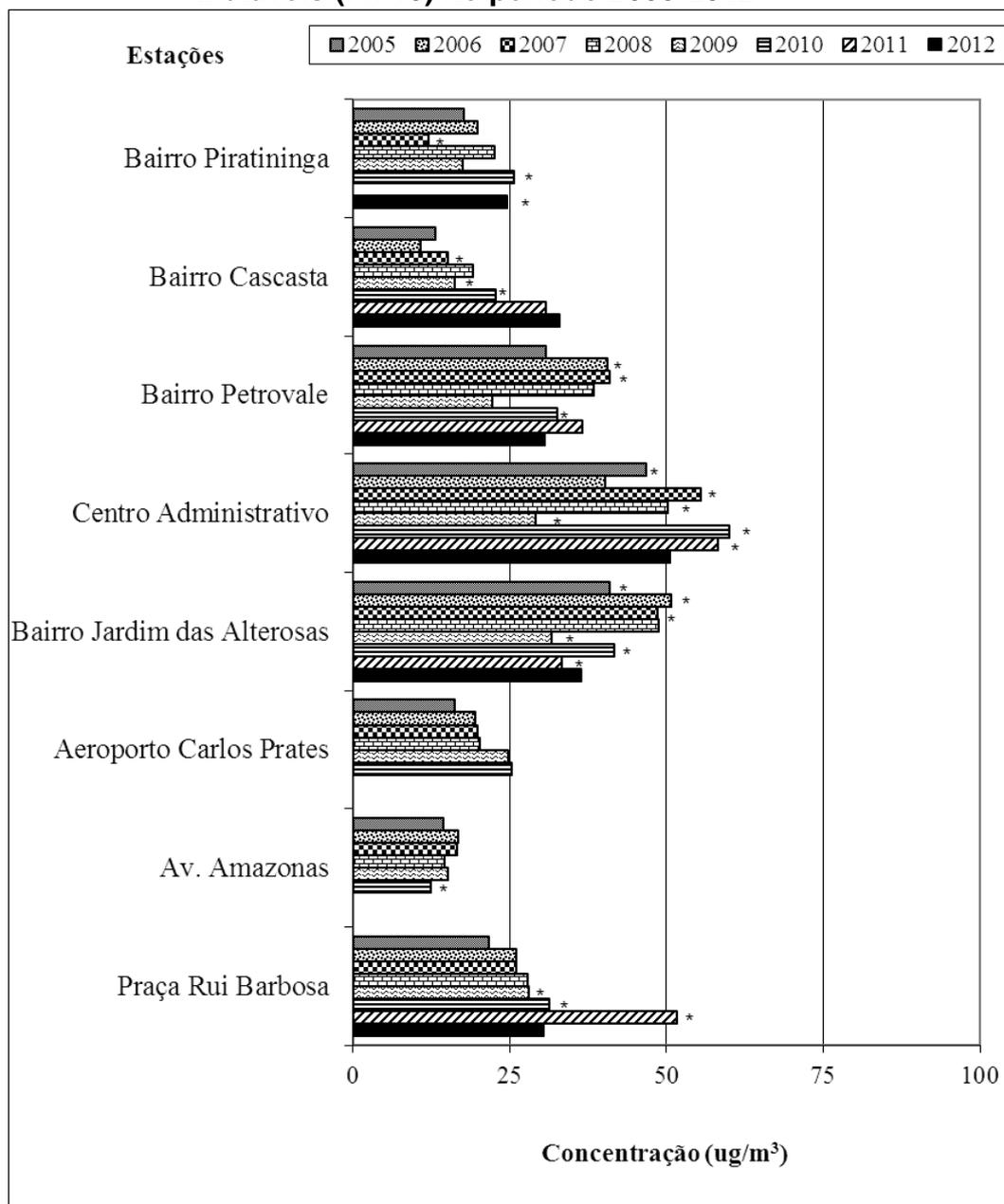
Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	3,7	26,9	93,7	30,4	14,51	8
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	5,9	33,6	108,1	36,5	17,01	22
	Bairro Petrovale	2,03	26,5	108,7	30,6	17,781	41
	Centro Administrativo	4,6	41,1	205,8	50,6	33,36	19
Ibirité	Bairro Cascata	6,9	30	116,8	32,9	16,71	11
	Bairro Piratininga	3,5	22,4	82,4	24,6*	12,69	116

Nota: * Indica que a média não é representativa. Para a estação Centro Administrativo médias maiores que $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ocorreram em 25 a 27/07 e 11 a 13/09 de 2012.

Apenas a série de concentrações registrada pela estação Bairro Piratininga não atendeu o critério de representatividade anual. A média aritmética anual dessa série corresponde a $24,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e não ultrapassa o padrão primário anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da Resolução CONAMA nº 03/90.

A evolução das médias anuais de PM10 de 2005 a 2012, para as estações da rede de monitoramento da RMBH, está apresentada na Figura 11.

Figura 11: Médias anuais das concentrações de partículas inaláveis (PM10) no período 2005-2012



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

Na estação Praça Rui Barbosa ocorreu uma elevação das médias anuais representativas para 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010, que correspondem a 21,5; 25,9; 26,1; 27,8; 27,9, 31,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Em 2012 observa-se uma ligeira redução da média anual (30,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) em relação a 2010, ressalta-se que o maior valor obtido para 2011 não deve ser interpretado como

uma elevação da concentração desse poluente, uma vez que 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 Resolução CONAMA nº 03/90.

Em Betim, para a estação Bairro Jardim das Alterosas, entre 2005 a 2011, apenas a média anual de PM10 de 2008 pôde ser considerada representativa e correspondeu a 48,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Em 2012 houve uma redução significativa da média anual (36,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se comparado a 2008. Para a estação Centro Administrativo, apenas a média anual de 2006, 40,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pôde ser considerada representativa e se comparada a 2012 observa-se que houve uma elevação significativa da média neste último ano (50,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). 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 2012, para essa estação observou-se uma redução da média anual de PM10 (30,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) em relação a 2011. 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 essa estação ocorreu em 2012 um ligeiro aumento da média anual (32,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) em relação a 2011. 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. Ressalta-se que em 2012 a média anual de PM10 para essa estação não foi considerada representativa.

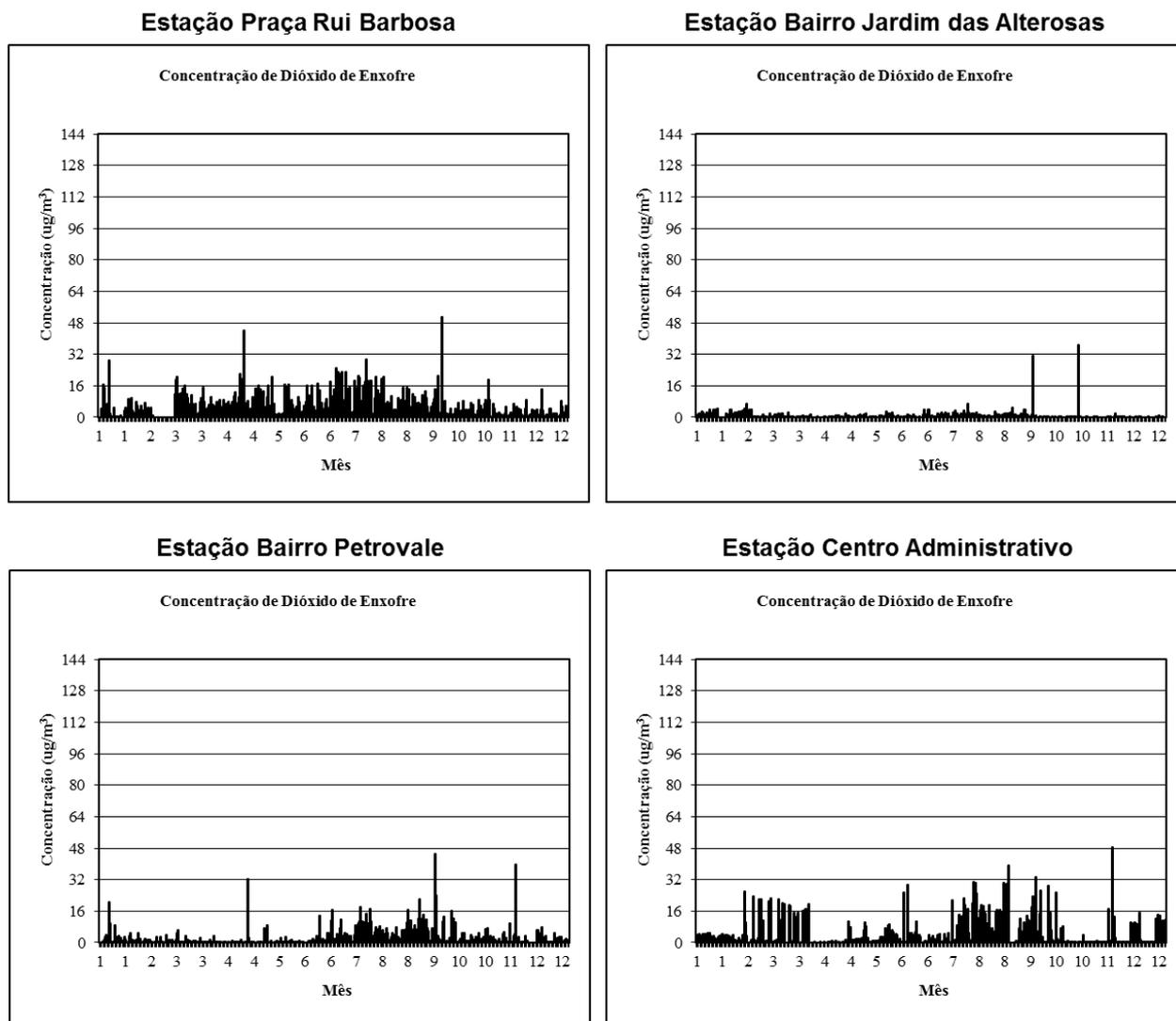
4.1.2. Dióxido de enxofre (SO₂)

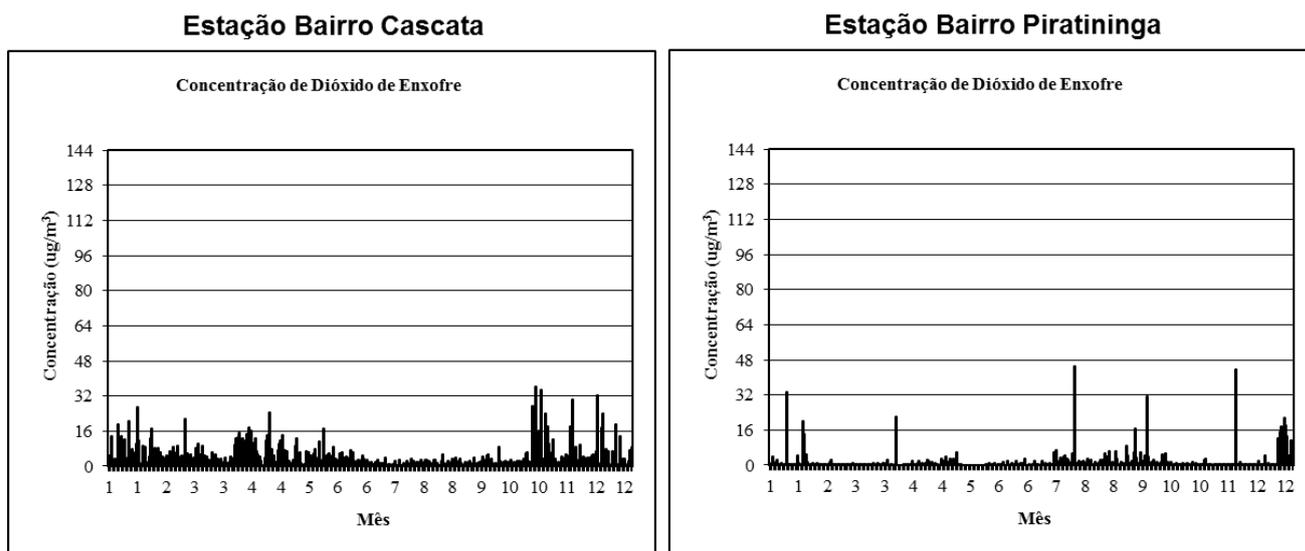
As concentrações diárias de SO₂ correspondem às concentrações médias de 24 horas. O valor de 365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponde ao padrão primário e não deve ser ultrapassado mais de uma vez ao ano, segundo a Resolução CONAMA nº 03/90.

Não houve registro de ultrapassagem desse padrão por nenhuma das estações que compõem a rede de monitoramento da Região Metropolitana de Belo

Horizonte. A Figura 12 apresenta os dados de concentração média diária de SO_2 .

Figura 12: Distribuição da concentração média diária de dióxido de enxofre (SO_2) para as estações da RMBH em 2012





Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2012

As estatísticas correspondentes às médias diárias de concentrações de dióxido de enxofre estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Estatísticas descritivas para as médias diárias de concentrações de dióxido de enxofre (µg/m³), na RMBH, em 2012

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	0	5,4	51,06	7,17	6,68	22
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	0	0,4	36,64	1,04	2,734	9
	Bairro Petrovale	0	0,38	45,11	3,26	5,268	11
	Centro Administrativo	0	2	48,69	5,83	8,038	15
Ibirité	Bairro Cascata	0	3,1	36,3	5,01	5,732	3
	Bairro Piratininga	0	0,4	45,11	1,94	5,151	17

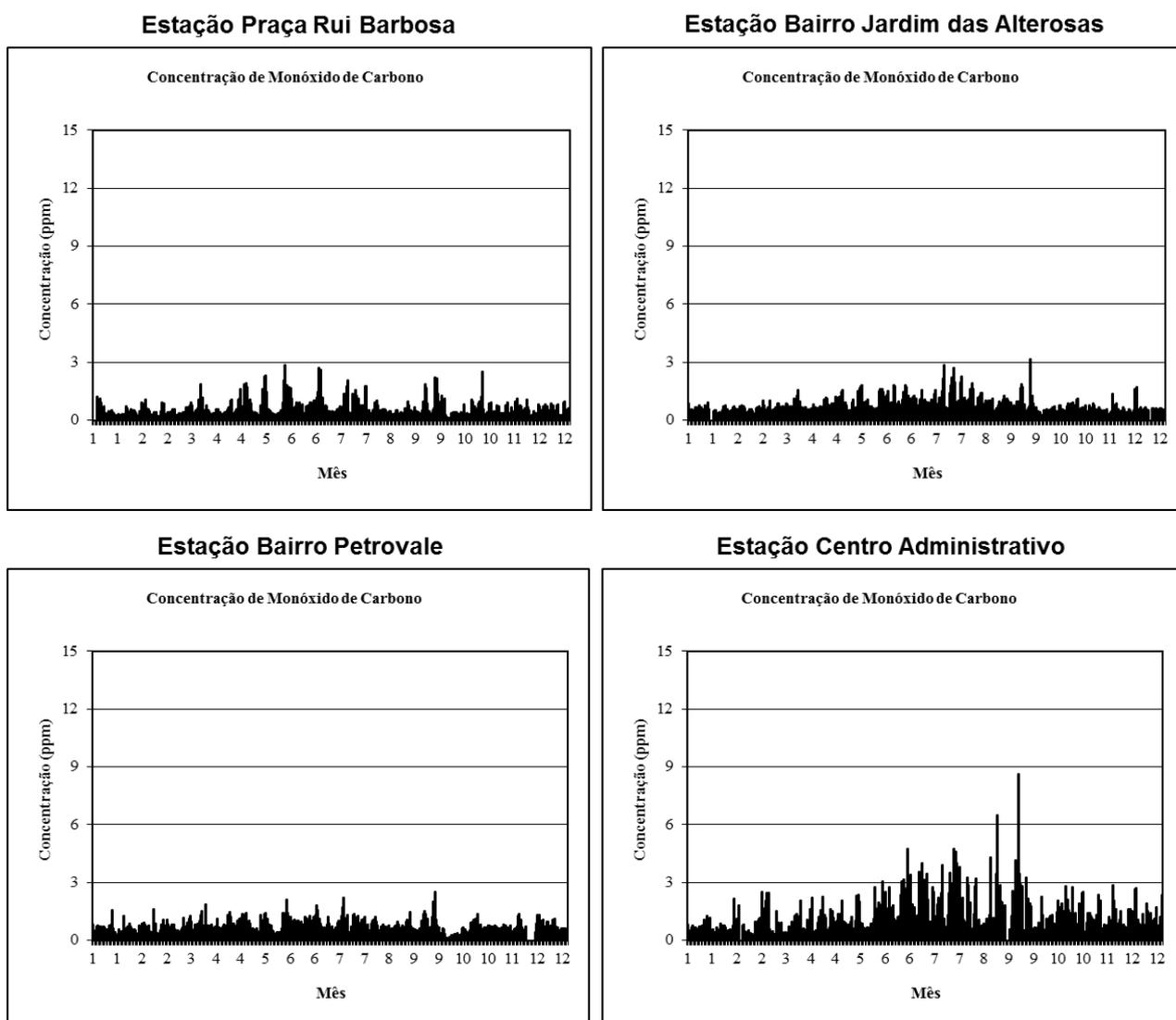
Concentrações médias diárias superiores a 80 µg/m³ de ar classifica a qualidade do ar como regular. No ano de 2012 nenhuma estação ultrapassou esse valor. Todas as séries de concentrações de dióxido de enxofre atenderam o critério de representatividade anual. A série de concentrações da estação

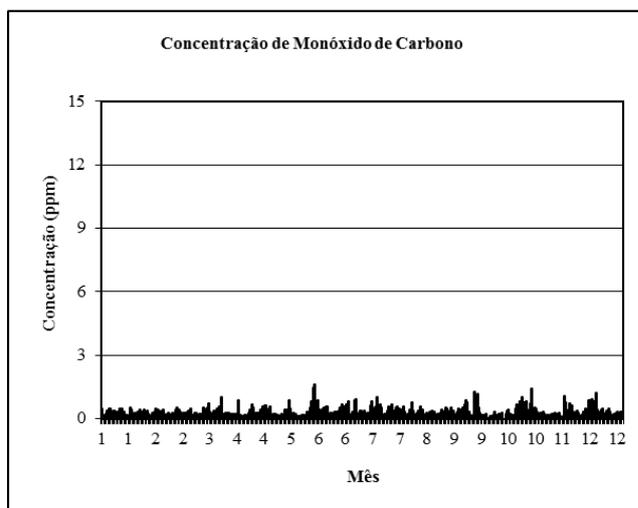
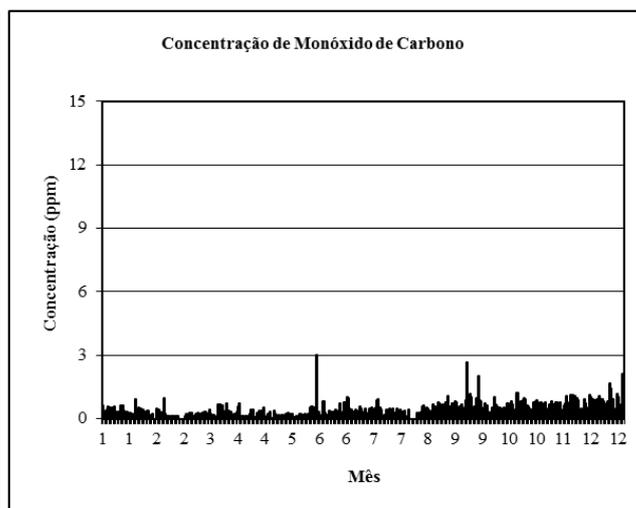
Praça Rui Barbosa foi a que apresentou uma maior média anual ($7,17\mu\text{g}/\text{m}^3$), que está muito abaixo da do padrão primário anual estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/90, de $80\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.3 Monóxido de carbono (CO)

A concentração diária de CO corresponde à maior média de 8 horas, que segundo a Resolução CONAMA nº 03/90, não deve exceder o valor de 9 ppm mais de uma vez por ano. Os dados de concentração diária de CO obtidos pelas estações da RMBH em 2012 estão apresentados na Figura 13.

Figura 13: Distribuição da concentração média diária de monóxido de carbono (CO) para as estações da RMBH em 2012



Estação Bairro Cascata**Estação Bairro Piratininga**

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2012

A Tabela 7 apresenta as estatísticas descritivas das maiores médias de 8 horas de CO obtidas em cada dia de 2012 pelas estações de monitoramento da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Tabela 7: Estatísticas descritivas para as maiores médias de 8 horas das concentrações de monóxido de carbono (ppm), na RMBH, em 2012

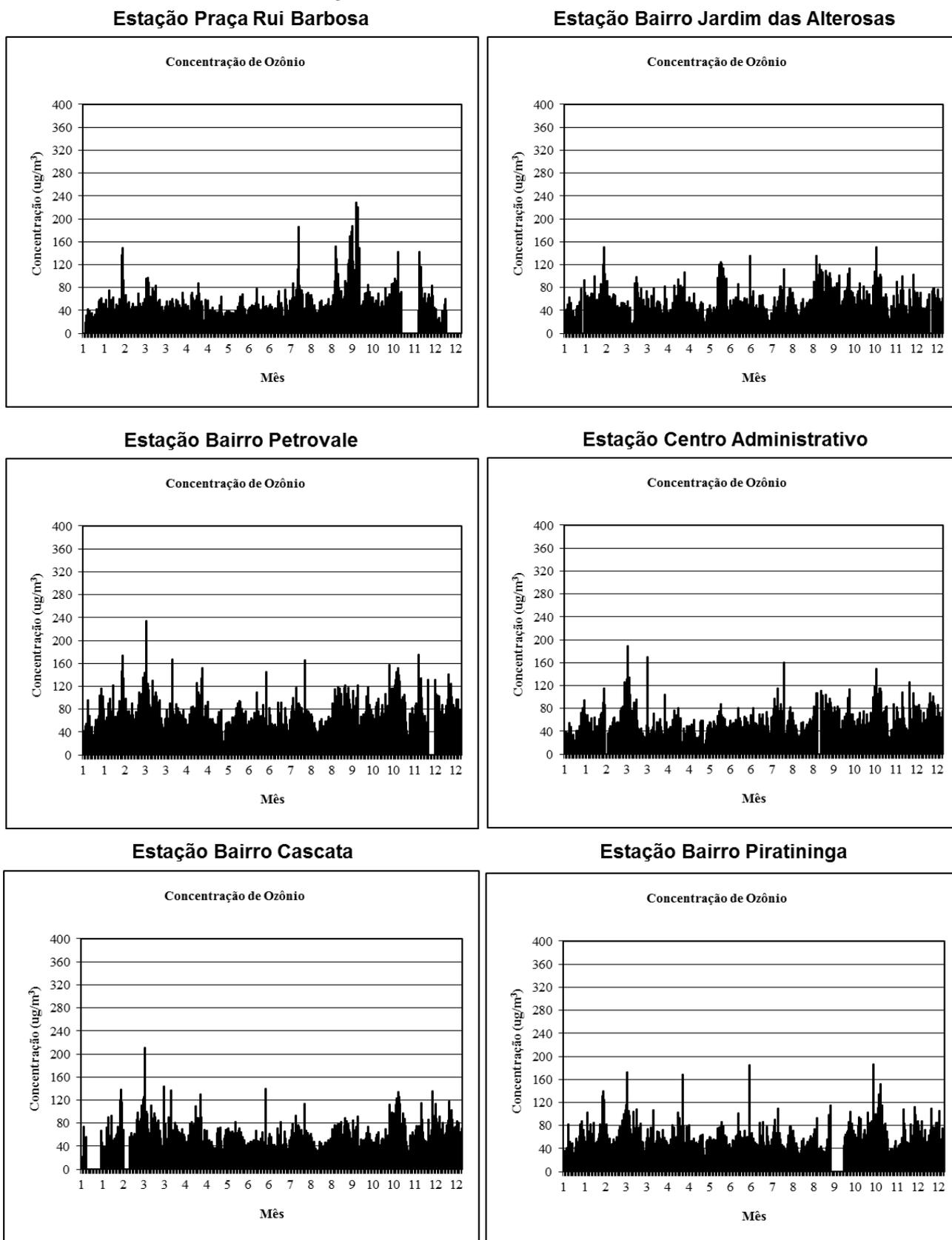
Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	0,14	0,5	2,9	0,7	0,46	7
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	0,2	0,7	3,2	0,8	0,42	5
	Bairro Petrovale	0,1	0,7	2,5	0,8	0,35	10
	Centro Administrativo	0,1	1,1	8,6	1,41	1,03	9
Ibirité	Bairro Cascata	0,03	0,3	1,61	0,4	0,23	3
	Bairro Piratininga	0	0,43	3	0,5	0,36	15

Para todas as estações, as séries anuais são representativas, sendo as maiores concentrações registradas pelas estações Centro Administrativo, Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale e Praça Rui Barbosa.

4.1.4. Ozônio (O₃)

A concentração diária de O₃ é representada pela maior média horária registrada no dia. A Resolução CONAMA nº 03/90 estabelece, como padrão primário, o valor de 160 µg/m³, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano. A Figura 14 apresenta as concentrações para todas as estações, sendo possível observar a ultrapassagem em todas elas, com exceção da estação Bairro Jardim das Alterosas.

Figura 14: Distribuição da concentração média diária de ozônio (O₃) para as estações da RMBH em 2012



Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2012

As estatísticas descritivas referentes às máximas concentrações diárias de ozônio estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8: Estatísticas descritivas para as máximas concentrações diárias de ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), na RMBH, em 2012

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	13,3	51,33	228,83	58,41	29,85	37
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	12,1	56,82	150,5	60,47	23,95	5
	Bairro Petrovale	21,8	74,1	234,1	78,8	28,76	9
	Centro Administrativo	10,8	58,4	189,1	62,37	25,16	8
Ibirité	Bairro Cascata	20,1	61,3	211,2	64,81	24,45	22
	Bairro Piratininga	25,5	59,1	186,51	64,49	24,66	14

Nota: Concentrações maiores que $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ foram registradas pela estação **Praça Rui Barbosa** durante o mês de julho (dia 27); setembro (dias 15 a 17, 21 e 22); novembro (dias 5 a 14); dezembro (dias 20, 22 e 28); pela estação **Bairro Petrovale** durante o mês de fevereiro (dia 8), março (dias 2 e 27), maio (dia 29), novembro (dia 20); pela estação **Centro Administrativo** durante o mês de janeiro (dia 20), março (dias 2 e 21), abril (dia 24), maio (dia 31), junho (dia 28); julho (dia 31); pela estação **Bairro Cascata** em 2 de março; pela estação **Bairro Piratininga** durante o mês de março (dia 2); abril (dia 24) e junho (27).

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2012

Todas as séries de concentrações de ozônio atenderam ao 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: 19 dias, 3 dias, 5 dias, 7 dias, 1 dias e 3 dias, respectivamente¹.

As maiores concentrações registradas pelas estações Bairro Petrovale ($234,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Bairro Cascata ($211,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) apresentaram a mesma data de

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: 155, 3, 12, 21, 4 e 4 horas, respectivamente.

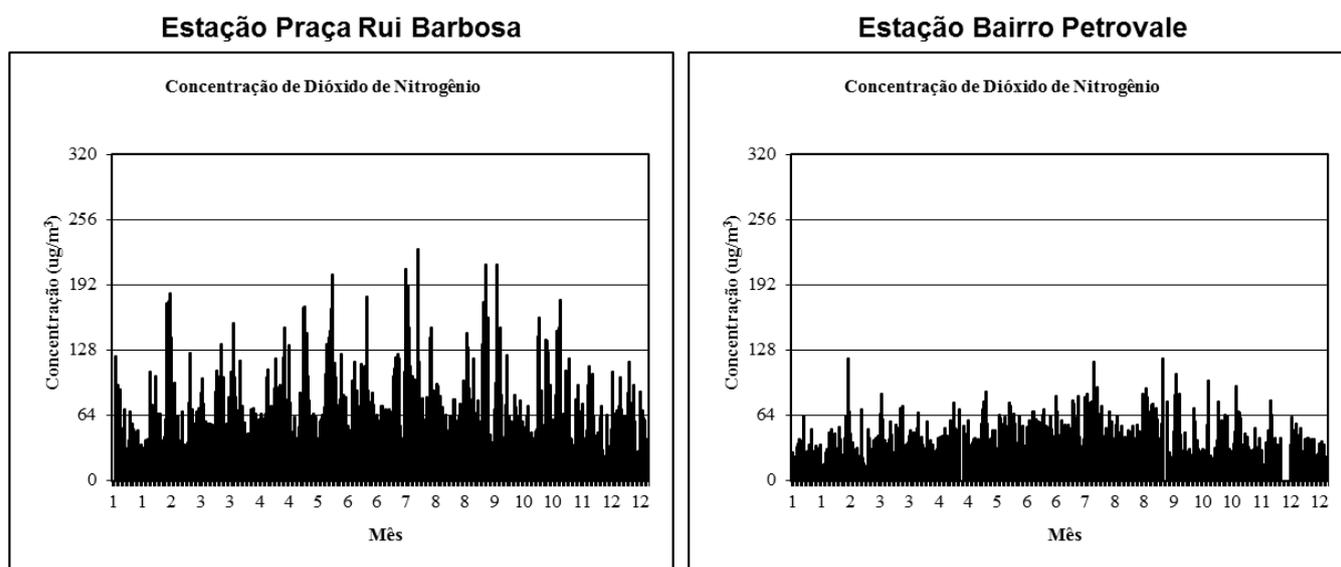
ocorrência, 02 de março de 2012. Na estação Praça Rui Barbosa a maior concentração registrada ($228,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ocorreu em 21 de setembro, na estação Bairro Jardim das Alterosas ($150,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em 08 de fevereiro, na estação Bairro Piratininga ($186,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em 24 de outubro e na estação Centro Administrativo ($189,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em 02 de março.

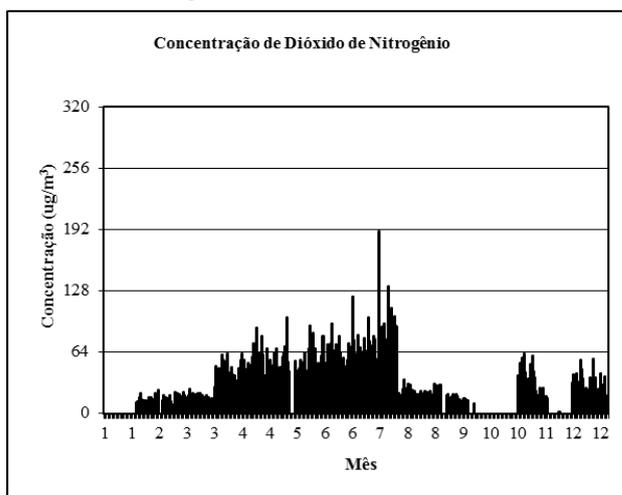
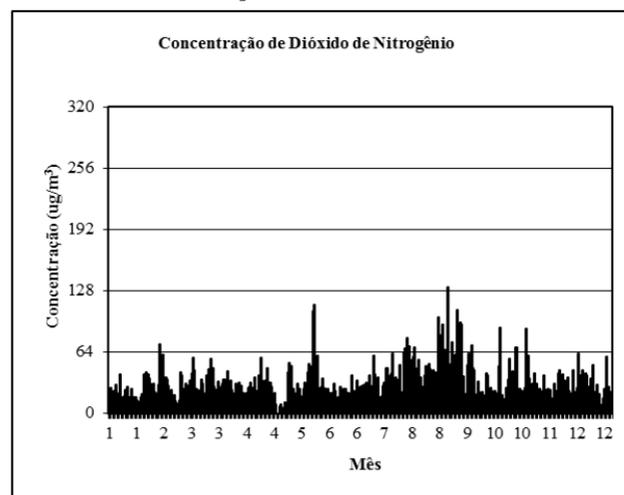
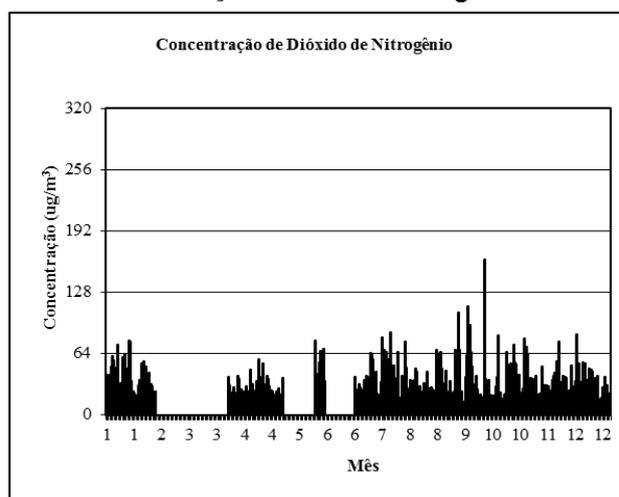
4.1.5 Dióxido de nitrogênio (NO_2)

A concentração diária de NO_2 é representada pela maior média horária registrada no dia, cujo padrão primário estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/90, corresponde a $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Não houve registro de ultrapassagem desse padrão por nenhuma das estações que compõem a rede de monitoramento da Região Metropolitana de Belo Horizonte. A figura 15 apresenta as concentrações máximas diárias de NO_2 registradas pelas estações.

Figura 15: Distribuição da concentração média diária de dióxido de nitrogênio (NO_2) para as estações da RMBH em 2012



Estação Centro Administrativo**Estação Bairro Cascata****Estação Bairro Piratininga**

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2012

A Tabela 9 apresenta as estatísticas descritivas para as concentrações máximas diárias de NO₂ registradas pelas estações da Região Metropolitana de Belo Horizonte em 2012.

Tabela 9: Estatísticas descritivas para as máximas concentrações diárias de dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), na RMBH, em 2012

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	20,3	69,1	226,6	77,8	38,27	5
Betim	Bairro Petrovale	8,9	42,2	120,2	45,91	19,19	13
	Centro Administrativo	0	36,99	190,6	41,45	26,28	83
Ibirité	Bairro Cascata	5,3	27,8	131,9	33,6	18,9	6
	Bairro Piratininga	8,4	34,4	162,22	38,24	19,66	95

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2012

Todas as séries de medições registradas atenderam o critério de representatividade anual. A Resolução CONAMA nº 03/90 estabelece, como padrão primário anual para NO_2 , a concentração média aritmética anual de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Observa-se que as médias anuais são bem inferiores ao padrão estabelecido pela Resolução. Ressalta-se que, para a estação Bairro Jardim das Alterosas, não houve medições do poluente dióxido de nitrogênio, devido a manutenção do equipamento.

4.2. Classes de qualidade do ar

A Tabela 10 apresenta a distribuição das classes de qualidade do ar para cada uma das estações.

Tabela 10: Distribuição percentual das classes de qualidade do ar, Região Metropolitana de Belo Horizonte, 2012

Município	Estação	Classes de qualidade do ar						
		Boa	Regular	Inadequada	Má	Péssima	Crítica	Omisso
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	69,4	27,87	1,64	0	0	0	1,09
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	70,77	27,87	0	0	0	0	1,37
	Bairro Petrovale	54,64	41,53	1,37	0	0	0	2,46
	Centro Administrativo	53,28	42,35	2,46	0	0	0	1,9
Ibirité	Bairro Cascata	68,3	30,9	0,3	0	0	0	0,5
	Bairro Piratininga	77,6	21,31	1,09	0	0	0	0

Fonte e elaboração: GESAR/FEAM, 2012

A porcentagem de dados omissos, que representa dias para os quais não foi determinada a qualidade do ar, é de aproximadamente 7,8% do total de dados gerados, valor inferior às porcentagens observadas em 2011.

Deve-se ressaltar que apenas a estação Bairro Piratininga não apresentou séries representativas de concentrações de PM₁₀ (24,2% de dados válidos para o primeiro quadrimestre) e NO₂ (74,04% de dados válidos no ano de 2012). Para as demais estações, as séries foram consideradas representativas para todos os poluentes.

Para a estação Praça Rui Barbosa, em Belo Horizonte, a qualidade do ar foi classificada como inadequada em 6 dias, devido exclusivamente à concentração do poluente ozônio. Em 102 dias, a qualidade do ar foi classificada como regular devido à concentração dos poluentes: PM₁₀ (38 dias), O₃ (35 dias), NO₂ (83 dias), PM₁₀+O₃ (14 dias), PM₁₀+NO₂ (34 dias), O₃+NO₂ (18 dias), PM₁₀+O₃+NO₂ (13 dias). A qualidade do ar foi classificada como boa durante 254 dias.

Em Betim, estação Bairro Jardim das Alterosas, não houve registro de qualidade do ar classificada como inadequada. Em 102 dias, a qualidade do ar foi classificada como regular devido aos poluentes: PM₁₀ (58 dias) e O₃ (63

dias), PM10+O₃ (18 dias). A qualidade do ar foi classificada como boa durante 298 dias.

Em 5 dias, a qualidade do ar foi classificada como inadequada devido, exclusivamente, às concentrações de ozônio registradas pela estação Bairro Petrovale, em Betim. Em 152 dias, a qualidade do ar foi classificada como regular devido à concentração dos poluentes: PM10 (42 dias), O₃ (138 dias), NO₂ (4 dias), PM10+O₃ (28 dias), PM10+NO₂ (3 dias), O₃+NO₂ (3 dias), PM10+O₃+NO₂ (3 dias). A qualidade do ar foi classificada como boa durante 200 dias.

Para a estação Centro Administrativo, em Betim, durante 9 dias a qualidade do ar foi classificada como inadequada devido à concentração dos seguintes poluentes: PM10 (6 dias), O₃ (6 dias)². Em 155 dias a qualidade do ar foi classificada como regular devido aos poluentes: PM10 (121 dias), CO (5 dias), O₃ (71 dias), NO₂ (6 dias), PM10+CO (5 dia), PM10+O₃ (33 dias), PM10+NO₂ (2 dias), CO+O₃ (4 dias), CO+NO₂ (1 dias), O₃+NO₂ (1 dia), PM10+CO+O₃ (2 dias). A qualidade do ar foi classificada como boa em 195 dias.

A estação Bairro Cascata em Ibirité classificou a qualidade do ar em um único dia como inadequada devido, exclusivamente, às concentrações do poluente ozônio. Em 113 dias, a qualidade do ar foi classificada como regular devido aos poluentes: PM10 (52 dias), O₃ (71 dias), NO₂ (4 dias), PM10+O₃ (9 dias), PM10+NO₂ (3 dia), O₃+NO₂ (2 dias), PM10+O₃+NO₂ (1 dia). A qualidade do ar foi classificada como boa em 250 dias.

Para a estação Bairro Piratininga, 4 dias obtiveram classificação inadequada, devido exclusivamente ao ozônio. Em 78 dias, a qualidade foi classificada

² Dentre os 6 dias com classificação inadequada devido a PM10, as concentrações dos demais poluentes classificariam a qualidade do ar como regular devido a: CO+O₃ (3 dias). Na classificação inadequada devido ao CO não houve influência das concentrações dos demais poluentes. Dentre os 6 dias com classificação inadequada devido ao O₃; para 4 deles, não há influência das concentrações dos demais poluentes e, para 2 deles, as concentrações de PM10 classificariam a qualidade do ar como regular.

como regular devido aos poluentes: PM10 (10 dias), O₃ (67 dias), NO₂ (3 dias), O₃+NO₂ (1 dia). A qualidade do ar foi classificada como boa durante 284 dias.

4.3 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.

4.3.1 Velocidade de vento

A Tabela 11 apresenta as estatísticas descritivas das médias diárias de velocidade de vento para as estações de Belo Horizonte, Betim e Ibirité.

Tabela 11: Estatísticas descritivas para a média diária de velocidade de vento (m/s), RMBH, 2012

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio-padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	0,7	1,5	2,7	1,5	0,36	26
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	0,8	1,9	4,5	2,1	0,85	35
	Bairro Petrovale	0,7	1,6	3,6	1,7	0,59	9
	Centro Administrativo	0,8	1,7	4,2	1,8	0,58	24
Ibirité	Bairro Cascata	0,5	1,4	3,7	1,6	0,68	6
	Bairro Piratininga*	0,7	1,6	3,8	1,9	0,77	303

Nota: * Indica que a média não é representativa.

A série de medições de velocidade do vento da estação Bairro Piratininga não atendeu o critério de representatividade anual. As maiores médias diárias obtidas pelas estações Praça Rui Barbosa (2,7 m/s), Bairro Jardim das Alterosas (4,5 m/s), Bairro Petrovale (3,6 m/s), Centro Administrativo (4,2 m/s), Bairro Cascata (3,7 m/s) e Bairro Piratininga (3,8 m/s) ocorreram nas

seguintes datas: 27 de setembro, 17 de julho, 8 de outubro, 17 de julho, 5 de outubro e 9 de novembro, respectivamente.

4.3.2 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 32,5% dos dias, a direção predominante foi sudeste, seguida pelas direções leste (21,6%) e sul (18,6%).

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 34,7% dos dias, as médias diárias corresponderam à direção sul, seguida pelas direções nordeste (21%) e sudeste (10,9%). Para a série de medições da estação Bairro Petrovale, em 24,6% dos dias, as médias diárias corresponderam à direção oeste, seguida pelas direções noroeste (22,9%) e sudoeste (15,6%). Para a estação Bairro Centro Administrativo, em 32,2% dos dias, as médias diárias corresponderam à direção sul, que foi seguida pelas direções sudoeste (15,6%) e sudeste (12,6%).

Em Ibité, a série de medições da estação Bairro Cascata também atendeu o critério de representatividade anual, sendo que para 53,8% dos dias, a série de medições apresentou direção sudoeste, seguida pela direção sul (15,8%) e leste (8,7%). A estação Bairro Piratininga, em Ibité, não apresentou medições de direção de vento em 2012.

4.3.3 Temperatura do ar

A Tabela 12 apresenta as estatísticas descritivas da média diária de temperatura para as estações de Belo Horizonte, Betim e Ibité.

Tabela 12: Estatísticas descritivas para a média diária de temperatura (°C), RMBH, 2012

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	16,1	22,1	29,2	22	2,63	26
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	16,6	22	29,4	22,4*	2,79	148
	Bairro Petrovale	15	21,7	28,9	21,6	2,66	20
	Centro Administrativo	15,8	21,2	29,2	21,7*	3,21	122
Ibirité	Bairro Cascata	15	21,8	28,9	21,8	2,67	6
	Bairro Piratininga	15,2	21,7	28,2	22	2,82	71

Nota: * indica que a média não é representativa.

As séries de medições de temperatura referentes às estações Praça Rui Barbosa, Bairro Petrovale, Bairro Cascata e Bairro Piratininga atenderam o critério de representatividade anual. As menores temperaturas médias diárias das estações Praça Rui Barbosa (16,1°C) e Bairro Piratininga (15,2°C) ocorreram em 27 de setembro. Para a estação Bairro Petrovale (15 °C) a menor temperatura ocorreu no dia 19 de julho e para a estação Bairro Cascata (15 °C) as menores temperaturas ocorreram nos dias 19 e 20 de julho.

As maiores temperaturas médias diárias das estações Praça Rui Barbosa (29,2°C) e Bairro Cascata (28,9°C) ocorreram em 28 de outubro. Para as estações Bairro Petrovale (29°C) e Bairro Piratininga (28,2°C) as maiores médias ocorreram em 28 de outubro e 2 de março, respectivamente.

4.3.4 Umidade relativa do ar

As estatísticas descritivas da média diária de umidade relativa do ar estão apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13: Estatísticas descritivas para a média diária da umidade relativa do ar (%), RMBH, 2012

Município	Estação	Estatísticas descritivas					
		Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio padrão	Omissos (dias)
Belo Horizonte	Praça Rui Barbosa	29,7	58,2	92,8	58,3	12,18	25
Betim	Bairro Jardim das Alterosas	52,6	62,2	73	62,6*	10,18	363
	Bairro Petrovale	41,1	67,8	93,7	67,2	11,49	9
	Centro Administrativo	39,1	65,9	91,8	65,6*	11,12	122
Ibirité	Bairro Cascata	36,8	68,6	95,6	67,5	12,09	6
	Bairro Piratininga	19	61,5	99,3	63,18	21,57	109

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, Bairro Cascata e Bairro Piratininga atenderam o critério de representatividade anual. As menores umidades médias diárias das estações Praça Rui Barbosa (29,7%), Bairro Petrovale (41,1%), Bairro Cascata (36,8%) e Bairro Piratininga (19%) ocorreram em 11 de setembro, 27 de outubro, 2 de outubro e de 14 a 22 de janeiro, respectivamente.

As maiores médias diárias de umidade relativa das estações Bairro Petrovale (93,7%) e Bairro Piratininga (99,3%) ocorreram em 15 de maio. Para as estações Praça Rui Barbosa (92,8%) e Bairro Cascata (95,6%) as maiores médias ocorreram em 10 de novembro e 2 de janeiro, respectivamente.

Umidades relativas horárias menores que 20% foram registradas pela estação Bairro Piratininga no mês de janeiro, mais precisamente nos dias 13 de janeiro (3 horas); 14 a 22 de janeiro (24 horas); 23 e 24 de janeiro (10 horas) e 25 de janeiro (4 horas).

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em relação a 2011, houve uma melhora significativa da quantidade de dados gerados, relacionados à quantidade de concentrações de poluentes que foram consideradas válidas, em todas as estações, fato resultante do melhor acompanhamento da operação dos equipamentos e melhoria na qualificação do corpo técnico. Quanto aos dados relacionados à quantidade de mensurações de parâmetros meteorológicos houve uma melhora na quantidade de dados gerados para o parâmetro temperatura, mas em relação aos parâmetros velocidade de vento e umidade relativa do ar ocorreu significativa redução dos dados gerados, devido às estações Bairro Jardim das Alterosas, Centro Administrativo e Bairro Piratininga não apresentarem dados considerados representativos, sendo que a primeira e a segunda não apresentaram dados válidos para o parâmetro umidade relativa do ar e a última não apresentou dados válidos para o parâmetro velocidade de vento.

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 cerca de 7%. Com essa redução, foi possível inferir que a qualidade do ar foi classificada como boa entre 52% e 77% dos dias de 2012. 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 21% a 42%.

Geralmente, a qualidade do ar é classificada como regular devido as concentrações de material particulado ou ozônio, em função de serem os poluentes mais emitidos nas áreas urbanas, através principalmente do trafego

de veículo. As séries de medições das estações Praça Rui Barbosa, Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale, Centro Administrativo e Bairro Cascata 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 2012, a qualidade do ar foi classificada como regular devido a ambos os poluentes, excetuando-se as estações Bairro Petrovale e Centro Administrativo, onde na primeira ocorreu uma maior quantidade de dias com qualidade do ar classificada como regular devido ao poluente ozônio, e na segunda devido ao material particulado.

Dentre os dias com qualidade do ar classificada como regular, devido às concentrações registradas pelas estações Praça Rui Barbosa, Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale, Centro Administrativo, e Bairro Cascata a classificação foi devida exclusivamente à concentração máxima de ozônio naqueles dias em 23,8%, 43,6%, 61%, 22,2% e 53,9% dos dias, respectivamente.

Para as concentrações de material particulado, houve uma redução bastante significativa do número de dias sem medição para as estações Praça Rui Barbosa, Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale, Centro Administrativo e Bairro Cascata, sendo que apenas na estação Bairro Piratininga as séries de medições não atenderam o critério de representatividade anual.

Todas as estações apresentaram séries anuais representativas de concentrações de dióxido de enxofre. Para as estações Praça Rui Barbosa, Centro Administrativo e Bairro Cascata houve um aumento das concentrações médias anuais se comparado a 2011, enquanto que para as estações Bairro Jardim das Alterosas, Bairro Petrovale e Bairro Piratininga ocorreu uma redução das concentrações médias anuais, destacando-se a estação Bairro Petrovale cuja redução da média anual reduziu de $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Entre 2011 e 2012, as máximas concentrações de monóxido de carbono obtidas pelas estações não apresentaram uma grande alteração, sendo que

ocorreram reduções na maioria delas, exceto na estação Bairro Jardim das Alterosas onde houve aumento das máximas concentrações obtidas em 2012. Ressalta-se que a estação Bairro Piratininga não apresentou série de medições representativa em 2011, não sendo possível, portanto, comparação entre as máximas para essa estação.

Todas as estações apresentaram séries anuais representativas de ozônio nos anos de 2011 e 2012, sendo que houve uma redução significativa do número de dias com ultrapassagens do padrão primário de ozônio ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para as estações Bairro Jardim das Alterosas, de 8 dias em 2011 para 3 dias em 2012; Bairro Petrovale, de 23 para 5 dias; Centro Administrativo, de 21 para 7 dias; Bairro Cascata, de 2 para um único dia e Bairro Piratininga de 12 para 3 dias. Para a estação Praça Rui Barbosa ocorreu um aumento bastante significativo dos dias com ultrapassagem do padrão primário de ozônio, de um único dia em 2011 para 19 dias em 2012.

Em relação ao poluente dióxido de nitrogênio, somente a estação Bairro Piratininga não apresentou séries de medições representativas para os anos de 2011 e 2012. As concentrações máximas registradas pelas estações Praça Rui Barbosa ($226,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Bairro Cascata ($131,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em 2012 foram maiores que as máximas registradas em 2011. Para a estação Centro Administrativo, a máxima permaneceu a mesma em 2011 e 2012 ($190,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e para a estação Bairro Petrovale a máxima registrada em 2012 ($120,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi inferior à registrada em 2011 ($176,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 1997**. São Paulo: CETESB. 1998. 98p.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Operação inverno – 2012. Qualidade do Ar**. São Paulo: CETESB, 2013. 61p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90. Estabelece padrões de qualidade do ar. Publicada no D.O.U, de 25/08/89, Seção 1, p. 14.713. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/res/res86/res2086.html>. Acesso em 25 de outubro de 2012.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente – 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.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM. **Licenciamento ambiental: coletânea de legislação**. Fundação Estadual do Meio Ambiente; Projeto Minas Ambiente. 2ª. Edição, 2000, 438p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinops_e_tab_rm_zip.shtm>. Acesso em: 5 de fevereiro de 2013.

RIO DE JANEIRO. Instituto Estadual do Ambiente - INEA. **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.

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.

SEGEM. Secretaria de Gestão Metropolitana. Disponível em: <http://metropolitana.mg.gov.br/pagina/duvidas-frequentes>. Acesso em: 08/02/2013.

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.

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.
