



Monitoramento da
qualidade do ar de
Minas Gerais

Ano base
2015

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 e Monitoramento Ambiental
Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões

Monitoramento da Qualidade do Ar de Minas Gerais
Ano Base – 2015

FEAM-GESAR-RT-12/2023

Belo Horizonte

Junho de 2023

Governador do Estado de Minas Gerais

Romeu Zema Neto

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD

Marília Carvalho de Melo - Secretária

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM

Renato Teixeira Brandão -
Presidente

Diretoria de Gestão da Qualidade e Monitoramento Ambiental – DGQA

Alice Libânia Santana Dias –
Diretora

Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões – GESAR

Priscila Cristina Pizano de Souza
Koch – Gerente

Equipe técnica responsável pela elaboração

Carolina Sardinha Pinto Souza –
Estagiária

Isadora Tomé Silva - Estagiária

Leidiane Santana Santos – Analista
Ambiental

Mayara Franco Costa – Estagiária

Rafael Capanema Azevedo de Faria
– Estagiário

Robson Fernando Justino – Analista
Ambiental

Equipe GESAR

Amanda Karine Chaves Ribeiro –
Analista Ambiental

Antônio Alves dos Reis – Analista
Ambiental

Daniel dos Santos Gonçalves –
Gestor Ambiental

Ivo Nunes Luiz - Estagiário

Leidiane Santana Santos – Analista
Ambiental

Rejane Cristina da Silva Mendes –
Administrativo

Ricardo Silva Queiroz - Estagiário

Robson Fernando Justino – Analista
Ambiental

Rúbia Cecília Augusta Francisco –
Analista Ambiental

Sueli Batista Ferreira – Analista
Ambiental

Ficha catalográfica elaborada por Márcia Beatriz Silva de Azevedo – CRB 1934/6

F981r

Fundação Estadual do Meio Ambiente.

Relatório Técnico da Qualidade do Ar de Minas Gerais Ano Base 2015

Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte: Feam:

FEAM 2023.

106 p.;il;

FEAM – GESAR – RT 12/2023.

1. Emissões atmosféricas - fonte. 2. Poluição atmosférica. 3. Poluentes.
4. Monitoramento. I. Título.

CDU: 614.71

Resumo

O presente relatório técnico apresenta um panorama da qualidade do ar no Estado de Minas Gerais para o ano de 2015, a partir dos dados provenientes das 32 estações automáticas de monitoramento contínuo da qualidade do ar: 13 instaladas na Região Metropolitana de Belo Horizonte, 8 situadas na Região Metropolitana do Vale do Aço e 11 nos municípios de Paracatu, Pirapora e Itabira. Esse documento analisa a qualidade do ar abrangendo também aspectos meteorológicos gerais. Os parâmetros discutidos e expostos foram os previstos e vigentes na Resolução CONAMA nº 03/1990: material particulado, compreendendo as Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (MP₁₀), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃), Dióxido de Nitrogênio (NO₂) e Dióxido de Enxofre (SO₂). Destaca-se a presença dos resultados do material particulado respirável (MP_{2,5}), que já era monitorado em algumas estações da rede. A partir dos resultados obtidos para o material particulado, as cidades que monitoravam o poluente PTS tiveram atendimento aos padrões determinados pela legislação vigente. Em contrapartida, essa constatação não foi observada para MP₁₀, que apresentou ultrapassagens dos limites estabelecidos considerando tanto curta quanto longa exposição, embora as médias anuais não tenham sido representativas. Os resultados do monitoramento das partículas respiráveis apontaram ultrapassagem do valor guia da OMS em todas as cidades que faziam o monitoramento desse poluente. Considerando os poluentes gasosos, os resultados mostraram o cumprimento aos padrões para CO e SO₂. Por outro lado, os padrões foram ultrapassados para o NO₂ na RMBH e para o O₃ em todas as cidades que faziam o monitoramento desse poluente. Em relação à influência dos parâmetros meteorológicos na poluição atmosférica, em 2015, as localidades analisadas foram impactadas pela ação do El Niño e da anormal baixa influência das Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Em geral, a confluência desses fatores trouxe baixa precipitação e aumento de temperatura. A FEAM reforça a importância do monitoramento da qualidade do ar no estado de Minas Gerais, a divulgação dos resultados e sua utilização para subsidiar políticas públicas.

Lista de Siglas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CO – Monóxido de carbono
COV – Compostos Orgânicos voláteis
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental
DGQA - Diretoria de Gestão da Qualidade e Monitoramento Ambiental
DN – Deliberação Normativa
DV – Direção do vento
EPA – *Environmental Protection Agency*
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
GESAR – Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE – Infraestrutura de Dados Espaciais
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQAr – Índice da Qualidade do Ar
MMA – média aritmética anual
MGA – Média geométrica anual
MP_{2,5} – Partículas Respiráveis
MP₁₀ – Partículas Inaláveis
MS – Ministério da Saúde
NAAQS – National Ambient Air Quality Standards
NO₂ – Dióxido de nitrogênio
NO_x – Óxidos de nitrogênio
O₃ – Ozônio
OMS – Organização Mundial de Saúde
PA – Pressão atmosférica
PP – Precipitação pluviométrica
PRONAR – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
PSI – Pollutant Standards Index

PTS – Partículas Totais em Suspensão
QAr – Qualidade do Ar
RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMVA – Região Metropolitana do Vale do Aço
RS – Radiação solar
RT – Relatório técnico
SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SO₂ – Dióxido de enxofre
T – Temperatura
TAC – Termo de Ajustamento de Conduta
UR – Umidade relativa
USEPA – United States Environmental Protection Agency.
VOCs – Compostos orgânicos voláteis
VV – Velocidade do vento
ZCAS – Zonas de Convergência do Atlântico Sul

Lista de Figuras

Figura 1: Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar no Estado de Minas Gerais.....	14
Figura 2: Estações de monitoramento da QAr da RMBH.....	16
Figura 3: Estações de monitoramento da QAr da RMVA.....	18
Figura 4: Estações de monitoramento da QAr em Itabira.....	20
Figura 5: Estações de monitoramento da QAr em Paracatu.....	21
Figura 6: Estações de monitoramento da QAr em Pirapora.....	22
Figura 7: Crescimento da frota veicular das cidades que compõe a RMBH.....	26
Figura 8: Focos de incêndio das cidades que compõe a RMBH.....	27
Figura 9: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 na RMBH.....	28
Figura 10: Precipitação acumulada para o ano de 2015 na RMBH.....	30
Figura 11: Temperatura mensal para o ano de 2015 na RMBH.....	31
Figura 12: Velocidade do vento mensal para o ano de 2015 na RMBH.....	32
Figura 13: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em 2015 na RMBH.....	33
Figura 14: Concentrações Máximas Diárias de PTS em Brumadinho.....	33
Figura 15: Distribuição do IQAr em Brumadinho.....	34
Figura 16: Concentrações Máximas Diárias de MP10 nas estações da RMBH.....	35
Figura 17: Concentrações Médias Anuais de MP10 na RMBH.....	36
Figura 18: Distribuição percentual do IQAr de MP10 na RMBH.....	37
Figura 19: Concentrações Máximas Diárias de MP2,5 nas estações da RMBH.....	38
Figura 20: Concentrações Médias Anuais de MP2,5 nas estações da RMBH.....	39
Figura 21: Concentrações Máximas Diárias de SO2 nas estações da RMBH.....	40
Figura 22: Concentrações Médias Anuais de SO2 nas estações da RMBH.....	40
Figura 23: Distribuição percentual do IQAr de SO2 na RMBH.....	41
Figura 24: Concentrações Máximas Horárias de NO2 nas estações da RMBH.....	42
Figura 25: Concentrações Médias Anuais de NO2 nas estações da RMBH.....	43
Figura 26: Distribuição percentual do IQAr de NO2 na RMBH.....	43
Figura 27: Concentrações Máximas de 8 Horas de CO na RMBH.....	44
Figura 28: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMBH.....	45
Figura 29: Concentrações Máximas Horárias de O3 na RMBH.....	47
Figura 30: Distribuição percentual do IQAr de O3 na RMBH.....	48
Figura 31: Crescimento da frota veicular das cidades que compõe a RMVA.....	49
Figura 32: Focos de incêndio das cidades que compõe a RMVA.....	50
Figura 33: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 na RMVA.....	51
Figura 34: Precipitação acumulada para o ano de 2015 na RMVA.....	52
Figura 35: Temperatura mensal para o ano de 2015 na RMVA.....	52
Figura 36: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em Timóteo.....	52
Figura 37: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em 2015 para Ipatinga e INMET.....	53
Figura 38: Velocidade do vento mensal para o ano de 2015 na RMVA.....	54
Figura 39: Concentrações Máximas Diárias de PTS para a RMVA.....	55
Figura 40: Concentrações Médias Anuais de PTS para a RMVA.....	55
Figura 41: Distribuição do IQAr para o PTS na RMVA.....	55

Figura 42: Concentrações Máximas Diárias de MP10 para a RMVA.....	56
Figura 43: Concentrações Médias Anuais de MP10 na RMVA.....	57
Figura 44: Distribuição do IQAr para o MP10 na RMVA.....	58
Figura 45: Concentrações Máximas Diárias de MP2,5 para a RMVA.....	59
Figura 46: Concentrações Médias Anuais de MP2,5 para a RMVA.....	59
Figura 47: Concentrações Máximas Diárias de SO2 para a RMVA.....	60
Figura 48: Concentrações Médias Anuais de MP2,5 para a RMVA.....	60
Figura 49: Concentrações Médias Horárias de NO2 para a RMVA.....	61
Figura 50: Concentrações Médias Anuais de NO2 para a RMVA.....	62
Figura 51: Concentrações Médias de 8 Horas de CO para a RMVA.....	62
Figura 52: Concentrações Médias Horárias de O3 para a RMVA.....	63
Figura 53: Distribuição do IQAr para o O3 na RMVA.....	64
Figura 54: Crescimento da frota veicular de Pirapora.....	66
Figura 55: Focos de incêndio em Pirapora.....	67
Figura 56: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 em Pirapora..	67
Figura 57: Crescimento da frota veicular de Paracatu.....	68
Figura 58: Focos de incêndio em Paracatu.....	69
Figura 59: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 em Paracatu.	70
Figura 60: Crescimento da frota veicular de Itabira.....	70
Figura 61: Focos de incêndio em Itabira.....	71
Figura 62: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 em Itabira.....	72
Figura 63: Precipitação acumulada para o ano de 2015 em Pirapora.....	73
Figura 64: Temperatura mensal para o ano de 2015 em Pirapora.....	73
Figura 65: Velocidade do vento mensal para o ano de 2015 em Pirapora.....	74
Figura 66: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em Pirapora.....	74
Figura 67: Precipitação acumulada para o ano de 2015 em Paracatu.....	75
Figura 68: Temperatura mensal para o ano de 2015 em Paracatu.....	76
Figura 69: Velocidade do vento mensal para o ano de 2015 em Paracatu.....	76
Figura 70: Precipitação acumulada para o ano de 2015 em Itabira.....	77
Figura 71: Temperatura mensal para o ano de 2015 em Itabira.....	77
Figura 72: Velocidade do vento mensal para o ano de 2015 em Paracatu.....	77
Figura 73: Concentrações Máximas Diárias de PTS nos demais Municípios.....	78
Figura 74: Médias anuais de PTS nos demais Municípios.....	79
Figura 75: Distribuição percentual do IQAr de PTS em Itabira e Paracatu.....	80
Figura 76: Concentrações Máximas Diárias de MP10 para os demais Municípios...	71
Figura 77: Médias anuais de MP10 nos demais Municípios.....	71
Figura 78: Distribuição percentual do IQAr de MP10 nos demais Municípios.....	82
Figura 79: Concentrações Máximas Diárias de MP2,5 em Paracatu.....	83
Figura 80: Médias anuais de MP2,5 em Paracatu.....	83

Lista de Tabelas

Tabela 1: Concentrações médias dos padrões primários e secundários.	8
Tabela 2: Qualidade do ar e os respectivos valores de concentração dos poluentes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para determinação do IQAr.	9
Tabela 3: Índices de qualidade do ar e efeitos à saúde.	11
Tabela 4: Índices de qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde. Fonte: USEPA, 2013.	12
Tabela 5: Especificações das estações da RMBH.	15
Tabela 6: Especificações das estações da RMVA.	17
Tabela 7: Especificações das estações dos demais municípios.	19
Tabela 8: Tipos de médias para o cálculo dos parâmetros e critérios de validação.	23
Tabela 9: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM 74/2004.	29
Tabela 10: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM 74/2004.	50

Sumário

1. Introdução	1
2. Parâmetros, Padrões e Índice da Qualidade do Ar	3
2.1 Parâmetros da Qualidade do Ar	3
2.1.1 Partículas Totais em Suspensão (PTS)	4
2.1.2 Partículas Inaláveis (MP ₁₀)	4
2.1.3 Partículas Respiráveis (MP _{2,5})	5
2.1.4 Dióxido de Enxofre (SO ₂)	5
2.1.5 Monóxido de Carbono (CO)	6
2.1.6 Ozônio (O ₃)	6
2.1.7 Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	7
2.2 Padrões de Qualidade do Ar	7
2.3 Índice da Qualidade do Ar e Efeitos à Saúde	9
3. Monitoramento da Qualidade do Ar	13
3.1. Gestão da Qualidade do Ar em Minas Gerais	13
3.2 Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar em Minas Gerais	13
3.3 Tratamento dos dados	23
3.3.1 Dados de qualidade do ar	23
3.3.2 Dados meteorológicos	24
4. Resultados e Discussão	24
4.1. RMBH	24
4.1.1 Caracterização das fontes de poluição da RMBH	25
4.1.2 Meteorologia da RMBH	29
4.1.3 PTS na RMBH	33
4.1.4 MP ₁₀ na RMBH	34
4.1.5 MP _{2,5} na RMBH	37
4.1.6 SO ₂ na RMBH	39
4.1.7 NO ₂ na RMBH	41
4.1.8 CO na RMBH	43
4.1.9 O ₃ na RMBH	45
4.2 RMVA	47
4.2.1 Caracterização das fontes de poluição da RMVA	48
4.2.2 Meteorologia da RMVA	51

4.2.3 PTS na RMVA	53
4.2.4 MP ₁₀ na RMVA	56
4.2.5 MP _{2,5} na RMVA	58
4.2.6 SO ₂ na RMVA	59
4.2.7 NO ₂ na RMVA	61
4.2.8 CO na RMVA	62
4.2.9 O ₃ na RMVA	63
4.3 Demais Municípios	65
4.3.1 Caracterização das fontes de poluição dos demais municípios	66
4.3.1.1 Pirapora	66
4.3.1.2 Paracatu	68
4.3.1.3 Itabira	70
4.3.2 Meteorologia dos demais municípios	72
4.3.3 PTS nos demais municípios	78
4.3.4 MP ₁₀ nos demais Municípios	80
4.3.5 MP _{2,5} nos demais municípios	82
5. Considerações Finais	84
6. Referências	86

1. Introdução

A poluição do ar é caracterizada por alterações na composição atmosférica natural, decorrentes da emissão de fontes naturais ou antropogênicas, que podem causar prejuízos aos seres vivos e demais recursos naturais. Alguns fenômenos naturais como, erupções vulcânicas, tempestades de areia, raios, incêndios florestais e a polinização com a liberação de compostos orgânicos voláteis lançam poluentes na atmosfera. Entre as emissões antrópicas, destacam-se: atividade industrial, queima de biomassa e queima de combustíveis fósseis, esta última exacerbada a partir da Revolução Industrial, associada ao crescimento da frota de veículos, da primeira metade do século XX em diante. As emissões antropogênicas são as principais responsáveis pelo aumento expressivo da emissão de poluentes na atmosfera, intensificando a degradação da qualidade do ar e aumentando a quantidade de episódios críticos de poluição do ar durante o século passado, levando a prejuízos à saúde pública e ao patrimônio natural e cultural. (PEREIRA, 2019; LISBOA, 2007).

A poluição do ar pode alcançar altos níveis, principalmente em áreas urbanas (EEA, 2020), onde mais de 80% da população brasileira reside (IBGE, 2011), tornando-a mais suscetível a sofrer as consequências por sua exposição, tais como o desenvolvimento de doenças cerebrovasculares, doenças isquêmicas do coração, doença pulmonar obstrutiva crônica, infecção respiratória aguda baixa, agravamento da asma, câncer de pulmão, traqueia e brônquios, causando a morte prematura de 7 milhões de pessoas, anualmente, em todo o mundo, (OMS, 2014; MS, 2019) dentre eles mais de 30.000 brasileiros, número que aumenta ano após ano (MS, 2019). Os efeitos danosos da poluição do ar não se limitam à saúde humana, também se estendem aos materiais, à fauna, à flora e ao solo, influenciando na estrutura e função dos ecossistemas, afetando a qualidade de vida (OMS, 2000).

Na segunda metade do século XX, começaram discussões internacionais para o estabelecimento de normas e mecanismos relativos ao controle da poluição atmosférica, devido à ocorrência de diversos episódios críticos de poluição do ar

em todo o mundo (PEREIRA, 2018; LISBOA, 2007). Embora a Inglaterra tenha sido pioneira na criação de leis com o intuito de controlar a qualidade do ar, os Estados Unidos por meio da aprovação da segunda emenda da “Lei do Ar Limpo” em 1967, foi o primeiro país a estabelecer uma lei que permitiu ao governo federal realizar estudos de monitoramento ambiental de longo alcance e inspeções de fontes estacionárias, como forma de direcionar o controle da qualidade do ar (USEPA, 2021; OFFICE OF THE LAW REVISION COUNSEL OF THE UNITED STATES HOUSE OF REPRESENTATIVES, 1967; BUREAU OF OCEAN ENERGY MANAGEMENT, 1963).

Isso levou a Agência de Proteção Ambiental Americana, *Environmental Protection Agency* (USEPA), na década de 70, a estabelecer os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar, *National Ambient Air Quality Standards* (NAAQS), os quais determinaram as substâncias material particulado em suspensão, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, ozônio e monóxido de carbono como indicadores de qualidade do ar, uma vez que foi constatado que ocorrem em alta frequência e causam efeitos adversos no meio ambiente. Posteriormente, a Organização Mundial da Saúde (OMS), também os classificou dessa forma, por meio do Guia de Qualidade do Ar para a Europa em 1987 (USEPA, 2021; OMS, 1977; 1978; 1979; 2000; 2006; GLOAG, 1981).

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 05, de 15 de junho de 1989, instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), com o intuito de permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhoria da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e ao não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas.

Os padrões de qualidade do ar mencionados na Resolução CONAMA nº 05/1989 foram estabelecidos na Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, que adotou os poluentes estabelecidos pela NAAQS e OMS, estabelecendo limites máximos para suas concentrações na atmosfera para garantir a proteção da saúde da população e do meio ambiente (BRASIL, 1990). O monitoramento da

qualidade do ar é o instrumento utilizado para o acompanhamento dos níveis de qualidade do ar e sua comparação com os respectivos padrões estabelecidos.

Em Minas Gerais, o monitoramento contínuo da qualidade do ar ocorre por meio de estações automáticas, instaladas e operadas por empreendimentos em atendimento a condicionantes do processo de licenciamento ambiental e/ou Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) assinado com o Ministério Público. Em 2015, a rede de monitoramento do Estado contava com 32 estações automáticas, sendo 13 instaladas na Região Metropolitana de Belo Horizonte, 8 na Região Metropolitana do Vale do Aço e 11 distribuídas entre os municípios de Paracatu, Pirapora e Itabira. Os dados do monitoramento são transmitidos, em tempo real, para a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), responsável por divulgá-los para a sociedade.

Neste sentido, o objetivo deste relatório é apresentar o diagnóstico da qualidade do ar para o ano de 2015, considerando os dados do monitoramento contínuo, o atendimento aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 03/1990 e a meteorologia da região.

2. Poluentes, Padrões e Índice da Qualidade do Ar

2.1 Poluentes da Qualidade do Ar

A Resolução CONAMA nº 03/1990, estabelece que poluente atmosférico consiste em qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, ou que 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.

A identificação, quantificação e monitoramento dos principais poluentes presentes em uma determinada região mostra-se necessário para que medidas mitigadoras e corretivas possam ser tomadas, visando evitar danos à saúde da população e ao meio ambiente.

A Resolução CONAMA nº 03/1990, legislação ambiental vigente em 2015, definiu padrões para os principais poluentes para o monitoramento da qualidade do ar. Esses poluentes, suas origens e as principais fontes são discutidos brevemente, a seguir.

2.1.1 Partículas Totais em Suspensão (PTS)

As partículas totais em suspensão (PTS) consistem em partículas de material sólido ou líquido que têm a característica de ficar suspensas no ar, podendo ser na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, entre outras. De forma natural, as principais fontes são o pólen, o aerossol marinho e o solo. Já de forma antrópica, as principais fontes são de processos industriais, emissões veiculares provenientes da exaustão, ressuspensão de poeira de rua e queima de biomassa (FEPAM, s.d.), além de queimadas, sendo que, durante a atuação de determinados sistemas atmosféricos e em situações de inversão térmica, a dispersão desses poluentes pode ser prejudicada, ocasionando redução da visibilidade, danos à vegetação, problemas respiratórios e outras patologias (SILVA, 2017).

As partículas totais em suspensão são aquelas que apresentam diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 50 μm . O tamanho das partículas está diretamente associado à sua potencialidade de penetração no trato respiratório e à possibilidade de causar efeitos à saúde humana, especialmente doenças respiratórias.

2.1.2 Partículas Inaláveis (MP₁₀)

As partículas inaláveis apresentam diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 μm . A presença desse poluente no ar atmosférico pode causar danos à saúde humana, pois quando essas partículas de até 10 μm são inaladas por seres humanos, elas podem ficar retidas no sistema respiratório superior, ou até nos alvéolos pulmonares. Quando isso acontece, a eficiência do sistema respiratório é prejudicada, possibilitando a ocorrência das doenças respiratórias (CETESB, s.d.). As principais fontes de forma natural são o pólen, o aerossol marinho e o

solo. Já de forma antrópica, as principais fontes são processos de combustão provenientes do setor industrial e emissões veiculares e o aerossol secundário formado na atmosfera (FEPAM, s.d.).

2.1.3 Partículas Respiráveis (MP_{2,5})

Partículas menores que 10 µm são as mais preocupantes, pois podem afetar o coração e os pulmões, bem como, atingirem a corrente sanguínea causando efeitos graves à saúde (DELFINO *et al.*, 2005; USEPA, 2022). Em especial, a fração de material particulado que compreende partículas de diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 µm, como é o caso das partículas respiráveis, é capaz de alcançar o trato respiratório a nível alveolar, onde os recursos de expulsão desses poluentes não são efetivos (FREITAS *et al.*, 2009).

Ademais, podem ocasionar lesões agudas ao sistema circulatório, acarretando em modificações no ritmo cardíaco, isquemia miocárdica e, alterações na coagulação sanguínea (FERNANDES *et al.*, 2010). Além disso, Fernandes *et al.* (2010) explica que uma vez na corrente sanguínea, podem transportar também substâncias tóxicas e cancerígenas.

As partículas finas, majoritariamente, são provenientes dos processos de combustão tanto do setor industrial quanto da frota veicular. Além da queima de combustíveis, os incêndios florestais, bem como as reações secundárias que ocorrem na atmosfera a partir de gases como o SO₂, alimentam a sua formação e disponibilidade no ambiente (FREITAS *et al.*, 2009).

Portanto, o relatório também contemplará os resultados relativos às partículas finas, haja vista a sua preocupação a nível de saúde pública, bem como o acompanhamento desse poluente em algumas estações da rede de monitoramento da qualidade do ar no ano de 2015.

2.1.4 Dióxido de Enxofre (SO₂)

O dióxido de enxofre (SO₂) é um gás altamente reativo, tóxico, incolor e com odor característico que pode ser formado no ambiente ou por atividades

antrópicas. Em áreas urbanizadas, para que a emissão desse poluente ocorra é necessária a queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre na sua composição. A inalação de SO₂ pode ocasionar prejuízos para a saúde humana, sobretudo problemas respiratórios, além de atuar como um dos principais componentes na formação de chuva ácida e, em altas concentrações, pode prejudicar a visibilidade (BATISTA, 2008).

2.1.5 Monóxido de Carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO) é um gás inodoro e incolor resultante de processos de combustão incompleta, o qual pode ser emitido por fontes naturais e/ou antropogênicas. Em ambientes urbanizados as principais emissões deste poluente são derivadas de veículos automotores, especialmente em áreas de intensa circulação de veículos (MOTTIN, 2009). Ainda conforme MOTTIN (2009), o CO estabelece uma ligação muito forte com as moléculas de ferro das hemoglobinas, formando a carboxihemoglobina, que não é capaz de desempenhar a função vital de uma hemoglobina saudável podendo causar diversos efeitos à saúde humana.

2.1.6 Ozônio (O₃)

O ozônio (O₃) é um poluente secundário formado por processos fotoquímicos, a partir de reações químicas entre os óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis (COV's), na presença de luz solar (USEPA, 2003). As medições realizadas referem-se à concentração de ozônio troposférico, é válido salientar que o impacto ambiental proveniente da concentração de ozônio em uma área depende da sua altitude, sendo que não deve ser confundido com a concentração de ozônio estratosférico, camada na qual ele não é considerado um poluente atmosférico (HARRIS *et al.*, 1997).

O ozônio troposférico apresenta-se como um poluente tóxico capaz de trazer prejuízos para a saúde humana e danos à vegetação, além de ser o responsável pela formação do smog fotoquímico, que prejudica a visibilidade. Já o ozônio estratosférico consiste no elemento majoritário da camada estratosférica

terrestre e desempenha a função de proteção contra a radiação ultravioleta (FONSECA *et al.*, 2008).

2.1.7 Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

O dióxido de nitrogênio (NO₂) consiste em um gás marrom com odor característico, altamente reativo e com ação oxidante que pertence a um grupo de gases classificados como óxidos de nitrogênio (NO_x) (FEAM, 2016).

As emissões antrópicas de óxidos de nitrogênio ocorrem em indústrias de ácido nítrico e sulfúrico, em motores à combustão, queima de combustíveis em altas temperaturas, em usinas térmicas que utilizam gás ou incinerações. Em relação às fontes naturais ocorre emissão nas descargas elétricas na atmosfera (SANTOS *et al.*, 2019).

A exposição dos diversos grupos etários populacionais à alta concentração de NO₂ pode ocasionar efeitos adversos para a saúde, além da formação de chuvas ácidas (FEAM, 2016).

2.2 Padrões de Qualidade do Ar

Em Minas Gerais, no ano de 1981, o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) estabeleceu os padrões de qualidade do ar por meio da Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981. Nela foram estabelecidos os padrões para partículas totais em suspensão (PTS), SO₂, CO, oxidantes fotoquímicos e partículas sedimentáveis (PS).

Posteriormente, em 1990, os padrões de qualidade do ar foram fixados em nível federal pelo CONAMA, por meio da Resolução CONAMA nº 03/1990, a qual determina os padrões de qualidade do ar primários e secundários, conforme previsto pelo PRONAR. Conceitualmente esses padrões são:

- Os padrões primários são as concentrações de poluentes que, quando ultrapassados, poderão afetar a saúde da população;

- Os padrões secundários são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, bem como, danos à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

A Tabela 1 apresenta os padrões primários e secundários conforme determinado na Resolução CONAMA nº 03/1990. Os padrões estaduais são equivalentes aos padrões primários da legislação federal. Como avanço, a legislação federal determinou padrões para os poluentes partículas inaláveis (MP₁₀) e dióxido de nitrogênio (NO₂), e por este motivo foi a legislação utilizada para comparação dos resultados neste relatório.

Tabela 1: Concentrações médias dos padrões primários e secundários.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m ³)	Padrão Secundário (µg/m ³)
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas ¹	240	150
	MGA ²	80	60
Partículas Inaláveis (MP ₁₀)	24 horas ¹	150	150
	MAA ³	50	50
Dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas ¹	365	100
	MAA ³	80	40
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 hora ¹	320	190
	MAA ³	100	100
Ozônio (O ₃)	1 hora ¹	160	160
Monóxido de carbono (CO)	1 hora ¹	40000	40000
		35 ppm	35 ppm
	8 horas ¹	10000	10000
		9 ppm	9 ppm

Fonte: Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990.

¹ Não deve ser excedido mais que uma vez no ano; ² Média geométrica anual (MGA); ³ Média aritmética anual (MAA).

Conforme observado na Tabela 1, para a obtenção dos valores de concentrações dos poluentes, utiliza-se a média geométrica anual para PTS, enquanto que para o SO₂, MP₁₀ e NO₂ é aplicada a média aritmética anual.

É importante citar que, apesar de a legislação no ano vigente (2015) não contemplar os padrões para as partículas respiráveis (MP_{2,5}), algumas estações da RMBH já faziam o monitoramento desse poluente. À época, a Organização Mundial de Saúde estabelecia uma concentração anual média de 10 µg/m³ e de 25 µg/m³ (percentil 99) para 24 horas de exposição como valores orientadores para esse poluente (OMS, 2006).

2.3 Índice da Qualidade do Ar e efeitos à saúde

O índice de qualidade do ar consiste na conversão de um valor numérico de concentração de determinado poluente para um valor adimensional, compreendido na escala de 0 a 500. A partir disso, é atribuído ao índice obtido uma qualificação expressa por uma cor (verde, amarelo, laranja, vermelho e roxo) e um adjetivo (boa, regular, inadequada, má, péssima ou crítica) que caracteriza o IQAr, de forma que a situação da qualidade do ar seja facilmente compreendida pela população, conforme apresentado na Tabela 2. Os índices de qualidade do ar, *Pollutant Standards Index* (PSI), foram desenvolvidos pela USEPA.

Tabela 2: Qualidade do ar e os respectivos valores de concentração dos poluentes (µg/m³) para determinação do IQAr.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (24h)	PTS (24h)	SO ₂ (24h)	NO ₂ (1h)	O ₃ (8h)	CO ¹ (1h)
Bom	0-50	0-50	0-80	0-80	0-100	0-80	0-4,5
Regular	51-100	51-150	81-240	81-365	101-320	81-160	4,6-9
Inadequada	101-200	151-250	241-375	366-800	321-1130	161-400	9,1-15
Ruim	201-300	251-420	376-625	801-1600	1131-2260	401-800	15, 1-30
Péssima	301-400	421-500	626-875	1601-2100	2261-3000	801-1000	30,1-40
Crítica	401-500	501-600	876-1000	2101-2620	3001-3750	1001-1200	40,1-50

¹ Unidade: ppm.

Fonte: Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990 e USEPA.

A qualidade do ar de uma área monitorada é definida pelo pior índice registrado dentre os poluentes mensurados. Para o cálculo do índice, utiliza-se a Equação 1:

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini}) \quad \text{Equação 1}$$

Sendo que:

- I_{ini} – Valor do índice correspondente à concentração inicial da faixa;
- I_{fin} – Valor do índice correspondente à concentração final da faixa;
- C_{ini} – Concentração inicial da faixa onde se encontra a concentração medida;
- C_{fin} – Concentração final da faixa onde se encontra a concentração medida;
- C – Concentração medida.

A USEPA também apresenta os principais efeitos à saúde que determinadas concentrações de poluentes podem ocasionar (Tabela 3), e as medidas preventivas que podem ser tomadas pela população, considerando os poluentes elencados na Resolução CONAMA nº 03/1990 (Tabela 4). A partir da caracterização diária da qualidade do ar é possível alertar a população em caso de episódios críticos de poluição do ar, com níveis de atenção, alerta e emergência possibilitando a tomada de ações preventivas voltadas principalmente aos grupos populacionais sensíveis.

Tabela 3: Índices de qualidade do ar e efeitos à saúde.

QUALIDADE DO AR E EFEITOS À SAÚDE							
Qualidade	Índice	PM10 Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ Média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO Média de 8 horas (ppm)	NO ₂ Média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0 - 50	-	-	-	-	-	-
Regular	51 - 100	Pessoas sensíveis podem apresentar sintomas de doenças respiratórias, além de possível agravamento de doenças cardíacas e pulmonares em idosos e indivíduos que apresentam doenças cardiopulmonares.		-	-	-	-
Inadequada	101 - 200	Aumento dos sintomas de doenças respiratórias em pessoas sensíveis, agravamento de doenças cardíacas, pulmonares e mortes prematuras de indivíduos que apresentam doenças cardiopulmonares, idosos e população com menor nível socioeconômico.		Aumento dos sintomas de doenças respiratórias e desconforto na respiração em indivíduos que apresentam doenças pulmonares, crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre.	Aumento da probabilidade de redução da tolerância à exercícios e atividades ao ar livre devido ao aumento de sintomas de doenças cardiovasculares, como dores no peito, em indivíduos com doenças cardíacas.	Aumento dos sintomas de doenças respiratórias, como dores no peito e desconforto respiratório, em pessoas com asma.	
Má	201 - 300	Aumento dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; agravamento de doenças cardíacas, pulmonares e mortes prematuras de indivíduos com doenças cardiopulmonares, idosos e população com menor nível socioeconômico.		Aumento dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; maior probabilidade de sintomas de doenças respiratórias e dificuldade na respiração em indivíduos com doenças pulmonares, como asma, em crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre.	Redução da tolerância à exercícios e atividades ao ar livre devido ao aumento de sintomas de doenças cardiovasculares, como dores no peito, em indivíduos com doenças cardíacas.	Aumento dos sintomas de doenças respiratórias, como dores no peito e respiração ofegante em indivíduos com asma; possível agravamento de outras doenças pulmonares.	
Péssima	301 - 400	Aumento dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; agravamento significativo de doenças cardíacas, pulmonares e mortes prematuras de indivíduos com doenças cardiopulmonares, idosos e população com menor nível socioeconômico.		Aumento dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; severo aumento dos sintomas de doenças respiratórias e comprometimento da respiração em indivíduos com doenças pulmonares, como asma, em crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre.	Agravamento significativo dos sintomas de doenças cardiovasculares, como dores no peito, em indivíduos com doenças cardíacas.	Aumento significativo dos sintomas de doenças respiratórias, como respiração ofegante e falta de ar, em indivíduos com asma; possível agravamento de outras doenças pulmonares.	
Crítica	401 - 500	Sérios riscos de aumento dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; sério agravamento de doenças cardíacas, pulmonares e mortes prematuras de indivíduos com doenças cardiopulmonares, idosos e população com menor nível socioeconômico.		Aumento severo dos sintomas de doenças respiratórias na população em geral; severos efeitos respiratórios e comprometimento da respiração em indivíduos com doenças pulmonares, como asma, em crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre.	Prejuízos para o desenvolvimento de atividades extenuantes para a população em geral; sério agravamento de sintomas de doenças cardiovasculares, como dores no peito, em indivíduos com doenças cardíacas.	Possível aumento dos sintomas de doenças respiratórias para a população em geral; aumento no agravamento de outras doenças pulmonares; severo aumento dos sintomas de doenças respiratórias, como respiração ofegante e falta de ar, em indivíduos com asma.	

Fonte: USEPA, 2013.

Tabela 4: Índices de qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde.

QUALIDADE DO AR E PREVENÇÃO DE RISCOS À SAÚDE							
Qualidade	Índice	PM10 Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ Média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO Média de 8 horas (ppm)	NO ₂ Média de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0 - 50	-	-	-	-	-	-
Regular	51 - 100	Indivíduos de grupos sensíveis devem considerar a redução de atividades prolongadas ou intensas.		-	-	Indivíduos de grupos sensíveis devem considerar a redução de atividades prolongadas, especialmente nas proximidades de vias movimentadas.	-
Inadequada	101 - 200	Indivíduos que já apresentam doenças cardíacas ou pulmonares, idosos, crianças e população com menor nível socioeconômico devem reduzir as atividades que exigem esforço intenso ou prolongado.		Crianças, idosos, pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre e indivíduos que já apresentam doenças pulmonares, como asma, devem reduzir as atividades que exigem esforço intenso ou prolongado.	Indivíduos que apresentam doenças cardíacas, como angina, devem reduzir as atividades intensas e evitar a proximidade de fontes de CO, como vias de tráfego intenso.	Indivíduos que apresentam asma, crianças e idosos devem reduzir o esforço prolongado, especialmente nas proximidades de vias movimentadas.	Indivíduos que apresentam asma devem reduzir as atividades ao ar livre.
Má	201 - 300	A população em geral deve reduzir as atividades intensas ou prolongadas. Indivíduos que apresentam doenças cardíacas ou pulmonares, idosos, crianças e população com menor nível socioeconômico devem evitar as atividades que exigem esforço intenso ou prolongado.		A população em geral deve reduzir as atividades intensas ou prolongadas. Indivíduos que apresentam doenças pulmonares, como asma, crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre devem evitar realizar esforços prolongados ou intensos.	Indivíduos que apresentam doenças cardíacas, como angina, devem reduzir as atividades que exigem esforços moderados e evitar a proximidade das fontes de CO, como vias de tráfego intenso.	A população em geral deve reduzir as atividades prolongadas, especialmente nas proximidades de vias movimentadas. Indivíduos que apresentam asma, crianças e idosos devem evitar atividades que exigem esforço intenso ou prolongado nas proximidades de vias de tráfego.	Crianças e indivíduos que apresentam asma, ou outras doenças pulmonares, devem reduzir as atividades ao ar livre.
Péssima	301 - 400	A população em geral deve evitar atividades intensas ou prolongadas. Indivíduos que apresentam doenças cardíacas ou pulmonares, idosos, crianças e população com menor nível socioeconômico devem evitar todas as atividades físicas ao ar livre.		A população em geral deve reduzir as atividades ao ar livre. Indivíduos que apresentam doenças pulmonares, como asma, crianças, idosos e pessoas que desenvolvem atividades ao ar livre devem evitar o exercício de atividades ao ar livre.	Indivíduos que apresentam doenças cardíacas, como angina, devem evitar realizar atividades nas proximidades de fontes de CO, como vias de tráfego intenso.	A população em geral deve evitar atividades prolongadas, especialmente nas proximidades de vias movimentadas. Indivíduos que apresentam asma, crianças e idosos devem evitar todas as atividades ao ar livre.	A população em geral deve reduzir as atividades ao ar livre. Crianças e indivíduos que apresentam asma, ou outras doenças pulmonares, devem evitar as atividades ao ar livre.
Crítica	401 - 500	A população em geral deve evitar qualquer atividade física ao ar livre. Indivíduos que apresentam doenças cardíacas ou pulmonares, idosos, crianças e população com menor nível socioeconômico devem permanecer em ambientes fechados e realizar atividades que não exigem esforço.		A população em geral deve evitar o exercício de qualquer atividade ao ar livre.	A população em geral deve reduzir as atividades intensas. Indivíduos que apresentam doenças cardíacas, como angina, devem evitar realizar atividades nas proximidades de fontes de CO, como vias de tráfego intenso.	A população em geral deve evitar qualquer esforço ao ar livre. Indivíduos que apresentam asma, crianças e idosos devem permanecer em ambientes fechados.	A população em geral deve evitar qualquer esforço ao ar livre. Crianças e indivíduos que apresentam asma, ou outras doenças pulmonares, devem permanecer em ambientes fechados.

Fonte: USEPA, 2013.

3. Monitoramento da Qualidade do Ar

3.1. Gestão da Qualidade do Ar em Minas Gerais

No contexto nacional, cada estado adota diferentes modelos de gestão das estações de monitoramento da qualidade do ar. A rede de monitoramento da qualidade do ar do Estado de Minas Gerais é operada e mantida por empresas que exercem atividades potencialmente poluidoras licenciadas pelo órgão ambiental. As estações são solicitadas por meio de condicionantes das licenças ambientais ou Termos de Ajustamento de Conduta (TAC).

Os dados das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar são coletados e enviados para o Centro Supervisório da FEAM, controlado pela Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas (GESAR). No Centro Supervisório, os dados são processados e divulgados no formato do Boletim Diário da Qualidade do ar.

3.2 Estações de Monitoramento da qualidade do ar em Minas Gerais

No ano de 2015, o estado de Minas Gerais possuía 32 estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar, localizadas em 12 municípios conforme a Figura 1 apresenta.

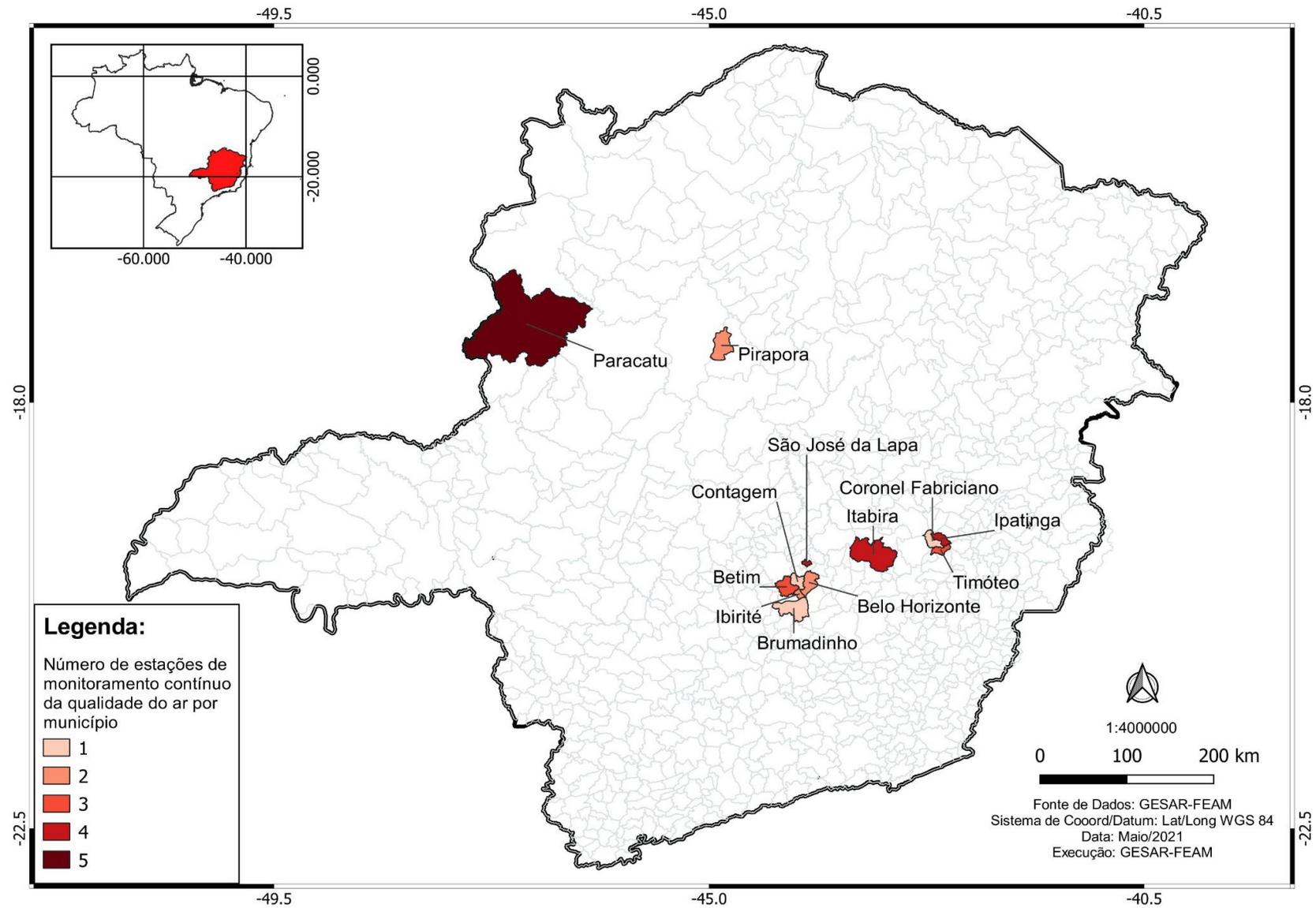


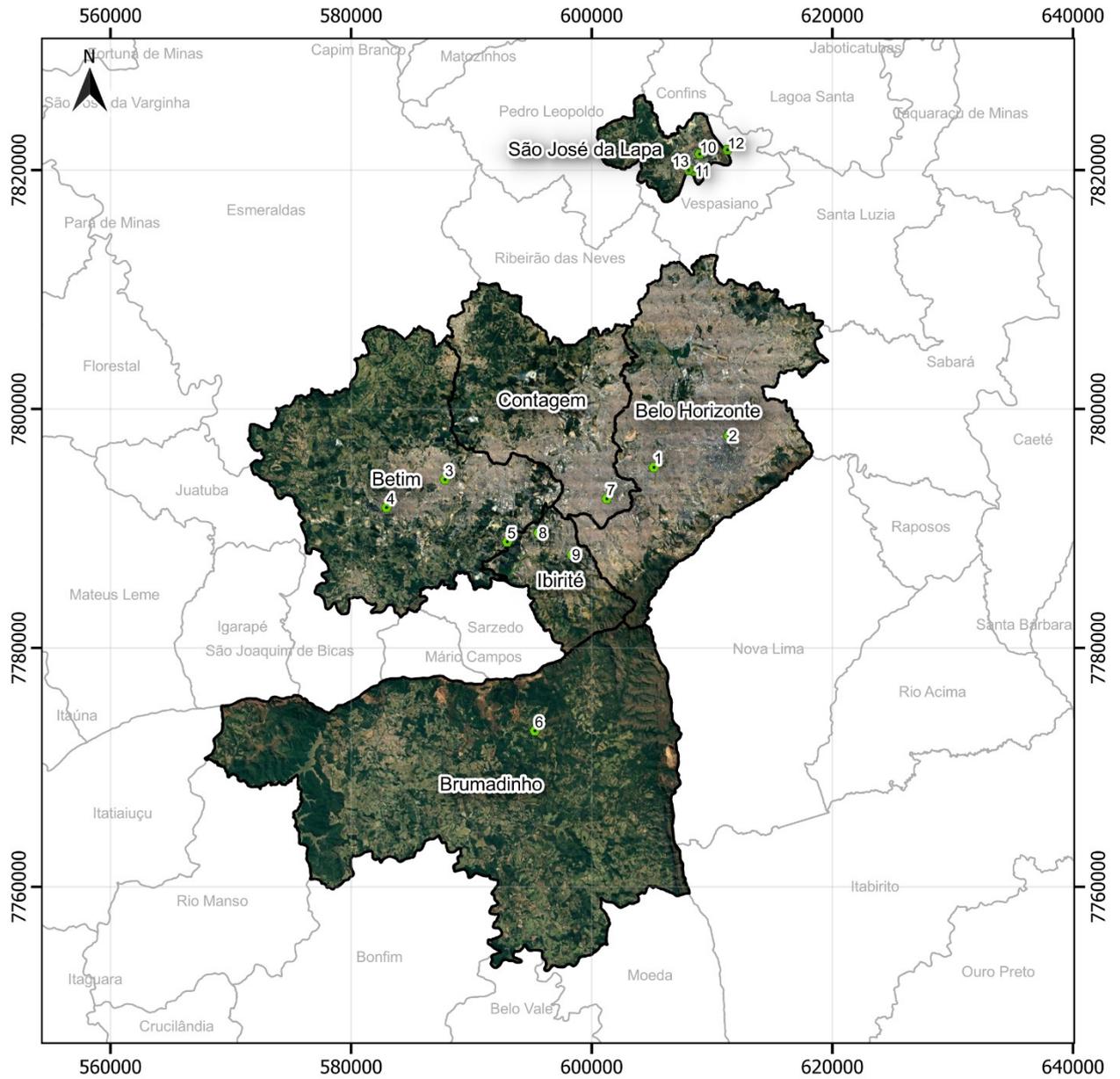
Figura 1: Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar no Estado de Minas Gerais.

O presente relatório agrupou as estações em três regiões principais: Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA) e demais municípios. As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam as especificações das estações, suas distribuições, localização nos municípios, bem como, os poluentes e parâmetros monitorados, enquanto que as Figuras 2 a 6 mostram a distribuição das estações em cada região.

Tabela 5: Especificações das estações da RMBH.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Parâmetros Meteorológicos*
Belo Horizonte	Delegacia Amazonas	19° 56' 14.900" S	43° 59' 41.500" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Centro Av. do Contorno	19° 54' 47.959" S	43° 56' 8.678" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
Betim	Alterosa	19° 56' 51.263" S	44° 9' 39.060" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Centro Administrativo Betim	19° 58' 8.159" S	44° 12' 25.999" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Petrovale	19° 59' 39.930" S	44° 6' 40.050" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
Brumadinho	Comunidade do Feijão	20° 8'11.88"S	44° 7'20.81"W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
Contagem	Cidade Industrial	19° 57' 38.556" S	44° 1' 52.885" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
Ibirité	Cascata	19° 59' 15.392" S	44° 5' 10.655" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Piratininga	20° 0' 14.270" S	44° 3' 34.891" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
São José da Lapa	Centro	19° 42' 0.612" S	43° 57' 36.706" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Escola Municipal Filhinha Gama - Vila Ical	19° 42' 47.452" S	43° 57' 50.731" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Célia (Vespasiano)	19° 41' 49.211" S	43° 56' 17.329" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Jardim Encantado	19° 42' 45.004" S	43° 58' 7.914" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA

*Velocidade do vento (VV), direção do vento (DV), precipitação (PP), temperatura (T), radiação solar (RS), umidade relativa (UR) e pressão atmosférica (PA).



- Estações de monitoramento
- 1 - Delegacia Amazonas
- 2 - Avenida do Contorno
- 3 - Alterosa
- 4 - Centro Adm. de Betim
- 5 - Petrovale
- 6 - Comunidade do Feijão
- 7 - Cidade Industrial
- 8 - Cascata
- 9 - Piratininga
- 10 - Centro
- 11 - Filhinha Gama
- 12 - Jardim Encantado
- 13 - Célia
- Municípios RMBH QAr (2015)
- Municípios MG

DATUM: SIGARS 2000 / Zona UTM 23S
 Fonte de Dados:
 IDE Sisema - IBGE Mapas
 Data: Abril / 2022
 Execução: GESAR/FEAM

feam
 FUNDAÇÃO ESTADUAL
 DO MEIO AMBIENTE

0 12 24 km
 1:450000

Figura 2: Estações de monitoramento da QAr da RMBH.

Tabela 6: Especificações das estações da RMVA.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Coronel Fabriciano	SENAC (Vale do Aço)	19° 31' 51.550" S	42° 37' 40.180" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, T, UR, PA
Ipatinga	Veneza	19° 28' 17" S	42° 31' 35.2" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Bom Retiro	19° 30' 34.466" S	42° 33' 25.409" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Cariru	19° 29' 28.921" S	42° 31' 43.460" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Cidade Nobre	19° 27' 40.219" S	42° 33' 36.742" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
Timóteo	Hospital Vital Brazil	19° 33' 0.370" S	42° 38' 38.840" W	MP _{2,5}	VV, DV, T, UR
	Cecília Meireles	19° 32' 49.930" S	42° 39' 23.890" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃	VV, DV, T, UR
	Escola Sementinha	19° 32' 12.340" S	42° 40' 18.620" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, T, UR

*Velocidade do vento (VV), direção do vento (DV), precipitação (PP), temperatura (T), radiação solar (RS), umidade relativa (UR) e pressão atmosférica (PA).

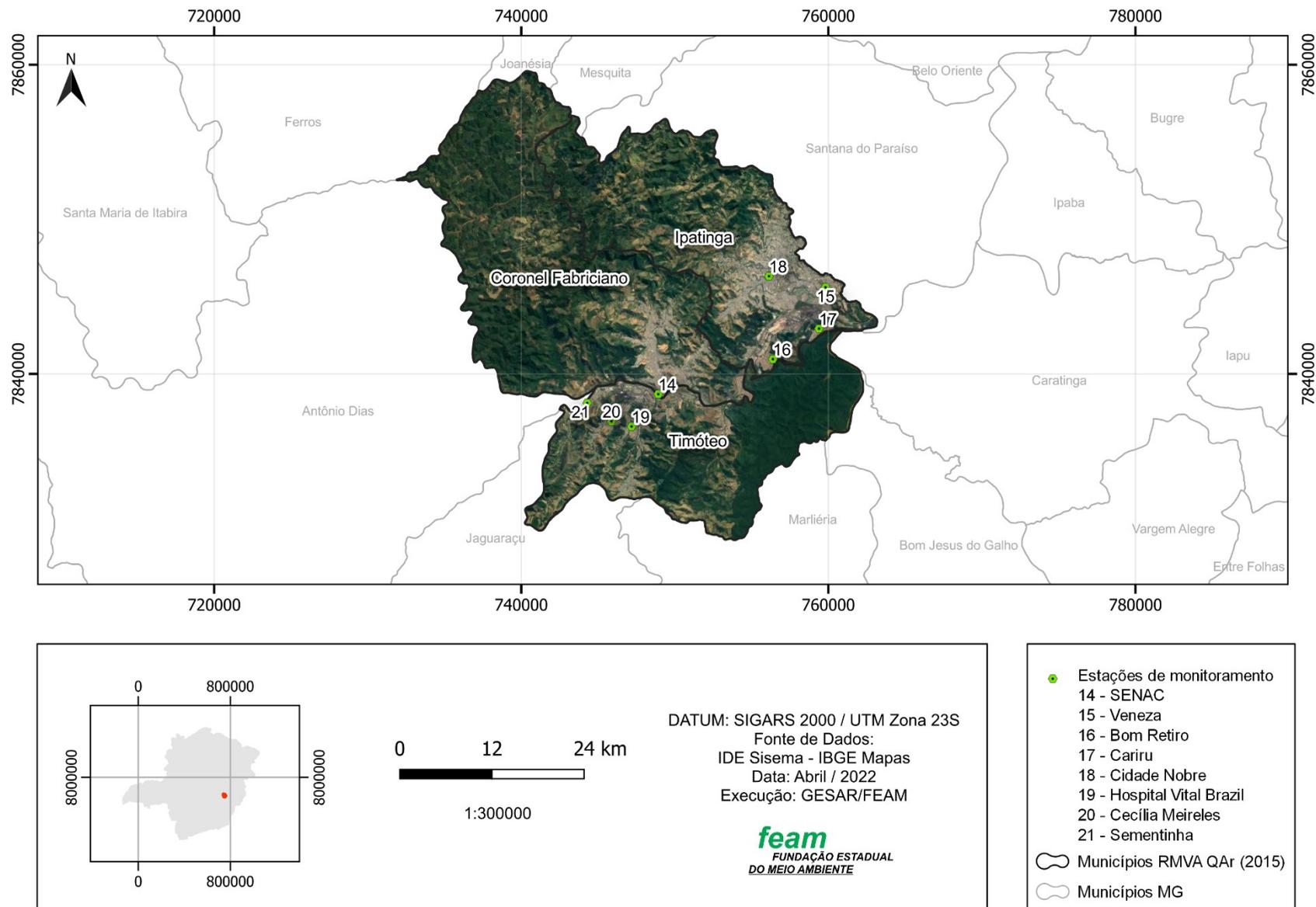


Figura 3: Estações de monitoramento da QAr da RMVA.

Tabela 7: Especificações das estações dos demais municípios.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Itabira	Estação Pará	19° 37' 9.998" S	43° 13' 50.848" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Major Lage	19° 38' 9.481" S	43° 14' 14.813" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Félix	19° 39' 14.998" S	43° 14' 14.680" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Panorama	19° 38' 4.099" S	43° 13' 19.099" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
Paracatu	São Domingos	17° 11' 53.916" S	46° 51' 32.184" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T, PA
	Clube União	17° 12' 56.455" S	46° 53' 11.969" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, T
	Copasa	17° 12' 19.580" S	46° 52' 27.602" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Lagoa Trindade Rodrigues	17° 9' 1.764" S	46° 49' 59.779" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T, PA
	Estação Sérgio Ulhoa	17° 13' 30.087" S	46° 52' 32.174" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	
Pirapora	SAAE	17° 21' 11.070" S	44° 56' 59.737" W	MP ₁₀	
	FUNAM	17° 19' 49.861" S	44° 55' 36.595" W	MP ₁₀	

*Velocidade do vento (VV), direção do vento (DV), precipitação (PP), temperatura (T), radiação solar (RS), umidade relativa (UR) e pressão atmosférica (PA).

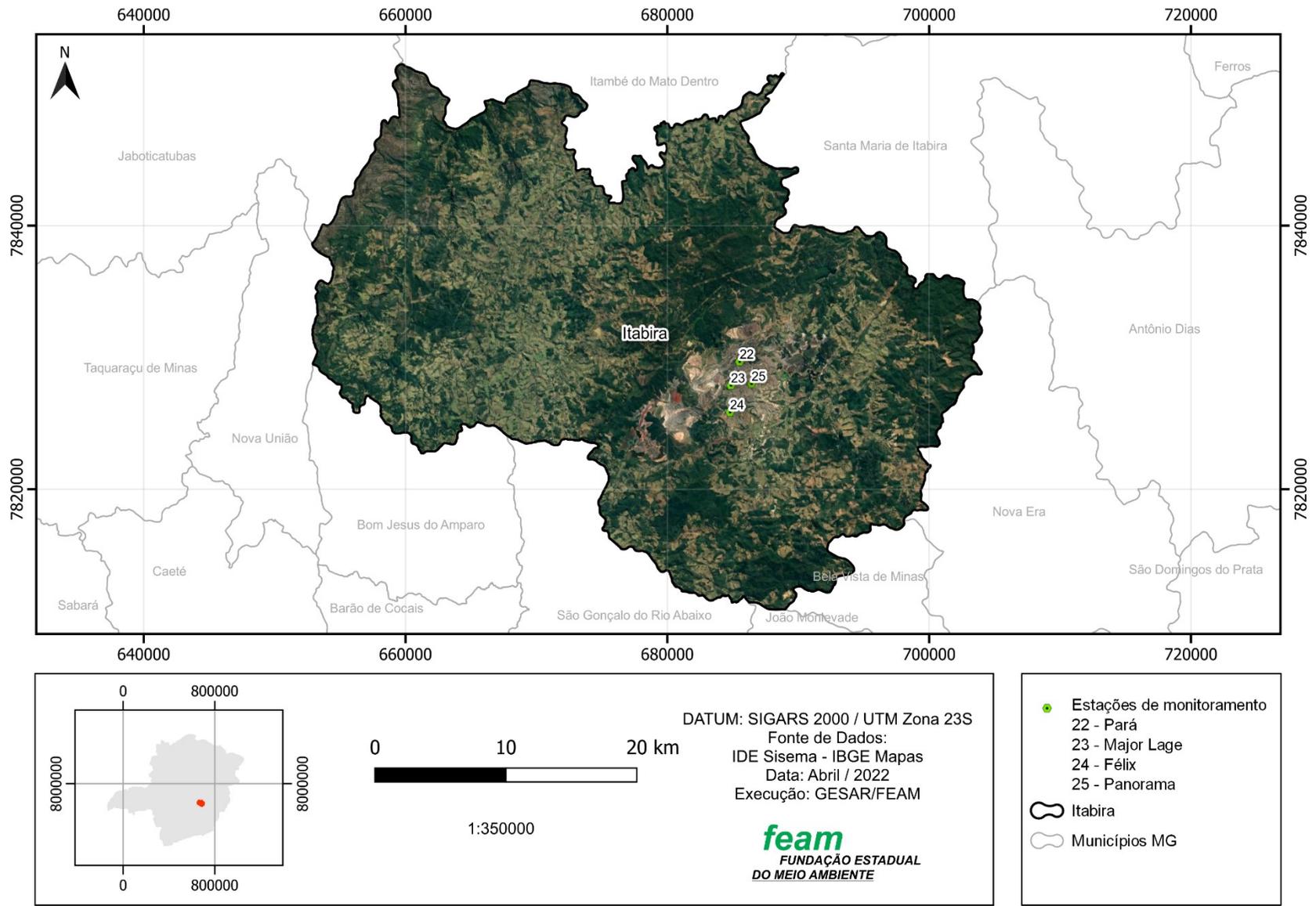


Figura 4: Estações de monitoramento da QAr em Itabira.

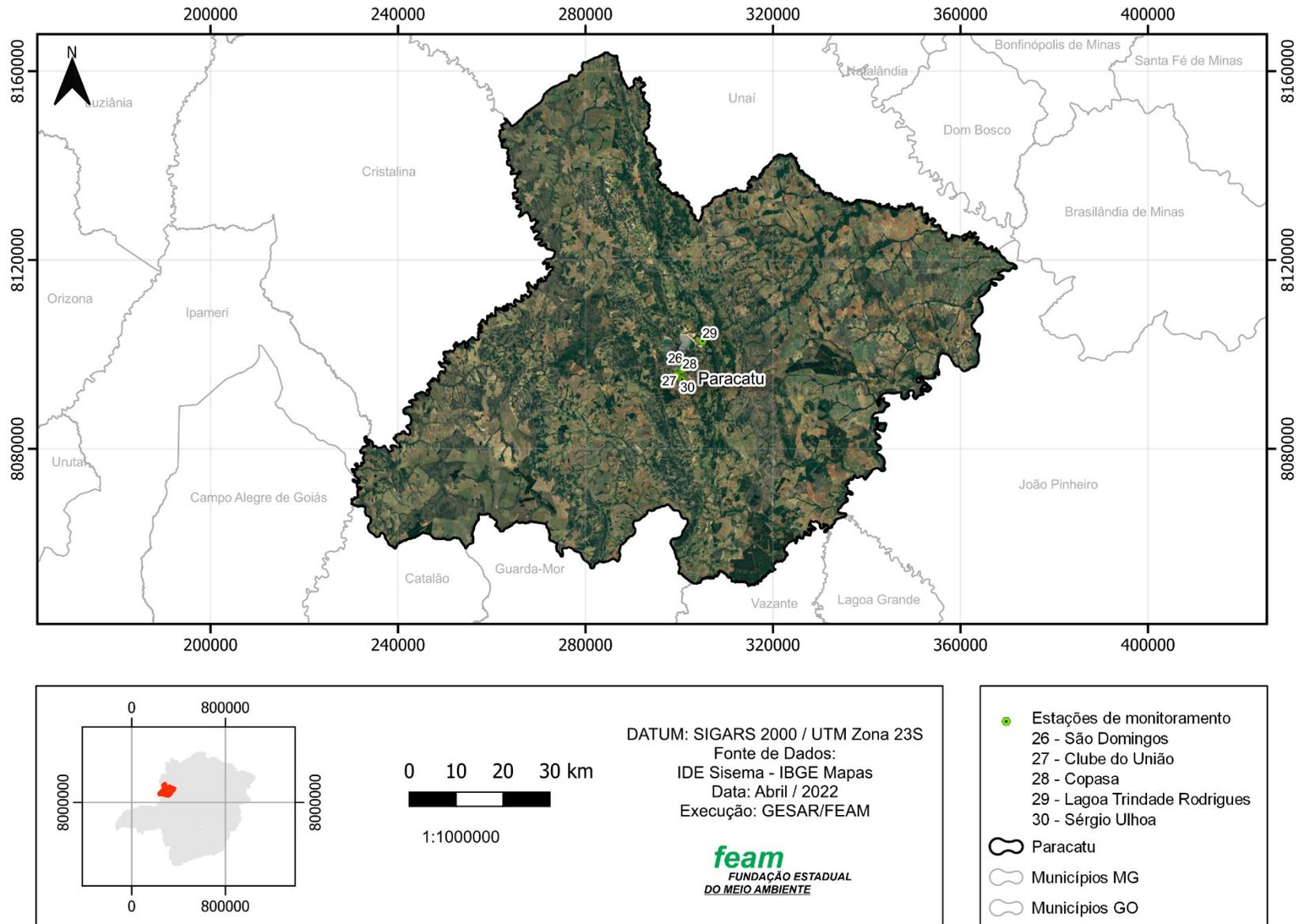


Figura 5: Estações de monitoramento da QAr em Paracatu.

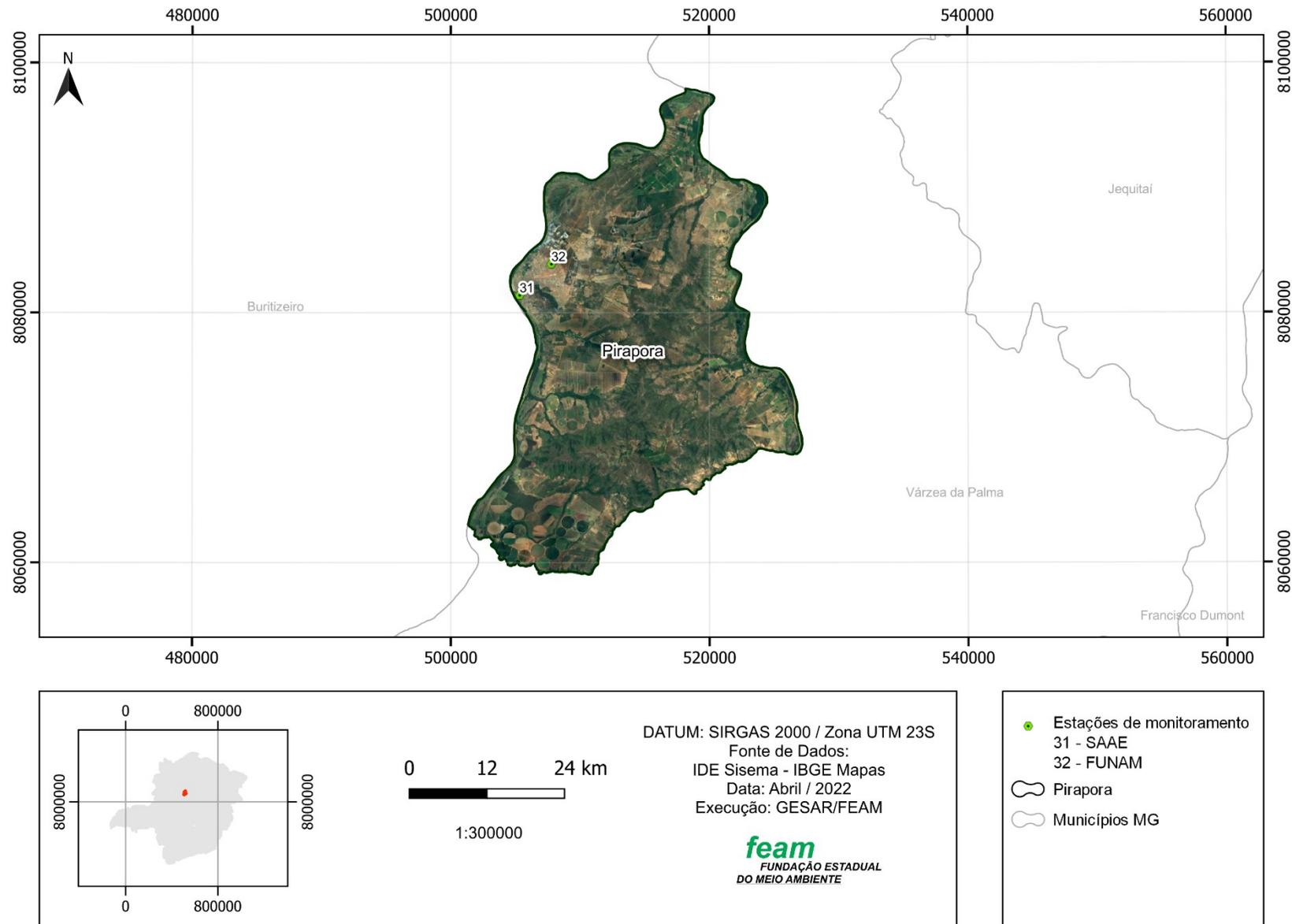


Figura 6: Estações de monitoramento da QAr em Pirapora.

3.3 Tratamento dos dados

3.3.1 Dados de qualidade do ar

Os dados utilizados para elaboração deste relatório foram as concentrações médias horárias para cada um dos poluentes monitorados nas estações. A partir destes dados foram calculadas as médias móveis de 8 horas (CO), médias aritméticas de 24 horas e anuais (PTS, MP₁₀, MP_{2,5} e SO₂) e média geométrica anual (PTS), para a realização das comparações com os padrões previstos na Resolução CONAMA nº 03/1990. Ainda que a Resolução, quando vigente, não contemplasse padrão para as partículas respiráveis, também foram calculados valores para esse poluente e, a título de comparação, foram utilizados os valores orientadores da OMS.

Entretanto, previamente a esse cálculo, foi necessário verificar a representatividade dos dados do monitoramento contínuo, que podem sofrer perdas devido à queda de energia, problemas técnicos com os analisadores, vandalismo nas estações etc. O não atendimento desses critérios para uma determinada estação ou período significa que as falhas de medição ocorridas comprometem a interpretação do resultado, à luz dos padrões vigentes (MMA, 2020). Considerou-se representativos os dados gerados nas estações quando observadas, no mínimo, as condições estabelecidas na Tabela 8.

Tabela 8: Tipos de médias para o cálculo dos parâmetros e critérios de validação.

Tipo de média	Critério de validação de representatividade
Média horária	75% das medidas válidas na hora
Média diária	$\frac{2}{3}$ das médias horárias válidas no dia
Média mensal	$\frac{2}{3}$ das médias diárias válidas no mês
Média anual	50% das médias diárias válidas obtidas em cada quadrimestre (jan-abr; mai-ago; set-dez)*

*Para representatividade da média anual, é importante que os critérios sejam obedecidos nos 3 quadrimestres do ano em questão, para garantir que as diferentes condições meteorológicas do ano foram englobadas.

Em alguns casos, a média anual não atendeu ao critério de representatividade, e por consequência, estes valores foram apresentados nos gráficos e tabelas com a indicação de “não representativos” seguidos do símbolo de asterisco (*). Além disso,

foram apresentadas as porcentagens de dias de classificação do IQAr segundo os critérios estabelecidos na Tabela 2 para cada poluente, separadamente.

3.3.2 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos de temperatura, precipitação e velocidade do vento monitorados nas estações de qualidade do ar foram comparados com as normais climatológicas de estações do INMET, instaladas preferencialmente em um dos municípios em análise. As normais climatológicas podem ser acessadas no seguinte endereço eletrônico: <https://portal.inmet.gov.br/normais>.

Também se avaliou a classificação de dias desfavoráveis à dispersão atmosférica seguindo os critérios da metodologia utilizada pela CETESB (2011), sendo eles: (a) porcentagem de calmaria (velocidade do vento inferior a 0,5 m/s durante o dia maior ou igual a 25%) e (b) ausência de precipitação. Ambos os critérios (a e b) devem ser atendidos simultaneamente.

Por fim, por meio de consultas aos Boletins Mensais do INFOCLIMA (CPTEC, 2015) foram verificados quais os fenômenos meteorológicos de grande escala que estavam tendo atuação no território de Minas Gerais.

4. Resultados e Discussão

4.1. RMBH

Historicamente, a formação da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) atravessou seis períodos diferenciados: a criação e expansão da capital mineira de Belo Horizonte, planejada no final do século XIX; a acelerada expansão urbana na década de 1940, associada às mudanças para garantir a infraestrutura necessária para a industrialização da região; o início do processo de conurbação e metropolização, que abrange o intervalo entre as décadas de 1950 e 1960; a impulsão fortemente industrial, proveniente do “milagre econômico”, com resultados perceptíveis na estrutura socioespacial da metrópole; o processo de periferação dos assentamentos irregulares e a crescente favelização, decorrentes da recessão econômica entre os anos de 1970 e 1980; e por fim, as mudanças socioespaciais de 1990 até 2010 (FILHO, 2012).

De acordo com o censo demográfico de 2010 realizado pelo IBGE, a RMBH contava com uma população residente de 5.414.701 habitantes, concentrando 27,6% de toda população mineira, onde, aproximadamente, 97,6% situava-se em área urbanizada, enquanto que apenas 2,4% em área rural.

A RMBH apresenta uma economia bastante diversa, destacando-se o terceiro setor produtivo, possibilitando o fornecimento de serviços de saúde, educação, instituições bancárias, lazer e turismo, cultura e comunicação. Ademais, conforme Filho (2012), algumas atividades ligadas ao ramo fármaco, biotecnológico, médico e de materiais eletroeletrônicos têm aumentado sua produção, entretanto, ainda não comparáveis, em termos produtivos, à produção de menor valor agregado e à indústria automobilística.

4.1.1 Caracterização das fontes de poluição da RMBH

A qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte é influenciada por diversos agentes, dentre os destaques estão as fontes estacionárias e móveis, abrangendo diferentes poluentes lançados por indústrias, comércios e outros (MOURA, 2016). Além disso, a RMBH experimentou nas últimas décadas, um crescimento elevado e desorganizado, com expressivo aumento de seu parque veicular, fatores esses que contribuem para a maior exposição dos indivíduos aos contaminantes presentes na atmosfera (RADICCHI, 2012).

A Figura 7 mostra o avanço da frota veicular nas cidades da RMBH que possuem estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas em seus territórios, do ano de 2006 até 2015. Ressalta-se que os dados da capital mineira estão dispostos no eixo secundário (à direita). Além disso, a contabilização da frota veicular compreende quaisquer tipologias de transporte.

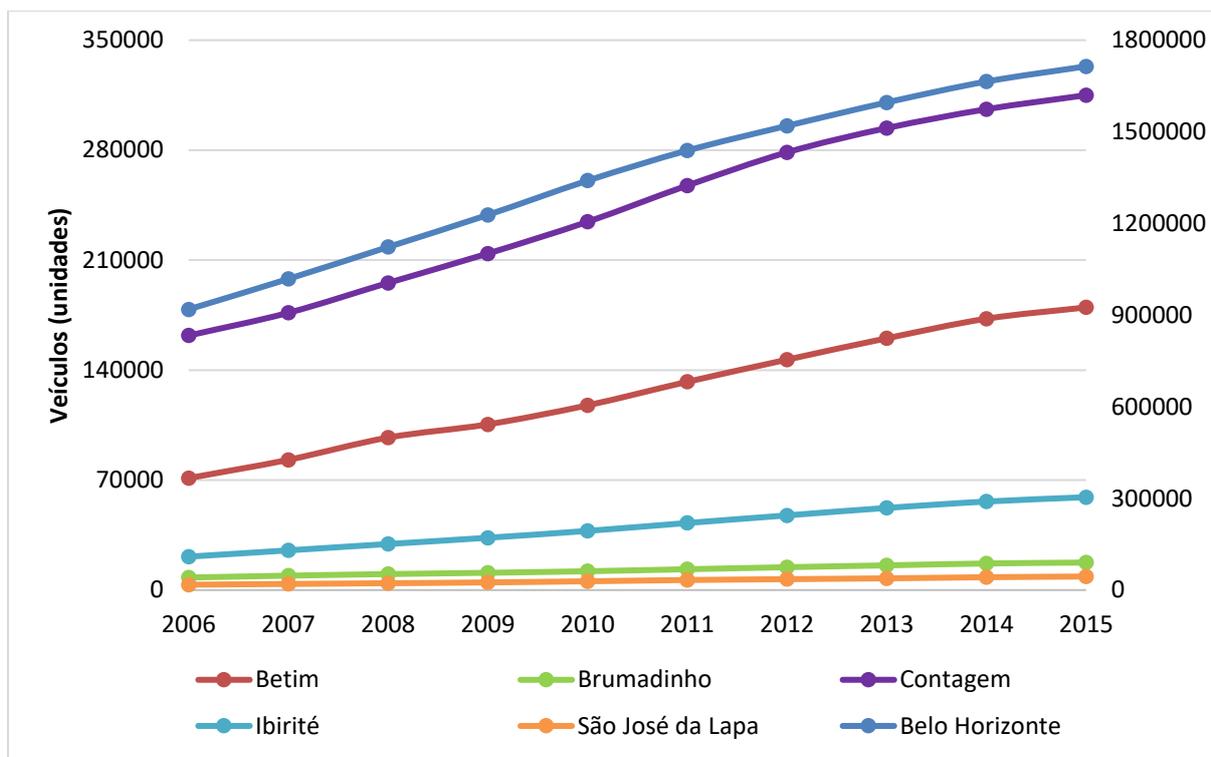


Figura 7: Crescimento da frota veicular das cidades que compõe a RMBH.
Fonte: IBGE, 2021.

Todas as cidades da rede apresentaram uma tendência crescente desde 2006, sendo mais presentes os automóveis e as motocicletas, conforme dados do IBGE (2021). Ainda que, a sua frota seja a maior da região metropolitana, somando mais de 1,7 milhões de veículos em 2015, Belo Horizonte foi a cidade que teve o menor aumento percentual nesse intervalo, cerca de 87%.

Por outro lado, Ibirité apresentou o aumento percentual de 178%, no qual o número de veículos do município saltou de 21.258 em 2006, para 59.102 no ano de 2015, sendo a quantia mais expressiva da RMBH. Com valores próximos, São José da Lapa e Betim, apresentaram um aumento percentual de aproximadamente 152%, Brumadinho, 119% e Contagem, 94%.

Outra importante questão que permeia a qualidade do ar são as queimadas, que contribuem substancialmente com a poluição atmosférica e mudanças climáticas, sendo extremamente danosas para as regiões atingidas (FAGUNDES, 2016).

De 2011 até 2015, foram catalogados nos municípios da RMBH que possuem estações de QAr, 2326 focos de incêndio. A seguir, a Figura 8 apresenta a distribuição desses registros ao longo do período analisado.

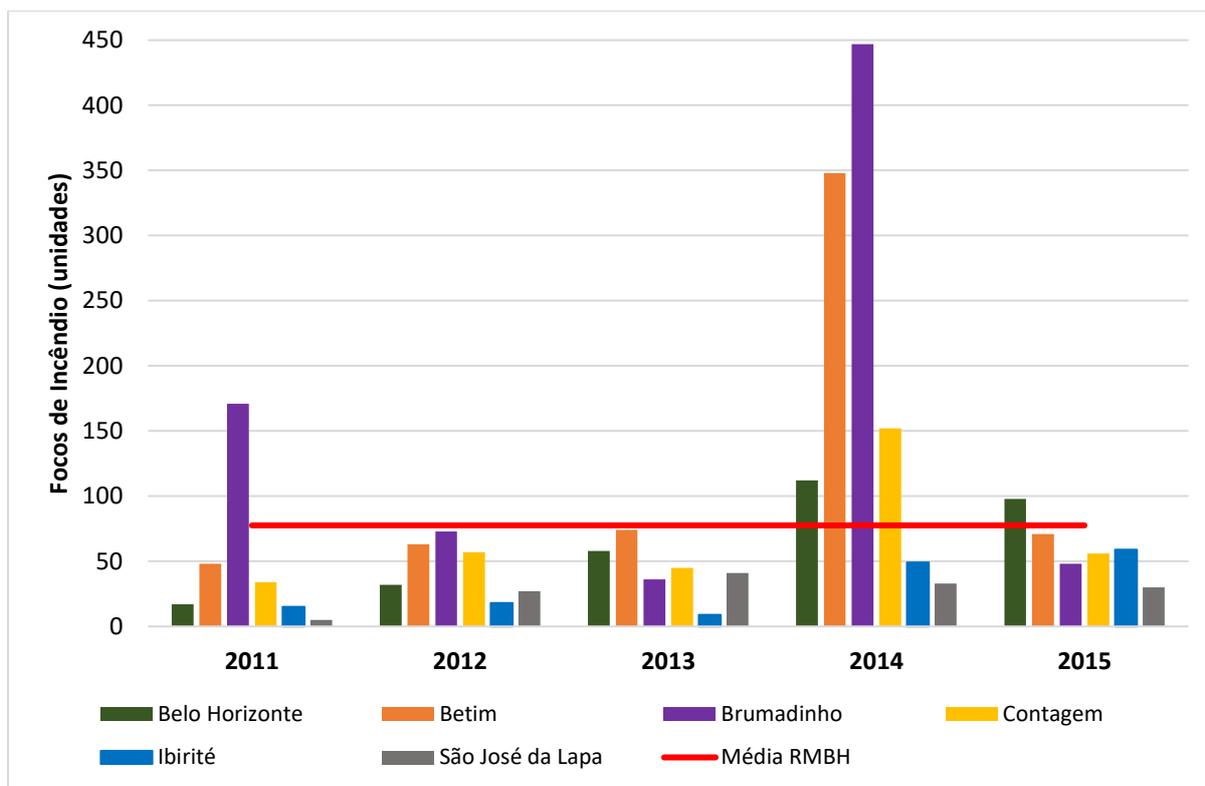


Figura 8: Focos de incêndio das cidades que compõe a RMBH.

Fonte: INPE, 2021.

De acordo com a Figura 8, observa-se que o ano de 2014 teve destaque com 1141 focos de incêndio, sendo destes 447 em Brumadinho e 348 em Betim, destoando em números de registros em relação à média de todo período (78 focos por município). Por outro lado, como pode ser visto, o ano de 2015 reportou uma tendência de queda com relação ao ano anterior.

Além das fontes de emissão de poluentes atmosféricos já mencionadas, também é válido apontar e discutir sobre a poluição industrial, que se caracteriza pela emissão de poluentes provenientes das diversas etapas dos processos produtivos.

Para ilustrar a contribuição das fontes industriais foi quantificado o número de empreendimentos licenciados nos municípios com estações de monitoramento da qualidade do ar, considerando as informações de uma das camadas de Regularização Ambiental da Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) do SISEMA (Histórico de licenças emitidas pela SEMAD entre 2013 e 2019).

Essa camada foi elaborada a partir das informações apresentadas no estudo “Evolução espacial do licenciamento ambiental em Minas Gerais”, realizado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD,

2018). Para o desenvolvimento desse estudo, considerou-se apenas os empreendimentos Classes 3 a 6 com licenças ambientais deferidas a partir do ano de 2013. Não fizeram parte do levantamento os empreendimentos lineares, como dutos, rodovias, ferroviárias, linhas de transmissão de energia, pela dificuldade encontrada em representá-los de maneira pontual. A partir das informações disponíveis no IDE, foi possível quantificar e qualificar os empreendimentos licenciados. A Figura 9 apresenta a evolução dos empreendimentos licenciados na RMBH no período de 2013 a 2015, considerando para cada ano os empreendimentos em funcionamento.

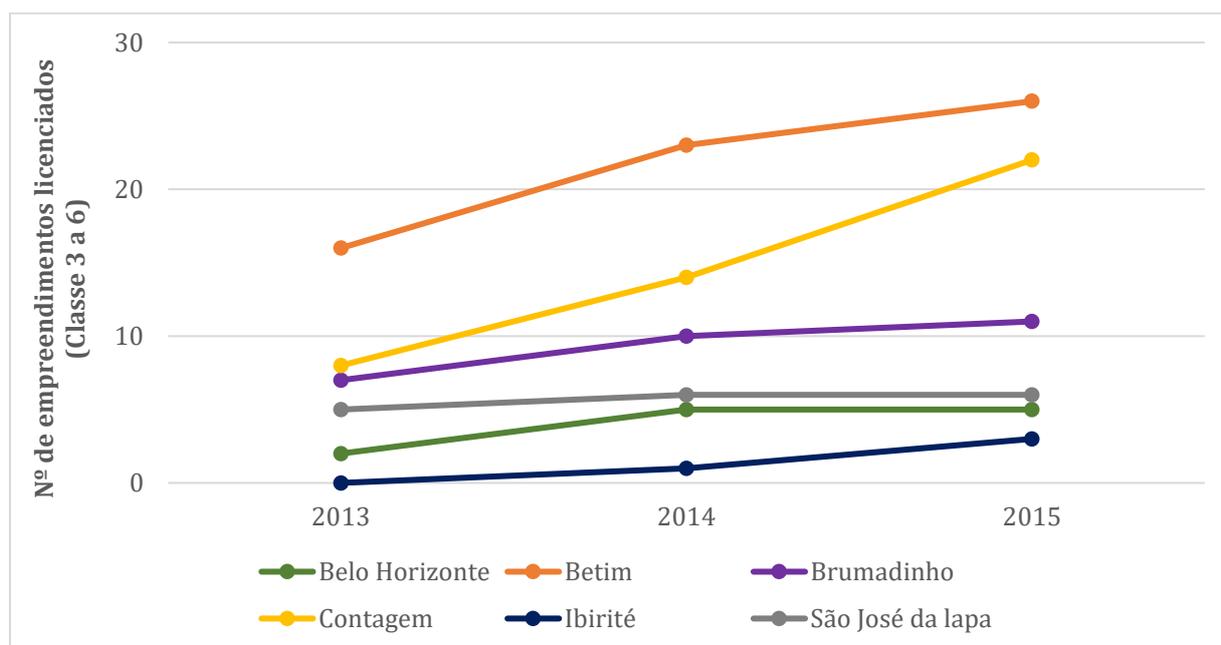


Figura 9: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 na RMBH.
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA,2022.

De acordo com a Figura 9, nos municípios de Betim e Contagem, houve um aumento mais expressivo de empreendimentos licenciados no período analisado, fato que contribui para o aumento do número de fontes de emissões industriais. Em Belo Horizonte e em São José da Lapa, no período de 2014 para 2015, o número de empreendimentos licenciados se manteve o mesmo.

Além da quantidade de empreendimentos licenciados é interessante saber qual tipo de atividade produtiva era realizada. Em 2015, estava vigente a Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 9 de setembro de 2004, que estabelecia critérios para classificação de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de licenciamento ambiental no nível estadual. Segundo esta Deliberação,

os empreendimentos e atividades foram identificados e agrupados conforme a listagem, a seguir:

- Listagem A - Atividades Minerárias
- Listagem B - Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras
- Listagem C- Atividades Industriais / Indústria Química
- Listagem D - Atividades Industriais / Indústria Alimentícia
- Listagem E - Atividades de Infra-Estrutura
- Listagem F - Serviços e Comércio Atacadista
- Listagem G - Atividades Agrossilvipastoris

A Tabela 9 apresenta a distribuição dos empreendimentos licenciados e em funcionamento em 2015, de acordo com a Listagem de atividades da DN COPAM 74/2004, considerando as informações disponíveis no IDE.

Tabela 9: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM 74/2004.

Listagens	Belo Horizonte	Betim	Brumadinho	Contagem	Ibirité	São José da Lapa
Listagem A	2	2	9	-	-	1
Listagem B	-	5	-	11	1	1
Listagem C	1	5	-	3	-	1
Listagem D	-	-	-	1	-	-
Listagem E	2	2	2	3	-	2
Listagem F	-	12	-	4	2	1

Fonte: IDE-SISEMA, 2022.

Em alguns municípios, como Belo Horizonte, Ibirité e São José da Lapa não houve predominância de empreendimentos em nenhuma Listagem da DN, conforme apresentado na Tabela 9. Em outros casos, como em Betim, a maioria dos empreendimentos pertenciam a Listagem F – Serviços e Comércio Atacadista, na qual podemos destacar as emissões atmosféricas veiculares. Em Brumadinho, predominou o licenciamento de empreendimentos minerários, nos quais é muito comum a presença fontes áreas. Em Contagem, a maioria dos empreendimentos pertenciam a Listagem B, na qual pode haver uma maior ocorrência de fontes fixas nos empreendimentos, como as chaminés.

4.1.2 Meteorologia da RMBH

Na RMBH percebeu-se, em geral, menores quantidades de chuva ao longo do ano de 2015, com exceção do mês de março, conforme a Figura 9, que mostra a comparação das medições acumuladas ao longo dos meses com a normal climatológica disponível na estação Cercadinho/BH, do Instituto de Meteorologia (INMET, 2022). Destacam-se os acumulados observados nos meses de janeiro e no intervalo de outubro a dezembro, bem inferiores às normais desses meses.

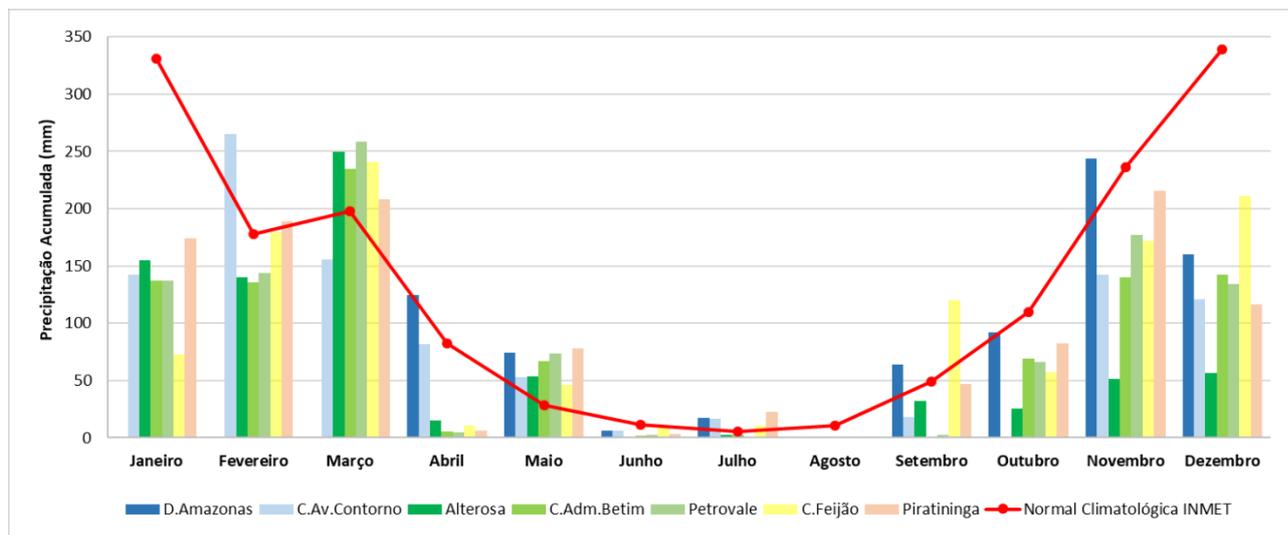


Figura 10: Precipitação mensal acumulada para o ano de 2015 na RMBH.

Conforme Marengo *et al.* (2015) no verão do ano de 2014 um anticiclone bloqueou a América do Sul subtropical por 45 dias, fato sem precedentes desde 1961, e que provocou um longo período de estiagem. Embora em menor escala, no verão de 2015 essa situação repetiu-se, fato que provocou o ressecamento progressivo da superfície terrestre, estabelecendo um efeito de automanutenção da falta de chuva.

Segundo dados do INFOCLIMA (CPTEC, 2015), em janeiro, a junção da ausência de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e do El Niño com fraca intensidade, contribuíram para baixa precipitação observada.

Cabe destacar que, a ZCAS pode ser considerada como o principal sistema de grande escala responsável pelo regime de chuvas no Brasil no período chuvoso, que compreende os meses de outubro a março (LLOPART, 2012), sendo caracterizada por uma banda persistente de precipitação e nebulosidade, que se estende desde o sul da Amazônia até o Sudeste do Brasil (TRINDADE, 2013).

Já o fenômeno atmosférico-oceânico El Niño é caracterizado pelo aquecimento das águas do oceano Pacífico Equatorial acima da média normal histórica, o que acarreta em efeitos globais na temperatura e precipitação (INPE, 2022). Conforme Minuzzi *et al.* (2005), a precipitação no Estado de Minas Gerais é influenciada de maneira diferenciada por esse fenômeno. Em outras palavras, é esperado que possa haver intensificação de chuvas, períodos normais ou tendências de seca dependendo da localidade mineira em questão. Especificamente, para a Região Metropolitana de Belo Horizonte, o El Niño confere uma predisposição à seca durante o período chuvoso.

No ano de 2015, os meses de outubro a dezembro foram caracterizados por uma ação de forte intensidade do El Niño, deixando as chuvas em grande parte do país abaixo da média histórica. Tais observações corroboram para temperaturas mais elevadas observadas nas estações de monitoramento, conforme Figura 11, com destaque também para os meses citados anteriormente, mais elevados que a normal climatológica da estação do INMET.

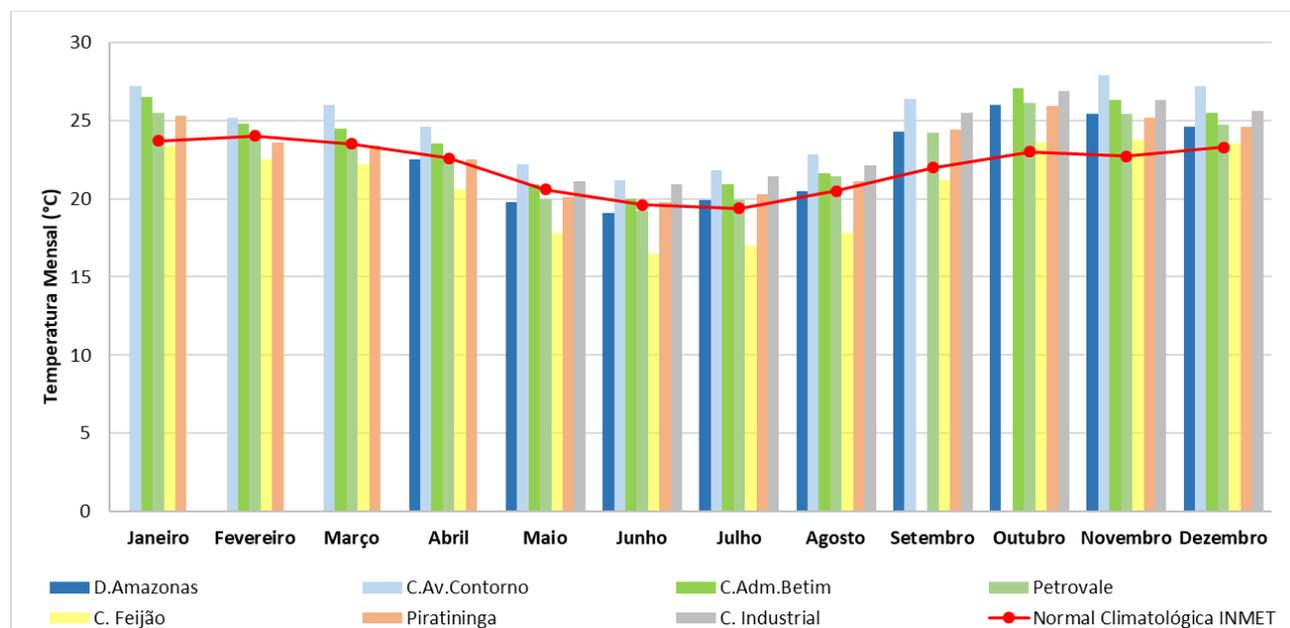


Figura 11: Temperatura média mensal para o ano de 2015 na RMBH.

Além disso, foram observados ventos com intensidades maiores que a normal climatológica (Figura 12), com exceção da estação Comunidade do Feijão, em Brumadinho. Isso impactou diretamente na avaliação dos dias desfavoráveis à dispersão, caracterizados como dias sem precipitação e com calmaria acima de 25% ao dia, ou seja, 6 ou mais horas do dia com velocidade do vento menor que 0,5 m/s.

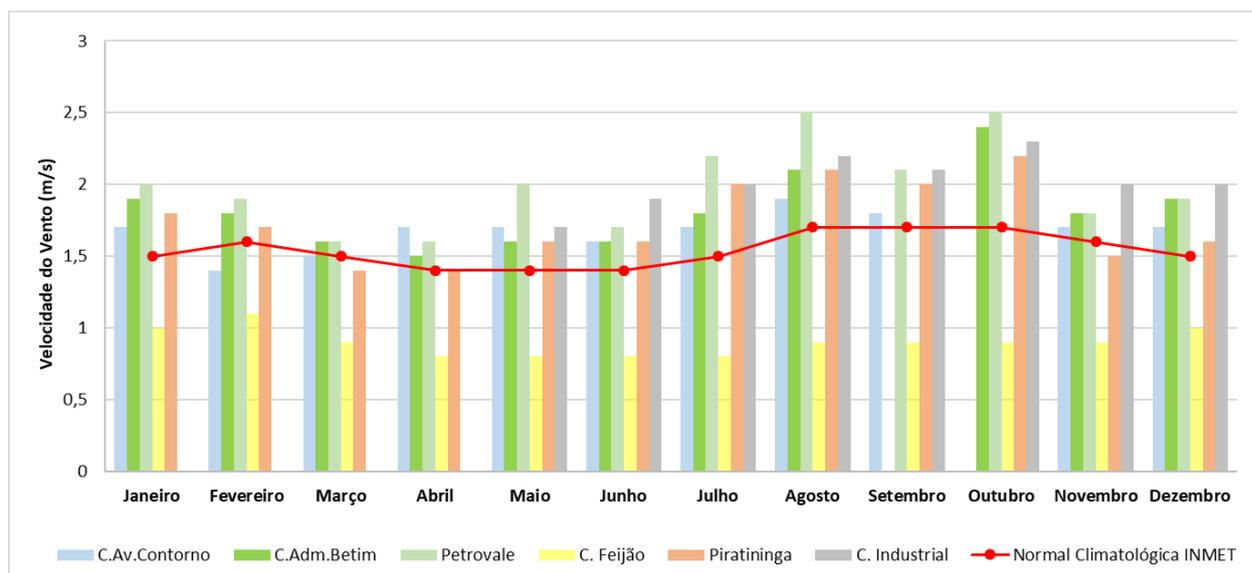


Figura 12: Velocidade do vento mensal para o ano de 2015 na RMBH.

Conforme disposto na Figura 13, na estação do INMET não foi observado nenhum dia desfavorável à dispersão de poluentes atmosféricos no ano de 2015. Os dados medidos na maior parte das estações da RMBH seguem essa tendência de forma aproximada, onde são notados poucos episódios de dias desfavoráveis, mais acentuadamente em Ibirité, com ocorrências máximas de 4 dias nos meses de abril e maio.

Por outro lado, apresentando um comportamento anômalo frente as demais estações da RMBH, a estação Comunidade do Feijão chegou a apresentar 19 dias desfavoráveis no mês de agosto. Essa tendência de dificuldade de dispersão de poluentes em Brumadinho decorre da menor intensidade do vento observada na localidade durante o período em questão, em consonância com o apresentado na Figura 12.

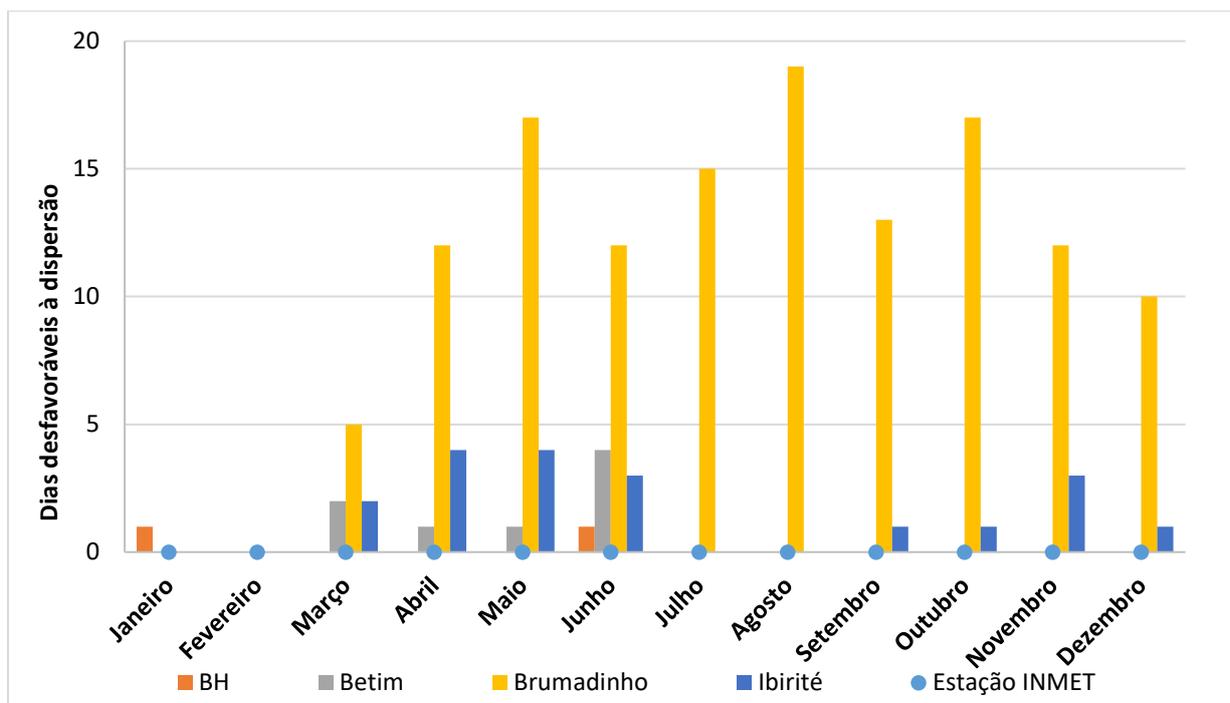


Figura 13: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em 2015 na RMBH.

4.1.3 PTS na RMBH

Dentre as estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar situadas na RMBH, a Estação Comunidade do Feijão, em Brumadinho, é a única que fazia o monitoramento das partículas totais em suspensão, em 2015.

Diante disso, na Figura 14 são apresentados os resultados para esse material particulado tendo como referência o padrão primário da Resolução CONAMA nº 03/1990.

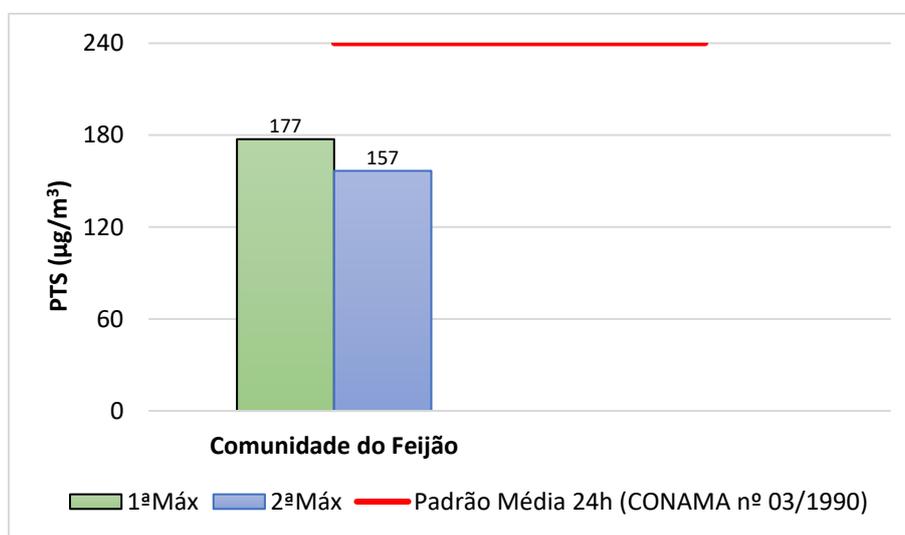


Figura 14: Concentrações máximas diárias de PTS em Brumadinho.

As concentrações máximas de curta exposição, dentro do período de 24h, foram $177 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para a 1ª e 2ª máximas, respectivamente. Mediante esses dados e, em consonância com a Figura 14, não houve ultrapassagem do padrão primário diário estabelecido pela legislação vigente à época, de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Um comportamento análogo foi observado para longa exposição, por meio da média geométrica anual, no qual o padrão de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ não foi superado, sendo obtido o valor de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nessa estação. A seguir, na Figura 15, é apresentada a distribuição percentual do IQAr para o parâmetro PTS em 2015.

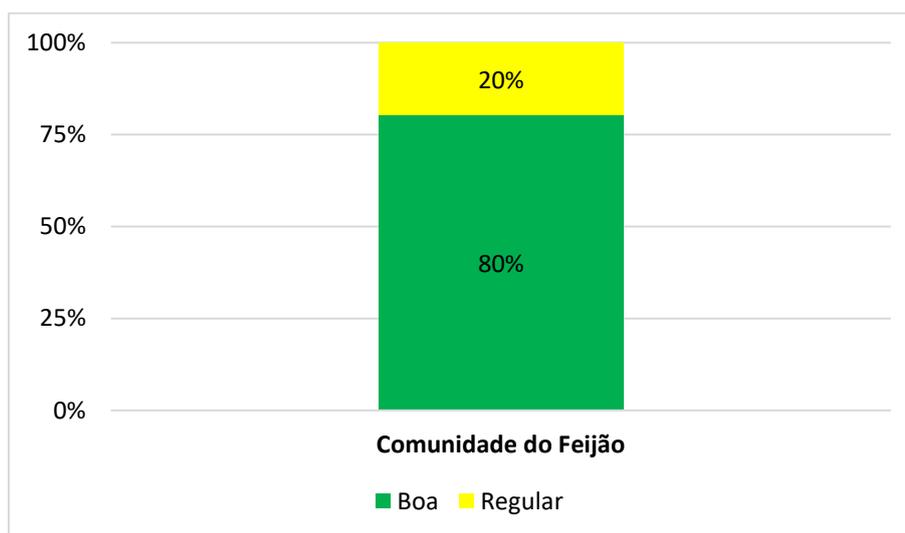


Figura 15: Distribuição do IQAr em Brumadinho.

Portanto, em 2015, percebeu-se a prevalência da classe “Boa” na avaliação do PTS na Estação Comunidade do Feijão, instalada em Brumadinho.

4.1.4 MP₁₀ na RMBH

A Figura 16 apresenta os resultados obtidos da concentração de curta exposição para as partículas inaláveis na RMBH. Ressalta-se que, para o presente poluente, tanto o padrão primário quanto secundário, apresentam o mesmo limite de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de acordo com a Resolução CONAMA nº 03/1990.

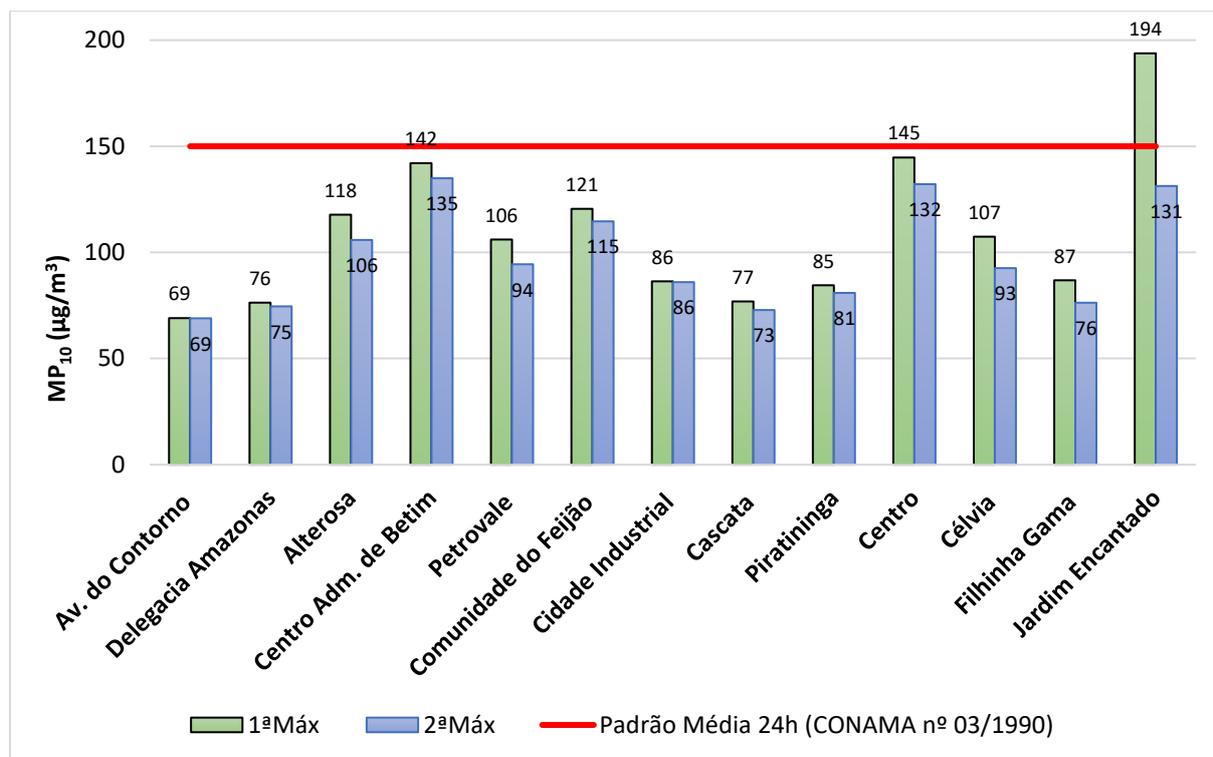


Figura 16: Concentrações máximas diárias de MP₁₀ nas estações da RMBH.

Os resultados apresentados mostram que houve ultrapassagem do valor estabelecido pela legislação em apenas uma estação, no período considerado. A estação Jardim Encantado, situada na cidade de São José da Lapa, alcançou para sua 1ª máxima concentração diária o valor de 194 µg/m³, 29% maior que o padrão de 150 µg/m³.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 03/1990, o padrão diário de MP₁₀ é atendido desde que ele não seja excedido mais de uma vez por ano, logo, a estação Jardim Encantado atendeu ao valor recomendado, pois, essa ultrapassagem ocorreu apenas uma vez, no mês de outubro, considerando todo o ano de 2015. Cabe destacar ainda que o segundo maior valor de concentração diária obtido também foi observado no mesmo município, para a estação Centro (145 µg/m³).

Além disso, pode-se perceber que as cidades de Belo Horizonte, Contagem e Ibirité apresentaram resultados similares entre si para ambas concentrações de curto prazo. Um comportamento análogo pode ser reparado entre as cidades de Betim e Brumadinho. Em contrapartida, a cidade de São José da Lapa apresentou variações entre suas quatro estações pertencentes.

Ressalta-se que, para a maior parte das estações não houve expressivo distanciamento numérico entre a 1ª e a 2ª máximas concentrações médias de 24h. A Figura 17 apresenta os resultados obtidos na análise anual do MP₁₀ na RMBH.

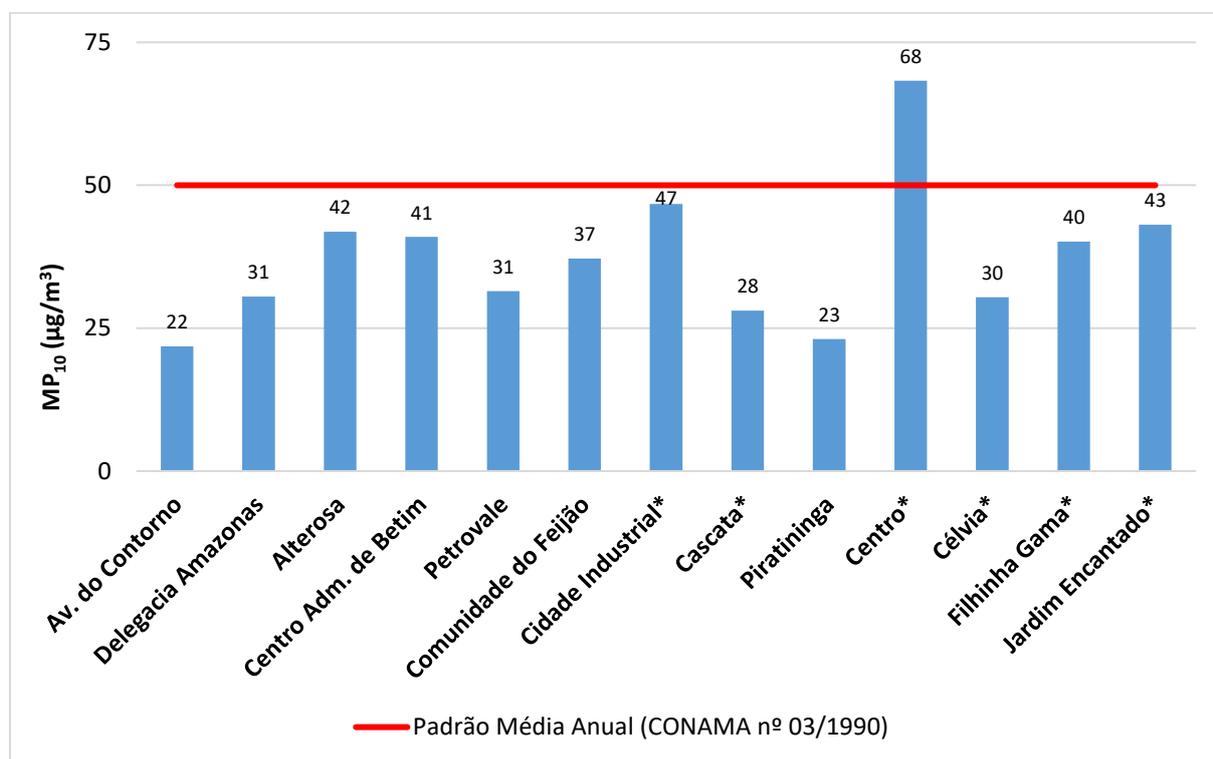


Figura 17: Concentrações médias anuais de MP₁₀ na RMBH.

*Não Representativo.

A ultrapassagem da concentração média anual também foi recorrente entre as estações da cidade de São José da Lapa, porém, na estação Centro (68 µg/m³), corresponde a 36% acima do limite determinado pela legislação, destoando dos demais encontrados para a mesma região.

Ainda conforme a Figura 17, pode-se perceber que a 2ª maior concentração média anual da RMBH foi obtida para a estação situada na cidade de Contagem. Além disso, pode ser constatado entre ambas as concentrações de curta e longa duração um certo padrão de distribuição entre as estações (Figuras 16 e 17).

Adiante, é apresentada a distribuição percentual do Índice da Qualidade do Ar para as partículas inaláveis na Figura 18.

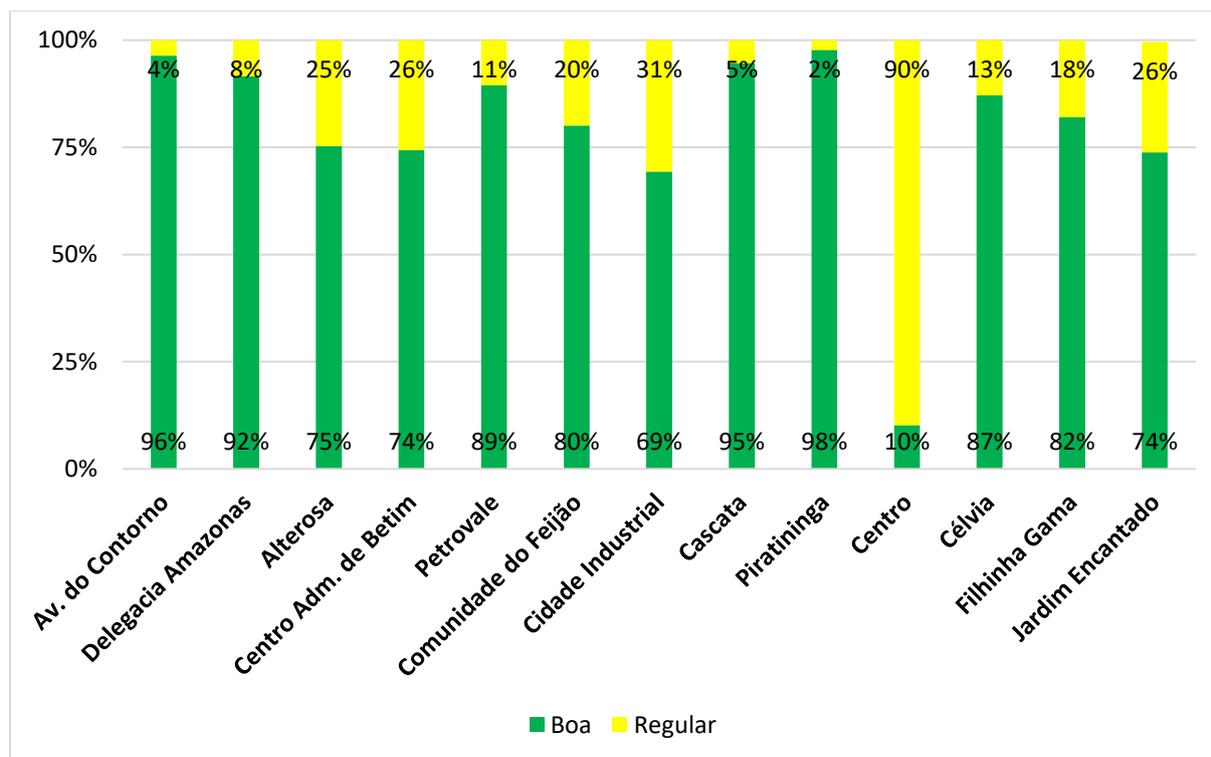


Figura 18: Distribuição percentual do IQAr de MP₁₀ na RMBH.

A estação Piratininga apresentou a maior distribuição percentual para a classe “Boa” (98%), sendo também a que apresentou algumas das menores concentrações de curta e longa exposição.

Ainda conforme a Figura 18, a estação Centro, em São José da Lapa, apresentou a maior quantidade de dias com o IQAr classificado como “Regular” (90%), seguida pela estação Cidade Industrial (31%), em Contagem, em consonância com maiores médias anuais destacadas na Figura 17.

4.1.5 MP_{2,5} na RMBH

As Figuras 19 e 20 exibem os resultados obtidos das concentrações de curta e longa exposição para as partículas respiráveis na RMBH, nessa ordem. Ainda que, a Resolução CONAMA nº 03/1990 não especifique os limites para o referido poluente, a maior parte das estações da RMBH já faziam o acompanhamento desse particulado, exceto a estação Comunidade do Feijão. Nesse sentido, para efeitos comparativos, utilizar-se-á os valores abarcados pela OMS vigentes à época (WHO, 2006).

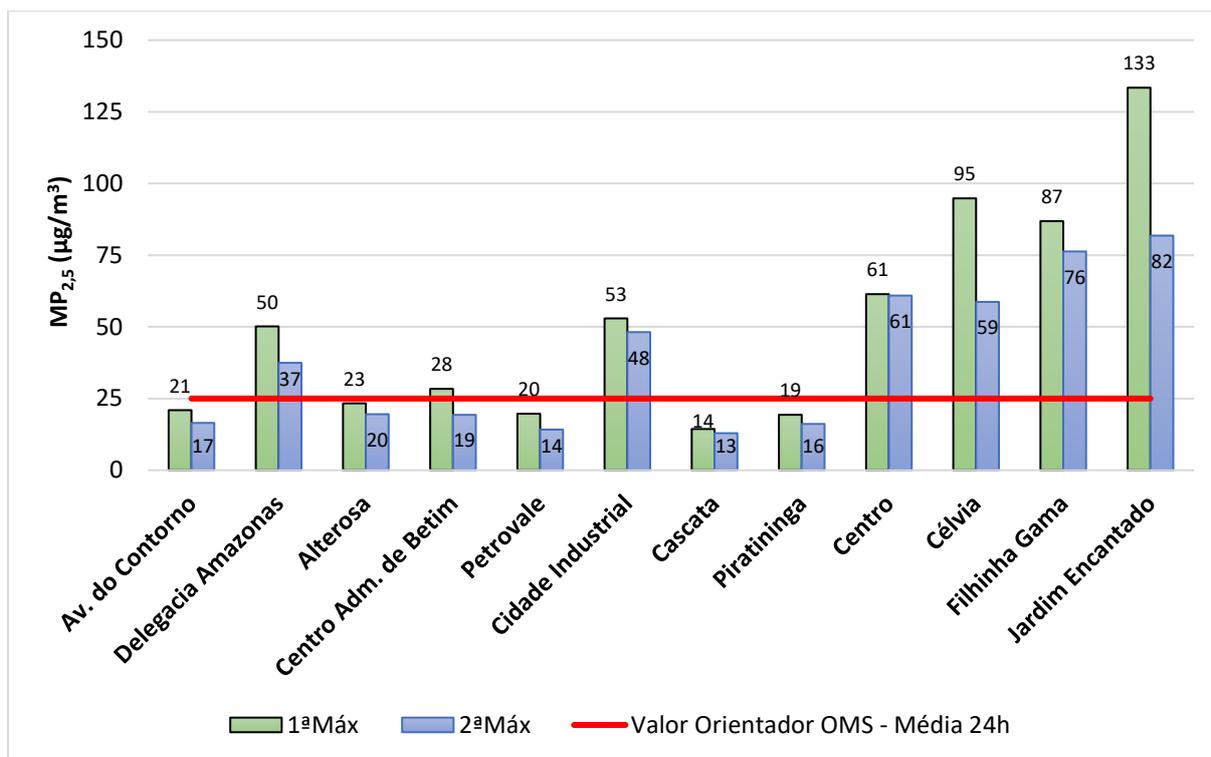


Figura 19: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ nas estações da RMBH.

Como pode ser visto na Figura 19, o valor guia de média diária recomendado pela OMS não foi ultrapassado em apenas 5 estações que compõe a rede de monitoramento da QAr na RMBH. Dessas, 2 estão instaladas em Ibirité (Cascata e Piratininga), sendo a menor concentração máxima diária dentre todas ($14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ocorrendo justamente na estação Cascata.

Observa-se também que os valores mais críticos e elevados foram registrados na cidade de São José da Lapa, conforme os dados obtidos a partir das estações Centro, Célia, Filhinha Gama e Jardim Encantado. As maiores concentrações de curta exposição foram atingidas nessa última estação citada, cuja 1ª máxima foi de $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a 2ª máxima de $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 432% e 228% acima do valor recomendado pela OMS, respectivamente ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

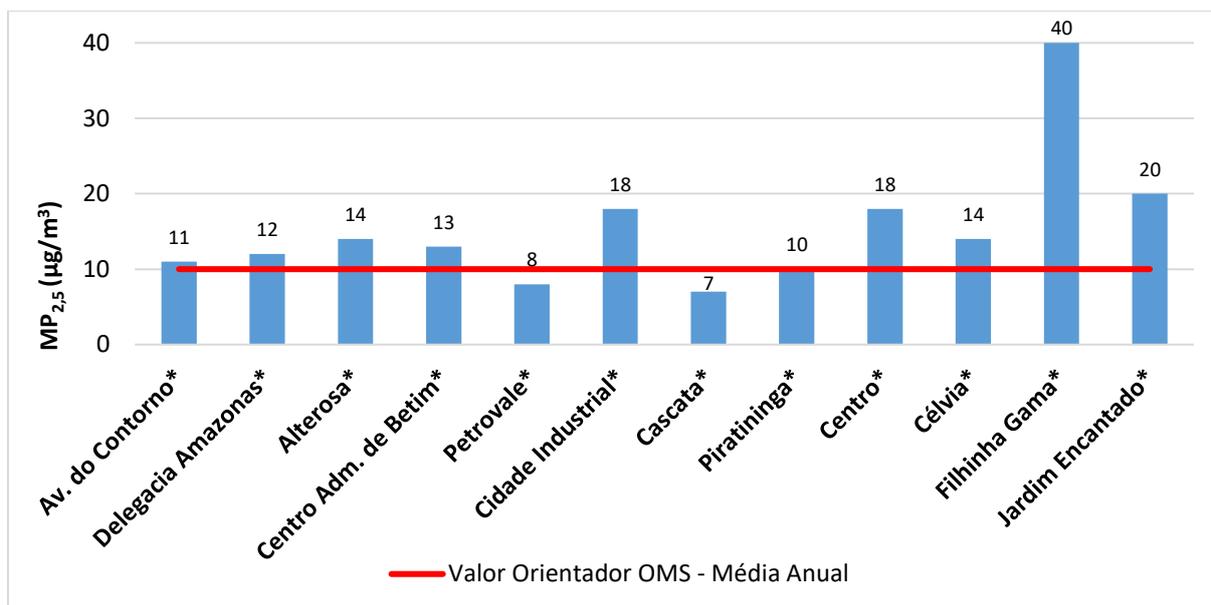


Figura 20: Concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ nas estações da RMBH.
*Não Representativo.

Na análise anual, mostrada na Figura 20, as estações situadas em São João da Lapa também figuraram entre os maiores valores encontrados para as partículas respiráveis, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, para as estações Filhinha Gama e Jardim Encantado. Nessa mesma ordem, nota-se que, esses valores são quatro e duas vezes superior ao limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde.

Além disso, as estações cujas concentrações médias anuais atenderam ao valor orientador de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, foram apenas Petrovale, situada em Betim, Cascata e Piratininga, ambas em Ibirité. Nas demais cidades da RMBH que monitoram $MP_{2,5}$, os níveis estiveram acima do recomendado pela OMS.

4.1.6 SO_2 na RMBH

Cabe destacar que as estações situadas em São José da Lapa e Brumadinho não realizam a medição desse poluente, assim como dos demais gases, estando ausentes, portanto, das análises de SO_2 , NO_2 , O_3 e CO .

Na Figura 21 são dispostas as máximas concentrações médias de 24 horas de SO_2 obtidas na RMBH em 2015. Não houve valores acima do padrão primário de 24 horas ($365 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em nenhuma estação da RMBH.

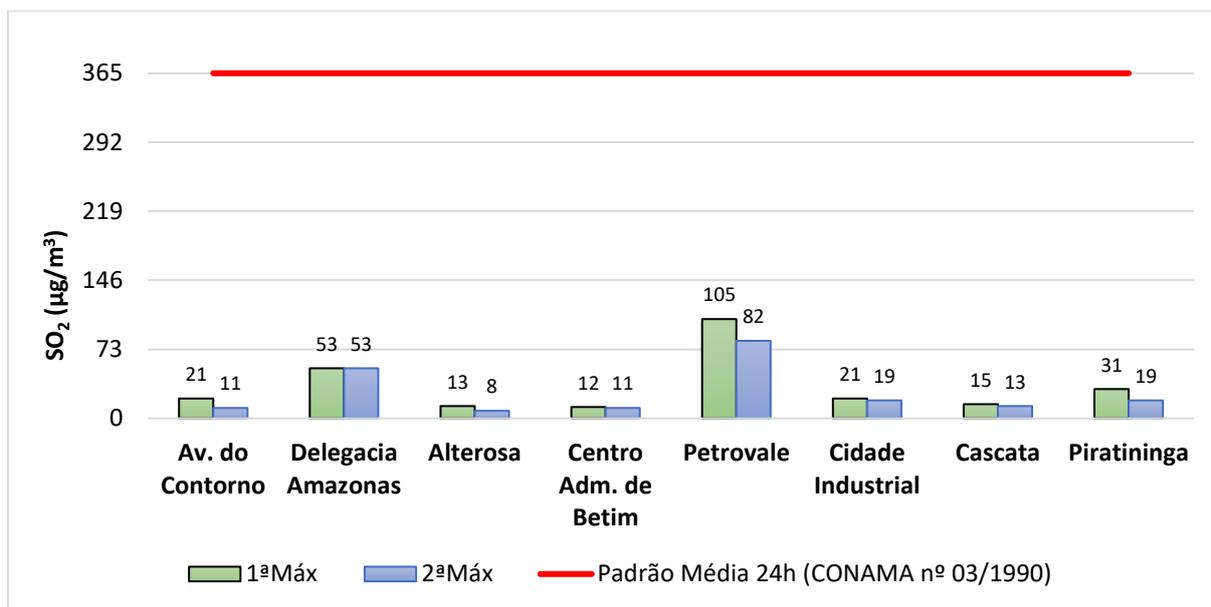


Figura 21: Concentrações máximas diárias de SO₂ nas estações da RMBH.

Ressalta-se um padrão similar notado para a concentração de curta exposição entre parte das estações da RMBH que monitoram o SO₂, com valores distintos e expressivamente mais elevados para a estação Petrovale, cuja 1ª máxima foi de 105 µg/m³ e a 2ª máxima de 82 µg/m³.

A avaliação das médias anuais mostra que também houve cumprimento ao padrão primário anual de SO₂ (80 µg/m³) na RMBH em 2015, conforme visto na Figura 22.

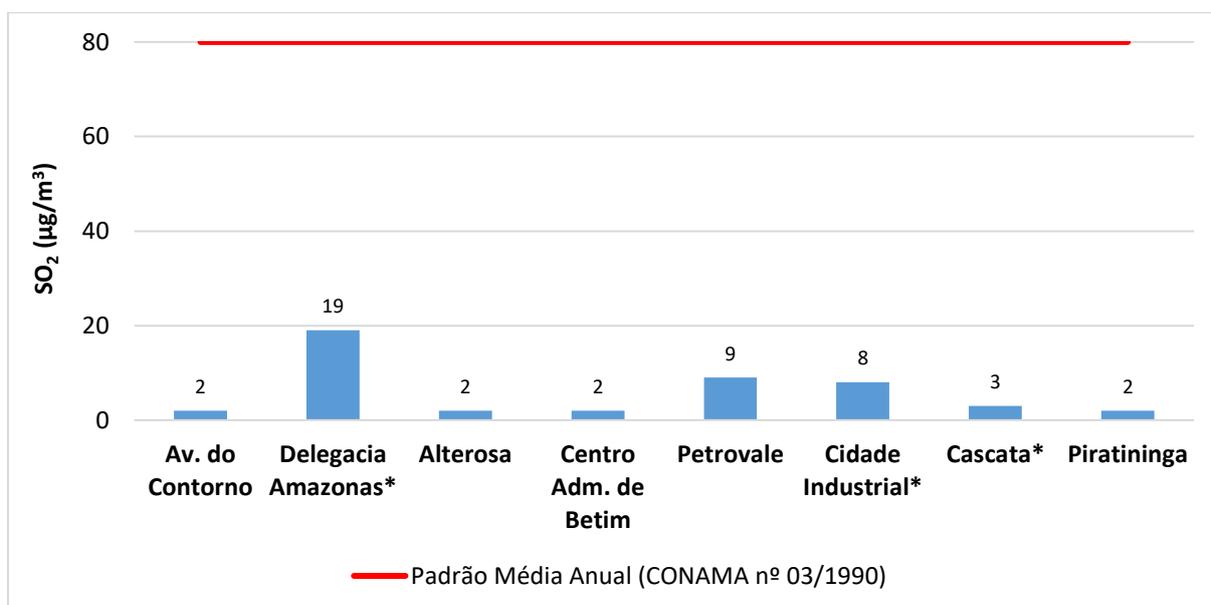


Figura 22: Concentrações médias anuais de SO₂ nas estações da RMBH.

*Não Representativo.

Ainda que não seja considerada representativa, a estação Delegacia Amazonas apresentou a maior concentração média anual ($19 \mu\text{g}/\text{m}^3$), destoando dentre as estações da RMBH no período analisado. Ressalta-se que essa mesma estação apresentou a 2ª maior concentração máxima diária. Por outro lado, a estação Petrovale, que alcançou a maior concentração diária de dióxido de enxofre, registrou um valor inferior para o seu padrão de longa exposição ($9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), quando comparado à estação Delegacia Amazonas.

A seguir, na Figura 23, é apresentada a distribuição percentual do Índice da Qualidade do Ar do dióxido de enxofre na RMBH. Percebe-se que apenas a estação Petrovale obteve a ocorrência da classe “Regular” (1%), nas demais estações 100% do IQAr permaneceu na classe “Boa”.

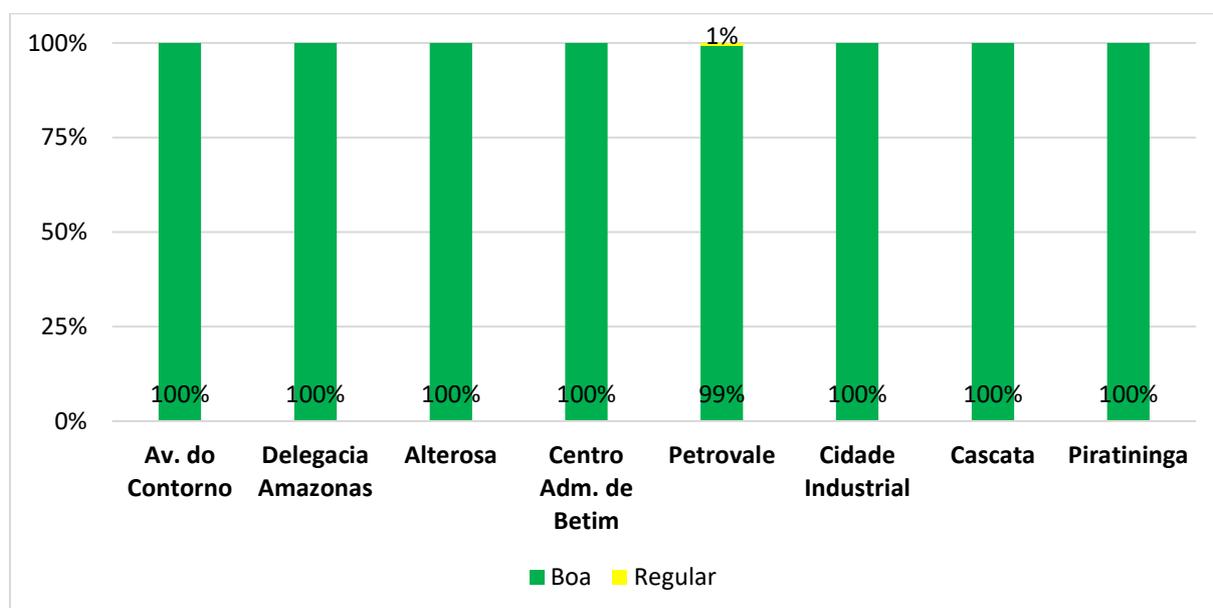


Figura 23: Distribuição percentual do IQAr de SO₂ na RMBH.

4.1.7 NO₂ na RMBH

Nas Figuras 24 e 25 são apresentadas as médias de dióxido de nitrogênio obtidas na RMBH em 2015, horária e anual, respectivamente.

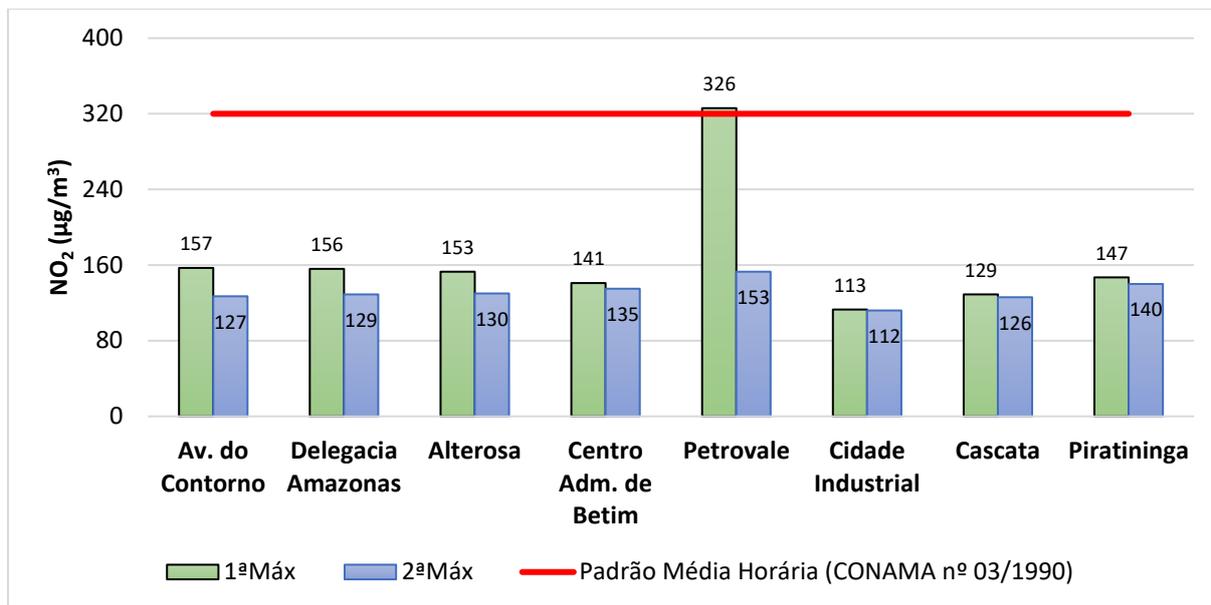


Figura 24: Concentrações máximas horárias de NO₂ nas estações da RMBH.

Nota-se um padrão visual similar para o NO₂ nas estações da RMBH que monitoram esse poluente. Por outro lado, percebe-se que a estação Petrovale apresentou um valor acima do padrão primário horário (320 µg/m³), cuja 1ª máxima obteve um registro de 326 µg/m³. Essa concentração mostra-se bem acima da 2ª máxima registrada nesta mesma estação (153 µg/m³), valor esse similar as demais estações.

A Resolução CONAMA n° 03/1990 estabelece que o padrão para a concentração média horária de NO₂ é atendido desde que ele não seja excedido mais de uma vez por ano. De acordo com os dados da estação Petrovale, essa ultrapassagem ocorreu apenas em janeiro de 2015 (valor apresentado pela Figura 24), consequentemente, houve atendimento ao padrão recomendado.

Em nenhuma estação da RMBH ocorreu, em 2015, média anual acima do padrão primário da Resolução CONAMA n° 03/1990, de 100 µg/m³, conforme visto na Figura 25.

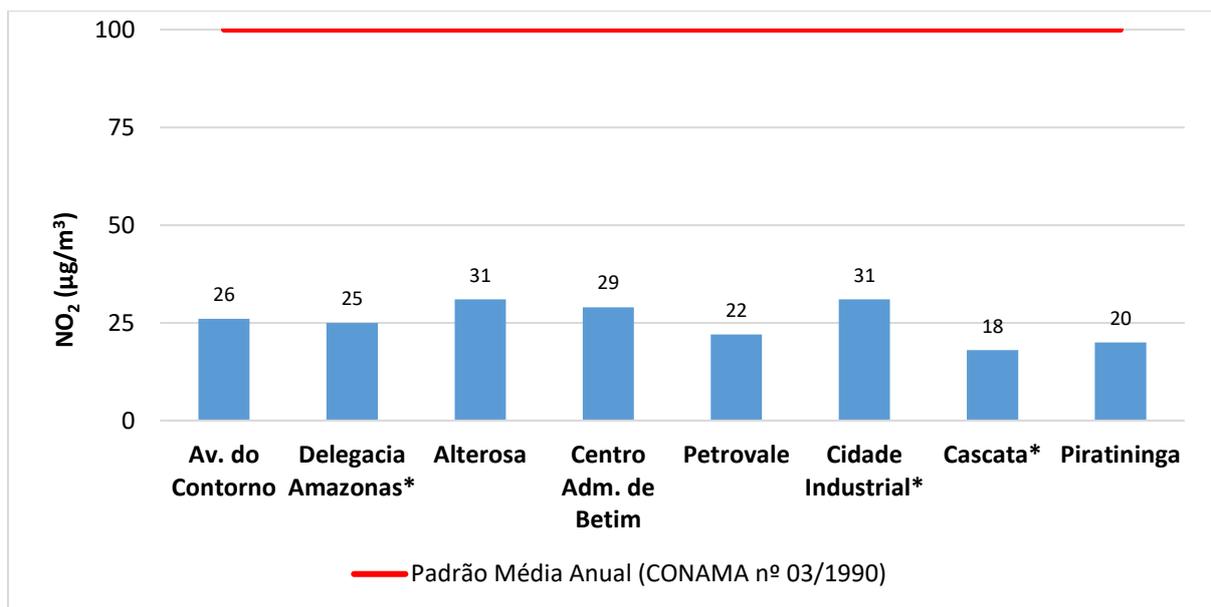


Figura 25: Concentrações médias anuais de NO₂ nas estações da RMBH.
*Não Representativo.

Na Figura 26 é mostrada a distribuição percentual do IQAr do NO₂ na RMBH, em 2015. Destaca-se a predominância da classe “Boa” em todas as estações, com mais de 90% em todos os casos.

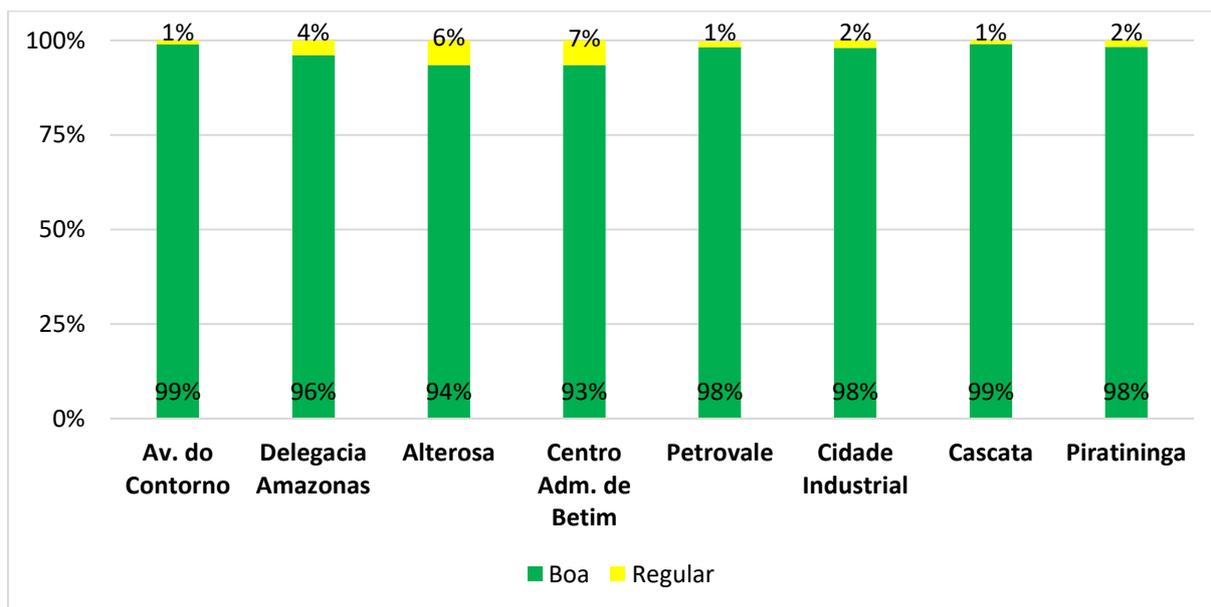


Figura 26: Distribuição percentual do IQAr de NO₂ na RMBH.

4.1.8 CO na RMBH

As máximas médias de 8 horas de monóxido de carbono obtidas na RMBH são visualizadas na Figura 27. Nela, compreende que o padrão de 9 ppm da Resolução CONAMA n° 03/1990 não foi ultrapassado por nenhuma estação no ano de 2015.

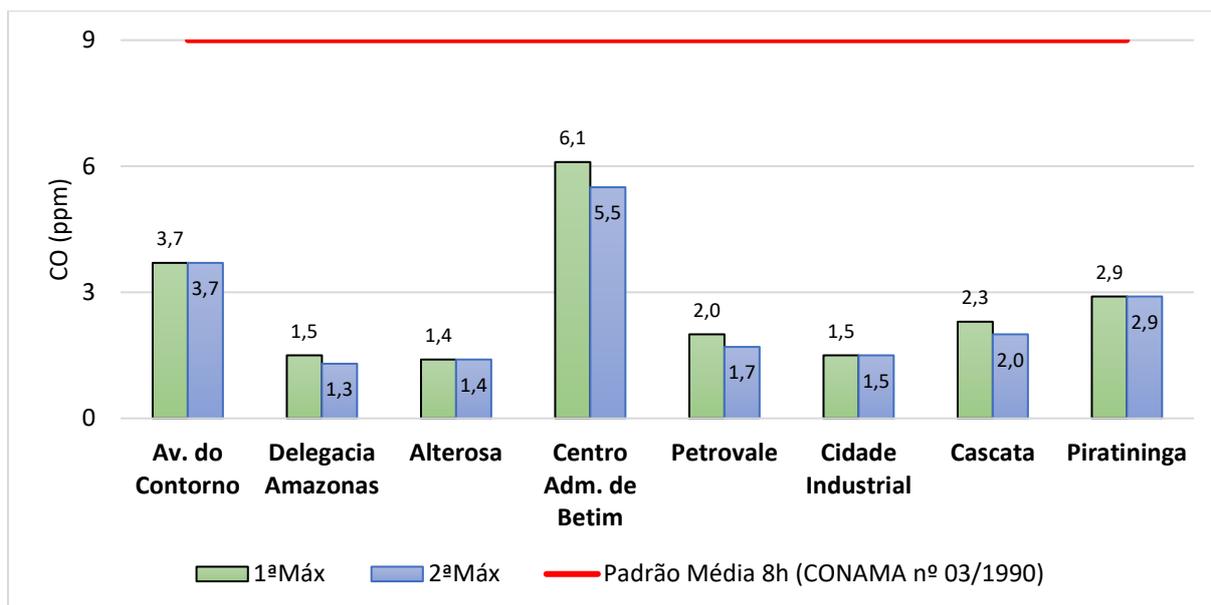


Figura 27: Concentrações máximas de 8 horas de CO na RMBH.

Nota-se que os resultados das máximas concentrações no intervalo de 8 horas para o poluente monóxido de carbono, flutuaram em torno de 3 ppm para a maior parte das estações de monitoramento da RMBH.

Esse valor não foi observado apenas para a estação Centro Administrativo de Betim, que alcançou 6 e 5 ppm, como 1ª e 2ª máximas, destoando do comportamento geral. A seguir, na Figura 28, a distribuição percentual do IQAr obtida no período analisado.

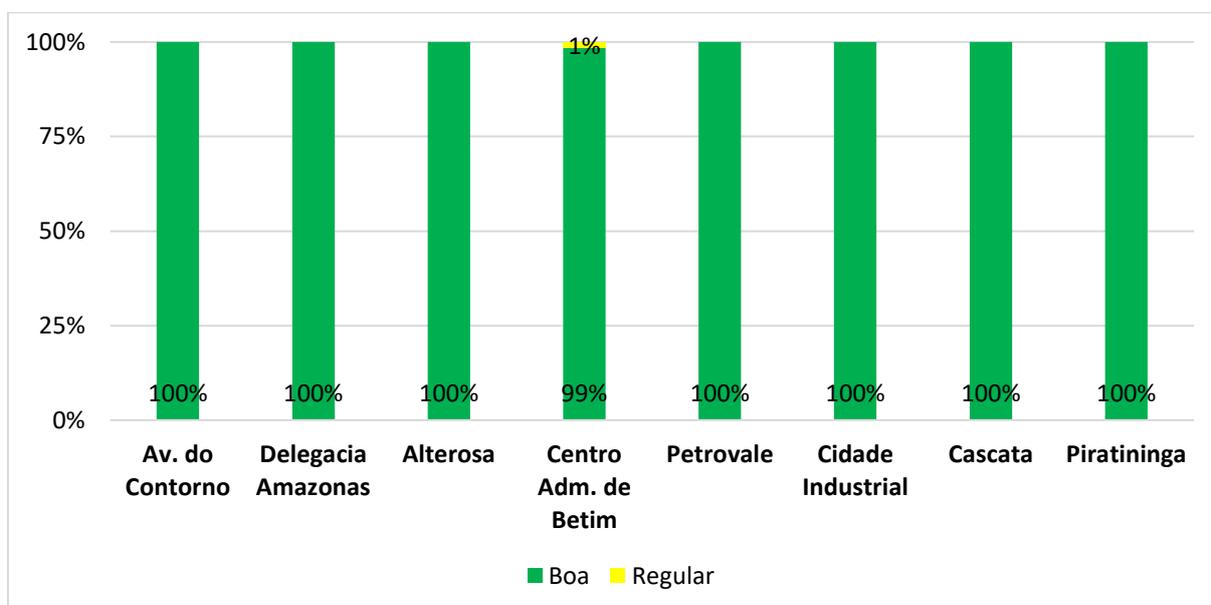


Figura 28: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMBH.

Atenta-se que o IQAr permaneceu na classe “Boa” para o referido parâmetro, sendo observada a classe “Regular” apenas na estação Centro Administrativo Betim (1%), consoante Figura 28.

4.1.9 O₃ na RMBH

As máximas médias horárias de ozônio obtidas nas estações de monitoramento da RMBH em 2015 são mostradas na Figura 29. Todas as estações, com exceção da estação Centro Av. do Contorno, apresentaram valores acima do padrão estabelecido na Resolução CONAMA n° 03/1990, de 160 µg/m³.

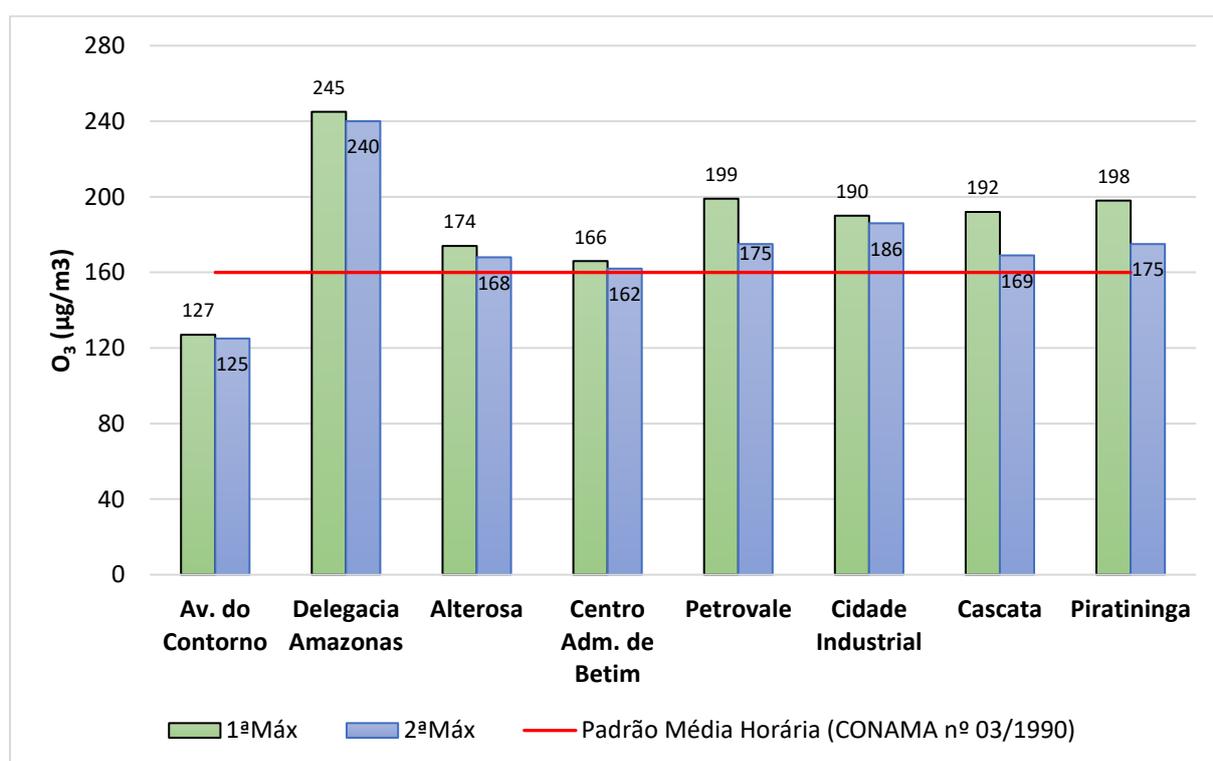


Figura 29: Concentrações máximas horárias de O₃ na RMBH.

Possui um destaque negativo a estação Delegacia Amazonas, situada na capital mineira, cuja máxima concentração horária atingiu 245 µg/m³, valor aproximadamente 53% maior que o limite estabelecido pela legislação vigente. Observa-se ainda que, não houve grande variação de valores entre as 1ª e 2ª máximas horárias em cada estação.

Do ponto de vista da Resolução CONAMA n° 03/1990, o padrão estabelecido não deve ser excedido mais de uma vez por ano, e pela Figura 29 pode-se inferir que, em quase todas as estações não houve atendimento ao padrão recomendado, uma vez

que, tanto a 1ª quanto a 2ª máximas horárias ultrapassaram o valor de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, em outras palavras, o limite foi excedido mais de uma vez por ano.

Em Belo Horizonte, a estação Delegacia Amazonas ultrapassou esse padrão 18 vezes no ano, sendo que 50% dessas ultrapassagens estão no mês de novembro. Na cidade de Betim, a estação Petrovale obteve valores acima de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 5 vezes nesse período, mais concentradas no fim do ano (novembro e dezembro). Já as outras duas estações da cidade superaram o limite estabelecido 2 vezes no ano: Alterosa (janeiro e setembro) e Centro Administrativo de Betim (janeiro).

A estação Cidade Industrial, situada em Contagem, esteve acima do recomendado pela legislação 17 vezes no ano de 2015, sendo 10 ultrapassagens ocorridas somente no mês de outubro.

Em Ibirité, as estações Cascata e Piratininga excederam o limite estabelecido 4 e 5 vezes no ano, respectivamente. Em ambos os casos, o maior número de registros desse fato ocorreu para o mês de outubro.

Nota-se que, a maior parte das ocorrências de não conformidade ao padrão vigente, ocorreram no final do ano, especialmente no último trimestre, considerando os dados válidos das estações que monitoram o ozônio.

A Figura 30 ilustra a distribuição percentual dos IQAr para o O_3 na RMBH em 2015. Ao contrário do que foi visualizado para os demais poluentes na RMBH, percebe-se uma substancial participação da classe “Regular” em todas as estações, com evidência para as estações Delegacia Amazonas (58%) e Cidade Industrial (54%), as quais ainda apresentaram 7% de classe “Inadequada”.

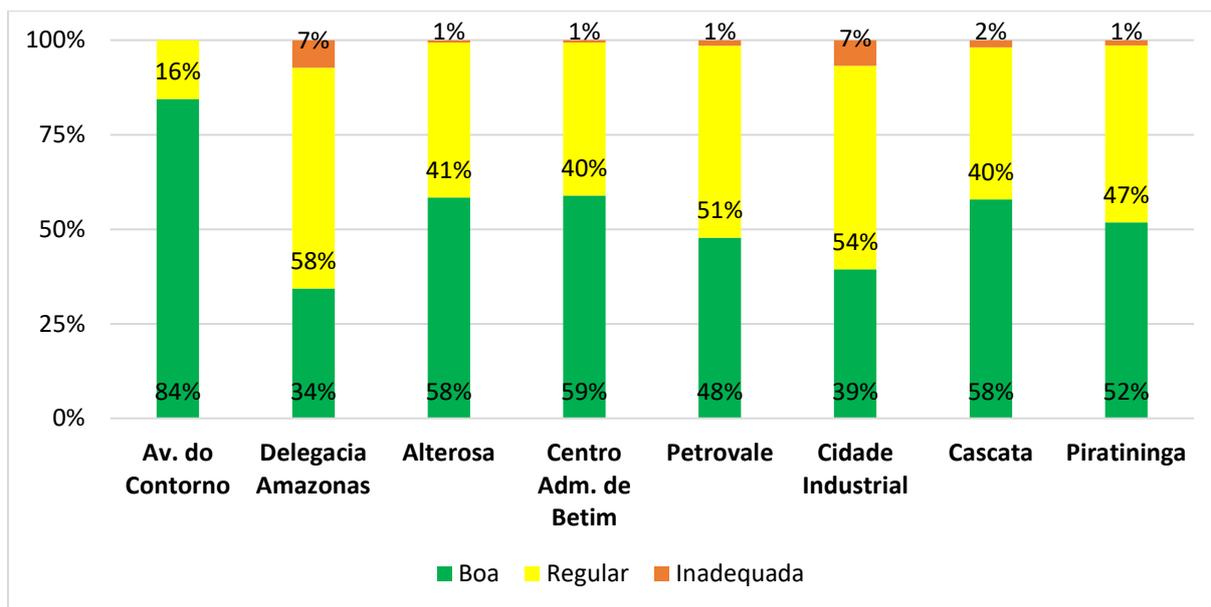


Figura 30: Distribuição percentual do IQAr de O₃ na RMBH.

Ademais, todas as estações, com exceção da estação Centro Av. do Contorno, apresentaram IQAr com classificação “Inadequada”.

4.2 RMVA

A Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA) está situada no Leste do Estado de Minas Gerais, sendo composta por quatro municípios – Coronel Fabriciano, Ipatinga, Santana do Paraíso e Timóteo – e cercada por um Colar Metropolitano constituído por outros 24 municípios (BARBOSA *et al.*, 2016). De acordo com o censo demográfico de 2010 realizado pelo IBGE, a RMVA contava com uma população residente de 615.297 pessoas, onde, aproximadamente, 91,5% estava localizada em área urbana, enquanto que 8,5% em área rural.

O expressivo crescimento e arranjo populacional dessa região é decorrente da instalação de indústrias que figuram papéis importantes no setor nacional, a começar pela fundação da Companhia Aços Especiais Itabira (Acesita) na cidade de Timóteo, em seguida pela implantação, em Ipatinga, da Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S. A. (Usiminas) e, por fim, da Celulose Nipo-Brasileira S. A. (Cenibra) em Belo Oriente. No ano de 2015, o produto interno bruto dessa região somou um montante de aproximadamente 13,3 bilhões de reais, perfazendo uma participação de 0,23% no PIB brasileiro, conforme os Indicadores IBGE (IBGE, 2021).

Como consequência da instauração desse parque industrial, em termos de organização espacial, houve um crescente aumento de áreas urbanas conturbadas em intensa interdependência funcional (VASCONCELLOS, 2014). Nos itens seguintes, as análises realizadas compreendem as cidades da RMVA que compõe a rede de monitoramento da qualidade do ar, por conseguinte, excetua-se Santana do Paraíso.

4.2.1 Caracterização das fontes de poluição da RMVA

Com o passar dos anos, a RMVA passou a sofrer com a poluição devido às emissões atmosféricas, tanto por parte da indústria quanto da frota veicular (QUEIROZ *et al.*, 2020).

A Figura 31 mostra o avanço da frota veicular nas cidades da região que possuíam estações de monitoramento da qualidade do ar em seu território em 2015. Ressalta-se que os dados da cidade de Ipatinga estão dispostos no eixo secundário (à direita).

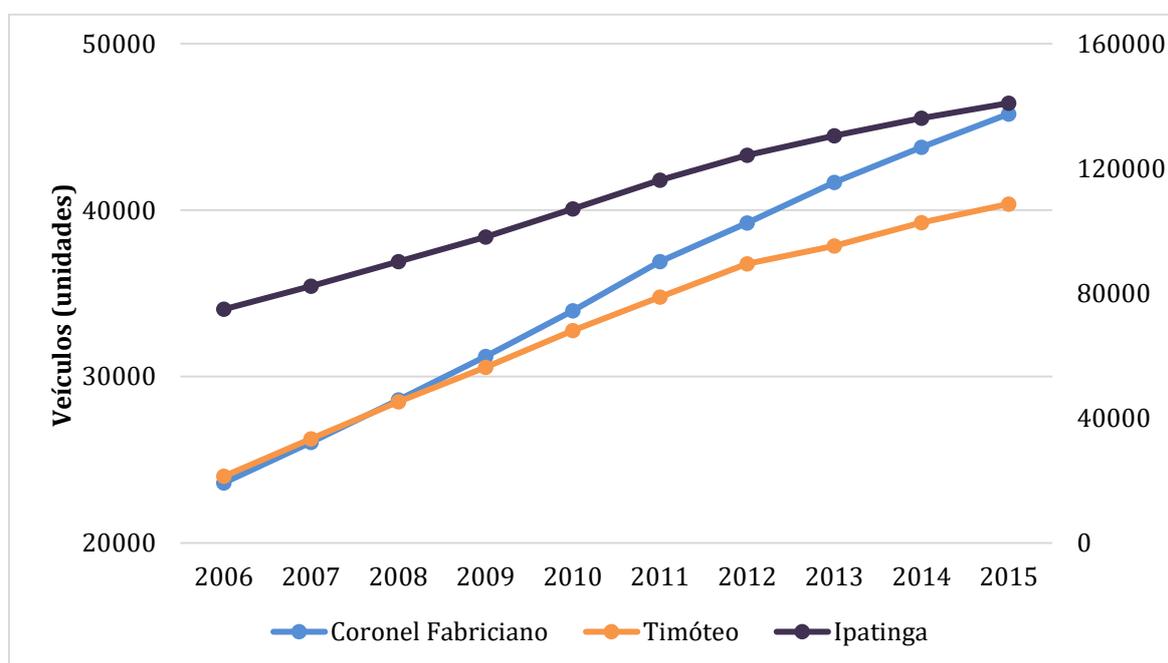


Figura 31: Crescimento da frota veicular das cidades que compõe a RMVA.
Fonte: IBGE, 2021.

Observa-se que a frota veicular apresentou uma tendência crescente para toda RMVA durante os anos de 2006 e 2015, apresentando um aumento percentual para o período de aproximadamente 85%, saltando de 122.521 para 227.127 veículos em

2015. Ressalta-se que, a maior porção é caracterizada por veículos leves, conforme dados do IBGE (2021).

A Figura 32 apresenta os dados dos focos de incêndio nas cidades monitoradas do Vale do Aço.

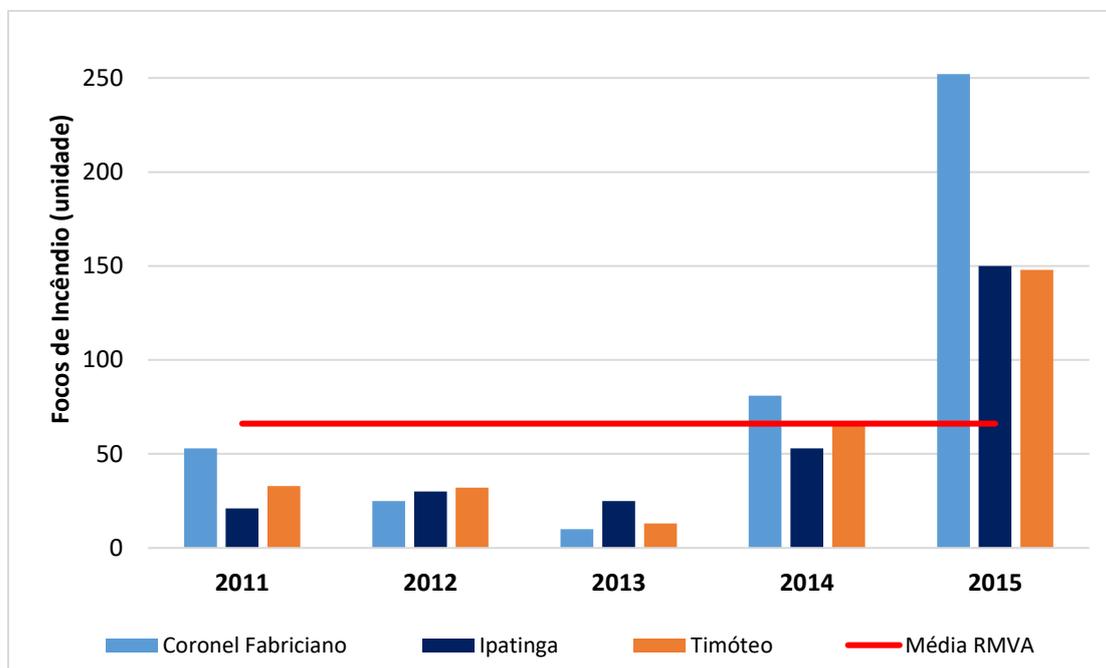


Figura 32: Focos de incêndio das cidades que compõe a RMVA.

Fonte: INPE, 2021.

Observa-se uma tendência crescente no número de focos de incêndio a partir de 2014 para toda RMVA, sendo a média de registros para o período analisado de aproximadamente 66 focos/ano por município. Dentre as cidades da região, Coronel Fabriciano apresentou a maior média de registros para o período, 84 focos/ano, superior à média apresentada pela região do monitoramento.

A Figura 33 apresenta a evolução dos empreendimentos licenciados nos municípios da RMVA, que possuem estações de monitoramento da qualidade do ar em seus territórios, no período de 2013 a 2015, considerando para cada ano os empreendimentos em funcionamento.

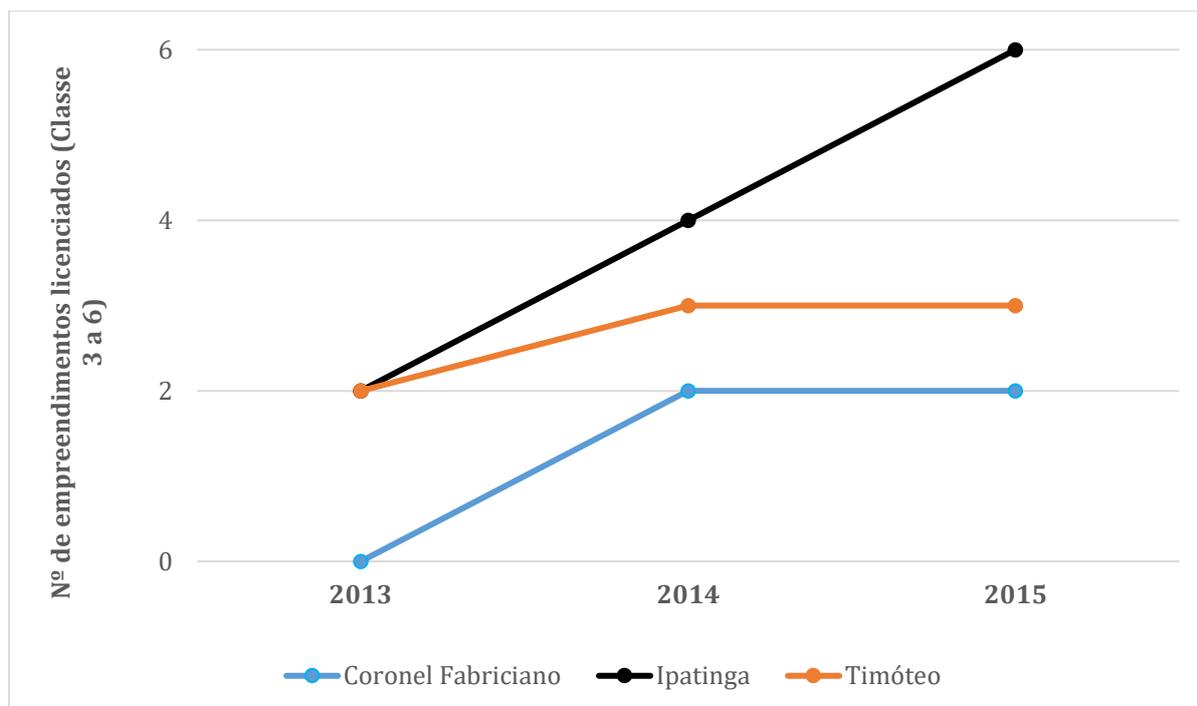


Figura 33: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 na RMVA.
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022.

A Figura 33 indica que no período analisado, o município de Ipatinga destaca-se com o maior crescimento do número de empreendimentos licenciados. Por outro lado, de forma geral, constata-se baixo número de empreendimentos licenciados nos municípios. Ressalta-se que a camada do IDE SISEMA utilizada para elaboração da Figura 33, considera apenas os empreendimentos de Classe 3 a 6.

A Tabela 10 apresenta a distribuição dos empreendimentos licenciados e em funcionamento em 2015, de acordo com a Listagem de atividades da DN COPAM n°74/2004, considerando as informações disponíveis no IDE.

Tabela 10: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM n°74/2004.

Listagens*	Coronel Fabriciano	Ipatinga	Timóteo
Listagem B	-	2	2
Listagem C	-	2	1
Listagem D	1	-	-
Listagem E	-	2	-
Listagem F	1	-	-

Fonte: IDE-SISEMA, 2022.

Nos municípios da RMVA não houve predominância de empreendimentos em nenhuma Listagem da DN, destaca-se a ausência de empreendimentos pertencentes à Listagem A - Atividades Minerárias. De forma geral, nota-se que em Ipatinga há

empreendimentos pertencentes a classe das indústrias e da infraestrutura, e em Coronel Fabriciano os dois empreendimentos licenciados e em funcionamento em 2015, fazem parte do ramo da indústria alimentícia e do comércio atacadista.

4.2.2 Meteorologia da RMVA

Para caracterização geral da meteorologia da RMVA foram utilizados os dados disponíveis da estação do INMET em Timóteo, instalada na região em 2006. Logo, não se dispõe de normais climatológicas nesta estação.

O acumulado de chuva ao longo dos meses de 2015 apresentou comportamento semelhante ao visto na RMBH, conforme já se esperava diante da influência dos sistemas de macroescala, marcado por um começo de ano com ausência de ZCAS e um final de ano com forte influência do El Niño (CPTEC, 2015). De maneira geral, a ação do El Niño no ano de 2015, mais acentuada nos meses de outubro a dezembro, ocasionou em chuvas abaixo da média histórica nacional nesse período, bem como, temperaturas mais elevadas.

Desse modo, a Figura 34 apresenta os acumulados mensais observados nas estações da RMVA e na estação INMET Timóteo em 2015. As temperaturas médias são mostradas na Figura 35.

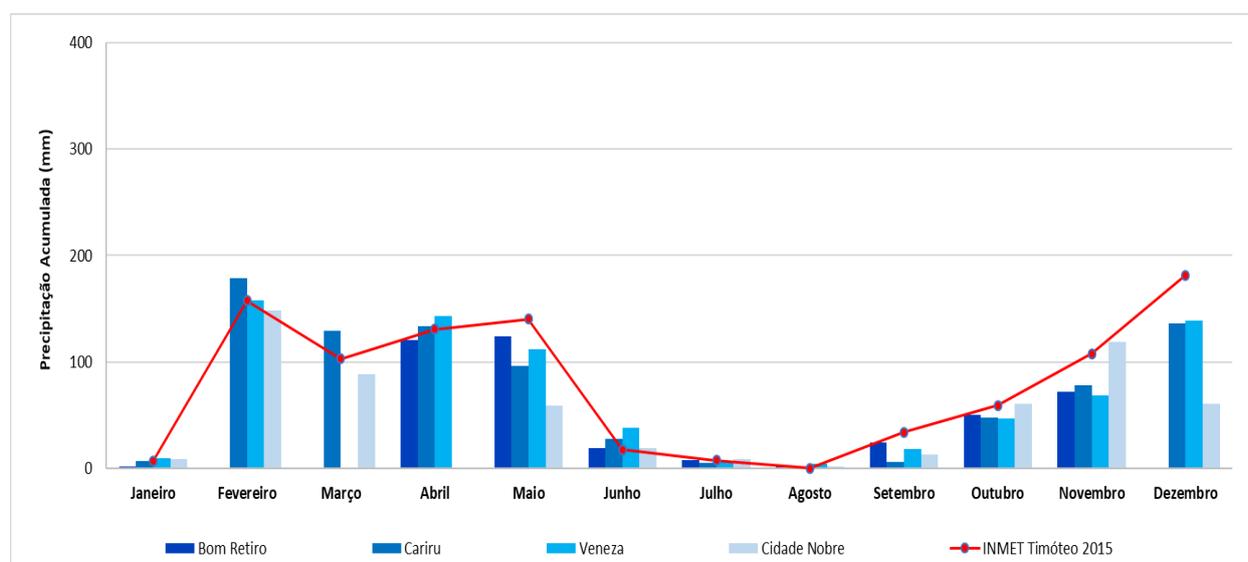


Figura 34: Precipitação mensal acumulada para o ano de 2015 na RMVA.

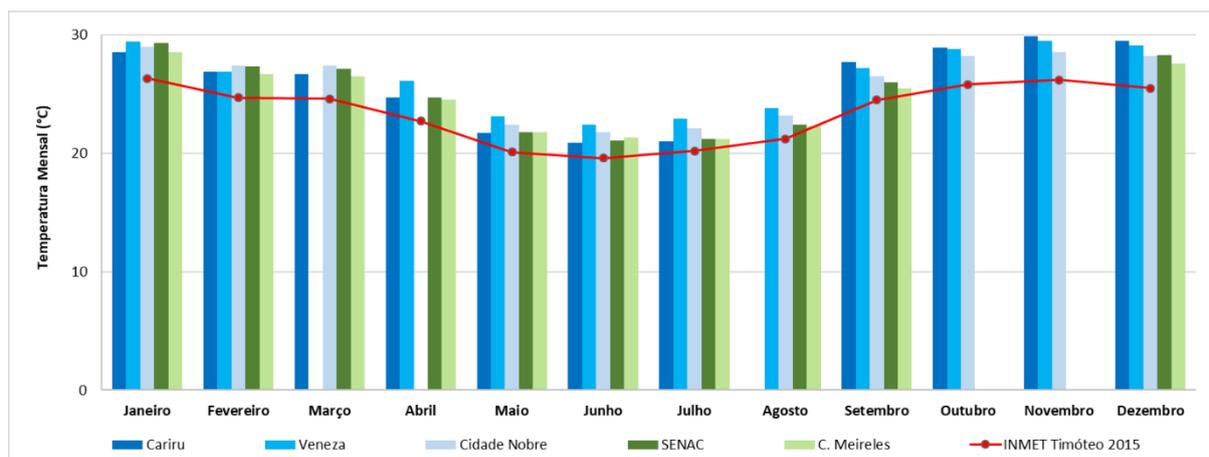


Figura 35: Temperatura média mensal para o ano de 2015 na RMVA.

Foram encontrados 139 dias desfavoráveis à dispersão de poluentes ao longo do ano de 2015 na estação INMET Timóteo. A avaliação de dados pretéritos mostrou ser recorrente o alto número de dias desfavoráveis, entretanto, 2015 apresentou uma elevação com relação ao histórico recente na estação, conforme mostra a Figura 36.

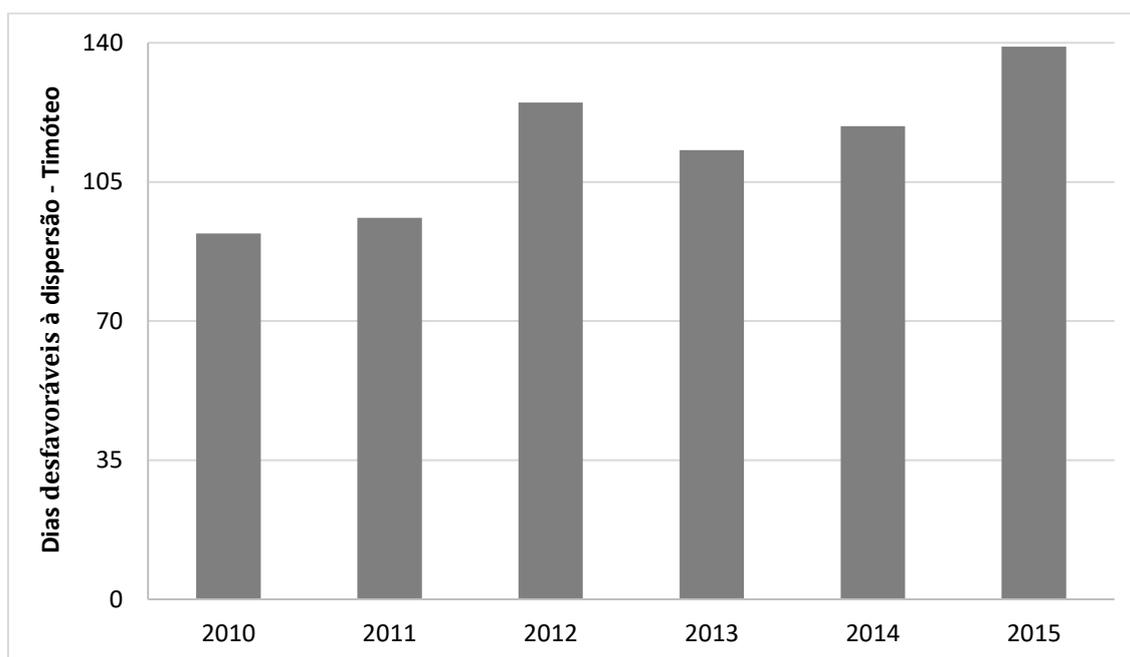


Figura 36: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em Timóteo.

Observa-se uma tendência crescente no número de dias desfavoráveis à dispersão para a região, com um aumento percentual de 51% ao se comparar com o ano de 2010. Por outro lado, as estações localizadas em Ipatinga não seguiram essa tendência, tendo apresentado valor bem abaixo para os dias desfavoráveis em relação aos dados da estação INMET Timóteo. A Figura 37 mostra a distribuição

mensal do número de dias desfavoráveis à dispersão nas estações Bom Retiro e INMET Timóteo.

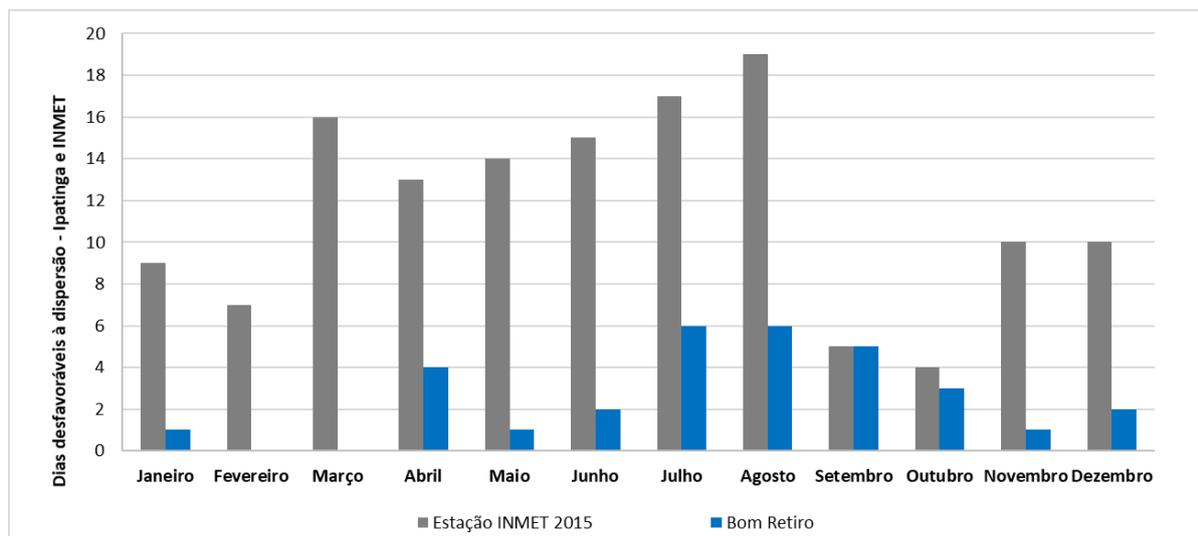


Figura 37: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em 2015 para Ipatinga e INMET.

Destaca-se que, no total, a estação Bom Retiro apresentou 31 dias desfavoráveis em 2015, enquanto que as estações Veneza e Cidade Nobre, também instaladas em Ipatinga, não apresentaram dias desfavoráveis nesse ano. Isso justifica-se, em parte, devido à menor velocidade média do vento encontrada na estação Bom Retiro, conforme mostrado na Figura 38.

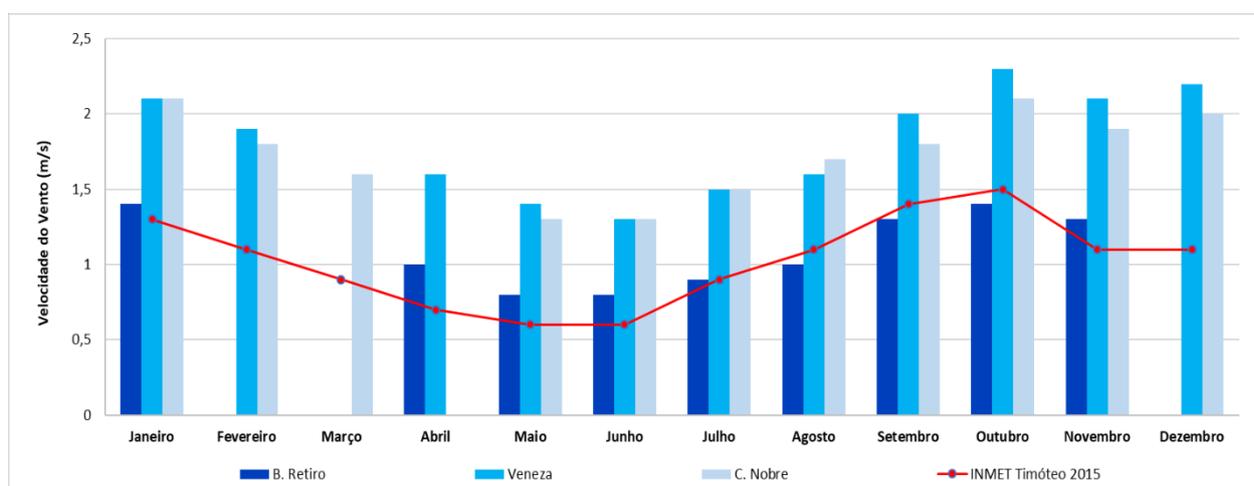


Figura 38: Velocidade do vento mensal para o ano de 2015 na RMVA.

4.2.3 PTS na RMVA

A Figura 39 apresenta os valores máximos de médias de 24 horas obtidos para o poluente PTS nas estações de monitoramento da Região Metropolitana do Vale do Aço, no ano de 2015.

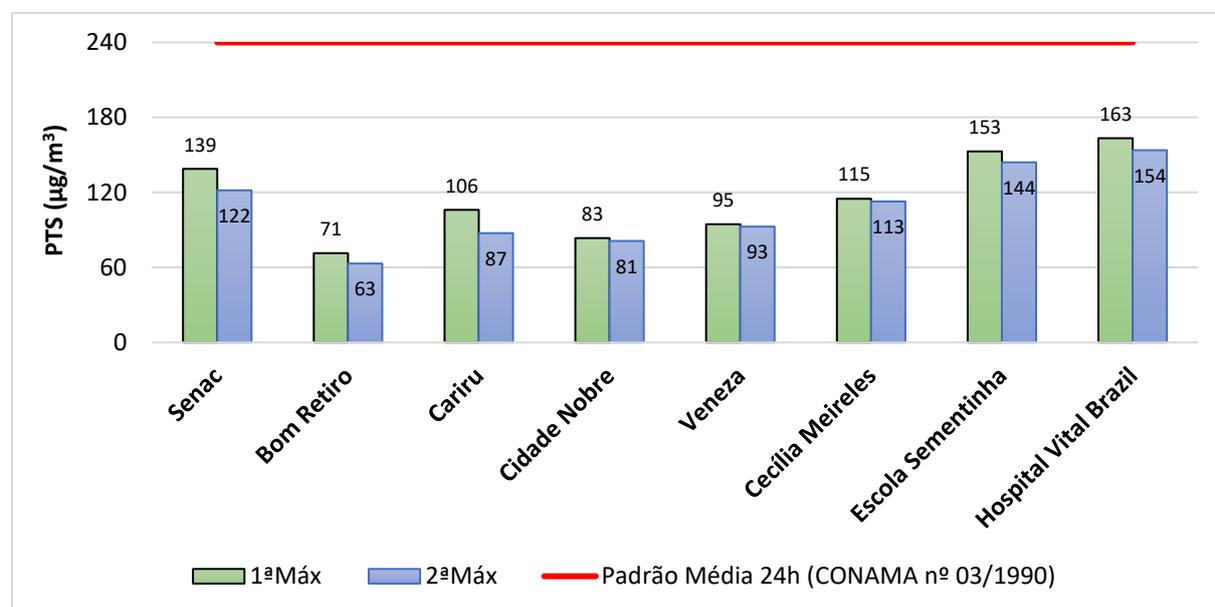


Figura 39: Concentrações máximas diárias de PTS para a RMVA.

Mediante a região monitorada as concentrações máximas de curta exposição foram de $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $154 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para a 1ª e 2ª máximas, respectivamente, ambas observadas na estação Hospital Vital Brazil, situada na cidade de Timóteo. Ressalta-se que não houve ultrapassagem do padrão diário estabelecido pela legislação vigente de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Conforme a Figura 39, nota-se que as estações localizadas na cidade de Ipatinga apresentaram valores inferiores quando comparadas às demais estações das cidades de Coronel Fabriciano e Timóteo.

A Figura 40 traz os resultados referentes à concentração média geométrica anual de PTS na região. Observa-se que todos valores do referido parâmetro mostraram o atendimento ao padrão vigente, sendo o maior deles encontrado na cidade de Timóteo, proveniente da estação Sementinha ($67 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

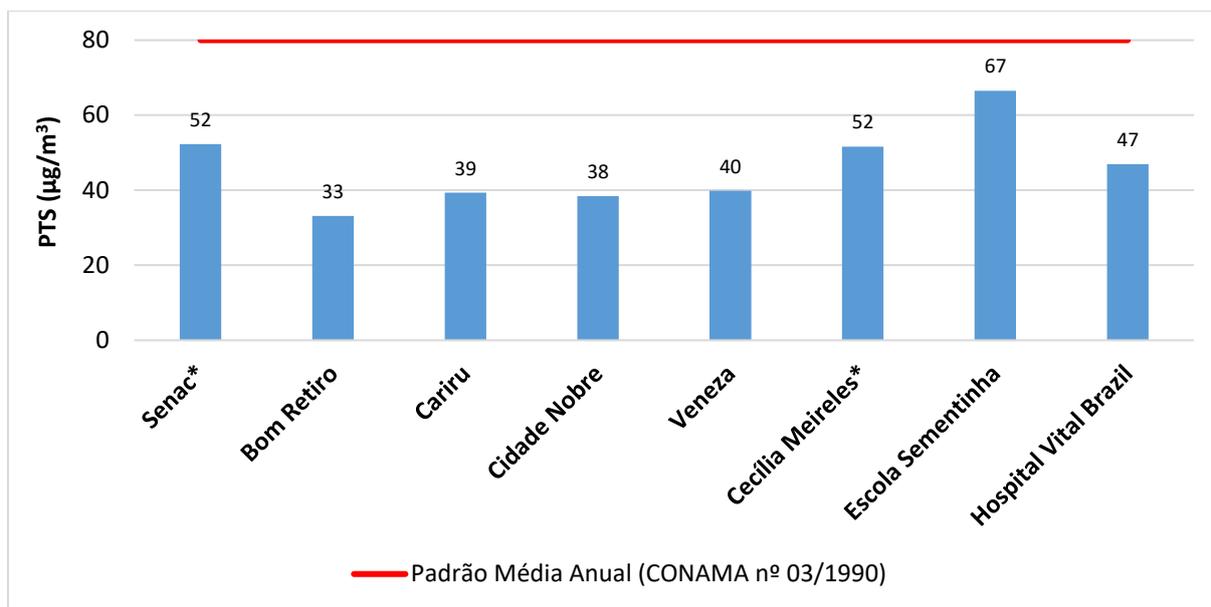


Figura 40: Concentrações médias anuais de PTS para a RMVA.
*Não Representativo.

Além disso, percebe-se um padrão similar ao observado para as médias diárias, ou seja, valores inferiores para as estações da cidade de Ipatinga, sendo um reflexo das menores concentrações de curta exposição encontradas naquela região. A estação Bom Retiro apresentou a menor concentração anual, mediante os resultados, 33 µg/m³. A seguir, é apresentada na Figura 41, a distribuição percentual do IQAr para o parâmetro PTS na RMVA para o ano de 2015.

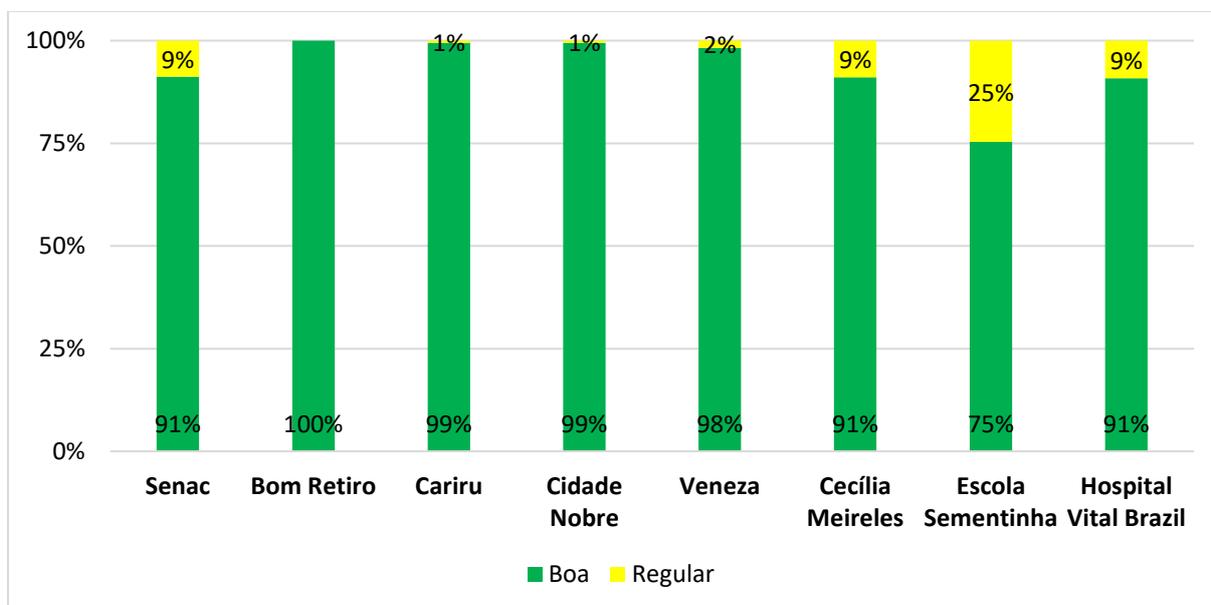


Figura 41: Distribuição do IQAr para o PTS na RMVA.

Como pode ser visto na Figura 41, o IQAr apresentou predominância da classe “Boa” para PTS nas estações do Vale do Aço. Numa comparação entre cidades, melhores

resultados foram vistos para as estações situadas em Ipatinga, chegando-se a obter 100% de classificação “Boa” para a estação Bom Retiro, condizente com as menores concentrações diárias e anuais obtidas.

Não obstante, acompanhando as tendências das concentrações de curta e longa exposições, a estação Escola Sementinha apresentou maiores porcentagens de classificação do IQAr como “Regular” (25%).

4.2.4 MP_{10} na RMVA

Na RMVA não houve ultrapassagem do padrão da qualidade do ar para as partículas inaláveis, analisando tanto para o padrão de curta quanto de longa exposição. As Figuras 42 e 43 apresentam os resultados obtidos para as máximas médias diárias e médias anuais, respectivamente.

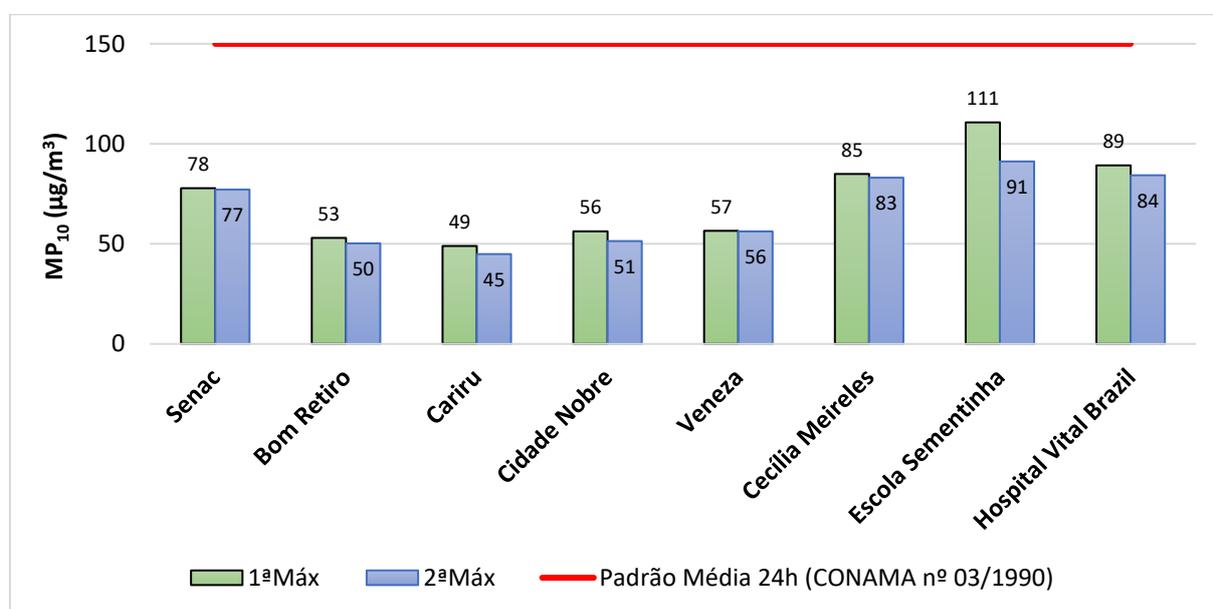


Figura 42: Concentrações máximas diárias de MP_{10} para a RMVA.

Nota-se que, as maiores máximas diárias foram observadas na estação Sementinha, situada na cidade de Timóteo, cujos valores de 1ª e 2ª máximas são $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Por outro lado, a estação Cariru apresentou a menor máxima diária do período analisado, $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

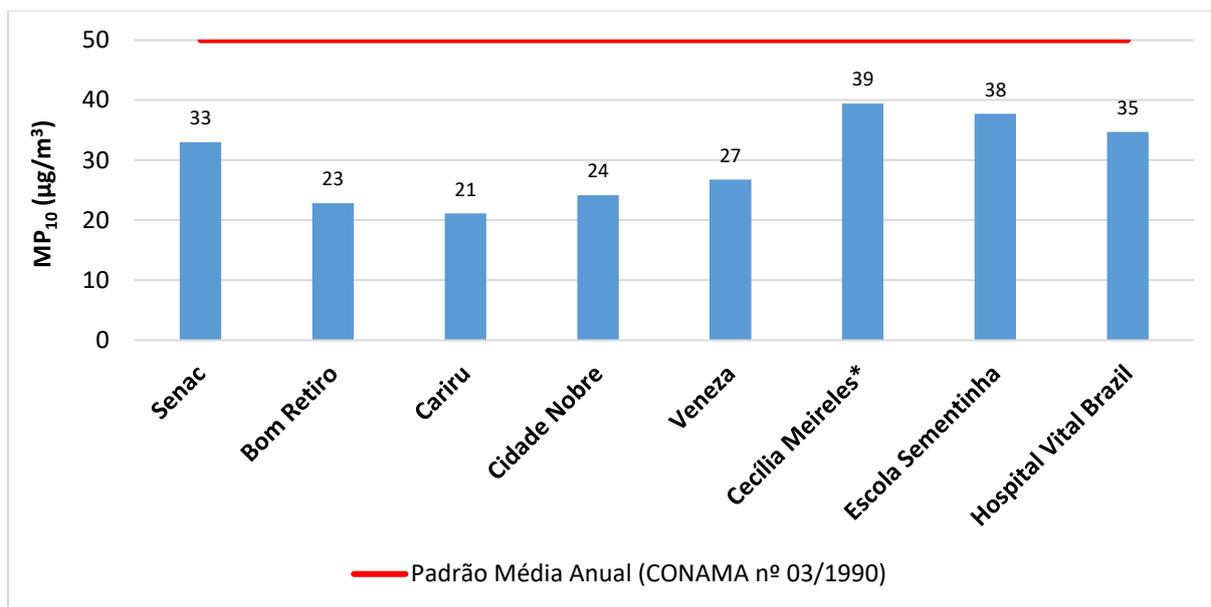


Figura 43: Concentrações médias anuais de MP₁₀ na RMVA.

*Não Representativo.

Na análise anual, identifica-se que a maior concentração é observada na estação Cecília Meireles e a menor na estação Cariru, cujos valores foram 39 µg/m³ e 21 µg/m³, respectivamente.

Ademais, das Figuras 42 e 43 têm destaque as estações situadas na cidade de Timóteo, mantendo-se nos dois casos entre os maiores valores diários e anuais. Isso se comprova por meio da distribuição dos IQAr, mostrados na Figura 44, no qual são as estações que apresentaram os maiores percentuais de classe “Regular”.

De toda forma, durante o ano de 2015 prevaleceu nas estações instaladas na RMVA, a classe “Boa” com relação ao poluente partículas inaláveis.

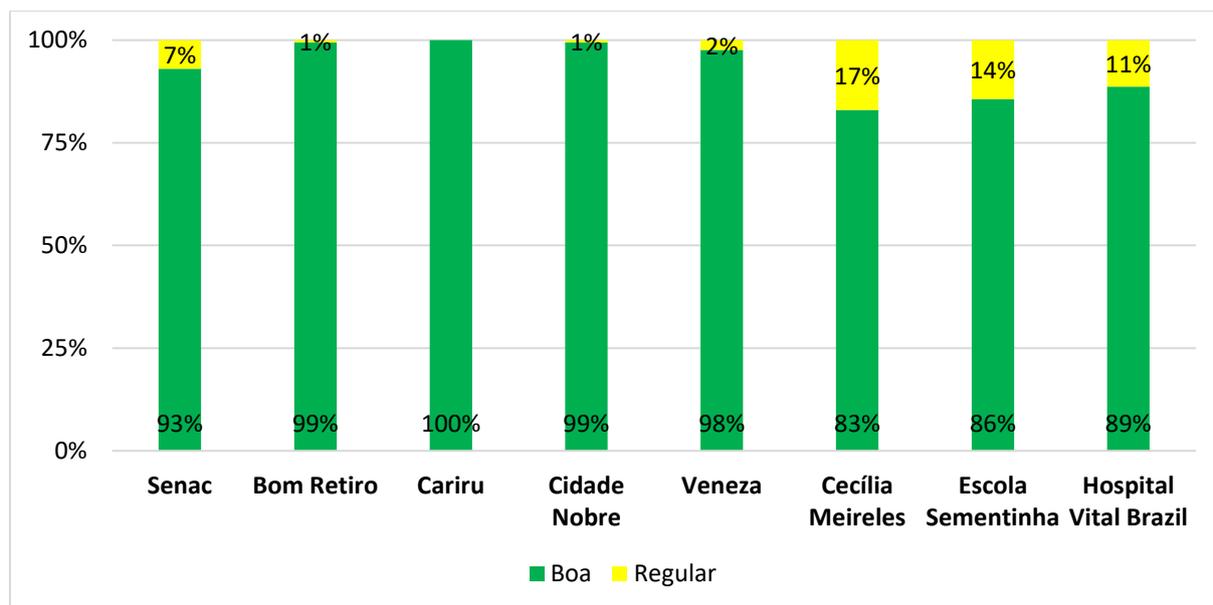


Figura 44: Distribuição do IQAr para o MP₁₀ na RMVA.

De maneira geral, a partir dos resultados, pode-se constatar que o material particulado apresentou uma tendência mais elevada para a cidade de Timóteo, mediante monitoramento da QAr na região do Vale do Aço, referidos aqui como MP₁₀ e PTS.

4.2.5 MP_{2,5} na RMVA

Das estações existentes na RMVA em 2015 apenas 3 já monitoravam partículas respiráveis – Bom Retiro, Cariru e Veneza – todas instaladas na cidade de Ipatinga. As máximas médias diárias de MP_{2,5} obtidas nestas estações são dispostas na Figura 45. Nela, percebe-se que não ocorreu ultrapassagem do valor sugerido pela OMS (25 µg/m³) em nenhuma localidade.

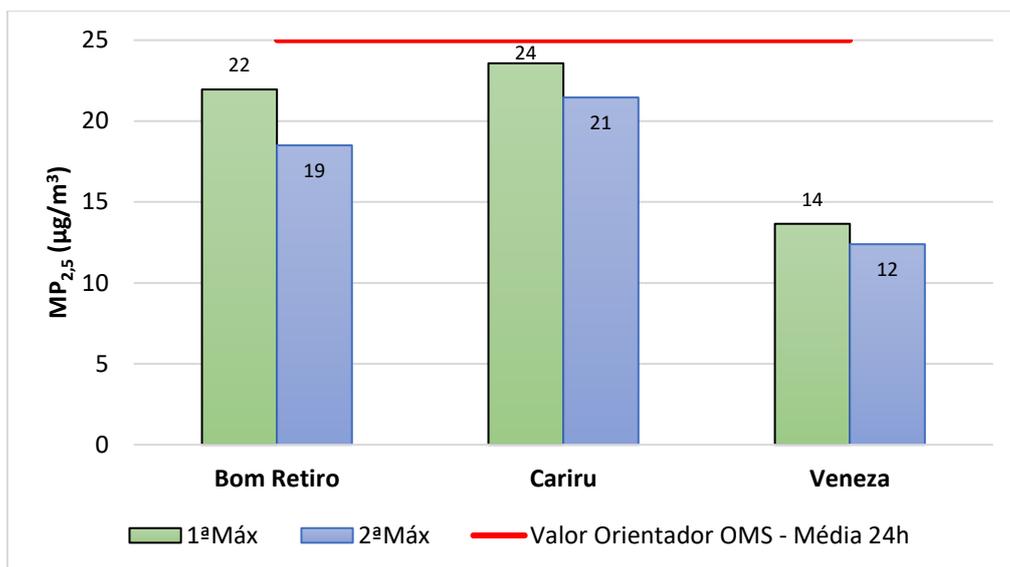


Figura 45: Concentrações máximas diárias de $PM_{2,5}$ para a RMVA.

Embora o valor diário de referência da OMS para $PM_{2,5}$ tenha sido respeitado, o valor anual preconizado à época por este órgão, de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, foi superado nas estações Bom Retiro e Cariru, mesmo que levemente, chegando a $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para ambos os casos. A Figura 46 ilustra os resultados alcançados para as médias anuais de $PM_{2,5}$ na RMVA, em 2015.

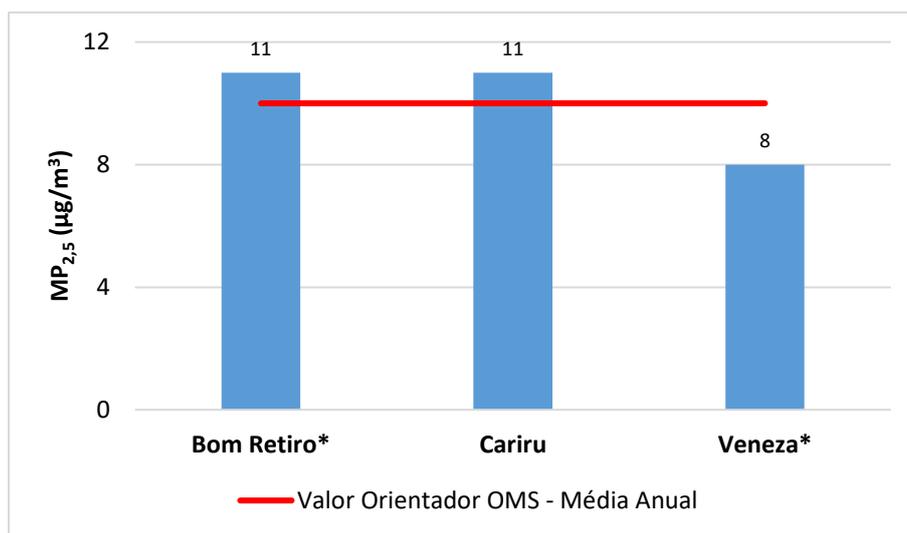


Figura 46: Concentrações médias anuais de $PM_{2,5}$ para a RMVA.
*Não Representativo.

4.2.6 SO_2 na RMVA

O monitoramento de dióxido de enxofre é realizado apenas nas estações de Ipatinga. Os resultados mostram que os valores de SO_2 são discretos quando comparados aos padrões de qualidade do ar vigentes, estabelecidos pela Resolução CONAMA n°

03/1990, de $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para médias de 24 horas e de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para médias anuais. As máximas médias de 24 horas são mostradas na Figura 47 enquanto que as médias anuais são dispostas na Figura 48.

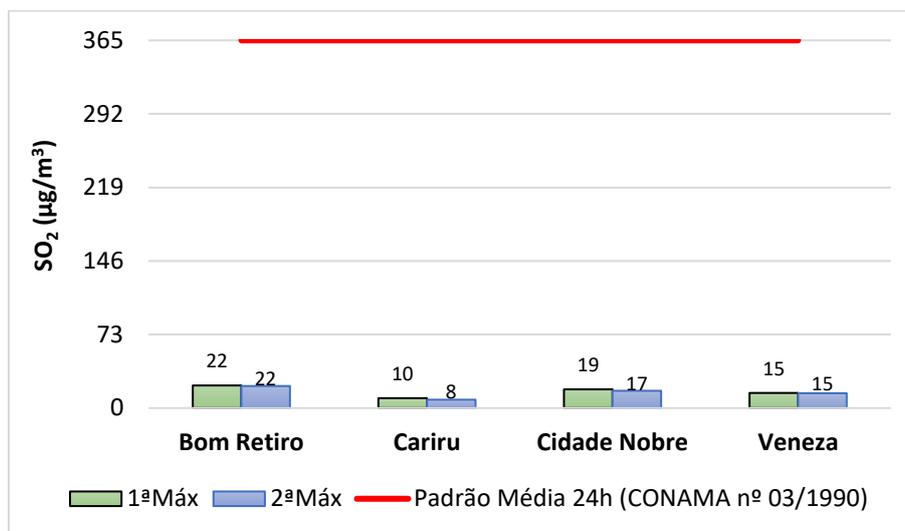


Figura 47: Concentrações máximas diárias de SO_2 para a RMVA.

Verifica-se uma tendência constante no comportamento desse parâmetro observado em todas as estações, cujas 1ª e 2ª máximas foram constatadas na estação Bom Retiro, ambas de aproximadamente $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Analogamente, nessa mesma estação, foi identificada a maior concentração anual de SO_2 , cujo valor foi de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

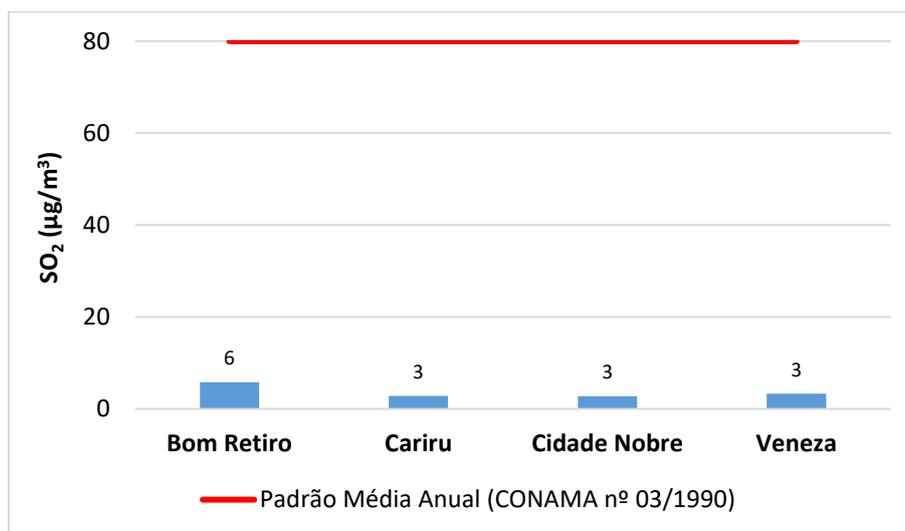


Figura 48: Concentrações médias anuais de $\text{MP}_{2,5}$ para a RMVA.

Ante aos valores encontrados de SO_2 na RMVA, os IQAr obtidos mostraram-se todos na faixa de classificação “Boa”.

4.2.7 NO₂ na RMVA

Assim como o observado para o SO₂, o dióxido de nitrogênio permaneceu bem abaixo dos padrões preconizados pela Resolução CONAMA n° 03/1990. A seguir, as Figuras 49 e 50 apresentam, respectivamente, as máximas médias horárias e médias anuais do NO₂, observadas nas estações que monitoram esse parâmetro na região.

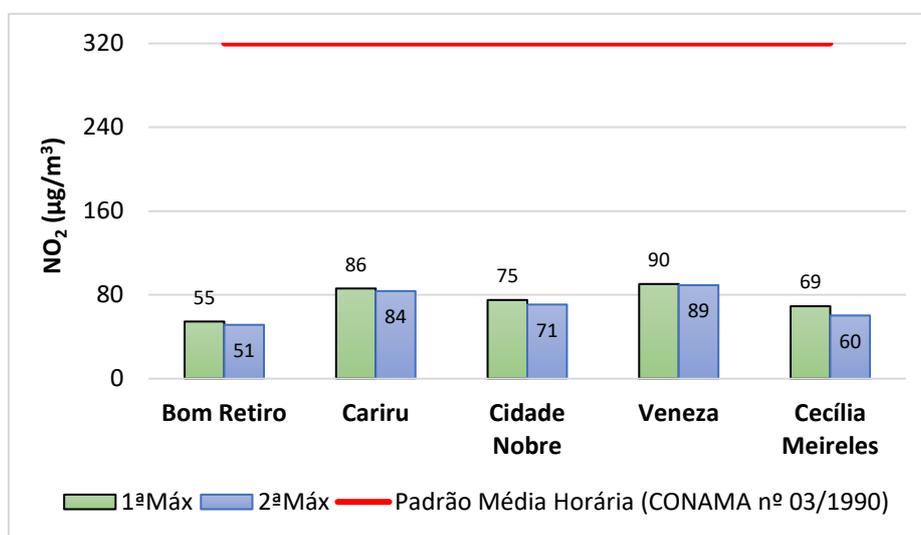


Figura 49: Concentrações médias horárias de NO₂ para a RMVA.

As máximas médias horárias observadas encontraram-se abaixo de 100 µg/m³ para todas as estações, em comparação com o padrão horário de 320 µg/m³. Nota-se uma tendência similar para os valores, com destaque positivo para a estação Bom Retiro, cuja máxima média horária foi a menor (55 µg/m³).

Conforme pode ser notado na Figura 50, esse mesmo comportamento reduzido pode ser notado em relação às médias anuais, visto que, não chegaram a atingir 20 µg/m³, com o mais expressivo obtido para a estação Cecília Meireles (17 µg/m³).

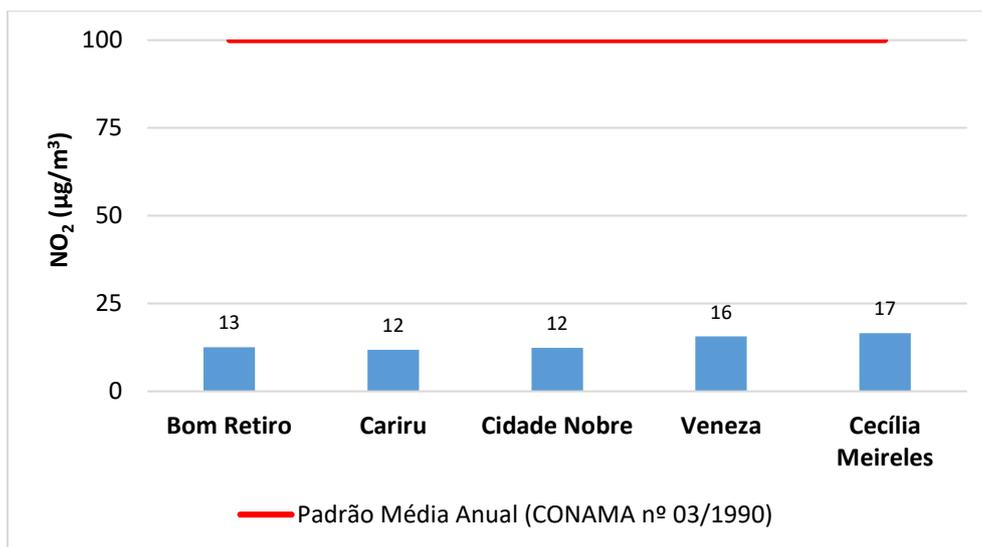


Figura 50: Concentrações médias anuais de NO₂ para a RMVA.

Dessa forma, para o NO₂, a qualidade do ar permaneceu na classe “Boa” durante todo o ano de 2015 na RMVA.

4.2.8 CO na RMVA

O monóxido de carbono era monitorado apenas nas 4 estações de Ipatinga em 2015, e dessa forma, a Figura 51 mostra as máximas médias de 8 horas observadas nestes locais.

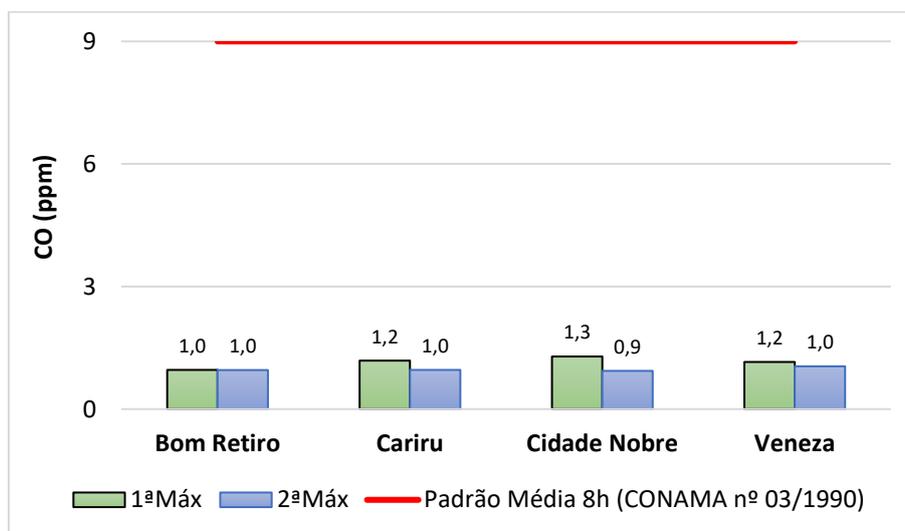


Figura 51: Concentrações médias de 8 horas de CO para a RMVA.

Observa-se valores discretos, não atingindo 2 ppm em quaisquer das estações de monitoramento, portanto, não houve ultrapassagem do padrão do CO (9 ppm), assim como prevaleceu qualidade do ar “Boa” no ano de 2015.

4.2.9 O₃ na RMVA

As máximas médias horárias de ozônio obtidas nas estações do Vale do Aço em 2015 são mostradas na Figura 52. Identifica-se que, todas as estações apresentaram valores acima do padrão horário vigente de 160 µg/m³.

Ressalta-se que há uma tendência similar para os valores registrados, exceto pelo destaque negativo da estação Cecília Meireles, situada na cidade de Timóteo. Essa, obteve os piores resultados em concentração para esse poluente, tanto na 1ª máxima (233 µg/m³) quanto na 2ª máxima (214 µg/m³). Esses valores são 46% e 34% maiores, respectivamente, que o limite estabelecido pela legislação nacional vigente.

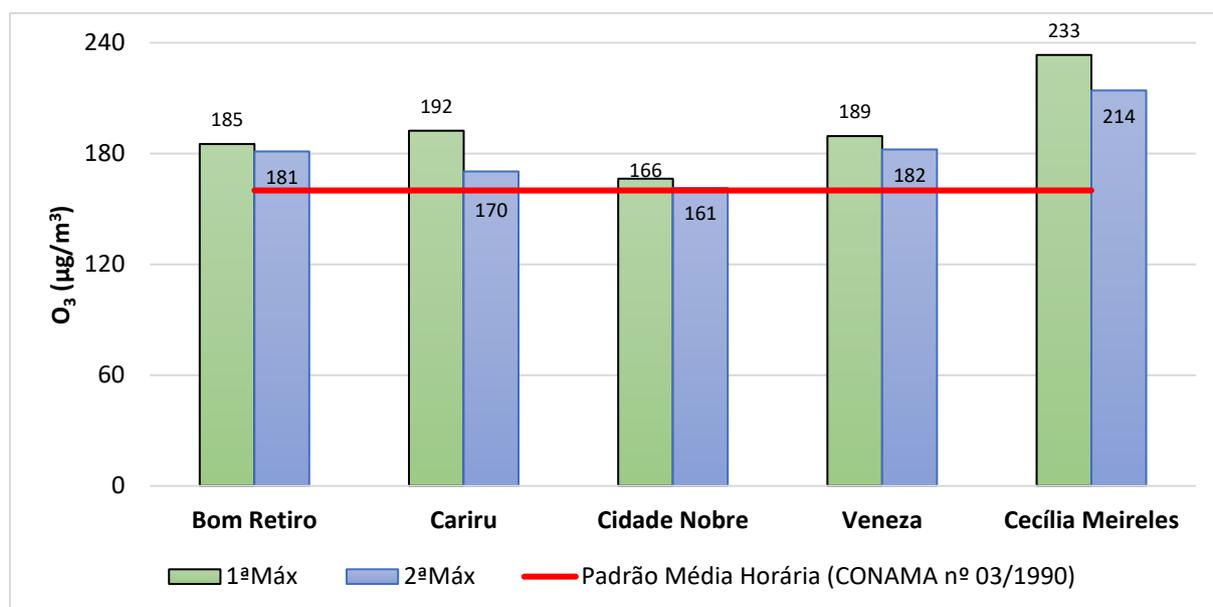


Figura 52: Concentrações médias horárias de O₃ para a RMVA.

Ainda que a Resolução CONAMA n° 03/1990 não estabeleça um padrão de longa exposição, o valor de referência estabelecido e vigente, conforme a legislação, não deve ser excedido mais de uma vez por ano.

Similar ao ocorrido na RMBH, todas as estações da RMVA não atenderam ao padrão recomendado, uma vez que, tanto a 1ª quanto a 2ª máximas horárias ultrapassaram o valor de 160 µg/m³, em outras palavras, o limite foi excedido mais de uma vez por ano.

Na cidade de Ipatinga, as estações tiveram valores de ultrapassagens em números diversificados. A estação Bom Retiro excedeu 9 vezes o padrão, de maneira mais

concentrada em setembro e novembro. Cidade Nobre excedeu apenas 2 vezes, em setembro e outubro e, Veneza, 5 vezes, nos meses de setembro e novembro. Já a estação Cariru, teve um comportamento discrepante, esteve acima do limite 3 vezes, porém, em maior número no início do ano (março).

Em Timóteo, a estação Cecília Meireles, extrapolou 7 vezes o padrão estabelecido pela legislação, sendo todos os valores no mês de dezembro de 2015. Embora a estação Cecília Meireles tenha resultados menos satisfatórios frente ao limite preconizado, excedeu em menor quantidade esse valor, quando comparada à estação Bom Retiro. Ademais, de maneira análoga a RMBH, percebe-se uma maior concentração de inconformidade ao padrão no último trimestre de 2015.

Na Figura 53 está disponível a distribuição percentual do IQAr para o O₃ na RMVA. Percebe-se que todas as estações apresentaram ao menos 1% do índice classificado como “Inadequada”. Além disso, a alta porcentagem encontrada de classe “Regular” (cerca de 50%), em todas as estações da região, destoa do observado para os demais poluentes analisados nessa região (PTS, MP₁₀, MP_{2,5}, SO₂, NO₂ e CO), que tiveram predominância da classe “Boa”.

Esse comportamento inferior é decorrente das altas concentrações horárias de ozônio alcançadas na região durante o período monitorado.

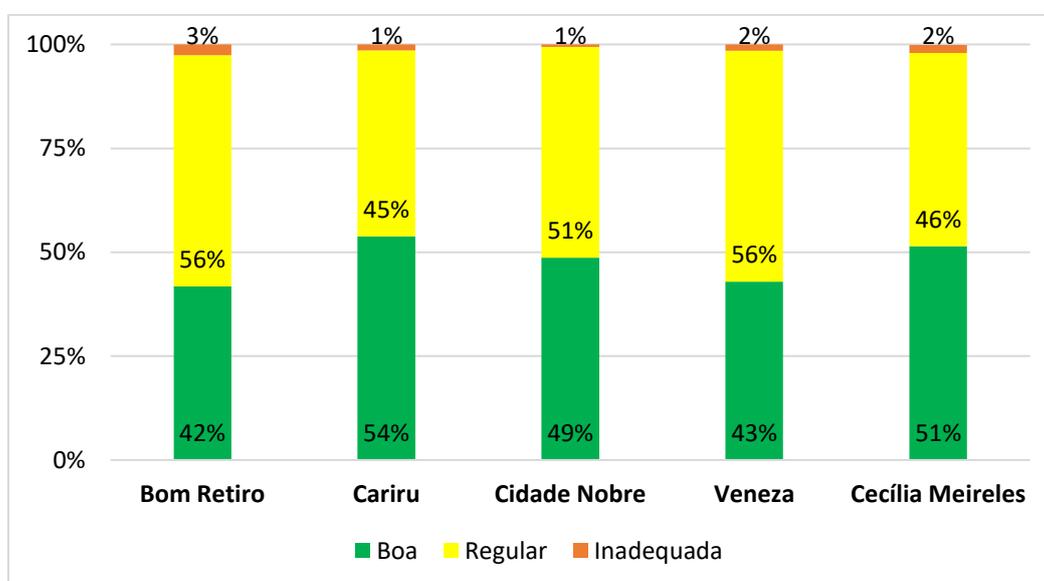


Figura 53: Distribuição do IQAr para o O₃ na RMVA.

4.3 Demais Municípios

Os demais municípios que compunham a rede automática de monitoramento da qualidade do ar de Minas Gerais em 2015 eram: Itabira, Paracatu e Pirapora. De acordo com o censo demográfico, a cidade de Itabira contava com uma população de 109.783 pessoas, onde aproximadamente 93,2% residiam em área urbana (IBGE, 2011). Esse município, situado na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, teve a sua história de crescimento econômico permeada pela atividade minerária, inicialmente pelo ouro e depois pelo minério de ferro, somando um PIB de aproximadamente R\$ 3,8 bilhões (IBGE, 2021). Em 1942 foi instalada na região a Companhia Vale do Rio Doce, atualmente Vale, transformando o cenário do município fazendo com que houvesse grande crescimento econômico e aumento populacional em áreas urbanas (SARAIVA *et al.*, 2012).

O município de Paracatu, situado na Mesorregião Noroeste do Estado de Minas Gerais, possuía, em 2010, uma população de 84.718 pessoas, dos quais aproximadamente 87,1% residiam em área urbana (IBGE, 2011). Historicamente, a cidade é marcada pelos metais preciosos, sobretudo, o ouro (ASTOLPHI *et al.*, 2021). Além disso, também é destaque no estado por sua produção de grãos e pela pecuária. Porém, a marca da mineração é forte devido as suas reservas de ouro, calcário, zinco e chumbo (PARACATU, 2021). O PIB, consequente das atividades econômicas da região, soma um montante equivalente a 2,8 bilhões de reais (IBGE, 2021). A Kinross Gold Corporation, uma empresa canadense do ramo da mineração e comercialização de ouro, atua na mina Morro do Ouro há pelo menos 15 anos, respondendo por cerca de 22% dos postos de trabalho formais na região (KINROSS, 2021).

A cidade de Pirapora, que está localizada no Norte do Estado de Minas Gerais, contava com uma população predominantemente urbana (98,2%), na qual apenas 1,8% de sua população residente vivia em área rural. O município abrigava uma população de 53.368 pessoas no ano de 2010, de acordo com o último censo demográfico publicado pelo IBGE. Movimentando um PIB em torno de R\$ 1,5 bilhões de reais (IBGE, 2021), Pirapora é o segundo maior pólo de industrialização do Norte do estado, onde as principais empregadoras de mão de obra são as indústrias têxtil e metalúrgica, instaladas na região após a chegada da ferrovia possibilitando o transporte de cargas e de passageiros. Essas indústrias são fundamentais para a

economia local e, dentre as que apresentam destaque, tem-se a Cedro Têxtil, Cerâmica Pirapora, Inonibrás (Ferro-ligas), Liasa (silício metálico), Minasligas (Ferro-ligas e Silício Metálico), dentre outras (PIRAPORA, 2017).

4.3.1 Caracterização das fontes de poluição dos demais municípios

As cidades supracitadas, situadas em região de Mata Atlântica e Cerrado, fazem parte da industrialização e do ciclo da mineração do estado. Sabe-se que essas atividades antrópicas são importantes vias de introdução de poluentes na atmosfera.

Dentre as fontes de emissões atmosféricas destacam-se as queimadas, as fontes veiculares e industriais. Nos tópicos seguintes serão apresentados os dados das fontes de poluição para cada uma dessas cidades, com foco em dados do crescimento da frota veicular, focos de incêndio e número de empreendimentos licenciados.

4.3.1.1 Pirapora

A Figura 54 mostra o crescimento da frota veicular do município considerando o intervalo de 2006 a 2015.

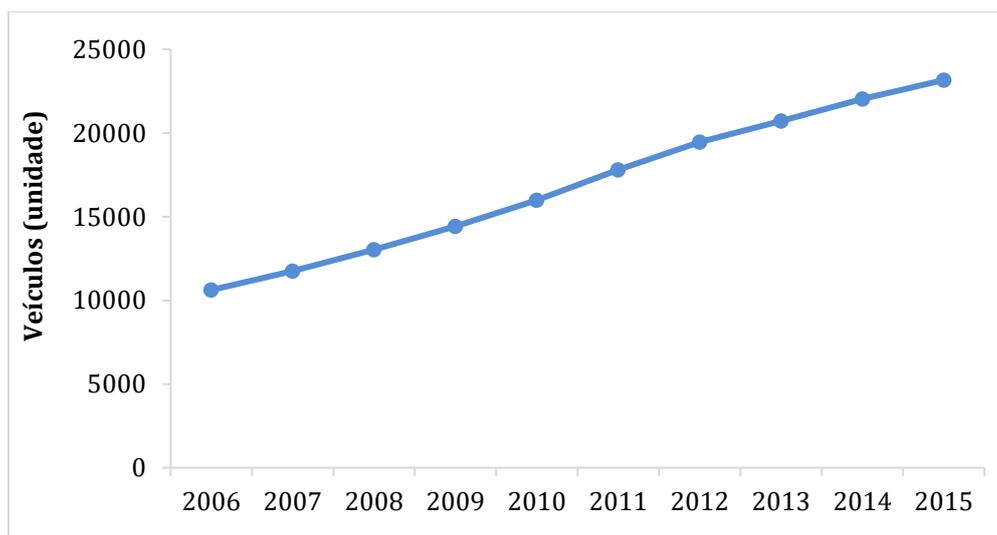


Figura 54: Crescimento da frota veicular de Pirapora.

Fonte: IBGE, 2021.

Conforme a Figura 54, houve um crescimento acelerado no número de veículos, saltando de 10.619 para 23.159, apresentando um aumento percentual para o período de aproximadamente 118%, cuja maior porção é caracterizada por automóveis e motocicletas, segundo dados consultados do IBGE (2021).

Além da emissão veicular, há também a contribuição das emissões provenientes de focos de incêndio. Na Figura 55 são destacados o número de focos observados em Pirapora de 2011 a 2015.

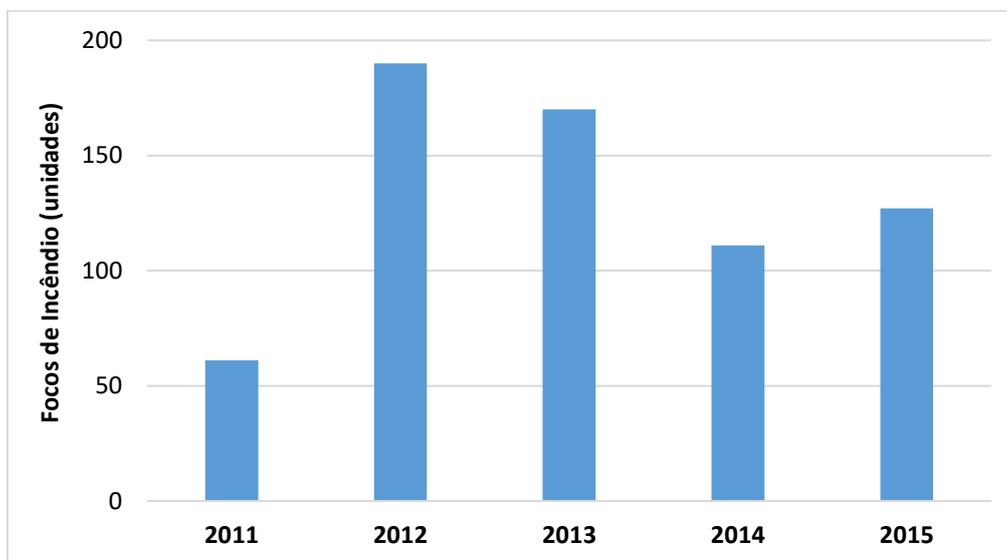


Figura 55: Focos de incêndio em Pirapora.

Fonte: INPE, 2021.

De acordo com a Figura 55, observa-se que após um crescimento vertiginoso de 2011 para 2012, cujo aumento percentual foi acima de 200%, houve uma tendência de queda, com um ligeiro aumento de 2014 a 2015, chegando a 127 focos nesse ano.

Quanto as fontes de poluição industrial, destaca-se na Figura 56 a evolução dos empreendimentos licenciados, no período de 2013 a 2015, em Pirapora.

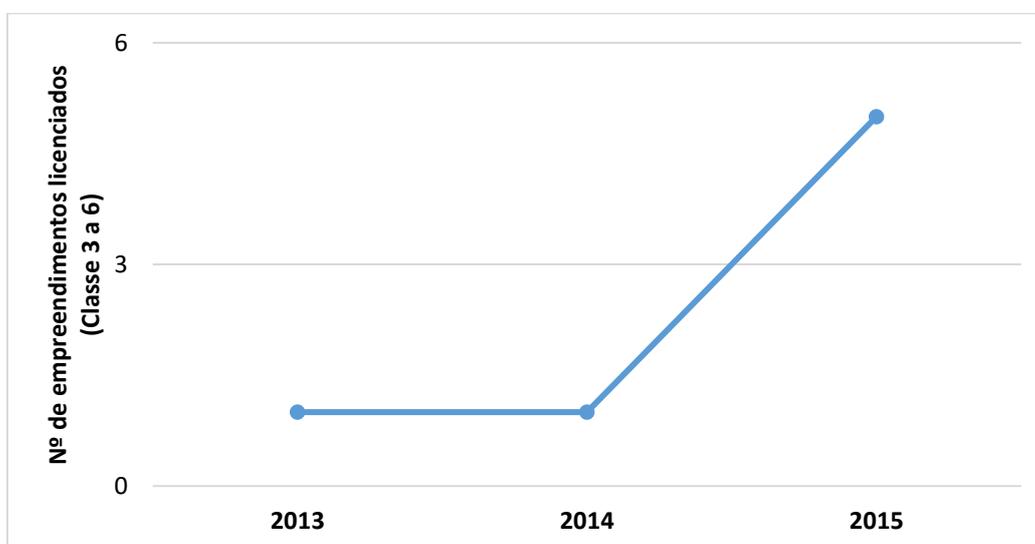


Figura 56: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 em Pirapora.

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022.

Observa-se que em Pirapora, com base na Figura 56, que o número de empreendimentos se manteve o mesmo até 2014, sofrendo um aumento a partir de 2015. Esses empreendimentos estão distribuídos em diferentes tipos de atividades da DN COPAM nº74/2004: 2 empreendimentos na Listagem B (Atividades Industriais/Indústria Metalúrgica e Outras); e 1 empreendimento nas Listagem C (Atividades Industriais / Indústria Química Listagem), Listagem E (Atividades de Infra-Estrutura) e Listagem F (Serviços e Comércio Atacadista).

4.3.1.2 Paracatu

A Figura 57 mostra o crescimento da frota veicular de Paracatu, de 2006 e 2015.

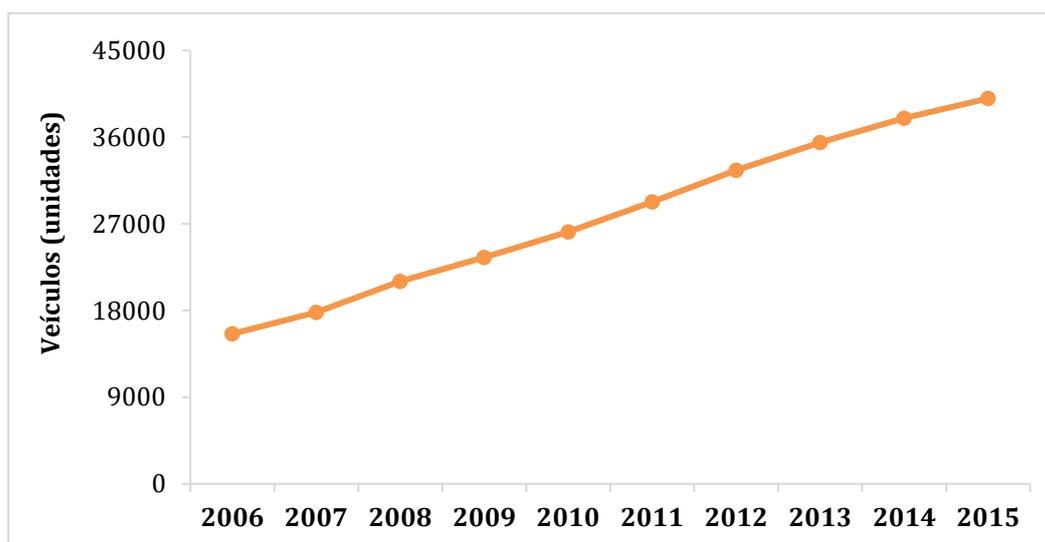


Figura 57: Crescimento da frota veicular de Paracatu.

Fonte: IBGE, 2021.

Percebe-se um crescimento aparentemente constante no número de veículos, saltando de 15.574 para 40.020, apresentando o maior aumento percentual (157%) dentre as cidades com rede de monitoramento do ar em 2015 no estado. A maior porção é caracterizada por veículos leves, mediante dados observados do IBGE (2021). Ademais à contribuição veicular, a Figura 58 apresenta os dados dos focos de incêndio para o município.

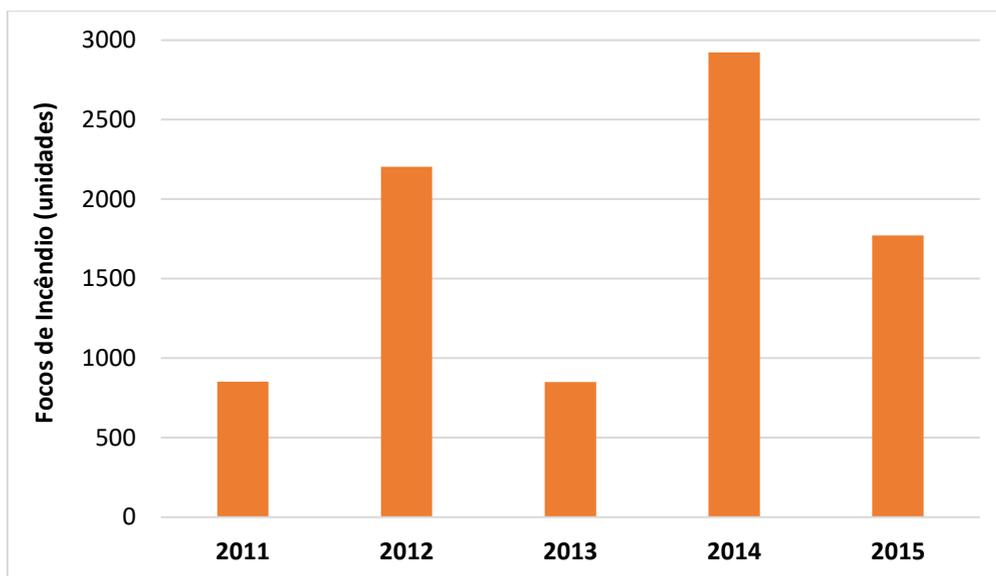


Figura 58: Focos de incêndio em Paracatu.

Fonte: INPE, 2021.

Observa-se um grande volume de focos de incêndios do município de Paracatu, quando comparada as demais cidades que compõe a rede de monitoramento da qualidade do ar. Como pode ser visto, houve uma diminuição de 2014 para 2015, passando de 2923 para 1772 focos. Entretanto, apesar dessa redução, Paracatu esteve entre as dez cidades com maior número de focos de incêndio do Estado para o referido ano. Em termos numéricos, dos 107.779 registros de Minas em 2015, 1,6% (1.772) ocorreram nessa cidade, trazendo-a para a 4ª posição no ranking de focos de incêndio por município (INPE, 2021). Nesse contexto, cabe destacar ainda que Paracatu é o 3º maior município de Minas Gerais com relação à área territorial.

Quanto às fontes de poluição industrial, destaca-se na Figura 59 a evolução dos empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 em Paracatu.

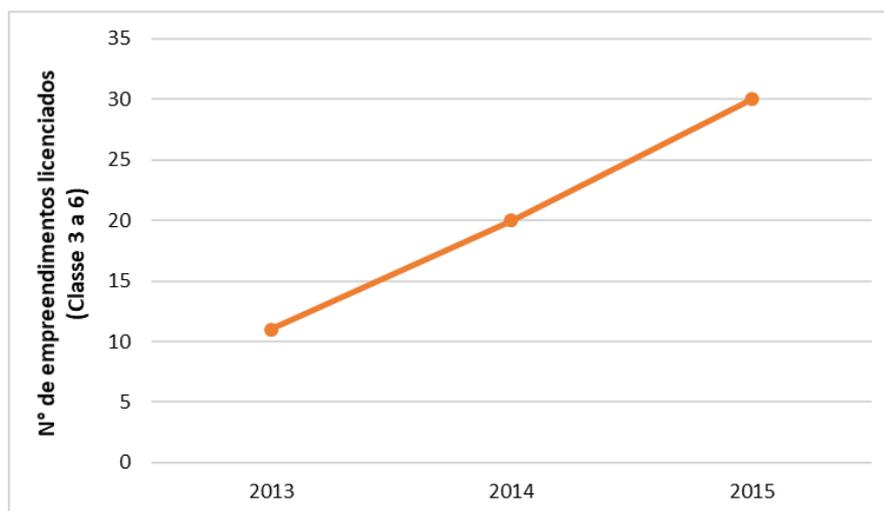


Figura 59: Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 em Paracatu.
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022.

Observa-se que a evolução de empreendimentos em Paracatu se deu de forma mais expressiva quando comparada à Itabira e Pirapora (Figura 59). Em relação às atividades dos empreendimentos, considerando a DN COPAM nº74/2004, destaca-se os empreendimentos classificados na Listagem A - Atividades Minerárias, com 7 empreendimentos e a Listagem G – Atividades Agrossilvipastoris, com 10 empreendimentos.

4.3.1.3 Itabira

A Figura 60 mostra a tendência da frota veicular de Itabira, para o intervalo de 2006 a 2015.

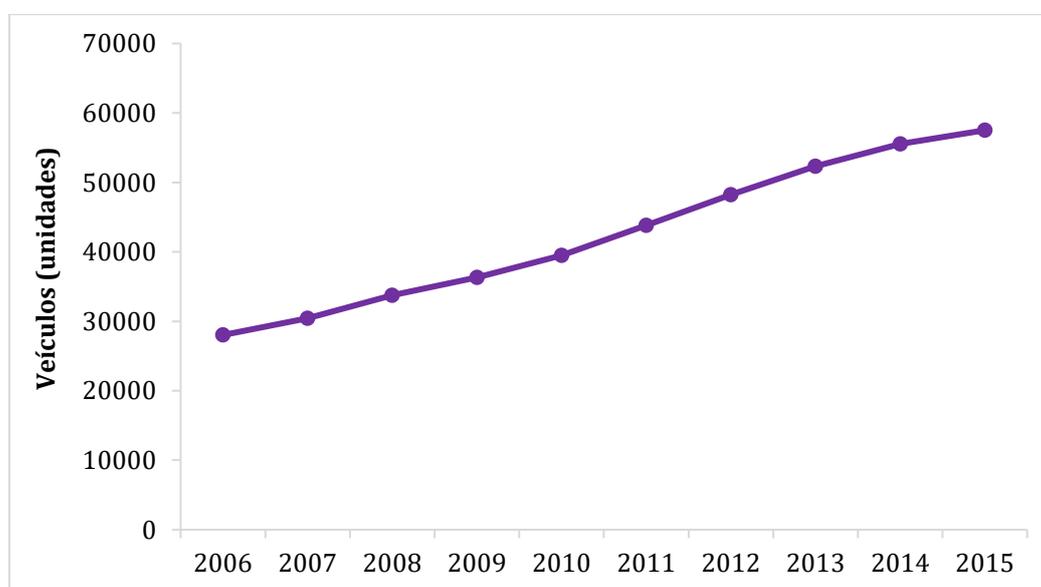


Figura 60: Crescimento da frota veicular de Itabira.
Fonte: IBGE, 2021.

Assim como Paracatu e Pirapora, a predisposição crescente no número de veículos pode ser observada para Itabira, cujos valores passaram de 28.027 para 57.508, mostrando um aumento percentual em torno de 105%. A verificação nos dados do IBGE (2021) mostra que a maior porção desse aumento é caracterizada por automóveis e motocicletas. A Figura 61 destaca os dados dos focos de incêndio para o município de Itabira, no período de 2011 a 2015.

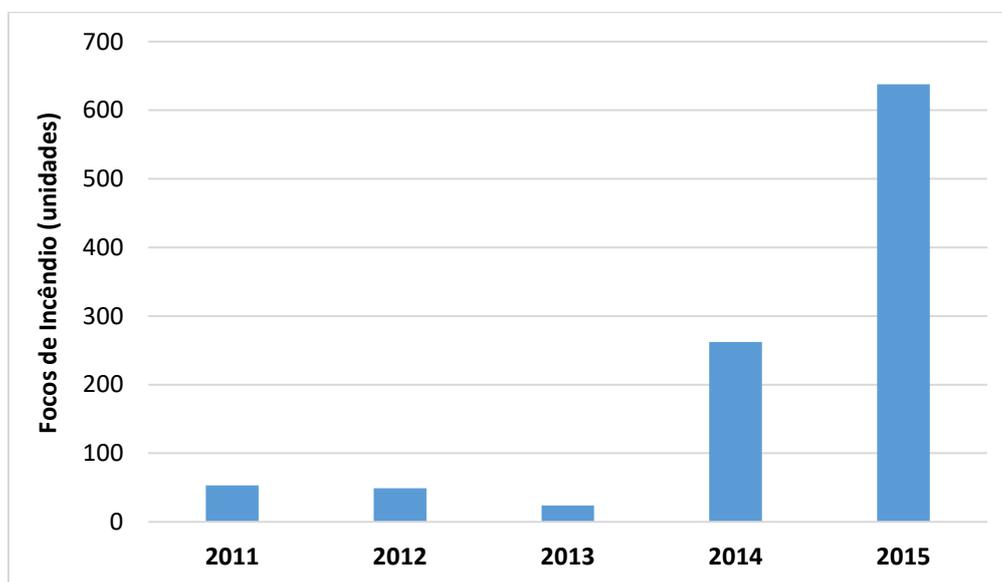


Figura 61: Focos de incêndio em Itabira.

Fonte: INPE, 2021.

De acordo com a Figura 61 observa-se menor quantidade de focos de incêndio entre os anos de 2011 e 2013. Entretanto, de 2013 a 2015, os registros saltaram de 24 para 638 (INPE, 2021).

Como mencionado anteriormente, as indústrias constituem uma importante fonte de poluição, a Figura 62 apresenta a evolução dos empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 em Itabira.

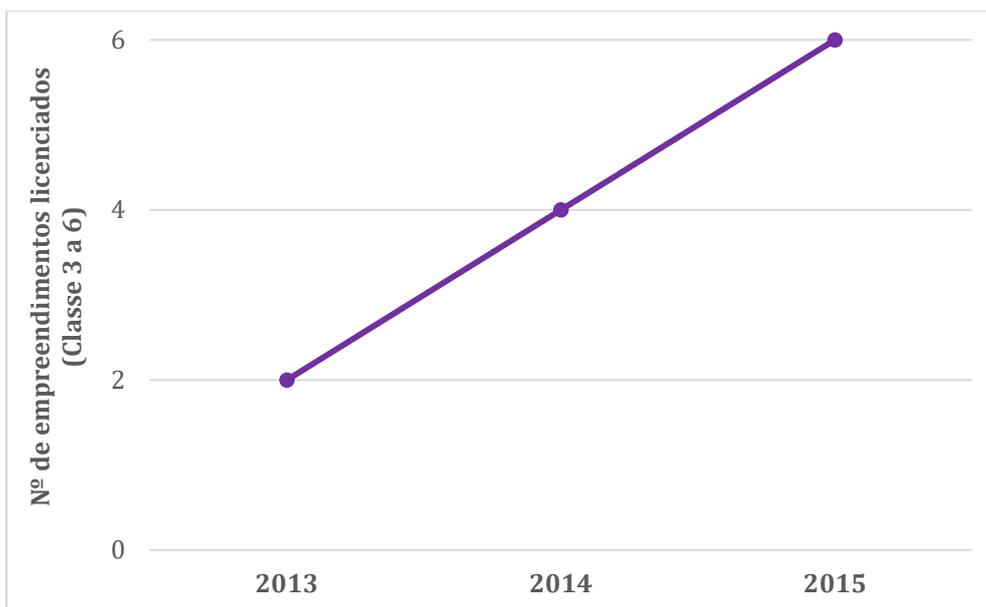


Figura 62 Empreendimentos licenciados no período de 2013 a 2015 em Itabira.
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022.

De acordo com a Figura 62, Itabira apresentou um aumento constante de empreendimentos licenciados no período analisado. Quanto à classificação das atividades, não houve predominância de empreendimentos em nenhuma Listagem da DN COPAM nº74/2004. Em 2015, os empreendimentos em funcionamento pertenciam a quatro tipo de listagens diferentes (Listagem A, C, E e F).

4.3.2 Meteorologia dos demais municípios

A começar por Pirapora, a precipitação acumulada em 2015 foi menor que a normal climatológica no município, conforme mostra a Figura 63. A Figura 64 mostra a temperatura mensal obtida na estação do INMET Pirapora, porém, não há normal climatológica para este parâmetro nesta estação.

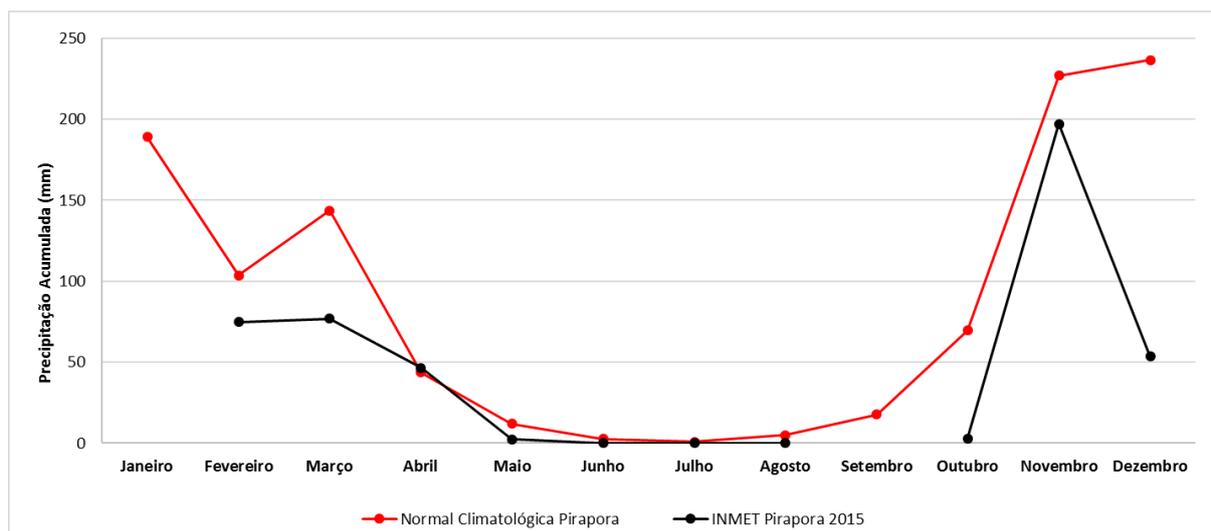


Figura 63: Precipitação acumulada para o ano de 2015 em Pirapora.

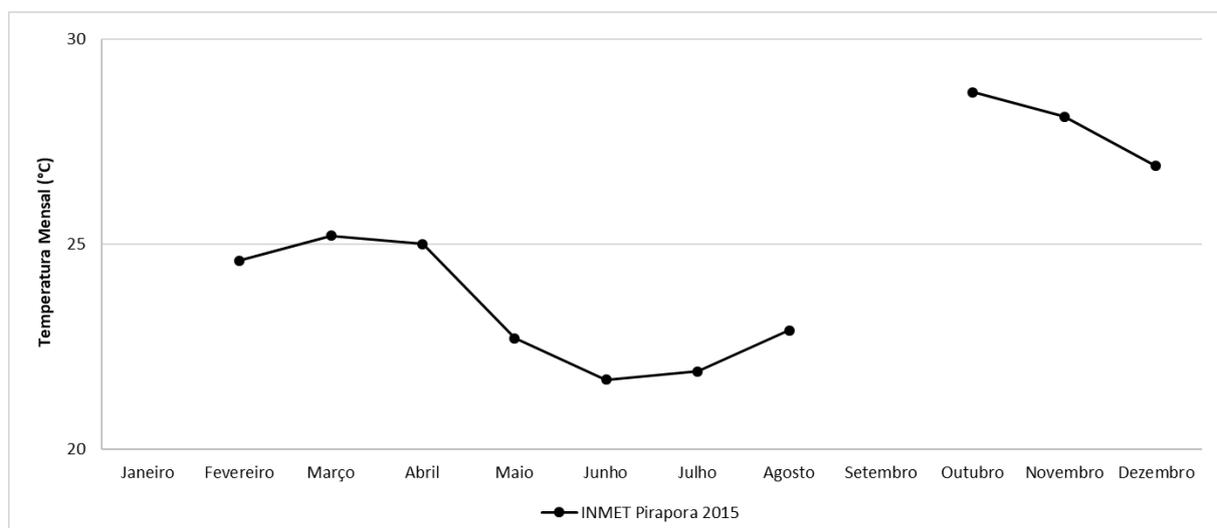


Figura 64: Temperatura mensal para o ano de 2015 em Pirapora.

A velocidade do vento na cidade se mostrou de baixa intensidade no decorrer do ano, inferior às normais climatológicas mensais, também moderadas, com máximo valor de 2,1 m/s (Figura 65).

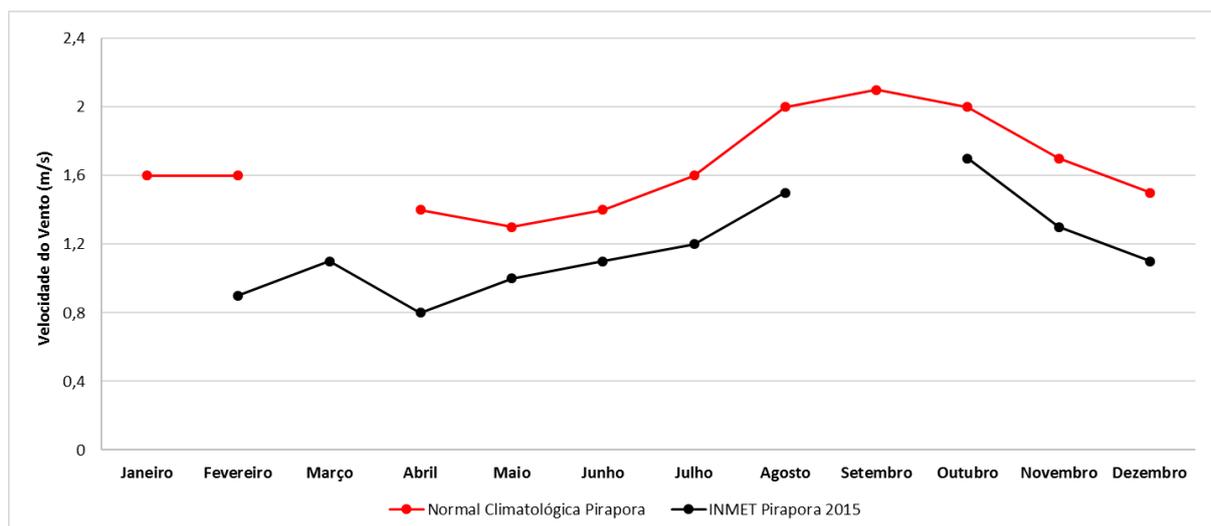


Figura 65: Velocidade do vento mensal para o ano de 2015 em Pirapora.

A baixa precipitação e a reduzida intensidade de vento são constantes em Pirapora. Em conjunto, esses dois fatores geram um elevado número de dias desfavoráveis à dispersão atmosférica (Figura 66), sendo visto em 2015 um total de 171 dias, valor em consonância com a média histórica recente na estação (2010 a 2014), de 183 dias.

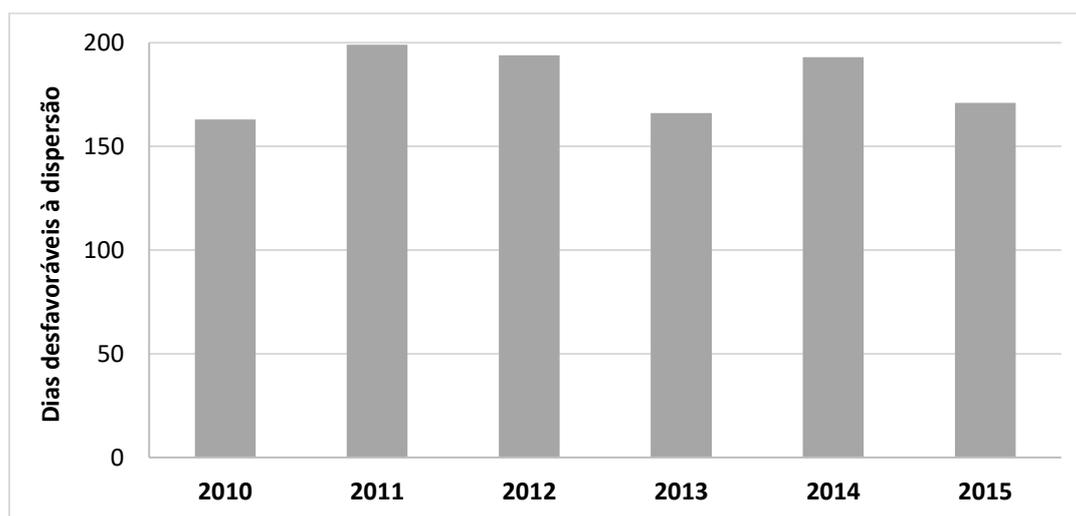


Figura 66: Dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em Pirapora.

A meteorologia de Paracatu em 2015 foi avaliada por meio das normais climatológicas da estação do INMET no município, quanto ao acumulado mensal de precipitação, temperatura do ar ambiente e intensidade do vento. Nesta estação não foram obtidos dados válidos em 2015, portanto, as normais foram comparadas com valores medidos nas estações de qualidade do ar, para os parâmetros de temperatura e velocidade do vento.

Para precipitação foi utilizada a estação INMET Unaí, localizada cerca de 78 km de distância da estação INMET Paracatu. Percebe-se que, conforme apresenta a Figura 67, as normais climatológicas destas estações do INMET seguem um comportamento similar, principalmente para o período de março a novembro, que majoritariamente compreende o período de seca, destoando ligeiramente de dezembro a fevereiro.

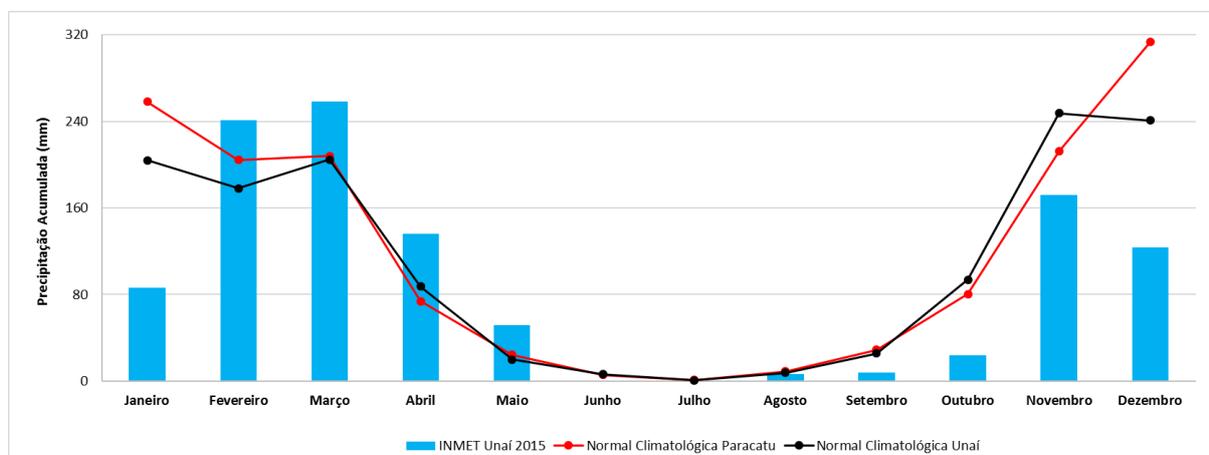


Figura 67: Precipitação mensal acumulada para o ano de 2015 em Paracatu.

Por outro lado, os dados acumulados de 2015 mostram que a precipitação acumulada na região foi bem inferior à média histórica para os meses de janeiro, novembro e dezembro, induzindo influência dos sistemas de macroescala, assim como ocorrido nas demais regiões do Estado.

Ressalta-se que devido à sua geolocalização à noroeste de Minas Gerais, a ação do fenômeno atmosférico-oceânico El Niño promove intensificação de chuvas nessa região (MINUZZI *et al.*, 2005), o que reforça os maiores acumulados observados de fevereiro a maio.

Já a temperatura ao longo dos meses de 2015, mostra-se em conformidade com as normais observadas em Paracatu, com destaque para valores um pouco mais elevados nos meses de janeiro e outubro, nas estações Clube do União e Copasa (Figura 68).

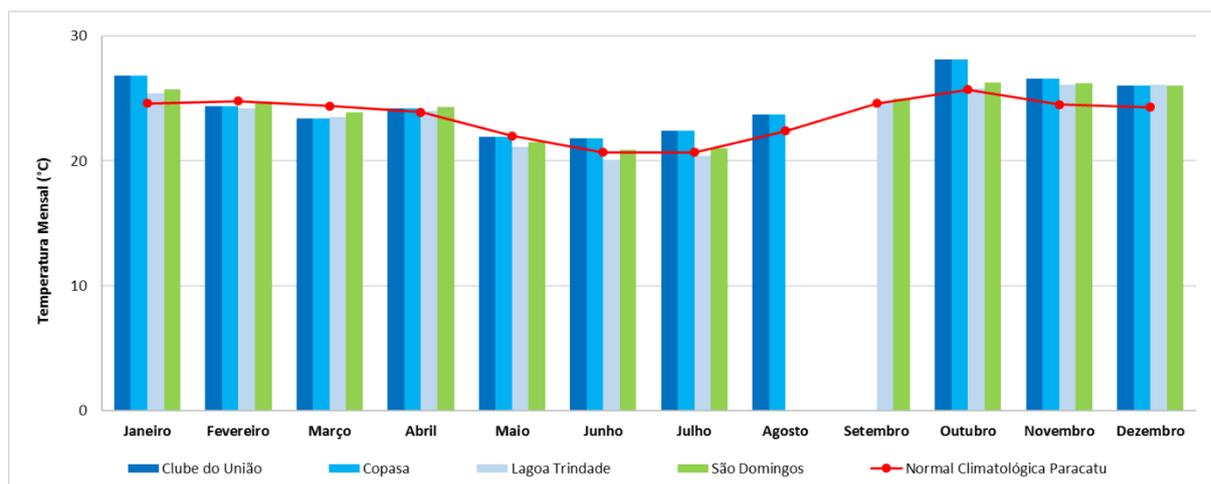


Figura 68: Temperatura mensal para o ano de 2015 em Paracatu.

Na Figura 69 é apresentada a intensidade dos ventos observada nas estações de monitoramento da qualidade do ar na região. Nota-se que nas estações Lagoa Trindade Rodrigues e São Domingos a velocidade mostrou-se mais acentuadamente abaixo da normal climatológica para o município, enquanto que nas estações Clube do União e Copasa, essa diferença foi menor, chegando a superar a média dessa variável climática, conforme os meses de janeiro, fevereiro e de maio a julho.

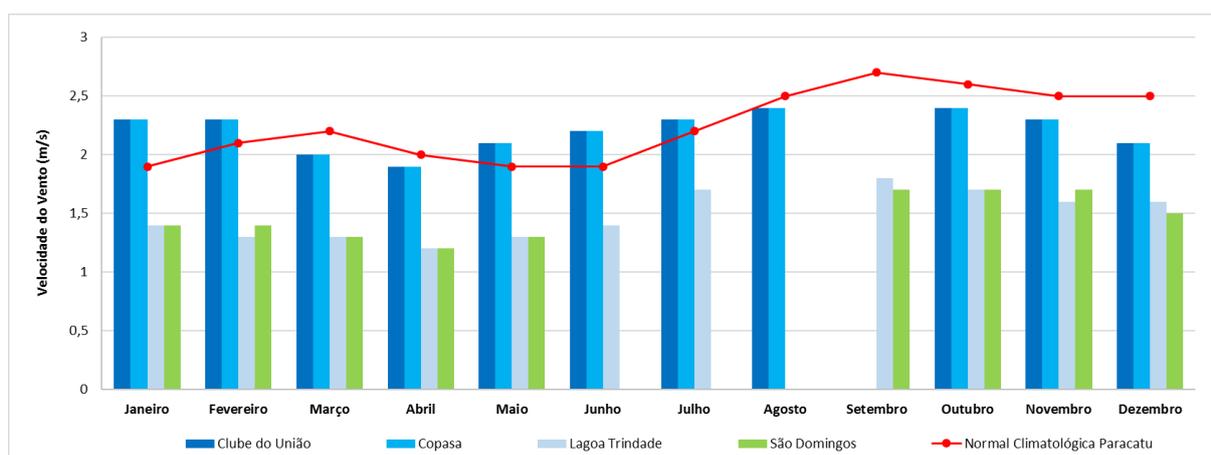


Figura 69: Velocidade do vento mensal para o ano de 2015 em Paracatu.

A avaliação da meteorologia em Itabira foi realizada por meio dos dados medidos na estação Meteorológica EM11 – Pousada, componente da rede de monitoramento da qualidade do ar do município. Ressalta-se que nos meses de janeiro e fevereiro de 2015 não foram obtidos dados válidos nesta estação.

As Figuras 70, 71 e 72 mostram, respectivamente, a precipitação acumulada, as temperaturas médias e as intensidades dos ventos observadas ao longo dos meses de 2015 em Itabira.

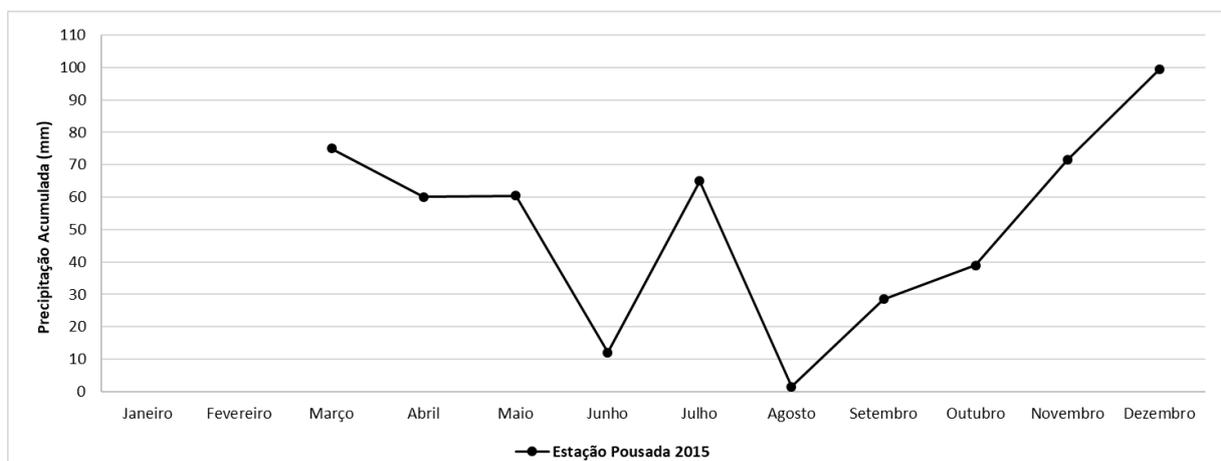


Figura 70: Precipitação mensal acumulada para o ano de 2015 em Itabira.

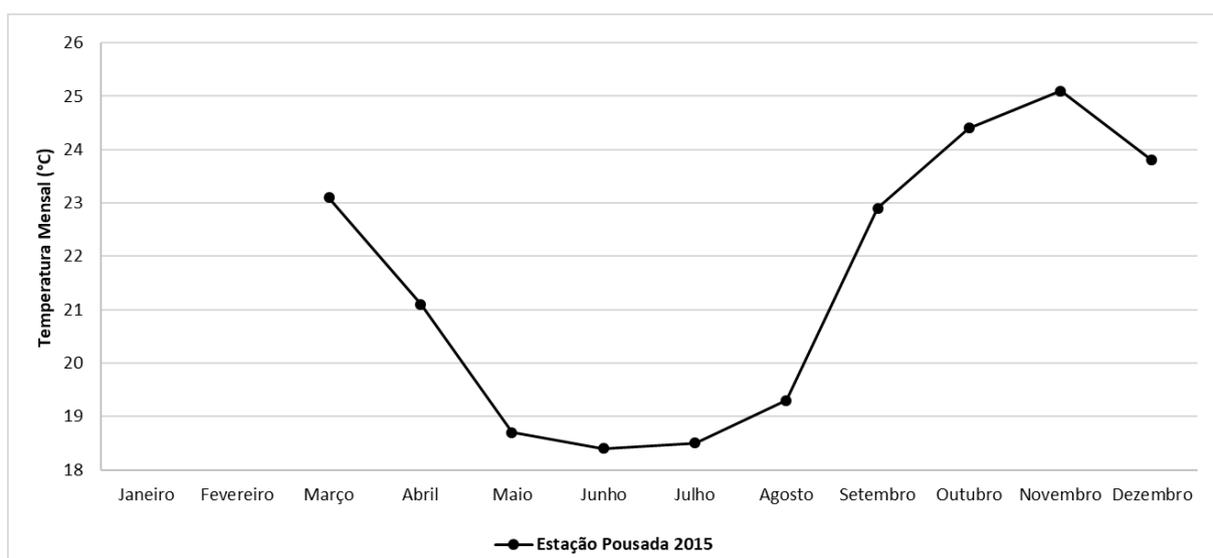


Figura 71: Temperatura mensal para o ano de 2015 em Itabira.

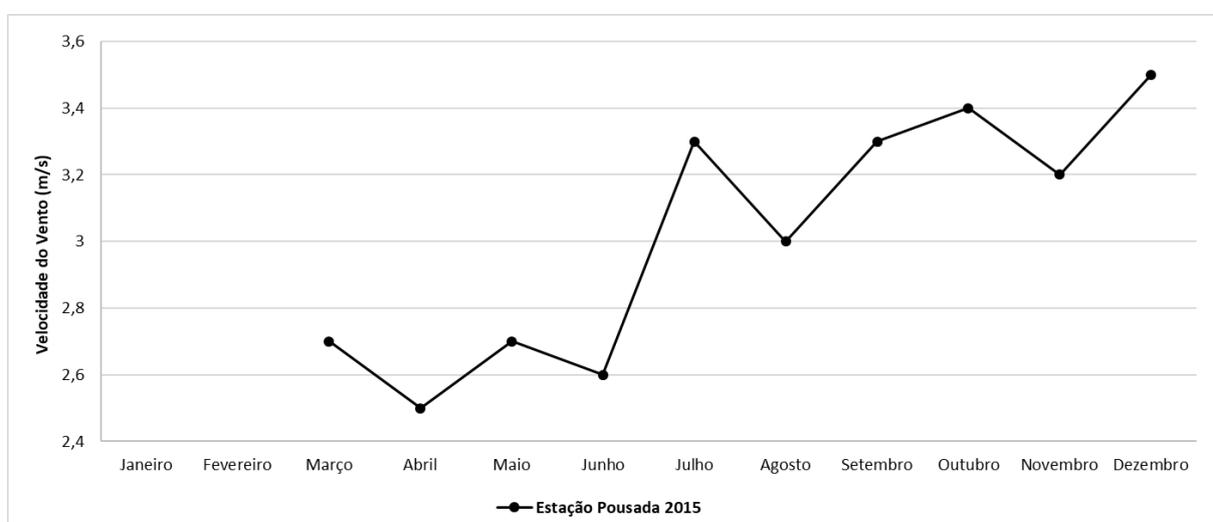


Figura 72: Velocidade do vento mensal para o ano de 2015 em Itabira.

Entretanto, há de se destacar que a intensidade dos ventos na região é considerável, contando com uma média de 3,0 m/s, fato este que contribuiu para que nenhum dia fosse classificado como desfavorável à dispersão no ano de 2015 no município.

4.3.3 PTS nos demais municípios

Ressalta-se que as estações situadas na cidade de Pirapora não realizam medição de partículas totais em suspensão, logo, as análises desse poluente restringem-se aos municípios de Paracatu e Itabira. A Figura 73 mostra as máximas médias de 24 horas de PTS obtidas no ano de 2015 nessas regiões.

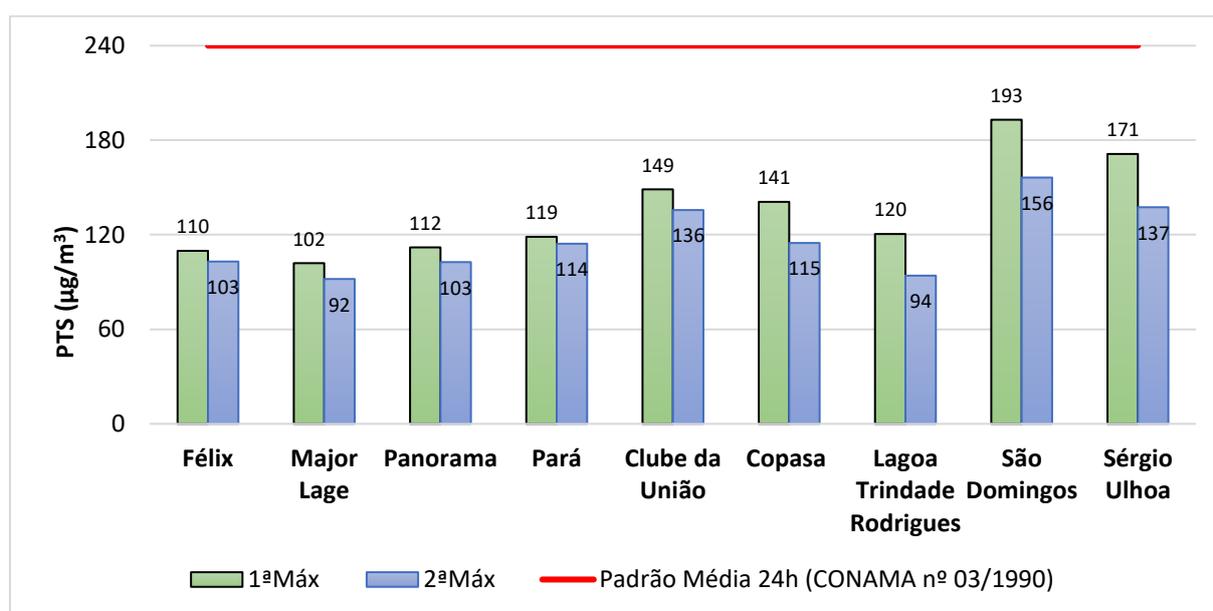


Figura 73: Concentrações máximas diárias de PTS nos municípios de Itabira e Paracatu

Observa-se que não houve ultrapassagem do padrão de curta duração em quaisquer uma das estações situadas em Itabira ou Paracatu. Ou seja, tanto a 1ª quanto a 2ª máximas diárias estiveram abaixo do valor estabelecido pela legislação no período considerado.

Percebe-se que a cidade de Paracatu apresentou concentrações máximas de curta exposição superiores às de Itabira para o ano de 2015. A maior máxima diária de PTS observada foi de 193 µg/m³, na estação São Domingos em Paracatu.

Por outro lado, as concentrações de curta exposição na cidade de Itabira apresentaram valores similares para as quatro estações da região, sendo as 1ª e 2ª

máximas diárias mais elevadas observadas na estação Pará, cujos valores foram de $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $114 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

Na avaliação das médias geométricas anuais de PTS, pode ser observado que o padrão primário de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estabelecido na Resolução CONAMA n° 03/1990, também não foi superado por nenhuma das estações de Itabira ou Paracatu, vide Figura 74, sendo o maior valor alcançado de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, obtido na estação Sérgio Ulhoa. Já na cidade de Itabira, a maior concentração anual encontrada foi na estação Pará ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

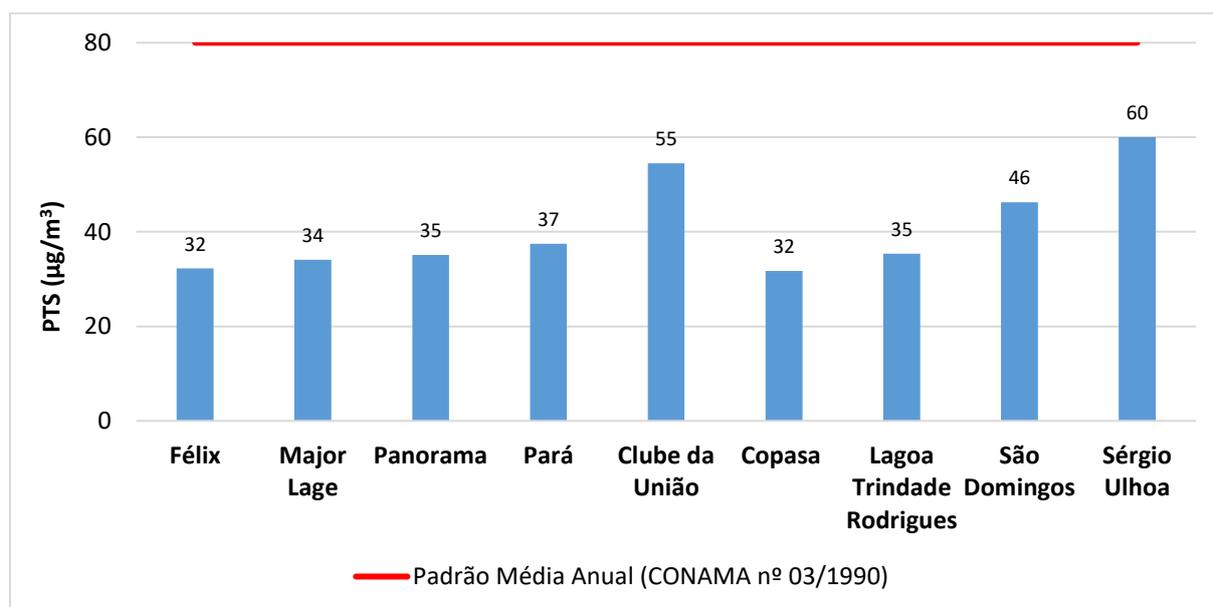


Figura 74: Médias anuais de PTS nos municípios de Itabira e Paracatu

A seguir, é apresentada a distribuição percentual do IQAr para o parâmetro PTS, na Figura 75, com majoritariamente a qualidade “Boa”.

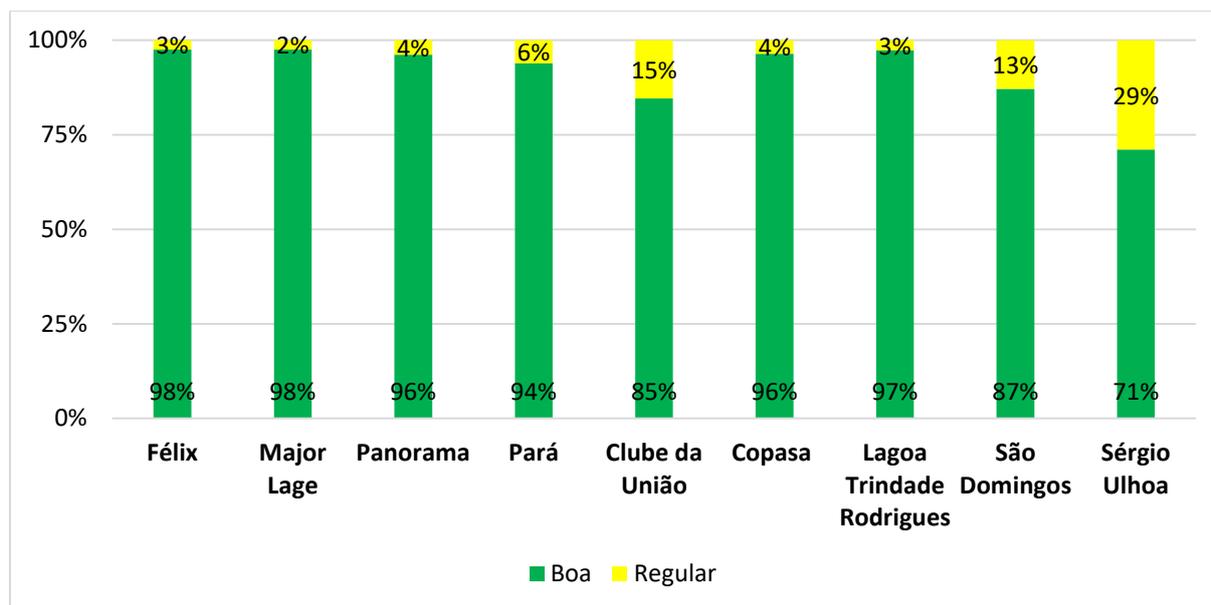


Figura 75: Distribuição percentual do IQAr de PTS em Itabira e Paracatu.

Ressalta-se que as maiores concentrações de curta exposição influenciam diretamente na qualidade do ar nessas regiões, uma vez que, os maiores valores de médias diárias foram observados em estações que produziram as maiores porcentagens da qualidade “Regular” para o IQAr, Sérgio Ulhoa e Clube da União, ambas em Paracatu. Da mesma forma, em Itabira, a estação Pará obteve 6% de classe “Regular”, sendo a que apresentou maior média anual das estações dessa cidade.

4.3.4 MP₁₀ nos demais municípios

Na Figura 76 são apresentadas as máximas diárias de MP₁₀ obtidas nas estações dos demais municípios, em 2015. Vale ressaltar que, segundo a Resolução CONAMA n° 03/1990, o padrão diário para MP₁₀ é de 150 µg/m³ e não deve ser excedido mais do que uma vez por ano.

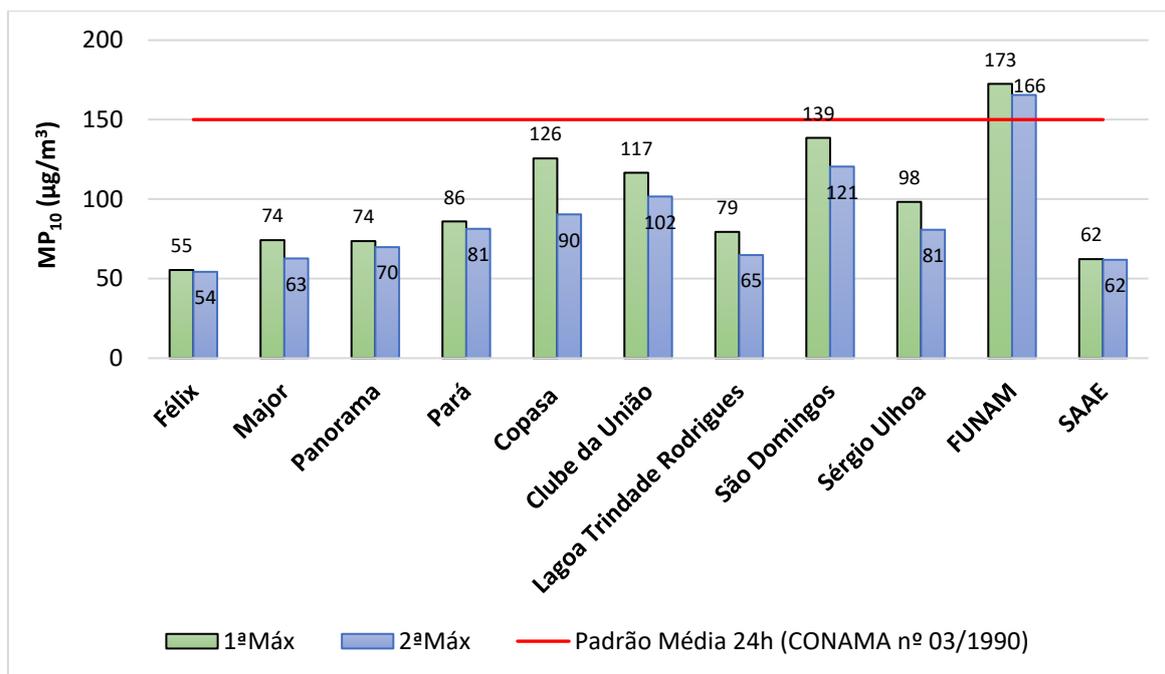


Figura 76: Concentrações máximas diárias de MP_{10} para municípios de Itabira, Paracatu e Pirapora

Tanto a 1ª quanto a 2ª máxima diária de 2015 estiveram abaixo do valor estabelecido pela legislação para quase todas as estações dos Demais Municípios, com exceção da estação FUNAM, situada na cidade de Pirapora. Para esta estação, a 1ª e a 2ª máximas diárias foram superiores ao valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, chegando a 173 e $166 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Portanto, não atendeu ao padrão diário para MP_{10} da Resolução CONAMA n° 03/1990, excedendo 3 vezes no ano, 2 em janeiro e 1 em junho. Na Figura 77 são apresentadas as médias anuais para as Partículas Inaláveis.

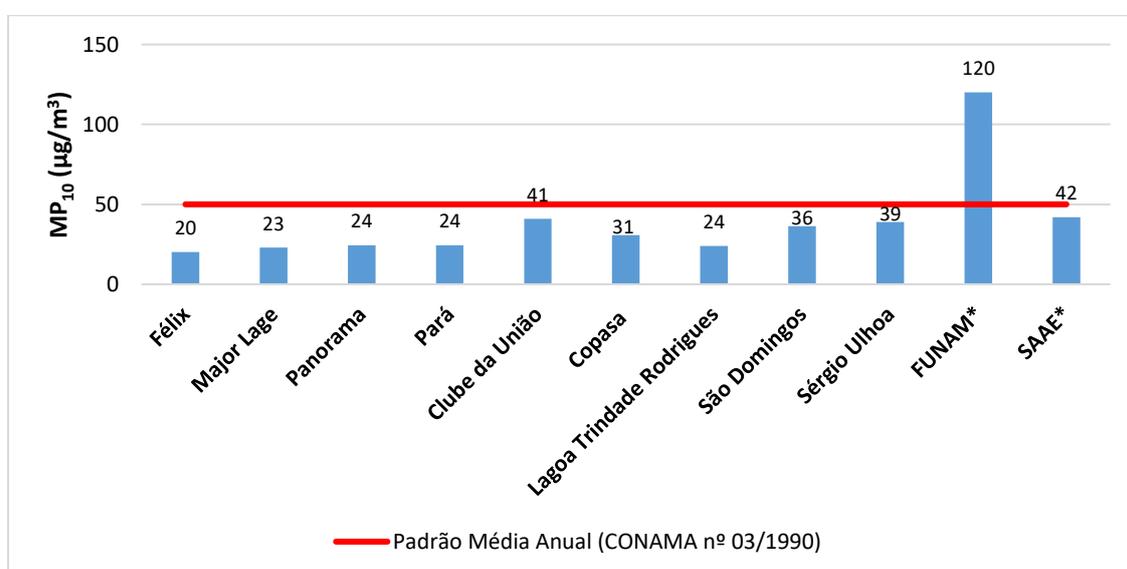


Figura 77: Médias anuais de MP_{10} nos municípios de Itabira, Paracatu e Pirapora.
*Não Representativo.

Atenta-se para o fato de que as médias anuais representativas não ultrapassaram o padrão de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estando por consequência, abaixo do valor estabelecido pela legislação vigente.

Entretanto, ainda que a média anual da estação FUNAM não tenha sido representativa, o valor encontrado foi superior ao padrão ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), indicando altos valores observados para os dados diários válidos. Esse registro é 140% maior que o padrão determinado pela resolução nacional.

Tal constatação fica evidente conforme Figura 78, no qual a distribuição dos IQAr desta estação indica que, nos dias com medições válidas, não ocorreu qualidade do ar “Boa” nesta estação em nenhum dos dias de 2015, sendo observado 96% de classe “Regular” e 4% de classe “Inadequada”.

Ainda conforme a Figura 78, percebe-se o predomínio da qualidade do ar classificada como “Boa” para as partículas inaláveis nas cidades de Itabira e Paracatu.

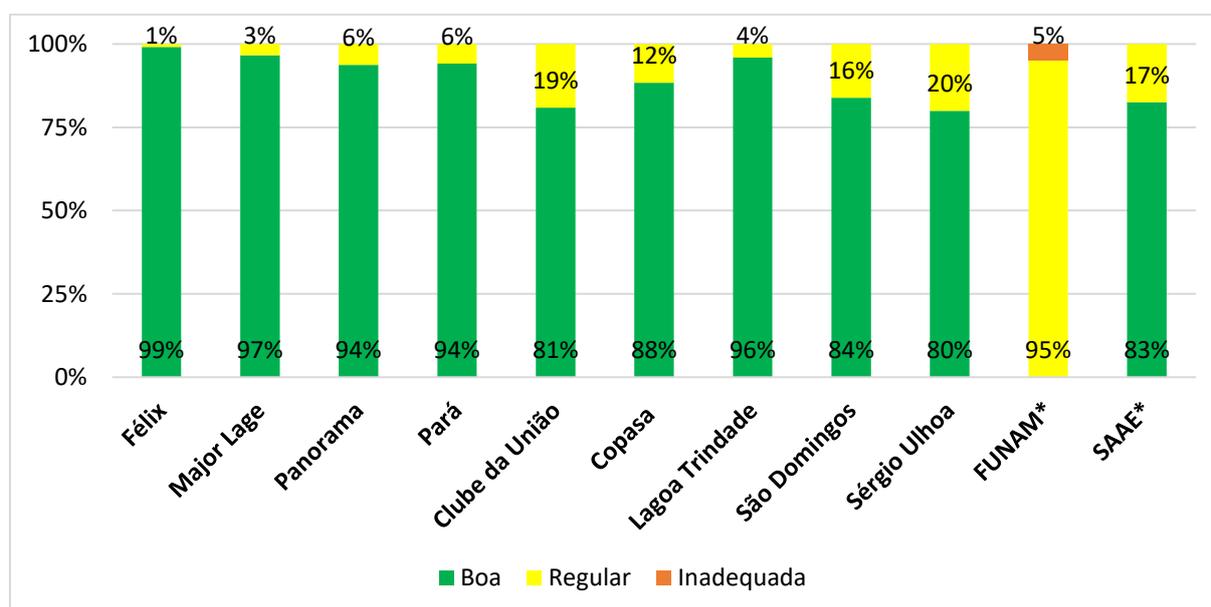


Figura 78: Distribuição percentual do IQAr de MP_{10} nos municípios de Itabira, Paracatu e Pirapora.

4.3.5 $\text{MP}_{2,5}$ nos demais municípios

Das estações instaladas nos municípios de Itabira, Pirapora e Paracatu, apenas as estações Clube da União e Sérgio Ulhoa, situadas em Paracatu, monitoravam partículas respiráveis. As Figuras 79 e 80 mostram as máximas médias diárias e médias anuais de $\text{MP}_{2,5}$, respectivamente. Percebe-se que tanto o valor médio diário

quanto o anual ultrapassaram os valores preconizados pela OMS à época, para ambas as estações.

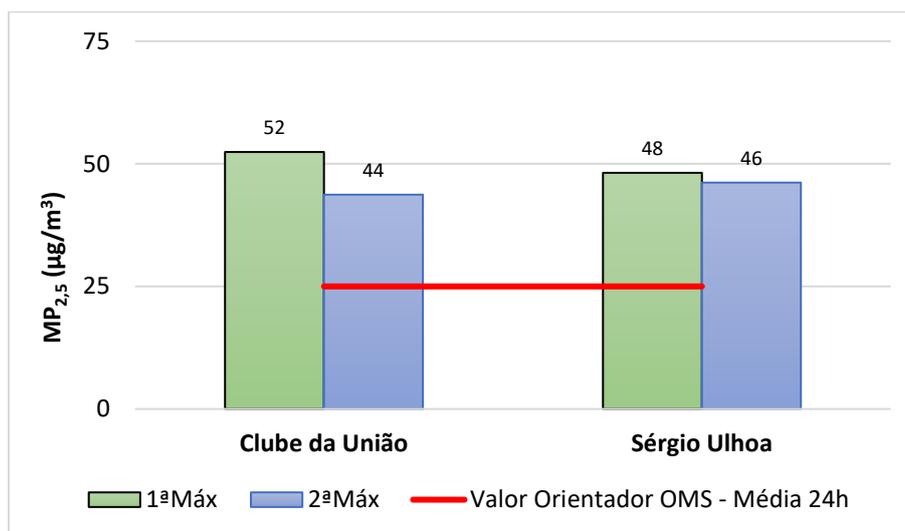


Figura 79: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ em Paracatu.

Nota-se que as máximas para ambas as estações são próximas, sendo que a 1ª máxima concentração registrada é ligeiramente superior na estação Clube do União ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$), frente aos $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obtidos para a estação Sérgio Ulhoa, valores esses 108% e 92% superiores ao referencial estabelecido pela Organização Mundial de Saúde.

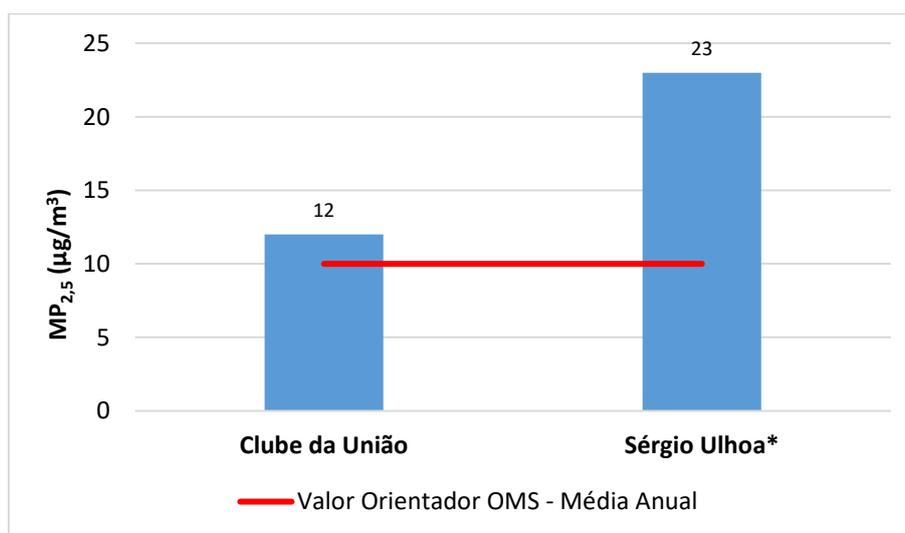


Figura 80: Médias anuais de $MP_{2,5}$ em Paracatu.

Numa análise anual, as partículas finas apresentaram valores discrepantes para as localidades de monitoramento. Ainda que não seja significativo de acordo com os critérios utilizados, verifica-se um valor mais acentuado para a estação Sérgio Ulhoa, $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mais de duas vezes acima do limite indicado pela OMS de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5. Considerações Finais

O Relatório Técnico da Qualidade do Ar de Minas Gerais – Ano Base 2015 apresentou pela primeira vez um panorama geral de todas as estações de qualidade do ar instaladas no estado de Minas Gerais e que transmitiam os dados para o Centro Supervisório da FEAM. Os relatórios anteriores contemplavam apenas as estações presentes na capital mineira e nos municípios limítrofes a Belo Horizonte. No presente Relatório Técnico também foram apresentados a distribuição percentual do IQAr para todos os poluentes e os valores de média anual para os poluentes com padrões de longa duração estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990. Foi possível realizar um diagnóstico mais abrangente da qualidade do ar no estado.

Em relação aos resultados do ano 2015, destaca-se que:

- As partículas totais em suspensão não apresentaram ultrapassagens dos padrões diário e anual em nenhuma das estações avaliadas;
- Considerando as partículas inaláveis, o padrão diário foi ultrapassado três vezes na estação FUNAM, localizada no município de Pirapora. Também houve violação do padrão anual na estação FUNAM, bem como, na estação Centro, no município de São José da Lapa. Entretanto, as médias anuais não foram representativas e devem ser analisadas com cautela;
- No caso das partículas respiráveis os resultados foram comparados com os valores orientadores da OMS vigente à época e, das 17 estações que monitoravam essa fração de particulados, houve ultrapassagem do valor guia da OMS para média diária em 9 estações: Delegacia Amazonas, Centro Administrativo Betim, Cidade Industrial, Centro, Célia, Filhinha Gama, Jardim Encantado, Clube do União e Sérgio Ulhoa. Em relação ao valor recomendado para média anual, houve ultrapassagem na estação Cariru no município de Ipatinga e, na estação Sérgio Ulhoa, em Paracatu. As demais estações não atenderam ao critério de representatividade anual;
- O padrão para o ozônio foi ultrapassado em 12 das 13 estações que monitoravam o poluente. Apenas na estação Centro Avenida do Contorno, situada em Belo Horizonte, houve atendimento ao padrão vigente;

- O padrão horário para o dióxido de nitrogênio foi ultrapassado apenas na estação Petrovale, localizada em Betim;
- Não houve violações ao padrão de dióxido de enxofre e monóxido de carbono.

Os resultados deste relatório mostram informações importantes para o diagnóstico da qualidade do ar para o ano de 2015. Além disso, servem de base para direcionar medidas de mitigação de impactos ambientais e sociais, bem como, subsidiar políticas públicas em favor da população mineira.

6. Referências

ASTOLPHI, J. D. V. C.; SORIANO, E.; SILVA, C. P. A produção do ouro em Paracatu/MG – Brasil: riscos para a saúde e bem-estar da população, 2021. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde - Hygeia**, Três Lagoas, v. 17, p. 55-70. Acesso em: 19 mar. 2021.

BARBOSA, K. S.; JÚNIOR, R. A. C. Centralidades Metropolitanas da RMVA: identificação e classificação, 2016. **Pluris – Contrastes, contradições, complexidades: desafios urbanos no século XXI**. 7º Congresso Luso-brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável. Disponível em: <<https://fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%204%20-%20Planejamento%20Regional%20e%20Urbano/Paper1111.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2021.

BATISTA, C. A. T. **Poluição do Ar de Interiores: Uma Avaliação de Casos Relacionados à Climatização Artificial**, 2008. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora. Trabalho de Conclusão de Curso, 48 p. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/Carla-Alice-Theodoro-Batista.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 5, de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR. Diário Oficial União, Poder Executivo, Brasília, DF, seção 1, p. 14713-14714, 06/1989.

_____. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 3, de 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Brasília, 22/08/1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em: 02 mai. 2015.

BUREAU OF OCEAN ENERGY MANAGEMENT. **The Clean Air Act of 1963**. [20-?] Disponível em: <<https://www.boem.gov/sites/default/files/documents//The%20Clean%20Air%20Act%20of%201963.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2021.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do Ar: Informações Básicas – Poluentes**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: 03 dez. 2021.

_____. **Série Relatórios: Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2010**. São Paulo, 2011 Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Infoclima – Boletim de Informações Climáticas do CPTEC/INPE**, 2015. Disponível em: <<http://infoclima.cptec.inpe.br/#:~:text=Infoclima&text=Apesar%20da%20ocorr%C3>>

[%AAncia%20de%20chuvas,Nordeste%20e%20Sul%20do%20Brasil.>](#). Acesso em: 03 ago. 2022.

DELFINO, R. J.; SIOUTAS, C.; MALIK, S. Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health, 2005. **Environ Health Perspect**, v. 118, n. 8 p. 155-156.

EEA - Environment European Agency. **Air pollution: how it affects our health**, 2020. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/health-impacts-of-air-pollution> Acesso em: 25 abr. 2021.

FAGUNDES, V. J. **Incêndios florestais em unidades de conservação de proteção integral da região metropolitana de Belo Horizonte, MG**. 2016. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras. Dissertação de Mestrado, 123 p.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. (2016). **Relatório Técnico de Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte – Ano Base: 2013**. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/2016/QUALIDADE_AR/Rel_05_monitoramento_qualidade_ar_RMBH_2013_REV_vers%C3%A3o_final_1.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. Qualidade Ambiental. **Poluentes - Fontes e Efeitos**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluentes.asp>>. Acesso em 21 jun. 2021.

FERNANDES, J. S.; CARVALHO, A. M.; CAMPOS, J. F.; COSTA, L. O. FILHO, G. B. Poluição atmosférica e efeitos respiratórios, cardiovasculares e reprodutivos na saúde humana, 2010. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 20, n. 1, p. 92-101. Disponível em: <http://www.rmmg.org/artigo/detalhes/387>>. Acesso: 30 jun. 2022.

FILHO, J. B. M. T. **Dois momentos do planejamento metropolitano em Belo Horizonte: um estudo das experiências do PLAMBEL e do PDDI-RMBH**. 2012. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. Dissertação de Mestrado, 236 p.

FONSECA, J. C. L.; MARCHI, M. R. R.; FONSECA, J. C. L. Substâncias Químicas Perigosas à Saúde e ao Ambiente, 2008. **Programa Internacional de Segurança Química, Organização Mundial da Saúde**. Tradução. São Paulo: Cultura Acadêmica.

FREITAS, A. M.; SOLCI, M. C. Caracterização do MP₁₀ e MP_{2,5} e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de Londrina, 2009. **Química Nova**, n. 32, v. 7. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/F6KY9vykFkSVP9wvHR6BWLm/?lang=pt>>. Acesso em: 29 jun. 2022.

GLOAG, D. Air Pollution: the “classical” pollutants, 1981. **British Medical Journal**, v. 282, n. 6265, p. 723–725.

HARRIS, N. R. P.; ANCELLET, G.; BISHOP, L.; HOFMANN, D. J.; KERR, J. B.; MCPETERS, R. D.; PRENDEZ, M.; RANDEL, W. J.; STAEHELIN, J.; SUBBARAYA,

B. H. ; VOLZ-THOMAS, A.; ZAWODNY, J.; ZEREFOS, C. S. Trends in stratospheric and free tropospheric ozone, 1997. **Journal of Geophysical Research**, v. 102. p. 1571-1590. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/96JD02440/full>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo**. 2011. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_p_opulacao_domicilios.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2021.

_____. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 17 dez. 2021.

_____. **Frotas de Veículos**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120?ano=2015>>. Acesso em: 02 dez. 2021.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Panorama Geral das Condições Meteorológicas e os principais eventos extremos significativos corridos no Brasil em 2016**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Panorama-Geral-2016-Brasil.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

_____. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

_____. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

_____. **Nota Técnica n. 004/17**. Apresenta aspectos relativos à estação chuvosa em Minas Gerais. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Nota_tecnica_CEDEC_04_17.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2022.

_____. **Notas Técnicas**. Análise das anomalias das temperaturas no ano de 2015. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/notasTecnicas#>>. Acesso em: 04 ago. 2022.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **BDQueimadas**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

_____. **Condições atuais do ENOS: La Niña**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#>>. Acesso em: 04 ago. 2022.

KINROSS. **Conheça a Kinross**. Disponível em: <<http://www.kinross.com.br/a-kinross/conheca/>>. Acesso em: 29 dez. 2021.

LISBOA, H. M. Controle da Poluição Atmosférica, 2007. **Montreal: ENS/UFSC**. Edição Eletrônica. Disponível em:

<http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa/uploads/Teaching/FisPoluicaoAr2016/Lisboa_Cap3_efeitos_poluicao_2007.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2021.

LLOPART, M. **Sistemas Meteorológicos Atuantes na América do Sul**, 2012. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

MARENCO, J.A.; NOBRE, C.A.; SELUCHI, M.E.; CUARTAS, A.; ALVES, L.M.; MENDIONDO, E.M.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. **A Seca e a Crise Hídrica de 2014-2015 em São Paulo**. Revista USP, n° 106, p. 31-44, julho/agosto/setembro 2015.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa nº1, de 26 de maio de 1981**. Dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente no Estado de Minas Gerais, considerando a necessidade de operacionalizar imediatamente a proteção ambiental no Estado, resolve fixar normas e padrões para Qualidade do Ar. Belo Horizonte, 02/06/1981. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=88>>. Acesso em: 08 jul. 2022.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa nº74, de 9 de setembro de 2004**. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização ambiental e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Belo Horizonte, 05/02/2005. Disponível em: <<http://sisemanet.meioambiente.mg.gov.br/mbpo/recursos/DeliberaNormativa74.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar**. 136p. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos. – Brasília, DF: MMA, 2020.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. M. N. El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais, 2005. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 364-371.

MOTTIN, T. S. **Tóxicos que Interferem no Transporte de Oxigênio pela Hemoglobina**, 2009. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Seminário. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/toxicos_Hb.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

MOURA, I. F. S. **Avaliação de MP₁₀ na Região Metropolitana de Belo Horizonte**, 2016. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado, 144 p.

MS – Ministério da Saúde. **Saúde Brasil, 2018: Uma análise da situação de saúde e das doenças e agravos crônicos**. 2019. Brasília, cap. 15. p. 309-317. Disponível em:

<https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2018_analise_situacao>

[saude doencas agravos cronicos desafios perspectivas.pdf](#)>. Acesso em: 30 abr. 2021.

OFFICE OF THE LAW REVISION COUNSEL OF THE UNITED STATES HOUSE OF REPRESENTATIVES. **Title 42 - The Public Health a Welfare: Chapter 85 - Air Pollution Prevention Control**, 1967. Disponível em: <<https://uscode.house.gov/view.xhtml?path=/prelim@title42/chapter85/subchapter1&edition=prelim>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

OMS – Organização Mundial Da Saúde. **Environmental Health Criteria: Nitrogen oxides**, 1977. Genebra: International Programme of Chemical Safety. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc004.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

_____. **Environmental Health Criteria: Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter**, 1978. Genebra: International Programme of Chemical Safety. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc008.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

_____. **Environmental Health Criteria: Carbon Monoxide**, 1979. Genebra: International Programme of Chemical Safety. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc013.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

_____. **Air Quality Guidelines for Europe**, 2000. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2000. European Series, n. 91 Disponível em: <https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

_____. **Air Quality Guidelines for Global Update**, 2005. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2006. Disponível em: <https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

_____. **7 Million Deaths Anually Linked to Air Pollution**, 2014. Disponível em: <<https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>>. Acesso em: 25 abr. 2021.

PARACATU - Prefeitura Municipal de Paracatu. **Conheça Paracatu**, 2021. Disponível em: <<http://paracatu.mg.gov.br/paracatu>>. Acesso em: 28 dez. 2021.

PEREIRA, L. S. **Qualidade do Ar Versus Interações por Doenças Respiratórias em Foz do Iguaçu/PR (2017-2018)**, 2019. Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu. Dissertação de Mestrado, 112 p.

PIRAPORA – **Revisão Plano Diretor**, 2017. Disponível em: <<https://www.pirapora.mg.gov.br/assets/planodiretor/upload/downloads/eitura-tecnica-historia-de-pir-20190916224244.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2021.

QUEIROZ, M. T. A.; CORREIO, B. L. C.; CORREIO, J. A. C. C.; CORREIO, T. L. P. B. Aspectos da poluição atmosférica: análise da qualidade do ar em Coronel Fabriciano e Timóteo, MG, Brasil, 2020. **Revista Gestão Industrial**, v. 16, n. 1, p. 204-223.

RADICCHI, A. L. A. A poluição na bacia aérea da região metropolitana de Belo Horizonte e sua repercussão na saúde da população, 2012. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 29, n. 1, p. 195-198.

SANTOS, H. L., FIALHO, M. L., REIS, K. P., FRANCO, M. V., & OLIVEIRA, R. B. D. (2019). Relação entre poluentes atmosféricos e suas consequências para a saúde. **Revista Científica Intr@ ciência**, v. 17, p. 01-24, 2019. Disponível em: <https://uniesp.edu.br/sites/biblioteca/revistas/20190312105045.pdf>. Acesso em : Set, 2022.

SARAIVA, L. A. S.; CARRIERI, A. P. Organização-cidade: proposta de avanço conceitual a partir da análise de um caso, 2012. **Revista de Administração Pública**, v. 46, n. 2, p. 547-576.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável **Evolução Espacial do Licenciamento em Minas Gerais - Quadriênio 2013 a 2016**. SEMAD, Belo Horizonte, 2018.

SILVA, A. F.; VIEIRA, C. A. Aspectos da poluição atmosférica: uma reflexão sobre a qualidade do ar nas cidades brasileiras, 2017. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 166-189.

SISEMA. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2021. Disponível em: idesisema.meioambiente.mg.gov.br. Acesso em: Nov,2022.

TRINDADE, B. T. **Quantificação dos Aerossóis Atmosféricos e a Influência dos Principais Sistemas Meteorológicos Atuantes na Região da Grande Vitória/ES: Um Estudo de Caso Para o Inverno de 2013**, 2013. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória. Trabalho de Conclusão de Curso, 91 p. Disponível em: https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/quantificacao_dos_aerossols_atmosfericos_e_a_influencia_dos_principais_sistemas_meteorologicos_atuantes_na_regiao_da_grand.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2022.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)**. Research Triangle Park, North Carolina. Dez. 2013.

_____. **Ozone: Good Up High, Bad Nearby**, 2003. Washington, DC. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/documents/gooduphigh.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

_____. **Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – The Air Quality Index (AQI)**, 2013. Research Triangle Park, North Carolina. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100FD3G.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2011%20Thru%202015&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C11THRU15%5CTXT%5C00000006%5CP100FD3G.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C->

[&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=2>](#). Acesso em: 16 set. 2015.

_____. **Criteria Air Pollutants**, 2021. Disponível em: <<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants#self>>. Acesso em: 28 abr. 2021.

_____. **Clean Air Act Overview**, 2021. Disponível em: <<https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-text>>. Acesso em: 26 abr. 2021.

_____. **Particulate Matter (PM) Pollution**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#effects>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

VASCONCELLOS, F. A. **Região Metropolitana do Vale do Aço – Evolução urbana, planejamento e desafios contemporâneos**, 2014. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto. Dissertação de Mestrado, 94 p.

WHO - World Health Organization. **Air Quality Guidelines Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide**, 2006. Copenhagen, Dinamarca.



feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE

MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.