

RELATÓRIO ANUAL DE QUALIDADE DO AR DE MINAS GERAIS

ANO BASE 2020

SALÃO DE PEDRAS - CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO - MG
FOTO: NACIP GÓMEZ

MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**GOVERNO
DE MINAS**

AQUI O TREM PROSPERA.

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Subsecretaria de Gestão Ambiental
Superintendência de Qualidade Ambiental e Mudanças Climáticas
Diretoria de Qualidade e Monitoramento Ambiental
Núcleo de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas

Relatório Anual de Qualidade do Ar de Minas Gerais
Ano Base – 2020

Belo Horizonte
Agosto de 2025



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

Subsecretaria de Gestão Ambiental – SUGA

Diogo Soares de Melo Franco

Superintendência de Qualidade Ambiental e Mudanças Climáticas – SQMC

Renata Maria de Araújo

Diretoria de Qualidade e Monitoramento Ambiental - DQMA

Priscila Cristina Pizano de Souza Koch – Diretora

Núcleo de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas - NQA

David de Hollanda Vianna – Coordenador

Equipe técnica responsável pela elaboração

João Vitor Rocha de Matos – Estagiário

Leidiane Santana Santos – Analista Ambiental

Robson Fernando Justino – Analista Ambiental

Equipe NQA

Antônio Alves dos Reis – Analista Ambiental

Diego Bonifácio Maria – Estagiário

João Vitor Rocha de Matos – Estagiário

Leidiane Santana Santos – Analista Ambiental

Pedro Henrique Couto Cunha - Estagiário

Rejane Cristina da Silva Mendes – Administrativo

Ricardo Silva Queiroz – Analista Ambiental

Robson Fernando Justino – Analista Ambiental

Rúbia Cecília Augusta Francisco – Analista Ambiental

Sueli Batista Ferreira – Analista Ambiental

Vinícius Almeida de Oliveira – Estagiário

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

M663r Minas Gerais. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

Relatório anual de qualidade do ar de Minas Gerais: ano base 2020 / Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. ---
Belo Horizonte: Semad, 2025.

233 p.; il.

1. Qualidade do ar – Minas Gerais. 2. Estação de monitoramento.
3. Poluentes. I. Título.

CDU: 614.71

RESUMO

O presente relatório técnico mostra a avaliação dos dados de qualidade do ar monitorados nas 54 estações contínuas instaladas no Estado de Minas Gerais em 2020. Além disto, apresenta aspectos meteorológicos gerais e informações sobre as principais fontes de emissão atmosférica existentes nas regiões, fatos que são relevantes para a discussão dos dados. Os poluentes apresentados e discutidos foram os previstos e vigentes à época pela Resolução CONAMA nº 491/2018: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP₁₀), Partículas Respiráveis (MP_{2,5}), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃), Dióxido de Nitrogênio (NO₂) e Dióxido de Enxofre (SO₂). Com base nos resultados, o PTS teve seu padrão diário ultrapassado em 4 estações, nos municípios de Congonhas e Timóteo, porém, apenas no primeiro município o padrão anual foi superado. Quanto ao MP₁₀, o padrão diário foi superado em 11 estações e 10 ficaram acima do padrão anual, tendo destaque os municípios de Congonhas, Pirapora, São José da Lapa e Timóteo. Já para as partículas respiráveis, houve a extrapolação do padrão diário apenas em Conceição do Mato Dentro. Em relação aos poluentes gasosos houve plena conformidade com os padrões de qualidade para o CO, NO₂ e o SO₂. Para o O₃ foram registradas ultrapassagens do padrão de 8 horas em 5 estações, sendo 2 de Belo Horizonte, 1 de Contagem, 1 em Ipatinga e 1 em Congonhas. Na maioria das estações foi percebida uma redução dos valores médios anuais em comparação com o ano anterior, o que pode estar atrelada à redução das emissões decorrentes da pandemia do COVID-19 e à redução do número de focos de incêndios. Quanto à meteorologia, os índices pluviométricos não apresentaram grandes mudanças e os registros de temperatura superaram as normais climatológicas em vários meses, com destaque para a forte onda de calor que ocorreu no final de setembro e início de outubro. A SEMAD reforça a importância do monitoramento da qualidade do ar em Minas Gerais, a divulgação dos resultados e a sua utilização para subsidiar políticas públicas.

Lista de Siglas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CMD – Conceição do Mato Dentro
CO – Monóxido de carbono
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental
DV – Direção do vento
DN – Deliberação Normativa
EPA – *Environmental Protection Agency*
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
FJP – Fundação João Pinheiro
FUNAM – Fundação Educacional Alto Médio São Francisco
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
MP_{2,5} – Partículas Respiráveis
MP₁₀ – Partículas Inaláveis
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NAAQS – National Ambient Air Quality Standards
NO₂ – Dióxido de nitrogênio
NO_x – Óxidos de nitrogênio
NQA - Núcleo de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas
O₃ – Ozônio
OMS – Organização Mundial de Saúde
PA – Pressão atmosférica
PCVCs – Poluente Climáticos de Vida Curta
PP – Precipitação Pluviométrica
PRONAR – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
PSI – Pollutant Standards Index

PTS – Partículas Totais em Suspensão
PUC – Pontifícia Universidade Católica
QAr – Qualidade do Ar
RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMVA – Região Metropolitana do Vale do Aço
RS – Radiação solar
SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SENAC – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SO₂ – Dióxido de enxofre
UR – Umidade relativa
USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
VOCs – Compostos orgânicos voláteis
VV – Velocidade do vento
T – Temperatura
TAC – Termo de Ajustamento de Conduta



Lista de Figuras

Figura 1: Estações automáticas de monitoramento da QAr em Minas Gerais.....	26
Figura 2: Estações de monitoramento da QAr da RMBH.	28
Figura 3: Estações de monitoramento da QAr da RMVA.	30
Figura 4: Estações de monitoramento da QAr na Bacia do Rio Doce.	32
Figura 5: Estações de monitoramento em Congonhas e Ouro Preto.	34
Figura 6: Estações de monitoramento em Itabira.....	36
Figura 7: Estações de monitoramento da QAr em Paracatu.	37
Figura 8: Estações de monitoramento da QAr em Pirapora.	38
Figura 9: Estações de monitoramento em Conceição do Mato Dentro.....	39
Figura 10: Precipitação acumulada mensal em regiões de Minas Gerais.	43
Figura 11: Temperatura média mensal em regiões de Minas Gerais.	44
Figura 12: Velocidade média do vento em regiões de Minas Gerais.....	45
Figura 13: Dias desfavoráveis à dispersão em regiões de Minas Gerais em 2020.....	46
Figura 14: Crescimento da frota veicular na RMBH.	50
Figura 15: Focos de incêndio na RMBH.....	51
Figura 16: Empreendimentos licenciados na RMBH de 2016 a 2020.....	52
Figura 17: Concentrações máximas diárias de PTS em Brumadinho.....	54
Figura 18: Concentrações médias anuais de PTS em Brumadinho.	54
Figura 19: Evolução da média anual de PTS em Brumadinho.	55
Figura 20: Concentrações máximas diárias de MP ₁₀ nas estações da RMBH.....	56
Figura 21: Concentrações médias anuais de MP ₁₀ na RMBH.	58
Figura 22: Evolução das médias anuais de MP ₁₀ na RMBH.....	59
Figura 23: Concentrações máximas diárias de MP _{2,5} nas estações da RMBH.	60
Figura 24: Concentrações Médias Anuais de MP _{2,5} na RMBH.	61
Figura 25: Evolução das médias anuais de MP _{2,5} na RMBH.	62
Figura 26: Concentrações máximas diárias de SO ₂ na RMBH.....	63
Figura 27: Concentrações médias anuais de SO ₂ na RMBH.	64
Figura 28: Evolução das médias anuais de SO ₂ na RMBH.	65
Figura 29: Concentrações máximas horárias de NO ₂ nas estações da RMBH.	66
Figura 30: Concentrações médias anuais de NO ₂ na RMBH.....	67
Figura 31: Evolução das médias anuais de NO ₂ na RMBH.....	68
Figura 32: Concentrações máximas de 8 horas de CO na RMBH.....	69
Figura 33: Concentrações máximas médias de 8 horas de O ₃ na RMBH.....	70
Figura 34: Crescimento da frota veicular na RMVA.	74
Figura 35: Focos de incêndio na RMVA.....	75
Figura 36: Empreendimentos licenciados na RMVA de 2016 a 2020.....	75
Figura 37: Concentrações máximas diárias de PTS para a RMVA.	77
Figura 38: Concentrações médias anuais de PTS na RMVA.	77
Figura 39: Evolução das médias anuais de PTS na RMVA.....	78
Figura 40: Concentrações máximas diárias de MP ₁₀ na RMVA.....	79
Figura 41: Concentrações médias anuais de MP ₁₀ na RMVA.	80
Figura 42: Evolução das médias anuais de MP ₁₀ na RMVA.....	81
Figura 43: Concentrações máximas diárias de MP _{2,5} na RMVA.....	82
Figura 44: Concentrações médias anuais de MP _{2,5} na RMVA.....	83

Figura 45: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMVA.....	84
Figura 46: Concentrações máximas diárias de SO_2 na RMVA.	85
Figura 47: Concentrações Médias Anuais de SO_2 na RMVA.	86
Figura 48: Evolução das médias anuais de SO_2 na RMVA.....	86
Figura 49: Concentrações máximas horárias de NO_2 na RMVA.	87
Figura 50: Concentrações médias anuais de NO_2 na RMVA.	88
Figura 51: Evolução das médias anuais de NO_2 na RMVA.	88
Figura 52: Concentrações máximas médias de 8 horas de CO na RMVA.	89
Figura 53: Concentrações máximas médias de 8 horas de O_3 na RMVA.....	90
Figura 54: Crescimento da frota veicular na bacia do Rio Doce.....	94
Figura 55: Focos de incêndio na Bacia do Rio Doce.....	95
Figura 56: Empreendimentos licenciados na Bacia do Rio Doce.	95
Figura 57: Concentrações máximas diárias de PTS na Bacia do Rio Doce.	96
Figura 58: Médias anuais de PTS na Bacia do Rio Doce.....	97
Figura 59: Evolução das médias anuais de PTS na Bacia do Rio Doce.....	98
Figura 60: Concentrações máximas diárias de MP_{10} na Bacia do Rio Doce.....	98
Figura 61: Médias anuais de MP_{10} na Bacia do Rio Doce.....	100
Figura 62: Evolução das médias anuais de MP_{10} na Bacia do Rio Doce.....	101
Figura 63: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ na Bacia do Rio Doce.....	102
Figura 64: Médias anuais de $MP_{2,5}$ na Bacia do Rio Doce.	103
Figura 65: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ na Bacia do Rio Doce.	104
Figura 66: Crescimento da frota veicular de Congonhas e Ouro Preto.	106
Figura 67: Focos de Incêndio em Congonhas e Ouro Preto.....	107
Figura 68: Empreendimentos licenciados em Congonhas e Ouro Preto.	107
Figura 69: Concentrações diárias máximas de PTS em Congonhas e Ouro Preto. ...	108
Figura 70: Concentrações médias anuais de PTS em Congonhas e Ouro Preto.	109
Figura 71: Evolução das médias anuais de PTS em Congonhas e Ouro Preto.....	110
Figura 72: Concentrações diárias máximas de MP_{10} em Congonhas e Ouro Preto...	111
Figura 73: Concentrações médias anuais de MP_{10} em Congonhas e Ouro Preto.	112
Figura 74: Evolução das médias anuais de MP_{10} em Congonhas e Ouro Preto.....	112
Figura 75: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ em Congonhas.	113
Figura 76: Concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ em Congonhas.....	114
Figura 77: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ em Congonhas.	115
Figura 78: Concentrações médias diárias máximas de SO_2 em Congonhas.....	116
Figura 79: Concentrações médias anuais de SO_2 em Congonhas.....	117
Figura 80: Evolução das médias anuais de SO_2 em Congonhas.	117
Figura 81: Concentrações médias horárias máximas de NO_2 em Congonhas.	118
Figura 82: Concentrações médias anuais de NO_2 em Congonhas.....	119
Figura 83: Evolução das médias anuais de NO_2 em Congonhas.	119
Figura 84: Concentrações máximas médias de 8 horas de CO em Congonhas.....	120
Figura 85: Concentrações máximas médias de 8 horas de O_3 em Congonhas.....	121
Figura 86: Crescimento da frota veicular dos demais municípios.....	125
Figura 87: Focos de incêndio nos demais municípios.....	125
Figura 88: Empreendimentos licenciados nos demais municípios.....	126
Figura 89: Máximas concentrações diárias de PTS nos demais municípios.	127
Figura 90: Concentrações médias anuais de PTS nos demais municípios.	128

Figura 91: Evolução das médias anuais de PTS nos demais municípios.	129
Figura 92: Máximas concentrações diárias de MP_{10} nos demais municípios.	130
Figura 93: Concentrações médias anuais de MP_{10} nos demais municípios.	131
Figura 94: Evolução das médias anuais de MP_{10} nos demais municípios.	132
Figura 95: Máximas concentrações diárias de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.	133
Figura 96: Concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.	134
Figura 97: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.	135
Figura 98: Máximas concentrações de 8 horas de O_3 nos demais municípios.	136

Lista de Tabelas

Tabela 1: Padrões de qualidade do ar da Resolução CONAMA nº 491/2018.	22
Tabela 2: Estrutura do Índice de Qualidade do Ar (IQAr)	23
Tabela 3: Relação entre o valor do IQAr e possíveis efeitos a saúde.	24
Tabela 4: Especificações das estações da RMBH.	27
Tabela 5: Especificações das estações da RMVA.	29
Tabela 6: Especificações das estações da Bacia do Rio Doce.	31
Tabela 7: Especificações das estações de Congonhas e Ouro Preto.	33
Tabela 8: Especificações das estações dos demais municípios.	35
Tabela 9: Tipos de médias e critérios de validação de representatividade.	40
Tabela 10: Relação entre as listagens e tipologias industriais.	52
Tabela 11: Listagem dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.	53
Tabela 12: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ na RMBH.	57
Tabela 13: Distribuição percentual do IQAr de MP _{2,5} na RMBH.	61
Tabela 14: Distribuição percentual do IQAr de SO ₂ na RMBH.	63
Tabela 15: Distribuição percentual do IQAr de NO ₂ na RMBH.	66
Tabela 16: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMBH.	69
Tabela 17: Distribuição percentual do IQAr de O ₃ na RMBH.	70
Tabela 18: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.	76
Tabela 19: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ na RMVA.	80
Tabela 20: Distribuição percentual do IQAr de MP _{2,5} na RMVA.	82
Tabela 21: Distribuição percentual do IQAr de SO ₂ na RMVA.	85
Tabela 22: Distribuição percentual do IQAr de NO ₂ na RMVA.	87
Tabela 23: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMVA.	89
Tabela 24: Distribuição percentual do IQAr de O ₃ para RMVA.	91
Tabela 25 - Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.	96
Tabela 26: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ na Bacia do Rio Doce.	99
Tabela 27: Distribuição percentual do IQAr de MP _{2,5} na Bacia do Rio Doce.	102
Tabela 28: Listagem dos empreendimentos em Congonhas e Ouro Preto em 2020.	108
Tabela 29: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ em Congonhas e Ouro Preto.	111
Tabela 30: Distribuição percentual do IQAr de MP _{2,5} em Congonhas.	114
Tabela 31: Distribuição percentual do IQAr de SO ₂ em Congonhas.	116
Tabela 32: Distribuição percentual do IQAr de NO ₂ em Congonhas.	118
Tabela 33: Distribuição percentual do IQAr de CO em Congonhas.	120
Tabela 34: Distribuição percentual do IQAr de O ₃ em Congonhas.	121
Tabela 35: Listagens dos empreendimentos nos demais municípios.	127
Tabela 36: Distribuição percentual do IQAr de MP ₁₀ nos demais municípios.	131
Tabela 37: Distribuição percentual do IQAr de MP _{2,5} nos demais municípios.	133
Tabela 38: Distribuição percentual do IQAr de O ₃ em Conceição do Mato Dentro.	136

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	POLUENTES, PADRÕES E ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR.....	16
2.1	Poluentes da Qualidade do Ar.....	16
2.1.1	Partículas Totais em Suspensão (PTS)	16
2.1.2	Partículas Inaláveis (MP ₁₀)	17
2.1.3	Partículas Respiráveis (MP _{2,5})	18
2.1.4	Dióxido de Enxofre (SO ₂).....	19
2.1.5	Monóxido de Carbono (CO).....	19
2.1.6	Ozônio (O ₃).....	20
2.1.7	Dióxido de Nitrogênio (NO ₂).....	20
2.2	Padrões de Qualidade do Ar	21
2.3	Índice da Qualidade do Ar e efeitos à saúde	22
3	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR	25
3.1	Gestão da Qualidade do Ar em Minas Gerais	25
3.2	Estações de Monitoramento da qualidade do ar em Minas Gerais	25
3.3	Tratamento dos dados	40
3.3.1.	Dados de qualidade do ar	40
3.3.2.	Dados meteorológicos	41
4	METEOROLOGIA NO ANO DE 2020	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	RMBH	47
5.1.1	Caracterização das fontes de poluição da RMBH	49
5.1.2	PTS na RMBH	53
5.1.3	MP ₁₀ na RMBH	55
5.1.4	MP _{2,5} na RMBH	59
5.1.5	SO ₂ na RMBH.....	62
5.1.6	NO ₂ na RMBH	65
5.1.7	CO na RMBH.....	68
5.1.8	O ₃ na RMBH	69
5.2	RMVA	71
5.2.1	Caracterização das fontes de poluição da RMVA	73
5.2.2	PTS na RMVA	76
5.2.3	MP ₁₀ na RMVA	78
5.2.4	MP _{2,5} na RMVA.....	81

5.2.5	SO ₂ na RMVA.....	84
5.2.6	NO ₂ na RMVA.....	86
5.2.7	CO na RMVA.....	89
5.2.8	O ₃ na RMVA.....	90
5.3	Bacia do Rio Doce	91
5.3.1	Caracterização das fontes de poluição da Bacia do Rio Doce	94
5.3.2	PTS na Bacia do Rio Doce	96
5.3.3	MP ₁₀ na Bacia do Rio Doce	98
5.3.4	MP _{2,5} na Bacia do Rio Doce.....	101
5.4	Congonhas e Ouro Preto	104
5.4.1	Caracterização das fontes de poluição de Congonhas e Ouro Preto	106
5.4.2	PTS em Congonhas e Ouro Preto	108
5.4.3	MP ₁₀ em Congonhas e Ouro Preto	110
5.4.4	MP _{2,5} em Congonhas e Ouro Preto.....	113
5.4.5	SO ₂ em Congonhas e Ouro Preto.....	115
5.4.6	NO ₂ em Congonhas e Ouro Preto.....	117
5.4.7	CO em Congonhas e Ouro Preto.....	120
5.4.8	O ₃ em Congonhas e Ouro Preto	120
5.5	Demais municípios.....	122
5.5.1	Caracterização das fontes de poluição dos demais municípios	124
5.5.2	PTS nos demais municípios	127
5.5.3	MP ₁₀ nos demais municípios.....	129
5.5.4	MP _{2,5} nos demais municípios	132
5.5.5	O ₃ nos demais municípios	135
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	137
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
	Apêndice A – RMBH	149
	Temperatura	149
	Umidade Relativa	153
	Pressão Atmosférica.....	157
	Precipitação Pluviométrica.....	159
	Radiação Solar	163
	Velocidade do vento	167
	Apêndice B – RMVA	171
	Temperatura	171
	Umidade Relativa	173

Pressão Atmosférica.....	175
Precipitação Pluviométrica.....	176
Radiação Solar	177
Velocidade do Vento.....	178
Apêndice C – Bacia do Rio Doce	180
Temperatura	180
Umidade Relativa	180
Precipitação Pluviométrica.....	181
Velocidade do Vento.....	181
Apêndice D – Congonhas e Ouro Preto.....	183
Temperatura	183
Umidade Relativa	186
Precipitação Pluviométrica.....	189
Radiação Solar	191
Velocidade do vento	193
Pressão Atmosférica.....	195
APÊNDICE E – Demais municípios	197
Temperatura	197
Umidade Relativa	199
Precipitação Pluviométrica.....	200
Radiação Solar	201
Velocidade do vento	202
Pressão Atmosférica.....	205
APÊNDICE F – NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS MP ₁₀	206
APÊNDICE G – NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS MP _{2,5}	208
APÊNDICE H – NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS O ₃	210
APÊNDICE I – NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS NO ₂	211
APÊNDICE J – NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS DE SO ₂	212

1 INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica, um problema crescente em muitas regiões do mundo, é decorrente principalmente da queima de combustíveis fósseis, processos industriais, incineração de resíduos, práticas agrícolas e processos naturais como raios, polinização, incêndios florestais, tempestades de poeira e erupções vulcânicas. Esses processos liberam poluentes como material particulado (MP), dióxido de nitrogênio (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e monóxido de carbono (CO), cujas concentrações em excesso afetam tanto a saúde humana quanto o equilíbrio dos ecossistemas (OMS, 2021). Além destes poluentes emitidos diretamente para a atmosfera, a Organização Mundial da Saúde também apresenta em suas publicações valores guias para o ozônio.

A exposição à poluição do ar no curto ou longo prazo está associada ao aumento no volume de atendimentos de saúde e hospitalizações por doenças cardiorrespiratórias (como redução da capacidade pulmonar, exacerbação de sintomas respiratórios, infarto, acidente vascular cerebral e câncer de pulmão), à mortalidade geral e por causas específicas, ao absenteísmo escolar, aos índices de baixo peso ao nascer, às incidências de malformações congênitas e de morte intrauterina, e a prejuízos às funções reprodutivas, endócrinas e metabólicas (Ministério da Saúde, 2021).

Os efeitos danosos da poluição do ar não se limitam à saúde humana, também se estendem ao clima, água (ciclo hidrológico), energia renovável e agricultura. Alguns poluentes atmosféricos, como o carbono negro (*black carbon*), ozônio troposférico e o metano – também chamados de poluentes climáticos de vida curta (PCVCs) – colaboram para o aquecimento global e o seu controle contribui para limitar o aumento

PCVCs

São poluentes climáticos de vida curta que afetam o ciclo da água.

da temperatura média global a 1,5°C. O material particulado pode afetar o ciclo da água reduzindo a quantidade de radiação solar que atinge a superfície do planeta, consequentemente afetando a taxa na qual a água evapora e se move para a atmosfera influenciando na formação de nuvens e na capacidade de transporte de água. Além disto, alguns poluentes atmosféricos

contribuem para a formação da chuva ácida. No caso da energia renovável os

impactos ocorrem na redução da geração da energia solar. Em regiões com altas concentrações de material particulado ocorre maior deposição de partículas sob os painéis solares e é mais difícil a luz do sol penetrar completamente no *smog*. Esta redução da quantidade de luz solar decorrente da presença de material particulado também afeta as plantas e culturas alimentares, interferindo na fotossíntese. O ozônio também causa impactos na agricultura ao danificar as células das plantas (SEDDON *et al.*, 2019).

Dado todo este impacto decorrente da poluição atmosférica é fundamental seu acompanhamento. O monitoramento da qualidade do ar é um dos instrumentos utilizados para este objetivo. Ele consiste basicamente na utilização de analisadores manuais ou automáticos para quantificar os níveis (concentração) de determinados poluentes e comparar com os padrões estabelecidos na legislação.

No estado de 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. Essas redes contínuas e automáticas são acompanhadas pelo Núcleo de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas (NQA), da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), sendo os resultados deste monitoramento abordados neste relatório anual.

A qualidade do ar é produto da interação de um complexo conjunto de fatores dentre os quais destacam-se a intensidade das emissões, o relevo e as condições meteorológicas da região, favoráveis ou não à dispersão dos poluentes (MMA, 2021). Acrescenta-se a essa interação as condições de uso e ocupação do solo urbano.

Em 2020, houve redução temporária das emissões de poluentes atmosféricos em decorrência das restrições impostas pela pandemia do COVID-19, como forma de conter a propagação do vírus. Entre as medidas de restrição podemos citar o fechamento temporário de fábricas, a redução do tráfego de veículos e a diminuição da atividade industrial. Em Minas Gerais, no dia 22 de março de 2020, foi publicada a Deliberação nº17 do Comitê Extraordinário COVID-19, que dispôs sobre medidas emergenciais de restrição e acessibilidade a determinados serviços e bens públicos

e privados cotidianos, enquanto durasse o estado de calamidade pública em decorrência da pandemia Coronavírus – COVID-19, em todo o território do Estado.

A redução das emissões decorrentes das restrições impostas pela pandemia do COVID-19 não resultou em melhorias expressivas na qualidade do ar em Minas Gerais, houve uma diminuição da concentração anual de alguns poluentes em relação ao ano anterior, porém sem diferenças significativas. Resultado semelhante foi reportado pela CETESB em São Paulo,

COVID-19

O período não resultou em melhorias expressivas na qualidade do ar em Minas Gerais

que observou que as concentrações médias anuais em 2020 foram praticamente iguais às de 2019 para as partículas inaláveis e respiráveis (CETESB, 2022). No Rio Grande do Sul, a FEPAM realizou um estudo comparando os valores de qualidade do ar do mês de abril para os anos de 2017 a 2020 e também não encontraram redução ou alteração significativa dos níveis de concentração dos poluentes no ambiente em função da redução da frota automobilística em circulação e da menor atividade industrial e comercial, decorrentes do isolamento social causado pela pandemia do COVID-19 (FEPAM, 2020).

Por outro lado, no Rio de Janeiro, o INEA observou redução na concentração de alguns poluentes ao comparar os resultados de 2020 com os resultados de 2019. Foi observada redução nas concentrações de CO (30-49%), SO₂ (34%), NO₂ (17-54%) e MP₁₀ (17%) (INEA, 2024). A CETESB também constatou redução das concentrações de CO, NO e NO₂, não só no período de maior restrição das atividades no estado (24/03 a 23/04 de 2020), mas também quando compararam com concentrações em relação ao mesmo período de anos anteriores (2017 a 2019), e também notaram uma leve diminuição das concentrações anuais. Os dois estados também relataram comportamento semelhante para o ozônio, sendo observado aumento de concentração durante o período da pandemia.

Os resultados citados anteriormente ilustram a complexidade para se alcançar melhorias significativas na qualidade do ar. Mesmo durante o período de maior restrição das atividades devido à pandemia do COVID-19, com consequente redução das emissões, não foi possível notar quedas significativas da concentração de alguns poluentes e em alguns casos houve até aumento da concentração. Tal

comportamento evidencia que as medidas para redução das emissões atmosféricas não podem ser pontuais, pois para resultarem em melhoria da qualidade do ar precisam ser ações contínuas e de longo prazo, destacando a necessidade de políticas públicas para a redução permanente da poluição do ar.

Neste sentido, o objetivo deste relatório é apresentar o diagnóstico da qualidade do ar para o ano de 2020, considerando os dados do monitoramento contínuo e automático, o atendimento aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018 e a meteorologia da região. As análises realizadas neste documento baseiam-se nos dados obtidos pelo monitoramento, avaliando os poluentes com base nos seus respectivos índices de qualidade do ar, concentrações médias anuais, concentrações máximas diárias e avaliando as tendências no comportamento desses poluentes com base na série histórica de dados.

2 POLUENTES, PADRÕES E ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR

2.1 Poluentes da Qualidade do Ar

A Resolução CONAMA nº 491/2018, estabelece que poluente atmosférico consiste em qualquer forma de matéria 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. Essa norma definiu os padrões de qualidade do ar para os principais poluentes atmosféricos, os quais 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. Esse grupo de partículas compreende uma porção mais grossa do material particulado, incluindo partículas que apresentam diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 50 µm. De forma natural, as principais fontes de emissão 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, 2021). Esse poluente é bastante comum em áreas de mineração, sendo principalmente emitido durante o processamento do minério nas etapas de britagem, nas vias de acesso e locais de descarregamento devido ao tráfego de veículos pesados e durante as etapas de transferência e estocagem com o uso de pilhas de minério (ALMEIDA, 1999). Um dos desafios característicos desse tipo de atividade reside no fato de que uma importante porção do material particulado emitido é proveniente de áreas sem cobertura, vias de tráfego e áreas passíveis de erosão (LIMA; FERREIRA; PRADO FILHO, 2016), que são fontes de emissão não contempladas pelos limites máximos de emissão estabelecidos na legislação estadual, atualmente a Deliberação Normativa COPAM n° 187/2013 (MINAS GERAIS, 2013).

O tamanho das partículas está diretamente associado à sua potencialidade de penetração no trato respiratório e possibilidade de causar efeitos adversos à saúde humana, especialmente doenças respiratórias. Dessa forma, por se tratar de partículas com diâmetro aerodinâmico mais elevado, as PTS não são capazes de penetrar no sistema respiratório (MMA, 2023), no entanto, 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 e outras patologias (SILVA, 2017).

PTS

Materiais sólidos ou líquidos que ficam suspensas no ar (poeira, neblina, aerossol, fumaça e fuligem), ocasionando redução da visibilidade, danos à vegetação e outras patologias.

2.1.2 Partículas Inaláveis (MP₁₀)

As partículas inaláveis apresentam diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 µm. As principais fontes de emissão 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 (FEPAM, 2021). No contexto de Minas Gerais, destacam-se as emissões provenientes do processamento industrial de metais, como a mineração, desde a extração ao beneficiamento do minério, e a

siderurgia, nas etapas de alto forno, aciaria e laminação, que estão entre as principais atividades emissoras de material particulado metálico na atmosfera (ALMEIDA, 1999).

MP₁₀

Prejudica a eficiência do sistema respiratório e possibilita a ocorrência das doenças respiratórias

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, 2021).

2.1.3 Partículas Respiráveis (MP_{2,5})

As partículas respiráveis compreendem o material particulado com diâmetro inferior a 2,5 µm. 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, assim 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).

Essa fração de partículas apresenta riscos graves à saúde, pois podem afetar o coração e os pulmões, bem como, atingirem a corrente sanguínea (DELFINO *et al.*, 2005; USEPA, 2022), além de serem capazes de alcançar o trato respiratório a nível alveolar, onde os recursos de expulsão desses poluentes não são efetivos (FREITAS *et al.*, 2009). Além disso, a depender da composição do material particulado, uma vez na corrente sanguínea, podem transportar também substâncias tóxicas e cancerígenas (FERNANDES *et al.*, 2010).

MP_{2,5}

Apresenta riscos graves à saúde, pois podem afetar o coração e os pulmões

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. A emissão desse poluente ocorre principalmente com a queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre na sua composição; típica de atividades como: termelétricas, fabricação de fertilizantes, fundição de alumínio e aço, produção de ácido sulfúrico e papel, além de emissões veiculares (MMA, 2023). Nesse sentido, com a redução da quantidade de enxofre nos combustíveis, somado a um controle de emissões intensificado, as concentrações desse poluente na atmosfera passaram por quedas sensíveis (CETESB, 2024).

SO₂

Pode aumentar a incidência de rinite, faringite e bronquite

A inalação de SO₂ pode ocasionar prejuízos para a saúde humana, sobretudo problemas respiratórios, podendo aumentar a incidência de rinite, faringite e bronquite (INEA, 2023). O SO₂ atua como um dos principais componentes na formação de chuva ácida e em altas concentrações pode se converter em sulfatos e se incorporar em aerossóis, podendo 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, assim, dificultando o transporte de oxigênio e podendo causar diversos efeitos à saúde humana.

CO

Dificulta o transporte de oxigênio e pode causar diversos efeitos à saúde

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 (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), na presença de luz solar (USEPA, 2003). Essas substâncias são emitidas principalmente por fontes móveis, como veículos, e fixas, como indústrias. O controle do ozônio é desafiador, pois exige a atenção nas emissões de seus precursores em vez de atuar diretamente sobre ele; agrava-se a situação quando considera-se que as reações químicas de produção de ozônio são complexas e não lineares, de forma que a redução das emissões dos poluentes precursores não necessariamente acarreta a redução das concentrações de O₃ (PIMENTA, 2010). Além disso, o ozônio pode viajar longas distâncias devido ao seu longo tempo de vida (AKIMOTO, 2003), o que significa que as concentrações observadas nos receptores nem sempre estão associados às emissões de fontes próximas.



Viaja longas distâncias.
É prejudicial para a
saúde humana e à
vegetação.

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). Já na troposfera, esse gás 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.

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) (MMA, 2023). Esses são produzidos durante a queima de combustíveis a altas temperaturas. Em áreas urbanas a sua formação é condicionada principalmente por atividades ligadas ao setor primário e secundário, por meio das emissões de origem veicular.



pode ocasionar irritação
do sistema respiratório e
formação de ácido
nítrico, componente das
chuvas ácidas.

A exposição dos diversos grupos etários populacionais à alta concentração de NO₂ pode ocasionar efeitos adversos para a saúde, como a irritação do sistema respiratório, além da formação de ácido nítrico, componente das chuvas ácidas. A presença de NO₂ na atmosfera também é essencial para a formação do ozônio troposférico em processos fotoquímicos (CETESB, 2024).

2.2 Padrões de Qualidade do Ar

Em 19 de novembro de 2018 foi publicada a Resolução CONAMA n° 491/2018 que revogou a Resolução CONAMA n° 03/1990 e estabeleceu novos padrões de qualidade do ar à nível nacional. Segundo a Resolução CONAMA n° 491/2018, padrão de qualidade do ar é um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica.

Nesta Resolução foram previstos:

- padrões de qualidade do ar intermediários - PI: padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas;
- padrão de qualidade do ar final - PF: valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS em 2005.

A partir da publicação da Resolução CONAMA n° 491/2018 entrou em vigor o Padrão Intermediário 1 (PI-1). Os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários (PI-2, PI-3) e Final (PF) serão adotados, cada um, de forma subsequente, levando em consideração os Planos de Controle de Emissões Atmosféricas e os Relatórios de Avaliação da Qualidade do Ar, elaborados pelos órgãos estaduais e distrital de meio ambiente. Caso não seja possível a migração para o padrão subsequente, prevalecerá o padrão já adotado. Para os poluentes Monóxido de Carbono - CO, Partículas Totais em Suspensão - PTS e Chumbo foi adotado o padrão de qualidade do ar final (PF).

Os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 491/2018 são apresentados na [Tabela 1](#).

Tabela 1: Padrões de qualidade do ar da Resolução CONAMA nº 491/2018.

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1 µg/m ³	PI-2 µg/m ³	PI-3 µg/m ³	PF µg/m ³	ppm
Material Particulado - MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ⁽¹⁾	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ⁽¹⁾	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ⁽¹⁾	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ⁽²⁾	260	240	220	200	-
	Anual ⁽¹⁾	60	50	45	40	-
Ozônio - O ₃	8 horas ⁽³⁾	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ⁽¹⁾	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ⁽³⁾	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁽¹⁾	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb ⁽⁵⁾	-	-	-	-	0,5	-

1 - média aritmética anual.

2 - média horária

3 - máxima média móvel obtida no dia

4 - média geométrica anual

5 - medido nas partículas totais em suspensão

Em 2023, Minas Gerais também atualizou a legislação estadual que define padrões de qualidade do ar em seu território. Em 23 de novembro de 2023 foi publicada a Deliberação Normativa COPAM nº 248/2023 que revogou a Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981. Os padrões estabelecidos na legislação mineira seguem os mesmos valores estabelecidos na Resolução CONAMA nº491/2018, acrescida de padrões para as partículas sedimentáveis.

No presente relatório serão considerados os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº491/2018, legislação vigente à época.

2.3 Índice da Qualidade do Ar e efeitos à saúde

O Índice de Qualidade do Ar (IQA_r) é o valor utilizado para fins de comunicação e informação à população que relaciona as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde.

O Anexo IV da Resolução CONAMA nº 491/2018 determina os poluentes atmosféricos que fazem parte do cálculo do IQA_r, os valores de concentração

referentes à classificação do ar no nível “Boa” e a equação matemática para conversão das concentrações monitoradas nos valores do índice (MMA, 2020).

Para cada poluente monitorado é calculado um índice, que é um valor adimensional. Dependendo do índice obtido, o ar recebe uma qualificação, que consiste em uma nota para a qualidade do ar, além de uma cor, conforme apresentado na [Tabela 2](#).

Tabela 2: Estrutura do Índice de Qualidade do Ar (IQA_r)

Qualidade do Ar	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	SO ₂ (µg/m ³) 24h	NO ₂ (µg/m ³) 1 h	CO (ppm) 8h
N1 – Boa	0 - 40	0-50	0-25	0-100	0-20	0-200	0-9
N2 – Moderada	41 - 80	>50-100	>25-50	>100-130	>20-40	>200-240	>9-11
N3 – Ruim	81 - 120	>100-150	>50-75	>130-160	>40-365	>240-320	>11-13
N4 – Muito Ruim	121 - 200	>150-250	>75-125	>160-200	>365-800	>320-1130	>13-15
N5 –Péssima	201 - 400	>250-600	>125-300	>200-800	.800-2620	>1130-3750	>15-50

Fonte: Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar (MMA, 2020)

Os valores de concentração que classificam a qualidade do ar como “Boa” são os Padrões Finais (PF) estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018 e que foram baseados nos valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como sendo os mais seguros à saúde humana para exposição de curto prazo, conforme a publicação *Air Quality Guidelines Global Update 2005* (OMS, 2006).

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

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

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 na qual se encontra a concentração medida;
- C_{fin} – Concentração final da faixa na qual se encontra a concentração medida;
- C – Concentração medida

O Guia Técnico para Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar (MMA, 2020), previsto no Art. 8º da Resolução CONAMA nº 491/2018, trouxe uma relação de efeitos à saúde que podem ser associados aos índices e devem ser utilizados na sua

divulgação. A **Tabela 3** apresenta a relação entre o valor do IQAr e possíveis efeitos a saúde.

Tabela 3: Relação entre o valor do IQAr e possíveis efeitos a saúde.

Índice	Efeitos
0 - 40	-
41 - 80	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada.
81 - 120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
121 - 200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
> 200	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

3.1 Gestão da Qualidade do Ar em Minas Gerais

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 Sistema Supervisório da SEMAD, vinculado ao Núcleo de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas (NQA). No Sistema 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 2020 haviam em Minas Gerais 61 estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar e meteorológicas, localizadas em 19 municípios: Belo Horizonte (4), Betim (3), Contagem (1), Ibirité (2), Brumadinho (3), São José da Lapa (4), Ipatinga (4), Timóteo (4), Coronel Fabriciano (1), Congonhas (8), Ouro Preto (4), Barra Longa (3), Mariana (1), Rio Doce (2), Santa Cruz do Escalvado (1) Itabira (5), Paracatu (5), Pirapora (2) e Conceição do Mato Dentro (4), conforme mostra a Figura 1.

Para a apresentação dos resultados nesse documento as estações foram agrupadas em cinco regiões principais: “Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)”, “Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA)”, “Região de Congonhas e Ouro Preto”, “Região da Bacia do Rio Doce” e “Demais Municípios”. As Tabela 4 a Tabela 8 apresentam as especificações das estações, suas distribuições, localização nos municípios, bem como, os parâmetros monitorados, enquanto que as Figura 1: Estações automáticas de monitoramento da QAr em Minas Gerais.Figura 1 a Figura 9 mostram a distribuição das estações em cada região.

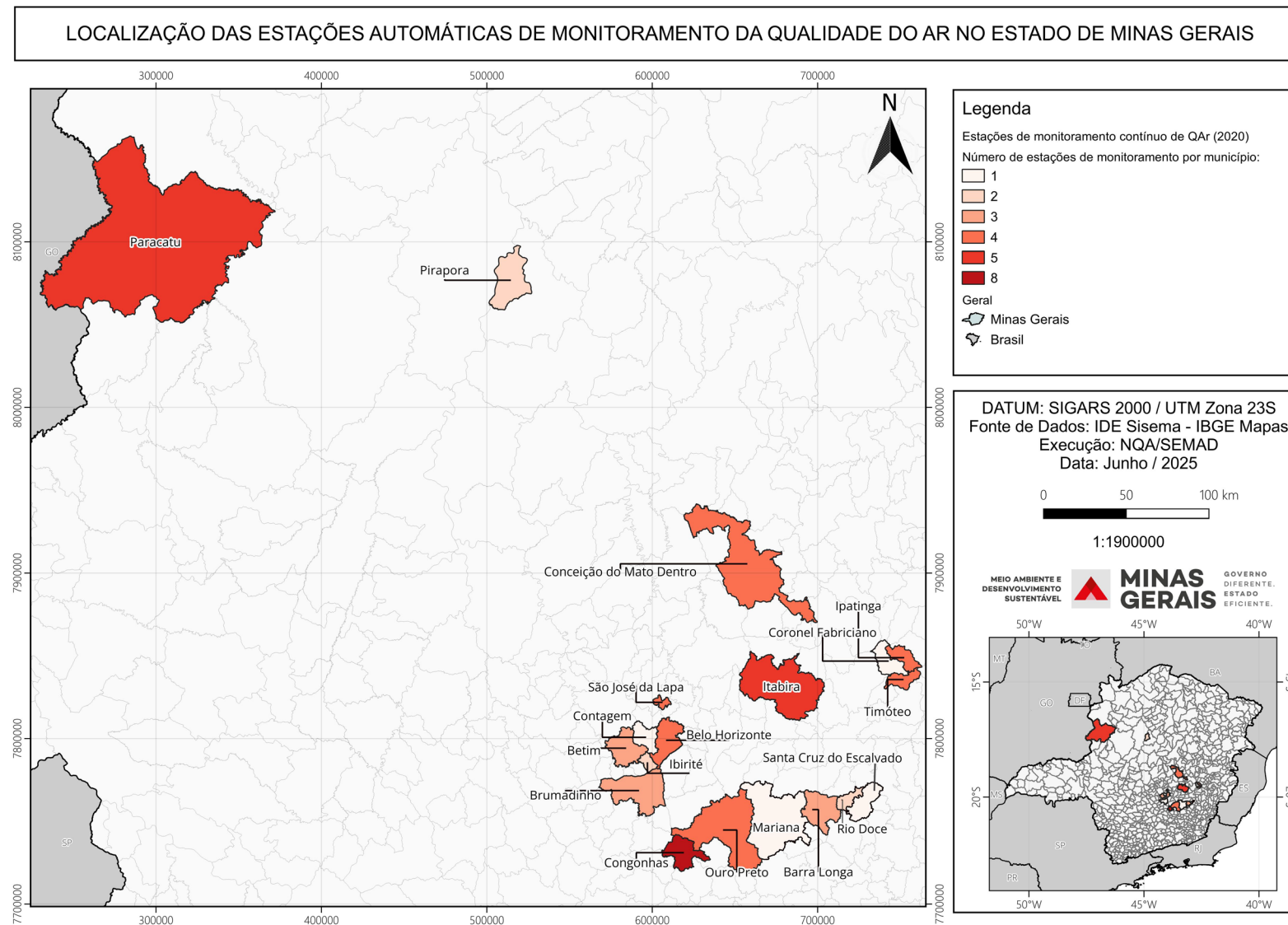


Figura 1: Estações automáticas de monitoramento da QAr em Minas Gerais.

Tabela 4: Especificações das estações da RMBH.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Parâmetros Meteorológicos*
Belo Horizonte	Delegacia Amazonas	19° 56' 14.90" S	43° 59' 41.50" 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' 47.96" S	43° 56' 8.68" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	PUC Barreiro	19° 58' 33.61" S	44° 1' 30.34" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	PUC São Gabriel	19° 51' 28.87" S	43° 55' 6.42" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
Betim	Alterosa	19° 56' 51.26" S	44° 9' 39.06" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Centro Administrativo Betim	19° 58' 8.16" S	44° 12' 25.10" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Petrovale	19° 59' 39.93" S	44° 6' 40.05" 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
	Parque da Cachoeira	20° 8' 36.25" S	44° 9' 35.90" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	E.M. Pe Vicente Assunção	20° 8' 52.43" S	44° 11' 59.62" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , O ₃	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
Contagem	Cidade Industrial	19° 57' 38.56" S	44° 1' 52.89" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
Ibirité	Cascata	19° 59' 15.39" S	44° 5' 10.66" W	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR
	Piratinunga	20° 0' 14.27" S	44° 3' 34.89" 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' 0.61" S	43° 57' 36.71" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	E. M. Filhinha Gama - Vila Ical	19° 42' 47.45" S	43° 57' 50.73" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Célvia (Vespasiano)	19° 41' 49.21" S	43° 56' 17.33" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Jardim Encantado	19° 42' 45.00" S	43° 58' 7.91" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA

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

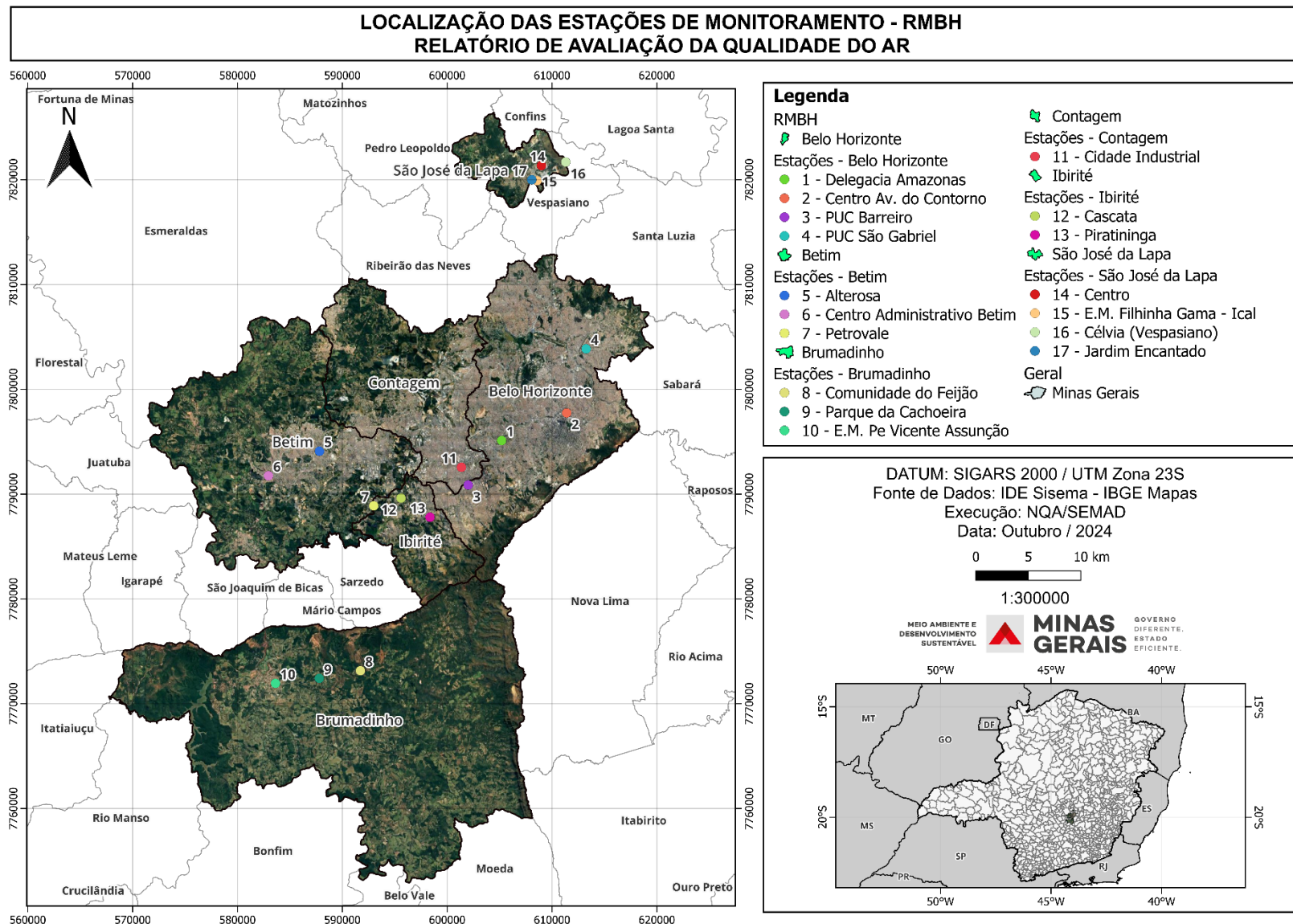


Figura 2: Estações de monitoramento da QAr da RMBH.

Tabela 5: Especificações das estações da RMVA.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Coronel Fabriciano	SENAC (Vale do Aço)	19° 31' 51.55" S	42° 37' 40.18" W	PTS, 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' 34.47" S	42° 33' 25.41" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, T, RS, UR, PA
	Cariru	19° 29' 28.92" S	42° 31' 43.46" 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' 40.22" S	42° 33' 36.74" 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' 0.37" S	42° 38' 38.84" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, T, UR
	Cecília Meireles	19° 32' 49.93" S	42° 39' 23.89" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃	VV, DV, T, UR
	Escola Sementinha	19° 32' 12.34" S	42° 40' 18.62" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, T, UR
	SENAI/CFP	19° 32' 13.09" S	42° 38' 50.85" W	PTS e MP ₁₀ ,	-

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

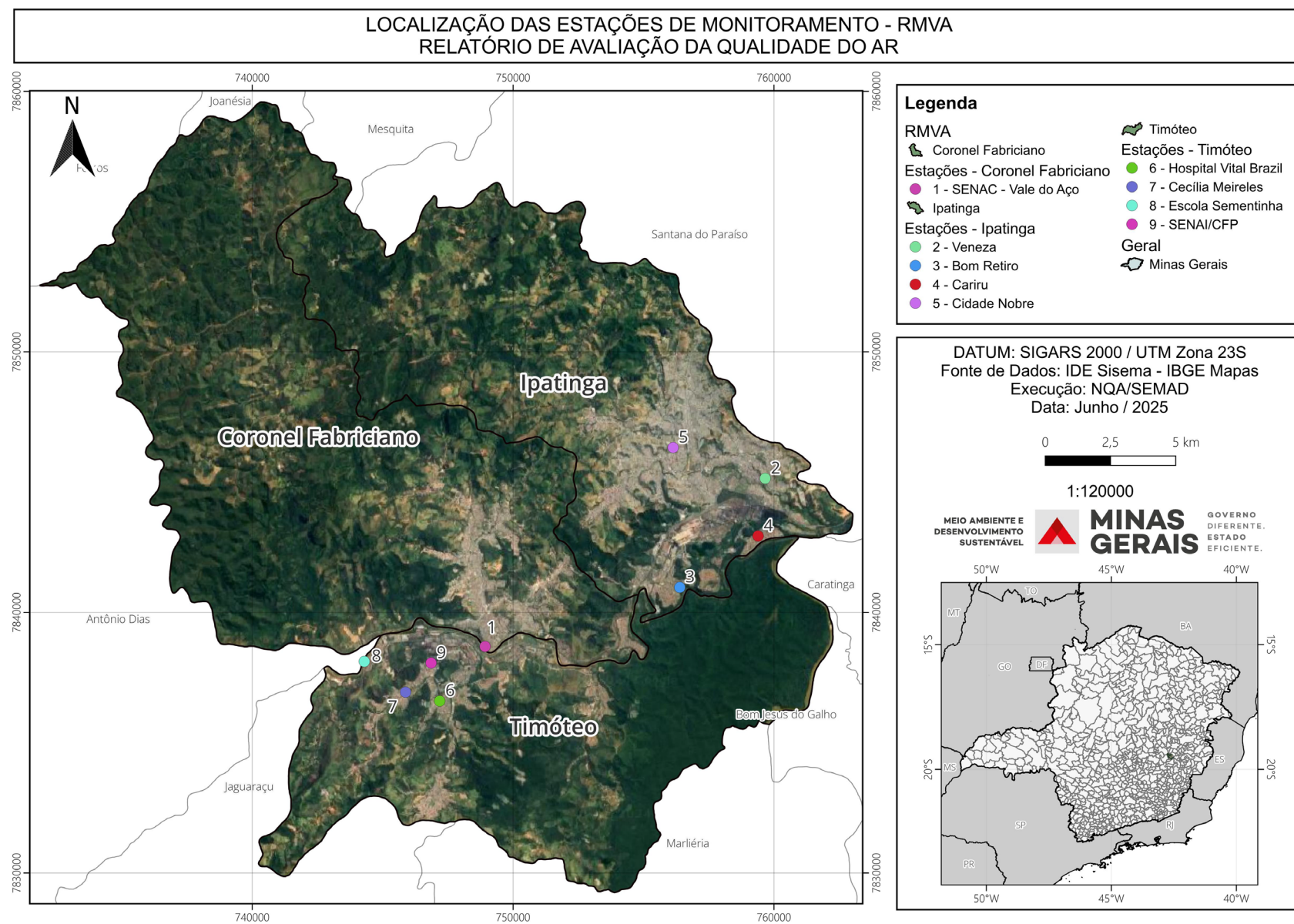


Figura 3: Estações de monitoramento da QAr da RMVA.

Tabela 6: Especificações das estações da Bacia do Rio Doce.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Barra Longa	Barra Longa Centro	20° 16' 57.25" S	43° 2' 25.23" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, PP, T, UR
	Barra Longa - Volta da Capela	20° 17' 15.95" S	43° 3' 17.68" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV
	Gesteira	20° 15' 25.95" S	43° 7' 27.83" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
Mariana	Paracatu de Baixo	20° 18' 23.00" S	43° 13' 47.31" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
Rio Doce	Santana do Deserto	20° 11' 53.39" S	42° 50' 3.54" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Rio Doce	20° 14' 47.88" S	42° 53' 45.68" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	DV; VV; PP
Santa Cruz do Escalvado	Novo Soberbo	20° 15' 1.30" S	42° 52' 43.21" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	-

*Velocidade do vento (VV), direção do vento (DV), precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T) e umidade relativa (UR).

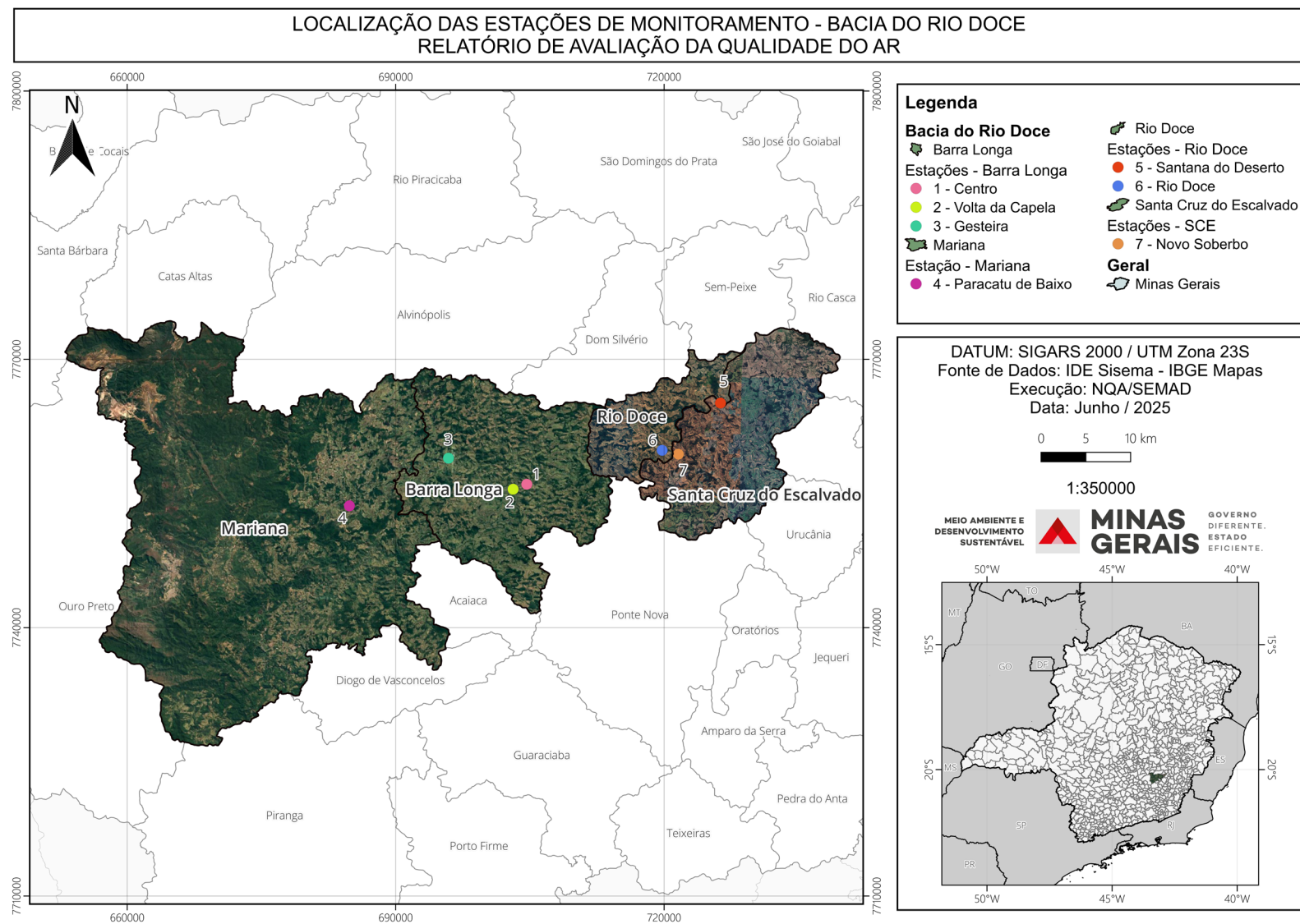


Figura 4: Estações de monitoramento da QAr na Bacia do Rio Doce.

Tabela 7: Especificações das estações de Congonhas e Ouro Preto.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Congonhas	Matriz	20° 30' 1.52" S	43° 51' 20.80" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Pires	20° 26' 49.50" S	43° 50' 28.28" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, PP, TA, RS, DP, UR, PA,
	Basilica	20° 30' 54.60" S	43° 51' 39.60" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂	VV, DV, TA, UR
	Casa de Pedra	20° 29' 5.07" S	43° 54' 50.15" W	-	VV, DV, PP, TA, RS, UR, PA
	Novo Plataforma	20° 29' 18.82" S	43° 51' 41.44" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
	Lobo Leite	20° 31' 7.38" S	43° 47' 43.60" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO	VV, DV, PP, TA, RS, UR,
	Jardim Profeta	20° 31' 15.67" S	43° 49' 46.34" W	PTS, MP ₁₀	TA, UR, PA
	Mina de Viga	20° 29' 49.32" S	43° 55' 8.27" W	-	VV, DV, PP, TA, RS, UR, PA,
Ouro Preto	Motas	20° 26' 30.67" S	43° 49' 44.25" W	PTS, MP ₁₀	-
	Namisa	20° 26' 22.46" S	43° 50' 7.23" W	-	VV, DV, PP, TA, RS, UR, PA
	Fábrica	20° 25' 5.29" S	43° 52' 31.37" W	-	VV, DV, PP, TA, RS, UR, PA
	Miguel Burnier	20° 25' 49.45" S	43° 45' 33.41" W	-	VV, DV, PP, TA, 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).

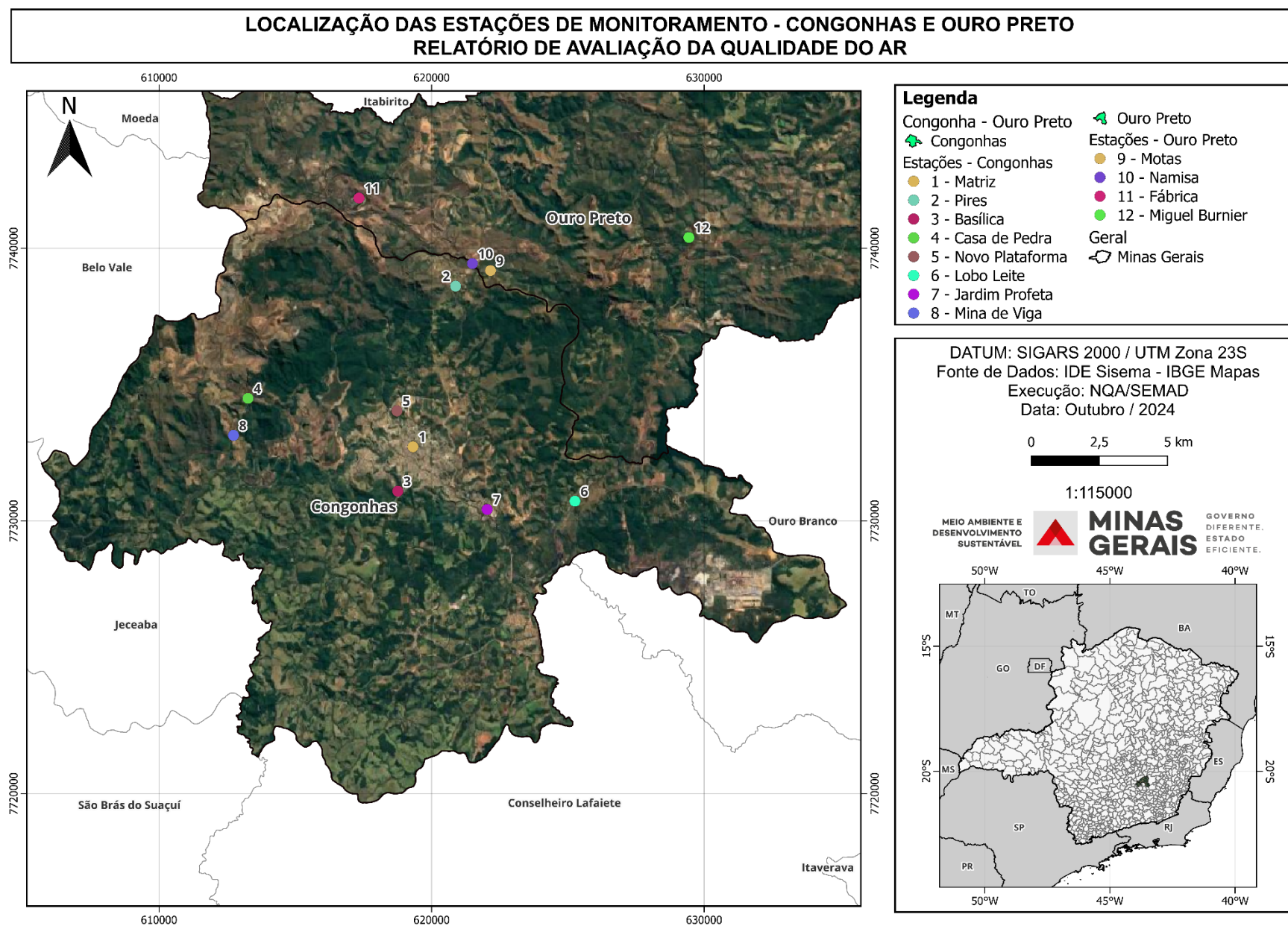


Figura 5: Estações de monitoramento em Congonhas e Ouro Preto.

Tabela 8: Especificações das estações dos demais municípios.

Município	Estação	Latitude	Longitude	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas*
Conceição do Mato Dentro	Mina do Sapo	18° 53' 18.33" S	43° 25' 8.21" W	-	DV, VV, PP, PA, RS, TA, UR
	Aeroporto CMD	19° 1' 14.12" S	43° 26' 1.32" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5} , O ₃	VV, DV, PP, TA, RS, , UR, PA
	Córregos	18° 53' 7.58" S	43° 30' 4.06" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV ,DV
	Sapo	18° 55' 28.54" S	43° 23' 57.20" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
Itabira	Pousada	19° 37' 9.60" S	43° 13' 59.80" W	-	VV, DV, PP, TA, RS, DP, UR, PA
	Pará	19° 37' 9.99" S	43° 13' 50.85" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Major Lage	19° 38' 9.48" S	43° 14' 14.81" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Félix	19° 39' 15" S	43° 14' 14.68" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Panorama	19° 38' 4.10" S	43° 13' 19.10" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
Paracatu	São Domingos	17° 11' 53.92" S	46° 51' 32.18" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T, PA
	Clube União	17° 12' 56.46" S	46° 53' 11.97" W	MP ₁₀ , MP _{2,5}	VV, DV, T
	Copasa	17° 12' 19.58" S	46° 52' 27.60" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T
	Lagoa Trindade Rodrigues	17° 9' 1.76" S	46° 49' 59.78" W	PTS, MP ₁₀	VV, DV, T, PA
	Sérgio Ulhoa	17° 13' 28.35" S	46° 52' 30.73" W	PTS, MP ₁₀ , MP _{2,5}	-
Pirapora	SAAE	17° 21' 10.9" S	44° 56' 58.6" W	MP ₁₀	-
	FUNAM	17° 19' 50.14" S	44° 55' 36.67" W	MP ₁₀	-

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

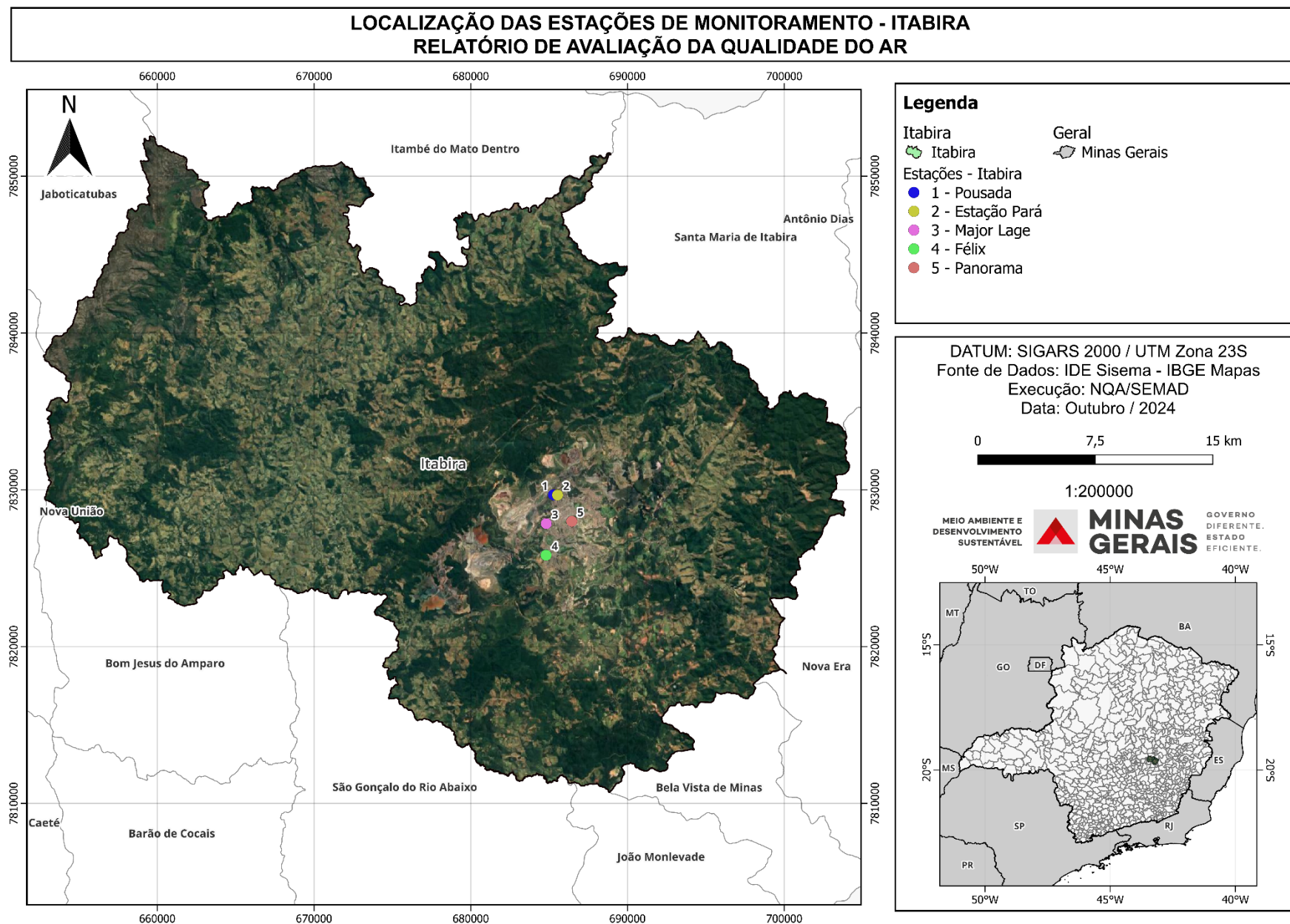


Figura 6: Estações de monitoramento em Itabira.

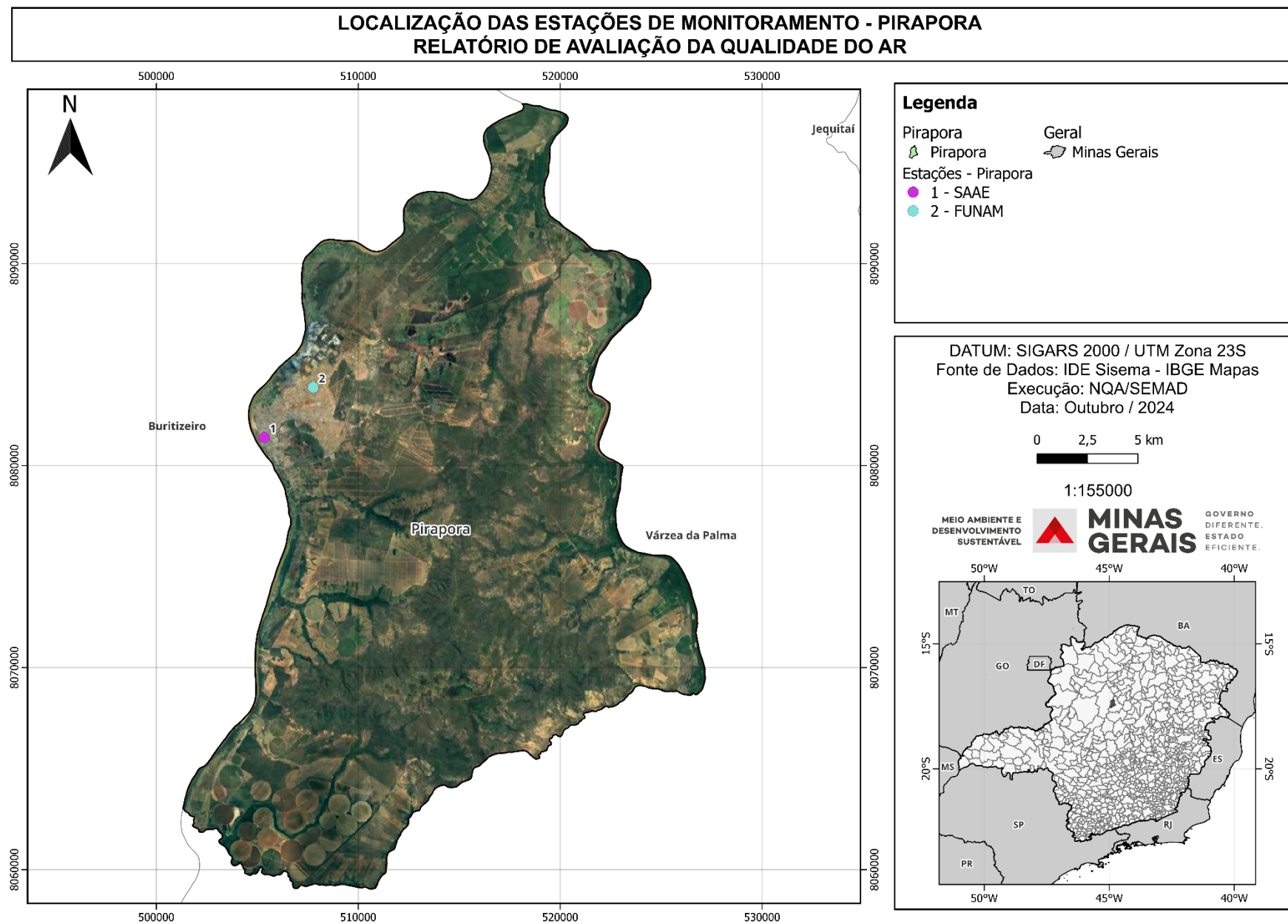


Figura 8: Estações de monitoramento da QAr em Pirapora.

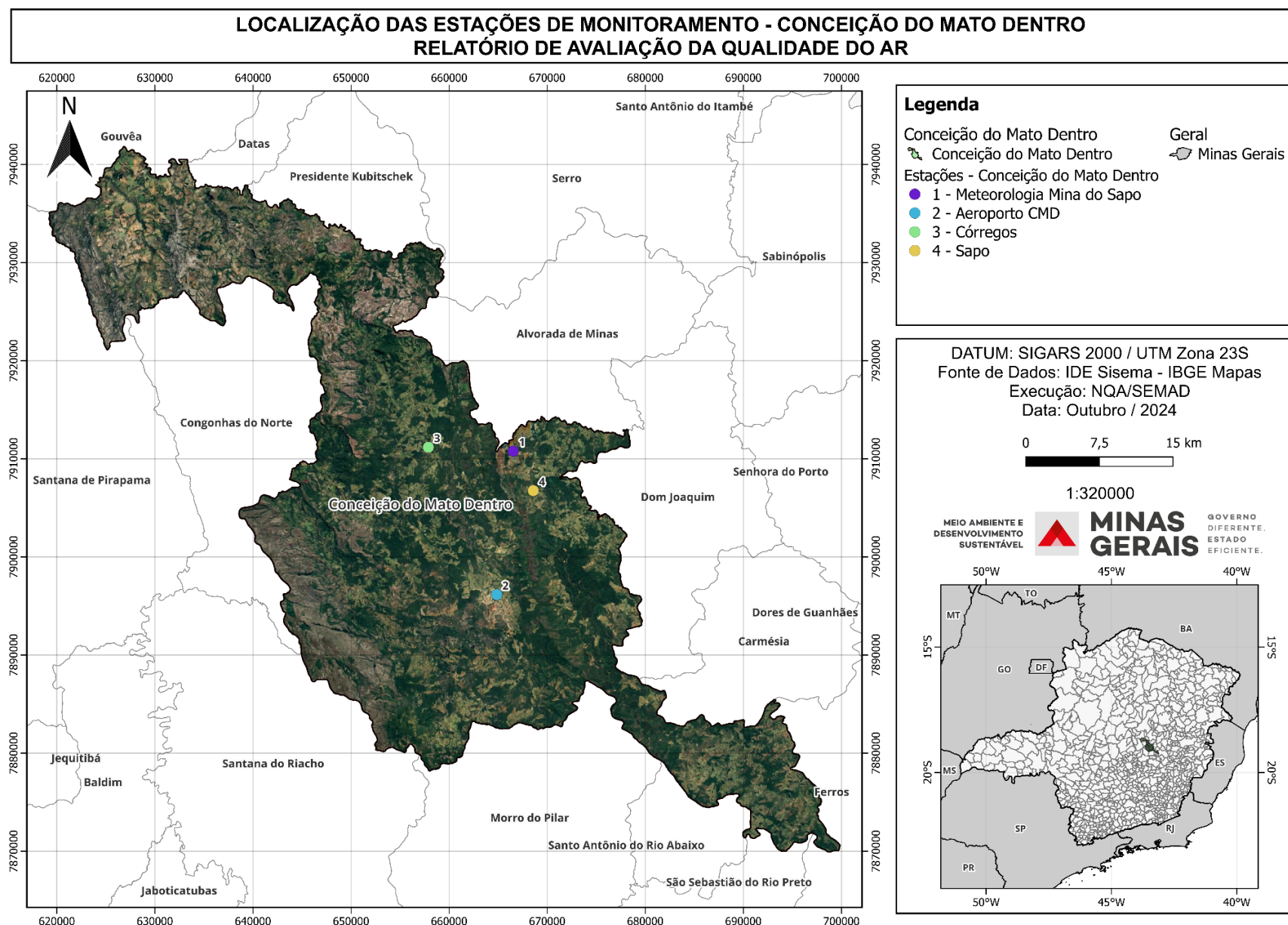


Figura 9: Estações de monitoramento em Conceição do Mato Dentro.

3.3 Tratamento dos dados

3.3.1. Dados de qualidade do ar

Os dados primários utilizados neste relatório foram as concentrações médias horárias para cada um dos poluentes monitorados nas estações. Por meio destes foram calculadas as médias móveis de 8 horas do CO e do ozônio, as médias aritméticas de 24 horas e anuais do MP₁₀, do MP_{2,5}, do NO₂ e do SO₂, além das médias diária e geométrica anual do PTS. Esses valores médios foram utilizados para estabelecer as comparações com os padrões de qualidade do ar vigentes na Resolução CONAMA nº 491/2018.

O monitoramento contínuo pode sofrer perdas devido à diferentes fatores, como por exemplo quedas de energia, problemas técnicos com os analisadores, falhas nos sistemas de armazenamento e transmissão dos dados, entre outros. Logo, foi realizada a análise da representatividade dos dados, uma vez que 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 que observaram, no mínimo, as condições estabelecidas na Tabela 9.

Tabela 9: Tipos de médias e critérios de validação de representatividade.

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.

Médias anuais que não atenderam ao critério de representatividade foram apresentadas nas figuras e tabelas com a indicação “não representativos” seguidas do símbolo de asterisco (*) ou representadas por meio de símbolos vazados.

3.3.2. Dados meteorológicos

Foram utilizados dados medidos nas estações do INMET para uma avaliação regional da meteorologia de 2020, por meio dos parâmetros de temperatura, precipitação pluviométrica e velocidade do vento, e sua comparação com as normais climatológicas.

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

4 METEOROLOGIA NO ANO DE 2020

A avaliação da meteorologia do ano de 2020 foi realizada por meio dos dados monitorados nas estações do INMET, com a comparação das médias mensais e as normais climatológicas obtidas nas regiões avaliadas. Trata-se de uma análise considerando apenas as regiões mineiras com redes automáticas de monitoramento da qualidade do ar em 2020, sendo elas:

- Zona da Mata Mineira, para a Rede de Qualidade do ar da Bacia do Rio Doce (Barra Longa, Mariana, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado);
- Leste de Minas, para as redes da RMVA (Ipatinga, Timóteo e Coronel Fabriciano) e de Itabira, dentro de Demais Municípios;
- Norte de Minas, para a rede de qualidade do ar de Pirapora;
- Noroeste Mineiro, para a rede de qualidade do ar de Paracatu;
- Central de Minas, para as redes de qualidade do ar da RMBH (Belo Horizonte, Betim, Contagem, Ibirité, São José da Lapa e Brumadinho), da região de Congonhas e Ouro Preto, e de Conceição do Mato Dentro, dentro de Demais Municípios.

Destaca-se que a estação de Caratinga, no Leste Mineiro, obteve médias mensais válidas apenas nos meses de janeiro, fevereiro e setembro, desta forma, para complementar a análise da região Leste optou-se por acrescentar os dados da estação INMET de Timóteo às informações apresentadas a seguir.

Na [Figura 10](#) é mostrado o regime mensal de precipitação acumulada ao longo de 2020. Em janeiro todas as regiões tiveram chuvas acima das normais climatológicas. Cabe pontuar que neste mês foi registrado em Belo Horizonte o maior volume de chuva mensal em 110 anos de medições, chegando ao acumulado de 934,7 mm na estação meteorológica de Santo Agostinho (CLIMATEMPO, 2020a). No Apêndice A deste relatório é possível ver que nas estações Delegacia Amazonas e Centro Av. do Contorno o volume precipitado acumulado também foi elevado, registrando valores de 967 e 742,8 mm, respectivamente.

Em fevereiro as regiões da Zona da Mata, Central e Caratinga tiveram chuva acima do normal, enquanto que as regiões Noroeste e Norte ficaram abaixo, com essa última apresentando apenas 64,8 mm contra uma normal de 104,5 mm. Março foi caracterizado com chuvas acima das normais em todas as regiões, por outro lado, em abril as chuvas foram mais escassas, com exceção da região Noroeste, que obteve 145,2 mm diante de uma normal de 87,4 mm. De maio a setembro o regime de chuvas seguiu o histórico das regiões, de baixa precipitação, sendo que na região Noroeste e Zona da Mata, os registros de 2020 ficaram todos abaixo dos valores das normais climatológicas, ou seja, estas regiões tiveram um inverno mais seco. O último trimestre do ano de 2020 também ficou marcado pelo reduzido regime de chuvas, com exceção para as regiões Central, Leste e Norte em outubro, e a Zona da Mata em novembro e dezembro, os quais superaram as normais nesses meses.

Portanto, pode-se dizer que 2020 ficou caracterizado como um ano cujo regime de chuva nas regiões mineiras analisadas esteve acima do esperado no primeiro trimestre; em seguida, historicamente normalizado de abril a setembro, com um baixo regime de chuvas; além de um último trimestre inferior às normais climatológicas medidas nas estações do INMET.

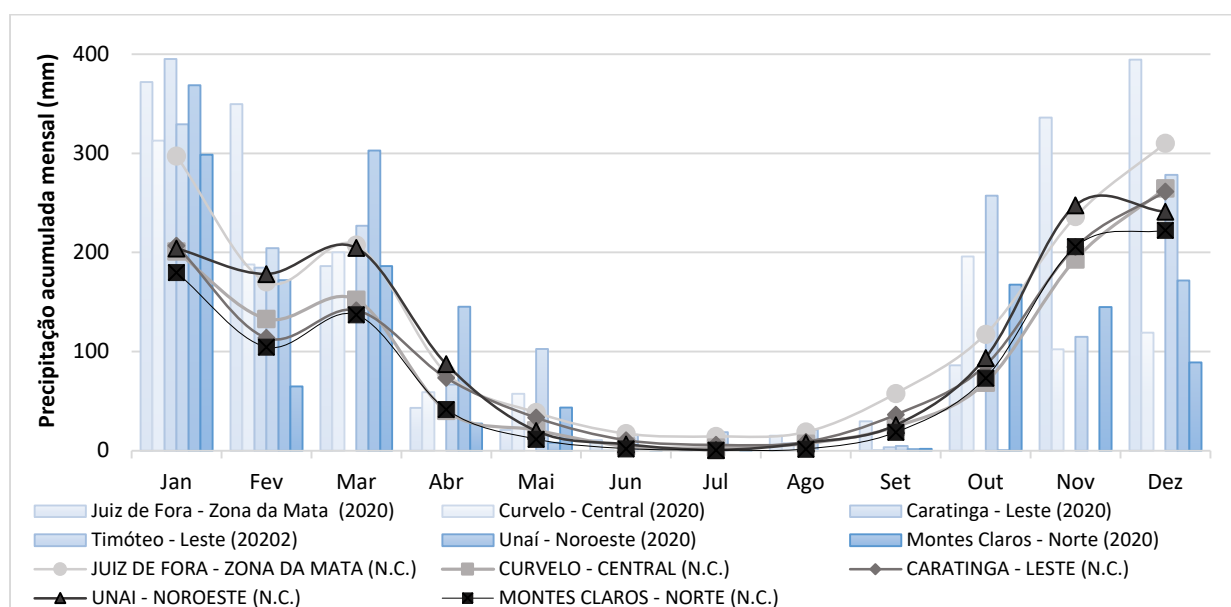


Figura 10: Precipitação acumulada mensal em regiões de Minas Gerais.

As temperaturas médias mensais obtidas nas regiões mineiras são apresentadas na Figura 11.

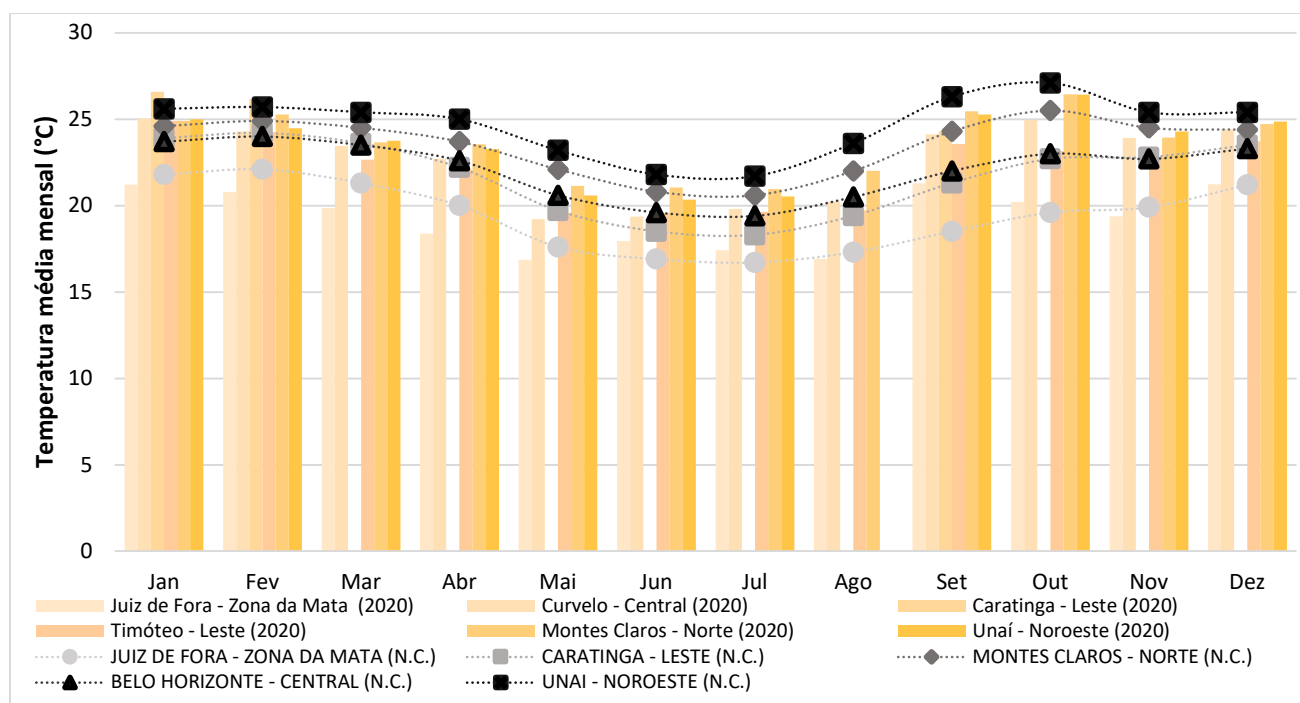


Figura 11: Temperatura média mensal em regiões de Minas Gerais.

Visualiza-se que a região da Zona da Mata teve as menores médias observadas em 2020, seguindo o seu comportamento histórico. Essa região teve de janeiro a maio temperaturas menores que as normais, assim como em agosto e novembro. Por outro lado, os meses de junho, julho, setembro e outubro foram mais quentes do que as normais indicam, com destaque para setembro, que ficou 2,8°C acima da média histórica na região. As altas temperaturas registradas em setembro, em partes esteve relacionada à forte onda de calor que ocorreu no final de setembro e início de outubro, que atingiu várias regiões do Brasil e na qual foram registradas recordes de temperatura de mais de 100 anos (CLIMATEMPO, 2020b).

Ainda em relação à **Figura 11**, é percebido que a região Leste apresentou vários meses com valores acima das normais, com destaque para diferença do mês de setembro, 2,3°C mais quente que os registros históricos. Por outro lado, nesta região as temperaturas foram mais amenas entre março e maio.

As regiões mineiras Central e Norte tiveram o primeiro bimestre mais quente do que suas normais em 2020, assim como o último quadrimestre do ano (setembro a dezembro), cujos destaques ocorreram ambos em setembro, com 2,1°C a mais observado na região Central e 1,2°C na região Norte. A região Norte apresentou ainda, de março a maio temperaturas mais amenas que seu histórico e permaneceu

próxima às suas médias normais de junho a agosto. Já a região Central permaneceu de março a agosto próximo à sua condição normal, com exceção de maio, cuja diferença foi de 1,4°C menor que seu histórico.

A [Figura 12](#) mostra as médias mensais dos ventos obtidas em 2020 e seus valores históricos. Pode-se observar que em 2020 as médias mensais ficaram ligeiramente abaixo das normais climatológicas das regiões, com poucas exceções. A maior diferença foi obtida na região da Zona da Mata, de 0,6 m/s em dezembro, seguida por 0,5 m/s encontrado em fevereiro na região Leste. Destaca-se a região da Zona da Mata, cujas intensidades médias do vento variaram de 2,2 a 3,0 m/s, enquanto que as demais regiões as médias flutuaram de 1,1 a 2,0 m/s. Isso justifica a ausência de dias desfavoráveis à dispersão na região da Zona da Mata em 2020, conforme mostra a [Figura 13](#).

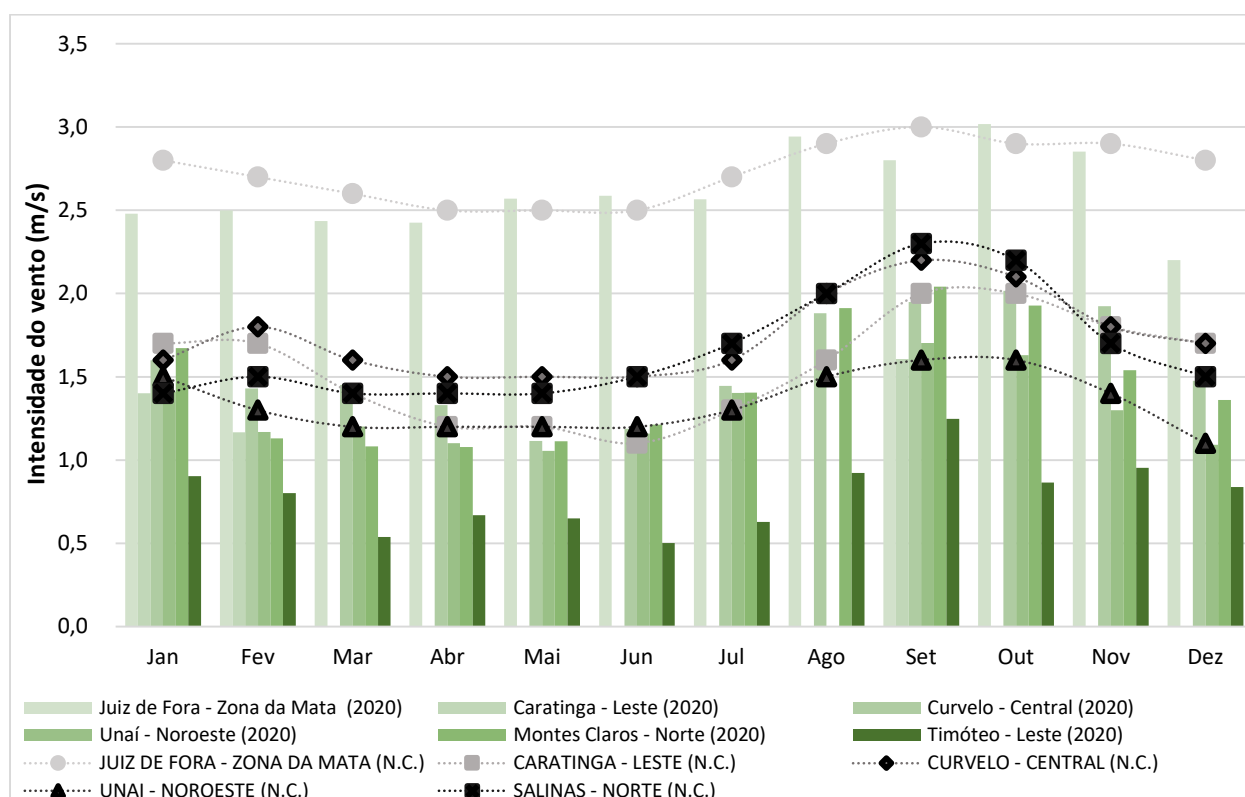


Figura 12: Velocidade média do vento em regiões de Minas Gerais.

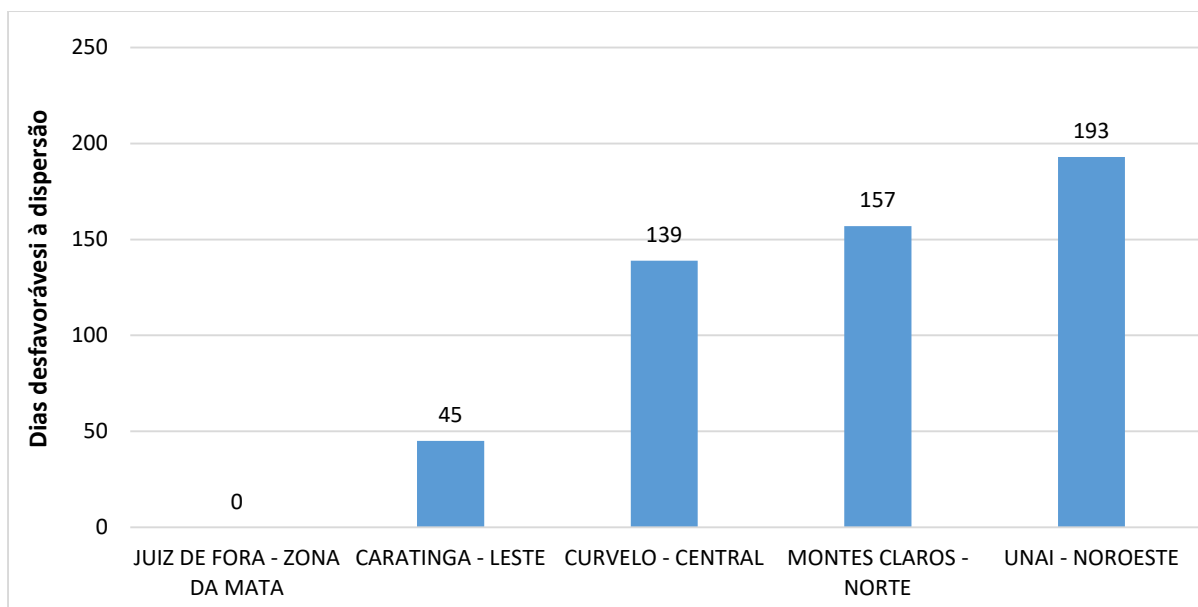


Figura 13: Dias desfavoráveis à dispersão em regiões de Minas Gerais em 2020.

Percebe-se ainda pela [Figura 13](#) alta quantidade de dias desfavoráveis à dispersão observada nas regiões Central, Norte e Noroeste. Além de ventos mais amenos nessas regiões, esse fato pode estar associado também ao regime de chuvas visto em 2020, caracterizado por poucas precipitações a partir do mês de abril, aliado ainda, principalmente nas regiões Central e Norte, por temperaturas médias acima das normais no último quadrimestre do ano. A região Leste obteve apenas 45 dias desfavoráveis à dispersão em 2020, porém, é importante ressaltar a baixa quantidade de dados válidos disponíveis nesse ano.

De forma complementar à análise aqui apresentada, destaca-se que os resultados do monitoramento das variáveis meteorológicas medidas nas estações das redes de qualidade do ar são apresentados nos Apêndice A ao Apêndice E desse relatório.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RMBH

A Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH foi instituída em 1973 pela Lei Complementar nº 14, que criou também as regiões metropolitanas de São Paulo, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza. A RMBH era originalmente composta por 14 municípios: Belo Horizonte, Betim, Caeté, Contagem, Ibirité, Lagoa Santa, Nova Lima, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Sabará, Santa Luzia e Vespasiano. Em 1989, a Constituição Estadual de Minas Gerais incorporou à RMBH os municípios de Brumadinho, Esmeraldas, Igarapé e Mateus Leme, além de introduzir a figura do Colar Metropolitano. Em 1993, a inclusão dos municípios citados anteriormente e de Juatuba e São José da Lapa – distritos recém-emancipados – foi oficializada por lei complementar. Ao longo dos anos outros municípios foram incorporados à RMBH, que atualmente é composta por 34 municípios conforme determinado pela Lei Complementar nº 89, de 12 de janeiro de 2006 (RMBH, 2024).

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.

27,6%

Da população mineira
está concentrada na
RMBH

Alguns municípios da RMBH estão entre os dez primeiros na participação percentual do Produto Interno Bruto (PIB) de Minas Gerais no ano de 2020. Em primeiro lugar, com 14,3% de participação no PIB, ficou a capital mineira, Belo Horizonte. Entretanto o município perdeu 0.6 p.p. de representatividade no PIB do estado em comparação ao ano anterior (14,9% em 2019), estando também presente na lista dos municípios com as maiores perdas de participação do PIB, mais precisamente no primeiro lugar. A capital do estado foi bastante prejudicada pelas medidas restritivas e de isolamento social que afetaram a prestação dos serviços que dependem da circulação das pessoas que foram impostas para controle da disseminação da COVID 19. Houve evolução desfavorável em âmbito local dos serviços de alimentação fora do domicílio,

do transporte terrestre de passageiros, dos serviços de artes, cultura, esporte, da educação e saúde privada, do comércio e das atividades imobiliárias em função do fechamento de empresas, recreação e demais atividades relacionadas (FJP, 2023).

Apesar de ter perdido participação no PIB estadual em 2020 por conta da evolução nominal desfavorável dos serviços que dependem do fluxo e da circulação de pessoas, Belo Horizonte registrou aumento de 0.7 p.p. na participação do Valor Adicionado Bruto (VAB) industrial, alcançando a participação de 9,1% conforme dados do estudo da Fundação João Pinheiro (2023). O aumento foi decorrente do bom desempenho da indústria manufatureira (com exceção do segmento de autopeças) com destaque para os segmentos de fabricação de alimentos, de preparações farmacêuticas, construção civil (não atrelada às famílias produtoras) e de minerais não metálicos.

Continuando a análise dos municípios da RMBH que figuraram entre os *top 10* com maior participação percentual no PIB estadual temos: Contagem (terceira posição com 4,3%) e Betim (quarta posição com 3,8%). Nestes municípios também houve redução percentual da participação do PIB estadual em relação ao ano de 2019 (FJP, 2023).

Em Contagem, além da redução do consumo das famílias dos serviços de alimentação fora do domicílio, do transporte terrestre de passageiros e das atividades artísticas, culturais, esportivas e recreativas em razão do isolamento social, houve também resultados desfavoráveis de segmentos articulados com a cadeia metalomecânica, impactando a indústria de peças e acessórios para veículos automotores, o segmento de fabricação de produtos metálicos e de máquinas. O município caiu da primeira para segunda colocação no *ranking* estadual, no caso da produção de produtos metálicos e de máquinas e equipamentos (FJP, 2023).

No município de Betim, o contexto desfavorável da cadeia metalomecânica em 2020 também impactou negativamente no comércio de automóveis, autopeças e serviços relacionados, na fabricação de componentes eletrônicos na indústria de transformação e na fabricação de veículos. A indústria automobilística de Minas Gerais se concentra no município de Betim e teve sua participação reduzida no Valor de Transformação Industrial (VTI) do estado de 6,8% em 2019 para 4,0% em 2020.

A queda da atividade industrial do município também afetou a prestação dos serviços de transporte de carga e armazenagem. Além do cenário desfavorável na indústria, a cidade teve redução no nível de atividade dos serviços que foram afetados pela pandemia do Coronavírus, como os serviços prestados às famílias e o transporte terrestre de passageiros (FJP, 2023).

Os demais municípios da RMBH com estações de monitoramento da qualidade do ar, tiveram pequena participação no PIB estadual. (i) Ibirité com 0,38%, tendo como principais atividades: administração, defesa, educação, saúde pública e defesa social. (ii) São José da Lapa com percentual de 0,08% e a principal atividade: Indústrias de transformação. (iii) Já em Brumadinho a principal atividade foi a indústria extrativista e o município teve 0,42% de participação no PIB estadual (FJP, 2023).

5.1.1 Caracterização das fontes de poluição da RMBH

A qualidade do ar na RMBH 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). Outra importante fonte de emissão de poluentes são as queimadas.

Em relação a emissão pelas fontes móveis é interessante avaliar o avanço da frota veicular na RMBH apresentada na [Figura 14](#), compreendendo quaisquer tipologias de transporte. Para melhor visualização, os dados de Belo Horizonte foram dispostos no eixo secundário.

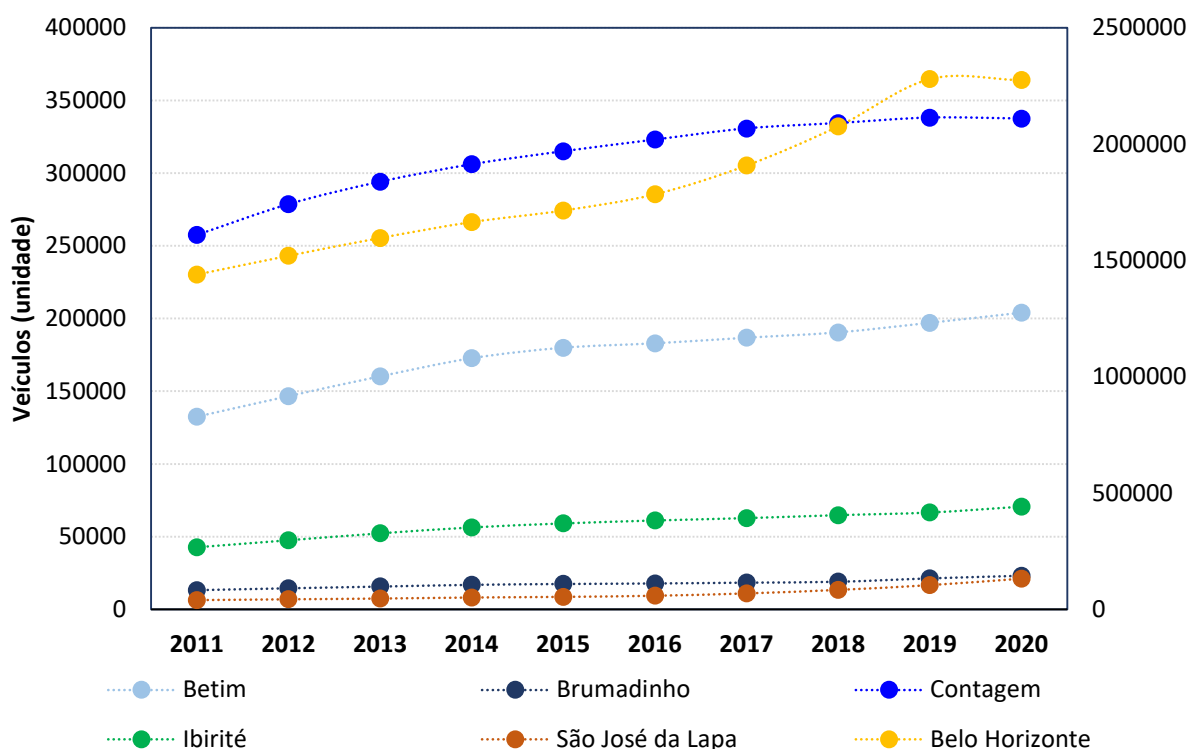


Figura 14: Crescimento da frota veicular na RMBH.

Fonte: SENATRAN, 2025.

No período avaliado foi observada uma tendência de crescimento no número de veículos em quase todos os municípios da região, com exceção de Belo Horizonte e Contagem, onde houve redução do número de veículos entre os anos de 2019 e 2020. Destaca-se o crescimento da frota em São José da Lapa, saindo de 6.409 em 2011 e totalizando 21.130 veículos em 2020, um aumento de 229%. O menor aumento foi visto em Contagem, de 31%. Segundo os dados do SENATRAN (2025) os veículos mais presentes nas frotas são os automóveis e motocicletas.

Além dos veículos automotores, as queimadas também contribuem significativamente com a poluição atmosférica dando origem a material particulado e gases poluentes que têm impactos adversos tanto no meio ambiente quanto na saúde humana (CARMO *et al.*, 2012). Para avaliar a questão das queimadas foram utilizados os dados de focos de incêndio do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE). A distribuição dos focos de incêndio por área do município, no período de 2016 até 2020, é apresentada na Figura 15.

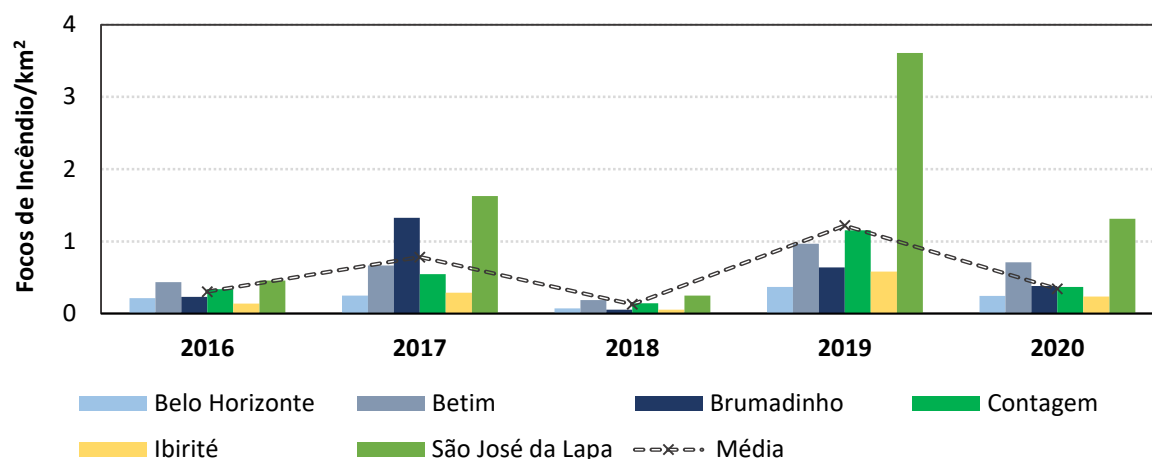


Figura 15: Focos de incêndio na RMBH.

Fonte: INPE, 2025.

Observa-se pela [Figura 15](#) que a quantidade de focos de incêndio diminuiu em todos os municípios em 2020, em relação ao ano de 2019, em especial em São José da Lapa, passando de 3,61 para 1,31 focos/km², mas permanecendo ainda o município com a maior densidade de focos de incêndio.

Com relação às fontes industriais foi quantificado o número de empreendimentos licenciados na RMBH por meio de informações da plataforma IDE-SISEMA, mais precisamente de dados das camadas de Regularização Ambiental (Histórico de licenças emitidas pela SEMAD entre 2013 e 2020 e Licenças Ambientais emitidas pelo Sistema de Licenciamento Ambiental – SLA). A partir de 2018, a camada Histórico de licença emitidas pela SEMAD entre 2013 e 2020, considerou os empreendimentos Classes 1 a 6 com licenças ambientais deferidas; no período anterior a esse ano foram consideradas apenas os empreendimentos das Classes 3 a 6 (SEMAD, 2018).

A Figura 16 apresenta a evolução dos empreendimentos licenciados na RMBH no período de 2016 a 2020, considerando para cada ano os empreendimentos em funcionamento. Foram destacados os empreendimentos das Classes 1 e 2, que passaram a ser contabilizados nas camadas do IDE a partir de 2018.

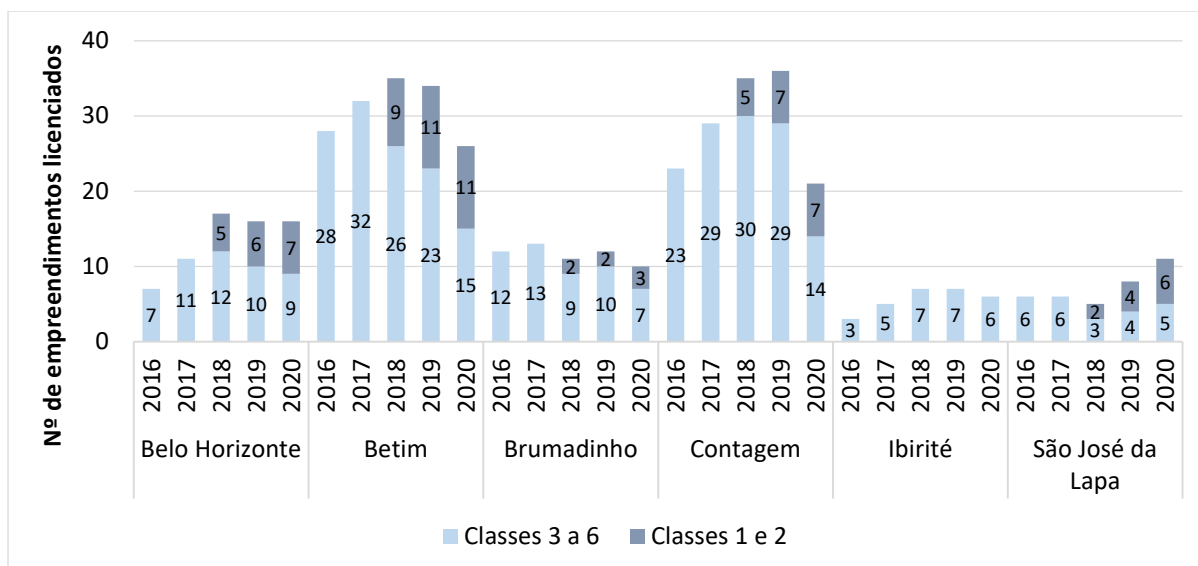


Figura 16: Empreendimentos licenciados na RMBH de 2016 a 2020.

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2025.

Conforme mostra a [Figura 16](#), Betim e Contagem são os municípios que apresentam a maior quantidade de empreendimentos licenciados, com 26 e 21 empreendimentos licenciados no ano de 2020, respectivamente. Em comum, estes municípios também apresentaram redução no número de empreendimentos licenciados, em relação ao ano anterior. Ibirité praticamente não apresentou variações ao longo dos anos analisados. Já em São José da Lapa observa-se um pequeno aumento do número de empreendimentos, com maior participação dos empreendimentos Classe 1 e 2.

Com relação à tipologia industrial, segundo a Deliberação Normativa COPAM n° 217/2017, os empreendimentos e atividades eram identificados e agrupados conforme a Tabela 10.

Tabela 10: Relação entre as listagens e tipologias industriais.

Listagem	Atividade
Listagem A	Atividades Minerárias
Listagem B	Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras
Listagem C	Atividades Industriais / Indústria Química e Outras
Listagem D	Atividades Industriais / Indústria Alimentícia
Listagem E	Atividades de Infraestrutura
Listagem F	Gerenciamento de Resíduos e Serviços
Listagem G	Atividades Agrossilvipastoris

Fonte: DN COPAM n°217/2017.

Dessa forma, a Tabela 11 apresenta a distribuição dos empreendimentos licenciados e em funcionamento em 2020, de acordo com a listagem de atividades da DN COPAM nº 217/2017, considerando as informações disponíveis nas camadas do IDE.

Tabela 11: Listagem dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.

Listagens	Belo Horizonte	Betim	Brumadinho	Contagem	Ibirité	São José da Lapa
Listagem A	-	1	7	-	-	4
Listagem B	3	4	-	6	1	-
Listagem C	1	2	-	2	-	4
Listagem D	-	-	-	4	1	1
Listagem E	4	3	2	1	1	-
Listagem F	8	16	1	7	3	2
Listagem G	-	-	-	1	-	-
Total	16	26	10	21	6	11

Fonte: IDE-SISEMA, 2024.

A atividade de mineração tem maior destaque em Brumadinho e São José da Lapa, sendo que também há predominância da indústria química neste último município. Já a atividade metalúrgica é relevante em Contagem, o que sugere a existência potencial de fontes fixas de emissão. Neste município também há grande presença de empreendimentos que exercem a atividade de Gerenciamento de Resíduos e Serviços. Atividade que também é destaque em Betim, Belo Horizonte e em Ibirité, induzindo à uma predominância de emissões por fontes áreas (difusas) e veiculares.

5.1.2 PTS na RMBH

Na RMBH, o município de Brumadinho era o único que possuía monitoramento das partículas totais em suspensão em 2020. A [Figura 17](#) apresenta os valores máximos das médias de 24h (curta exposição) de concentração de PTS obtidas nas 3 estações de Brumadinho. Não houve ultrapassagem do padrão diário definido na Resolução CONAMA nº491/2018, de 240 µg/m³.

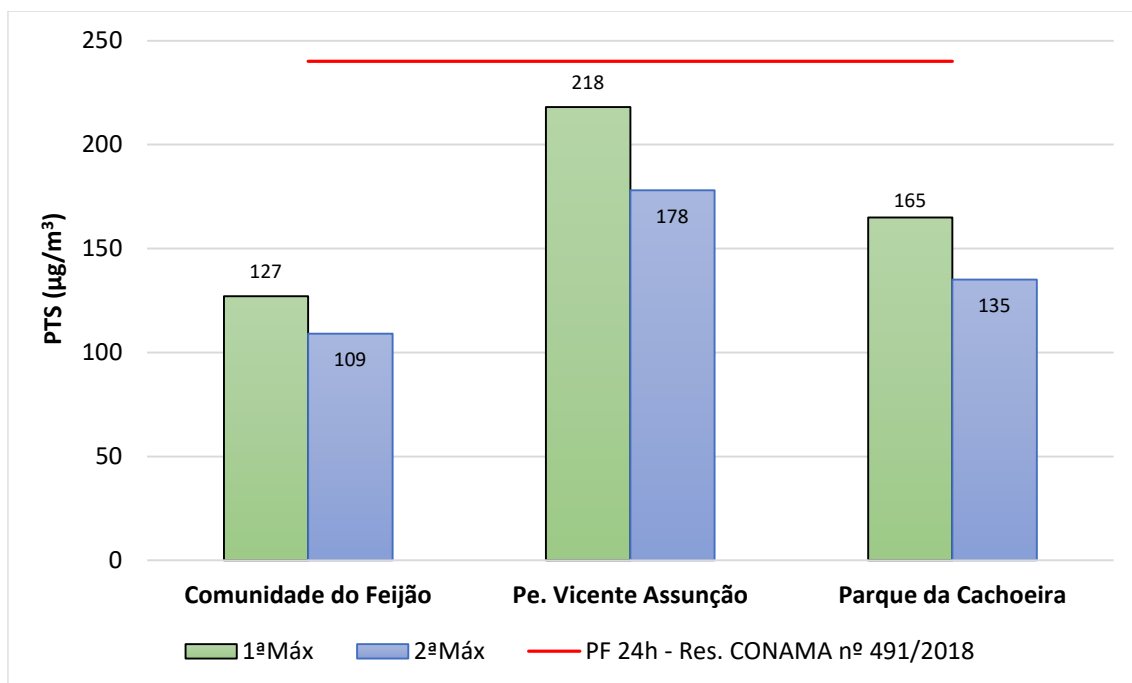


Figura 17: Concentrações máximas diárias de PTS em Brumadinho.

Ainda de acordo com a [Figura 17](#), as máximas diárias foram obtidas nos meses de julho a outubro, mais precisamente: (i) nos dias 16/09 e 04/10 na estação Comunidade do Feijão; (ii) nos dias 14/07 e 17/08 na estação Escola Municipal Padre Vicente Assunção e; (iii) nos dias 03/10 e 09/10 na estação Parque da Cachoeira. Com relação à média geométrica anual, elas ficaram abaixo do padrão de 80 µg/m³ conforme mostra a [Figura 18](#).

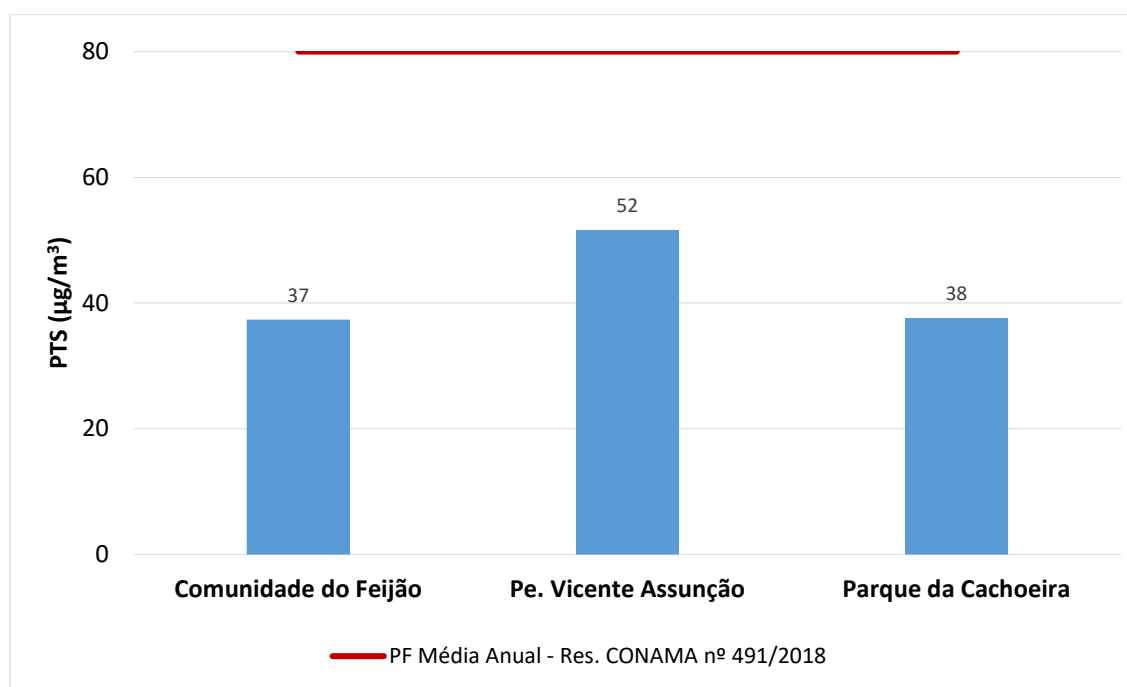


Figura 18: Concentrações médias anuais de PTS em Brumadinho.

A evolução das médias anuais de PTS em Brumadinho é apresentada na [Figura 19](#). Na estação Comunidade do Feijão houve uma redução de 2015 a 2018, já em 2019 foi visto um aumento significativo, porém, com média não representativa e em 2020 a concentração anual voltou a cair, para o menor valor registrado. As outras duas estações do município tiveram comportamento diferente, aumento da média anual na estação Padre Vicente Assunção e redução na estação Parque da Cachoeira para valor bem próximo ao registrado na estação Comunidade do Feijão.

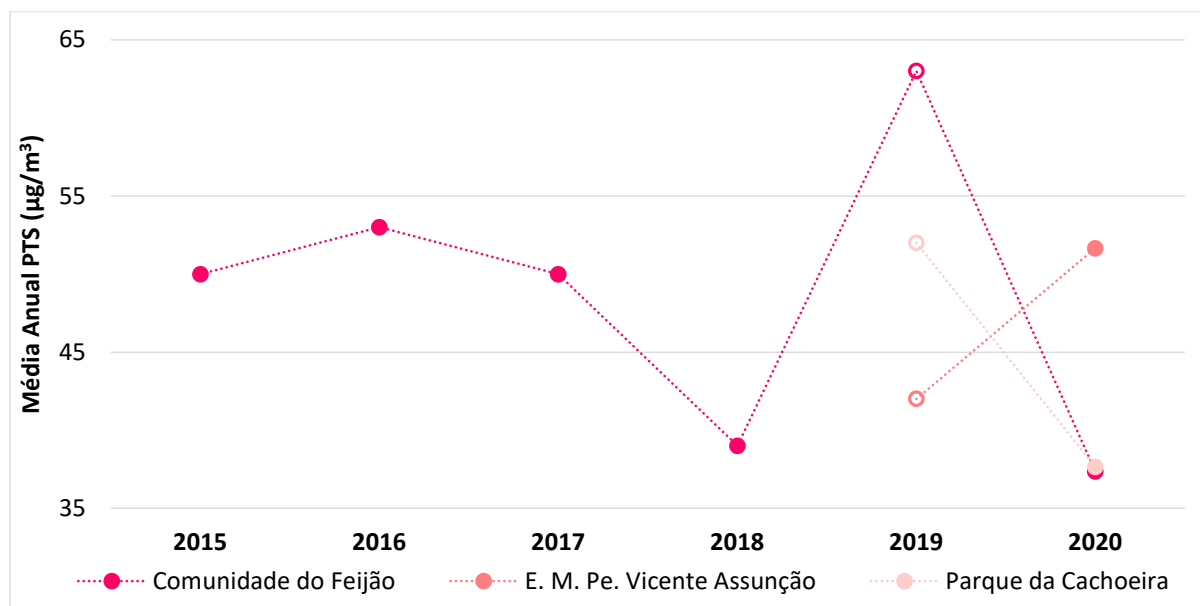


Figura 19: Evolução da média anual de PTS em Brumadinho.

5.1.3 MP₁₀ na RMBH

A [Figura 20](#) mostra as máximas concentrações diárias das partículas inaláveis na RMBH e a comparação com o padrão intermediário 1 (PI-1) de 120 µg/m³, vigente à época de acordo com Resolução CONAMA nº 491/2018, além da comparação com o padrão final (PF) de 50 µg/m³, que é o valor orientador da OMS 2005. Ocorreram ultrapassagens do PI-1 em 5 estações, sendo as seguintes: (i) uma delas em Belo Horizonte, na estação Centro Av. Contorno; (ii) outra em Betim, na estação Centro Administrativo Betim; (iii) e os outros 3 casos restantes foram nas estações de São José da Lapa. Em relação ao PF, somente na estação Delegacia Amazonas não houve ultrapassagens. No Apêndice F é possível consultar o número de ultrapassagens para os demais padrões intermediários de curta duração estabelecidos na legislação.

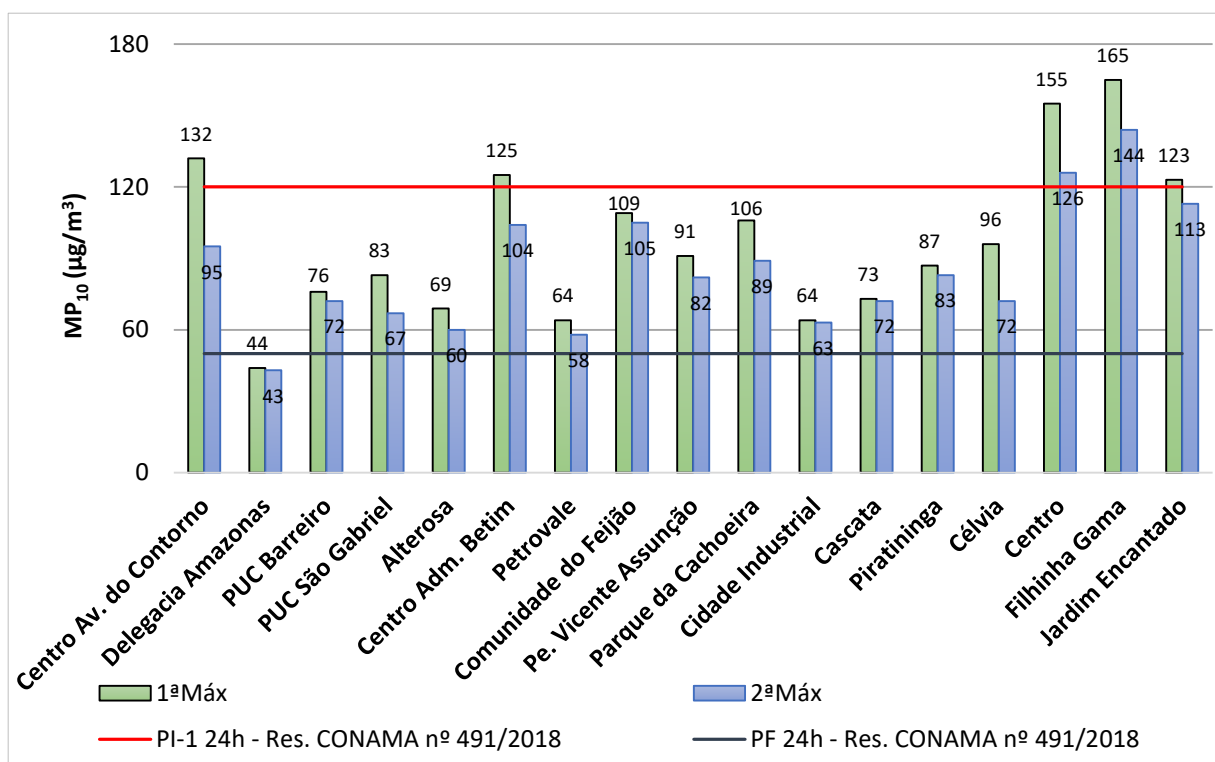


Figura 20: Concentrações máximas diárias de MP₁₀ nas estações da RMBH.

As máximas médias diárias da estação Centro Av. do Contorno ocorreram nos dias 02/07 e 18/09, nessa ordem. Já na estação Centro Adm. Betim foram em 12/09 e 03/10. Em São José da Lapa esses dias foram: (i) na estação Centro em 07/10 e 16/07; (ii) na estação Filhinha Gama em 27/05 e 09/09 e (iii) na estação Jardim Encantado em 11/04 e 12/01. Logo, não foi percebida relação direta entre as máximas obtidas nestas estações.

Na Tabela 12 pode ser visualizada a distribuição percentual do IQAr considerando o MP₁₀ obtido para a RMBH ao longo de 2020. A qualidade “Boa” teve destaque em quase todas as estações da rede, com exceção a estação Centro em São José da Lapa, onde houve predominância da classe “Moderada”; e das estações PUC Barreiro (Belo Horizonte), Cidade Industrial (Contagem) e Jardim Encantado (São José da Lapa), que apresentaram elevada porcentagem de dias omissos, ou seja, dias sem médias diárias representativas para cálculo do IQAr.

Eventos com qualidade “Ruim” foram registrados nos municípios de Belo Horizonte, Betim, Brumadinho e São José da Lapa. Por fim, a qualidade “Muito Ruim” só apresentou ocorrências em algumas estações do município de São José da Lapa.

Tabela 12: Distribuição percentual do IQAr de MP₁₀ na RMBH.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Omissos
Centro Av. do Contorno	79,2%	7,7%	0,3%	-	12,8%
Delegacia Amazonas	59,0%	-	-	-	41,0%
PUC Barreiro	48,4%	3,8%	-	-	47,8%
PUC São Gabriel	89,6%	3,0%	-	-	7,4%
Alterosa	89,6%	2,7%	-	-	7,7%
Centro Adm. Betim	89,3%	9,8%	0,5%	-	0,3%
Petrovale	98,6%	1,4%	-	-	-
Comunidade do Feijão	64,5%	5,5%	0,5%	-	29,5%
Pe. Vicente Assunção	75,4%	6,6%	-	-	18,0%
Parque da Cachoeira	75,7%	2,2%	0,3%	-	21,9%
Cidade Industrial	16,4%	1,9%	-	-	81,7%
Cascata	94,8%	5,2%	-	-	-
Piratinunga	69,4%	10,7%	-	-	19,9%
Célvia	90,4%	53,3%	-	-	5,2%
Centro	26,0%	4,4%	2,2%	0,3%	18,3%
Filhinha Gama	46,7%	32,8%	6,8%	0,3%	13,4%
Jardim Encantado	24,3%	6,0%	0,8%	-	68,9%

A distribuição percentual do IQAr reflete diretamente na média anual, conforme pode ser visto na Figura 21. O padrão anual intermediário 1 (PI-1), de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, determinado pela Resolução CONAMA n° 491/2018, foi superado em 2 estações: Centro e Filhinha Gama, ambas localizadas em São José da Lapa, que se destacaram pelos percentuais mais elevados de qualidade do ar “Moderada”, “Ruim” e “Muito Ruim”, conforme discutido anteriormente. Por outro lado, o padrão final (PF), de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, foi respeitado apenas em duas estações: Delegacia Amazonas e Petrovale.

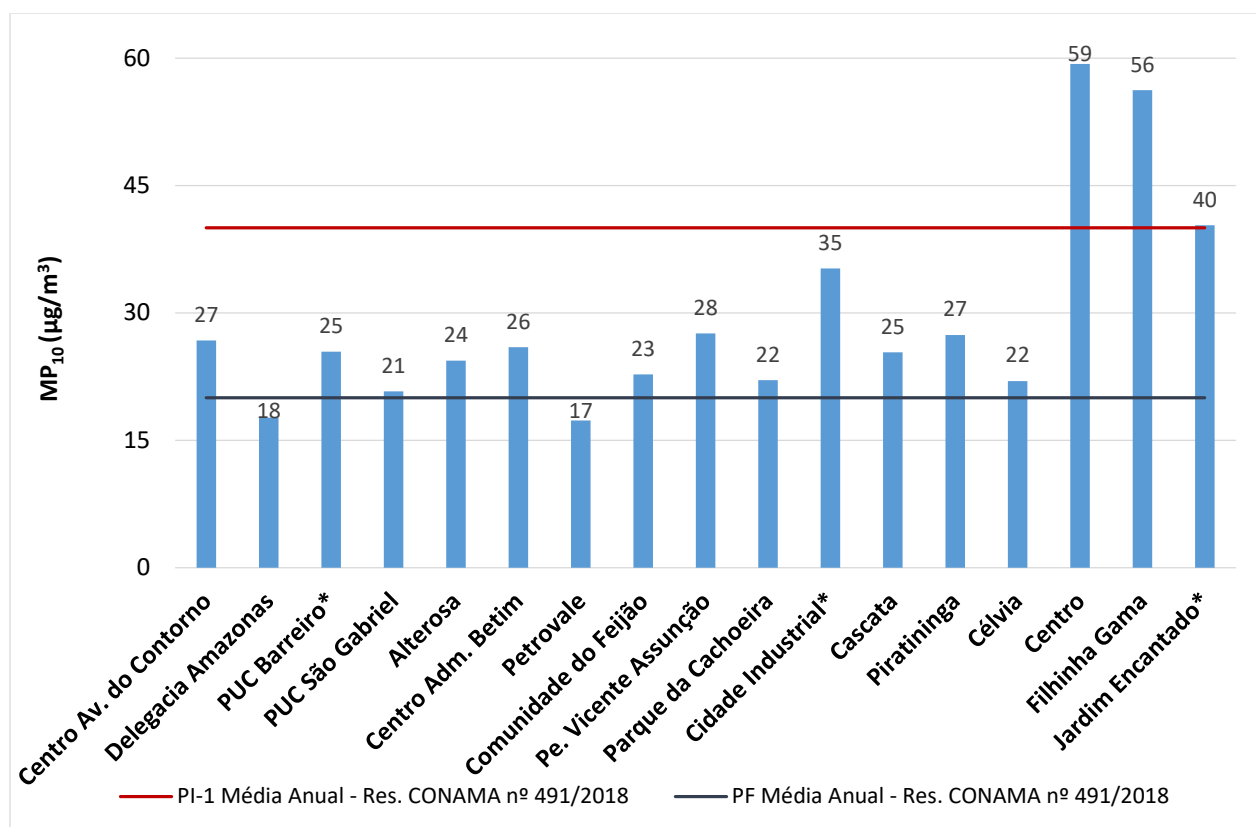


Figura 21: Concentrações médias anuais de MP₁₀ na RMBH.

*Não Representativo.

A evolução das médias anuais de MP₁₀ na RMBH a partir do ano de 2015 é dada na [Figura 22](#). Verifica-se que as estações de São José da Lapa apresentam os maiores valores ao longo dos anos analisados. Em 2020, observou-se redução da média anual em relação ao ano anterior, porém sem grandes variações na tendência.

Esta redução da média anual em 2020 pode estar relacionada ao menor número de focos de incêndio registrados nos municípios em comparação aos dados de 2019, conforme mencionado anteriormente. Além disto, algumas atividades industriais foram reduzidas ou paralisadas por conta das medidas restritivas para a contenção da pandemia da COVID-19. Em alguns municípios estas restrições até impactaram no PIB do município, como mostrou os dados da Fundação João Pinheiro. Por outro lado, também cabe pontuar que o ano de 2020 também teve registros de índices pluviométricos dentro da normalidade.

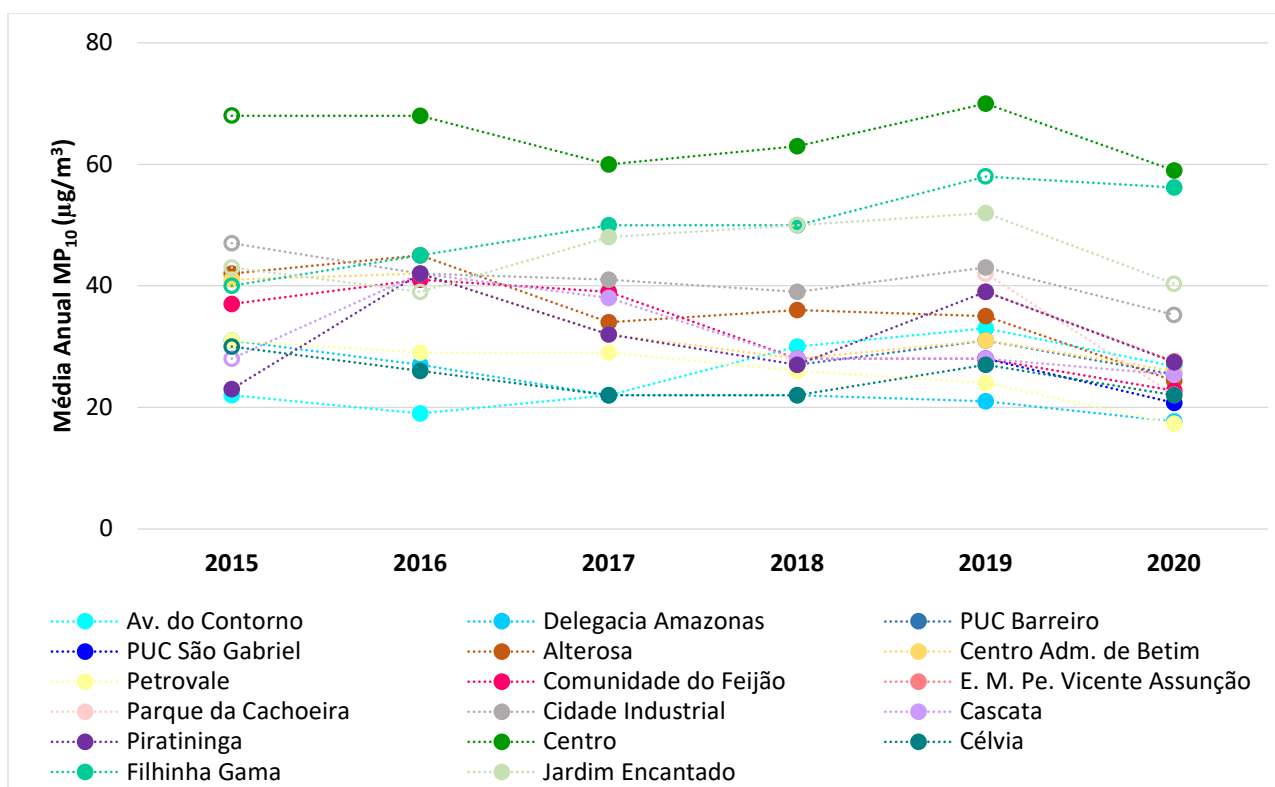


Figura 22: Evolução das médias anuais de MP_{10} na RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.1.4 $MP_{2.5}$ na RMBH

A Figura 23 exibe as máximas concentrações diárias das partículas respiráveis na RMBH. O padrão intermediário 1 da Resolução CONAMA nº 491/2018 (PI-1) - de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - não foi ultrapassado em nenhuma estação. Entretanto, quando se compara os resultados com o padrão final (PF) estabelecido na mesma legislação observa-se que em todas as estações o padrão de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ foi superado. Apenas a segunda máxima diária da estação Célvia ficou abaixo deste limite. O Apêndice G deste relatório apresenta o número de ultrapassagens para cada um dos padrões estabelecidos na Res. CONAMA nº 491/2018.

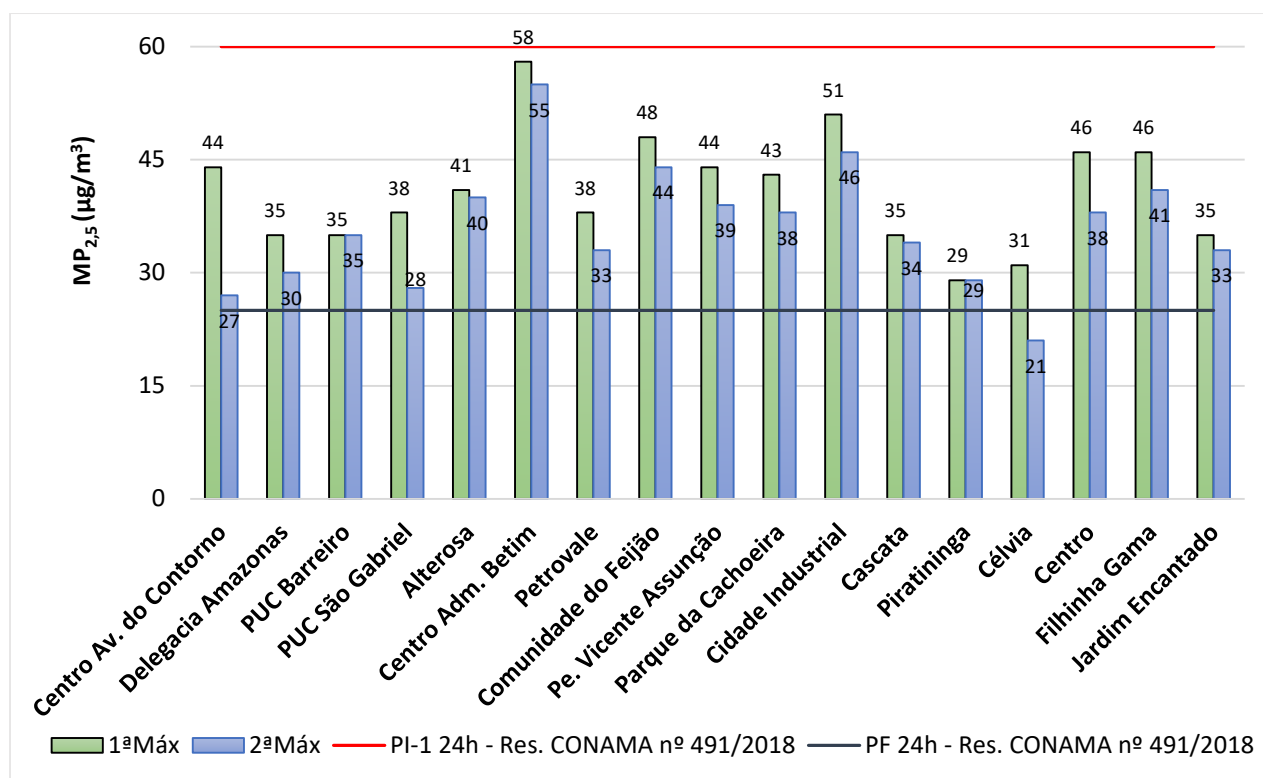
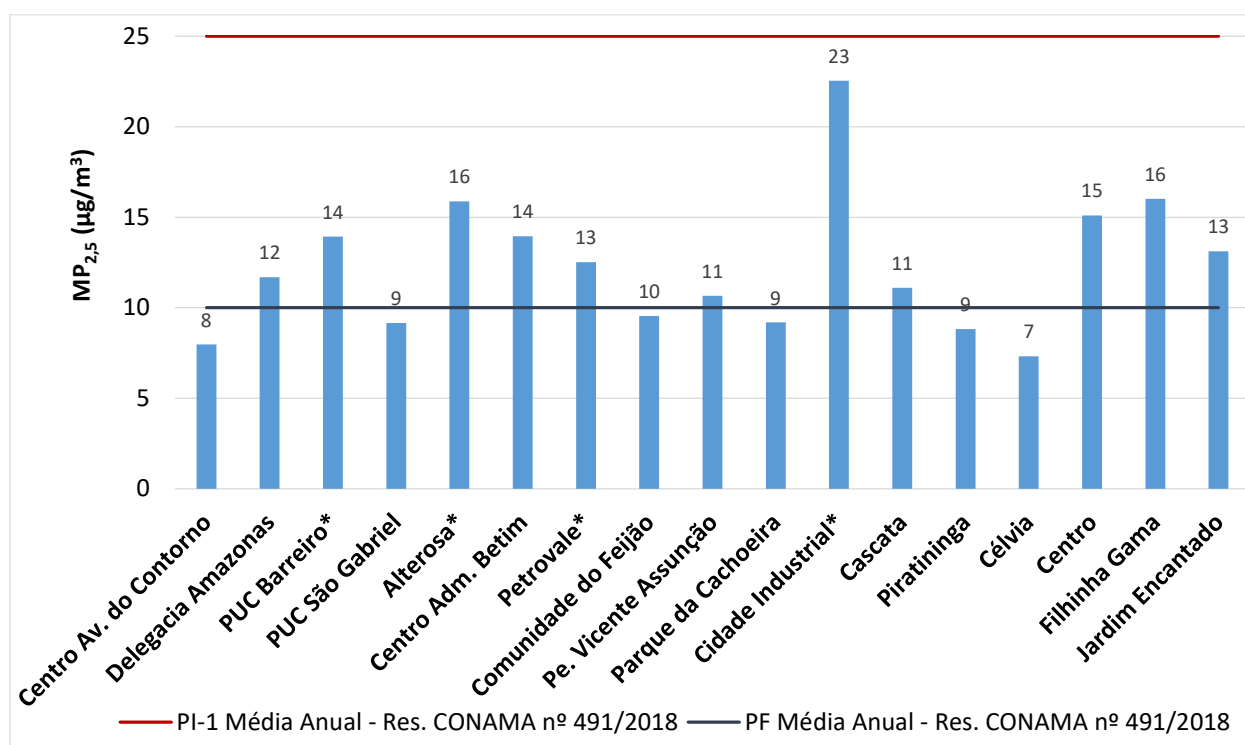


Figura 23: Concentrações máximas diárias de MP_{2,5} nas estações da RMBH.

Analisando a distribuição do IQAr do MP_{2,5} ao longo de 2020 - [Tabela 13](#) - observa-se a predominância da qualidade do ar “Boa” em todas as estações da RMBH, ou seja, em grande parte dos dias o padrão final foi respeitado. Neste ano só houve a ocorrência de qualidade “Ruim” – quando a média diária fica entre 50 e 75 µg/m³ – em duas estações: Centro Administrativo Betim e Cidade Industrial. Por outro lado, o percentual de dados omissos foi elevado em várias estações, o que acabou impactando a representatividade da média anual, conforme pode ser visto na [Figura 24](#).

Tabela 13: Distribuição percentual do IQAr de MP_{2,5} na RMBH.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Centro Av. do Contorno	77,3%	1,1%	-	21,6%
Delegacia Amazonas	74,6%	1,6%	-	23,8%
PUC Barreiro	46,7%	2,7%	-	50,5%
PUC São Gabriel	89,3%	1,1%	-	9,6%
Alterosa	68,6%	6,0%	-	25,4%
Centro Adm. Betim	82,2%	10,7%	0,8%	6,3%
Petrovale	50,8%	1,1%	-	48,1%
Comunidade do Feijão	58,5%	4,1%	-	37,4%
Pe. Vicente Assunção	93,4%	4,1%	-	2,5%
Parque da Cachoeira	80,9%	2,5%	-	16,7%
Cidade Industrial	29,2%	7,1%	0,3%	63,4%
Cascata	84,4%	2,7%	-	12,8%
Piratinunga	89,6%	1,1%	-	9,3%
Célvia	92,9%	0,3%	-	6,8%
Centro	84,2%	4,1%	-	11,7%
Filhinha Gama	68,3%	8,5%	-	23,2%
Jardim Encantado	73,8%	2,2%	-	24,0%

**Figura 24:** Concentrações Médias Anuais de MP_{2,5} na RMBH.

*Não Representativo.

Em relação ao atendimento aos padrões anuais, temos pela **Figura 24** que PI-1 anual de 25 µg/m³ não foi ultrapassado em nenhuma estação. Já considerando o PF anual,

(10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) houve a ultrapassagem em 11 estações, sendo que em todos os municípios da RMBH pelo menos uma estação violou o valor recomendado à época pela Organização Mundial da Saúde.

Além de avaliar o atendimento aos padrões anuais é importante analisar o comportamento das médias anuais ao longo dos anos. A [Figura 25](#) apresenta a variação das concentrações médias anuais de $\text{MP}_{2,5}$ na RMBH, de 2015 a 2020. Percebe-se que no ano de 2020 houve redução dos valores para a maioria das estações da RMBH, com comportamento semelhante ao apresentado pelo MP_{10} .

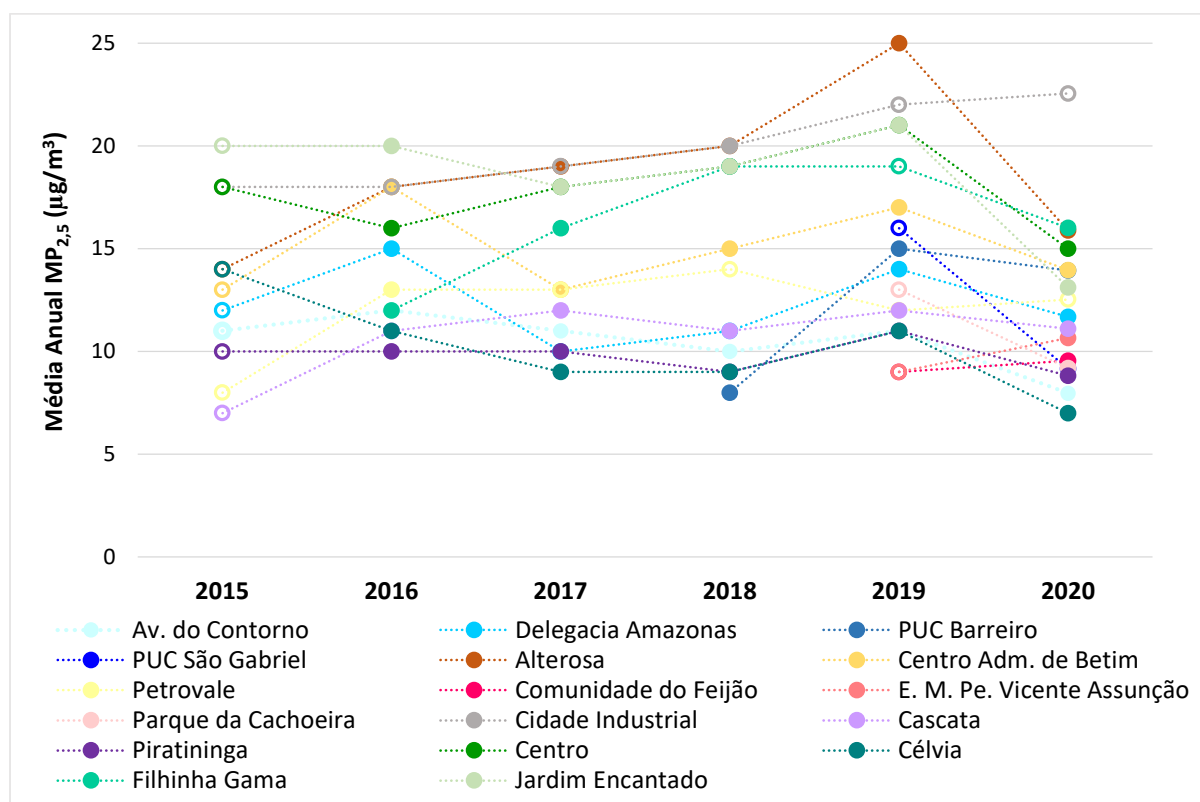


Figura 25: Evolução das médias anuais de $\text{MP}_{2,5}$ na RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.1.5 SO_2 na RMBH

As médias diárias de SO_2 monitoradas na RMBH em 2020 são mostradas na [Figura 26](#), que evidencia que não houve concentrações acima do PI-1, de 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Os maiores valores monitorados foram de 98 e 97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrados na estação Petrovale nos dias 06/09 e 04/09/2020, respectivamente. Em relação ao PF, apenas as estações Alterosa e Cidade Industrial respeitaram o valor de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Entretanto, cabe pontuar, que houve predominância da qualidade “Boa” em todas as estações,

mostrando que na maior parte do tempo o resultado do monitoramento das médias diárias esteve abaixo do PF, conforme pode ser observado na [Tabela 14](#). No Apêndice J deste relatório é apresentado o número de ultrapassagens de todos os padrões de curta duração estabelecidos pela legislação vigente.

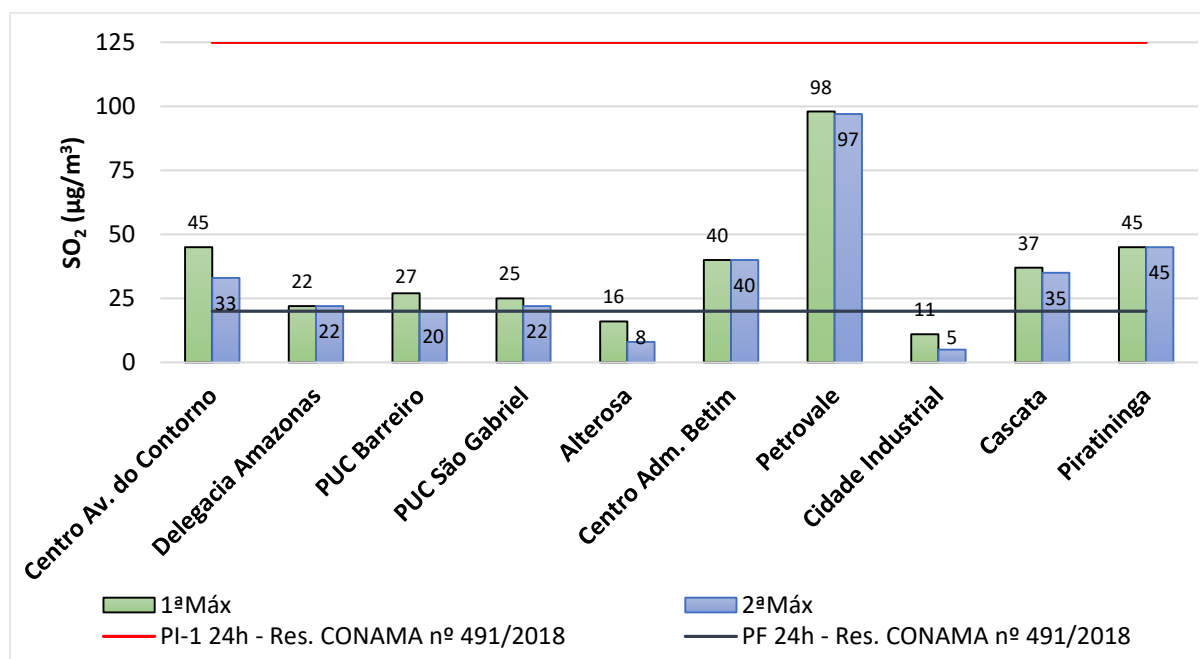


Figura 26: Concentrações máximas diárias de SO₂ na RMBH.

Tabela 14: Distribuição percentual do IQAr de SO₂ na RMBH.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Centro Av. do Contorno	89,1%	0,8%	0,3%	9,8%
Delegacia Amazonas	34,8%	78,2%	-	57,1%
PUC Barreiro	47,8%	0,3%	-	51,9%
PUC São Gabriel	86,9%	1,4%	-	11,7%
Alterosa	98,1%	-	-	1,9%
Centro Adm. Betim	92,1%	1,9%	-	6,0%
Petrovale	82,8%	4,9%	2,2%	10,1%
Cidade Industrial	20,2%	-	-	79,8%
Cascata	90,4%	2,2%	-	7,4%
Piratininga	93,7%	0,3%	0,5%	5,5%

Ainda em relação à distribuição percentual do IQAr observa-se pequenos percentuais de ocorrências nas classes “Moderada” e “Ruim”, o que contribuiu para baixos valores de média anual, como pode ser visto na [Figura 27](#).

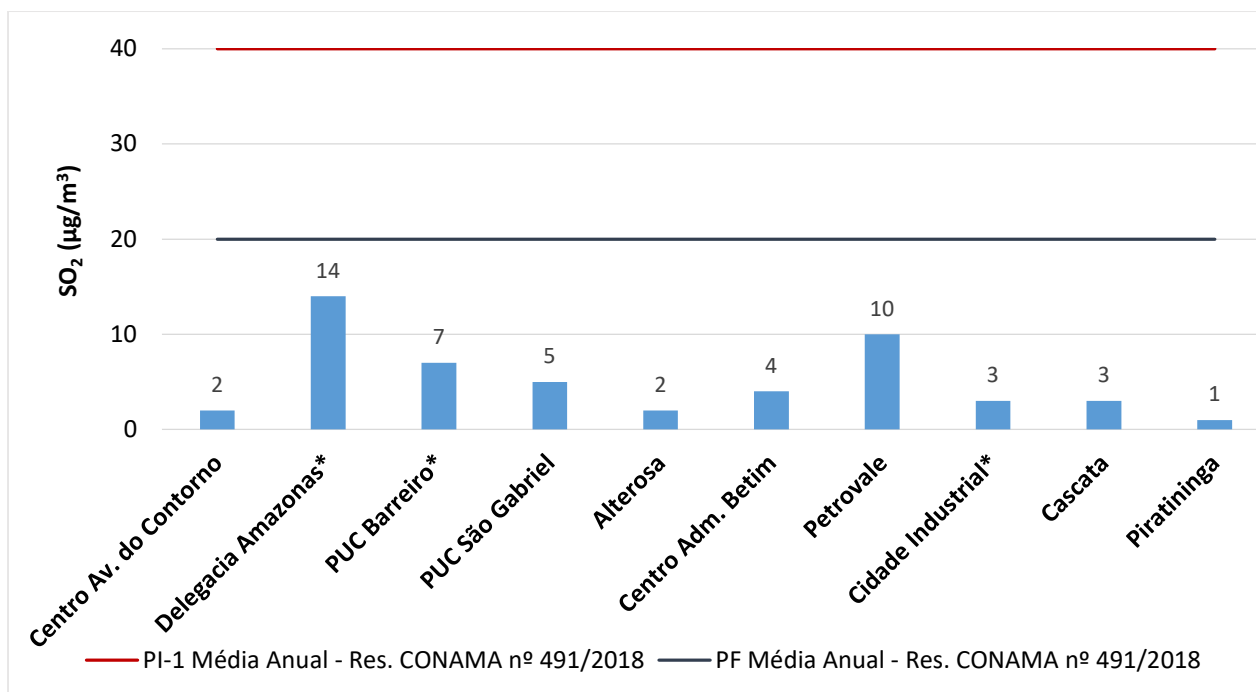


Figura 27: Concentrações médias anuais de SO₂ na RMBH.

*Não Representativo.

Em relação às médias anuais (Figura 27) não houve violação do PI-1 e do PF. A média anual representativa mais elevada foi registrada na estação Petrovale, reflexo da maior porcentagem de dias com classe “Moderada” e “Ruim”.

Na Figura 28 é apresentada a evolução das concentrações médias anuais de SO₂ na RMBH, de 2015 a 2020. Percebe-se que algumas das estações apresentaram comportamento similar em todo período, com reduzidas concentrações, abaixo de 5 µg/m³, como nas estações (i) Centro Avenida do Contorno; (ii) Alterosa; (iii) Centro Adm. Betim; (iv) Cascata e (v) Piratininga. Por outro lado, temos a estação Petrovale, que registrou queda nos valores de 2015 a 2018 e elevação no ano de 2019, mantendo o mesmo valor em 2020. Ainda assim, o valor mais alto da estação Petrovale - 10 µg/m³ - ainda está 50% menor que o valor recomendado pela OMS em 2005 (PF da Resolução Conama nº491/2018).

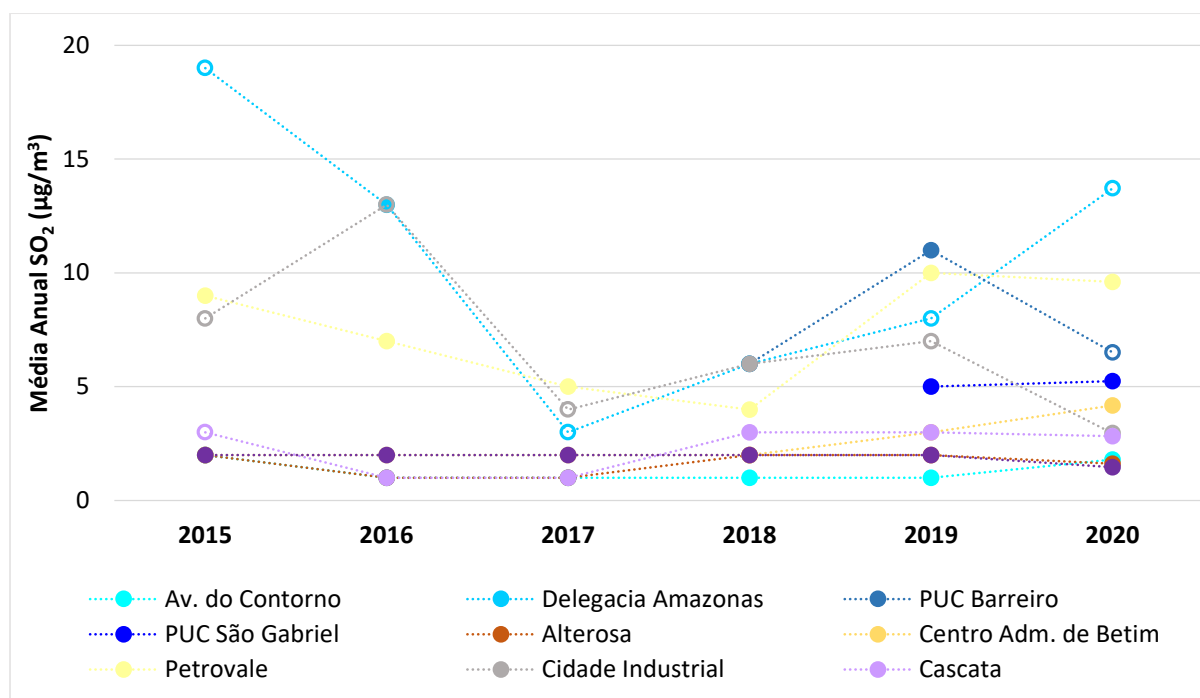


Figura 28: Evolução das médias anuais de SO₂ na RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas

5.1.6 NO₂ na RMBH

A **Figura 29** apresenta as máximas horárias de dióxido de nitrogênio obtidas na RMBH. Destaca-se que todas as máximas médias horárias das estações permaneceram abaixo do padrão estabelecido pela legislação em vigor (PI-1 de 260 µg/m³). Em relação ao padrão final, de 200 µg/m³, houve registros de ultrapassagens nas estações Delegacia Amazonas, Alterosa e Centro Administrativo Betim. O número de ultrapassagens de todos os padrões de curta duração estabelecidos para o dióxido de nitrogênio podem ser consultados no Apêndice I deste relatório.

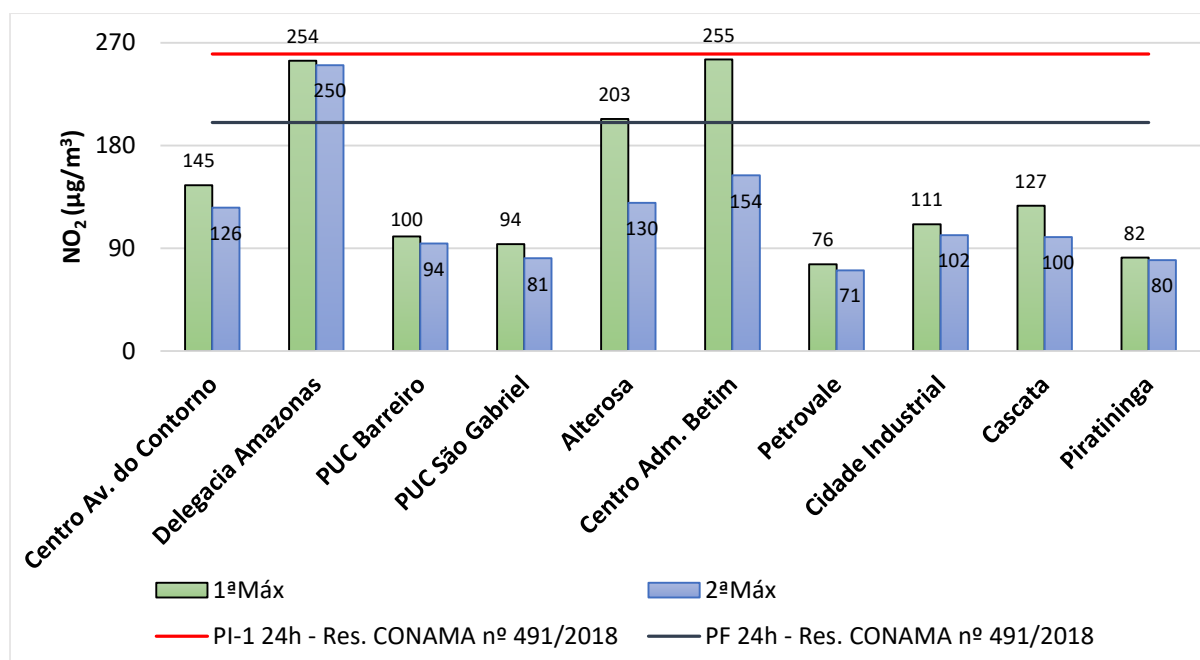


Figura 29: Concentrações máximas horárias de NO₂ nas estações da RMBH.

A distribuição percentual do IQAr para este poluente é apresentada na [Tabela 15](#). Observa-se predominância da classe “Boa” na maioria das estações. Em algumas estações o percentual elevado de dados omissos acabou impactando a representatividade da média anual, conforme pode ser visto [Figura 30](#).

Tabela 15: Distribuição percentual do IQAr de NO₂ na RMBH.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Centro Av. do Contorno	91,0%	-	-	9,0%
Delegacia Amazonas	92,3%	2,7%	1,1%	3,8%
PUC Barreiro	36,3%	-	-	63,7%
PUC São Gabriel	94,0%	-	-	6,0%
Alterosa	93,2%	0,3%	-	6,6%
Centro Adm. Betim	98,4%	-	0,3%	1,4%
Petrovale	98,6%	-	-	1,4%
Cidade Industrial	35,8%	-	-	64,2%
Cascata	95,1%	-	-	4,9%
Piratininga	95,9%	-	-	4,1%

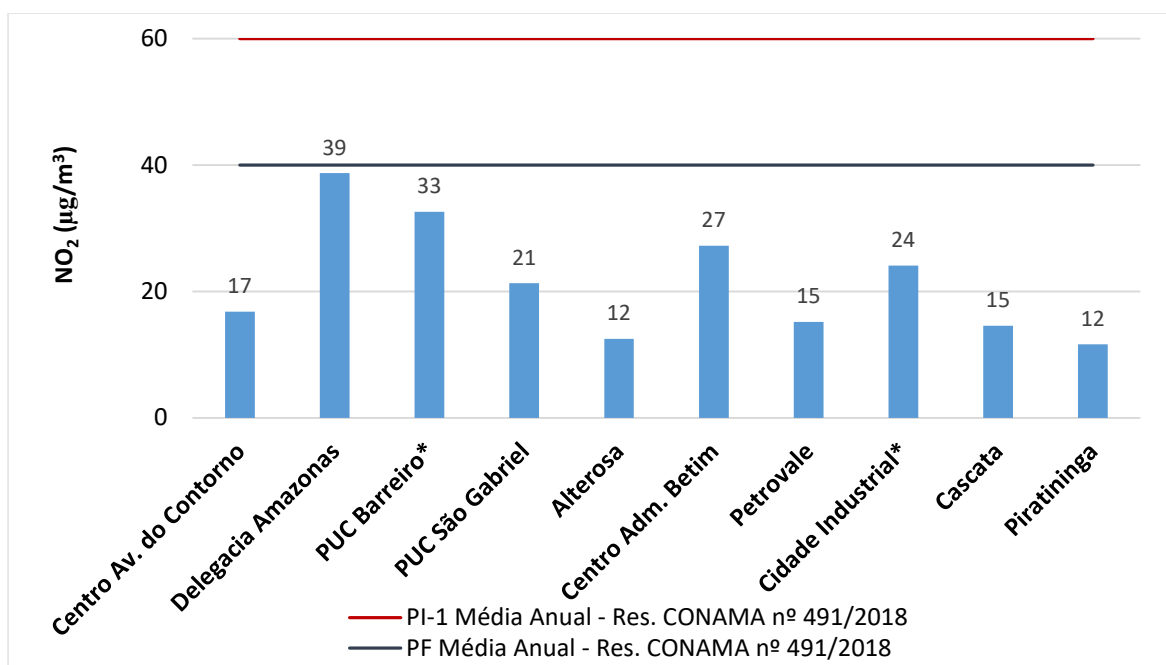


Figura 30: Concentrações médias anuais de NO₂ na RMBH.

*Não Representativo

O PI-1 e PF anual não foram ultrapassados em nenhuma estação da RMBH. Também é importante analisar a variação temporal dos dados. A evolução das médias anuais de NO₂ na RMBH é dada na [Figura 31](#). Nela, visualiza-se que após um período de redução de valores, de 2015 a 2018, houve um aumento em 2019, principalmente nas estações do Centro Adm. Betim e Petrovale. Em 2020, houve o aumento da média anual na estação Piratininga, pertencente a Ibirité; e nas estações localizadas no município de Belo Horizonte, com exceção da estação PUC São Gabriel.

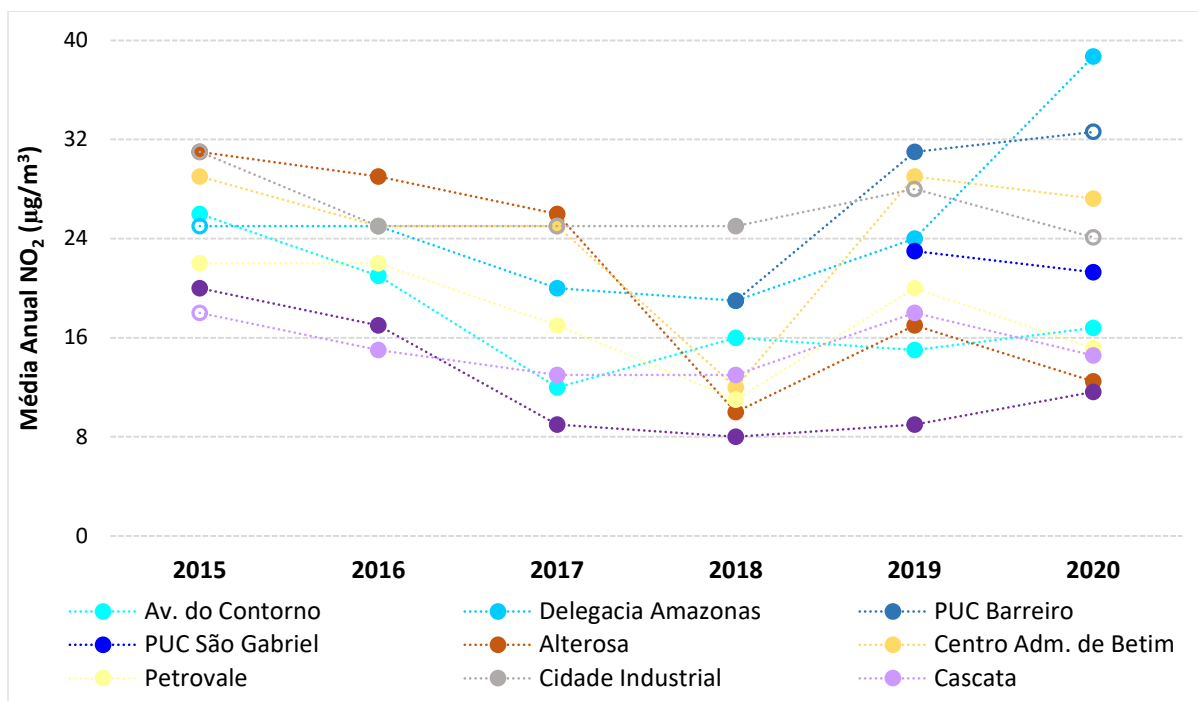


Figura 31: Evolução das médias anuais de NO₂ na RMBH.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.1.7 CO na RMBH

As máximas médias móveis de 8 horas de monóxido de carbono obtidas na RMBH são apresentadas na Figura 32, na qual pode ser observado que o padrão final de 9 ppm não foi ultrapassado em nenhuma das estações. Os maiores valores foram registrados na estação Centro Adm. Betim, de 8,0 e 5,4 ppm, que foram atingidos nos dias 12/09 e 07/09, respectivamente. Os baixos valores de médias móveis refletiram na distribuição percentual do IQAr do CO ao longo de 2020 tendo ocorrido apenas a qualidade do ar “Boa” para esse poluente, conforme informações da Tabela 16.

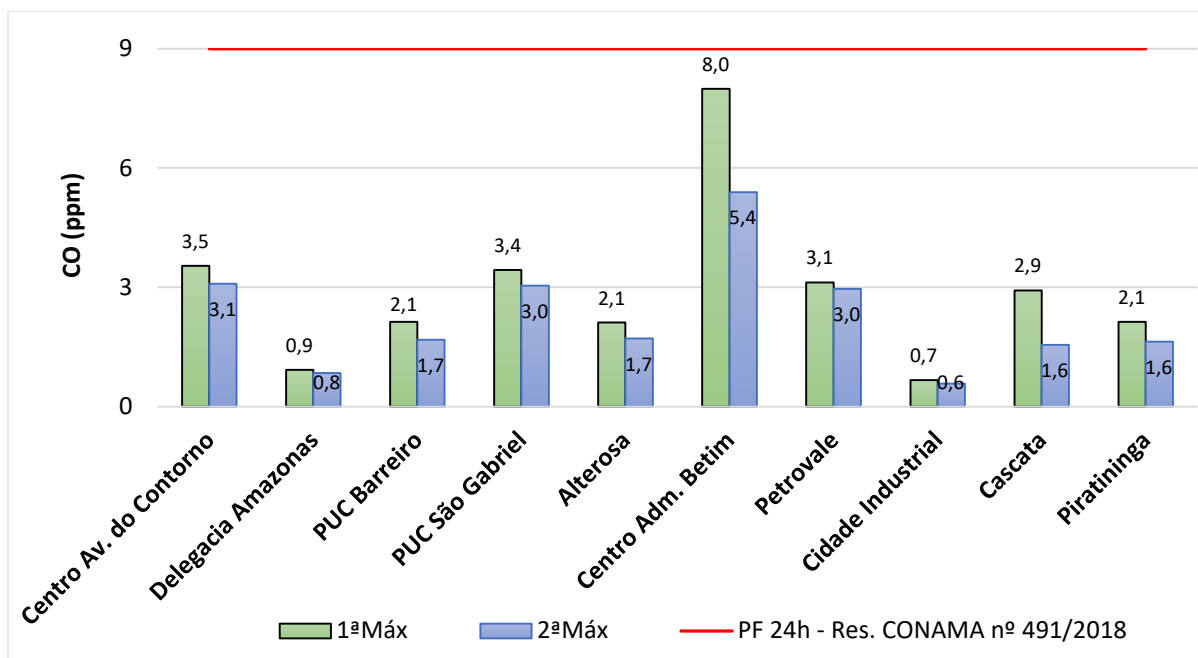


Figura 32: Concentrações máximas de 8 horas de CO na RMBH.

Tabela 16: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMBH.

Estação	Boa	Omissos
Centro Av. do Contorno	95,6%	4,4%
Delegacia Amazonas	93,2%	6,8%
PUC Barreiro	72,4%	27,6%
PUC São Gabriel	89,9%	10,1%
Alterosa	99,7%	0,3%
Centro Adm. Betim	97,5%	2,5%
Petrovale	93,7%	6,3%
Cidade Industrial	29,2%	70,8%
Cascata	94,8%	5,2%
Piratininga	98,4%	1,6%

5.1.8 O₃ na RMBH

A **Figura 33** mostra as máximas médias móveis de 8 horas de ozônio obtidas nas estações da RMBH, em comparação com o padrão intermediário 1 de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ estabelecido na Resolução CONAMA nº 491/2018 (PI-1). Três estações tiveram valores acima desse padrão: (i) PUC Barreiro nos dias 13 e 14/07/2020; (ii) PUC São Gabriel com ocorrências nos dias 08/09 e 10/10/2020 e (iii) Cidade Industrial nos dias 15 e 15/01/2020. Portanto, não foi percebida relação direta entre as máximas obtidas nestas estações. Em relação ao PF, de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, houve ultrapassagem em todas

as estações. No Apêndice H deste relatório apresenta-se o número de ultrapassagens por estação para cada padrão estabelecido na Res. Conama nº 491/2018.

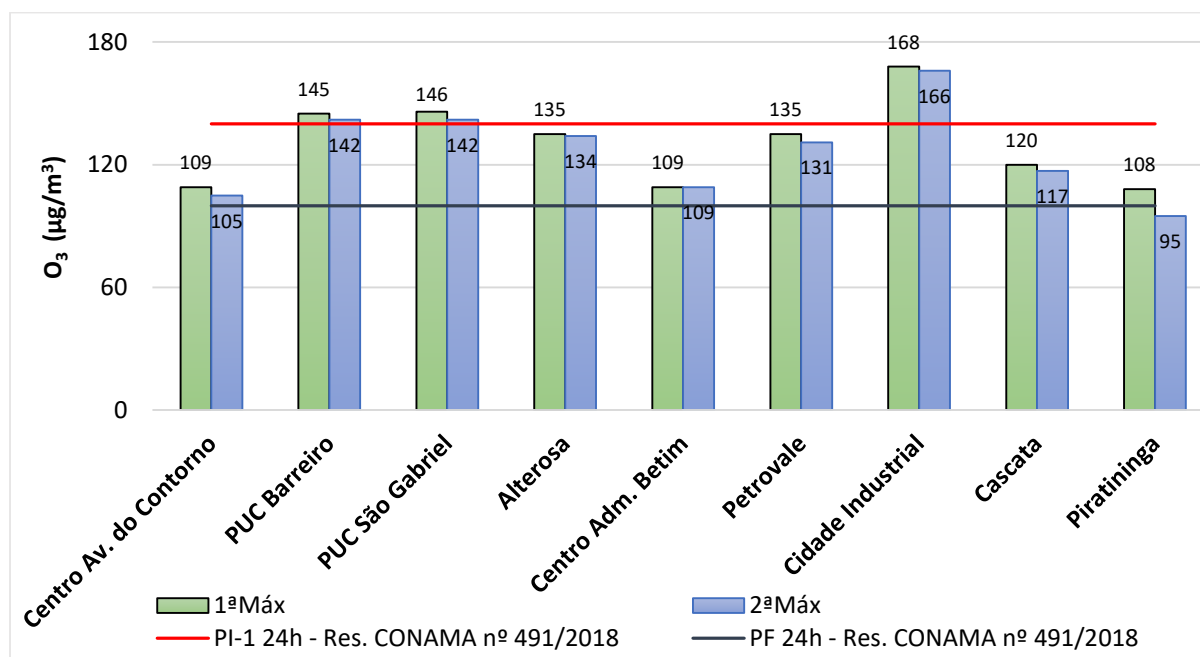


Figura 33: Concentrações máximas médias de 8 horas de O₃ na RMBH.

Apesar das ultrapassagens do PF destacadas na Figura 33, houve predominância da qualidade “Boa” nas estações da RMBH, conforme apresentado na Tabela 17. Episódios de qualidade “Moderada” foram registrados em todas as estações, porém em menor percentual. E houve apenas uma estação com ocorrência de qualidade “Muito Ruim”: A estação Cidade Industrial, no município de Contagem.

Tabela 17: Distribuição percentual do IQAr de O₃ na RMBH.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Omissos
Centro Av. do Contorno	92,3%	1,4%	-	-	6,3%
PUC Barreiro	37,2%	7,7%	1,4%	-	53,8
PUC São Gabriel	81,1%	5,2%	1,4%	-	12,3%
Alterosa	82,5%	4,6%	0,5%	-	12,3%
Centro Adm. Betim	96,7%	1,1%	-	-	2,2%
Petrovale	79,2%	6,0%	0,5%	-	14,2%
Cidade Industrial	33,3%	1,1%	0,8%	0,5%	64,2%
Cascata	85,5%	1,1%	-	-	13,4%
Piratininga	98,4%	0,3%	-	-	1,4%

5.3 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, conforme instituído pela Lei Complementar nº 90 de 2006.

O processo de ocupação e urbanização desta região está ligado a construção da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM). A EFVM teve sua construção iniciada em 1903. O traçado original propunha a ligação de Diamantina à Vitória como meio de escoamento do café produzido no norte de Minas Gerais. Entretanto, seu traçado foi modificado para incorporar áreas do Quadrilátero Ferrífero próximos à Itabira, passando a acompanhar os leitos dos rios Piracicaba e Doce e o principal produto a ser transportado passou a ser o minério de ferro (SAMPAIO, 2008; VASCONCELLOS, 2014). A ferrovia contribuiu para o surgimento de vários núcleos populacionais, criou condições de comércio em áreas urbanas e possibilitou o escoamento rápido de produtos entre vários centros comerciais (BARBOSA, 2010; VASCONCELLOS, 2014).

Outros períodos de crescimento da região, nos aspectos econômico e populacional, foram ocasionados com a chegada das siderúrgicas Companhia Belgo-Mineira em João Monlevade, na década de 1930, ACESITA, na década 1940 e, em fins da década de 1950, a USIMINAS (BARBOSA, 2010).

A partir de 1935 a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira passou a adquirir grandes extensões de terra no Vale do Rio Doce. Essa companhia centralizou, nessa região, um grande negócio de exploração de madeira e produção de carvão para a região do Leste Mineiro, com objetivo de alimentar os fornos da sua planta siderúrgica situada em João Monlevade (VASCONCELLOS, 2014). Em 1936, instalou um escritório para gerenciar a exploração da madeira e a produção de carvão no Calado, em Coronel Fabriciano, à época distrito do município de Antônio Dias. Calado era um pequeno arraial, localizado ao lado de uma das estações da EFVM, às margens do Rio Piracicaba (BARBOSA, 2010).

Já em 1944 ocorre a fundação da ACESITA (Companhia Aços Especiais Itabira) em Timóteo à época distrito de Antônio Dias. A nova Companhia tinha como objetivo a

construção de uma usina siderúrgica para produzir aços especiais com autossuficiência em matérias-primas e energia. Em 1945, foi elaborado um projeto de urbanização para a região, dando prioridade à construção de uma vila operária, de acordo com a classe social dos empregados. A ACESITA, teve suas operações iniciadas em 1949, porém suas obras de instalação se estenderam ainda por mais 10 anos (BARBOSA, 2010; VASCONCELLOS, 2014).

Coronel Fabriciano constituiu-se no principal suporte urbano à implantação da siderúrgica e da infraestrutura urbana. Abrigou muitos imigrantes, que, sem emprego direto na siderúrgica, não tinham como fixar moradias nos bairros criados pela empresa em Timóteo, gerando então o crescimento urbano da sede do município. Ipatinga era um pequeno distrito de Coronel Fabriciano, com apenas 236 habitantes no núcleo urbano, em 1950 (BARBOSA, 2010).

Em 1956, é criada na região outra planta industrial: Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. (USIMINAS), reforçando o processo de industrialização e urbanização da região, contribuindo para a ampliação da indústria de base no Brasil, ação prioritária do governo do presidente Juscelino Kubitschek, entre 1956 a 1961 (BARBOSA, 2010). A USIMINAS enfrentou dois grandes problemas operacionais no seu processo de instalação: a falta de mão de obra qualificada na região e a falta de infraestrutura local para abrigar a nova população necessária à construção e funcionamento da siderúrgica (MENDONÇA, 2006).

Diante deste cenário, como aconteceu com a ACESITA, a implantação da USIMINAS determinou a construção de outra cidade particular destinada à habitação de seus funcionários, chamada “Nova Ipatinga”, cujos bairros projetados pela empresa foram: Bairro das Águas, Bela Vista, Bom Retiro, Cariru, Castelo, Ferroviários, Ideal, Imbaúbas, Horto, Novo Cruzeiro, Usipa e Vila Ipanema (VASCONCELLOS, 2014).

A implantação das siderúrgicas - ACESITA e USIMINAS – resultaram em um forte processo de urbanização/industrialização, seguido do grande crescimento populacional e econômico, culminando com a emancipação dos dois distritos. Timóteo e Ipatinga, do município de Coronel Fabriciano em 1964.

A implantação dessas empresas acarretou consequências relevantes para a região, promovendo um crescimento populacional e um influxo imigratório. Devido a esses

fatores, ocorreu um crescimento espontâneo e desigual em todo o território, resultando em impactos significativos na infraestrutura local (SILVA, 2021).

A existência destas grandes indústrias na região tem importante papel na economia local. Em 2020, a RMVA contribuiu com 2,54% do PIB do estado. Neste ano a principal atividade em Ipatinga, Coronel Fabriciano e Santana do Paraíso foi a categoria “Demais serviços”, enquanto em Timóteo a categoria que mais contribuiu

2,54%

foi a contribuição da RMVA para o PIB do estado em 2020.

para o PIB no município foi “Indústria de Transformação”. Destaque para Ipatinga que ocupou a nona posição entre os *Top 10* municípios no PIB estadual, com participação de 1,6%. Entretanto, a participação no PIB estadual do município foi reduzida devido ao menor nível da atividade produtiva do complexo metalomecânico (perda de 0,2 p.p.). A Usiminas, no segundo trimestre de 2020, chegou a desativar um alto forno em razão da queda na demanda pelo aço no contexto econômico da pandemia do Coronavírus. A evolução negativa da indústria de transformação local também contribuiu para a queda do consumo de energia industrial, dos serviços de transporte de carga e armazenagem (FJP, 2023).

Em 2020, o município de Timóteo ficou entre os municípios com maiores ganhos de representatividade no VAB estadual dos serviços privados, ocupando a terceira colocação com aumento de 0.2 p.p. O resultado local do comércio de cosméticos e produtos de perfumaria foi o fator interveniente para o aumento de representatividade no VAB dos serviços privados. Além disto, o município também teve evolução favorável dos serviços prestados às empresas de transporte de carga e armazenagem (FJP, 2023).

As análises seguintes contemplam as cidades da RMVA que compõe a rede de monitoramento da qualidade do ar, por conseguinte, excetua-se Santana do Paraíso.

5.3.1 Caracterização das fontes de poluição da RMVA

Com relação às fontes veiculares, na [Figura 34](#) é destacado o avanço da frota veicular na RMVA, cujos dados de Ipatinga foram dispostos no eixo secundário.

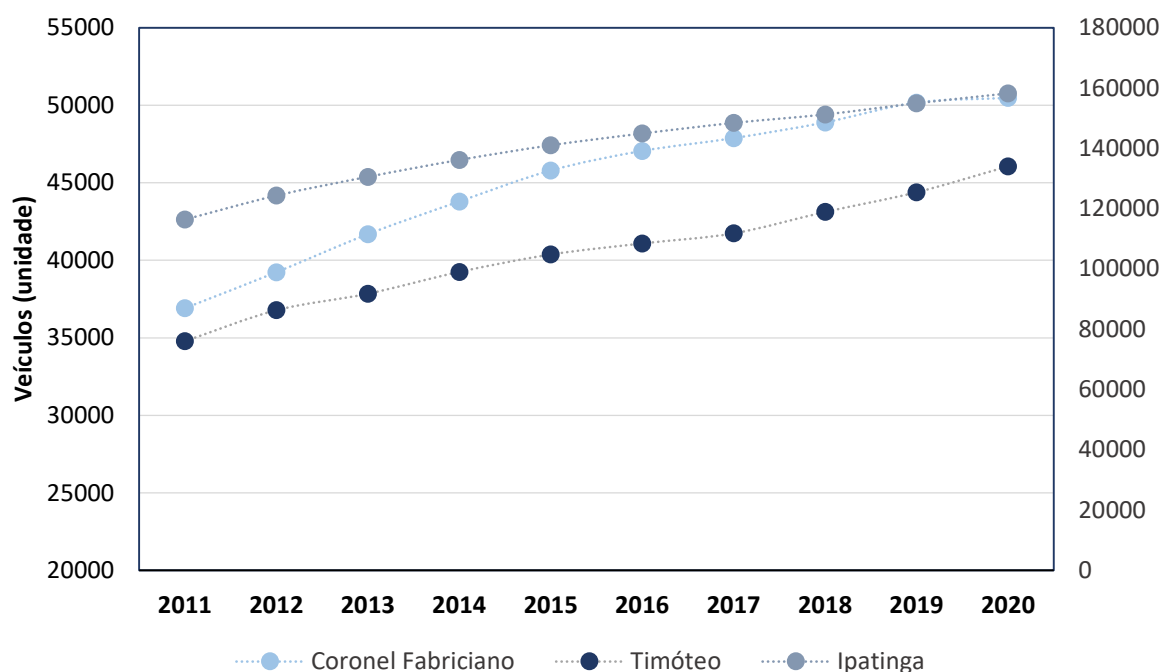


Figura 34: Crescimento da frota veicular na RMVA.

Fonte: SENATRAN, 2025

O município de Ipatinga se destaca como líder em número de veículos na região do Vale do Aço, com um total de 158 mil veículos e um percentual de crescimento da frota de 36% no período de 2011 a 2020. Os demais municípios da região também apresentaram crescimento na frota veicular, tendo sido observado um crescimento de 37% em Coronel Fabriciano e 32% em Timóteo.

Já a [Figura 35](#) destaca o número de focos de incêndio por área territorial obtidos nessas cidades entre 2016 e 2020. Percebe-se que em 2020 houve redução do número de focos de incêndio em todos os municípios da RMVA, entretanto a quantidade de focos registrados neste ano foi a segunda maior dentro do período considerado.

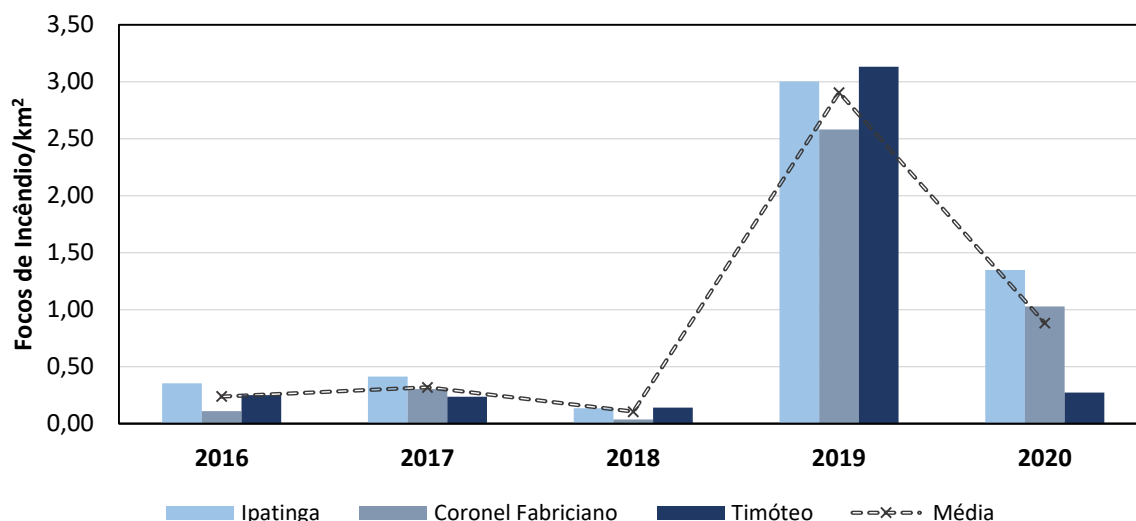


Figura 35: Focos de incêndio na RMVA.

Fonte: INPE, 2025.

A evolução dos empreendimentos licenciados na RMVA, no período de 2016 a 2020, é disposta na [Figura 36](#). O número de empreendimentos licenciados em Timóteo, principalmente Classe 1 e 2, teve grande crescimento em 2020, de tal forma que passou a ocupar o posto de município da RMVA com maior quantidade de empreendimentos licenciados. Em Ipatinga, houve redução do número de empreendimentos de Classe 3 a 6 e pequeno crescimento na outra categoria. Já em Coronel Fabriciano a situação permaneceu a mesma do ano anterior.

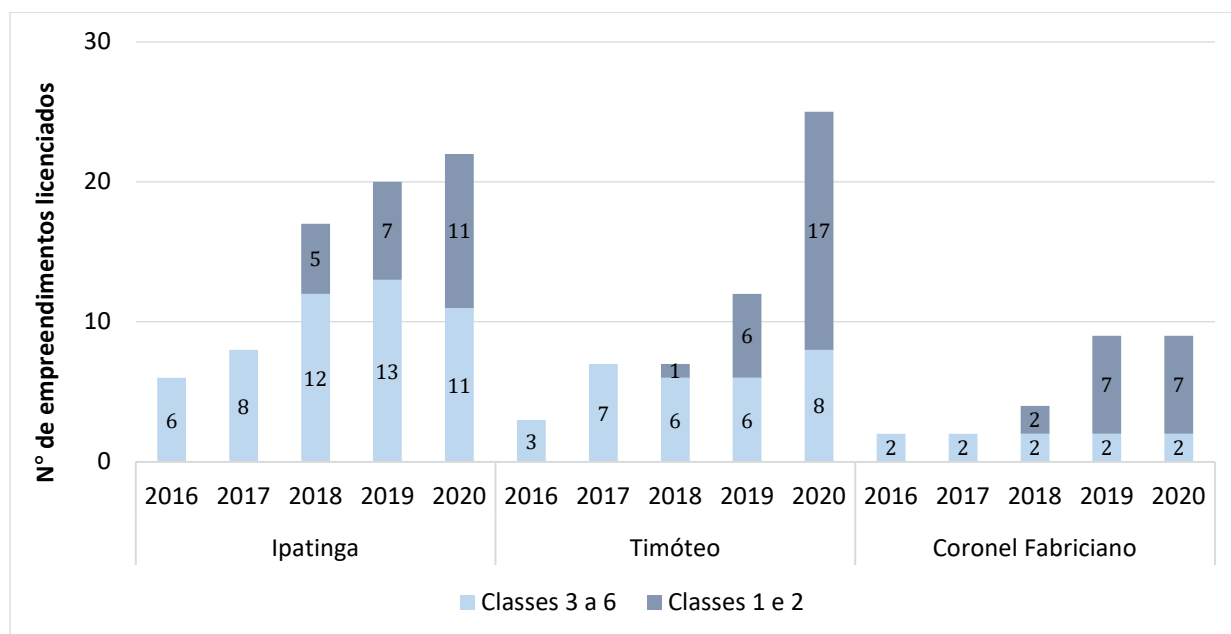


Figura 36: Empreendimentos licenciados na RMVA de 2016 a 2020.

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2025.

A **Tabela 18** apresenta a distribuição dos empreendimentos licenciados e em funcionamento em 2020 na RMVA, conforme as atividades listadas na DN COPAM nº 217/2017, de acordo com as informações disponíveis no IDE. Percebe-se que, em todos os municípios, destaca-se o setor de Gerenciamento de Resíduos e Serviços (F), o que pode acarretar em maior impacto por emissões difusas e veiculares. Ipatinga e Timóteo também possuem importante participação das atividades de metalurgia (B) e de indústria química (C).

Tabela 18: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.

Listagens	Ipatinga	Timóteo	Coronel Fabriciano
Listagem A	3	1	-
Listagem B	4	7	-
Listagem C	4	4	1
Listagem D	1	-	1
Listagem E	-	-	-
Listagem F	10	13	7
Listagem G	-	-	-
Total	22	25	9

Fonte: IDE-SISEMA, 2025.

5.3.2 PTS na RMVA

As máximas concentrações diárias de partículas totais em suspensão obtidas na RMVA estão destacadas na Figura 37. Houve ultrapassagem do padrão de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação SENAI/CFP, em Timóteo, obtendo também o segundo maior valor da região, de $231 \mu\text{g}/\text{m}^3$. As máximas foram registradas nos dias 19/09 e 20/09.

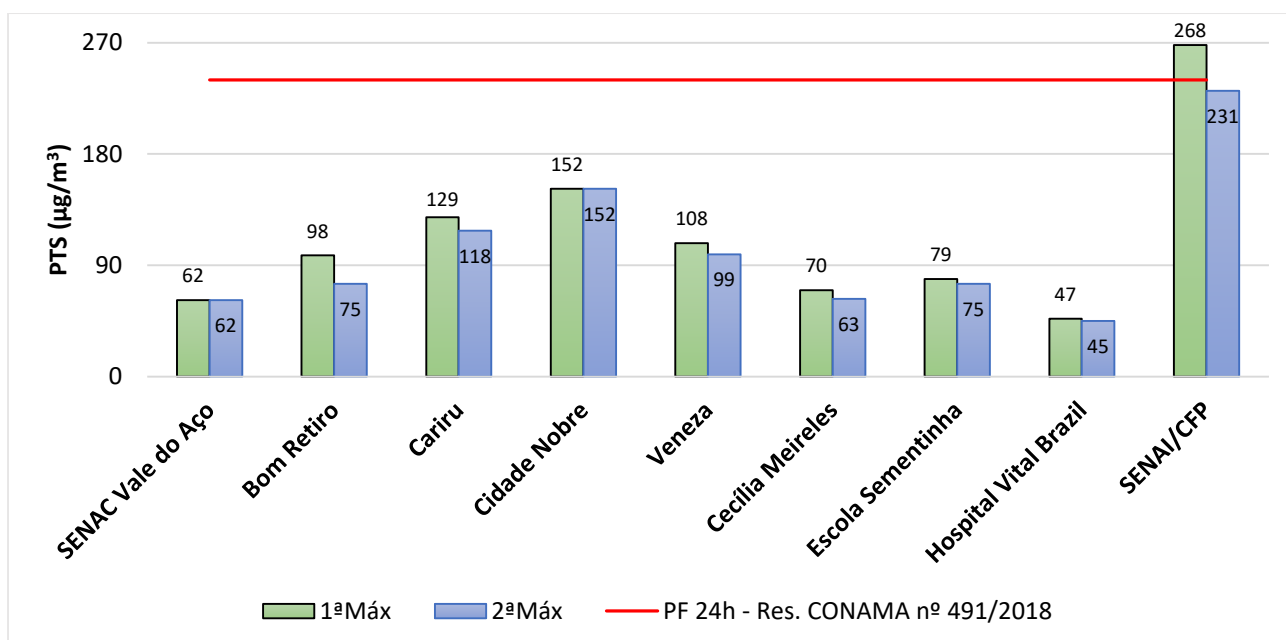


Figura 37: Concentrações máximas diárias de PTS para a RMVA.

Com relação às estações de Ipatinga as máximas diárias ocorreram todas no mês de outubro. Nos dias 07 e 08/10 para as estações Bom Retiro, Cariru e Cidade Nobre e, nos dias 11 e 03/10 na estação Veneza.

Nas estações dos municípios de Coronel Fabriciano e Timóteo as máximas ocorreram todas no mês de fevereiro. Entretanto, cabe pontuar que o monitoramento de PTS nestas estações foi finalizado no início de março, o que também impactou na representatividade da média anual, conforme pode ser visto na Figura 38.

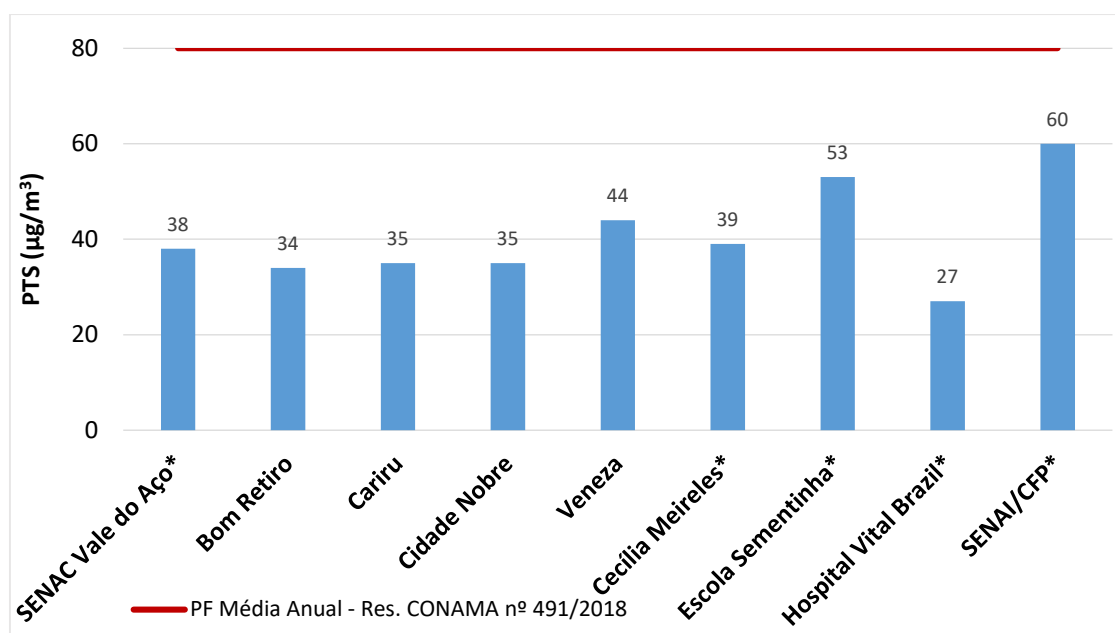


Figura 38: Concentrações médias anuais de PTS na RMVA.

*Não Representativo.

Nenhuma estação apresentou média anual superior ao padrão anual de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No caso da estação SENAI/CFP o monitoramento começou em março, também comprometendo a representatividade anual.

A evolução das médias anuais de PTS na RMVA é mostrada na [Figura 39](#). Todas as estações tiveram redução do valor em 2020 quando comparadas ao ano de 2019. Os resultados das estações de Ipatinga mostram valores semelhantes aos registrados em 2018. Cabe lembrar que no ano de 2019 houve grande número de focos de incêndio em todos os municípios da RMVA e estes registros diminuíram em 2020. Em relação às estações localizadas em Coronel Fabriciano e Timóteo, como mencionado anteriormente, cabe ressaltar que o monitoramento foi encerrado ainda no primeiro trimestre do ano.

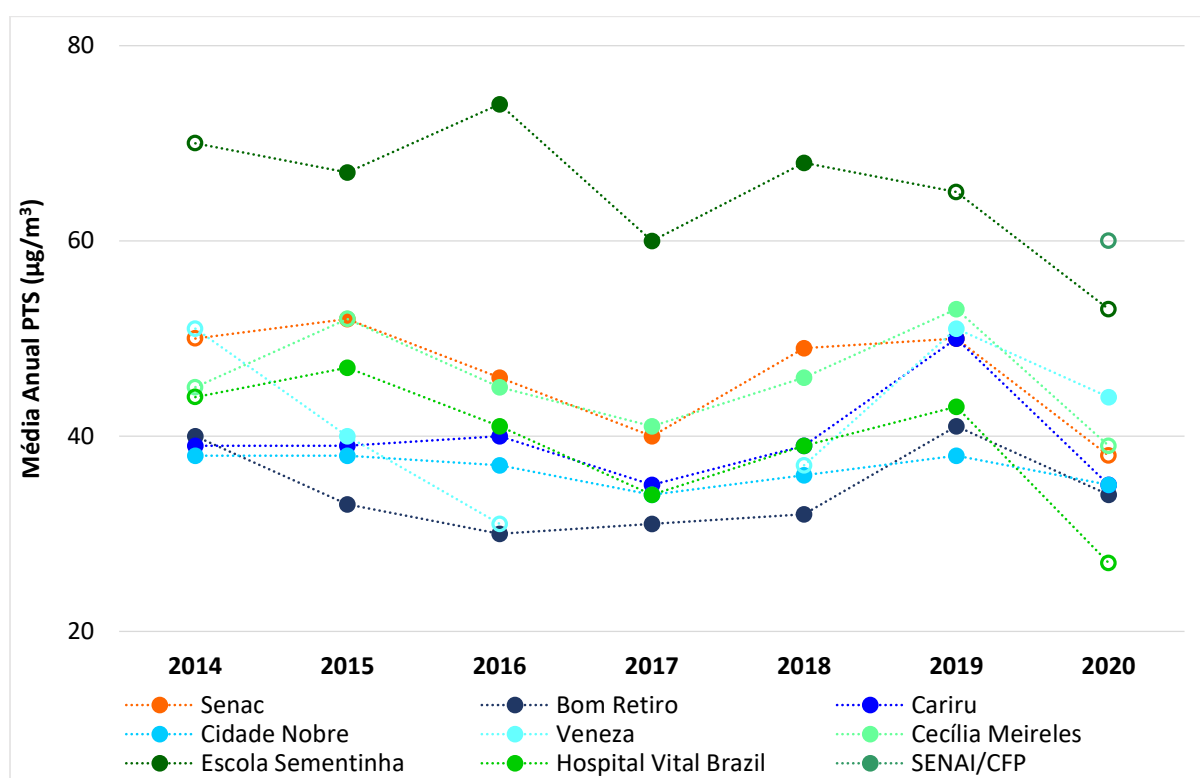


Figura 39: Evolução das médias anuais de PTS na RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.3.3 MP₁₀ na RMVA

Os resultados obtidos para as máximas médias diárias de MP₁₀ na RMVA são apresentados na Figura 40. O PI-1, de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, foi ultrapassado em duas estações do município de Timóteo: Escola Sementinha e SENAI/CFP. Em relação ao PF, o

valor orientador da OMS de 2005 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi respeitado apenas nas estações SENAC Vale do Aço e Hospital Vital Brazil. O número de ultrapassagens de cada estação para cada padrão intermediário de curta duração da Res. Conama n° 491/2018 pode ser conferido no Apêndice F.

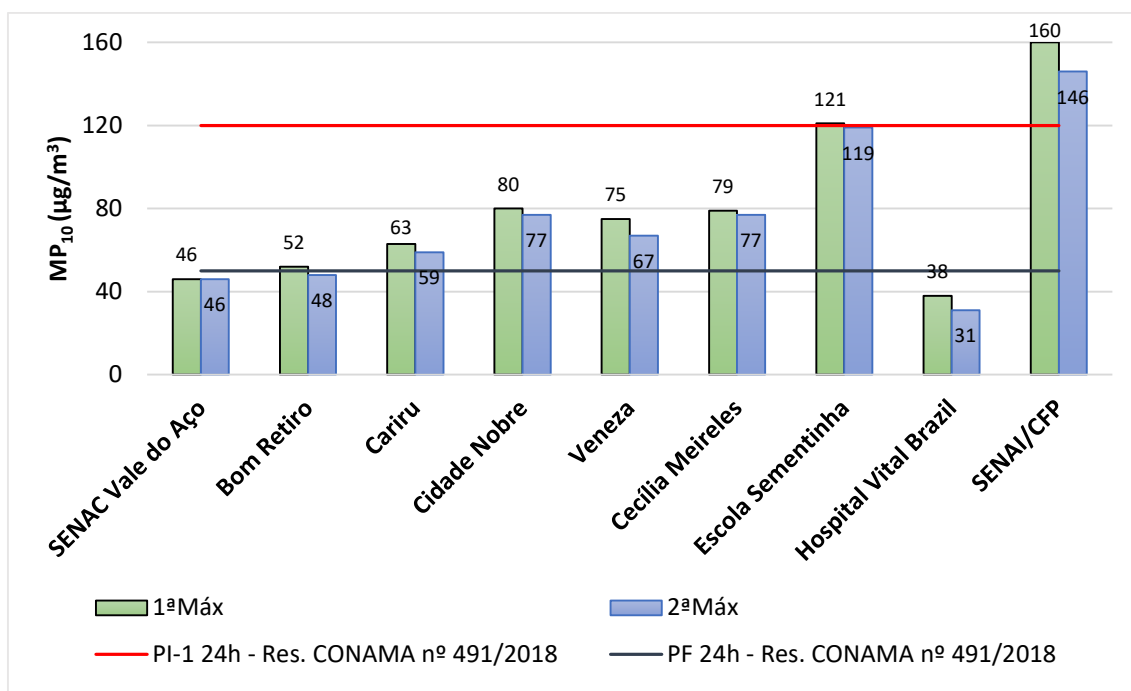


Figura 40: Concentrações máximas diárias de MP_{10} na RMVA.

As datas de ocorrência das máximas diárias nas estações de Ipatinga para o MP_{10} também se concentraram no início do mês de outubro. Na estação Bom Retiro a primeira máxima ocorreu dia 07/10 e a segunda máxima dia 08/10. Na estação Cariru as máximas foram nas mesmas datas, porém invertendo a ordem de grandeza das médias. A primeira máxima na estação Cidade Nobre também ocorreu no dia 08/10 e a segunda máxima no dia 03/10. Mesma data de ocorrência da primeira máxima da estação Veneza, e a segunda máxima foi registrada no dia 04/10. Observa-se coincidência de datas entre os resultados das máximas nas estações.

Na estação Cecília Meireles as máximas também foram registradas nos dias 07/10 e 08/10. As máximas diárias nas estações Escola Sementinha e SENAI/CFP se concentraram no mês de setembro, entre os dias 16/09 a 19/09. As estações SENAC e Hospital Vital tiveram a ocorrência das máximas no mês de fevereiro.

Apesar das ultrapassagens do PF destacadas na Figura 40., houve prevalência da classe “Boa” nas estações localizadas na RMVA, conforme dados apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Distribuição percentual do IQAr de MP₁₀ na RMVA.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Omissos
SENAC Vale do Aço	59,6%	-	-	-	40,3%
Bom Retiro	87,7%	0,3%	-	-	12,1%
Cariru	80,6%	0,5%	-	-	18,9%
Cidade Nobre	89,9%	1,4%	-	-	8,8%
Veneza	89,1%	3,6%	-	-	7,4%
Cecília Meireles	79,0%	4,6%	-	-	16,4%
Escola Sementinha	70,5%	23,2%	2,2%	-	4,1%
Hospital Vital Brazil	15,0%	-	-	-	84,9%
SENAI/CFP	24,9%	11,7%	2,7%	0,3%	60,5%

As estações Escola Sementinha e SENAI/CFP destacaram-se com o registro de eventos de IQAr “Ruim” e “Muito Ruim”, além da maior porcentagem de ocorrência de registros de classe “Moderada”, o que impactou nos resultados da média anual destas estações, com valores mais elevados. A alta porcentagem de dados omissos nas estações SENAC Vale do Aço, Hospital Vital Brazil e SENAI/CFP comprometeu a representatividade da média anual mostradas na Figura 41. Cabe pontuar que o monitoramento de MP₁₀ na estação Hospital Vital também foi finalizado em março.

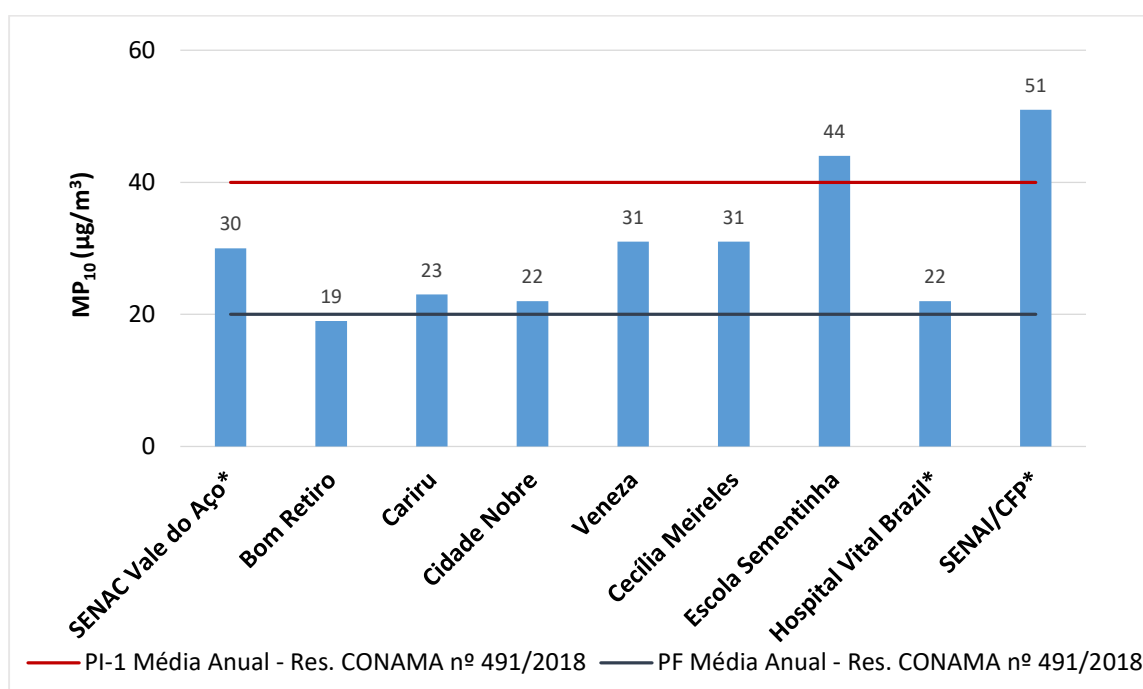


Figura 41: Concentrações médias anuais de MP₁₀ na RMVA.

*Não Representativo.

O padrão intermediário 1 para a média anual, vigente à época segundo a Res. Conama nº491/2018, foi ultrapassado nas estações Escola Sementinha e SENAI/CFP. Já o padrão final foi respeitado apenas na estação Bom Retiro.

Além da análise do atendimento ao padrão anual é importante acompanhar o comportamento das médias anuais no decorrer do tempo. A Figura 42 apresenta a variação das concentrações médias anuais de MP_{10} nos municípios da RMVA, no período de 2014 a 2020.

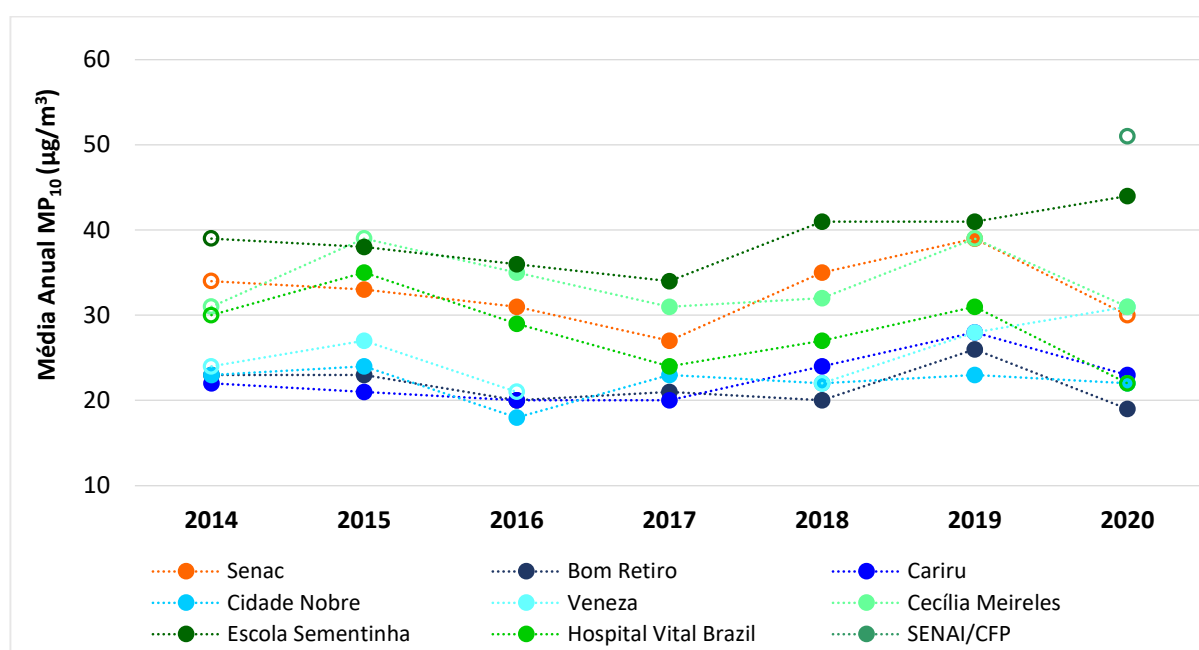


Figura 42: Evolução das médias anuais de MP_{10} na RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

Na maioria das estações observou-se redução da média anual em comparação aos resultados de 2019, exceto nas estações Veneza e Escola Sementinha. As estações de Ipatinga, na maior parte do tempo, apresentaram médias anuais inferiores às aquelas observadas nas estações de Timóteo e Coronel Fabriciano.

5.3.4 $MP_{2.5}$ na RMVA

A Figura 43 exibe as máximas concentrações diárias das partículas respiráveis na RMVA. O monitoramento deste poluente começou em 2020 nas estações Cidade Nobre, SENAC Vale do Aço, Cecília Meireles, Escola Sementinha e Hospital Vital.

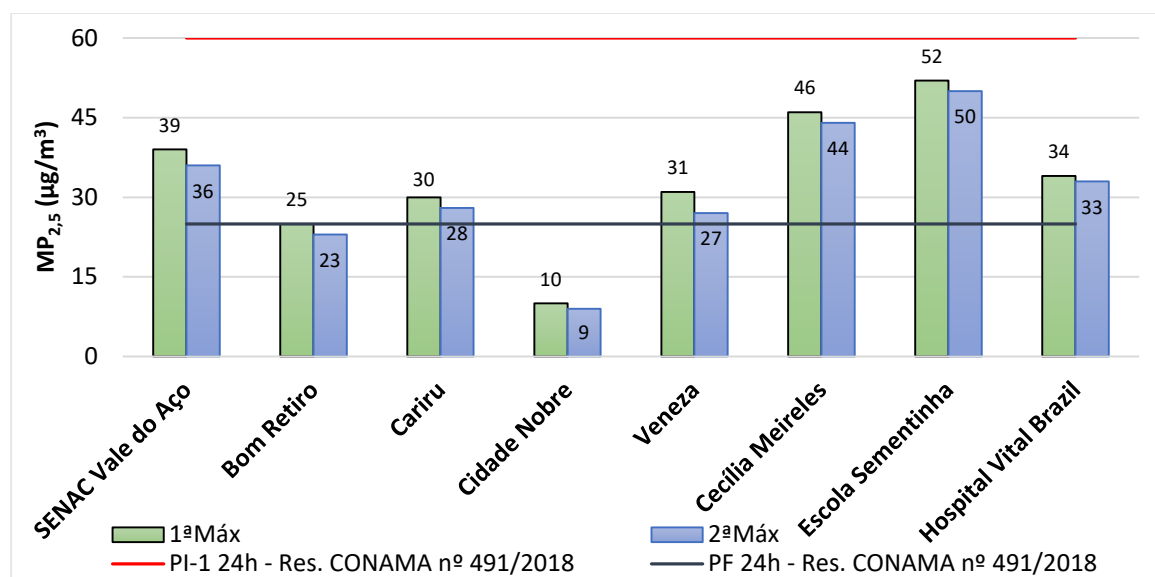


Figura 43: Concentrações máximas diárias de MP_{2,5} na RMVA.

O padrão intermediário 1 da Resolução CONAMA nº 491/2018 (PI-1), de 60 µg/m³, não foi ultrapassado em nenhuma estação. Entretanto, quando se compara os resultados com o padrão final (PF) estabelecido na mesma legislação, observa-se que apenas duas estações de Ipatinga, Bom Retiro e Cidade Nobre, respeitaram o limite de 25 µg/m³. Porém, no caso da estação Cidade Nobre, cabe pontuar que o monitoramento das partículas respiráveis começou apenas no mês de outubro. O Apêndice G mostra o número de ultrapassagens de cada estação para todos os padrões estabelecidos na legislação vigente.

A ocorrência das máximas diárias da RMVA se concentrou no mês de outubro, entre 03/10 a 10/10, sendo que as máximas das estações Bom Retiro, Cariru, Cidade Nobre, Veneza, Cecília Meireles e SENAI/CFP ocorreram neste período.

A distribuição percentual do IQAr para a região é apresentada na [Tabela 20](#).

Tabela 20: Distribuição percentual do IQAr de MP_{2,5} na RMVA.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
SENAC Vale do Aço	32,0%	15,0%	-	53,0%
Bom Retiro	88,8%	-	-	11,2%
Cariru	89,6%	0,8%	-	9,6%
Cidade Nobre	13,7%	-	-	86,3%
Veneza	92,9%	0,8%	-	6,3%
Cecília Meireles	43,4%	16,9%	-	39,6%
Escola Sementinha	19,9%	21,6%	0,3%	58,2%
Hospital Vital Brazil	77,6%	4,6%	-	17,8%

Nas estações de Ipatinga houve predominância da qualidade “Boa”, exceto para a estação Cidade Nobre, que conforme mencionado anteriormente iniciou o monitoramento de $MP_{2,5}$ no quarto trimestre do ano e consequentemente teve mais de 85% de dados omissos. As outras estações da região tiveram porcentagens mais elevadas de qualidade “Moderada”, sendo que a estação Escola Sementinha chegou a ter registro de classe “Ruim”. Este comportamento impactou o resultado da média anual das estações da RMVA (Figura 44).

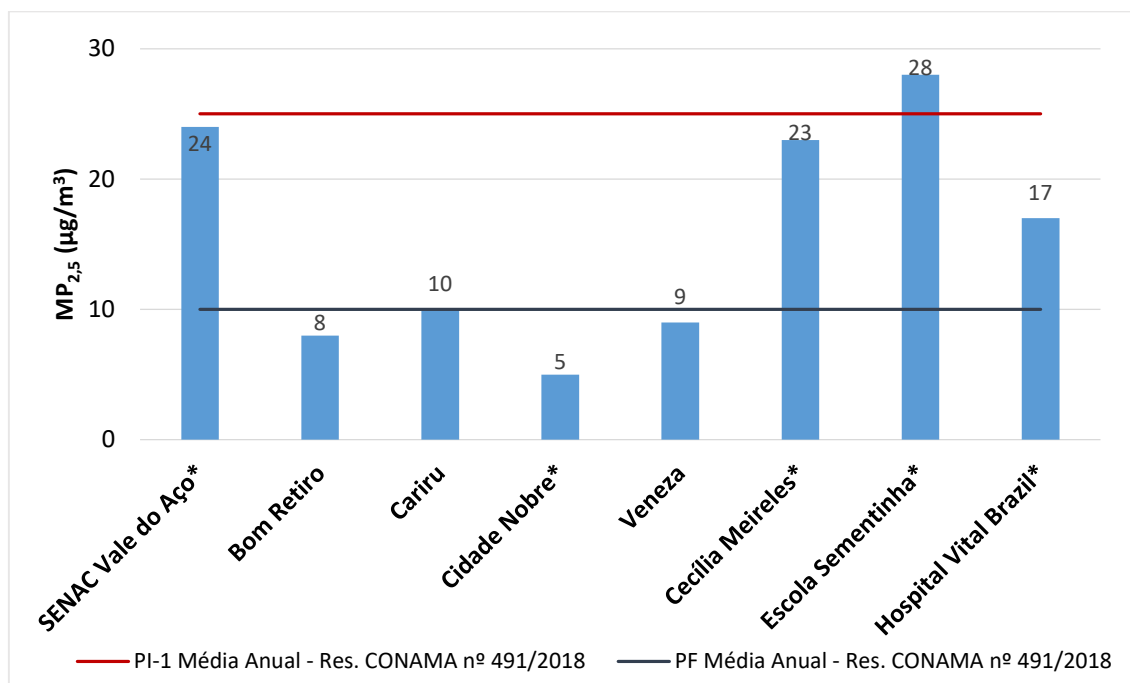


Figura 44: Concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMVA.

*Não Representativo.

Observa-se que a maior média anual foi registrada na estação Escola Sementinha, que inclusive foi a única estação da rede que ultrapassou o PI-1 anual, porém este resultado deve ser analisado com cautela tendo em vista que a média anual não foi representativa. As demais estações de Coronel Fabriciano e Timóteo respeitaram o PI-1 e ultrapassaram apenas o PF anual. Já as estações do município de Ipatinga respeitaram o padrão final ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Além da verificação do atendimento ao padrão anual é importante entender a variação das médias ao longo dos anos. A Figura 45 apresenta a evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMVA.

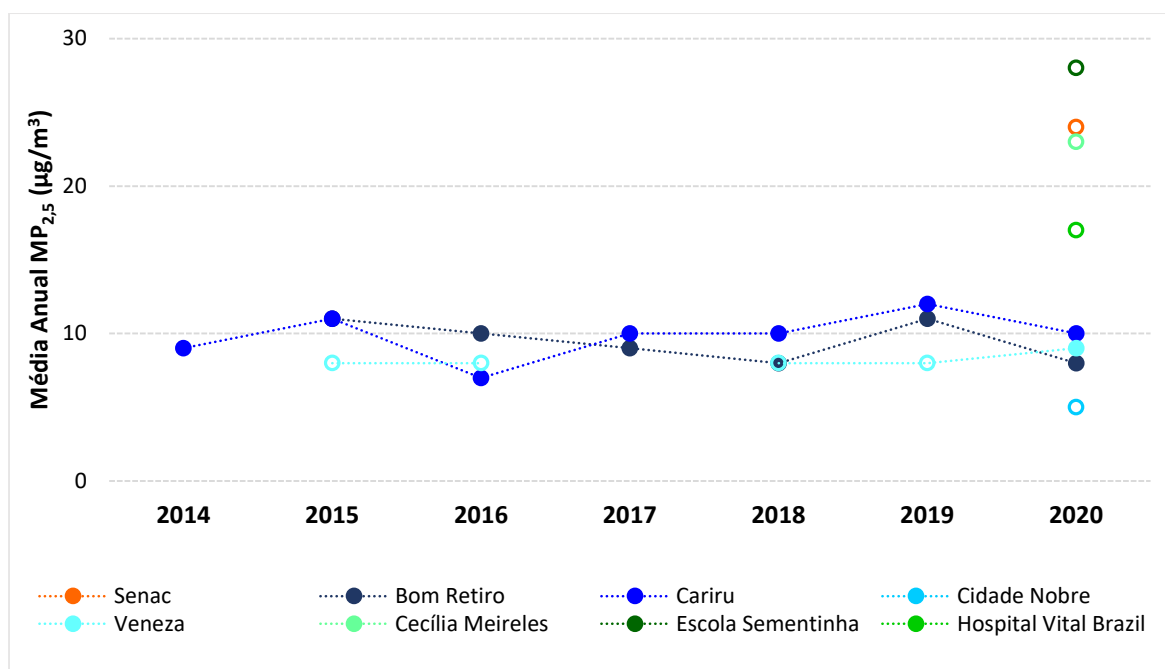


Figura 45: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

A estação Bom Retiro vinha apresentando uma tendência de queda desde 2015, porém, em 2019 houve um crescimento, passando de 8 para 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e voltou para 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2020. Comportamento semelhante foi observado na estação Cariru, com o maior valor sendo registrado no ano de 2019, 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido de queda em 2020 para 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mesma média anual registrada em 2018. Em 2020, a estação Veneza registrou a primeira média anual representativa, 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nos anos anteriores apresentou constância no valor de 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.3.5 SO_2 na RMVA

O dióxido de enxofre é monitorado na RMVA apenas em Ipatinga. Na Figura 46 são apresentadas as máximas médias de 24 horas obtidas nestas estações, sendo percebido que os valores obtidos são bem inferiores ao padrão diário de 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estabelecido na Resolução CONAMA n°491/2018 (PI-1) e também ficaram abaixo do padrão final de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

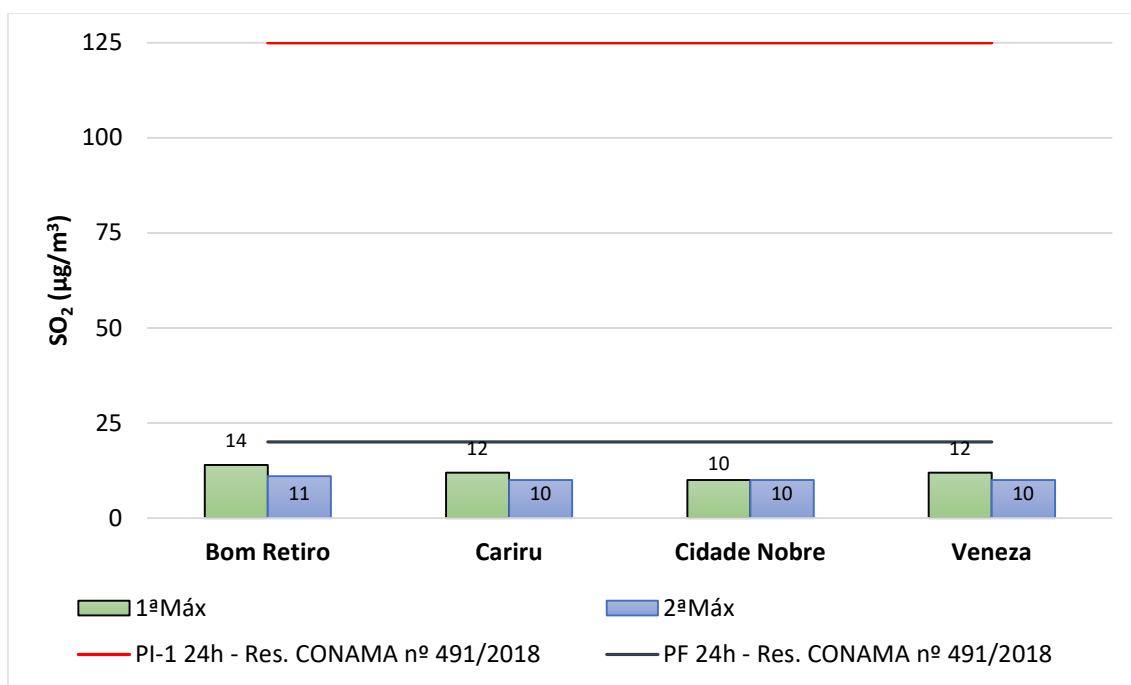


Figura 46: Concentrações máximas diárias de SO₂ na RMVA.

Os resultados da distribuição do IQAr ao longo de 2020, constam na Tabela 21, e como esperado houve predominância da classe “Boa”, tendo em vista que mesmo os resultados das máximas diárias estiveram abaixo do PF de 24 horas.

Tabela 21: Distribuição percentual do IQAr de SO₂ na RMVA.

Estação	Boa	Omissos
Bom Retiro	83,3%	16,7%
Cariru	76,5%	23,5%
Cidade Nobre	80,3%	19,7%
Veneza	95,9%	4,1%

Como consequência, as médias anuais também registraram valores baixos, ficando distantes do PI-1 anual de 40 µg/m³ e também do PF anual de 20 µg/m³, conforme dispõe a Figura 47. O valor mais baixo, 1 µg/m³, foi registrado na estação Cariru, porém trata-se de uma média anual não representativa. Entretanto, este valor vem se repetindo ao longo dos últimos anos como poder ser observado na Figura 48. A variação das médias anuais nas demais estações da RMVA são pequenas, destaque para a estação Bom Retiro que teve os valores mais altos ao longo de todos os anos analisados.

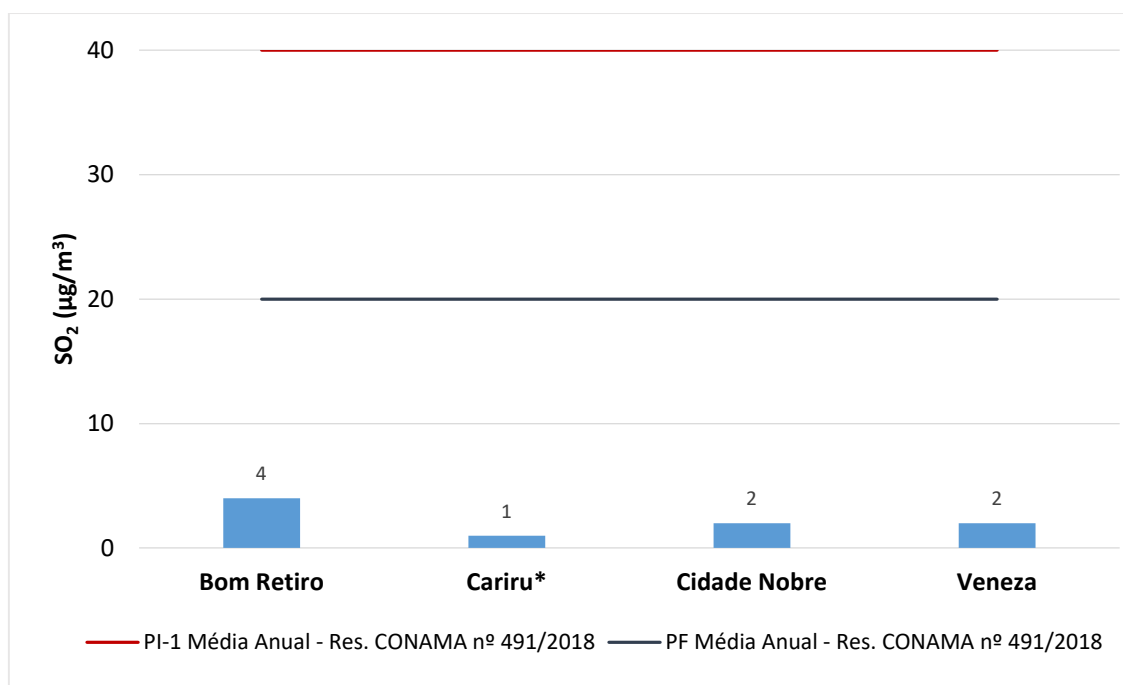


Figura 47: Concentrações Médias Anuais de SO₂ na RMVA.

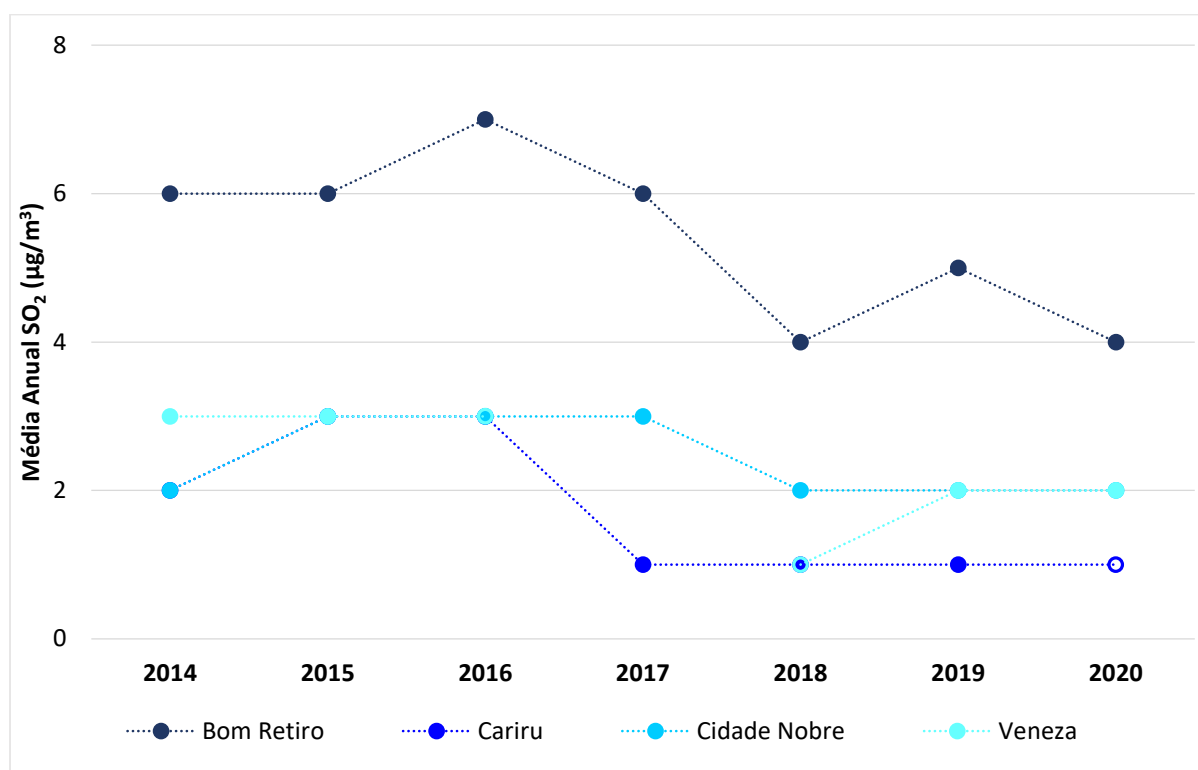


Figura 48: Evolução das médias anuais de SO₂ na RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.3.6 NO₂ na RMVA

Em 2020 nem o padrão horário PI-1, de 260 µg/m³, nem o padrão final, de 200 µg/m³ (PF), foram superados conforme resultados do monitoramento de dióxido de

nitrogênio realizado nas estações da RMVA e dispostos na Figura 49. As máximas horárias na estação Bom Retiro ocorreram nos dias 15/10 e 14/07, na estação Cariru foram nos dias 28/09 e 15/10, na estação Cidade Nobre nos dias 29/09 e 14/07 e por fim na estação Veneza os eventos de máximas foram em 03/10 e 28/09. Apenas o valor de 1ª máxima de 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da estação Veneza ocorreu em data distinta dos registros de máximas das demais estações da rede, possivelmente algum fator local contribuiu para este resultado.

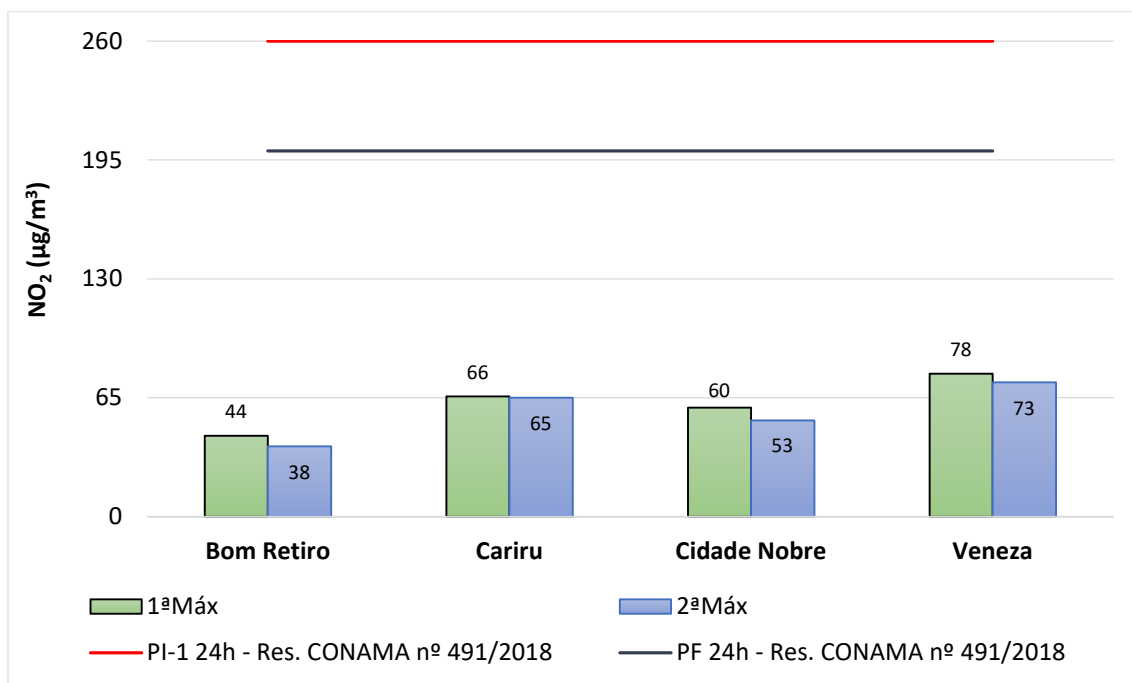


Figura 49: Concentrações máximas horárias de NO_2 na RMVA.

Em relação a distribuição percentual do IQAr, como não houve violação do padrão final, predominou a classe “Boa”, vide [Tabela 22](#). A porcentagem de dados omissos foi baixa em todas as estações, garantindo assim médias anuais representativas, conforme pode ser observado na Figura 50.

Tabela 22: Distribuição percentual do IQAr de NO_2 na RMVA.

Estação	Boa	Omissos
Bom Retiro	98,1%	1,9%
Cariru	99,5%	0,5%
Cidade Nobre	94,3%	5,7%
Veneza	98,9%	1,1%

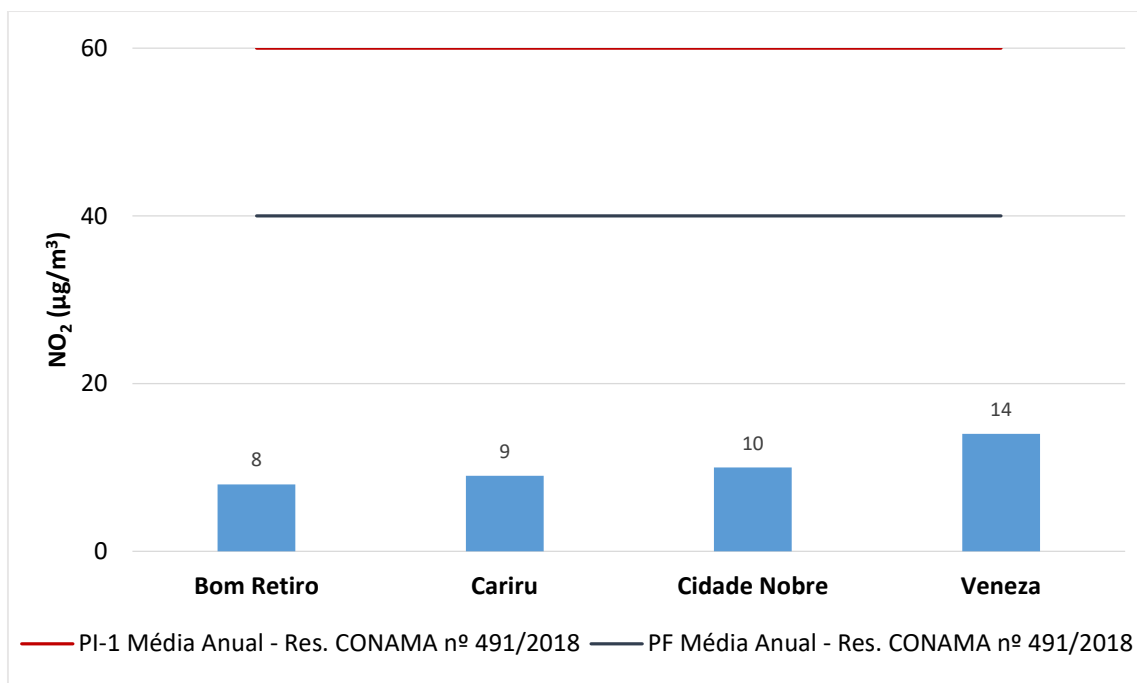


Figura 50: Concentrações médias anuais de NO₂ na RMVA.

Para os resultados das médias anuais também não houve violação do PI-1 e PF. O valor mais alto, 14 µg/m³, foi registrado na estação Veneza, comportamento que se repetiu em outros anos considerando as estações do município de Ipatinga. A variação das médias anuais de NO₂ na RMVA desde o ano de 2014 é dado pela Figura 51.

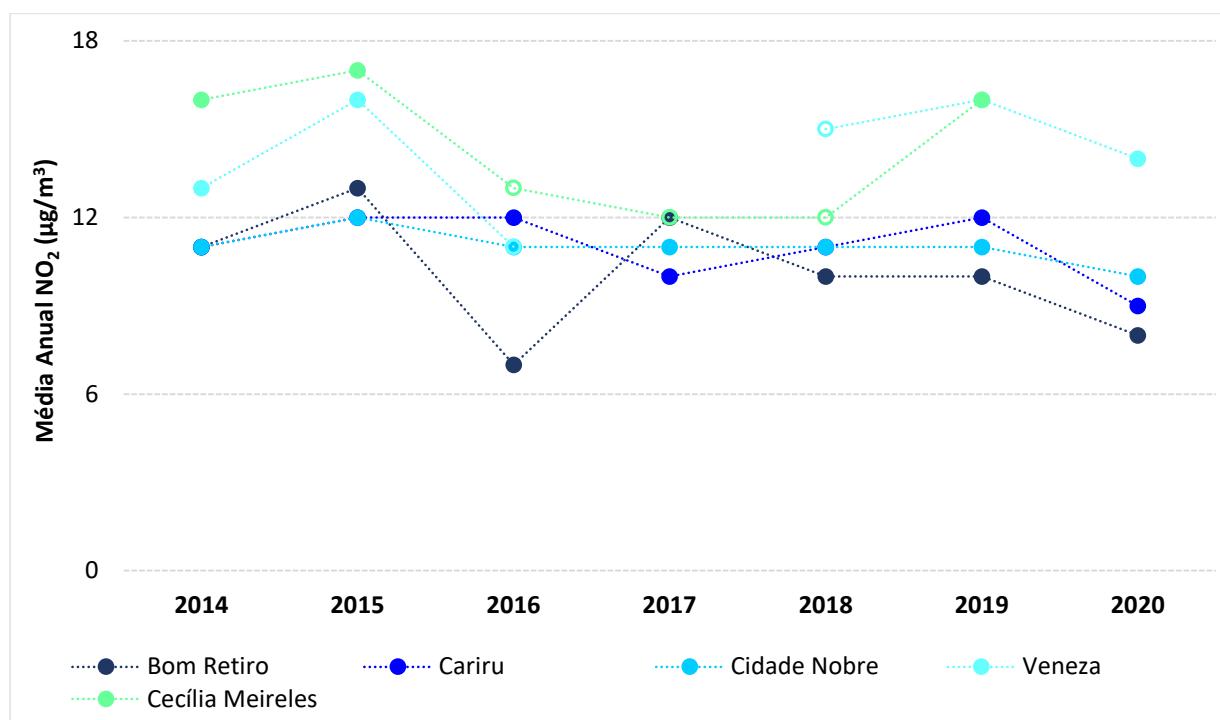


Figura 51: Evolução das médias anuais de NO₂ na RMVA.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

Observa-se que os valores registrados na estação Cecília Meireles, localizada em Timóteo, foram os mais elevados da RMVA. Cabe pontuar, que em 2020, não houve o monitoramento de dióxido de nitrogênio nesta estação, por este motivo os resultados desta estação não foram mencionados anteriormente. Em relação às estações do município de Ipatinga, observa-se uma redução da média anual em 2020.

5.3.7 CO na RMVA

O monóxido de carbono é monitorado na RMVA apenas em Ipatinga, de forma que não ocorreram ultrapassagens do padrão de 8 horas desse poluente em 2020, cujas máximas estão dispostas na Figura 52. O maior valor encontrado foi de 1,7 ppm na estação Veneza diante de um padrão de 9 ppm. Logo, foi predominante a qualidade “Boa” em todas as estações, conforme apresentado na [Tabela 23](#).

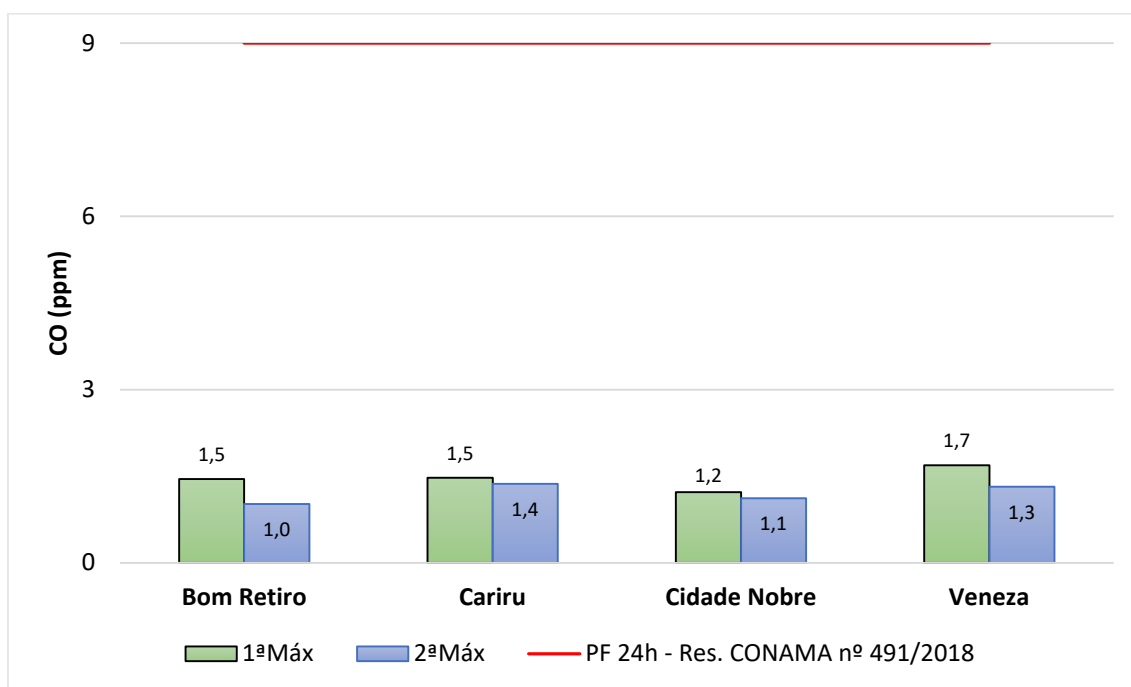


Figura 52: Concentrações máximas médias de 8 horas de CO na RMVA.

Tabela 23: Distribuição percentual do IQAr de CO na RMVA.

Estação	Boa	Omissos
Bom Retiro	99,5%	0,5%
Cariru	99,2%	0,8%
Cidade Nobre	99,2%	0,8%
Veneza	98,4%	1,6%

5.3.8 O_3 na RMVA

A Figura 53 mostra as máximas médias móveis de 8 horas de ozônio obtidas nas estações da RMVA, em comparação com o padrão intermediário 1 de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PI-1) e o padrão final (PF) de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O PI-1 foi violado apenas na estação Cariru. Já o padrão final foi ultrapassado em todas as estações. No Apêndice H é possível consultar o número de ultrapassagens para todos os padrões estabelecidos na legislação.

As máximas médias móveis da estação Bom Retiro ocorreram nos dias 07/10 e 15/11, na estação Cariru nos dias 07/10 e 08/10, na estação Cidade Nobre nos dias 07/10 e 29/09 e na estação Veneza ocorreram nos dias 15/11 e 29/09. Observa-se coincidência de datas entre os resultados de máximas nas estações. Cabe pontuar, que o período do final de setembro e início de outubro foi marcado por uma forte onda de calor, com registros de temperaturas elevadas, conforme mencionado anteriormente no item METEOROLOGIA NO ANO DE 2020.

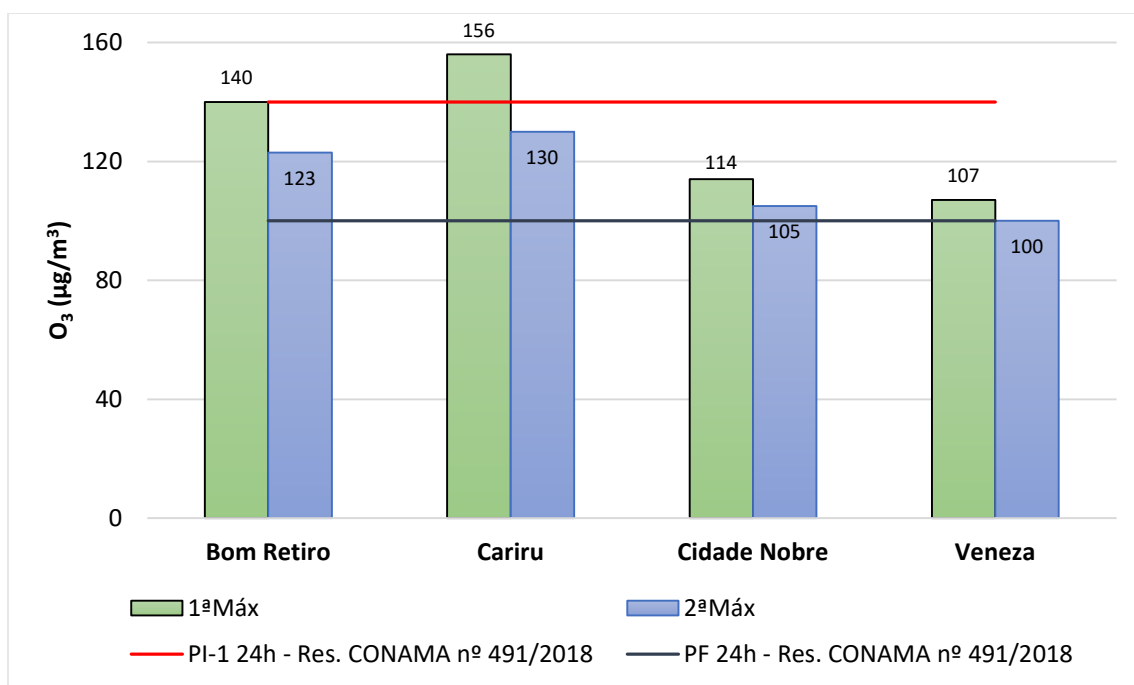


Figura 53: Concentrações máximas médias de 8 horas de O_3 na RMVA.

A distribuição do IQAr do O_3 na RMVA é exposta na Tabela 24, apesar das ultrapassagens nos padrões discutidas anteriormente, destaca-se a predominância da classe “Boa” nas estações. A classe “Moderada” teve ocorrência em todas as estações da rede, porém em pequeno percentual. Já eventos de classe “Ruim” só

tiveram registros nas estações Bom Retiro e Cariru. Destaque também o baixo percentual de dados os omissos em todas as estações da RMVA.

Tabela 24: Distribuição percentual do IQAr de O₃ para RMVA.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Bom Retiro	95,9%	2,7%	0,3%	1,1%
Cariru	96,4%	2,7%	0,3%	0,5%
Cidade Nobre	95,6%	1,1%	-	3,3%
Veneza	98,6%	0,3%	-	1,1%

5.4 Bacia do Rio Doce

A região da Bacia do Rio Doce, situada no Sudeste do Brasil, abrange parte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CBH-DOCE, 2024) a bacia compreende 228 municípios, sendo 200 mineiros e 28 capixabas. O rio Doce recebe esse nome em função da confluência dos rios Piranga e do Carmo, entre as cidades mineiras de Ponte Nova, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, com o curso principal da bacia percorrendo 888 km até a sua foz no Oceano Atlântico, em Linhares, no Espírito Santo (ANA, 2016).

No dia 05 de novembro de 2015, a Barragem de Fundão, pertencente à Samarco Mineração S.A., localizada no município de Mariana, rompeu. O barramento era destinado a receber e armazenar o rejeito gerado pela atividade de beneficiamento de minério de ferro (SEMAD, 2024). Os danos foram inevitáveis, matou pessoas, engoliu comunidades e plantações, sendo considerada a maior tragédia ambiental do Brasil (MPMG, 2020). A lama de rejeitos devastou o Distrito de Bento Rodrigues, situado a cerca de 5 km abaixo da barragem, foi carregada até o rio Gualaxo do Norte, a 55 km, desaguando no rio do Carmo, atingindo em seguida o rio Doce, afetando também o litoral do estado do Espírito Santo (SEMAD, 2024).

Em 2016 foi assinado um Termo de Transação e Ajustamento de Conduta por dezenas de entidades, entre órgãos federais, estaduais e municipais, além das empresas Samarco, Vale e BHP, estabelecendo a Fundação Renova como entidade responsável pela mobilização para a reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem (FUNDAÇÃO RENOVA, 2024). Sendo assim, o monitoramento

ambiental nas áreas reparadas ficou de responsabilidade da Fundação, incluída a qualidade do ar.

Importante frisar que a abordagem dessa bacia nesse item do presente relatório é limitada à avaliação dos resultados do monitoramento da qualidade do ar instalado e operado especificamente em função do rompimento da barragem em Mariana que impactou vários municípios que são cortados pelo rio Doce e que tiveram obras de recuperação. Logo, ainda que os municípios da RMVA, além de Itabira, pertençam à Bacia do Rio Doce, são tratados em itens específicos, já que a operação de suas redes de qualidade do ar antecede ao rompimento da Barragem de Fundão em Mariana.

Nesse contexto, Barra Longa foi uma das cidades gravemente afetadas pelo colapso da barragem, com a lama inundando suas vias, causando interrupções econômicas, danificando edifícios e marcos históricos, e contaminando a população com resíduos de mineração. De acordo com a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana (SEDRU, 2016), o município teve prejuízos privados principalmente na pecuária e comércio, que estão relacionados à onda de lama que invadiu propriedades, acarretando em danos à infraestrutura e à manutenção das atividades econômicas. Os demais setores também foram atingidos, com exceção da indústria (SEDRU, 2016).

Cabe ressaltar que Barra Longa é uma cidade situada na Zona da Mata de Minas Gerais, que cresceu com a exploração do ouro de aluvião e, após a decadência desse mineral na região, a agricultura se tornou carro-chefe devido suas terras produtivas (BARRA LONGA, 2024). O PIB de Barra Longa, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, s.d.), totalizou aproximadamente 71,8 milhões de reais em 2020. A Fundação João Pinheiro em estudo realizado em 2023, cita o município de Barra Longa como um dos que apresentaram maior perda de representatividade no VAB industrial relacionada à atividade de extração e britamento de pedras, à construção civil e ao menor consumo de energia elétrica industrial. O município possui uma população de 6143 pessoas, sendo predominantemente rural (62,3%), na qual apenas 37,7% de sua população residente vivia em área urbana, segundo o censo 2010 (IBGE, 2024).

Em Mariana os rejeitos destruíram praticamente toda a comunidade do distrito de Paracatu de Baixo, localidade que dá nome a uma das estações de monitoramento da qualidade do ar, instalada na residência do único morador que permaneceu no local.

Mariana tem a extração do minério de ferro como a principal atividade industrial, com seus distritos desenvolvendo atividades agropecuárias e apresentando artesanato variado (PREFEITURA DE MARIANA, 2024). O PIB do município foi de cerca de 3,26 bilhões de reais em 2020, com uma população residente de 54.219 pessoas (IBGE, 2024). Desde o rompimento da barragem de Fundão, controlada pela Samarco, a indústria extrativa mineral de Mariana vem perdendo dinamismo de tal maneira que o município saiu da terceira posição no *ranking* estadual na geração de valor agregado da atividade em 2015, para a décima primeira colocação em 2019. Em 2020, com o aumento na produção, inclusive com a retomada, no final do ano, da operação da Samarco, o município subiu para a oitava posição do *ranking*. Mariana teve ganho de representatividade na participação no VAB industrial do estado saindo de 0,5% em 2019 para 1,0% em 2020, sendo que a arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) aumentou 114,3% entre 2019 e 2020 (a participação na CFEM estadual de Mariana saltou de 4,5% em 2019 para 7,5% em 2020). Decorrente deste aumento na produção, também houve aumento dos serviços de transporte de carga necessários para o escoamento da produção de minério de ferro e de armazenagem (FJP, 2023).

Outro município impactado pela lama de rejeitos e com monitoramento da qualidade do ar foi Rio Doce, no qual estão instaladas as estações Santana do Deserto e Rio Doce. O município está localizado na mesorregião da Zona da Mata de Minas Gerais e na microrregião de Ponte Nova. A área do município é de 112,91 km², com topografia predominantemente montanhosa, altitude máxima de 899m e mínima de 421m, possui 726 domicílios, sendo 229 nas comunidades rurais e 497 na área urbana. As principais atividades econômicas de Rio Doce são o comércio e a pecuária. No município está instalada a Usina Hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves, com 140 MW de capacidade (Rio Doce, s.d.). Na UHE Risoleta Neves, também conhecida como UHE Candonga, ficou retido grande volume de rejeitos. O PIB do município foi de aproximadamente 49,2 milhões de reais em 2020 (IBGE, 2025).

Também próximo à UHE Risoleta Neves, o município de Santa Cruz do Escalvado também teve a instalação de uma estação de monitoramento da qualidade do ar em novembro de 2020. Santa Cruz do Escalvado ocupa uma área de 258,73 Km², contava com uma população de 4.992 habitantes em 2010. Em sua economia destacava-se a arrecadação do setor de comércio varejista de materiais de construção (29%) e do setor de transporte rodoviário coletivo de passageiros (15%) (SED RU, 2016). O PIB do município foi de aproximadamente 58 milhões de reais em 2020 (IBGE, 2025).

5.4.1 Caracterização das fontes de poluição da Bacia do Rio Doce

A **Figura 54** mostra a tendência da frota veicular nos municípios da Bacia do Rio Doce. Observou-se um crescimento da frota veicular de 2011 a 2020, com valores passando de 20.675 para 34.620, aumento em torno de 67%, considerando os quatro municípios. Entre os municípios da região, Mariana é o que possui a maior frota no ano de 2020, com cerca de 84% dos veículos da região da Bacia do Rio Doce. Os dados deste município foram dispostos no eixo secundário.

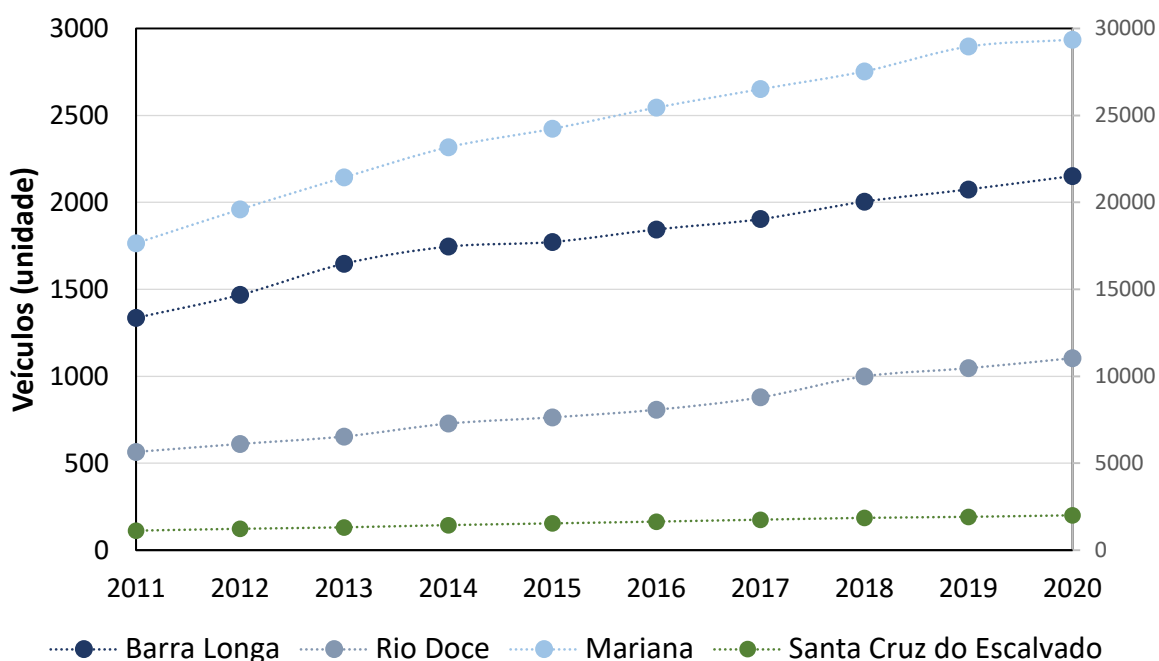


Figura 54: Crescimento da frota veicular na bacia do Rio Doce.

Fonte: SENATRAN, 2025.

O impacto das queimadas na região é avaliado por meio dos focos de incêndio por área territorial, mostrado na **Figura 55**. Percebe-se que a quantidade média de focos

em 2020 teve uma ligeira queda em relação ao ano anterior, com redução no município de Santa Cruz do Escalvado e aumento dos registros em Mariana.

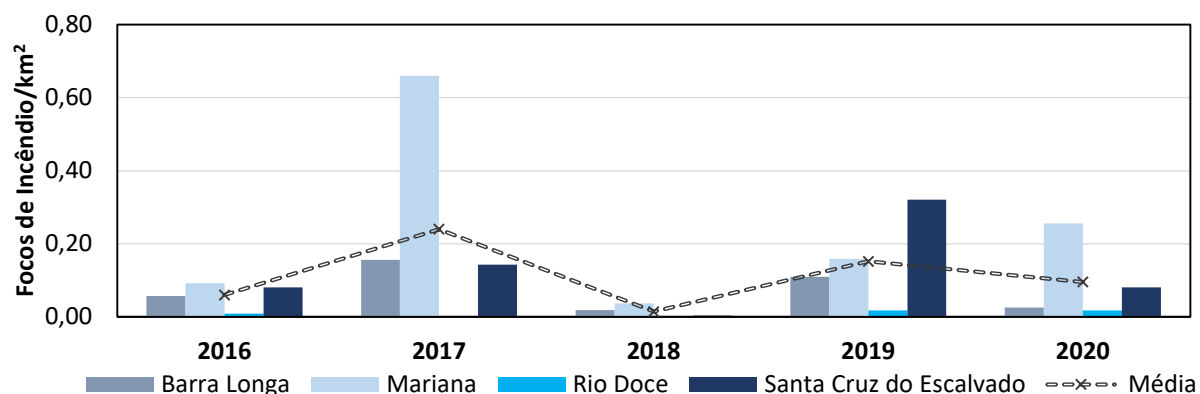


Figura 55: Focos de incêndio na Bacia do Rio Doce.

Fonte: INPE, 2025.

Quanto às fontes industriais, Mariana apresentava o maior número de empreendimentos licenciados em 2020, como destaca a [Figura 56](#). Em relação aos demais municípios da região, há predomínio dos empreendimentos Classe 1 e 2, sendo que em Barra Longa houve um salto para 9 empreendimentos no ano de 2020.



Figura 56: Empreendimentos licenciados na Bacia do Rio Doce.

Fonte: IDE SISEMA, 2024.

A [Tabela 25](#) apresenta a relação de empreendimentos licenciados na região da Bacia do Rio Doce no ano de 2020, de acordo com as listagens de atividades da DN COPAM

nº 217/2017. Segundo os dados apresentados, o município de Mariana apresentava predomínio de atividades de mineração (A); em Barra Longa, a maioria dos empreendimentos licenciados pertenciam ao setor de gerenciamento de resíduos e serviços (F), estas atividades também estavam presentes nos outros municípios.

Tabela 25: Listagens dos empreendimentos conforme DN COPAM nº 217/2017.

Listagens	Barra Longa	Mariana	Rio Doce	Santa Cruz do Escalvado
Listagem A	-	9	2	1
Listagem B	-	-	-	-
Listagem C	-	1	-	-
Listagem D	1	-	-	-
Listagem E	3	3	1	1
Listagem F	5	2	1	-
Listagem G	-	-	-	1
Total	9	15	4	3

Fonte: IDE-SISEMA, 2024.

5.4.2 PTS na Bacia do Rio Doce

A [Figura 57](#) mostra as máximas diárias obtidas nas estações Barra Longa Centro e Volta da Capela. Não houve ultrapassagem do padrão diário de PTS na Bacia do Rio Doce em 2020.

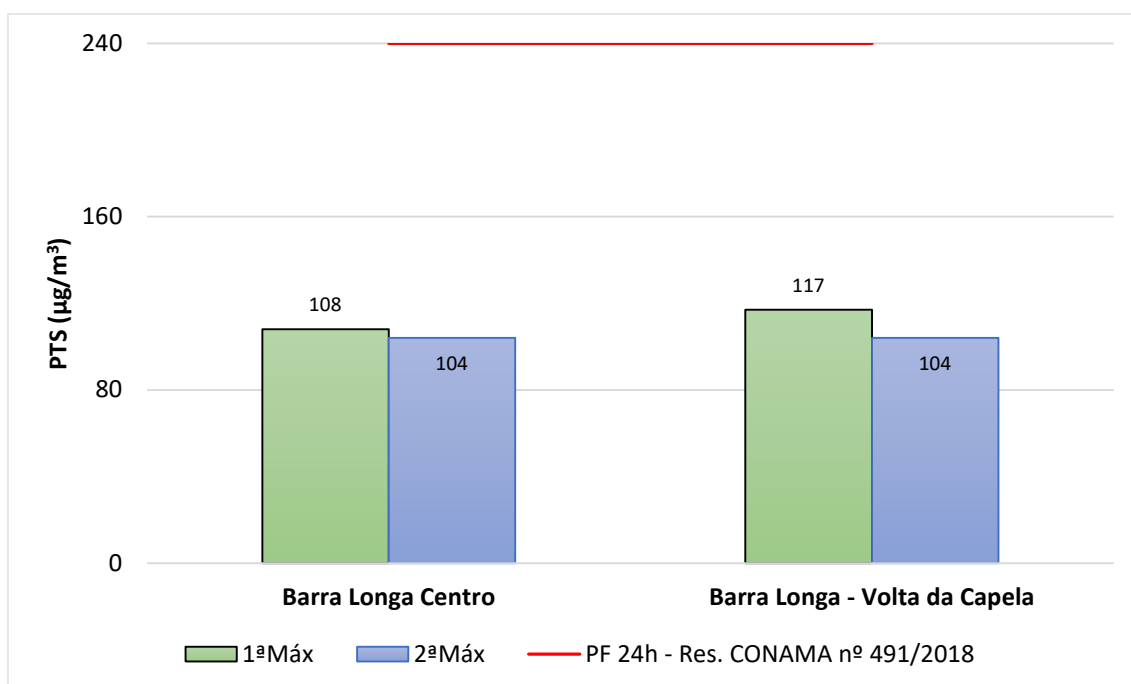


Figura 57: Concentrações máximas diárias de PTS na Bacia do Rio Doce.

As máximas médias diárias na estação Centro ocorreram nos dias 18/09 e 21/09 e na estação Volta da Capela nos dias 18/09 e 15/09. Observa-se que as máximas diárias no município de Barra Longa ocorreram em datas semelhantes e com pequena variação de valor entre elas. Segundo os registros de precipitação da estação Centro, as máximas diárias ocorreram no maior período de estiagem do município, 30 dias seguidos sem registro de chuva, entre os dias 23 de agosto a 21 de setembro.

Em relação à média anual, os resultados são apresentados na [Figura 58](#).

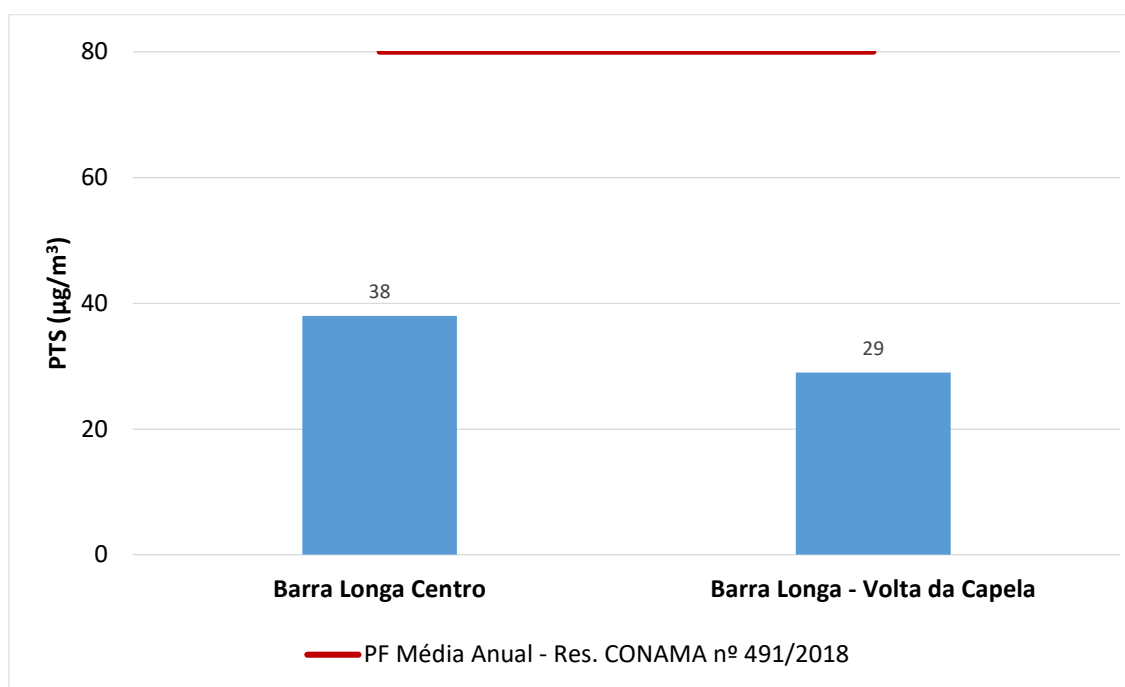


Figura 58: Médias anuais de PTS na Bacia do Rio Doce.

*Não Representativo.

Também não houve ultrapassagem do padrão anual nas estações de Barra Longa. O valor mais alto, de 38 µg/m³, foi registrado na estação Centro e não representa nem cinquenta por cento do PF. Este comportamento de maiores médias anuais na estação Centro tem ocorrido ao longo dos anos de funcionamento da rede no município, como pode ser observado na [Figura 59](#).

A estação Barra Longa Centro apresentou uma tendência de redução da média anual, saindo de um valor de 75 em 2016 e chegando a 38 µg/m³ em 2020. Na estação Barra Longa Volta da Capela também foi possível perceber uma redução da média anual em 2020, depois de um pequeno aumento registrado em 2019.

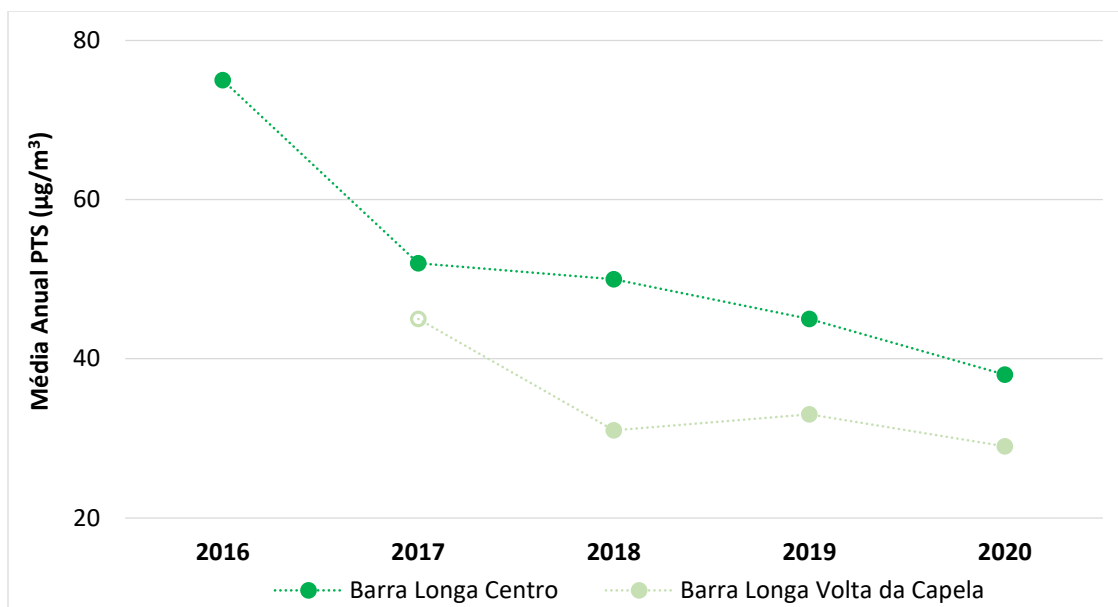


Figura 59: Evolução das médias anuais de PTS na Bacia do Rio Doce.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.4.3 MP₁₀ na Bacia do Rio Doce

As máximas médias diárias de MP₁₀ obtidas na Bacia do Rio Doce em 2020 são apresentadas na Figura 60.

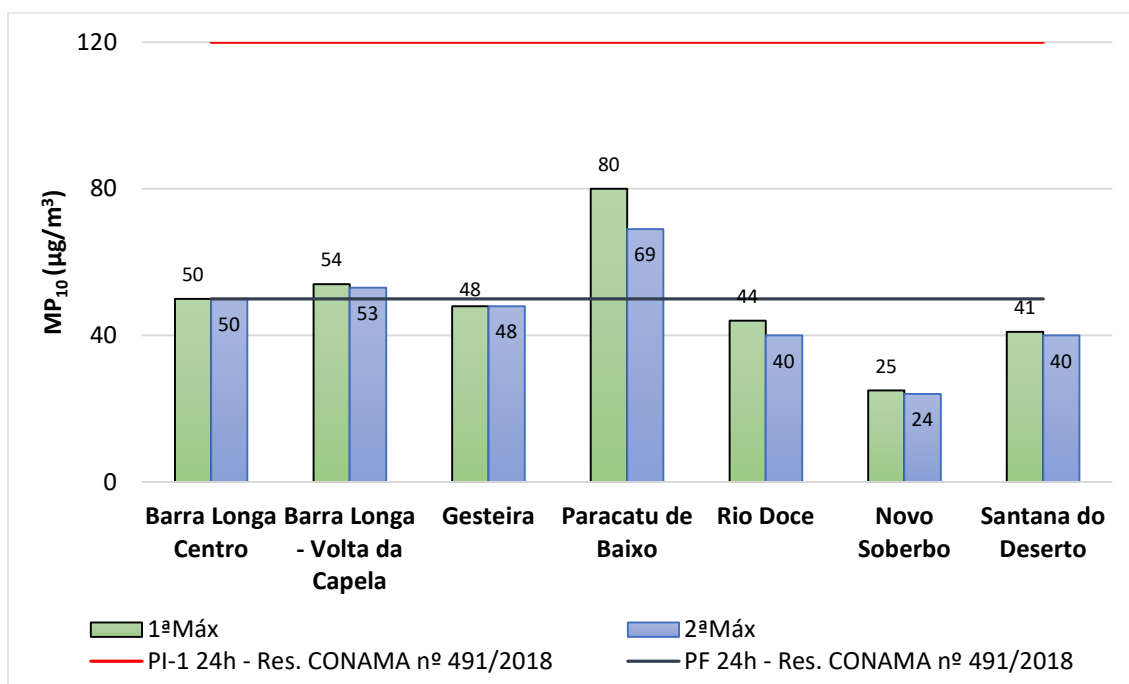


Figura 60: Concentrações máximas diárias de MP₁₀ na Bacia do Rio Doce.

Não houve violação do padrão intermediário 1 em nenhuma estação da região. Em relação ao padrão final (50 µg/m³), houve ultrapassagem nas estações Barra Longa

– Volta da Capela e Paracatu de Baixo. No Apêndice F é possível consultar o número de ultrapassagens para todos os padrões intermediários de curta duração estabelecidos na legislação.

As máximas diárias na estação Volta da Capela ocorreram nos dias 29/09 e 15/09 e na estação Paracatu de Baixo nos dias 03/10 e 16/09. Apesar das ultrapassagens do padrão final em algumas estações, predominou na região a qualidade “Boa”, como mostra a Tabela 26.

Tabela 26: Distribuição percentual do IQAr de MP₁₀ na Bacia do Rio Doce.

Estação	Boa	Moderada	Omissos
Barra Longa Centro	74,0%	-	26,0%
Barra Longa - Volta da Capela	83,6%	1,4%	15,0%
Gesteira	70,5%	-	29,5%
Paracatu de Baixo	65,6%	5,2%	29,2%
Rio Doce	71,6%	-	28,4%
Novo Soberbo	12,8%	-	87,2%
Santana do Deserto	85,5%	-	14,5%

Nota-se também percentual elevado de dados omissos em algumas estações, que consequentemente impactaram na representatividade da média anual, conforme apresentado na [Figura 61](#). Cabe pontuar que a estação Rio Doce começou a operar em fevereiro e a estação Novo Soberbo em novembro de 2020.

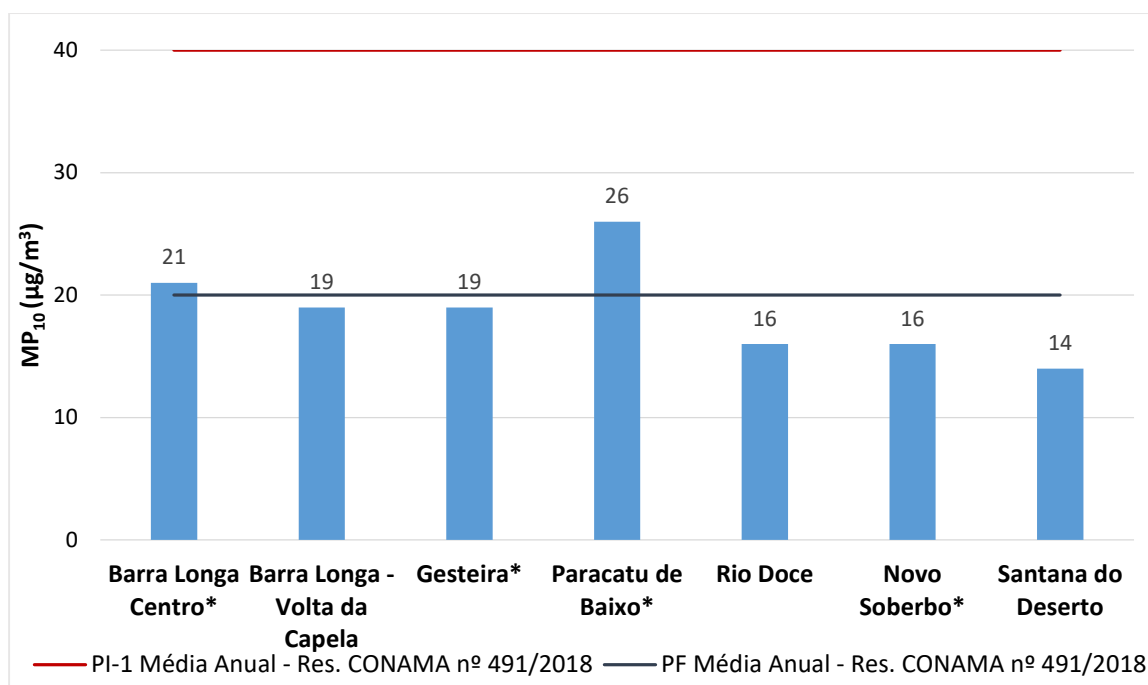


Figura 61: Médias anuais de MP₁₀ na Bacia do Rio Doce.

*Não Representativo.

Assim como as médias diárias, as médias anuais não superaram o PI-1, em nenhuma estação. Já para o PF, houve ultrapassagens na estação Barra Longa – Centro e Paracatu de Baixo, entretanto tais médias anuais não foram representativas.

A evolução das médias anuais é destacada na [Figura 62](#). De maneira geral observa-se uma redução das médias anuais ao longo dos anos, com exceção das estações Gesteira e Paracatu de Baixo que registram manutenção do valor e aumento em 2020, respectivamente.

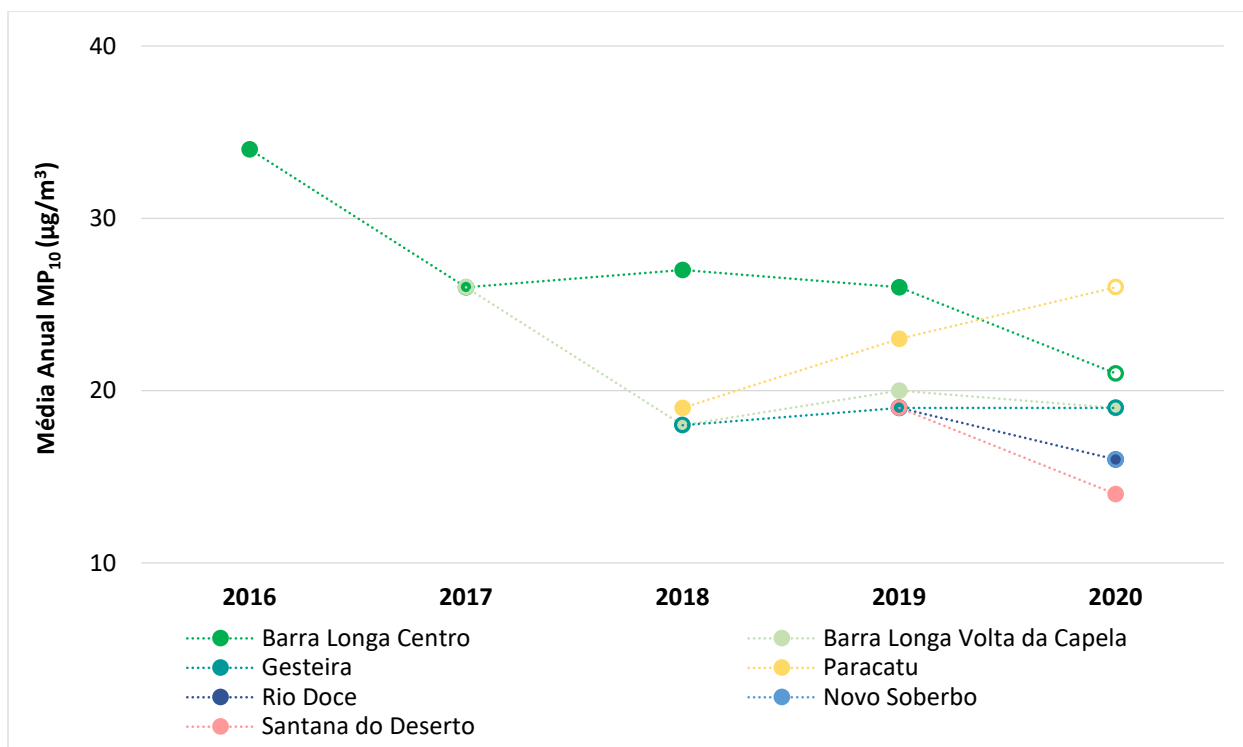


Figura 62: Evolução das médias anuais de MP_{10} na Bacia do Rio Doce.

*Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.4.4 $MP_{2.5}$ na Bacia do Rio Doce

Em 2020 iniciou-se o monitoramento de partículas respiráveis nas estações Barra Longa – Volta da Capela, Gesteira, Paracatu de Baixo e Santana do Deserto. A [Figura 63](#) apresenta máximas médias diárias das estações instaladas em alguns municípios da Bacia do Rio Doce.

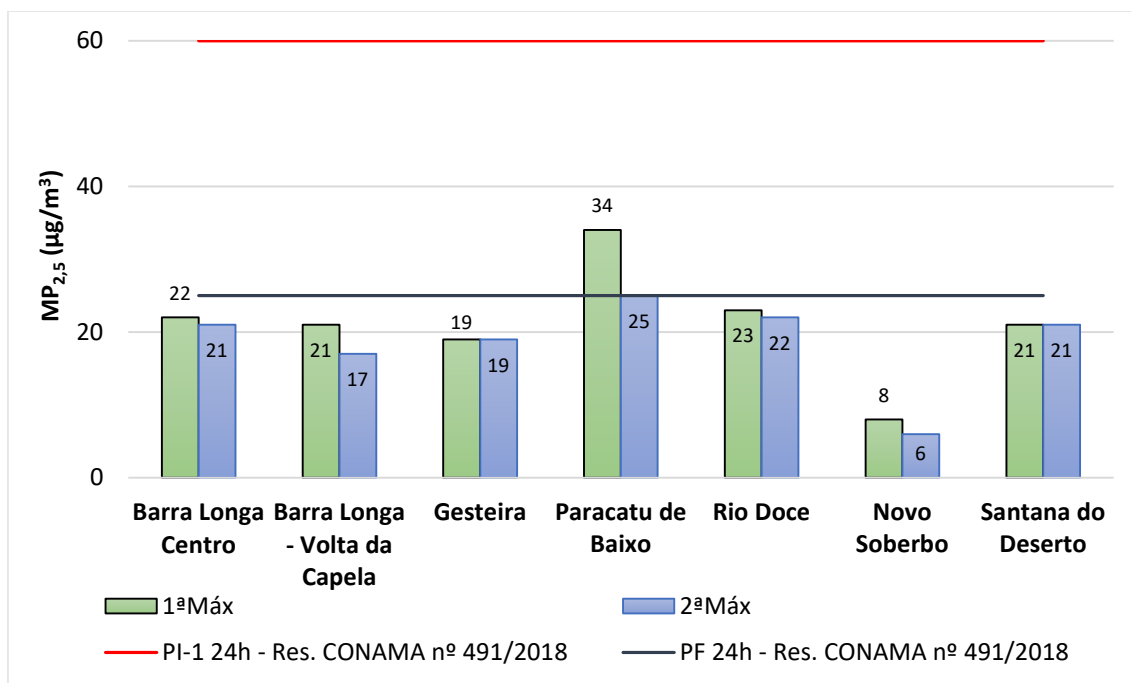


Figura 63: Concentrações máximas diárias de $MP_{2,5}$ na Bacia do Rio Doce.

O PI-1 determinado na Res. Conama nº 491/2018, legislação vigente à época, não foi superado em nenhuma estação. Em relação ao PF, este foi ultrapassado somente na primeira máxima diária da estação de Paracatu de Baixo que ocorreu no dia 05/12. Em Barra Longa as máximas das estações foram registradas praticamente no mesmo período. A primeira máxima de todas estações deste município ocorreu no dia 29/09. Já a segunda máxima da estação Centro e Gesteira ocorreu no dia 21/09 e a da estação Volta da Capela no dia 20/09.

Ainda em relação aos resultados das médias diárias, temos a distribuição percentual do IQAr dada pela Tabela 27. Observa-se predominância da classe “Boa” entre os dias com médias diárias representativas e elevado percentual de dados omissos pois algumas estações começaram a operar ou iniciaram o monitoramento de partículas respiráveis em 2020.

Tabela 27: Distribuição percentual do IQAr de $MP_{2,5}$ na Bacia do Rio Doce.

Estação	Boa	Moderada	Omissos
Barra Longa Centro	76,8%	-	23,2%
Barra Longa - Volta da Capela	41,5%	-	58,5%
Gesteira	63,7%	-	36,3%
Paracatu de Baixo	59,6%	0,3%	40,2%
Rio Doce	60,1%	-	39,9%
Novo Soberbo	8,2%	-	91,8%
Santana do Deserto	59,0%	-	41,0%

Passando para os resultados de longa duração a **Figura 64** apresenta os resultados das médias anuais. Não houve ultrapassagem do padrão intermediário 1 e do padrão final. Cabe pontuar que nenhuma média anual neste ano foi representativa.

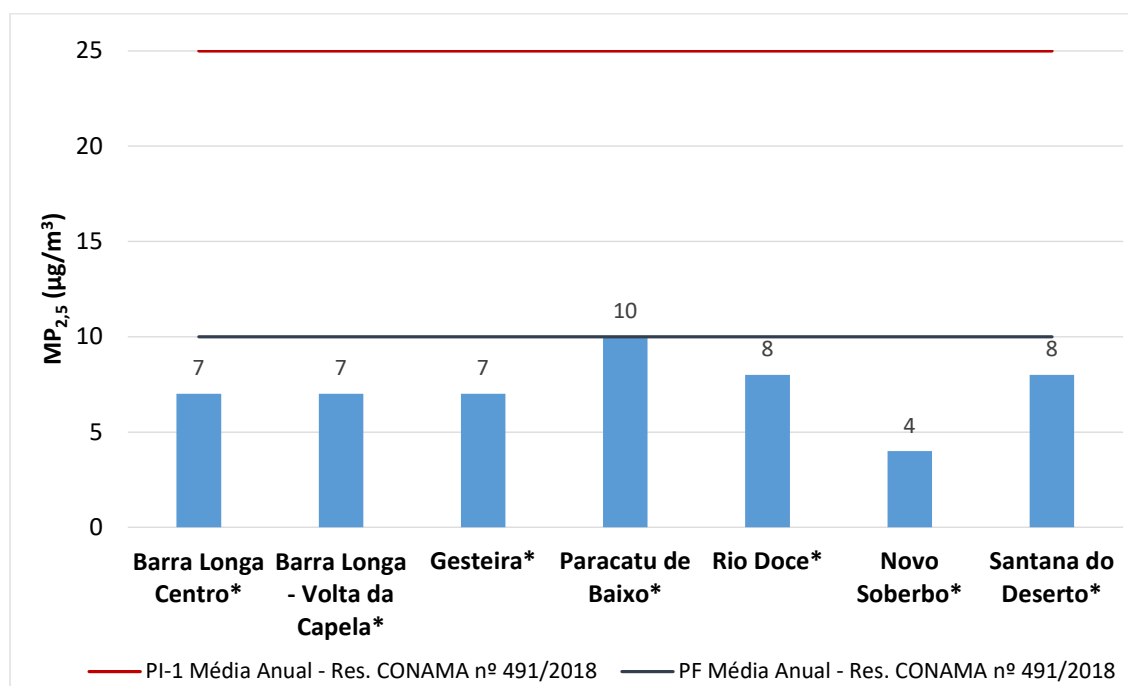


Figura 64: Médias anuais de $MP_{2,5}$ na Bacia do Rio Doce.

*Não Representativo.

Até 2019, na região da Bacia do Rio Doce só havia o monitoramento das partículas respiráveis na estação Barra Longa Centro. A **Figura 65** apresenta a variação da média anual para este poluente. A média anual encontrada em 2020 foi de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estando de acordo com o histórico recente monitorado na estação, que apresentou oscilação entre aumento e redução de valores desde 2016.

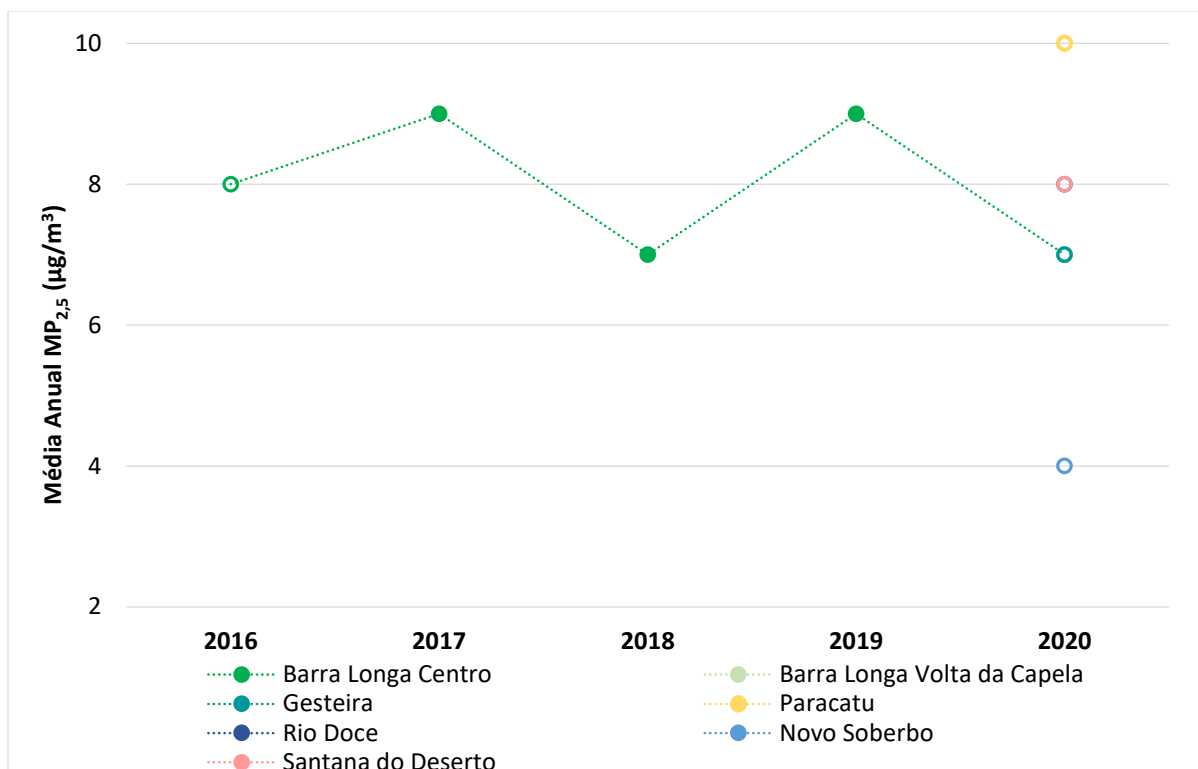


Figura 65: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ na Bacia do Rio Doce.

* Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.5 Congonhas e Ouro Preto

O município de Congonhas, apresenta uma população de 48.519 habitantes, conforme o censo de 2010 do IBGE. Com uma expressiva taxa de urbanização de 97,3%, o município destaca-se por sua forte presença na indústria, sobretudo em atividades voltadas para a mineração e siderurgia, se tornando um importante polo industrial no Estado de Minas Gerais (CÂNDIDO, 2014) e somando um PIB de 2,99 bilhões de reais em 2020 (IBGE, 2024).

O município está localizado no quadrilátero ferrífero, província mineral mais importante do sudeste brasileiro devido a sua riqueza mineral, especialmente em minério de ferro e ouro, desempenhando um papel fundamental na economia e história da mineração no Brasil (AZEVEDO *et al*, 2012). Além disso, Congonhas abriga um importante acervo arquitetônico e artístico, com destaque para o Santuário Bom Jesus de Matozinhos, conjunto arquitetônico e escultórico considerado a obra prima do mestre Aleijadinho que foi elevado a patrimônio mundial pela Unesco em 1985 (IPHAN, 2014). Em relação aos aspectos físicos, o relevo em Congonhas é

montanhoso em sua maior parte (95%), tendo o pico mais alto com 1628 metros na Serra da Bandeira (CONGONHAS, 2018).

Ouro Preto, município limítrofe à Congonhas, de acordo com o censo de 2010, possuía uma população total de 70.281 habitantes, destes, 86,9% ocupando regiões urbanas (IBGE, 2011). A cidade possui importância cultural graças ao grande número de monumentos coloniais conservados, o que tornou a cidade de Ouro Preto Patrimônio Cultural da Humanidade (OURO PRETO, 2024). A mineração, que esteve presente desde a criação do município, atualmente, é a principal atividade industrial do local (ROCHA, 2022), tendo grande participação no PIB de 3,75 bilhões de reais do município em 2020 (IBGE, 2024). Ouro Preto, também fica localizado no quadrilátero ferrífero, apresenta topografia dividida entre ondulada (40%) e montanhosa (55%), tendo uma altitude média de 1150 metros (OURO PRETO, 2024).

Congonhas e Ouro Preto ficaram entre os *Top 10* municípios com maiores ganhos de participação percentual no PIB estadual de Minas Gerais considerando os anos de 2019-2020. Congonhas saiu de uma participação de 0,3% em 2019 para 0,4% em 2020, enquanto Ouro Preto manteve 0,5%. O fator determinante para o ganho de representatividade ocorrido nestes municípios foi a produção de minério de ferro, combinada com o efeito positivo do *boom* nos preços dessa *commodity* mineral em 2020 (FJP, 2023).

Os municípios também ficaram entre os *Top 10* com maiores ganhos de representatividade no Valor Adicionado Bruto industrial. Congonhas teve aumento de 0,5 p.p (0,4 em 2019 e 0,9 em 2020) e Ouro Preto de 0,2 p.p. (0,8 em 2019 e 1,0 em 2020). Em Congonhas, além da evolução favorável no segmento mineral, a indústria de transformação local vinculada à produção de gases industriais, minerais não metálicos e de artefatos de borracha também foi determinante para o ganho de participação constatado no município no período. Em Ouro Preto, o avanço no setor minero-industrial contribuiu para o abrupto acréscimo no consumo de energia elétrica industrial ocorrido em seu território no período (FJP, 2023).

Conforme apresentado na [Tabela 7](#) e na [Figura 5](#), a maioria das estações de monitoramento desta região estão localizadas no município de Congonhas, foco da rede de monitoramento. No entanto, existe uma estação de monitoramento da

qualidade do ar no município de Ouro Preto, mais precisamente na comunidade Motas devido à proximidade dos dois municípios e da existência de grandes atividades minerárias no entorno. Além disto, por conta do relevo montanhoso a rede conta com estações que monitoram apenas parâmetros meteorológicos no território de Ouro Preto.

5.5.1 Caracterização das fontes de poluição de Congonhas e Ouro Preto

O comportamento da expansão da frota veicular foi semelhante nos dois municípios, com um aumento de 60% da frota de Ouro Preto e 63% da frota de Congonhas, no período de 2011 a 2020, conforme expõe a [Figura 66](#).

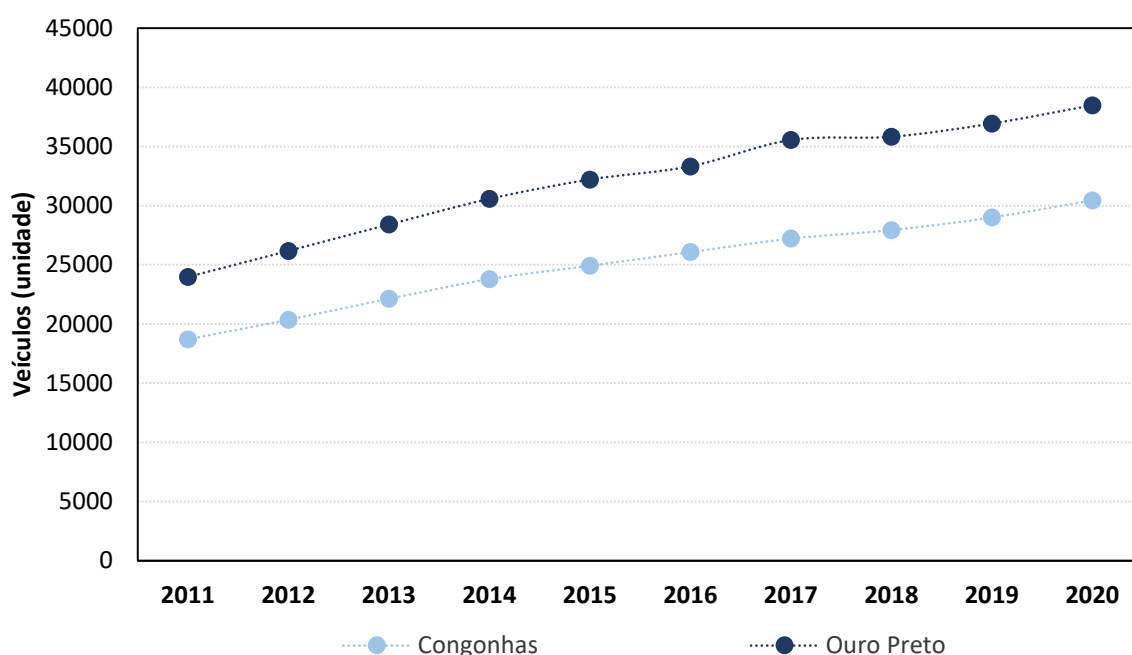


Figura 66: Crescimento da frota veicular de Congonhas e Ouro Preto.

Fonte: SENATRAN, 2025.

A análise da [Figura 67](#) revela que em ambos municípios a quantidade de focos de incêndio oscilou de forma semelhante ao longo dos anos. Em 2020, os dois municípios apresentaram redução na quantidade de focos de incêndio, de forma que a quantidade registrada neste ano foi o terceiro maior registro da série histórica para os dois municípios.

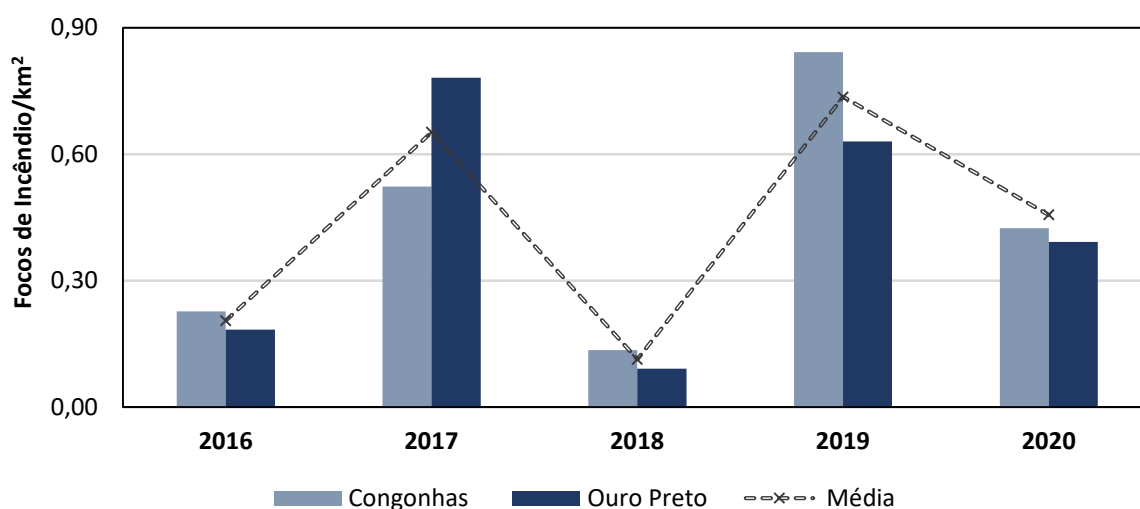


Figura 67: Focos de Incêndio em Congonhas e Ouro Preto.
Fonte: INPE, 2025.

Já a quantidade de empreendimentos licenciados cresceu nos dois municípios no ano de 2020, conforme apresenta a [Figura 68](#), na qual observa-se que esse aumento ocorreu tanto nos empreendimentos de classe 1 e 2, quanto de 3 a 6, em Congonhas. Já em Ouro Preto houve redução dos empreendimentos de classe 3 a 6.

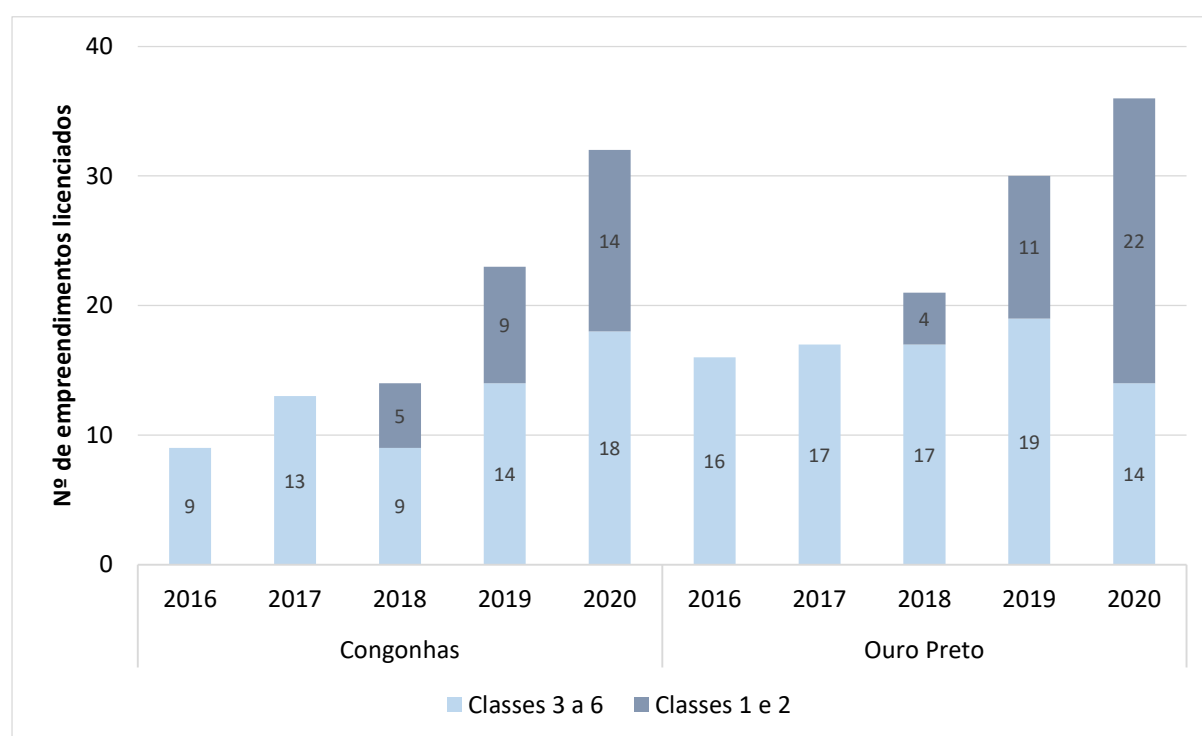


Figura 68: Empreendimentos licenciados em Congonhas e Ouro Preto.
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2023.

A distribuição dos empreendimentos licenciados e em funcionamento na região de Congonhas - Ouro Preto em 2020 é apresentada na [Tabela 28](#), segundo a listagem

de atividades da DN COPAM nº 217/2017 e considerando as informações disponíveis no IDE SISEMA.

Conforme os dados da tabela, observa-se uma predominância de atividades do tipo A - atividades minerárias e da listagem F – Gerenciamento de Resíduos e Serviços, em ambos os municípios.

Tabela 28: Listagem dos empreendimentos em Congonhas e Ouro Preto em 2020.

Listagens	Congonhas	Ouro Preto
Listagem A	12	10
Listagem B	4	6
Listagem C	3	3
Listagem D	-	-
Listagem E	-	7
Listagem F	13	9
Listagem G	-	1
Total	32	36

Fonte: IDE SISEMA, 2025.

5.5.2 PTS em Congonhas e Ouro Preto

A **Figura 69** apresenta as máximas médias diárias das estações de Congonhas e Ouro Preto que realizaram monitoramento de PTS em 2020.

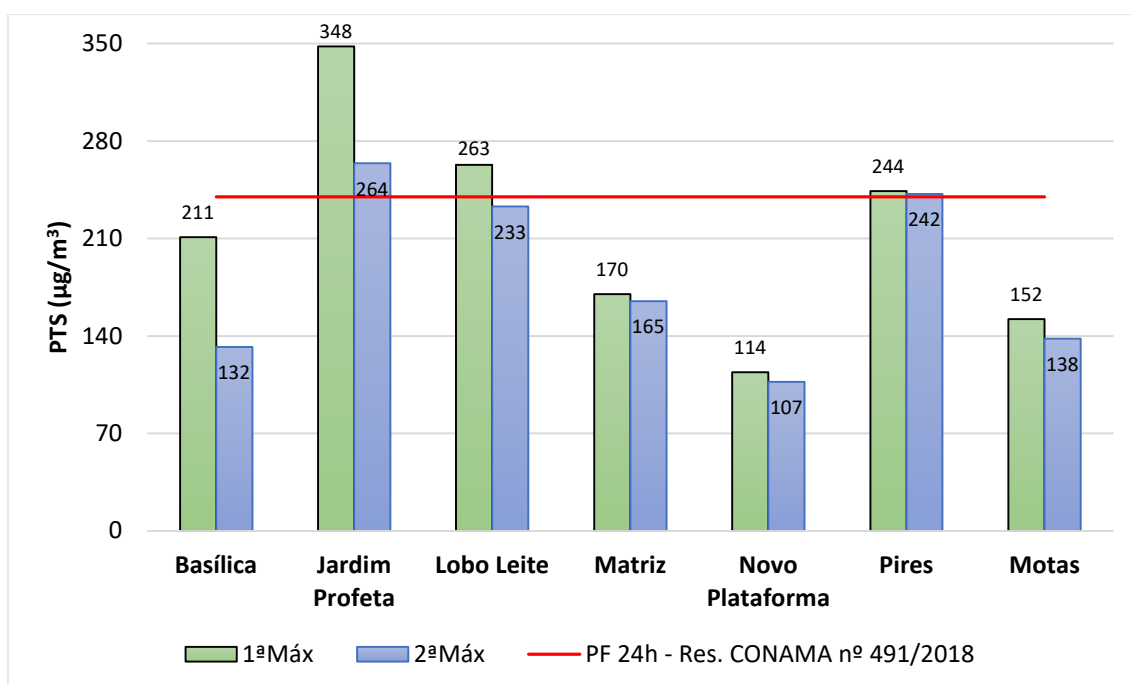


Figura 69: Concentrações diárias máximas de PTS em Congonhas e Ouro Preto.

Observa-se que houve ultrapassagem do padrão final de curta duração de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nas estações Jardim Profeta, Pires e Lobo Leite, esta última apenas a primeira máxima. As máximas na estação Jardim Profeta ocorreram nos dias 15/09 e 01/10, na estação Pires nos dias 07/07 e 29/09 e em Lobo Leite nos dias 21/07 e 03/10.

As médias anuais de PTS são apresentadas na [Figura 70](#). Houve ultrapassagem do PF de longa duração na estação Jardim Profeta, entretanto a média anual não foi representativa. A estação Lobo Leite alcançou o valor do PF e a estação Pires também se aproximou desse valor.

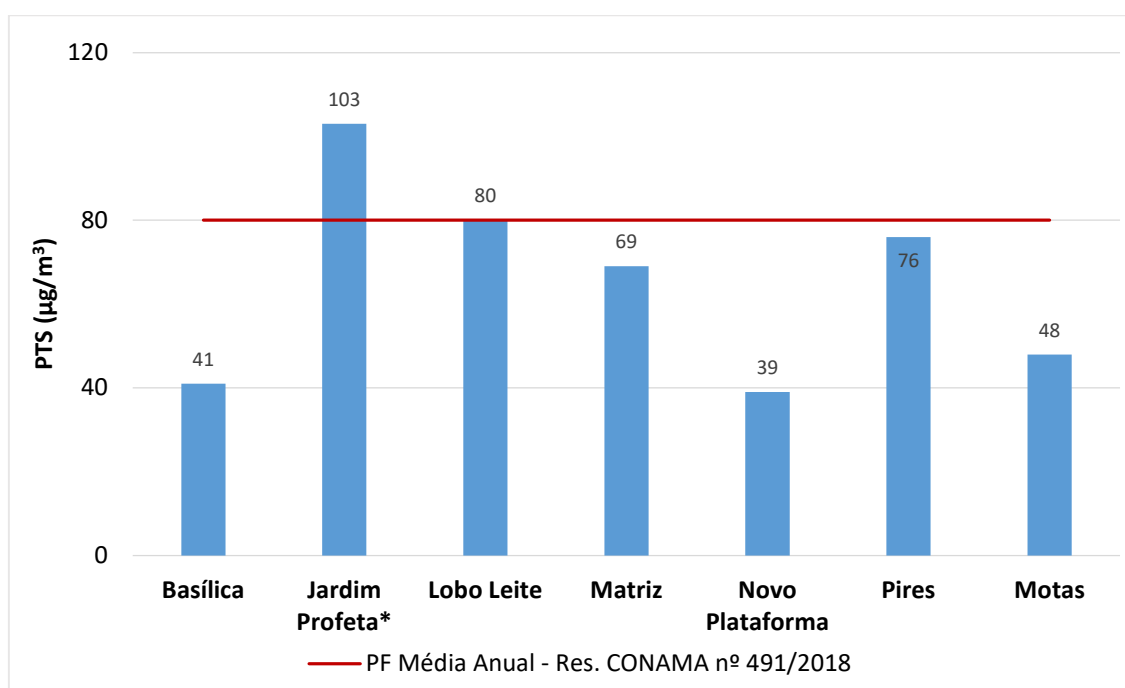


Figura 70: Concentrações médias anuais de PTS em Congonhas e Ouro Preto.
*Não Representativo.

A análise da evolução das médias anuais é apresentada na

[Figura 71](#). Observa-se que o comportamento de maiores valores registrados na estação Jardim Profeta se repete ao longo dos anos, mas sempre sem média anual representativa. Houve aumento da média anual nas estações Motas e Matriz, esta última com crescimento mais acentuado. E houve redução da média anual em 2020, em relação ao ano anterior, nas estações Lobo Leite, Pires, Basílica e Novo Plataforma.

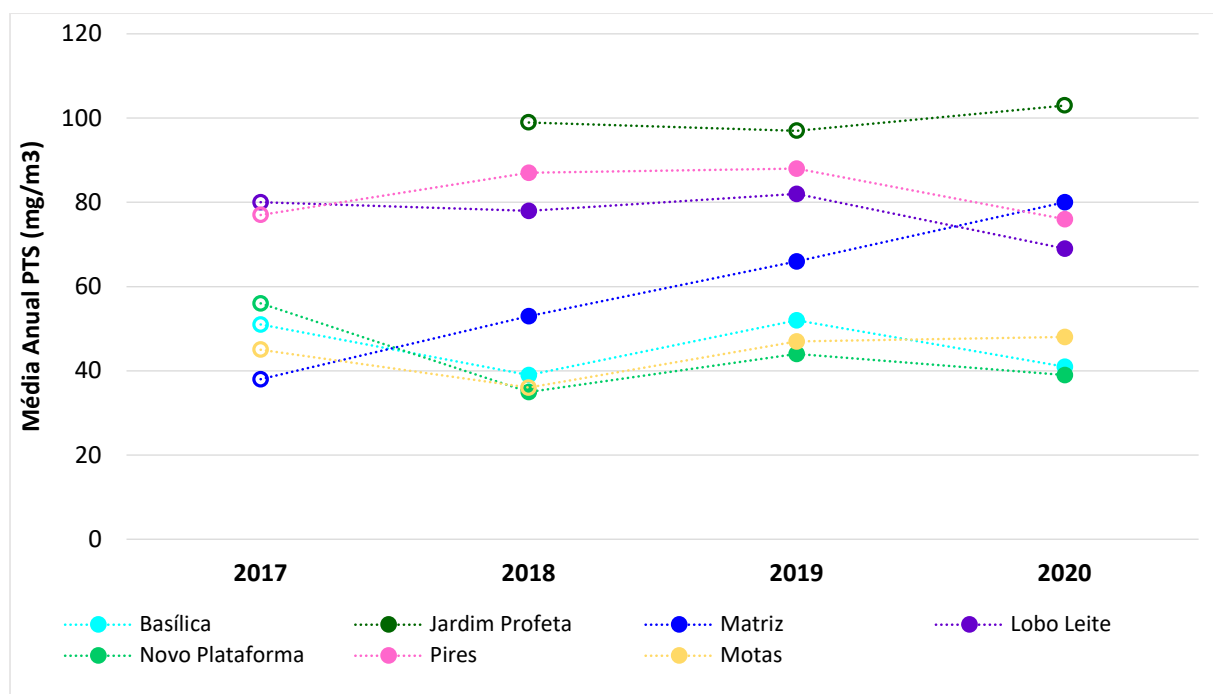


Figura 71: Evolução das médias anuais de PTS em Congonhas e Ouro Preto.

* Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.5.3 MP₁₀ em Congonhas e Ouro Preto

A [Figura 72](#) apresenta as máximas médias diárias de MP₁₀ em comparação com o PI-1 e PF de curta duração (24 horas) estabelecido pela Resolução CONAMA nº 491/2018, legislação vigente à época. Novamente houve ultrapassagem do padrão intermediário 1 nas estações Jardim Profeta, Lobo Leite e Pires. A data de ocorrência das máximas de MP₁₀ na estação Jardim Profeta ocorreram nos mesmos dias das máximas de PTS. Caso semelhante ocorreu na estação Pires, apenas alterando a data de ocorrência entre as máximas de MP₁₀, sendo que a primeira máxima ocorreu no dia 29/09 e a segunda no dia 07/07. Já na estação Lobo Leite a ocorrência da primeira máxima ocorreu no mesmo dia de registro da máxima de PTS, e a segunda máxima no dia 03/10.

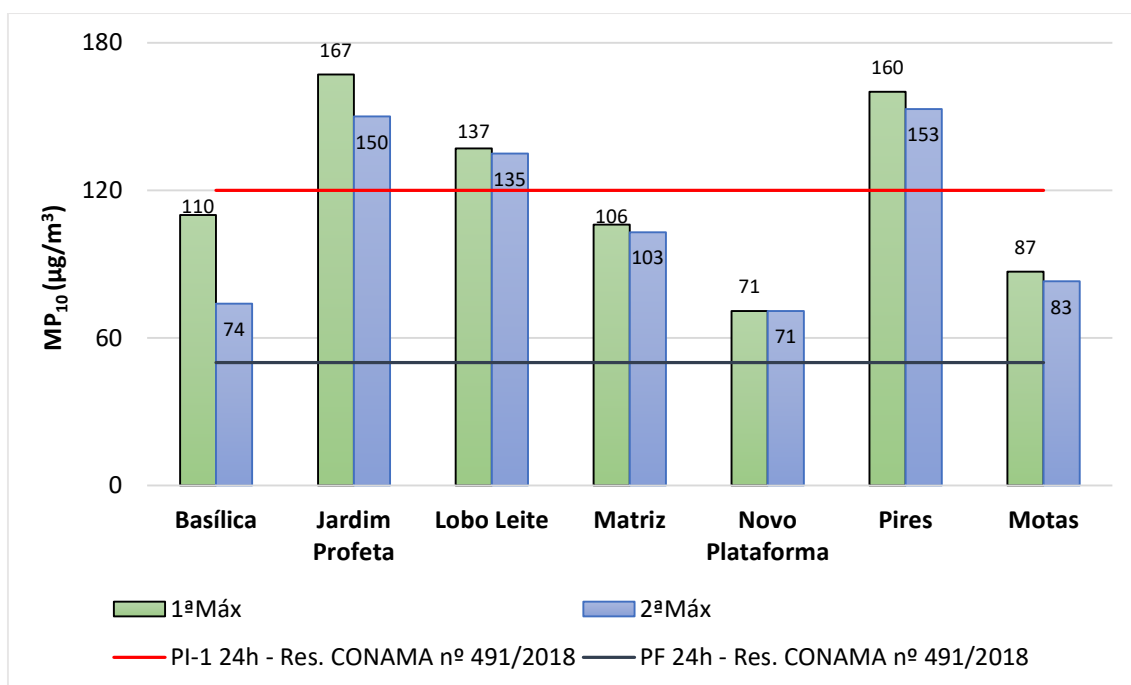


Figura 72: Concentrações diárias máximas de MP₁₀ em Congonhas e Ouro Preto.

Ainda em relação à [Figura 72](#), observa-se que houve ultrapassagem do PF em todas as estações da região. Apesar deste fato, predominou nas estações a classe “Boa”, considerando os dias com médias representativas, conforme pode ser visto na [Tabela 29](#).

Tabela 29: Distribuição percentual do IQAr de MP₁₀ em Congonhas e Ouro Preto.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Omissos
Basílica	93,7%	5,7%	0,3%	-	0,3%
Jardim Profeta	39,9%	13,4%	2,7%	0,3%	43,7%
Lobo Leite	49,2%	36,6%	4,6%	-	9,6%
Matriz	65,8%	29,2%	0,8%	-	4,1%
Novo Plataforma	88,3%	7,9%	-	-	3,8%
Pires	43,2%	35,8%	4,6%	0,5%	15,8%
Motas	88,0%	7,7%	-	-	4,4%

Em algumas estações o somatório do percentual das demais classes de IQAr se aproximou muito do percentual da classe “Boa”. Tal fato ocorreu nas estações Lobo Leite (41,3% do somatório do IQAr Moderado e Ruim) e Pires (41% do somatório do IQAr Moderado, Ruim e Muito Ruim). Na estação Matriz o percentual de classe “Moderada” também teve elevado percentual. Na estação Jardim Profeta houve grande ocorrência de dias omissos, o que impactou na representatividade da média anual, conforme pode ser visto na [Figura 73](#).

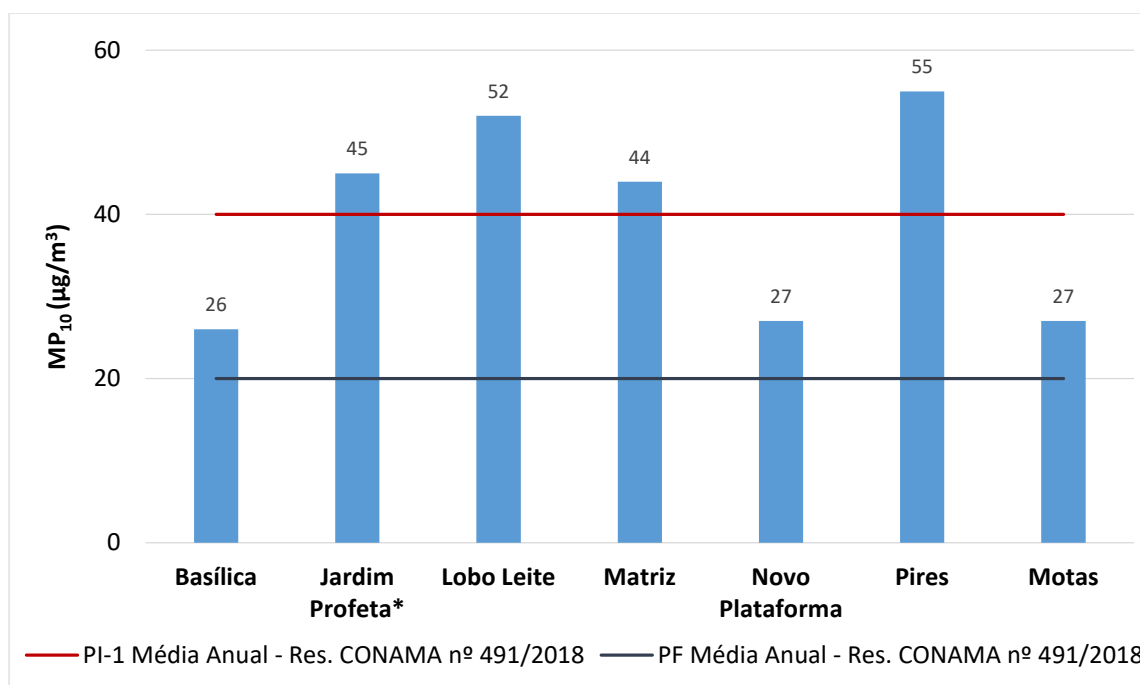


Figura 73: Concentrações médias anuais de MP₁₀ em Congonhas e Ouro Preto.
*Não Representativo.

O padrão anual intermediário 1 foi ultrapassado nas estações: Jardim Profeta, Lobo Leite, Matriz e Pires. Assim como mencionado na análise da [Tabela 29](#), o percentual elevado de IQAr classificado como Moderado contribuiu para elevar a média anual destas estações. O padrão final foi violado em todas as estações.

Figura 74 apresenta a variação das concentrações médias anuais de MP₁₀ nos municípios de Congonhas e Ouro Preto, no período de 2017 a 2020.

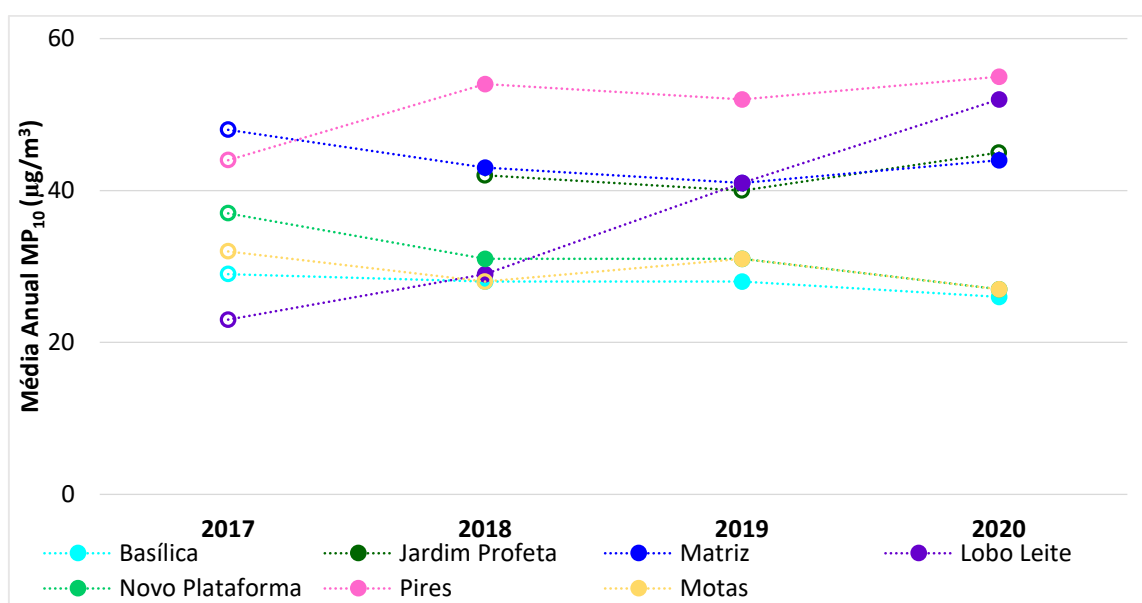


Figura 74: Evolução das médias anuais de MP₁₀ em Congonhas e Ouro Preto.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

Observa-se uma tendência de alta nos resultados da estação Lobo Leite, saindo de $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2017 e atingindo média anual de $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2020. Também houve aumento da média anual em 2020, em relação ao ano anterior, nas estações Jardim Profeta, Matriz e Pires. Por outro lado, nas estações Basílica e Novo Plataforma houve redução das médias anuais no decorrer dos anos analisados.

5.5.4 MP_{2,5} em Congonhas e Ouro Preto

A [Figura 75](#) apresenta as máximas médias diárias de partículas respiráveis nas estações que realizaram o monitoramento desse poluente em 2020. Não houve violação do PI-1 fixado pela Resolução CONAMA nº491/2018, legislação vigente à época. Porém, em todas as estações houve ultrapassagem do PF. As máximas ocorreram entre 11/09 a 03/10, sendo que no dia 01/10 ocorreu a primeira máxima das estações Basílica e Matriz e a segunda máxima da estação Lobo Leite. O número de ultrapassagens de cada estação para todos os padrões estabelecidos na legislação vigente pode ser consultado no Apêndice G.

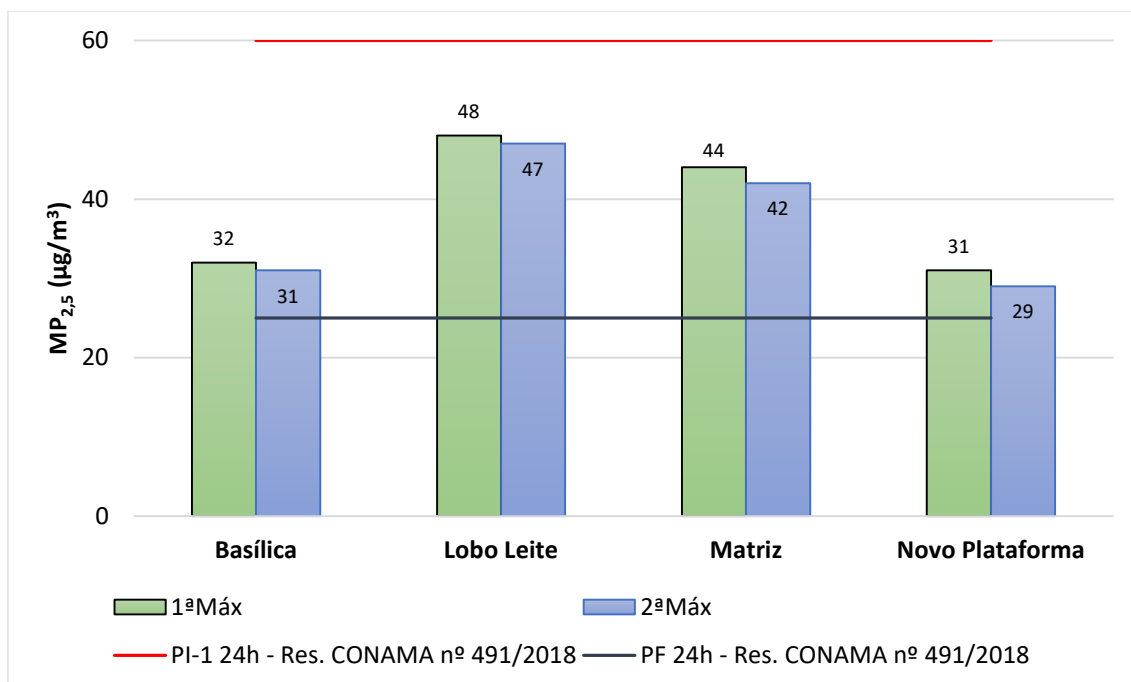


Figura 75: Concentrações máximas diárias de MP_{2,5} em Congonhas.

Quanto ao IQAr registrado durante o ano de 2020, conforme resultados apresentados na [Tabela 30](#), a maior parte apontou para a qualidade ‘Boa’, no entanto foram observados episódios de qualidade ‘Moderada’ em todas as estações, sendo a

estação Matriz com o percentual mais alto para esta classe, o que contribuiu para a média anual mais elevada, vide Figura 76.

Tabela 30: Distribuição percentual do IQAr de $MP_{2,5}$ em Congonhas.

Estação	Boa	Moderada	Omissos
Basílica	97,8%	1,9%	0,3%
Lobo Leite	88,5%	8,7%	2,7%
Matriz	70,5%	11,5%	18,0%
Novo Plataforma	80,6%	1,6%	17,8%

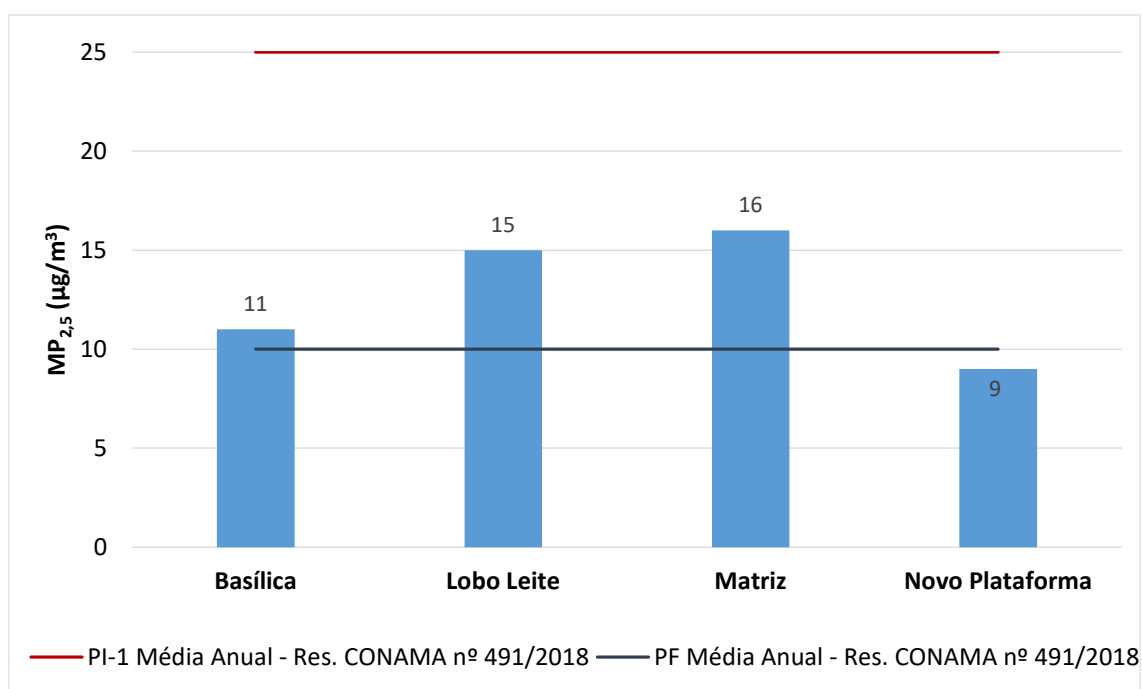


Figura 76: Concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ em Congonhas.
*Não Representativo.

Em relação às concentrações médias anuais, não houve ultrapassagem do PI-1 e as estações Basílica, Lobo Leite e Matriz tiveram resultados superiores ao PF.

A Figura 77 apresenta a evolução das médias anuais das partículas respiráveis em Congonhas.

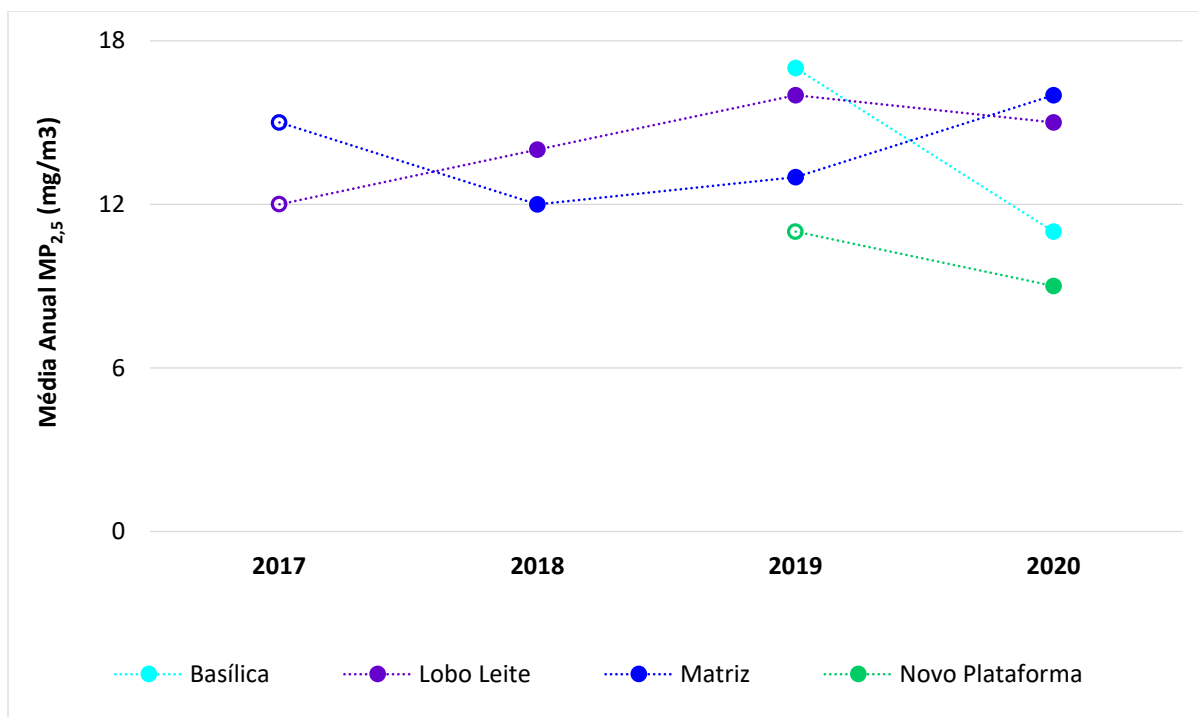


Figura 77: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ em Congonhas.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

A estação Matriz manteve o comportamento de aumento da média anual, registrando em 2020, o maior valor para esta estação em todos os anos analisados. Já a estação Lobo Leite, depois dos aumentos registrados nos últimos três anos, apresentou em 2020 ligeira queda em relação ao ano anterior, saindo de $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por outro lado, a queda na estação Basílica já foi mais acentuada, saindo de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na estação Novo Plataforma também houve queda em relação ao ano anterior.

5.5.5 SO₂ em Congonhas e Ouro Preto

As máximas concentrações diárias de SO₂ medidas em 2020 são apresentadas na Figura 78. Percebe-se que as máximas médias diárias foram muito inferiores quando comparadas ao PI-1 da Resolução CONAMA nº491/2018, e também ficaram abaixo do PF.

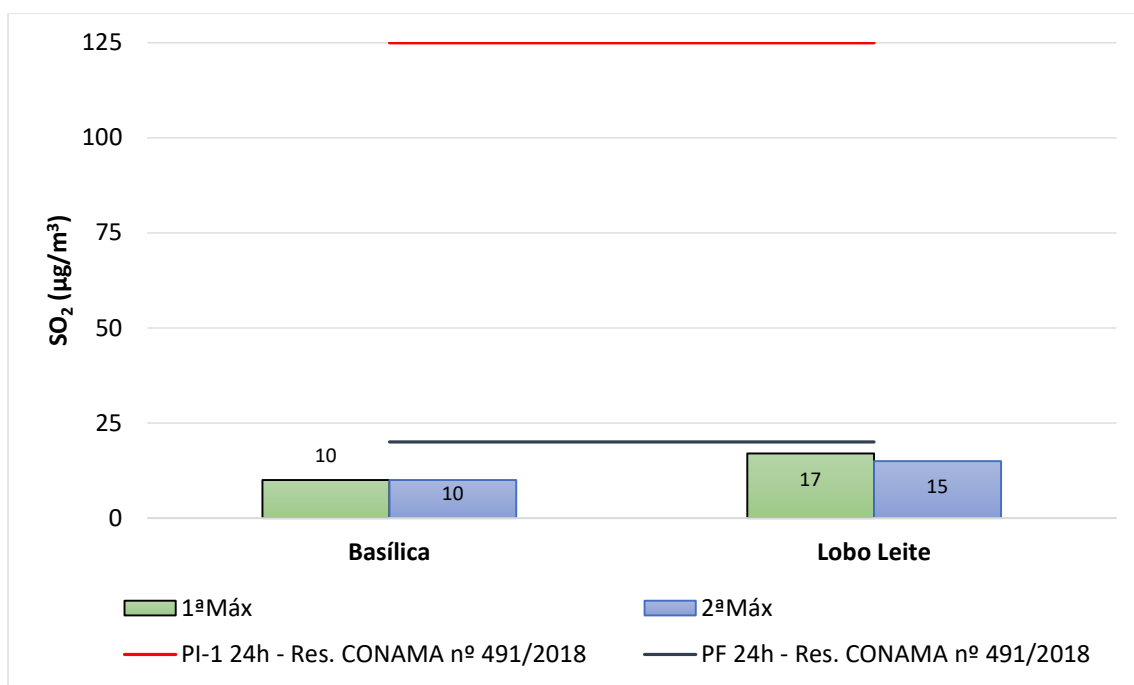


Figura 78: Concentrações médias diárias máximas de SO₂ em Congonhas.

A [Tabela 31](#) apresenta a distribuição percentual do IQAr considerando o dióxido de enxofre. Houve predominância da qualidade ‘Boa’, conforme esperado tendo em vista que não houve ultrapassagem do padrão final de curta duração. Destaque para a ausência de dados omissos na estação Lobo Leite.

Tabela 31: Distribuição percentual do IQAr de SO₂ em Congonhas.

Estação	Boa	Omissos
Basílica	100,0%	-
Lobo Leite	91,0%	9,0%

Quanto às médias de longa exposição, apresentadas na [Figura 79](#), pode-se apontar, novamente a não violação do padrão intermediário 1 e do padrão final. Já na [Figura 80](#), observa-se que ao longo do período de operação da rede de monitoramento de Congonhas, houve pouca variação das médias calculadas na estação Lobo Leite, que se mantiveram na faixa entre 3 e 4 µg/m³, enquanto na estação Basílica houve redução nos últimos três anos, saindo de 10 µg/m³ em 2018 e caindo para 4 µg/m³ em 2020.

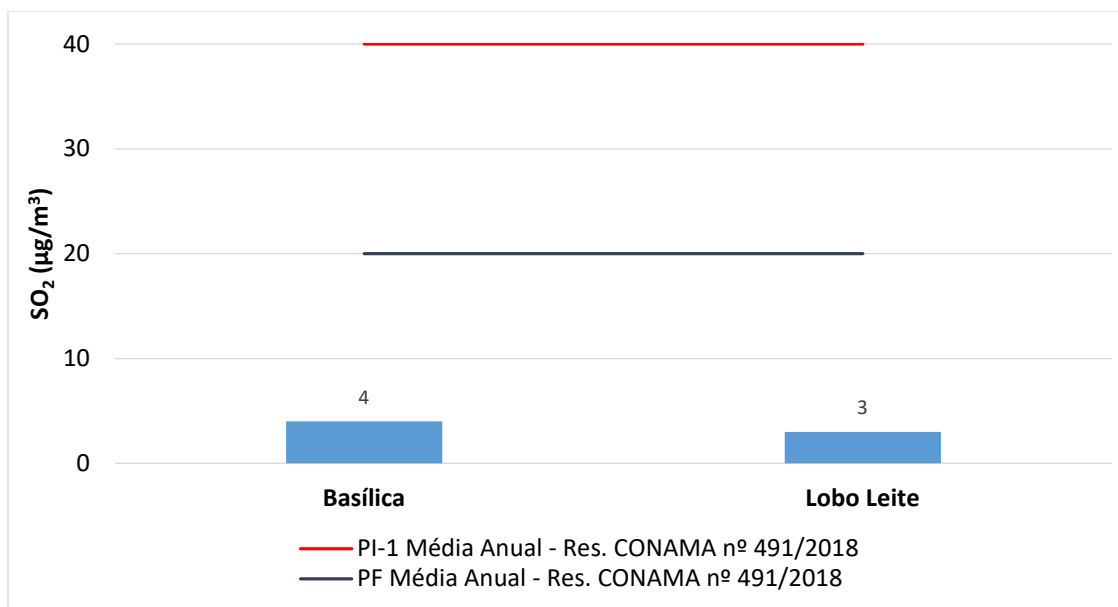


Figura 79: Concentrações médias anuais de SO₂ em Congonhas.
*Não Representativo.

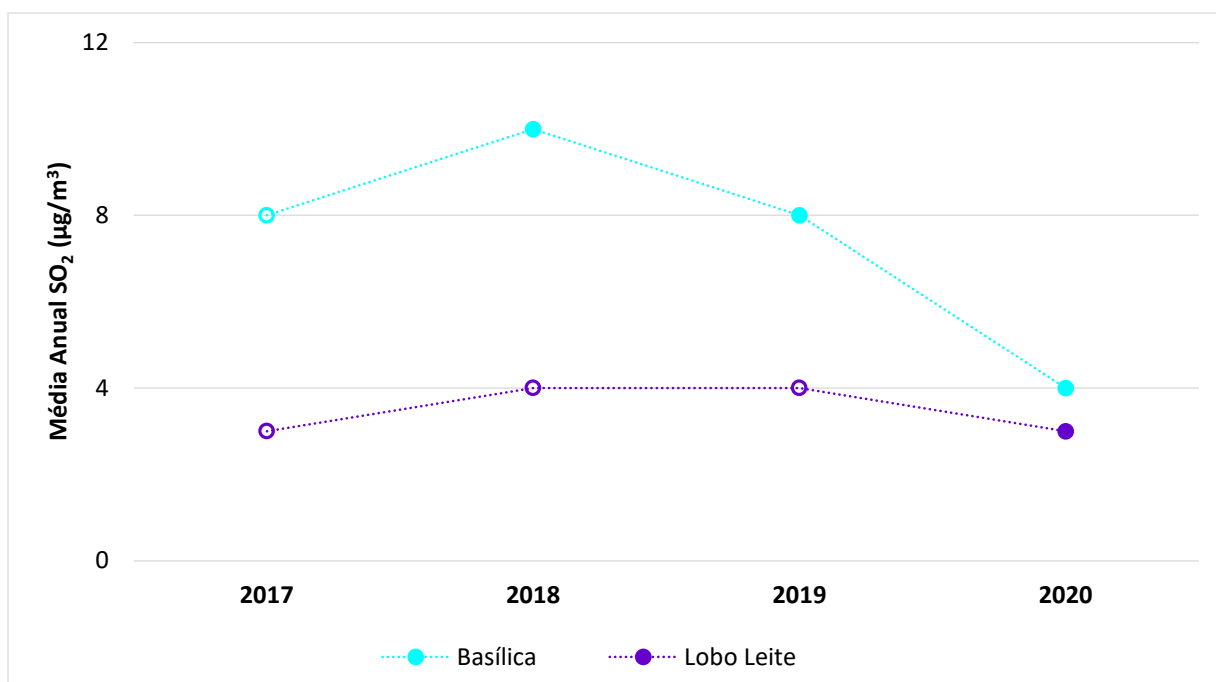


Figura 80: Evolução das médias anuais de SO₂ em Congonhas.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.5.6 NO₂ em Congonhas e Ouro Preto

As máximas horárias medidas para o NO₂ são apresentadas na [Figura 81](#). Observa-se que não houve ultrapassagem do PI-1 e do PF determinados pela legislação vigente à época, tendo como maior máxima a ocorrência de 65 µg/m³ na estação Lobo Leite, cerca de 32% do padrão final de 200 µg/m³.

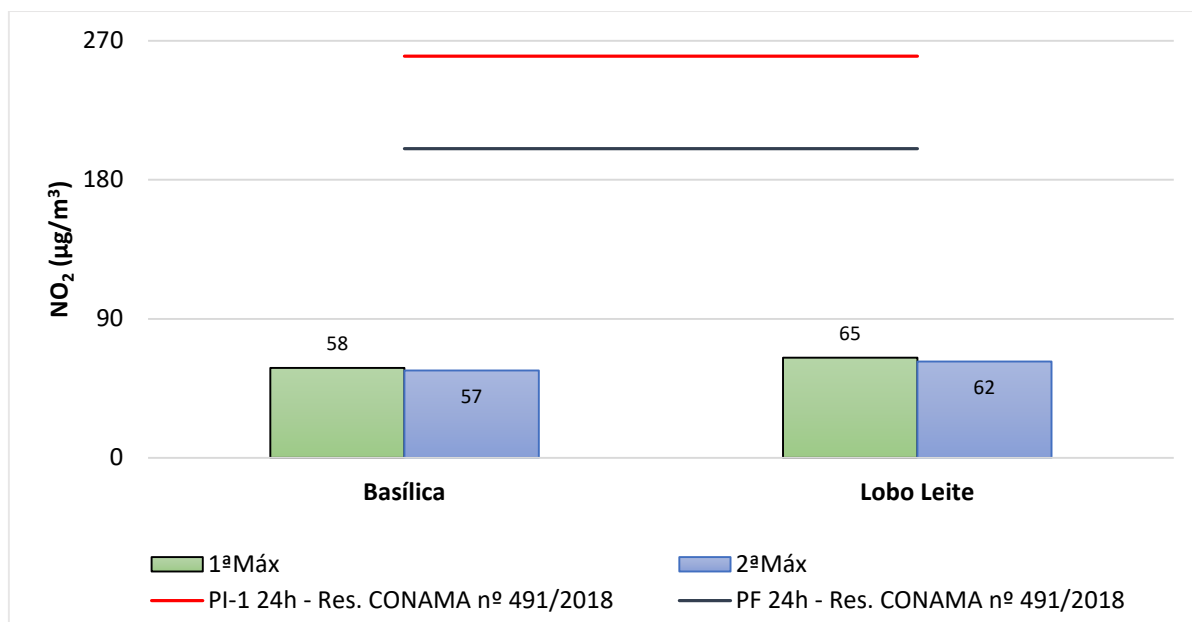


Figura 81: Concentrações médias horárias máximas de NO₂ em Congonhas.

A falta de ultrapassagens do padrão de curta duração do NO₂ se traduz na [Tabela 32](#) com a predominância da qualidade “Boa” entre as máximas horárias registradas para o período. Destaque positivo para a estação Basílica com a ausência de dados omissos.

Tabela 32: Distribuição percentual do IQAr de NO₂ em Congonhas.

Estação	Boa	Omissos
Basílica	100,0%	-
Lobo Leite	95,4%	4,6%

Em relação às médias anuais, apresentadas na [Figura 82](#), observa-se que as concentrações medidas durante o período de operação das estações geraram médias de longa exposição muito inferiores aos padrões estabelecidos na legislação vigente à época, de 60 µg/m³ para o PI-1 e de 40 µg/m³ para o PF.

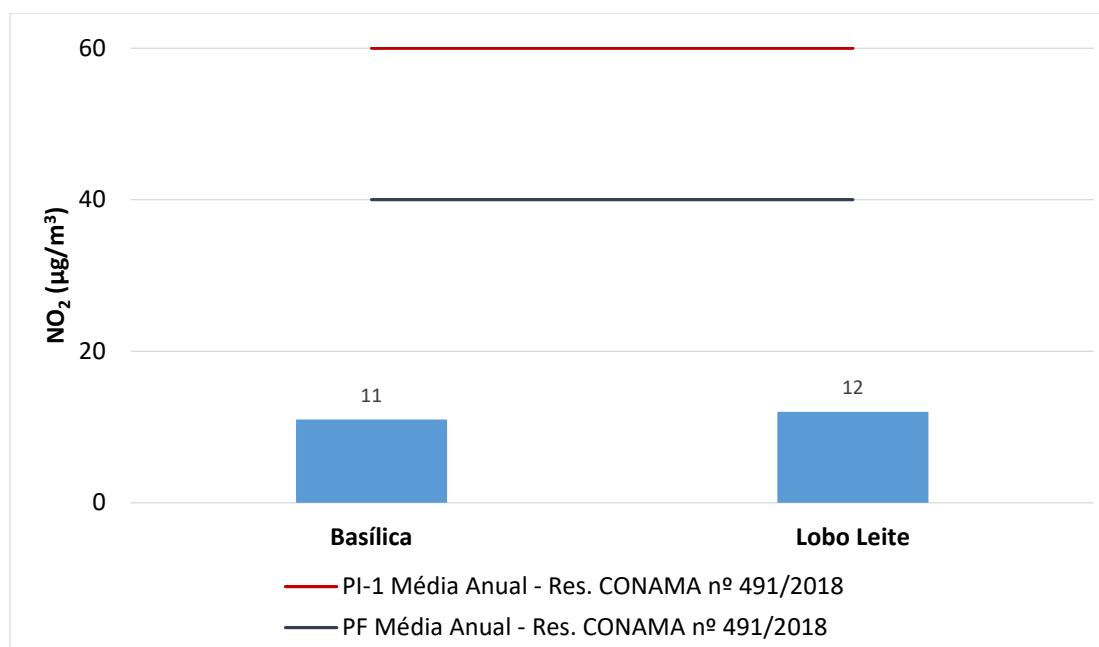


Figura 82: Concentrações médias anuais de NO₂ em Congonhas.

Quanto à evolução das médias anuais de NO₂, a [Figura 83](#) mostra que a média anual diminuiu na estação Basílica nos últimos três anos, registrando o menor valor da série em 2020, de 11 µg/m³. Já na estação Lobo Leite houve crescimento do valor médio entre 2017 a 2019, e pequena redução em 2020, saindo de 13 µg/m³ em 2019 para 12 µg/m³.

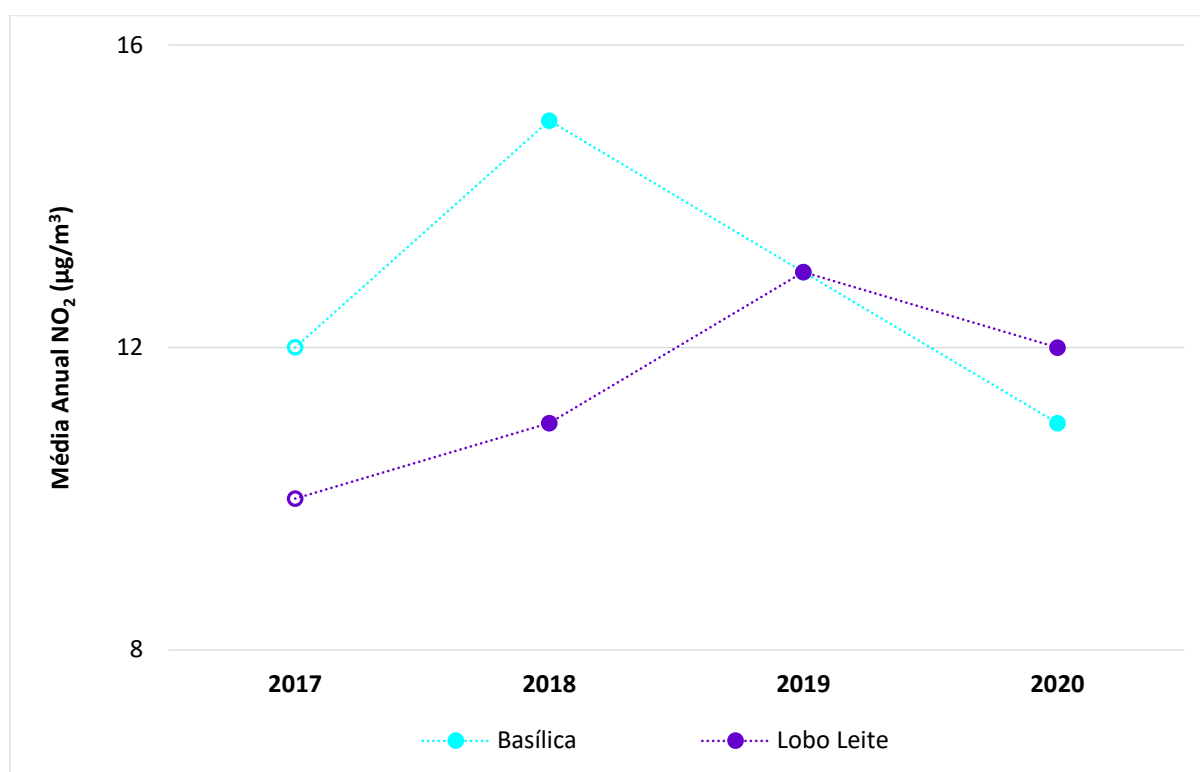


Figura 83: Evolução das médias anuais de NO₂ em Congonhas.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.5.7 CO em Congonhas e Ouro Preto

A **Figura 84** apresenta as máximas médias móveis de 8 horas de monóxido de carbono; poluente que foi monitorado apenas na estação Lobo Leite. Observa-se que além do padrão não ter sido excedido, os valores das máximas estão consideravelmente abaixo do padrão final da Resolução CONAMA n° 491/2018, de 9 ppm.

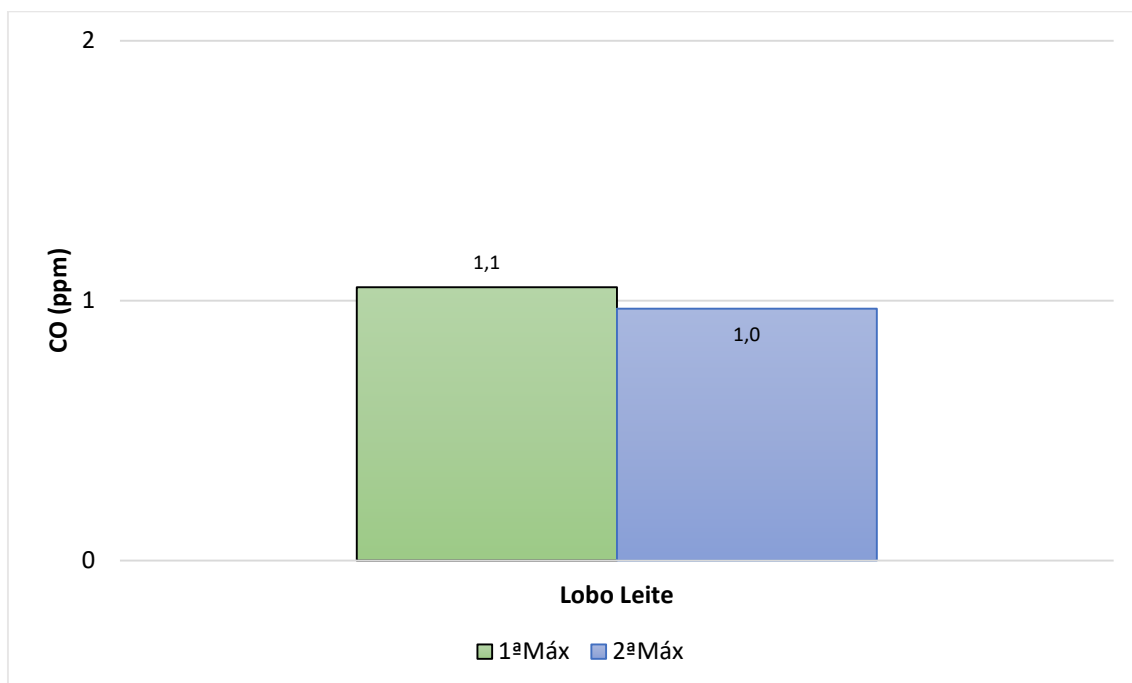


Figura 84: Concentrações máximas médias de 8 horas de CO em Congonhas.

Como reflexo do que é observado nas máximas médias de 8 horas, de acordo com a **Tabela 33**, houve predominância da qualidade do ar 'Boa' em relação ao CO, correspondendo a 99% dos índices.

Tabela 33: Distribuição percentual do IQAr de CO em Congonhas.

Estação	Boa	Omissos
Lobo Leite	99,7%	0,3%

5.5.8 O₃ em Congonhas e Ouro Preto

As máximas médias móveis de 8 horas de ozônio em Congonhas são mostradas na **Figura 85**, sendo observadas concentrações mais elevadas de O₃ na estação Lobo Leite, de forma que o PI-1 não foi respeitado. Já o PF foi ultrapassado nas duas

estações. As máximas apresentadas na [Figura 85](#) ocorreram na mesma data para as duas estações: primeira máxima dia 09/10 e segunda máxima 18/09. Cabe pontuar, que o período do final de setembro e início de outubro foi marcado por uma forte onda de calor, com registros de temperaturas elevadas, conforme mencionado anteriormente no item METEOROLOGIA NO ANO DE 2020. No Apêndice H é possível consultar o número de ultrapassagens para todos os padrões estabelecidos na legislação.

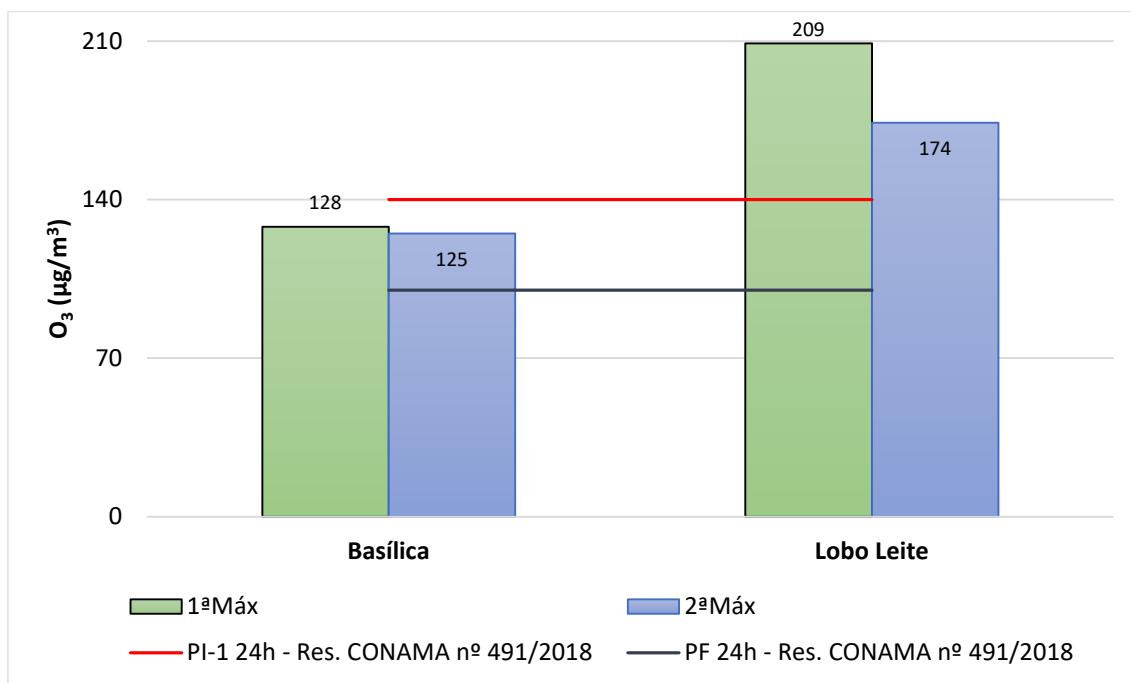


Figura 85: Concentrações máximas médias de 8 horas de O₃ em Congonhas.

Em relação aos dados do IQAr apresentados na [Tabela 34](#), observa-se o predomínio da qualidade 'Boa' em ambas as estações. Destaca-se, na estação Lobo Leite, a ocorrência de eventos em todas as classes de qualidade do ar, sendo o registro da máxima de 209 µg/m³ responsável pelo evento de qualidade "Péssima".

Tabela 34: Distribuição percentual do IQAr de O₃ em Congonhas.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim	Péssima	Omissos
Basílica	94,5%	5,5%	-	-	-	-
Lobo Leite	85,5%	3,6%	5,7%	0,5%	0,3%	4,4%

5.6 Demais municípios

Os demais municípios que tinham redes automáticas de monitoramento da qualidade do ar instaladas em Minas Gerais em 2020 eram: Conceição do Mato Dentro, Itabira, Paracatu e Pirapora.

O município de Conceição do Mato Dentro apresentava, em 2010, uma população de 17.908 pessoas, com cerca de 68,5% da população residindo em área urbana (IBGE, 2011). A economia do município é marcada pelo setor industrial e de serviços, sendo a indústria o maior colaborador para o PIB de cerca de 4,19 bilhões de reais em 2020 (IBGE, 2025). Atualmente, está instalado no município o empreendimento Minas-Rio, planta de extração, beneficiamento e exportação de minério de ferro da mineradora sul-africana Anglo American que teve sua operação iniciada em 2014, com capacidade de produção anual de cerca de 23 milhões de toneladas de minério (Anglo American, 2024).

Em 2020, Conceição do Mato Dentro se manteve entre os *Top 10* municípios com maior participação percentual no Valor Adicionado Bruto industrial, com 1,8 p.p. O município foi favorecido pela extração do minério de ferro em função da presença da Anglo American em seu território (FJP, 2023).

Localizado na borda leste da Cadeia do Espinhaço, Conceição do Mato Dentro está em uma altitude de 740 metros e possui relevo majoritariamente montanhoso, com áreas menores de característica plana ou ondulada (SILVA, 2018). A área, considerada de grande importância ambiental, está inserida em uma região divisora das bacias hidrográficas do Rio Doce e do Rio São Francisco e possui vegetação de transição entre os domínios do cerrado e da mata atlântica, com predominância dos campos rupestres do primeiro bioma (MOREIRA, 2015).

O município de Itabira está situado na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte e 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\$ 6,79 bilhões em 2020 (IBGE, 2025). Itabira ocupou a nona posição entre os *Top 10* municípios com maior participação percentual (2,2%)

2,2%

do VAB é a contribuição
de Itabira para o estado
em 2020.

no VAB industrial estadual em 2020. O município teve perda de representatividade de 0,4 p.p. entre 2019 e 2020 no VAB industrial do estado ocasionada, em grande parte, pela parada na mina de Conceição da Vale, que afetou a produção de minério de ferro com suspensão na disposição de rejeitos na barragem presente em seu território. A arrecadação da CFEM caiu 11,7% no município entre 2019 e 2020 (a participação na CFEM estadual de Itabira diminuiu de 13,1% em 2019 para 9,0% em 2020), conforme dados de estudo apresentado pela Fundação João Pinheiro (2023).

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). De acordo com o último censo demográfico, em 2010, a cidade de Itabira contava com uma população de 109.783 pessoas, onde aproximadamente 93,2% residiam em área urbana (IBGE, 2011).

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). 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 somou um montante equivalente a 5,56 bilhões de reais em 2020 (IBGE, 2025). 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).

Em 2020, Paracatu apareceu em terceiro lugar entre os *Top 10* municípios com maior participação percentual no VAB agropecuário estadual, representando 2,1 p.p. O município teve evolução favorável nos cultivos de feijão (primeiro no *ranking* estadual) e da soja (na segunda colocação do estado), porém houve redução na quantidade produzida de milho (FJP, 2023).

A cidade de Pirapora está localizada no Norte do Estado de Minas Gerais e contava com uma população de 53.368 pessoas no ano de 2010, sendo destas 98,2% urbana. Em 2020 movimentou um PIB em torno de R\$ 2,26 bilhões de reais (IBGE, 2025).

R\$ 2,26bi

Foi o movimento do **PIB** de **Pirapora** para o estado em 2020.

É o segundo maior polo 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, que possibilitou 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).

5.6.1 Caracterização das fontes de poluição dos demais municípios

Assim como já abordado nas outras regiões de Minas Gerais, as principais fontes de emissões atmosféricas são as queimadas, as fontes veiculares e as industriais. A seguir são discurridos dados dessas fontes de poluição para as cidades de Paracatu, Itabira, Pirapora e Conceição do Mato Dentro.

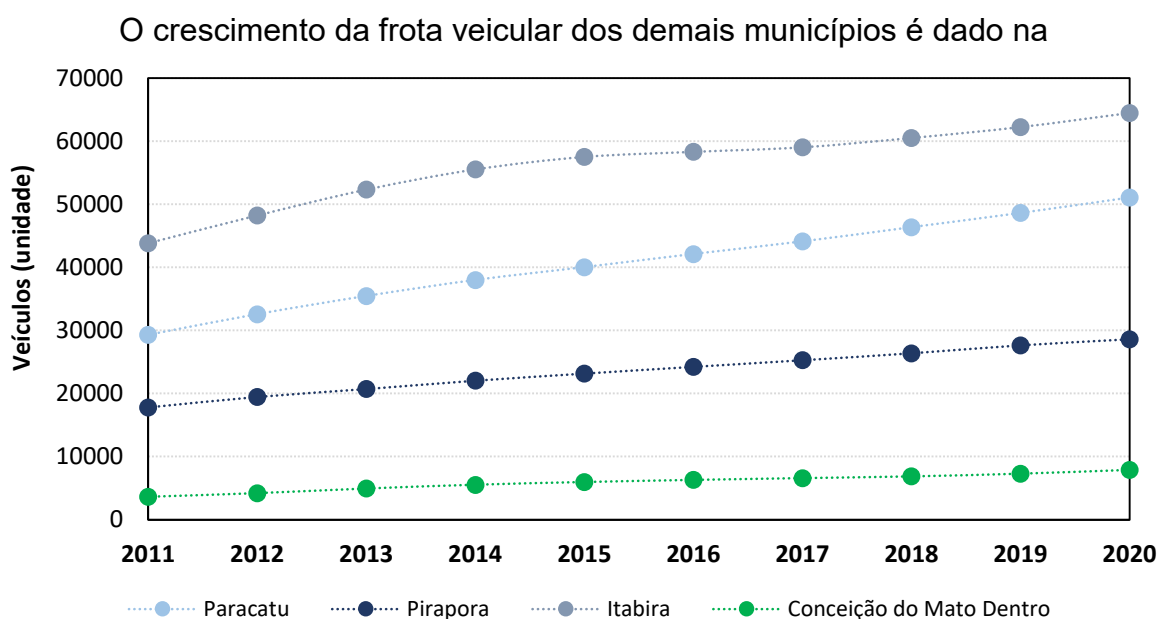


Figura 86 para o período entre 2011 e 2020. Itabira e Paracatu foram os municípios com as maiores frotas em 2020, cerca de 64 mil no primeiro e 51 mil no segundo. Em

relação ao aumento percentual, Conceição do Mato Dentro apresentou o maior crescimento, de cerca de 118%, por outro lado, Itabira apresentou o menor aumento percentual, de aproximadamente 47%.

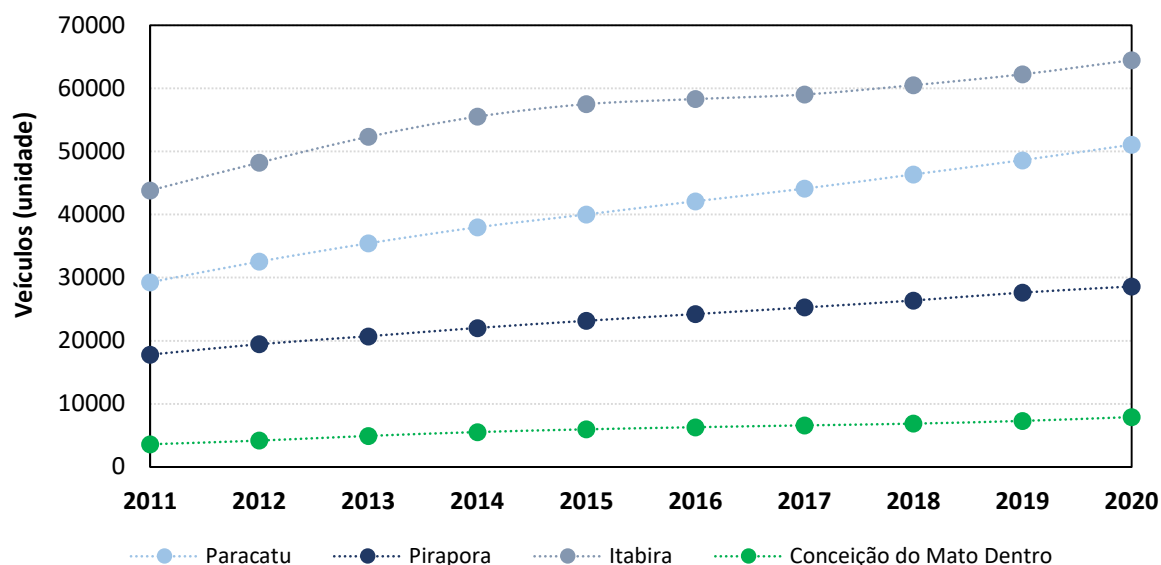


Figura 86: Crescimento da frota veicular dos demais municípios.

Fonte: SENATRAN, 2025.

Com relação ao impacto provocado pelas queimadas, avaliado por meio do número de focos de incêndio, a **Figura 87** apresenta os dados de focos de incêndio por quilômetro quadrado obtidos nos demais municípios de 2016 a 2020. Observa-se que, com exceção de Paracatu, todos os municípios apresentaram redução na densidade de focos no ano de 2020, sendo em Conceição do Mato Dentro registrada a maior queda entre os anos de 2019 e 2020, de 0,50 para 0,20 focos de incêndio por Km².

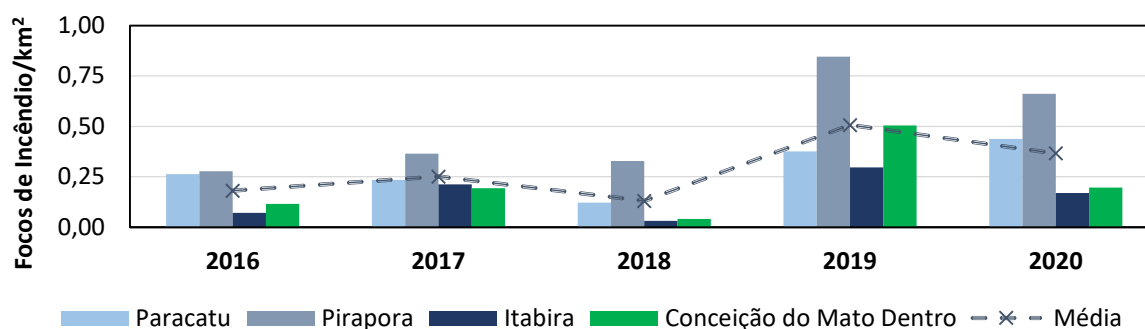


Figura 87: Focos de incêndio nos demais municípios.

Fonte: INPE, 2025.

Quanto às fontes de poluição industrial, destaca-se na **Figura 88** a evolução dos empreendimentos licenciados nos demais municípios, no período de 2016 a 2020,

conforme camadas do IDE-SISEMA (2025). Observa-se manutenção do número de empreendimentos em Conceição do Mato Dentro e pequeno crescimento em Itabira. Nos municípios de Paracatu e Pirapora, ocorreu um salto na quantidade de empreendimentos de classes 1 e 2 no ano de 2020.

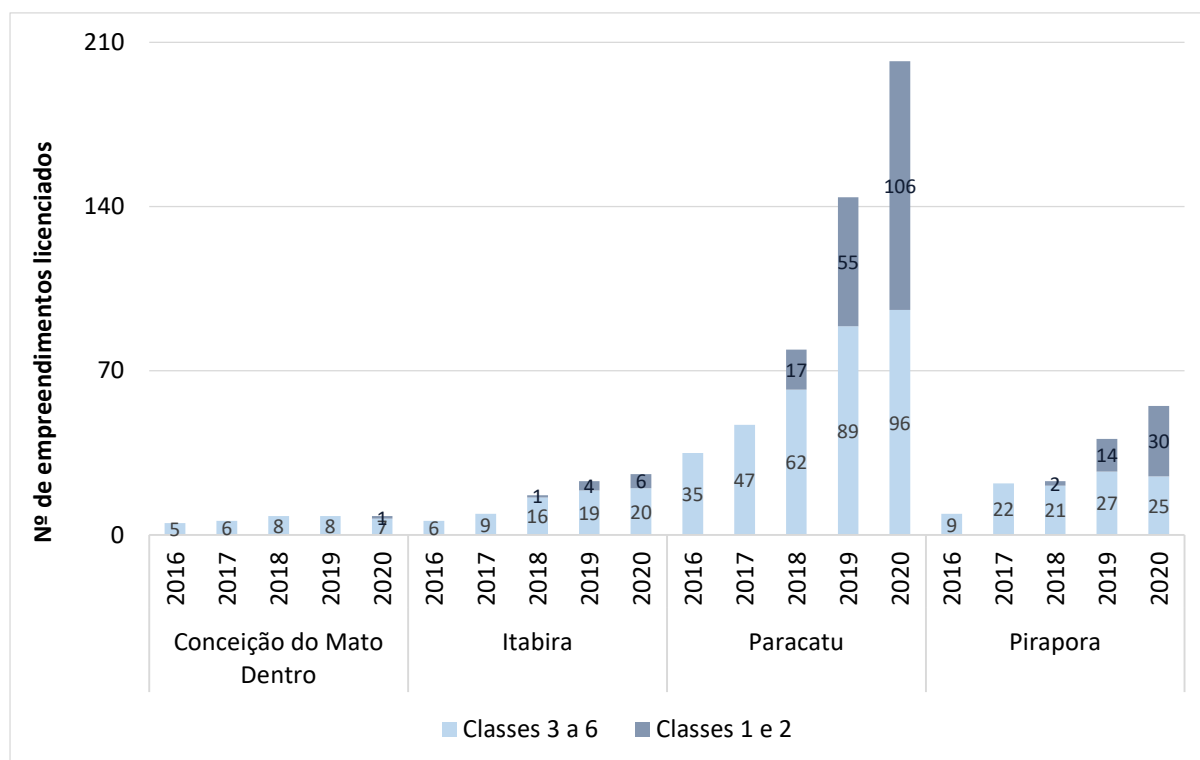


Figura 88: Empreendimentos licenciados nos demais municípios.

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2025.

Considerando a listagem de atividades da DN COPAM nº 217/2017, conforme a Tabela 35, Itabira e Conceição do Mato Dentro apresentaram predomínio da listagem A – Atividades Minerárias, já em Pirapora existe uma maior quantidade de empreendimentos sob a listagem E – Atividades de infraestrutura; no município de Paracatu destaca-se a listagem G – Atividades Agrossilvipastoris, perfazendo 117 empreendimentos em 2020. Este maior número de empreendimentos da listagem de atividades agrossilvipastoris corrobora o terceiro lugar do município com maior participação percentual do VAB agropecuário estadual, com participação de 2,1%, conforme mencionado anteriormente.

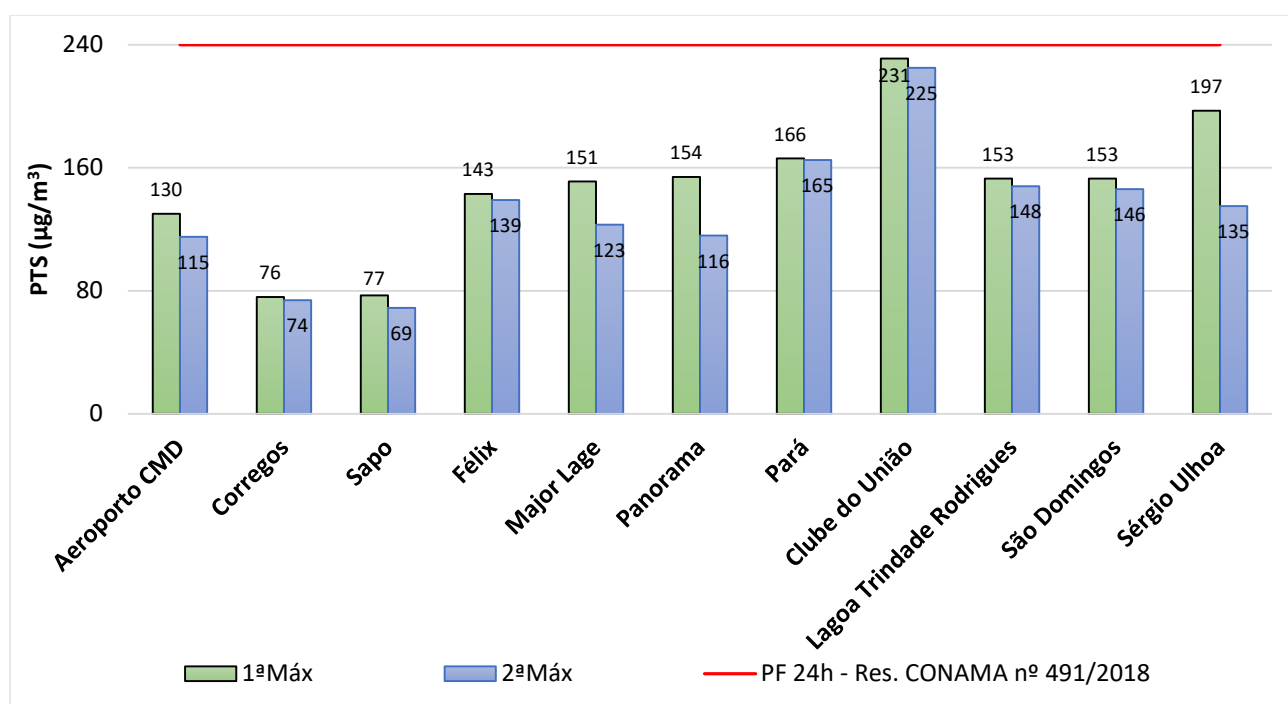
Tabela 35: Listagens dos empreendimentos nos demais municípios.

Listagens	CMD	Itabira	Paracatu	Pirapora
Listagem A	6	9	26	3
Listagem B		2	11	5
Listagem C		4	3	4
Listagem D		4	7	1
Listagem E		4	14	25
Listagem F	1	2	24	13
Listagem G	1	1	117	4
Total	8	26	202	55

Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2025.

5.6.2 PTS nos demais municípios

As máximas concentrações diárias de PTS observadas nas estações dos demais municípios em 2020 são dadas na [Figura 89](#). Verifica-se que não houve extrapolação do padrão diário final, de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O valor mais alto, $231 \mu\text{g}/\text{m}^3$, foi registrado em Paracatu, na estação Clube do União no dia 21/08. Nesta mesma data ocorreu a primeira máxima da estação Sérgio Ulhoa e a segunda máxima das estações Lagoa Trindade e São Domingos, indicando relação direta entre máximas diárias obtidas em Paracatu. Situação semelhante ocorreu em Itabira, onde a primeira máxima das estações Félix, Major Lage e Panorama ocorreram no dia 07/10. Já no município de Conceição as máximas diárias ocorreram entre 03/10 a 10/10.

**Figura 89:** Máximas concentrações diárias de PTS nos demais municípios.

Com relação às médias anuais, não foram observadas ultrapassagens ao padrão final de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fixado pela Resolução CONAMA nº 491/2018, mas pode-se destacar que, conforme Figura 90, as maiores concentrações anuais foram observadas nas estações de Paracatu.

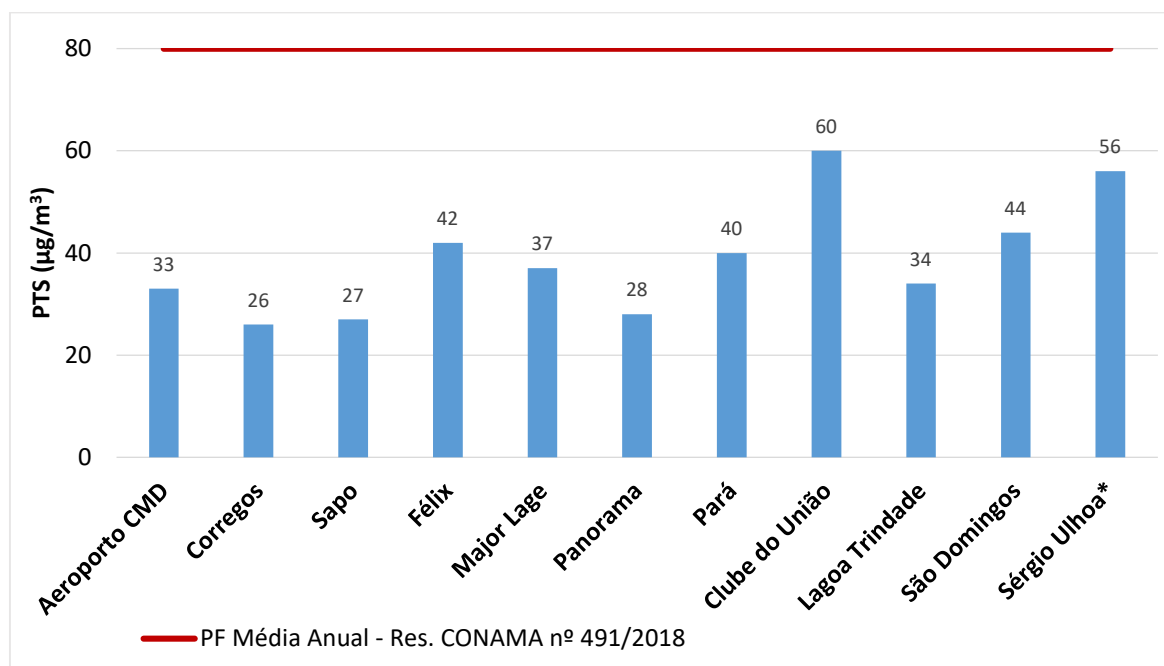


Figura 90: Concentrações médias anuais de PTS nos demais municípios.

*Não Representativo.

A análise da evolução das médias anuais apresentada na Figura 91 mostra que historicamente os valores das estações de Paracatu apresentam valores mais elevados. Em 2020, houve queda das concentrações anuais em quase todas as estações do município, exceto na estação São Domingos, que manteve o mesmo valor do ano anterior.

No município de Conceição do Mato Dentro o comportamento foi semelhante, tendo sido observada, no ano de 2020, redução das concentrações médias anuais, sendo registrado o menor valor da série histórica nas estações Sapo ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Córregos ($26 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Em Itabira, o cenário ficou dividido, com estações apresentando aumento da concentração anual (Félix e Pará) e outras registrando diminuição (Panorama e Major Lage).

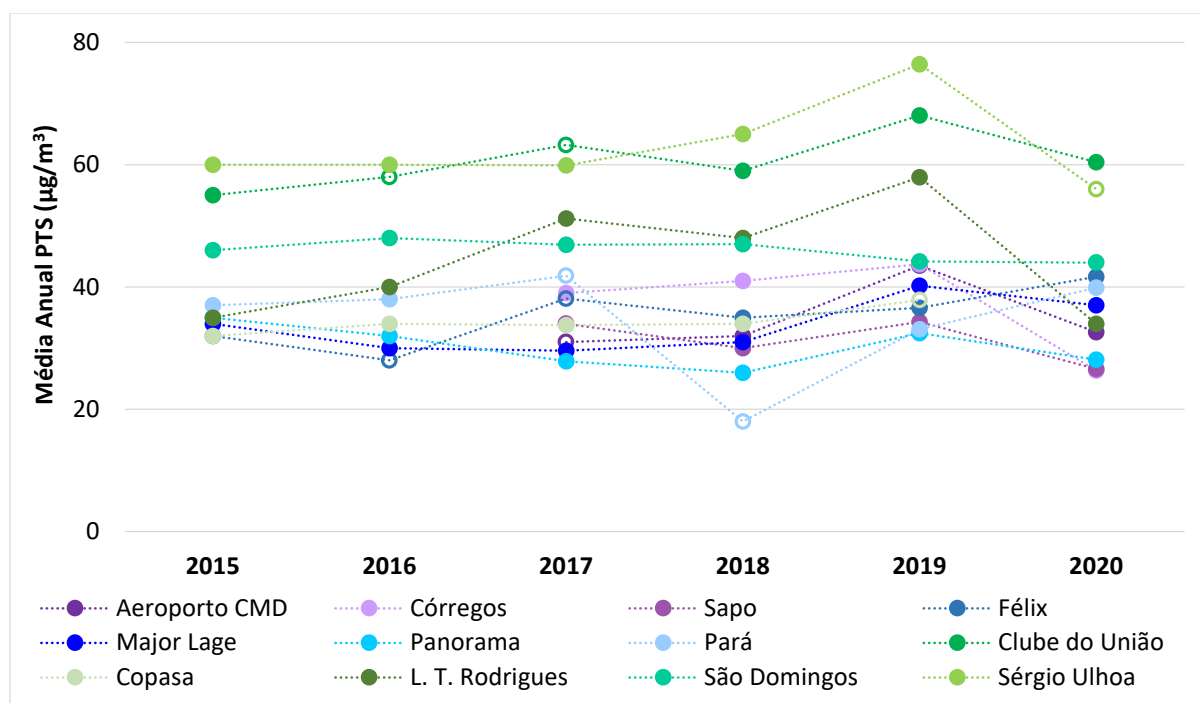


Figura 91: Evolução das médias anuais de PTS nos demais municípios.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.6.3 MP₁₀ nos demais municípios

A **Figura 92** apresenta as máximas concentrações diárias observadas nas estações dos demais municípios em comparação com o padrão intermediário 1 de 120 µg/m³ e o padrão final de 50 µg/m³ estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 491/2018, legislação vigente à época. Foram registradas ultrapassagens do PI-1 no município de Pirapora (estação FUNAM e SAAE). Já em relação ao PF houve a ultrapassagem em todas as estações. O número de ultrapassagens de cada estação para cada padrão intermediário de curta duração da Res. Conama n° 491/2018 pode ser conferido no Apêndice F.

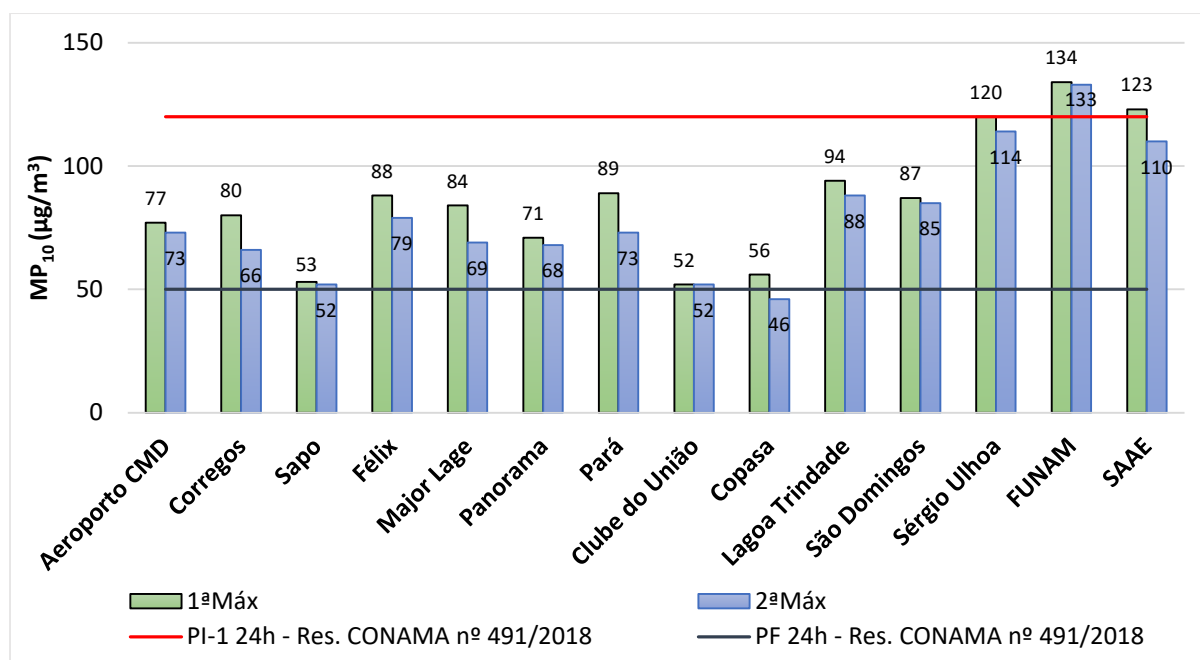
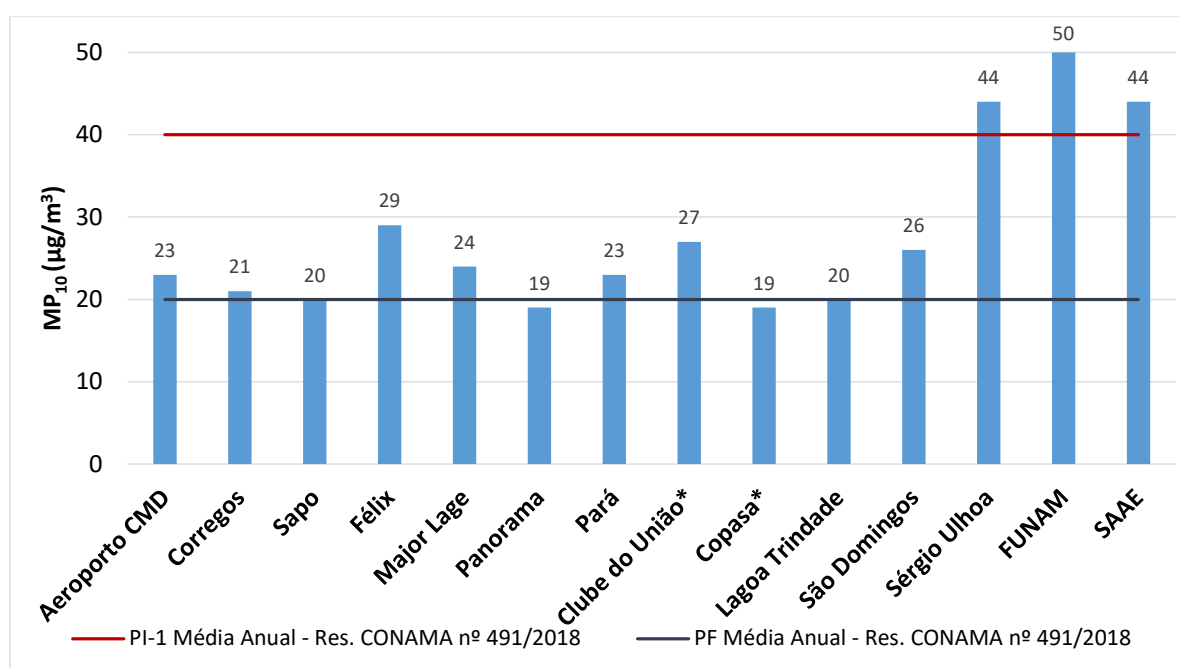


Figura 92: Máximas concentrações diárias de MP₁₀ nos demais municípios.

Quanto à distribuição do índice de qualidade do ar, os resultados são apresentados na [Tabela 36](#). Observa-se que na maior parte das estações ocorreu predomínio da classe 'Boa', considerando os dias com médias diárias representativas. Também houve registros de classe "Moderada" em todas as estações, com destaque para o percentual mais elevado nas estações Sérgio Ulhoa (Paracatu), SAAE e FUNAM, de Pirapora. Nestas três estações também houve registros de IQAr "Ruim". Estes resultados contribuíram para as maiores médias anuais registradas nestas estações, conforme apresentado na [Figura 93](#). Ainda em relação aos resultados da [Tabela 36](#), destaque para a elevada porcentagem de dados omissos das estações Copasa e Clube do União no município de Paracatu, que impactou a representatividade da média anual.

Tabela 36: Distribuição percentual do IQAr de MP₁₀ nos demais municípios.

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Aeroporto CMD	95,4%	1,6%	-	3,0%
Córregos	90,2%	2,7%	-	7,1%
Sapo	88,3%	0,5%	-	11,2%
Félix	88,3%	6,0%	-	5,7%
Major Lage	92,3%	2,7%	-	4,9%
Panorama	94,8%	1,9%	-	3,3%
Pará	95,1%	2,5%	-	2,5%
Clube do União	47,3%	0,5%	-	52,2%
Copasa	14,2%	0,3%	-	85,5%
Lagoa Trindade	85,8%	3,6%	-	10,9%
São Domingos	80,3%	4,4%	-	15,3%
Sérgio Ulhoa	67,2%	21,9%	1,1%	9,8%
FUNAM	47,3%	33,9%	2,5%	16,4%
SAAE	61,5%	23,2%	0,8%	14,5%

**Figura 93:** Concentrações médias anuais de MP₁₀ nos demais municípios.

*Não Representativo.

Observa-se que ocorreu ultrapassagem do padrão intermediário 1 de 40 µg/m³ apenas nas estações Sérgio Ulhoa, FUNAM e SAAE. O padrão final foi respeitado apenas nas estações: Sapo, Panorama, Lagoa Trindade e Copasa, esta última com média não representativa.

A evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} nos demais municípios pode ser observada na [Figura 94](#). As estações de Conceição do Mato Dentro registraram queda da média anual em comparação aos valores de 2019. Em Itabira, no geral no ano de 2020 também houve redução da média anual, com exceção da estação Félix que vem apresentando tendência de aumento da média anual. Em Paracatu, em todas as estações houve redução da concentração anual em comparação aos resultados de 2019, destaque para os valores alcançados nas estações Lagoa Trindade Rodrigues ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e São Domingos ($26 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pois foram os menores valores considerando os registros da série histórica iniciada em 2015. Em relação aos resultados de Pirapora, foi o primeiro ano em que o monitoramento conseguiu médias representativas.

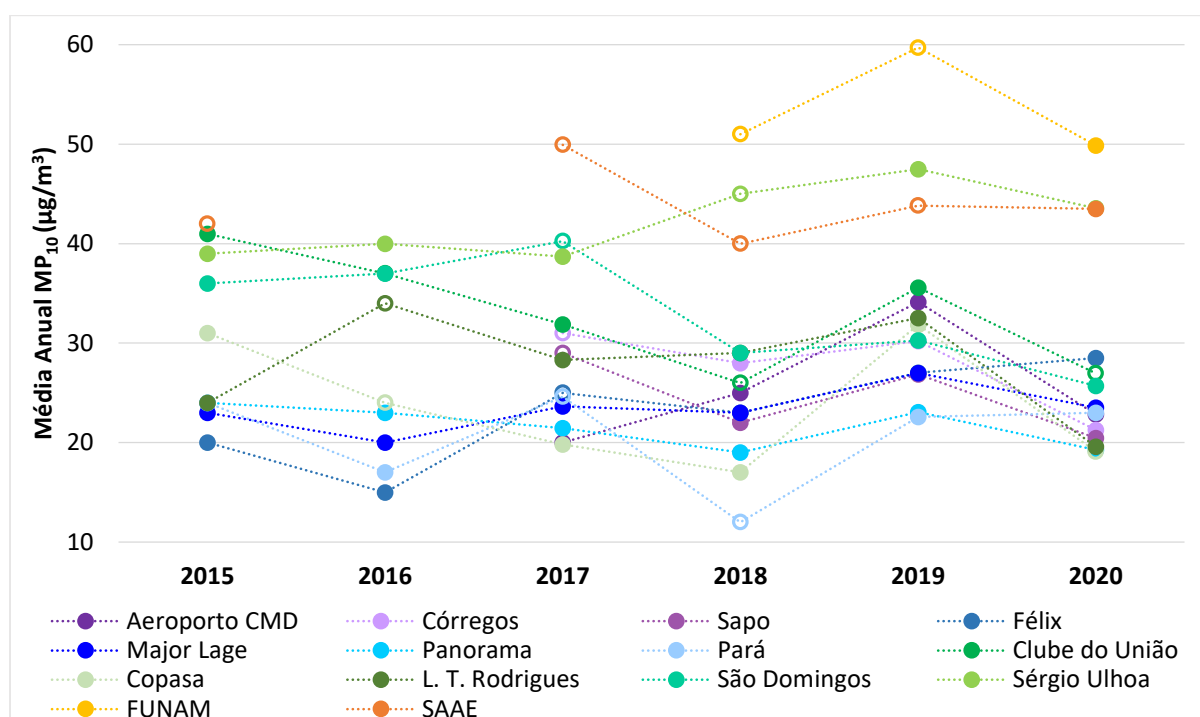


Figura 94: Evolução das médias anuais de MP_{10} nos demais municípios.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.6.4 $MP_{2.5}$ nos demais municípios

As máximas concentrações diárias de $MP_{2.5}$ nos demais municípios são apresentadas na Figura 95, na qual revela que o PI-1 de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estabelecido pela Resolução CONAMA n° 491/2018, foi ultrapassado apenas na estação Córregos no município de Conceição do Mato Dentro. A primeira máxima da estação Córregos ocorreu no dia 01/07 e a segunda máxima no dia 20/06. Já nas demais estações do município,

Aeroporto CMD e Sapo, a primeira e a segunda máxima ocorreram nos dias 10/10 e 08/10, respectivamente. Como as máximas da estação Córregos ocorreram em datas bem diferentes das demais estações, é provável que os valores mais elevados foram desencadeados por fontes locais, mais próximas à estação.

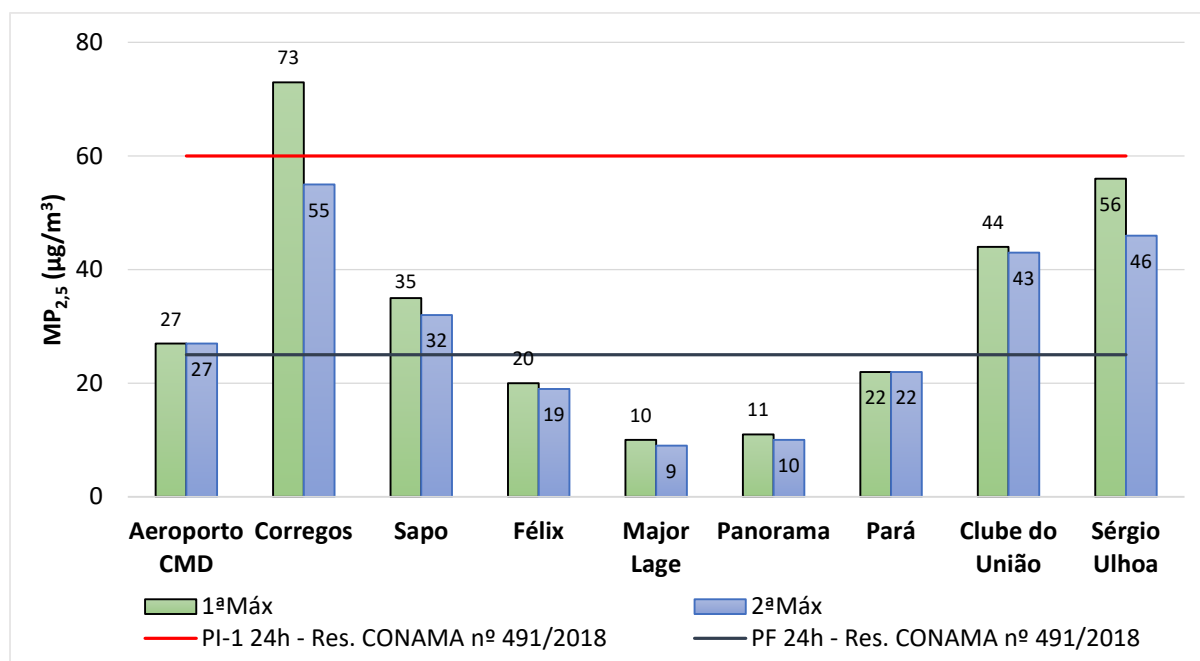


Figura 95: Máximas concentrações diárias de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.

Em relação ao padrão final de $25 \mu g/m^3$, houve o atendimento em todas as estações de Itabira. Entretanto, tal fato não ocorreu nas estações de Paracatu e Conceição do Mato Dentro.

Apesar das ultrapassagens do padrão final, houve predomínio da classe 'Boa' em todas as estações, como mostra a [Tabela 37](#).

Tabela 37: Distribuição percentual do IQAr de $MP_{2,5}$ nos demais municípios

Estação	Boa	Moderada	Ruim	Omissos
Aeroporto CMD	93,2%	0,5%	-	6,3%
Córregos	85,8%	1,1%	0,5%	12,6%
Sapo	89,1%	1,4%	-	9,6%
Félix	15,3%	-	-	84,7%
Major Lage	9,6%	-	-	90,4%
Panorama	15,6%	-	-	84,4%
Pará	16,7%	-	-	83,3%
Clube do União	47,0%	3,6%	-	49,5%
Sérgio Ulhoa	86,1%	9,8%	0,3%	3,8%

Observa-se também baixos percentuais de classe “Moderada” e a ocorrência de IQAr “Ruim” apenas nas estações Córregos e Sérgio Ulhoa. As estações de Itabira apresentaram elevado percentual de dados omissos porque o monitoramento das partículas respiráveis começou em novembro de 2020.

Considerando as concentrações médias anuais, observa-se na Figura 96 que o padrão de longa duração PI-1 de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ estabelecido pela Resolução CONAMA nº 491/2018 não foi ultrapassado em nenhuma estação.

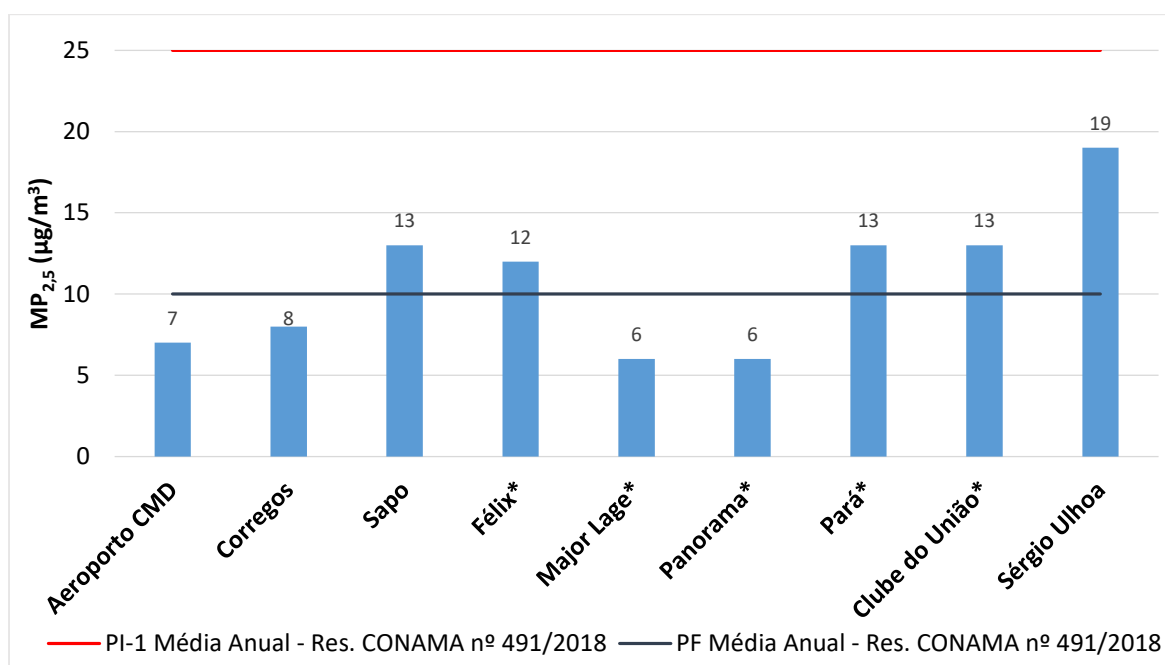


Figura 96: Concentrações médias anuais de $\text{MP}_{2.5}$ nos demais municípios.

Em relação padrão final de longa duração, $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, houve ultrapassagem nas estações Sapo, Félix, Pará, Clube do União e Sérgio Ulhoa; porém somente a primeira e a última obtiveram médias anuais representativas.

A análise da evolução das concentrações médias anuais de $\text{MP}_{2.5}$, é apresentada na Figura 97. Observa-se que a estação Sérgio Ulhoa apresentou tendência de queda dos valores anuais desde 2016. Nas demais estações, houve redução do valor em 2020, quando comparado aos resultados de 2019, porém sem grandes variações em relação aos demais valores da série histórica.

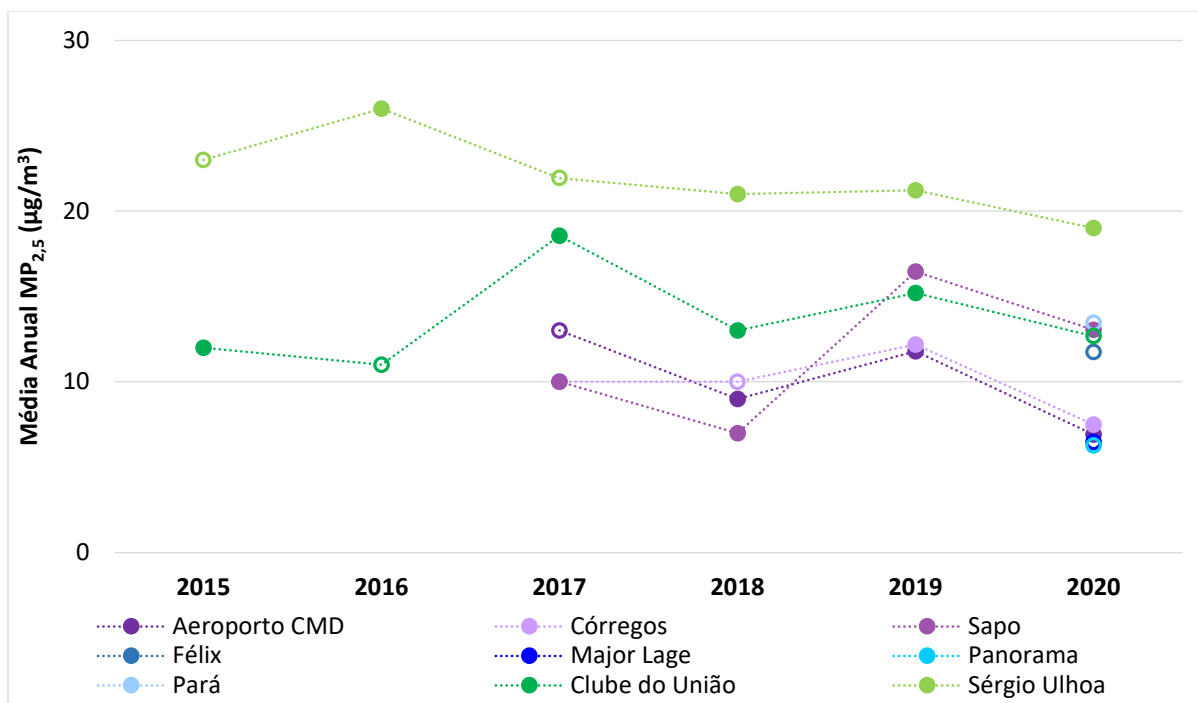


Figura 97: Evolução das médias anuais de $MP_{2,5}$ nos demais municípios.
Símbolos vazados no gráfico indicam médias anuais não representativas.

5.6.5 O₃ nos demais municípios

Dentro do grupo dos demais municípios, o ozônio era monitorado apenas em Conceição do Mato Dentro, na estação Aeroporto CMD. A Figura 98 apresenta as máximas concentrações médias de 8 horas obtidas nessa estação, mostrando que não foram registradas ultrapassagens do PI-1 de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, porém houve ultrapassagem do padrão final. As máximas médias móveis ocorreram em 19/09 e 29/09.

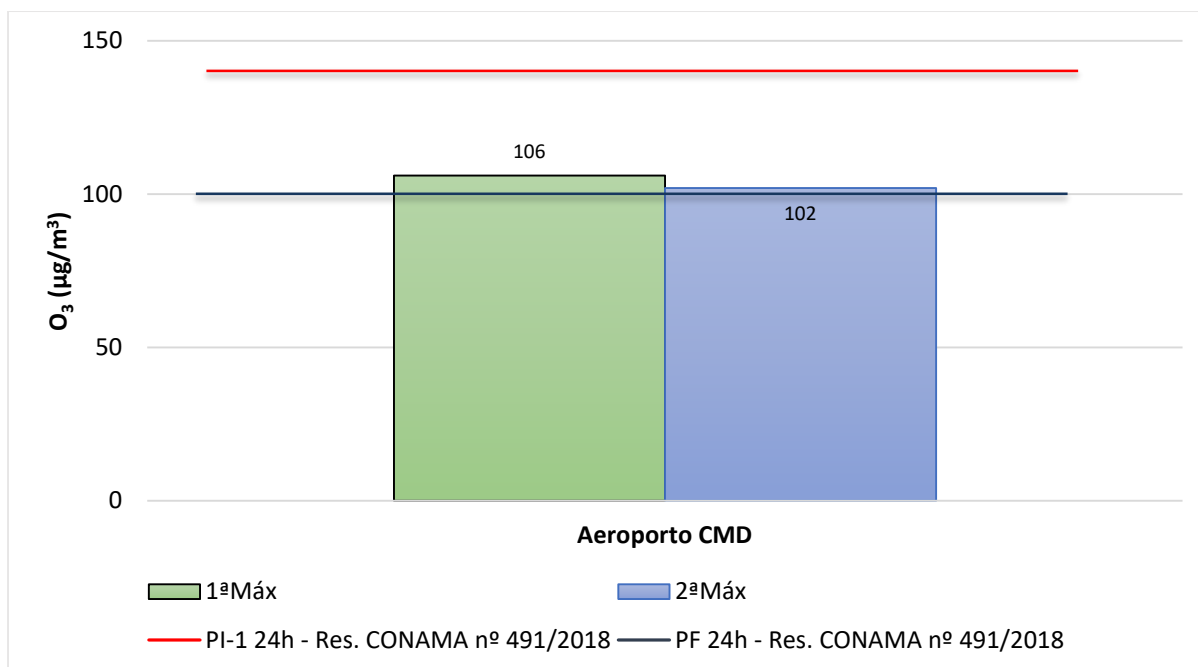


Figura 98: Máximas concentrações de 8 horas de O₃ nos demais municípios.

Quanto à distribuição do índice de qualidade do ar, apresentada na [Tabela 38](#), o ano de 2020 foi marcado por uma grande quantidade de dias sem medição representativa das concentrações de ozônio, no entanto, ao considerar os dados válidos, observa-se predomínio da classe de qualidade “Boa”.

Tabela 38: Distribuição percentual do IQAr de O₃ em Conceição do Mato Dentro.

Estação	Boa	Moderada	Omissos
Aeroporto CMD	58,7%	0,5%	40,7%

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Relatório Técnico da Qualidade do Ar de Minas Gerais – Ano Base 2020 apresentou um panorama geral das estações de qualidade do ar instaladas em Minas Gerais e que transmitiam os dados para o Centro Supervisório da SEMAD/NQA.

As distribuições percentuais do IQAr para todos os poluentes, os valores de média anual, assim como a evolução dessas médias num histórico recente, foram disponibilizados ao longo deste documento, de forma a aprimorar a avaliação dos dados monitorados nas estações e sua comparação com os padrões de qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA n° 491/2018, legislação vigente à época.

Com relação aos resultados obtidos em 2020, pode-se destacar que:

- As partículas totais em suspensão (PTS) apresentaram ultrapassagens do padrão diário na estação SENAI/CFP, em Timóteo e nas estações Jardim Profeta, Lobo Leite e Pires, em Congonhas. Já o padrão anual foi superado apenas na estação Jardim Profeta, entretanto trata-se de média anual não representativa e deve ser analisada com as devidas ressalvas.
- As partículas inaláveis (MP₁₀) tiveram o padrão diário intermediário 1 superado nas estações Centro Av. do Contorno (Belo Horizonte), Centro Administrativo Betim (Betim), Centro, Filhinha Gama e Jardim Encantado (São José da Lapa), todas da RMBH. Na RMVA as ultrapassagens ocorreram nas estações Sementinha e SENAI/CFP, ambas em Timóteo. Em Congonhas isso ocorreu nas estações Jardim Profeta, Pires e Lobo Leite. Para os demais municípios ocorreram nas estações FUNAM e SAAE localizadas em Pirapora. Em relação ao padrão anual vigente em 2020 houve ultrapassagens nas estações Centro, Filhinha Gama, Sementinha, SENAI/CFP, Jardim Profeta, Lobo Leite, Matriz, Pires, FUNAM, SAAE e Sérgio Ulhoa (Paracatu).
- Para as partículas respiráveis (MP_{2,5}) houve extrapolação do padrão diário intermediário 1 apenas na estação Córregos em Conceição do Mato Dentro. E o padrão anual (PI-1) foi superado somente na estação Sementinha, em Timóteo, entretanto o resultado é decorrente de média anual não representativa.

- O padrão de 8 horas do ozônio (O_3) foi extrapolado em 3 estações da RMBH, em 1 da RMVA e em 1 de Congonhas. As estações com ultrapassagem foram: PUC Barreiro e PUC São Gabriel, em Belo Horizonte; Cidade Industrial em Contagem; Cariru em Ipatinga e Lobo Leite em Congonhas.
- Tanto o padrão diário (PI-1) quanto o anual (PI-1) do dióxido de enxofre (SO_2) e do dióxido de nitrogênio (NO_2) não foram superados em nenhuma estação.
- O padrão do monóxido de carbono (CO) foi atendido em todas as estações que monitoravam o poluente.
- Em relação ao padrão final (PF) da Res. Conama nº491/2018 observou-se que o seu atendimento é um grande desafio para partículas inaláveis (MP_{10}), partículas respiráveis ($MP_{2,5}$) e ozônio (O_3), pois em todas as regiões avaliadas houve estações que ultrapassaram este padrão, sendo que em algumas regiões a ultrapassagem ocorreu para a maioria das estações. Situação diferente quando analisamos os resultados de dióxido de enxofre (SO_2), cujas ultrapassagens só ocorrem em estações da RMBH e somente para o padrão diário. Comportamento que se repetiu quando analisamos o dióxido de nitrogênio, no qual só houve ultrapassagens do padrão de curta duração para estações da RMBH.

No geral, os resultados do monitoramento da qualidade do ar das estações automáticas em 2020 mostraram uma queda em relação ao ano anterior, porém sem diferenças significativas ao comparar os resultados com a série histórica. Também houve uma redução do número de focos de incêndio em comparação com resultados de 2019. Os índices pluviométricos não apresentaram grandes mudanças, ficaram acima do esperado no primeiro trimestre; em seguida, historicamente normalizado de abril a setembro, com um baixo regime de chuva; e no último trimestre inferior às normais climatológicas medidas nas estações do INMET. Os registros de temperatura superaram as normais climatológicas em vários meses, com destaque para a forte onda de calor que ocorreu no final de setembro e início de outubro. Por outro lado, as médias mensais da velocidade do vento ficaram ligeiramente abaixo das normais climatológicas das regiões, com algumas exceções.

Os resultados deste relatório mostram informações importantes para o diagnóstico da qualidade do ar para o ano de 2020. 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.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIMOTO, H. **Global Air Quality and Pollution**. Science 302,1716-1719 (2003).

ALMEIDA, I. T. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1999.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Rio Doce**. Disponível em: < <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/rio-doce/rio-doce-saiba-mais>>. Acesso em: 09 fev. 2024.

ANGLO AMERICAN BRASIL. **Quem somos: onde operamos**. Disponível em: <https://brasil.angloamerican.com/pt-pt/quem-somos/onde-operamos>. Acesso em: 6 mar. 2024.

AZEVEDO, Ú. R. D., Machado, M. M. M., Castro, P. D. T. A., Renger, F. E., Trevisol, A., & Beato, D. A. C. (2012). **Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta**. CPRM.

BARBOSA, Kênia de Souza. **Por que a gestão da região metropolitana do Vale do Aço não sai do papel?** 2010. 133f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/RAAO-8CCQ64>. Acesso em: Out/2024.

BARRA LONGA. Prefeitura Municipal de Barra Longa. **História**. Disponível em: <<https://www.barralonga.mg.gov.br/index.php/prefeitura/historia>>. Acesso em: 09 fev. 2024.

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.

_____. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília, DF.

_____. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Programa Nacional Ar Puro**. Brasília: MMA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes>

obrasatividades/agendaambientalurbana/ar-puro/programa_nacional-ar-puro.pdf.
Acesso em: 30 dez. 2024.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. Impacto da poluição atmosférica na mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis no Brasil. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. **Saúde Brasil 2018: uma análise de situação de saúde e das doenças e agravos crônicos: desafios e perspectivas**. Brasília, DF: MS, 2019. p. 307-332. 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.

CÂNDIDO, Fabrício. **Desenvolvimento urbano e industrial em Congonhas: uma análise da indústria mineradora e siderúrgica**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2014. Disponível em: https://ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/ppgtds/DISSERTACOES/Fabricio_Candido.pdf. Acesso em: 08 mar. 2024.

CARMO, C. N. & Hacon, S. S. (2012). **Estudos de séries temporais de poluição atmosférica por queimadas e saúde humana**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/nv6vyLLXsq3H7jCz6gyRnfx/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 15 mar. de 2024.

CBH-Doce. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. **A Bacia**. Disponível em: <https://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>. Acesso em: 14 jun. 2024.

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: 05 dez. de 2023.

_____. **Pandemia de COVID-19 [recurso eletrônico]: reflexos na poluição do ar na região metropolitana de São Paulo**. 30 p. São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2022/06/Pandemia-de-Covid-19-reflexos-na-poluicao-do-ar-na-Regiao-Metropolitana-de-Sao-Paulo.pdf>>. Acesso em: maio, 2025.

_____. **Série Relatórios: Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2017**. 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2019/05/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2017.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

_____. **Série Relatórios: Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2022, 2023**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2023/07/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2022.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2024.

CLIMATEMPO. **Retrospectiva climática de 2020**. Climatedempo, 2020a. Disponível em: < <https://www.climatempo.com.br/noticia/2020/12/31/retrospectiva-climatica-de-2020-71164>>. Acesso em: março de 2025.

CLIMATEMPO. **Onda de calor de 2020: reescrevendo a climatologia do BR**. Climatedempo, 2020b. Disponível em: < <https://www.climatempo.com.br/noticia/2020/10/09/onda-de-calor-de-2020-reescrevendo-a-climatologia-do-br-6112>>. Acesso em: março de 2025.

CONGONHAS. Câmara Municipal de Congonhas. **Dados Geográficos**. Disponível em: <https://www.congonhas.mg.leg.br/congonhas/historia/dados-geograficos>. Acesso em: 20 mar. 2024.

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.

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.

_____. **REL DIMAM 001/2020**. 8p. Porto Alegre, 2020. Disponível em: < <https://www.fepam.rs.gov.br/upload/arquivos/202211/21112640-qualidade-do-ar-e-o-isolamento-pelo-covid-19.pdf>>. Acesso em: maio, 2025.

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.

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.

FJP – Fundação João Pinheiro. **PIB dos Municípios de Minas Gerais**. Dados Municipais – 2010 a 2021. Disponível em: < <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNWl1OTZmNDUtZDAzZS00ZWl4LTlmZDYtN2NhZTc1MDNiYzI4IiwidCI6IjA5ZGY3MWFILWQ2YzUtNGFkYi1iMjVjLTlkMmRjZDQwMWFjMiJ9>>. Acesso em: 9 mar. 2024.

FJP – Fundação João Pinheiro. **Produto Interno Bruto dos municípios de Minas Gerais – Ano de referência de 2019**. 2022. 63p. Fundação João Pinheiro, Diretoria de Estatística e Informações. – Belo Horizonte, 2022. Disponível em:

https://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/09.02.22-Serie-Estatistica-e-Informacoes-45_PIB-dos-Municipios-2019.pdf. Acesso em: Set/2024.

FUNDAÇÃO RENOVA. A Fundação. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/a-fundacao/>. Acesso em: 14 jun. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010: Tabelas – Sinopse. 2011. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 08 set. 2022.

Conceição do Mato Dentro. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/conceicao-do-mato-dentro/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

Congonhas. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/congonhas/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

Itabira. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itabira/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

Mariana. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/mariana/pesquisa/23/26170?detalhes=true>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

Ouro Preto. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ouro-preto/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

Paracatu. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/paracatu/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

Pirapora. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pirapora/pesquisa/38/46996?tipo=grafico>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

Produto Interno Bruto dos Municípios. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?edicao=26360&t=resultados>>. Acesso em: 12 dez. 2024.

Produto Interno Bruto dos Municípios. Barra Longa. Série Histórica. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/barra-longa/pesquisa/38/47001?tipo=grafico&ano=2018>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

Frotas de Veículos. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120?ano=2016>>. Acesso em: 26 mar. 2024.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório de avaliação da qualidade do ar: 2019-2022** / Instituto Estadual do Ambiente. – Rio de Janeiro, 2024. 245 p. Disponível em: < https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2024/10/Relat%C3%B3rio-de-Avalia%C3%A7ao-da-Qualidade-do-Ar-2019_2022.pdf>. Acesso em: maio, 2025.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 14 mar. 2025.

_____. **Dados Históricos**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 14 mar. 2025.

_____. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 14 mar. 2025.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **BDQueimadas**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#graficos>>. Acesso em: 19 fev. 2025.

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Conjuntos Urbanos Tombados**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/370/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

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

LIMA, P. G; FERREIRA, A. P. G; DO PRADO FILHO, J. F. **Custo-benefício do uso de um supressor de poeira aplicado no controle de emissões fugitivas de vias de acesso de mina: um estudo na Samarco Mineração SA**. 2016.

Ministério da Saúde. **Poluição atmosférica na ótica do Sistema Único de Saúde: Vigilância em saúde ambiental e qualidade do ar**. 16 p. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. – Brasília, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/poluicao_atmosferica_SUS_saude_ambiental.pdf. Acesso em: jan/2025.

MENDONÇA, Roxane Sidney Resende de. **O urbanismo modernista em Minas Gerais: o caso 'Ipatinga'**. 235f. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/RAAO-6WNFQQ>. Acesso em: out/2024.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa n. 1, 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 n. 187, de 19 de setembro de 2013**. Disponível em <<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=29875>>. Acesso em 29 out. 2024.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa n. 217, de 06 de dezembro de 2017**. Disponível em <<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>>. Acesso em 29 out. 2024.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa n. 248/2023, de 23 de novembro de 2023**. Disponível em <<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=58282>>. Acesso em 29 out. 2024.

_____. **Deliberação do Comitê Extraordinário COVID-19 nº17, de 22 de março de 2020**. Dispõe sobre medidas emergenciais de restrição e acessibilidade a determinados serviços e bens públicos e privados cotidianos, enquanto durar o estado de CALAMIDADE PÚBLICA em decorrência da pandemia Coronavírus – COVID-19, em todo o território do Estado. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DCE/17/2020/?cons=1>>. Acesso em: maio, 2025.

_____. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Programa de Controle de Emissões Atmosféricas - PCEA/MG**. Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://semad.mg.gov.br/w/-plano-de-controle-de-emissoes-atmosfericas-pcea/mg>. Acesso em 30 dez. 2024.

_____. **Lei Complementar nº 90 de 12 de janeiro de 2006**. Belo Horizonte, 2006.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Poluentes Atmosféricos**, 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.html#Dioxido_de_enxofre>. Acesso em: 03 dez. 2021.

_____. **Caderno do Módulo 01 do Curso da Qualidade do Ar**. 65p. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima – Brasília, DF: MMA, 2023.

_____. **Qualidade do Ar**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar.html>>. MMA, s.d. Acesso em: nov, 2023.

_____. **Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/qualidade-ambiental-e-meio-ambiente-urbano/qualidade-do-ar/guia-tecnico-para-o-monitoramento-e-avaliacao-da-qualidade-do-ar.pdf>>. Acesso em 29 out. 2024.

MOREIRA, T. C. A. (2015). **Uso e Ocupação do solo em propriedades rurais no interior e entorno do Parque Natural Municipal do Tabuleiro - Conceição do Mato Dentro - MG**. Dissertação (Pós-Graduação em Meio Ambiente) - Instituto Federal de Minas Gerais, Campus São João Evangelista. Disponível em: <https://www.sje.ifmg.edu.br/porta1/images/artigos/biblioteca/TCCs/Meio_Ambiente/2015/TÚLIO_CÉSAR_ARAÚJO_MOREIRA.pdf>. Acesso em 29 out. 2024.

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. Disponível em: < <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-A9EEKR>>. Acesso em: 08 jul. 2022.

MPMG – Ministério Público do Estado de Minas Gerais. **Rompimento da barragem de Fundão, em Mariana: Resultados e desafios cinco anos após o desastre**. 2020. Disponível em: <<https://www.mpmg.mp.br/portal/menu/comunicacao/noticias/rompimento-da-barragem-de-fundao-em-mariana-resultados-e-desafios-cinco-anos-apos-o-desastre.shtml>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

NAÇÕES UNIDAS. Centro de Imprensa. Notícias. **Novas diretrizes da OMS sobre qualidade do ar reduzem valores seguros para poluição**. Brasília, DF: Casa ONU Brasil, 2021. Disponível em:< <https://brasil.un.org/pt-br/145721-novas-diretrizes-da-oms-sobre-qualidade-do-ar-reduzem-valores-seguros-para-polui%C3%A7%C3%A3o> >. Acesso em: nov. 2023.

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.

_____. **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Executive summary**, Geneva: World Health Organization; 2021.. Disponível em: < <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf>>. Acesso em: jan/2025.

OURO PRETO. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. **Dados Geográficos**. Disponível em: <<https://ouropreto.mg.gov.br/turismo/dados-geograficos#:~:text=Relevo%3A%20Topografia%20do%20Terreno%20-%20Plano,%2Fano%2C%20com%20distribuição%20irregular>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

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

PIMENTA, Mariana Antunes. **Ozônio troposférico: os efeitos na saúde e no meio ambiente e diretrizes para a região metropolitana de Belo Horizonte**. 2011.

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.

RIO DOCE. **A Cidade**. [s.i.] Disponível em: < <https://riodoce.mg.gov.br/a-cidade/a-cidade>>. Acesso em Dez, 2024.

RMBH. **Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Disponível em: <<http://www.rmbh.org.br/rmbh.php>>. Acesso em: 9 mar. 2024.

ROCHA, F. **Aspectos Econômicos e Sociais da Região dos Inconfidentes**. Disponível em: <https://ouropreto.mg.gov.br/static/arquivos/menus_areas/estudos_economicos.pdf?dc=1517>. Acesso em: 8 mar. 2024.

SAMPAIO, Aparecida Pires. **A produção social do espaço urbano de Ipatinga – MG: da luta sindical à luta urbana**. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades) – Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2008. Disponível em: <<https://cidades.ucam-campos.br/wp-content/uploads/2012/10/aparecida-pires-2008.pdf>>. Acesso em: Out/2024.

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.

SEDDON, J., CONTRERAS, S., ELLIOTT, B. 5 impactos pouco conhecidos da poluição do ar. **WRI Brasil**, 05 de junho de 2019. Artigo. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/5-impactos-pouco-conhecidos-da-poluicao-do-ar>>. Acesso em: jan/2025.

SEDRU - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana - Governo de Minas Gerais - Força-tarefa. **Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana-MG**. Belo Horizonte, 2016.

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Governo de Minas Gerais. **Desastre Ambiental em Mariana e Recuperação do Rio Doce**. Disponível em: <<https://liferay.meioambiente.mg.gov.br/w/desastre-ambiental-em-mariana-e-recuperacao-do-rio-doce>>. Acesso em: 8 mar. 2024.

SENATRAN – Secretaria Nacional de Trânsito – **Estatísticas – Frota de veículos**, sem data. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/estatisticas-frota-de-veiculos-senatran>. Acesso em: março de 2025.

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.

SILVA, M. R. **Influência do relevo e uso da terra nas variações locais de temperatura e umidade relativa do ar em Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro MG**. 2018.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **The Pollutant Standard Index**, 1994. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000TZ51.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1991%20Thru%201994&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&Search>>

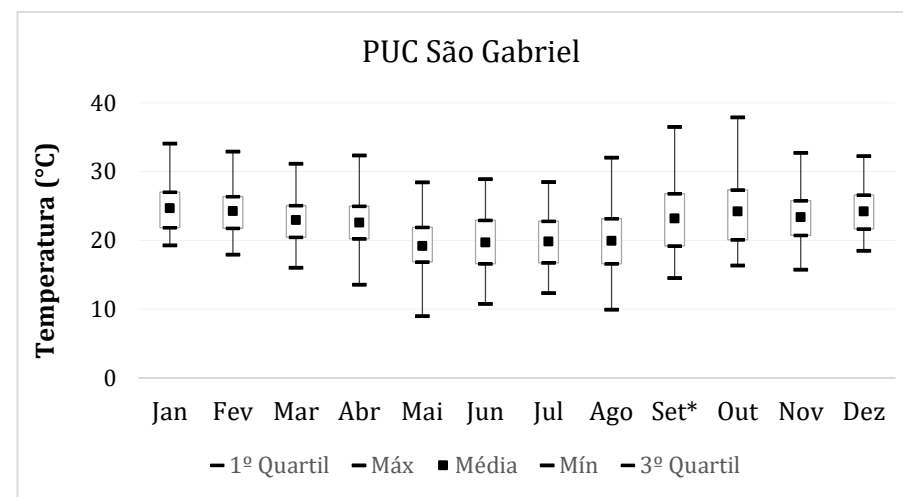
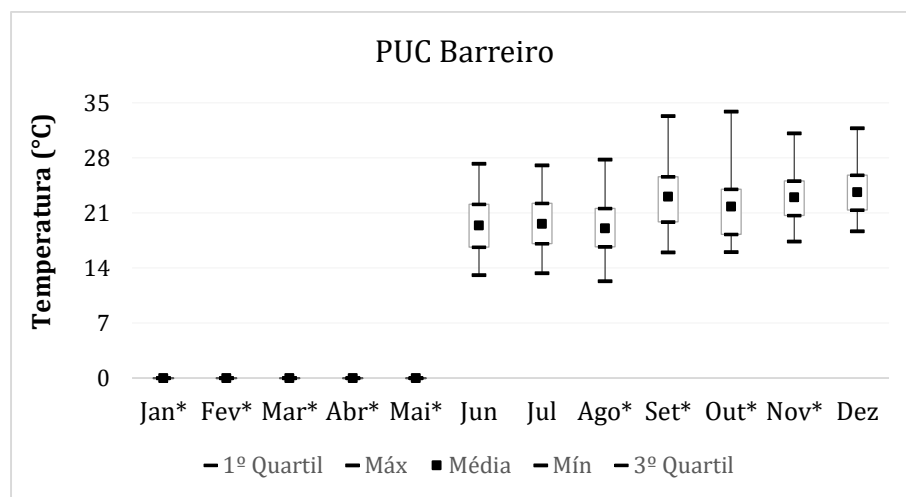
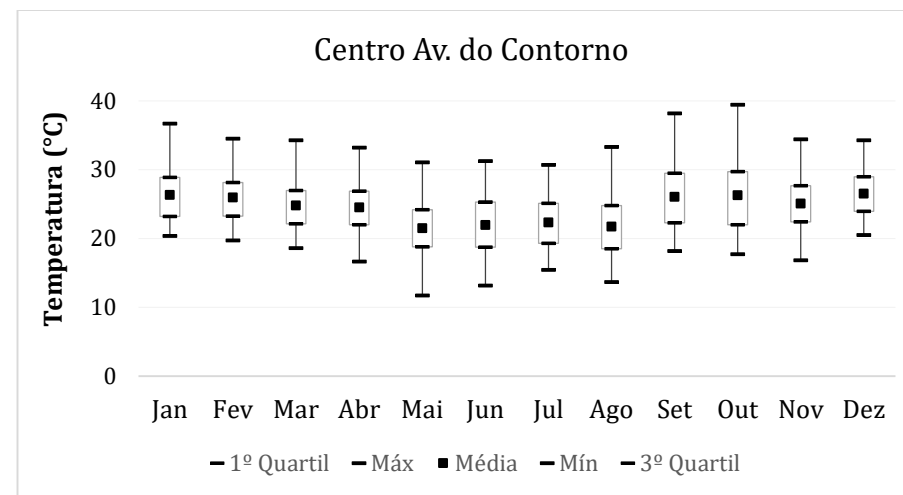
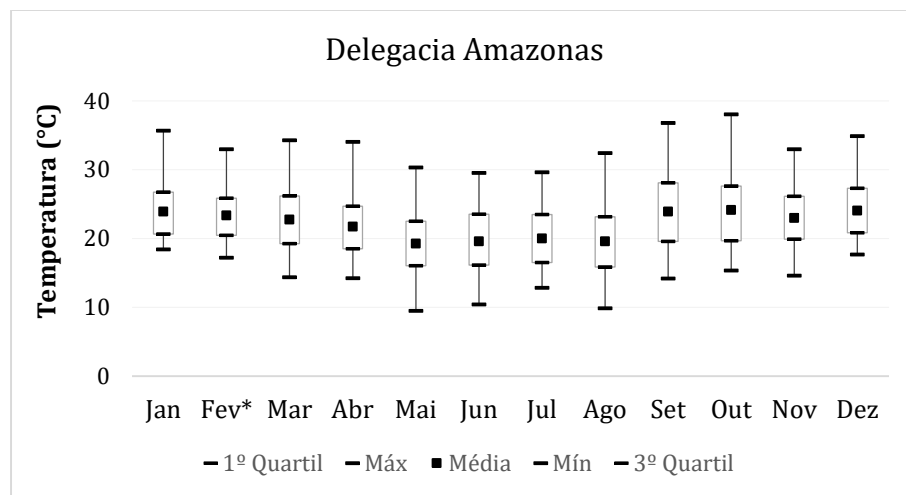
[hMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C91THRU94%5CTXT%5C00000017%5C2000TZ51.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150q16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1>](http://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#effects). Acesso em: 12 jul. 2022.

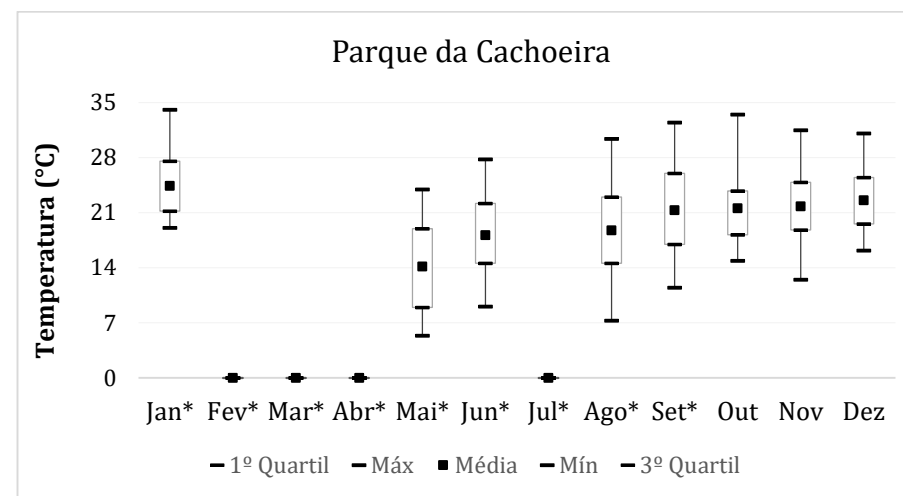
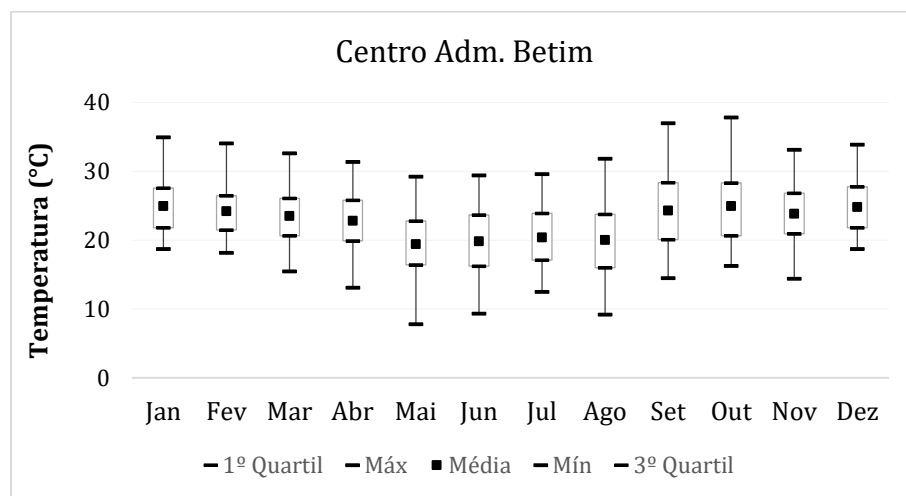
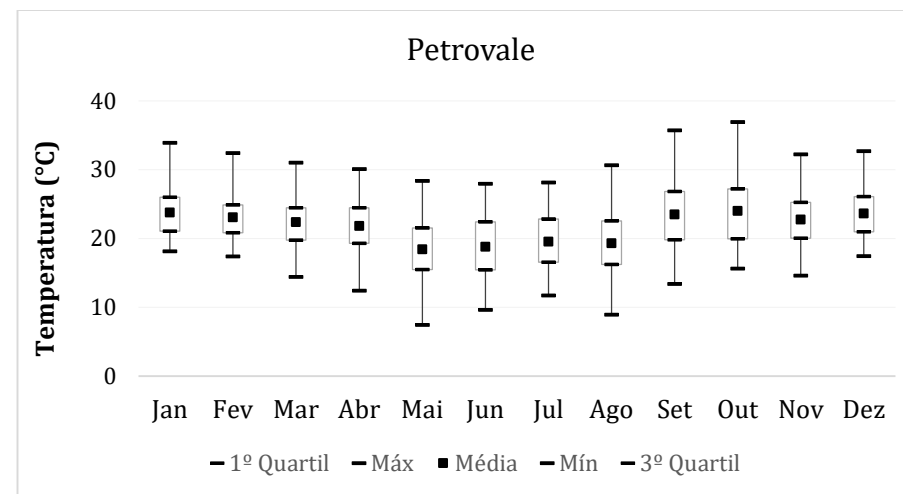
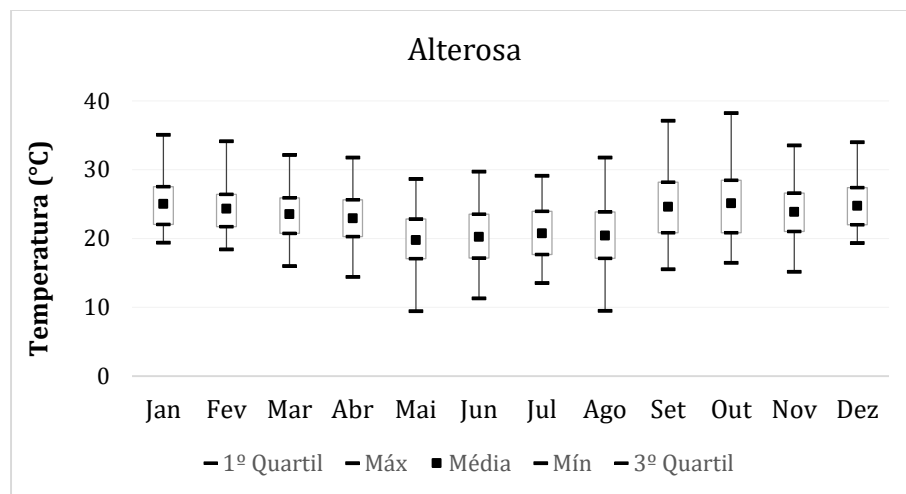
_____. **Particulate Matter (PM) Pollution.** Disponível em: [<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#effects>](https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#effects). Acesso em: 30 jun. 2022.

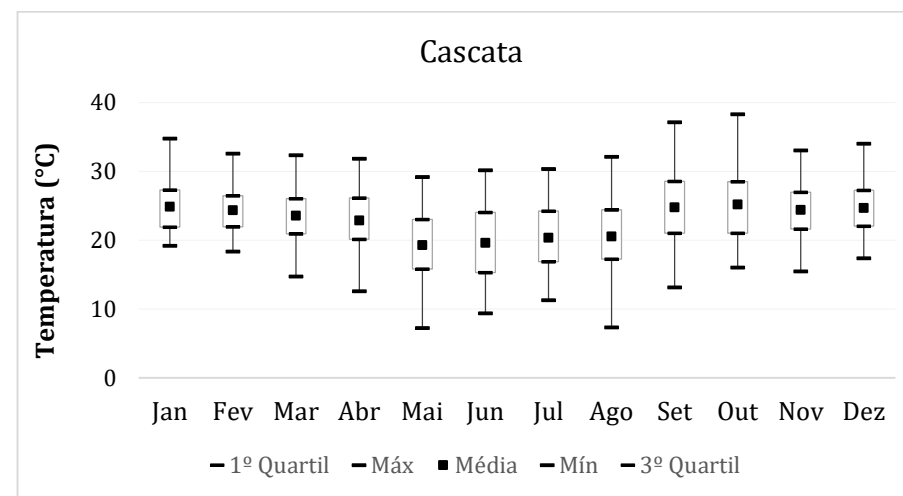
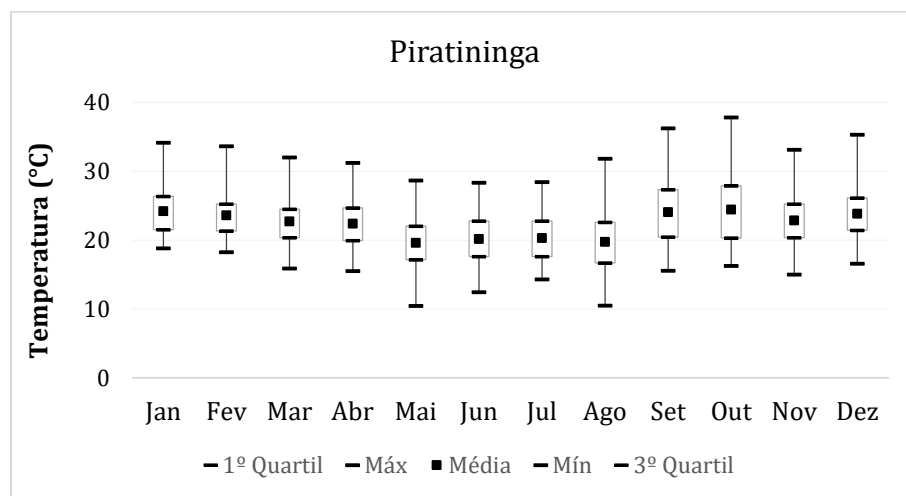
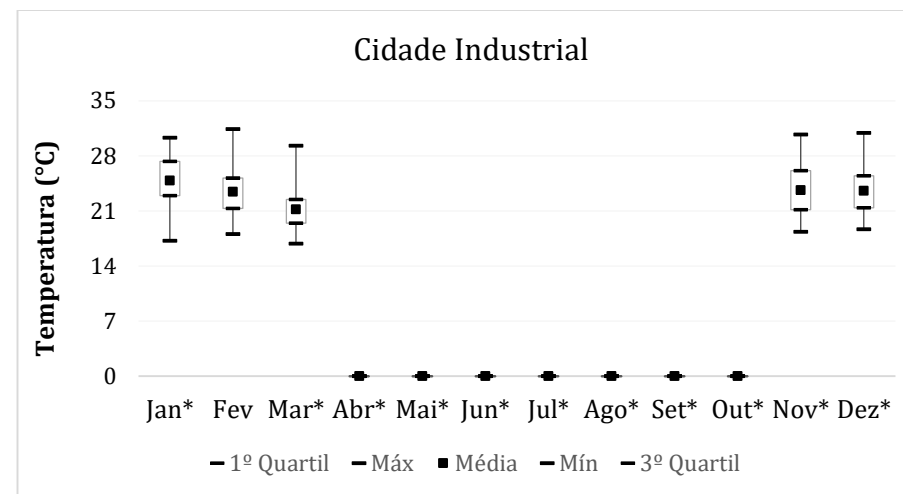
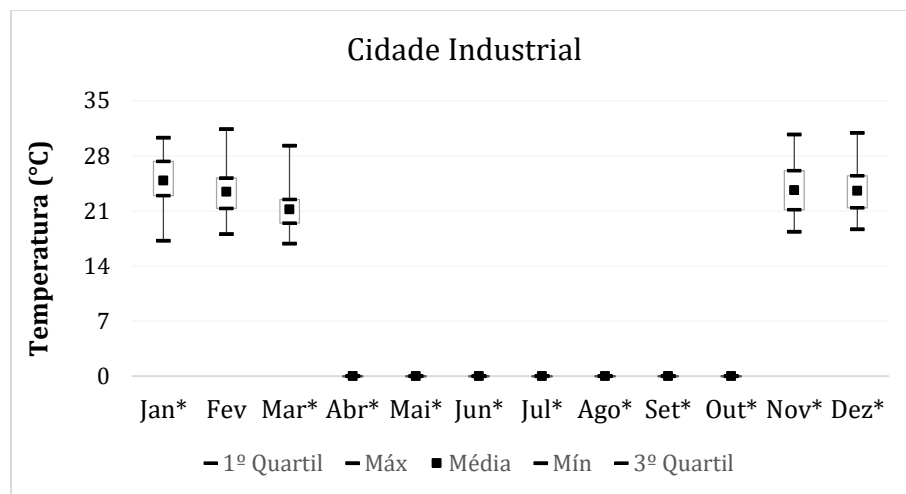
VASCONCELLOS, Fábio Azevedo. **Região metropolitana do Vale do Aço. Evolução urbana, planejamento e desafios contemporâneos.** 2014. 94f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufop.br/server/api/core/bitstreams/acf2f41e-4c46-4ddb-a704-524d069d36e1/content>. Acesso em: Out/2024.

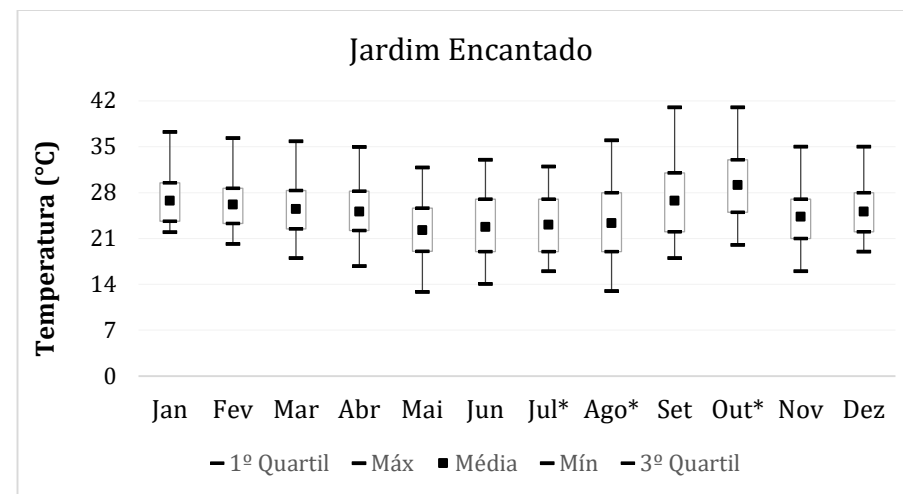
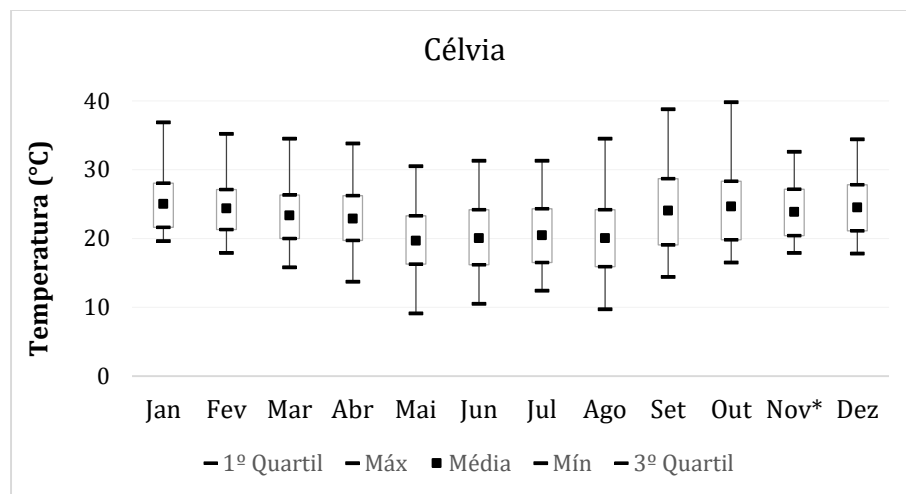
APÊNDICE A – RMBH

Temperatura

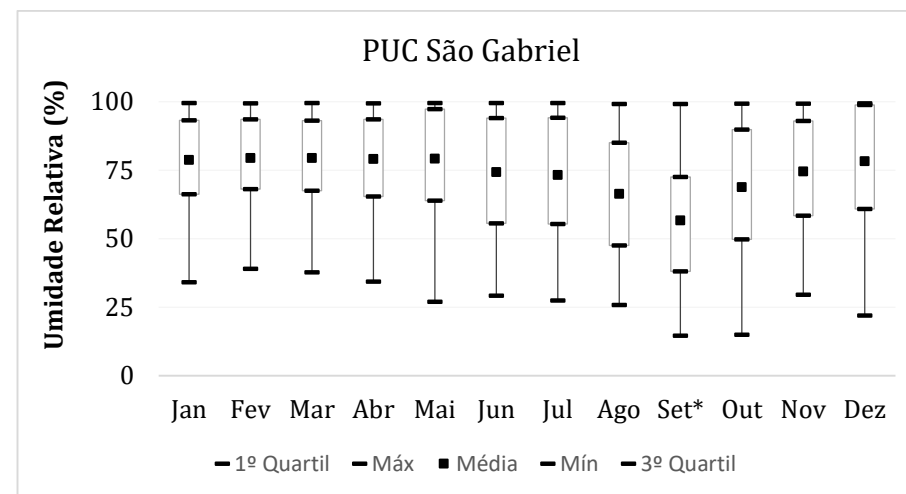
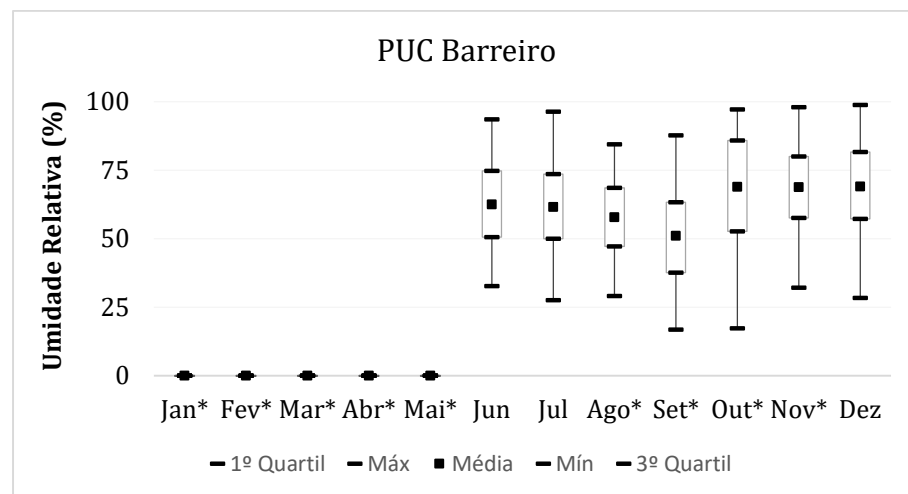
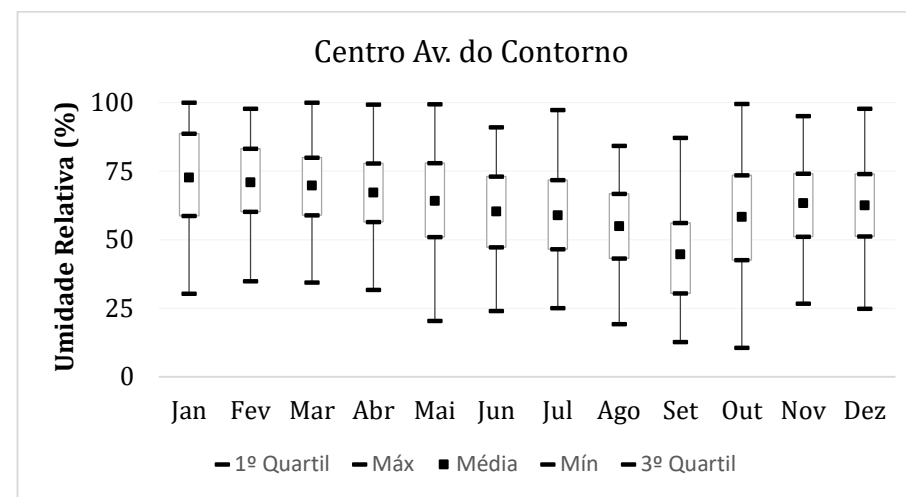
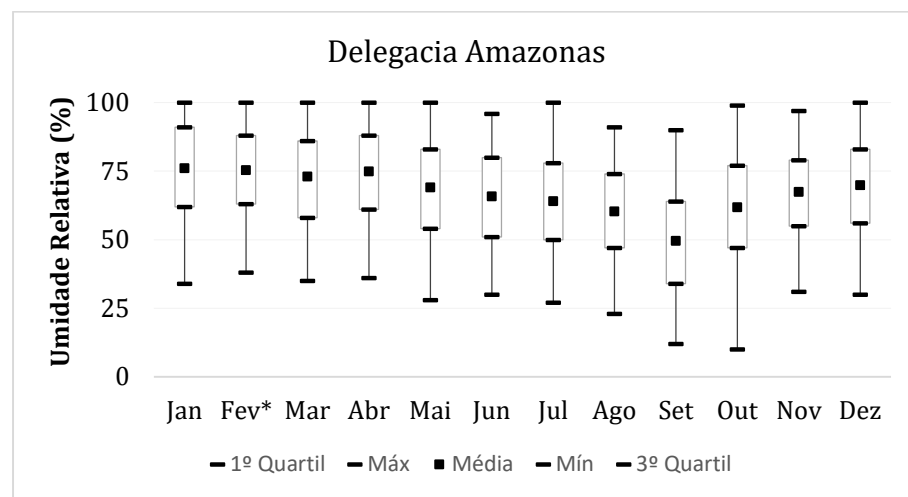


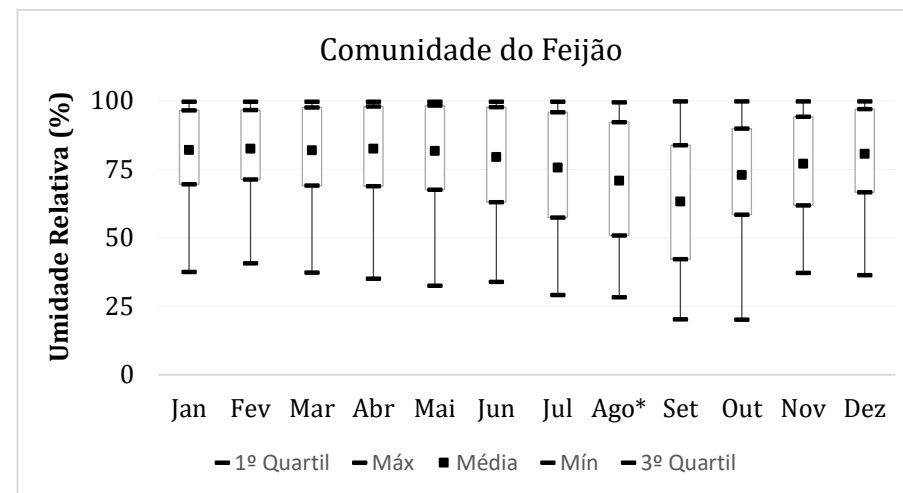
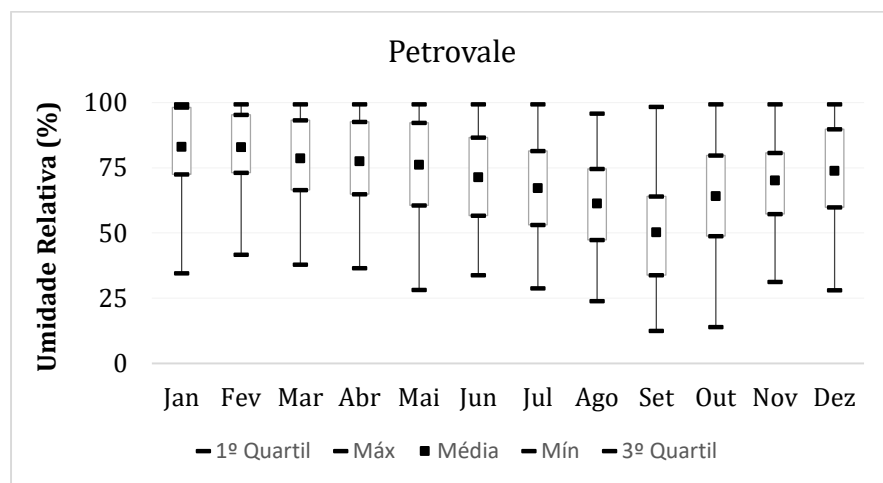
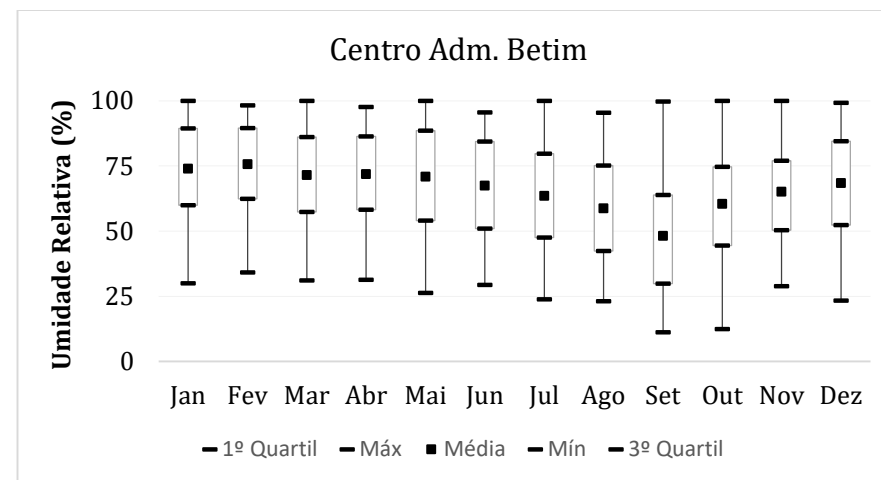
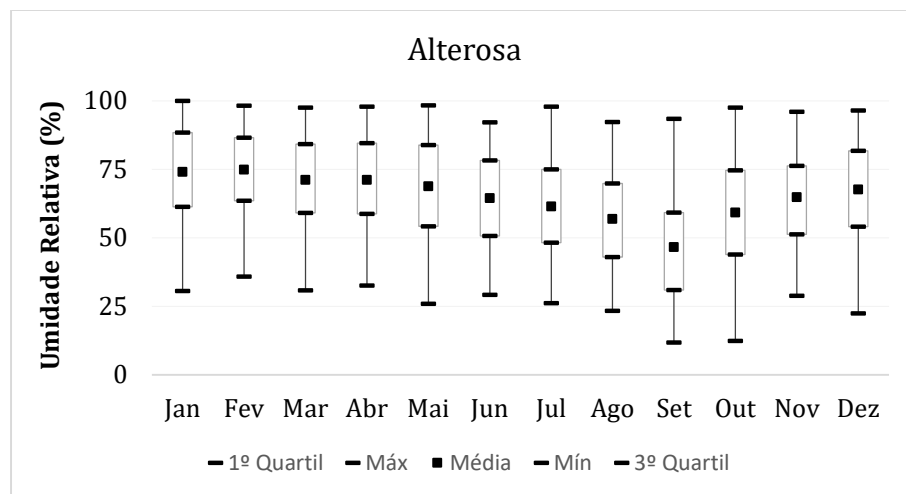


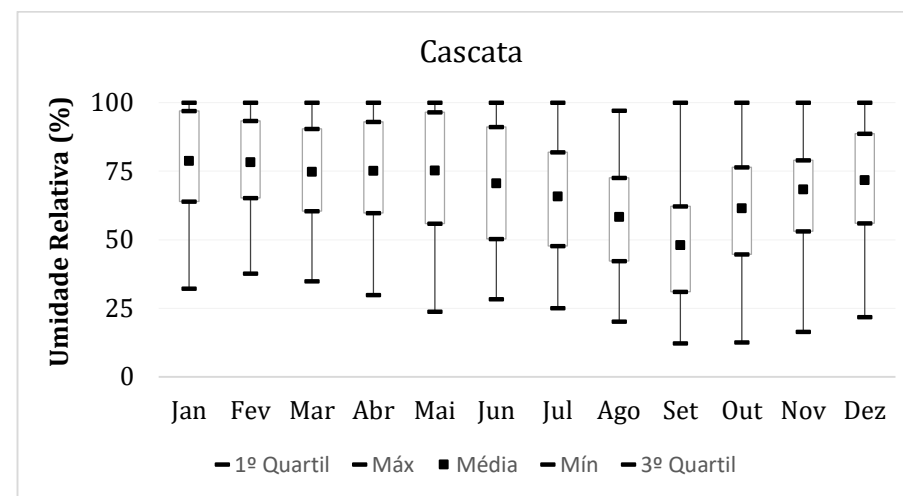
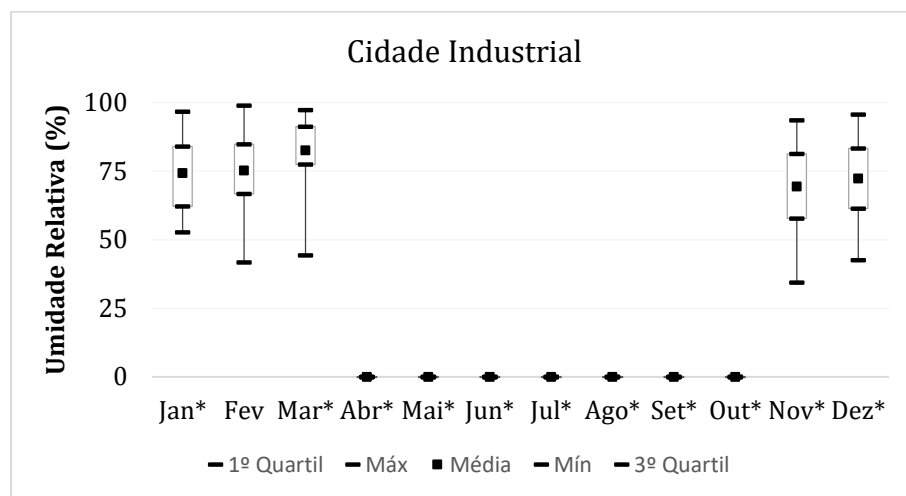
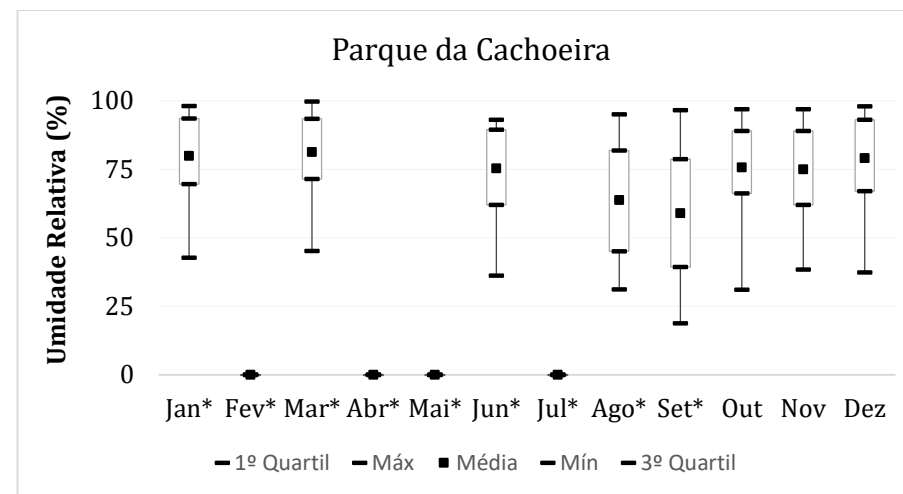
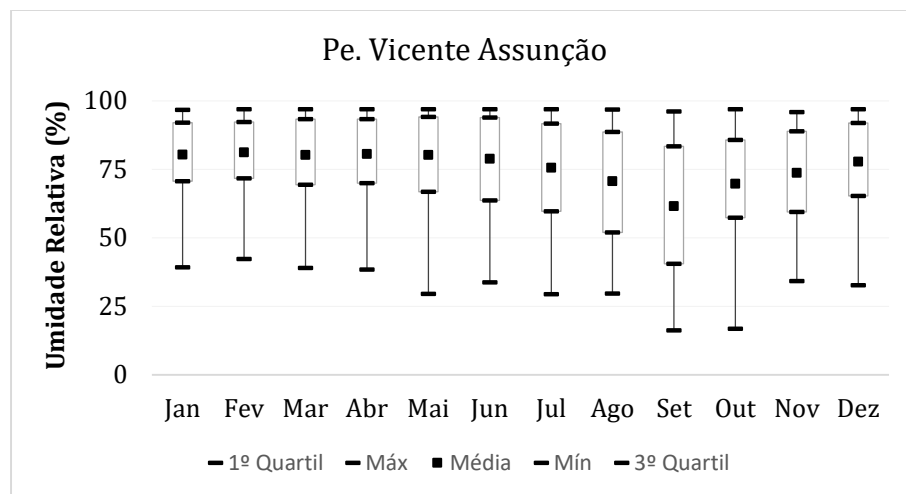


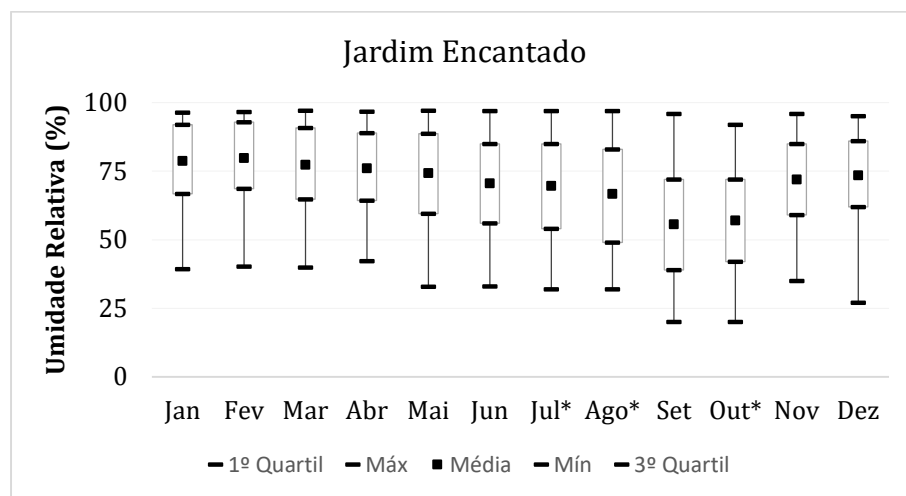
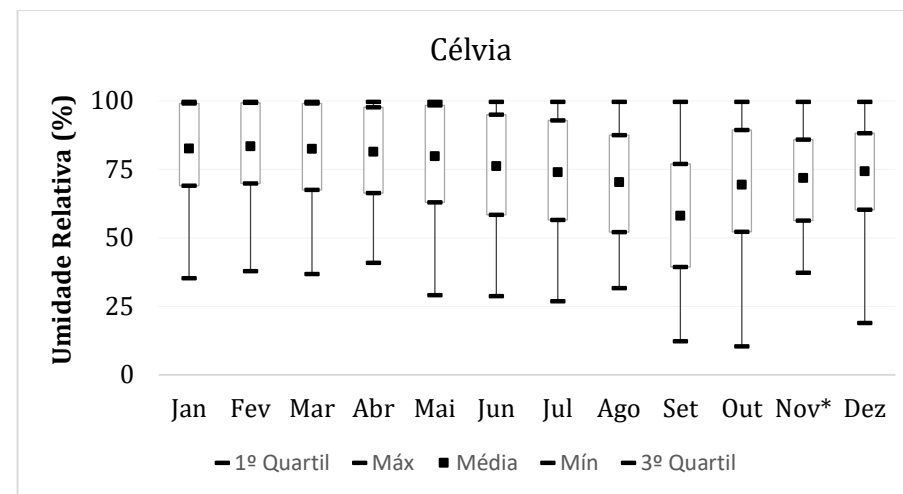
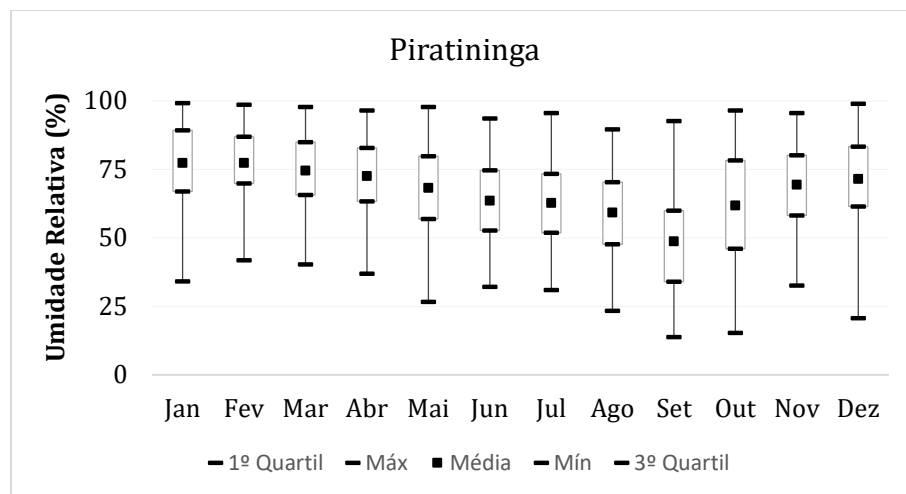


Umidade Relativa

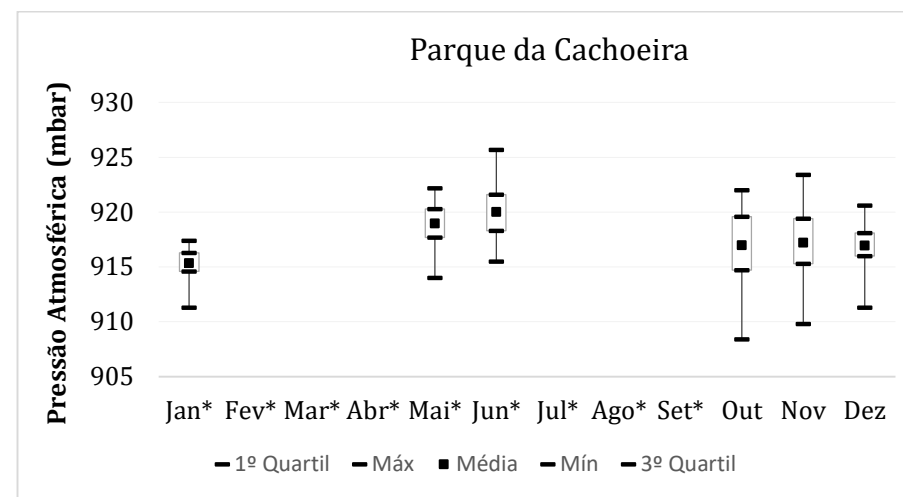
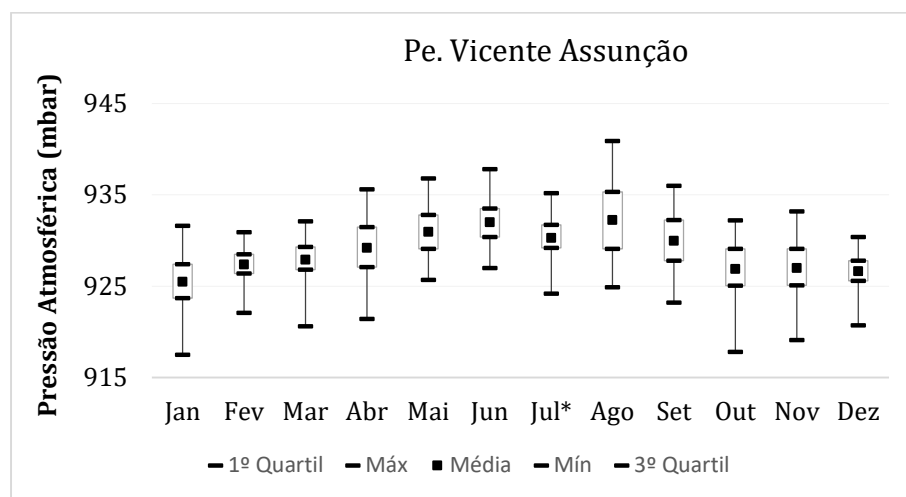
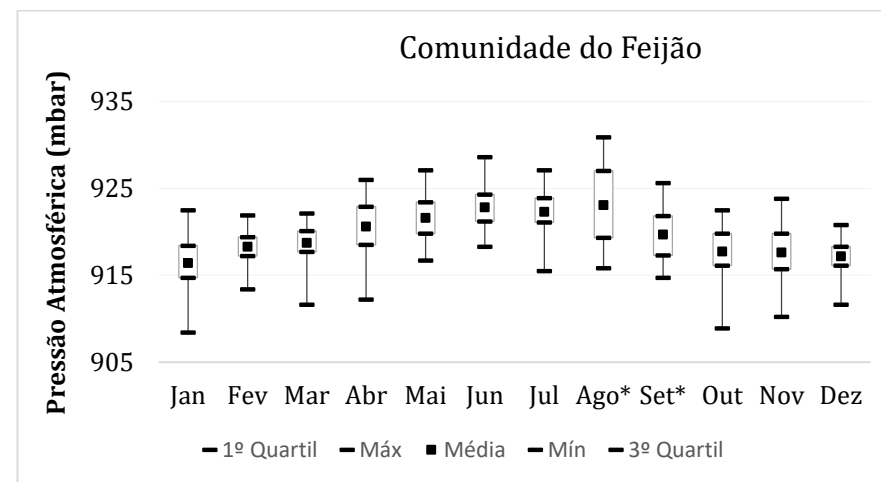
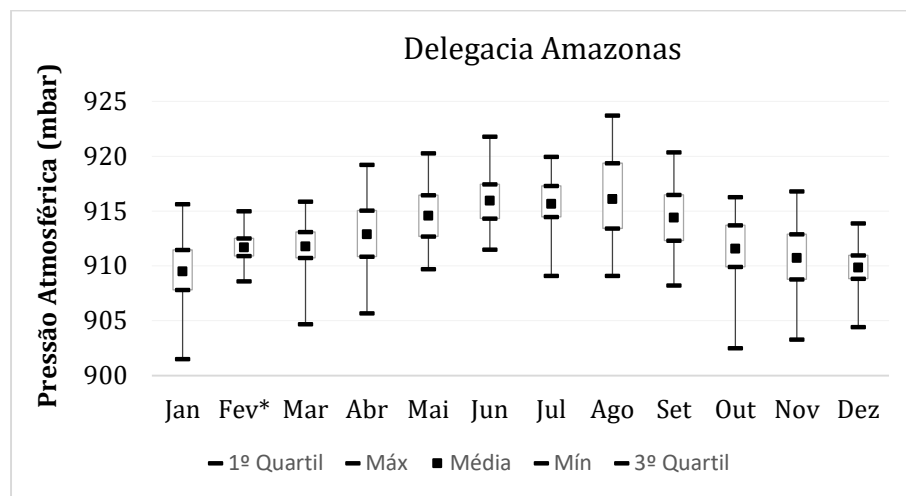




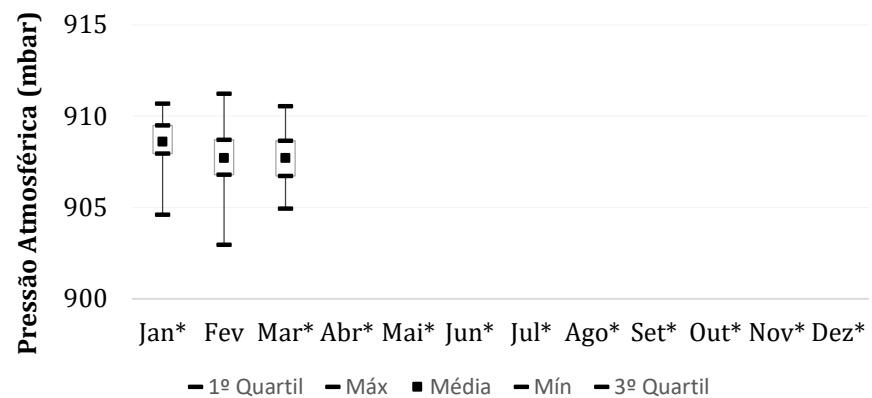




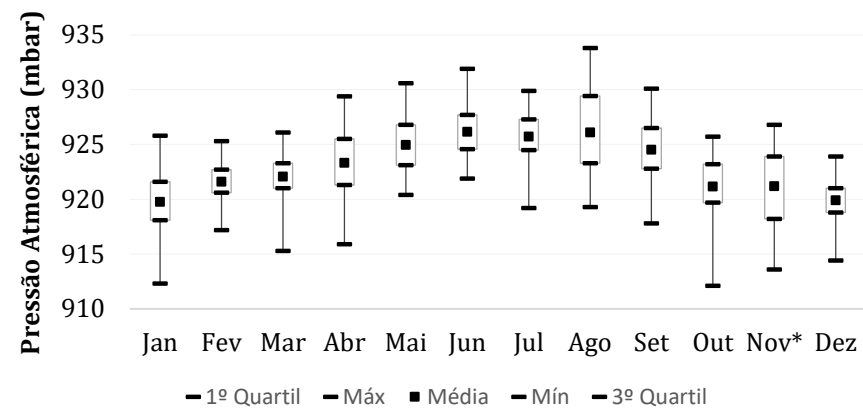
Pressão Atmosférica



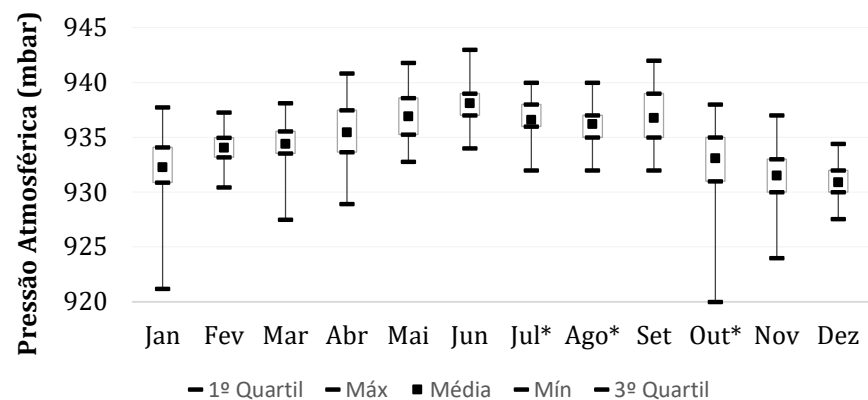
Cidade Industrial



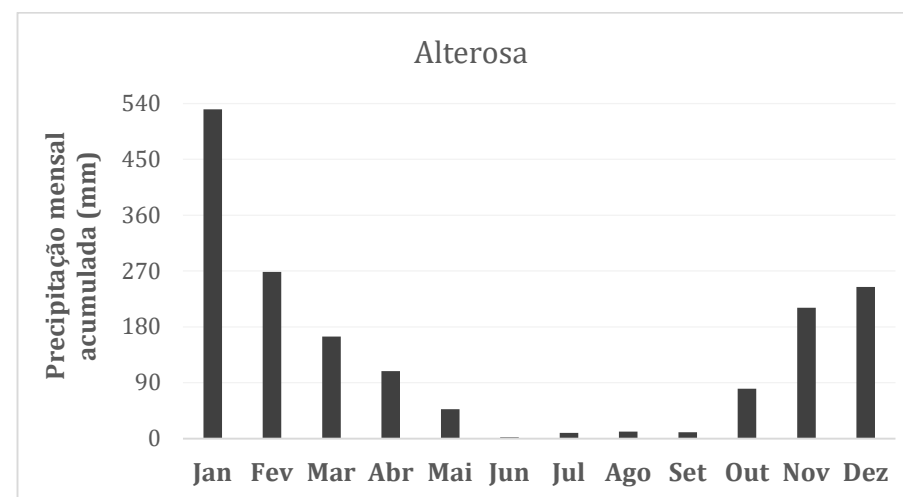
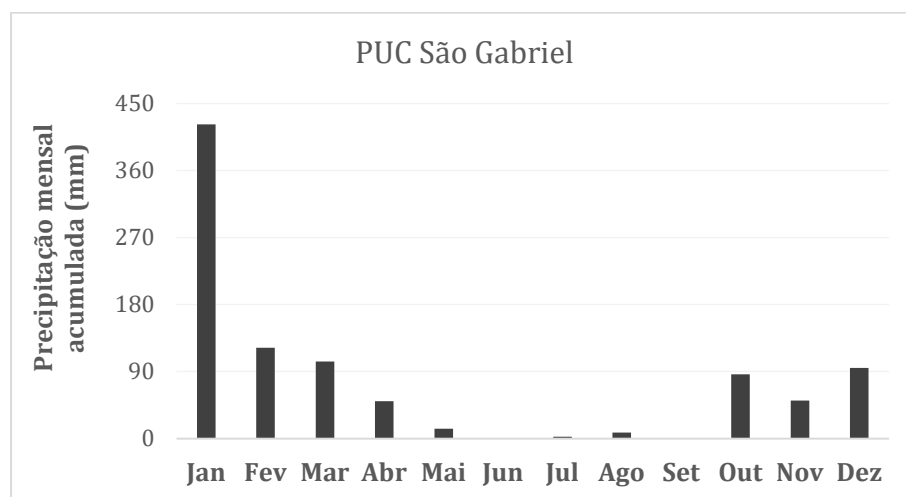
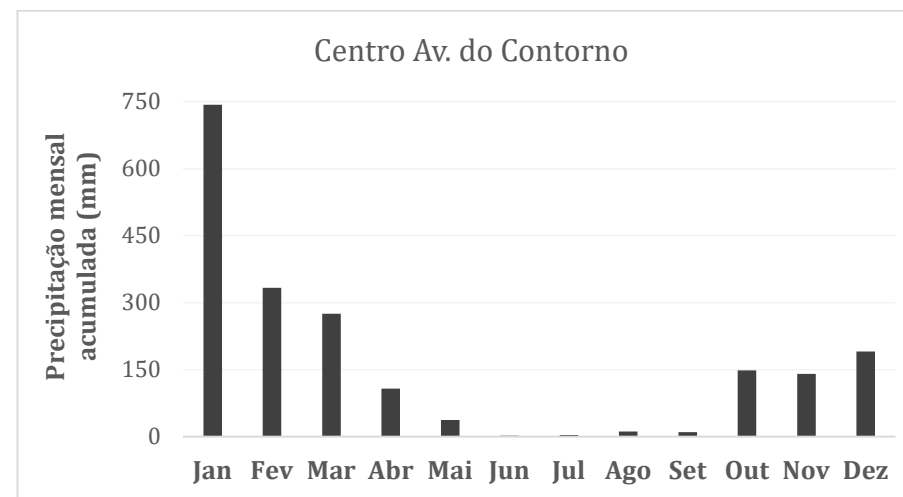
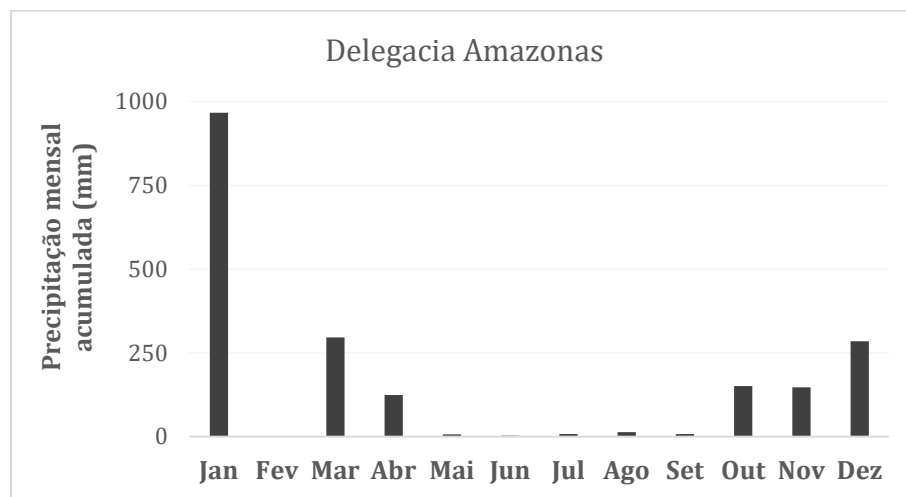
Célvia



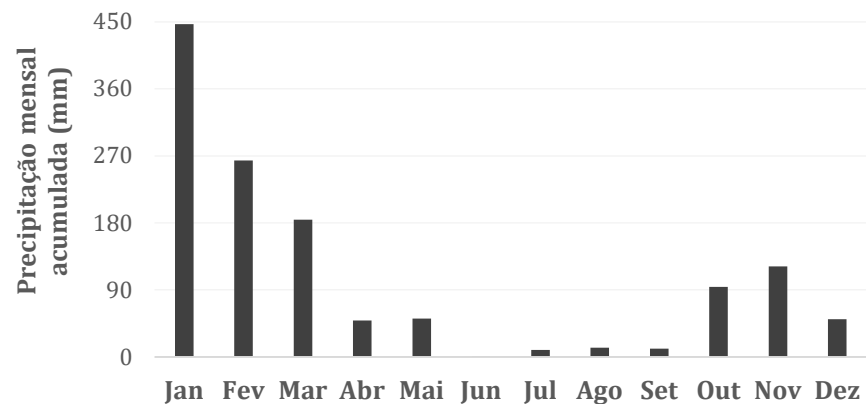
Jardim Encantado



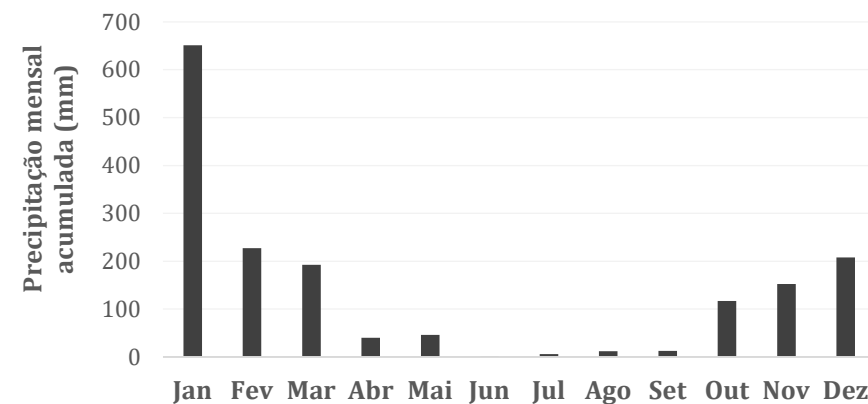
Precipitação Pluviométrica



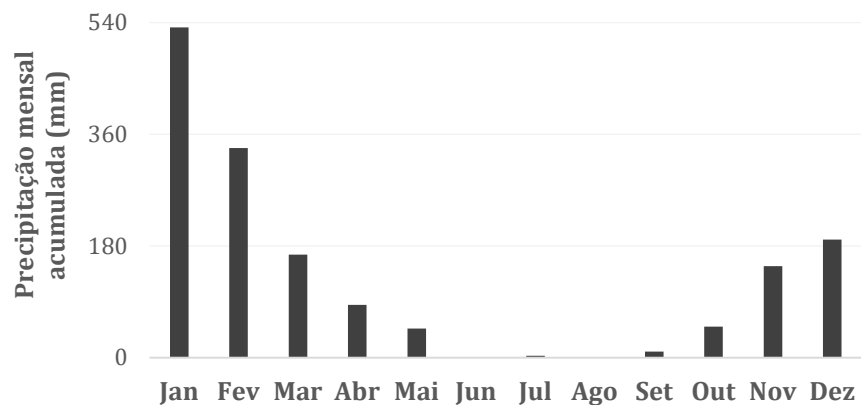
Centro Adm. Betim



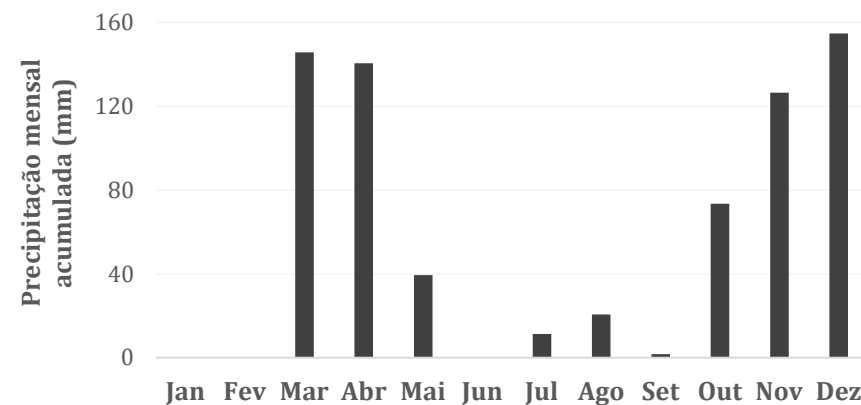
Petrovale



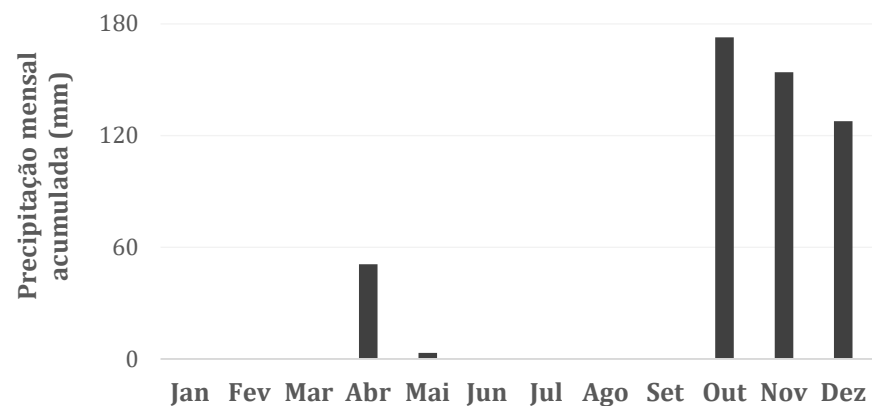
Comunidade do Feijão



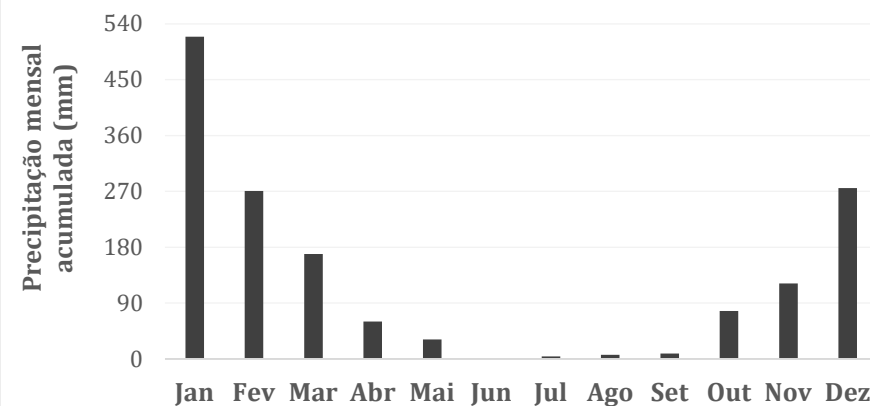
Pe. Vicente Assunção



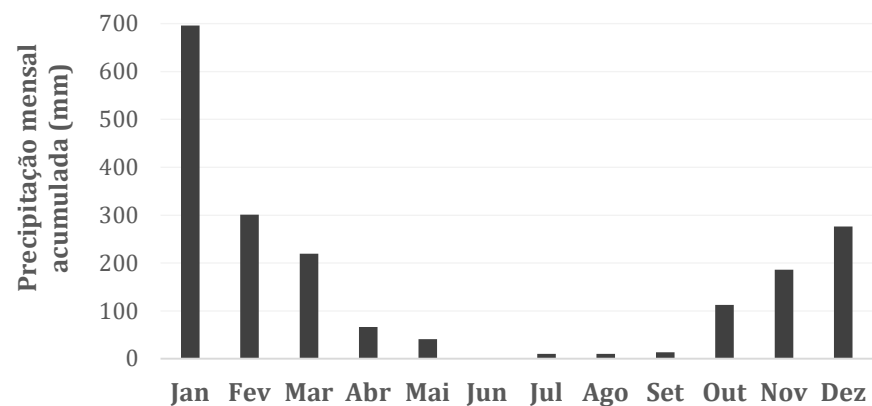
Parque da Cachoeira



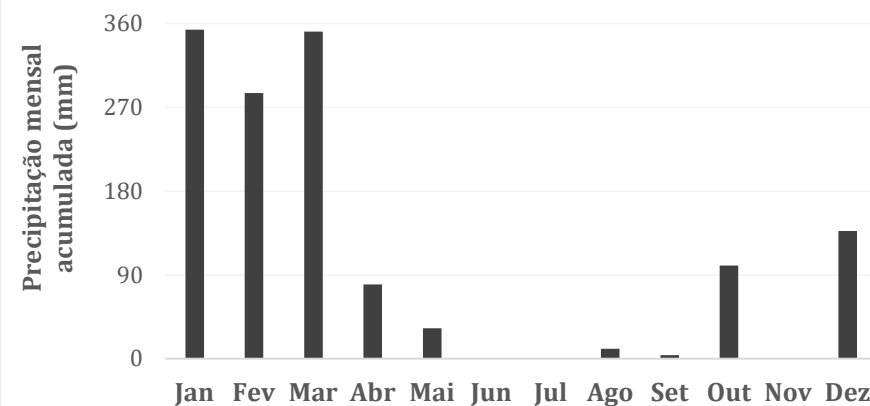
Cascata

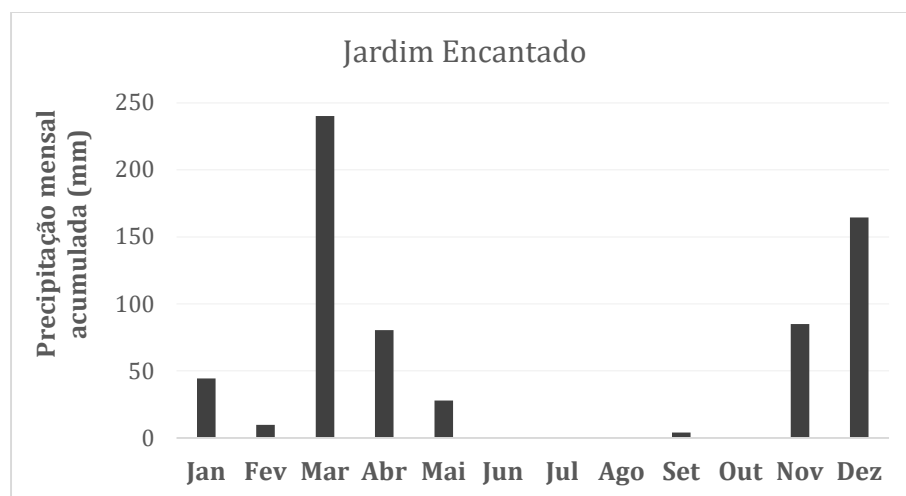


Piratininga

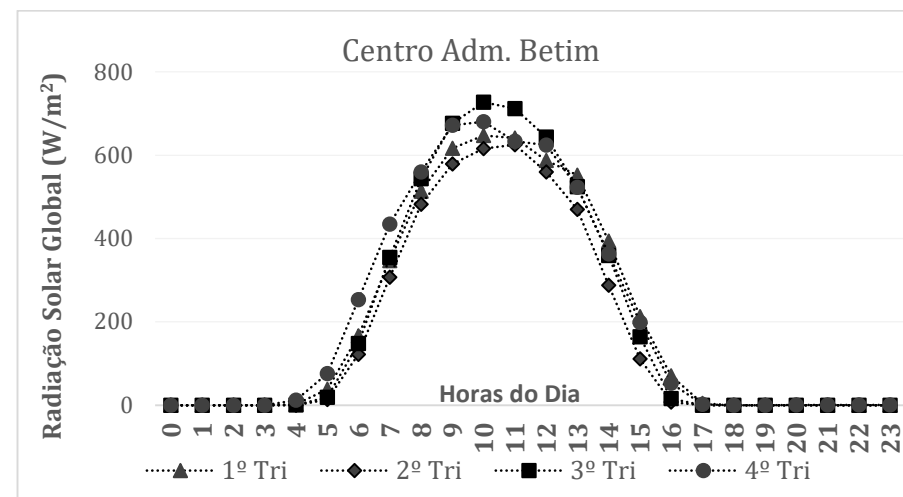
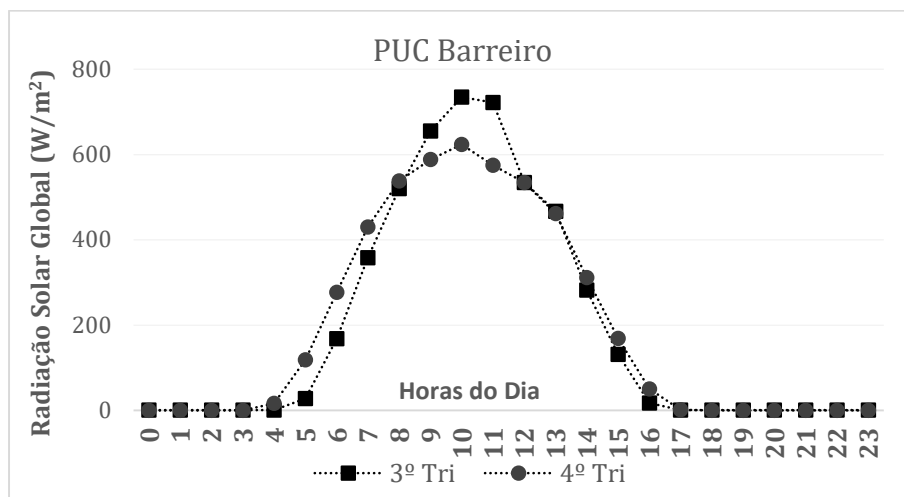
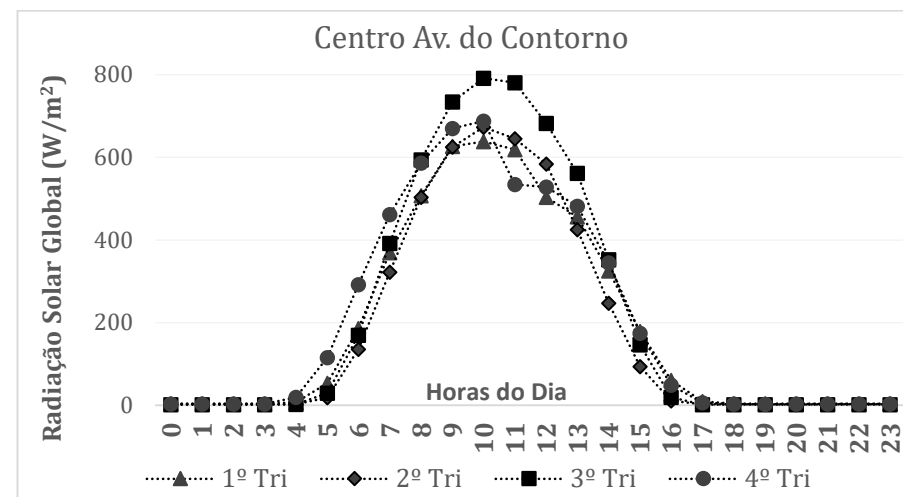
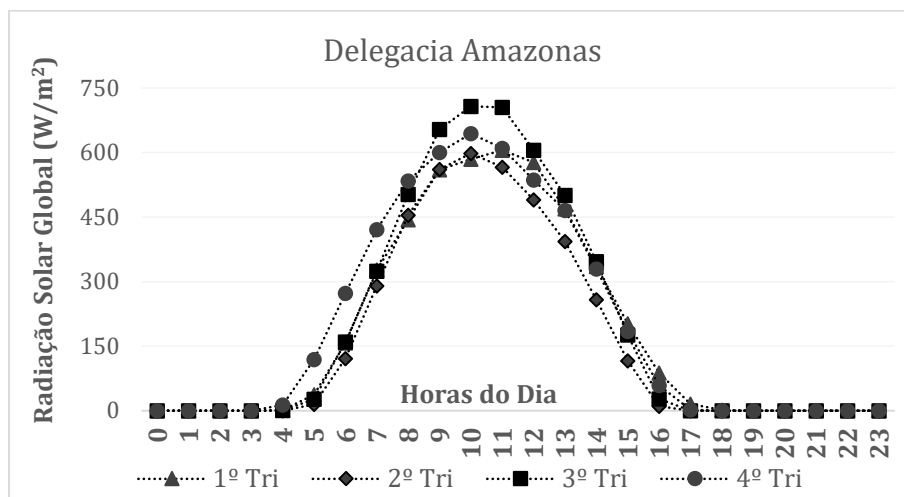


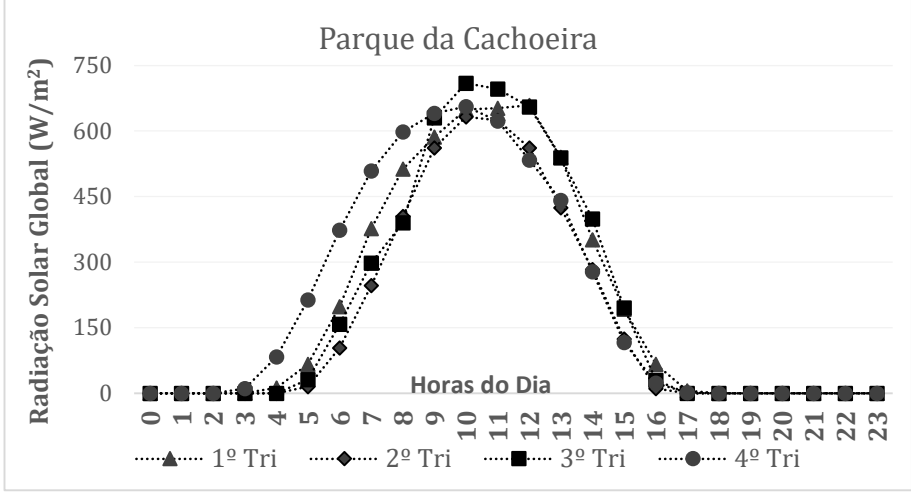
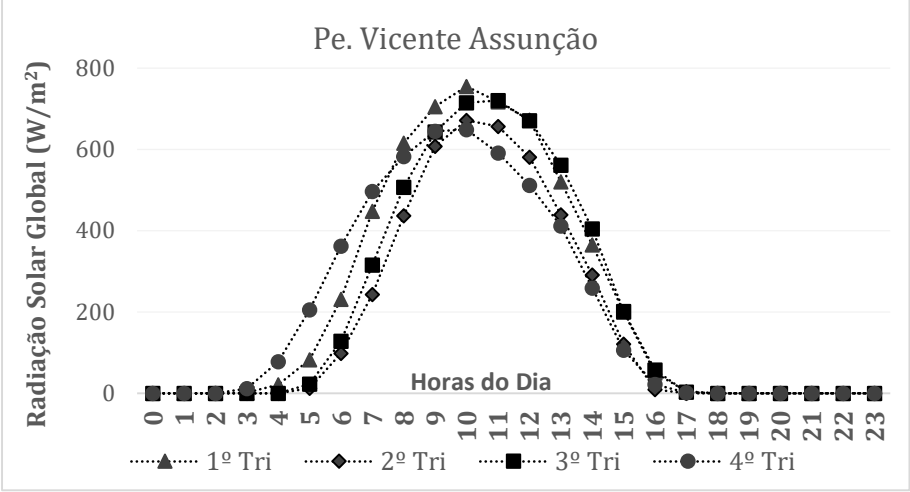
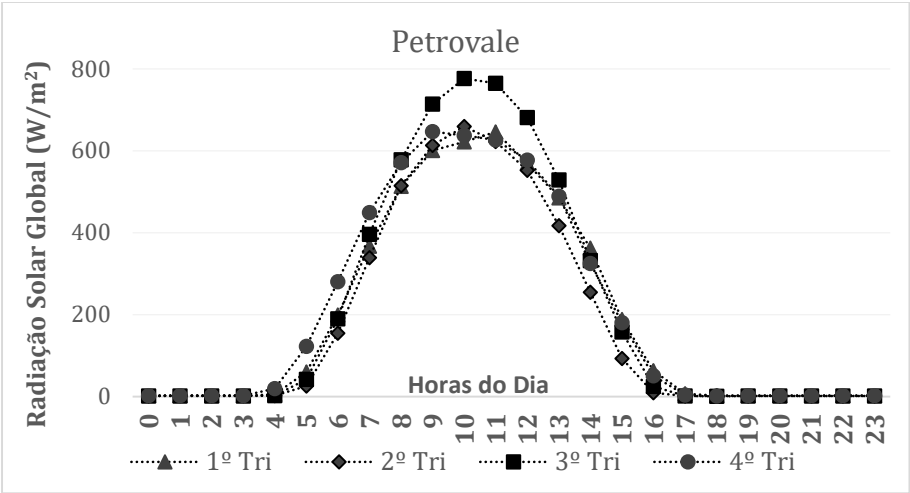
Célvia

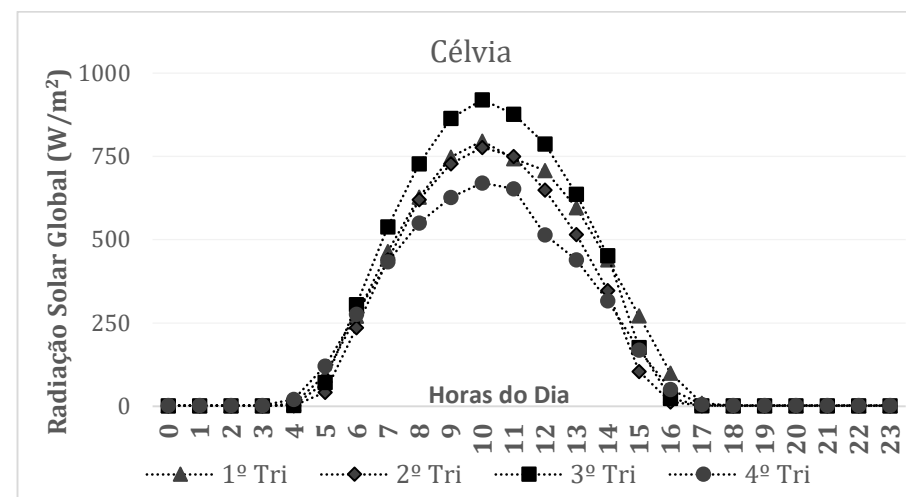
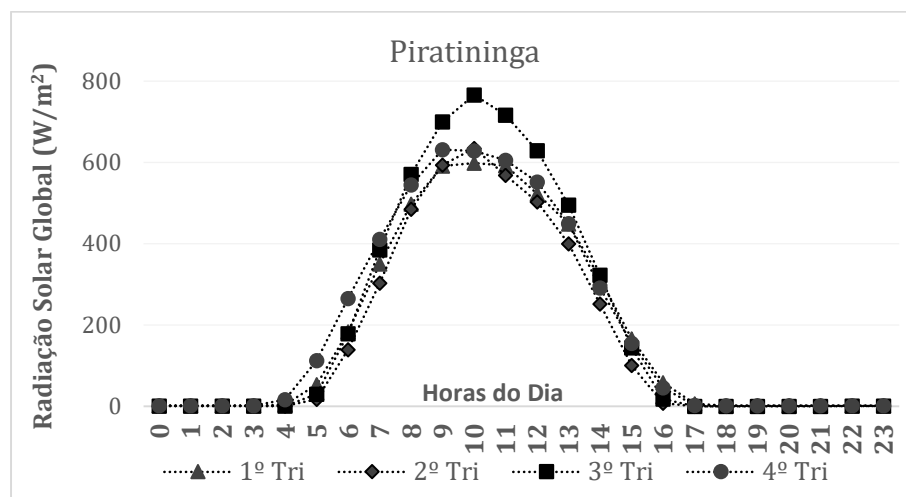
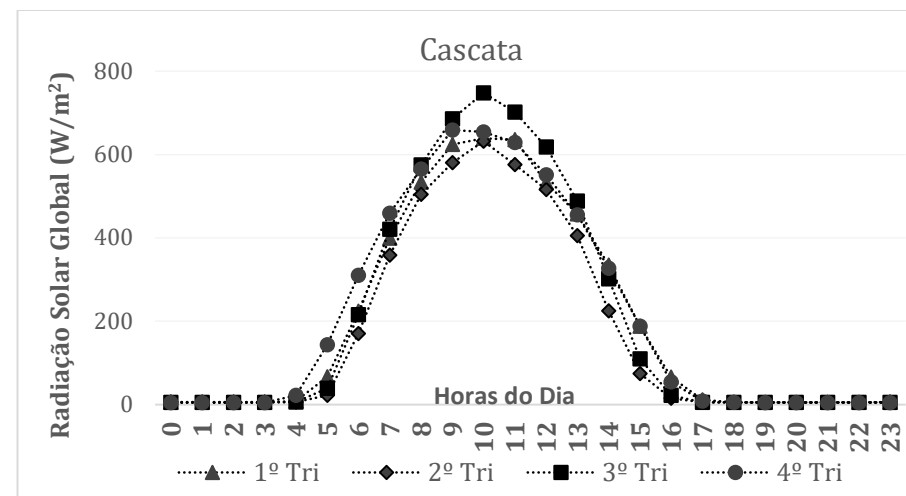
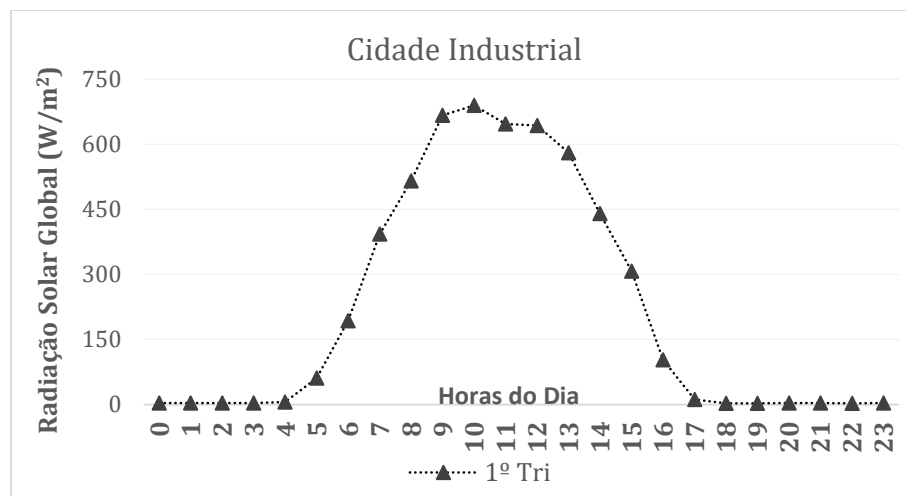


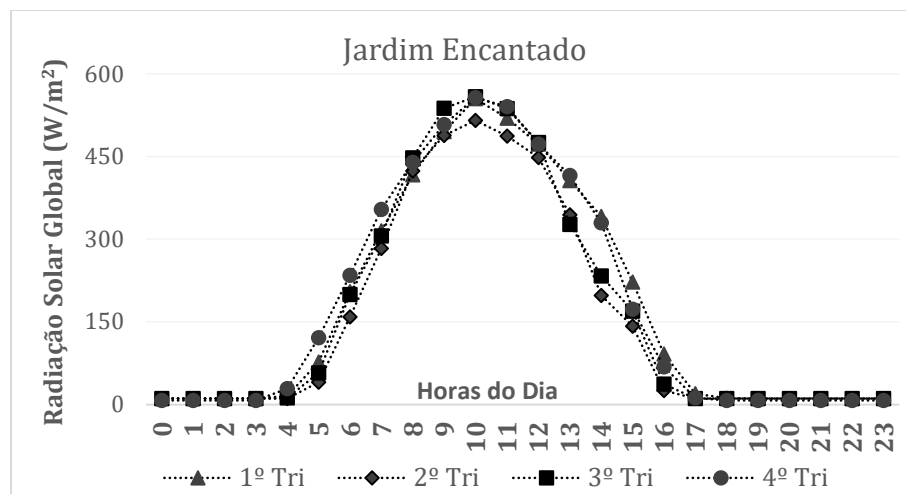


Radiação Solar

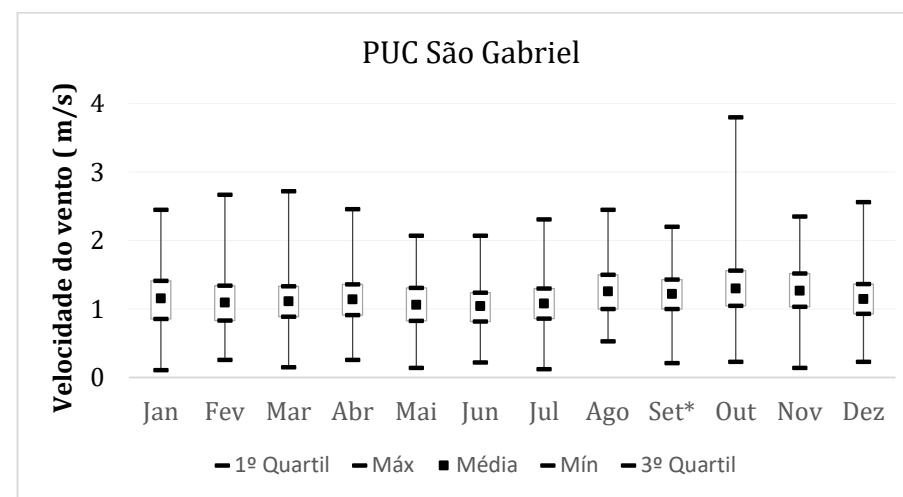
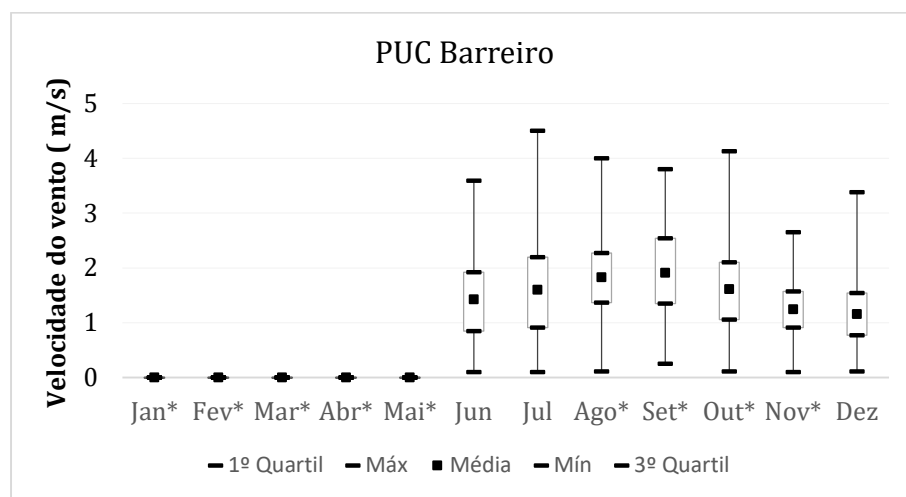
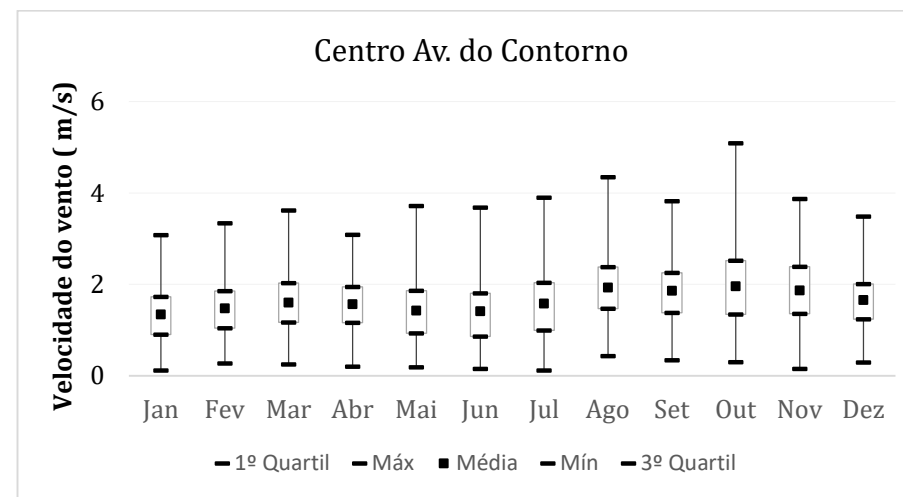
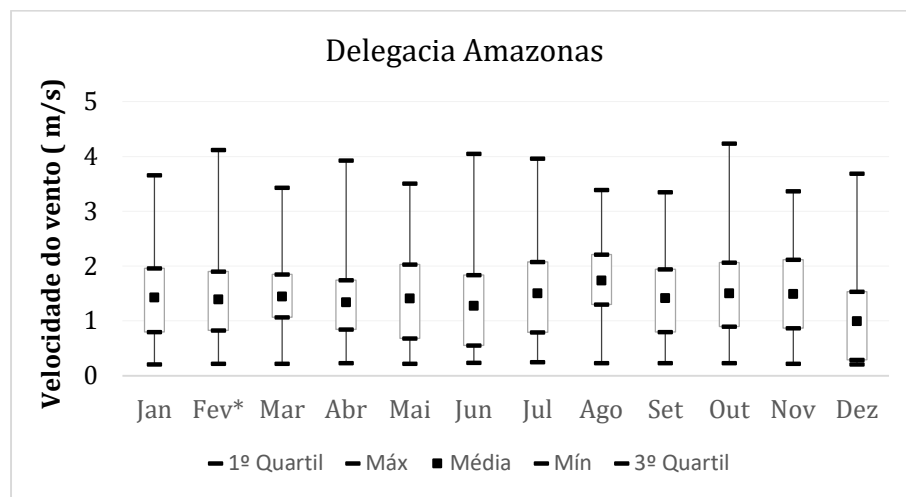


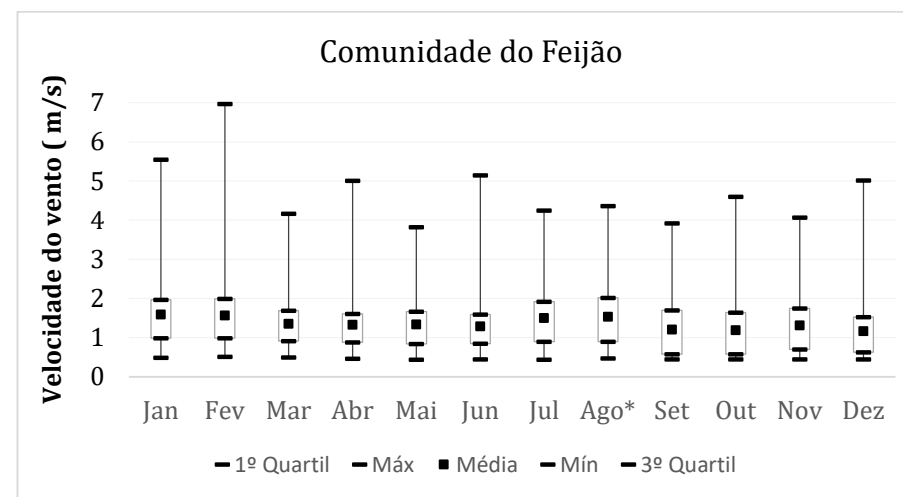
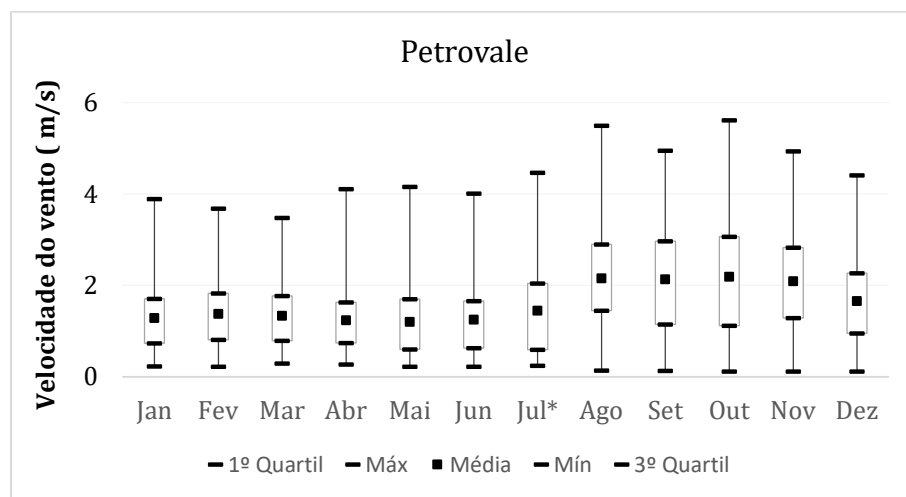
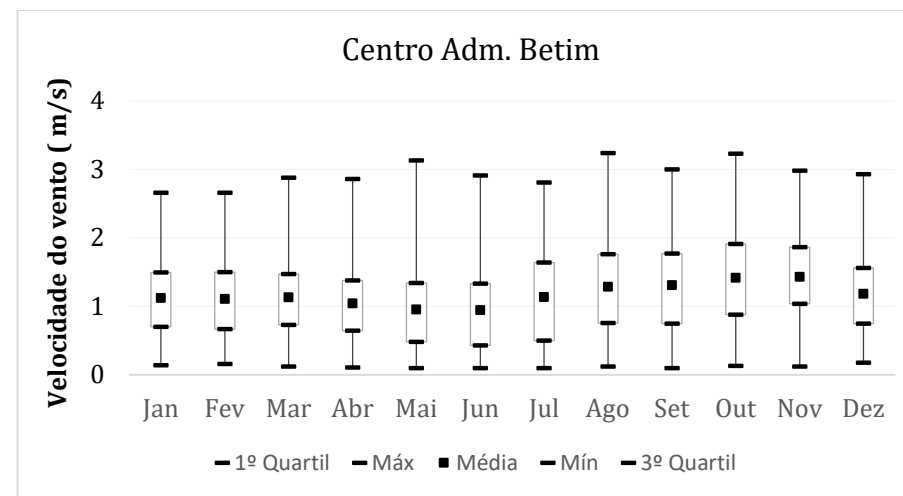
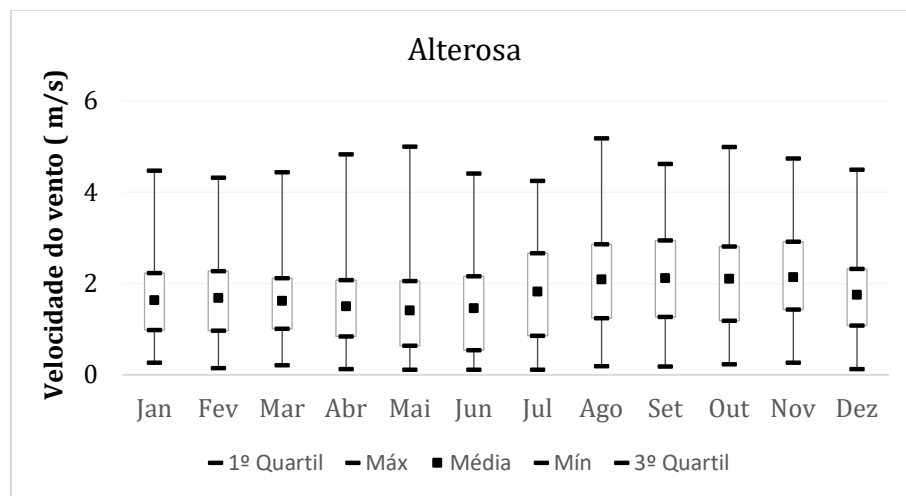


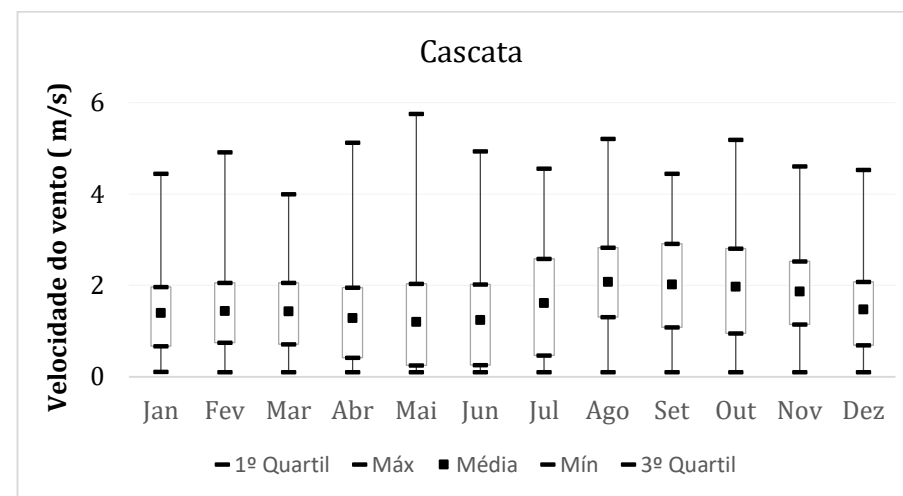
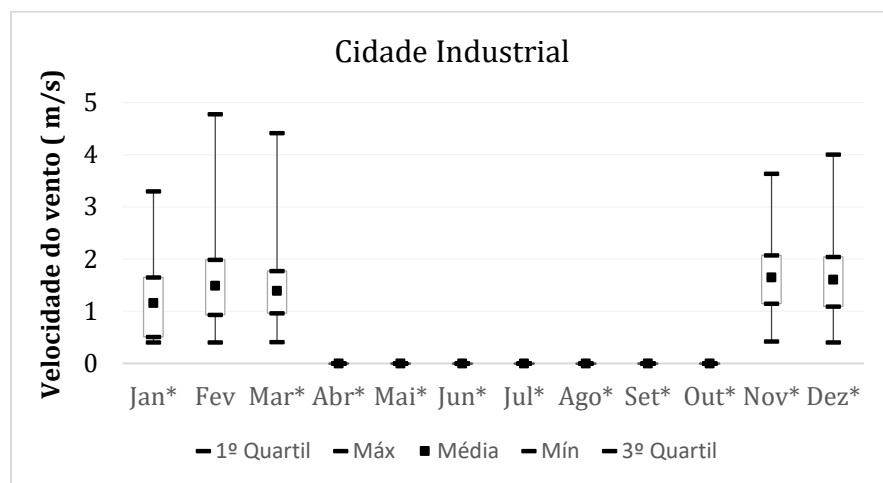
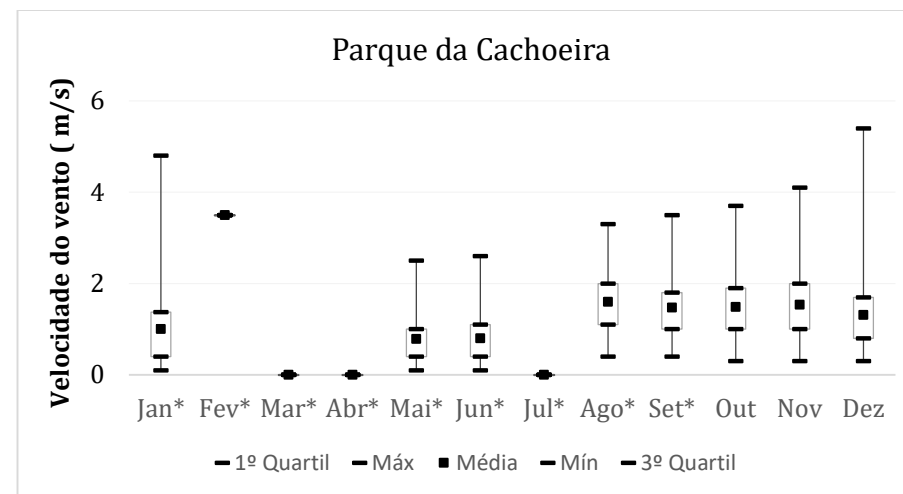
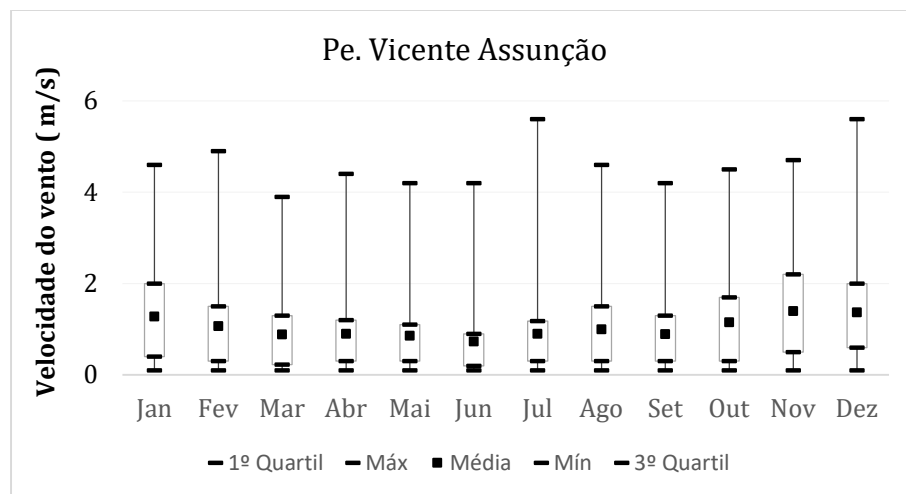


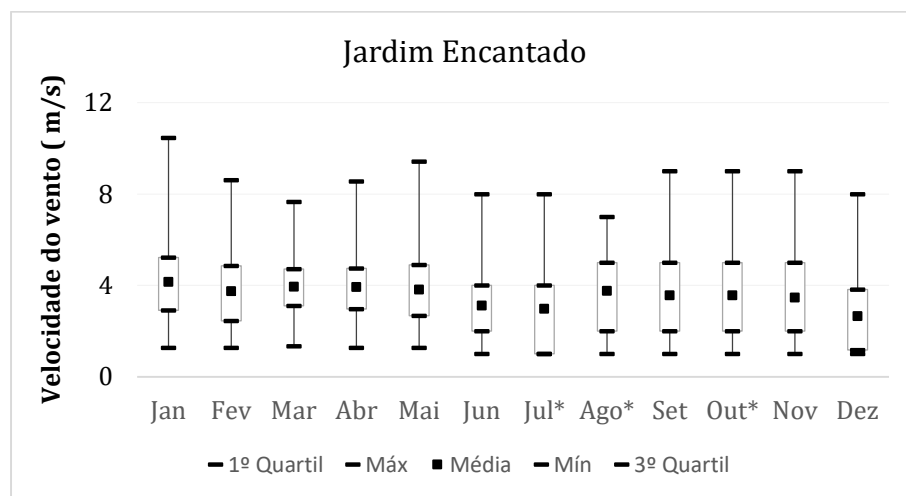
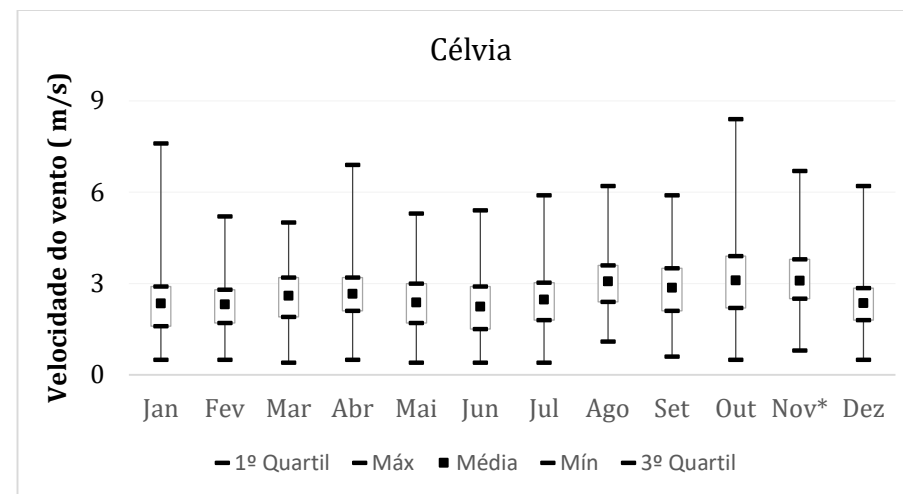
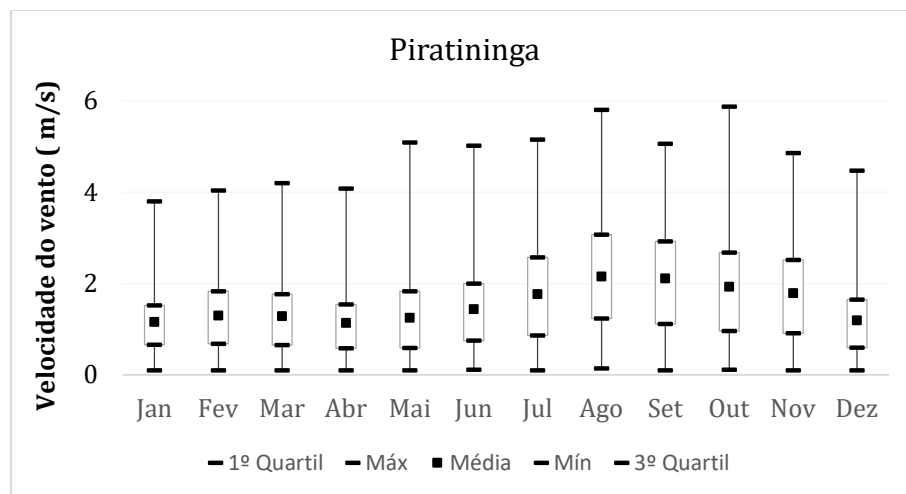


Velocidade do vento



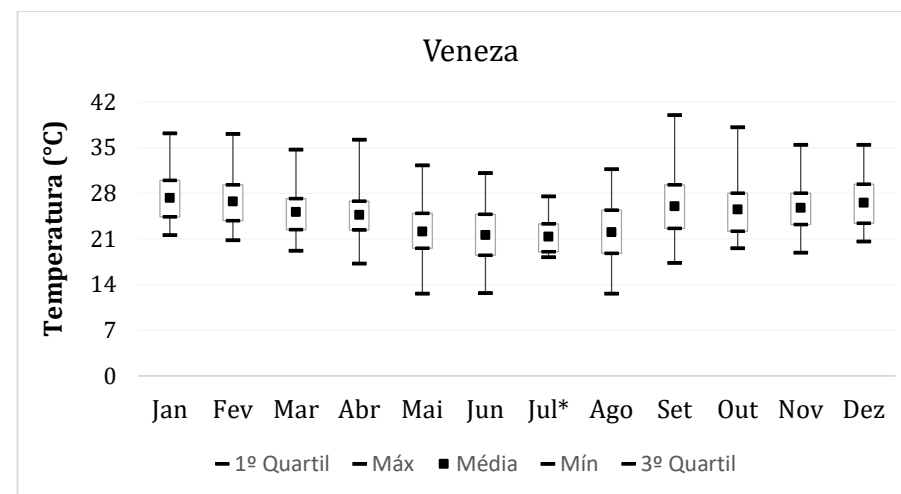
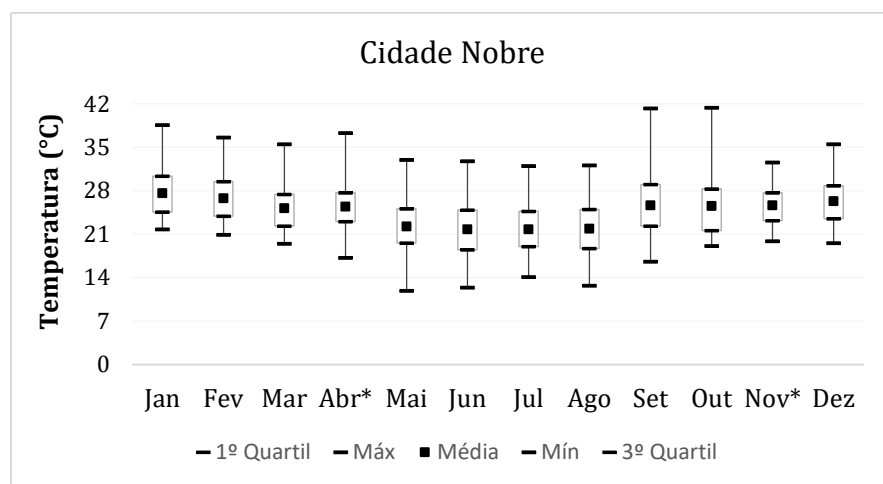
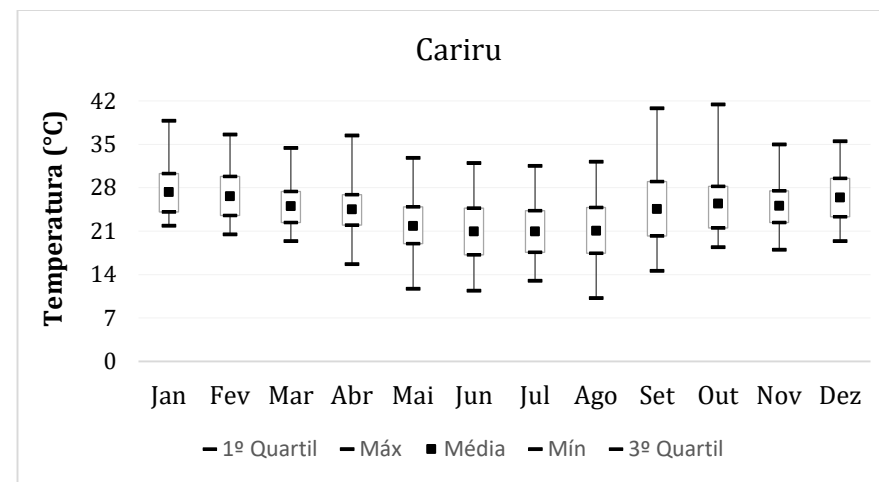
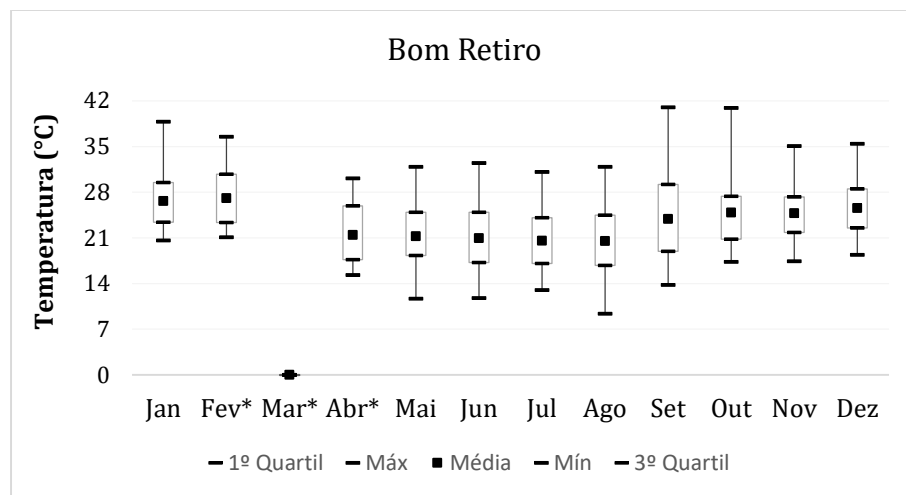


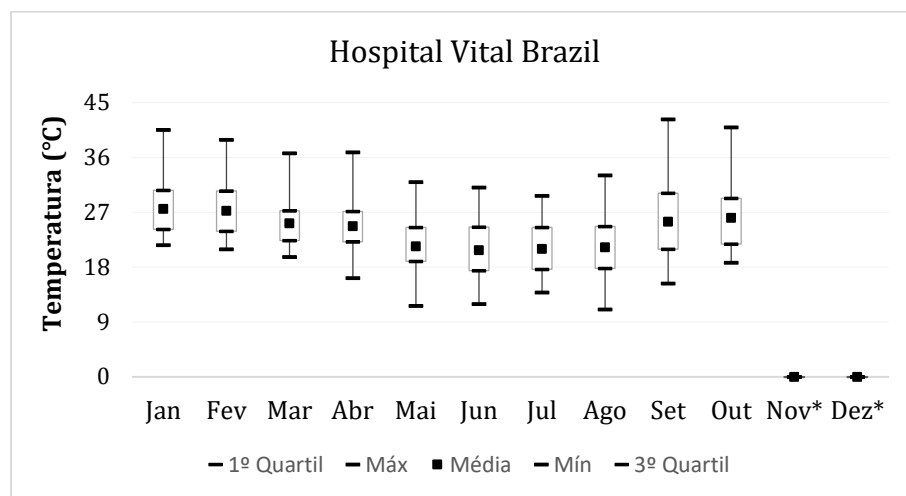
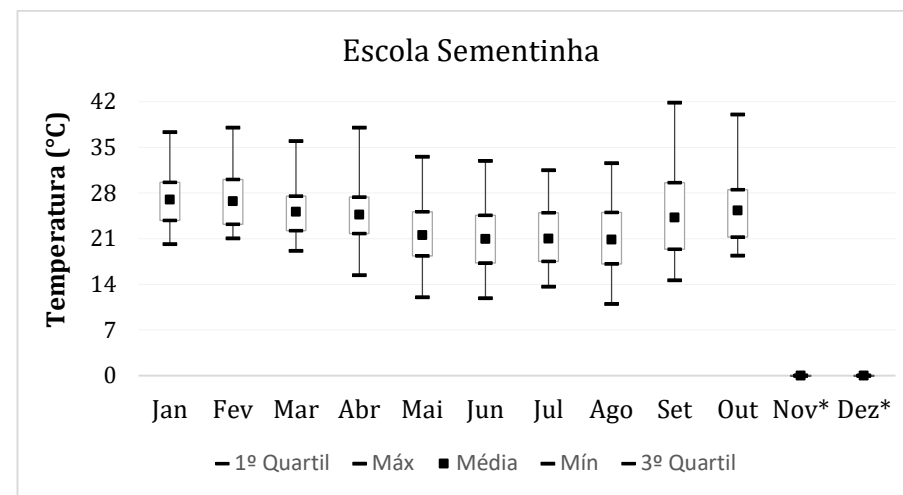
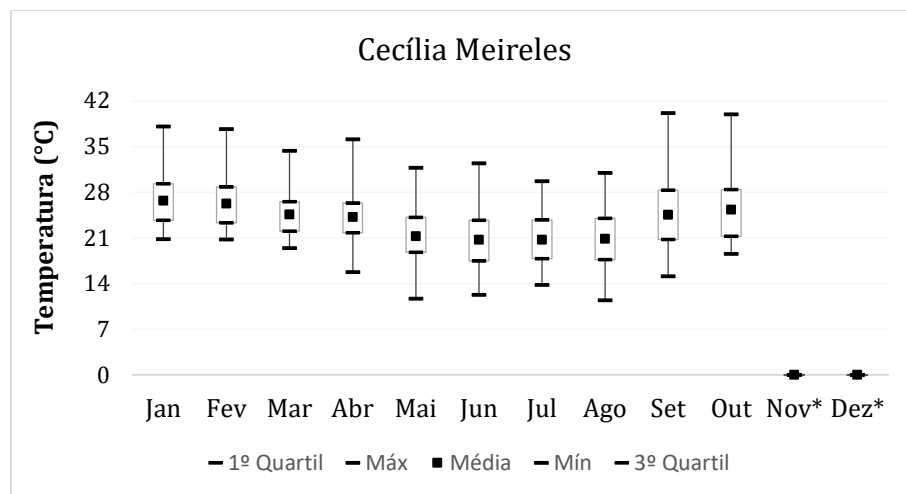




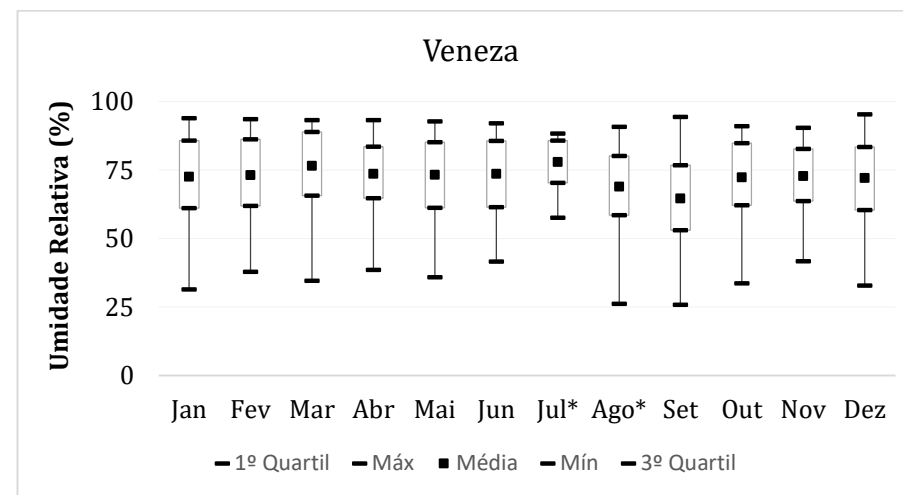
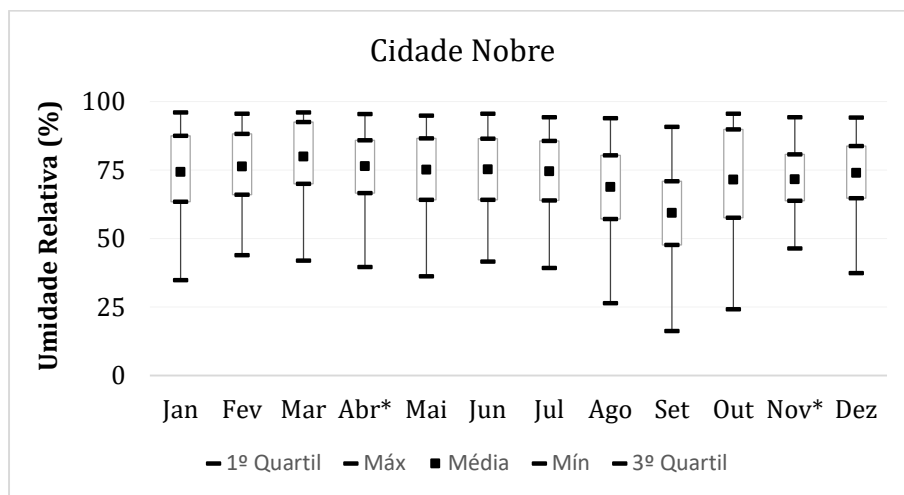
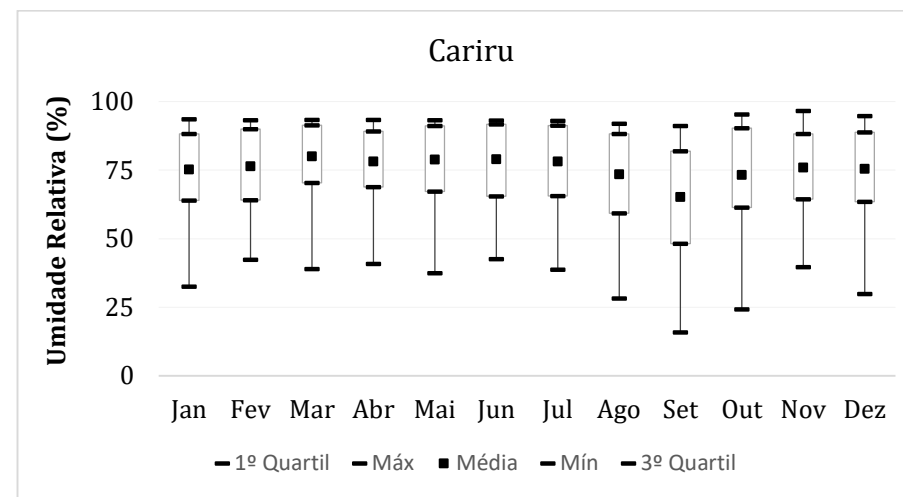
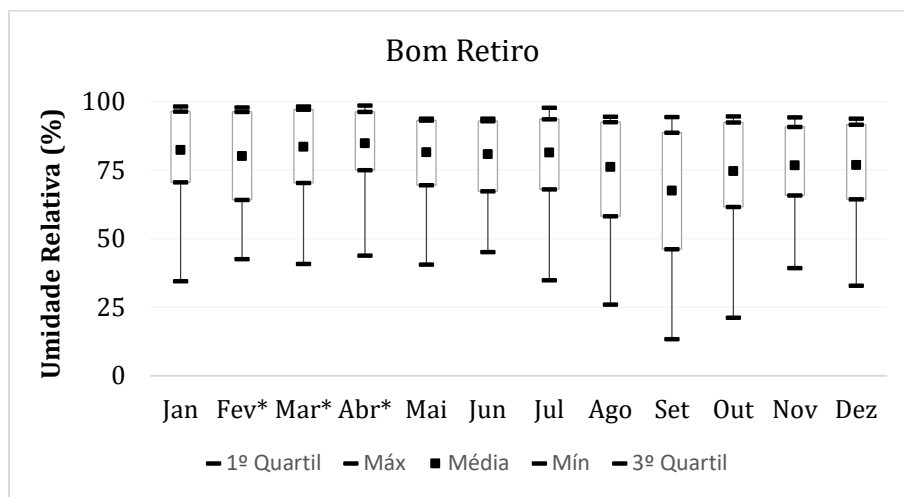
APÊNDICE B – RMVA

Temperatura

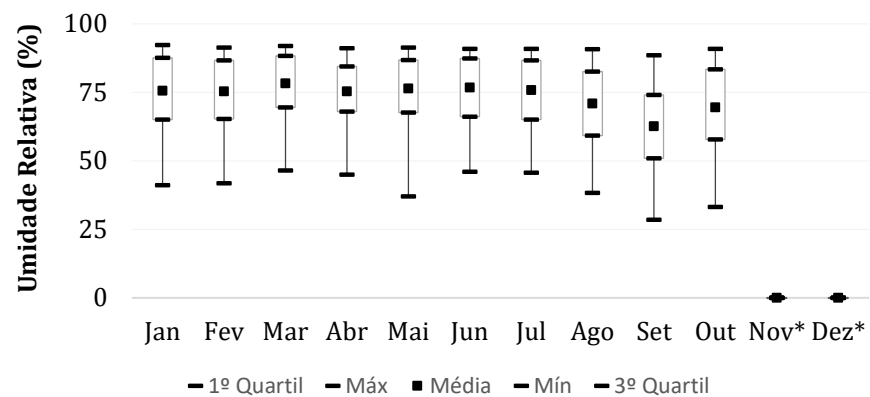




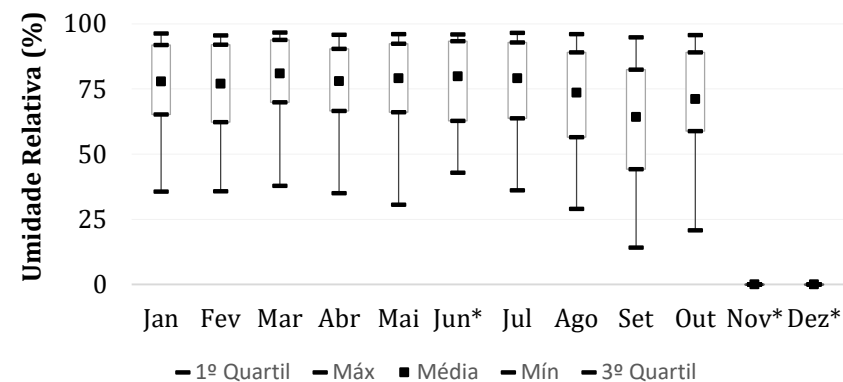
Umidade Relativa



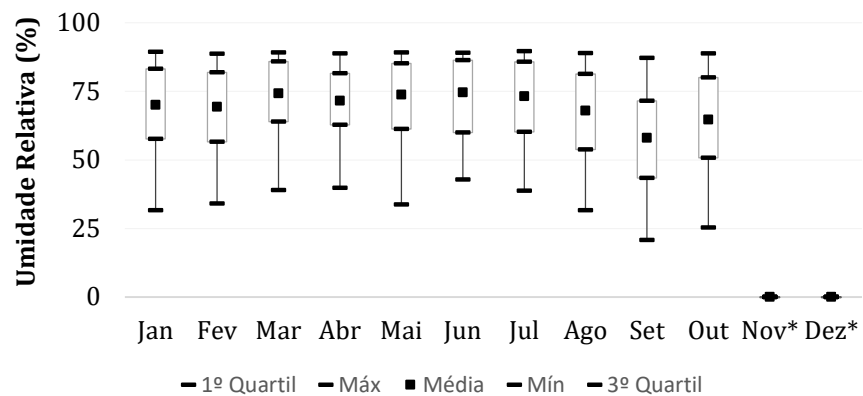
Cecília Meireles



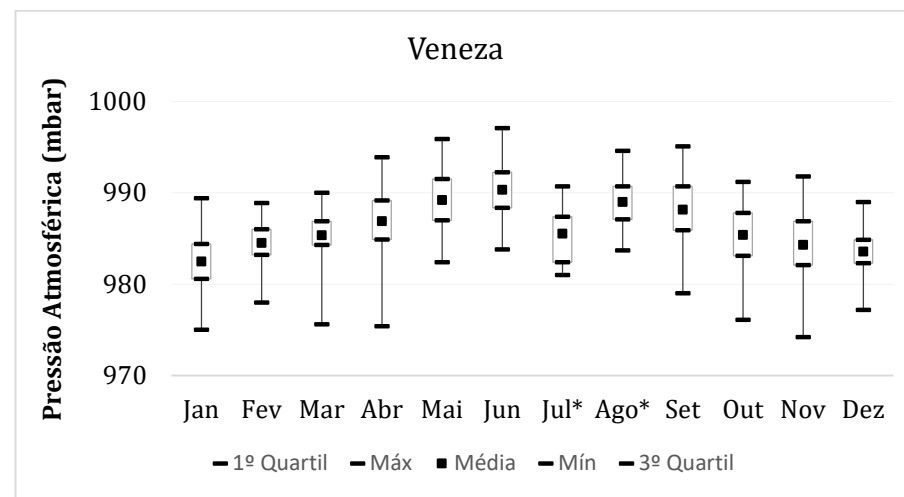
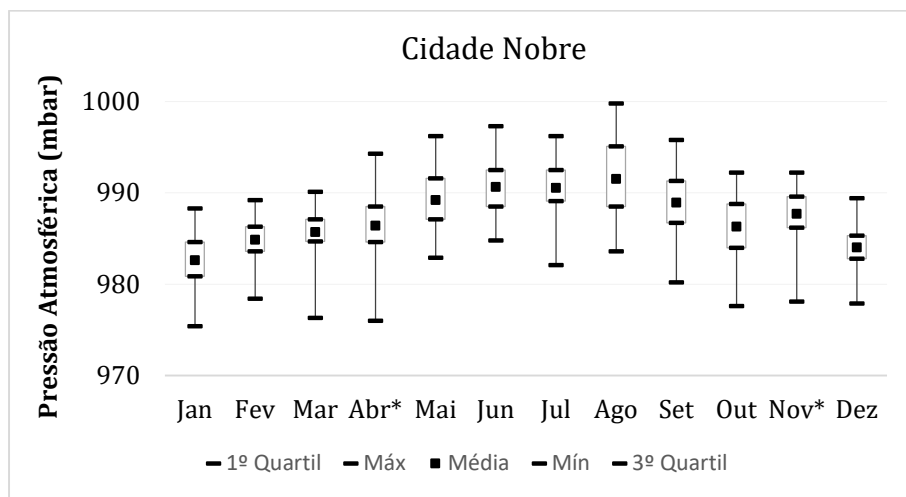
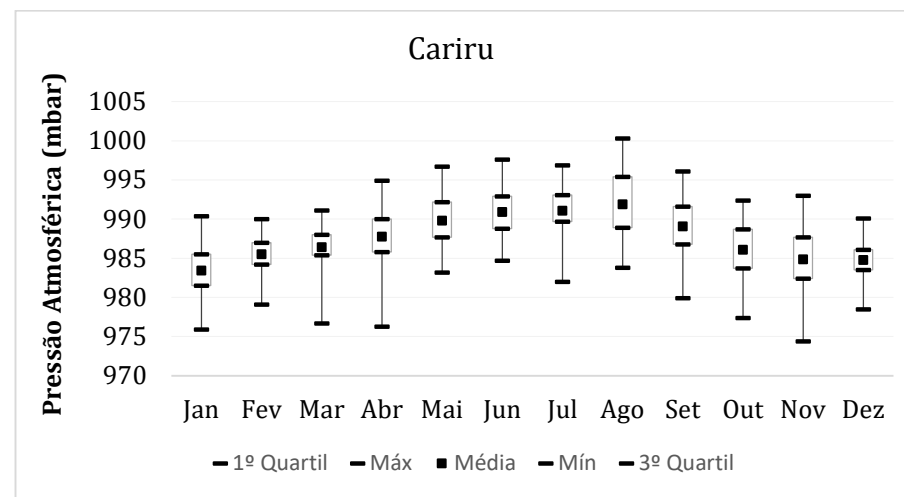
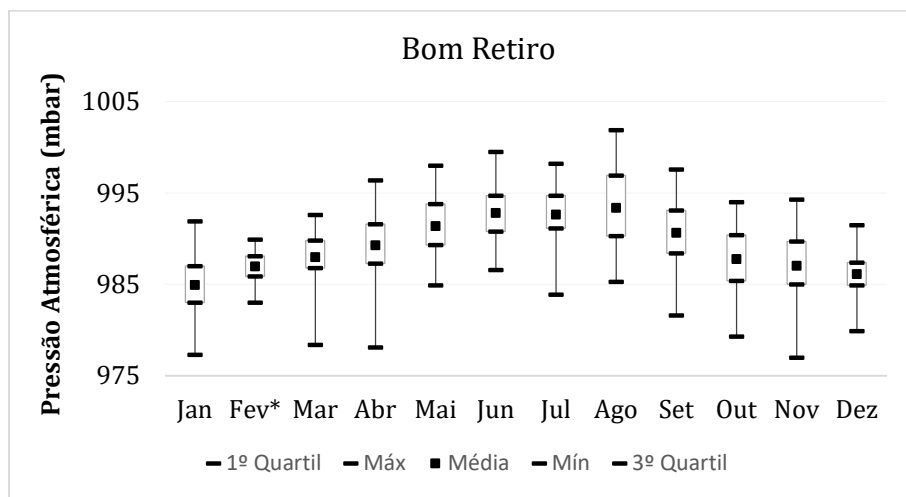
Escola Sementinha



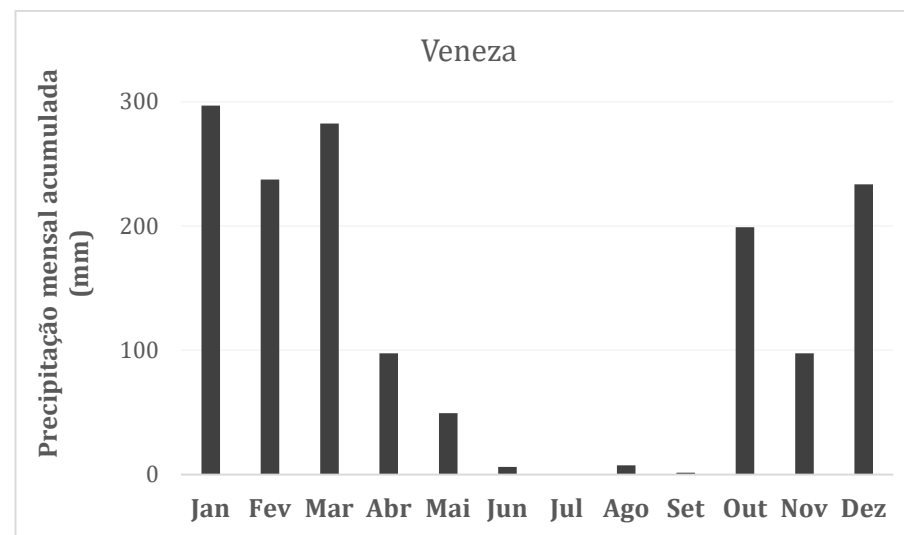
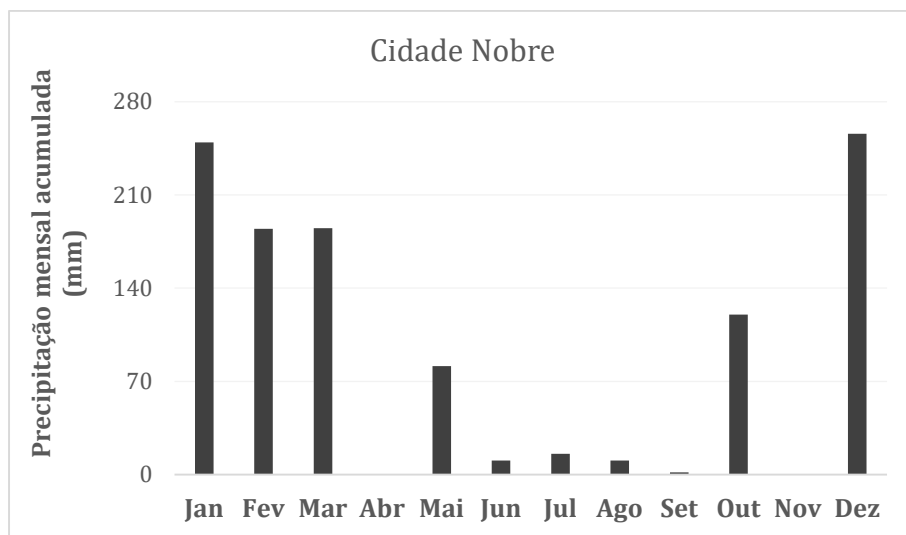
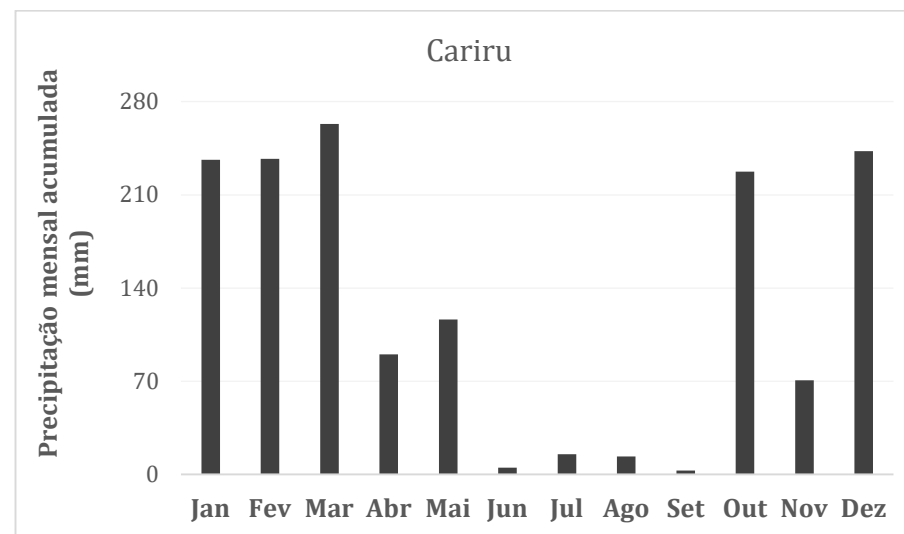
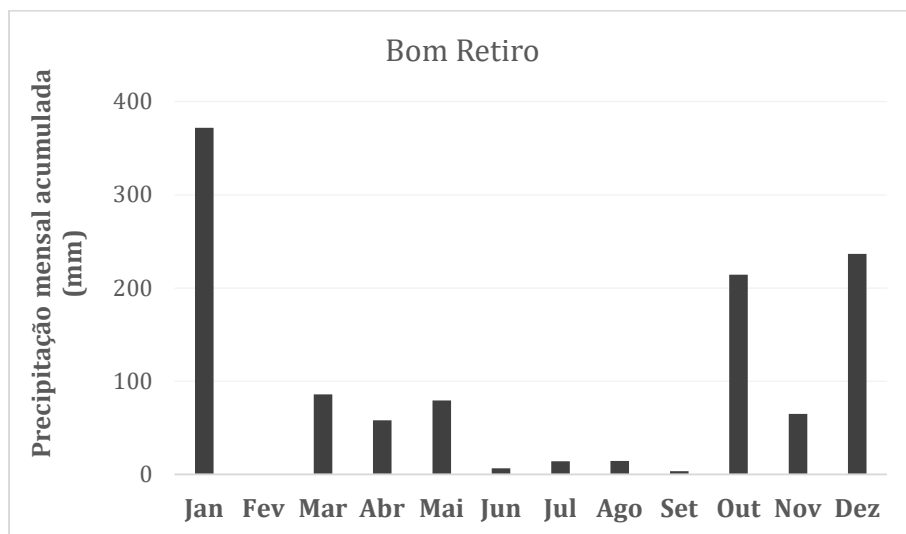
Hospital Vital Brazil



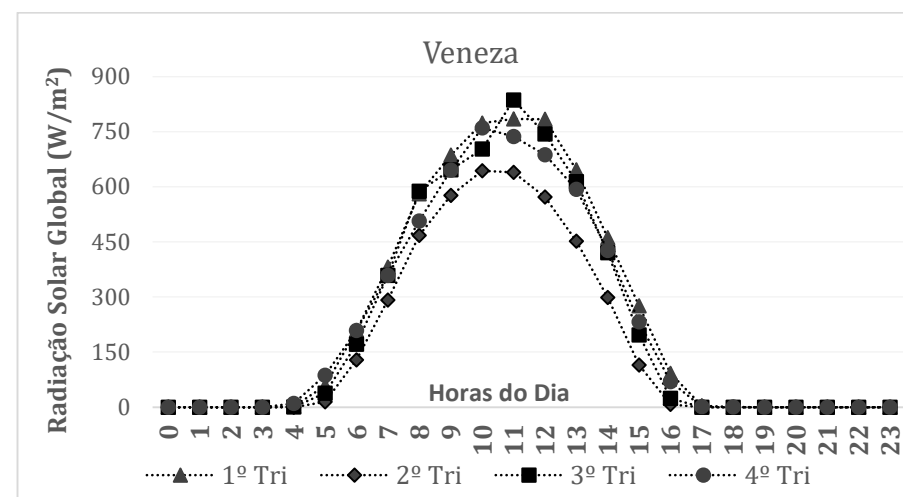
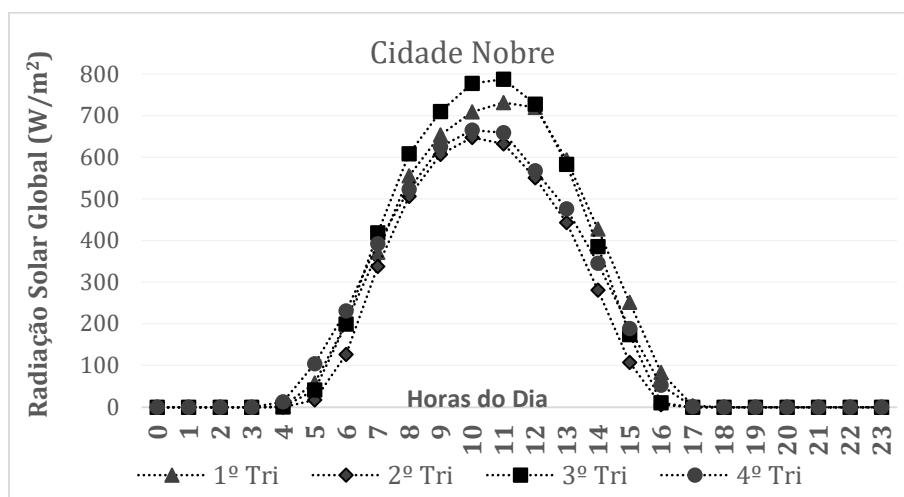
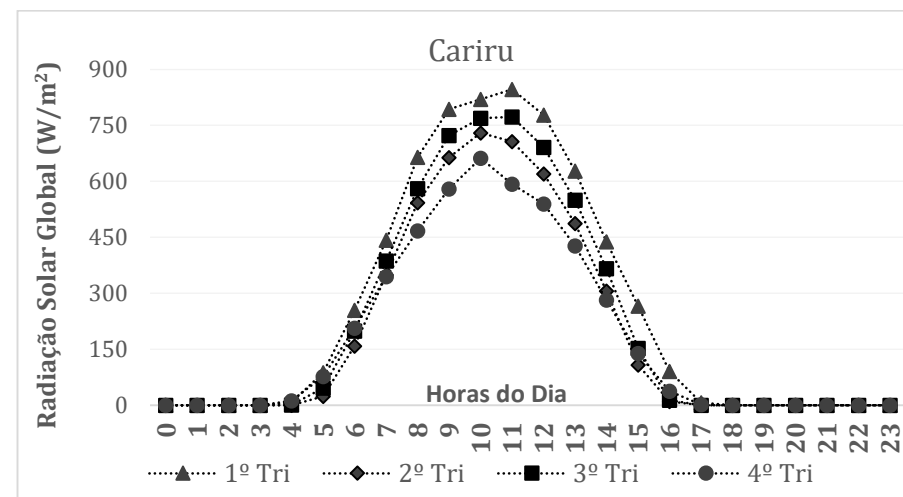
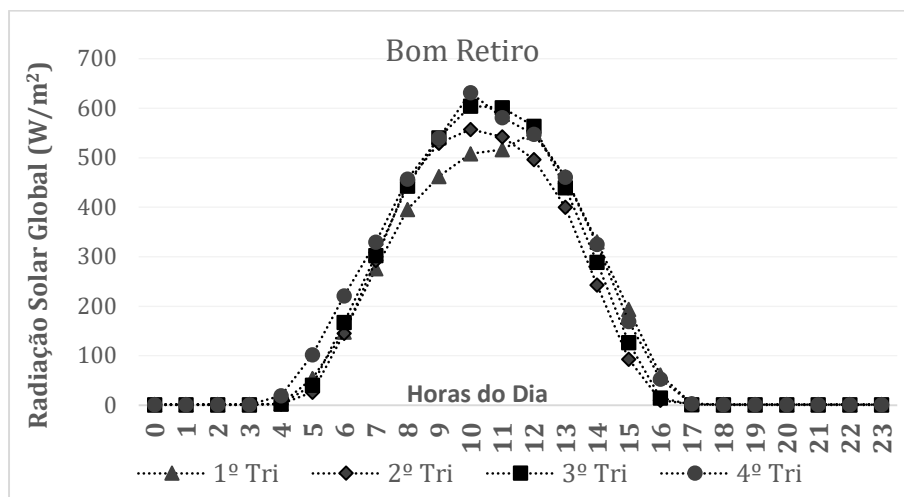
Pressão Atmosférica



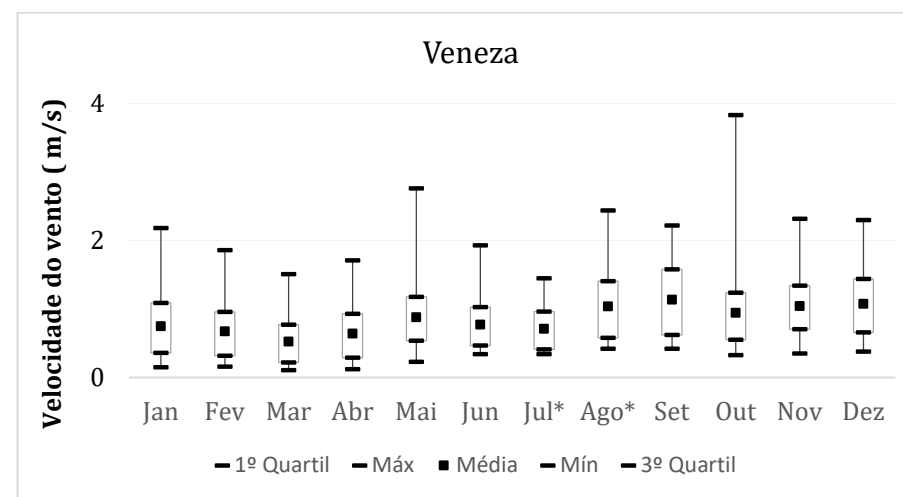
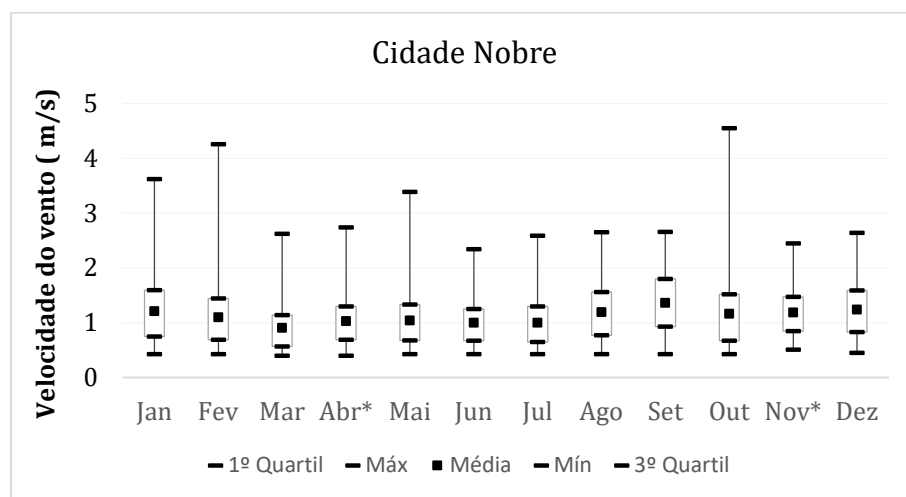
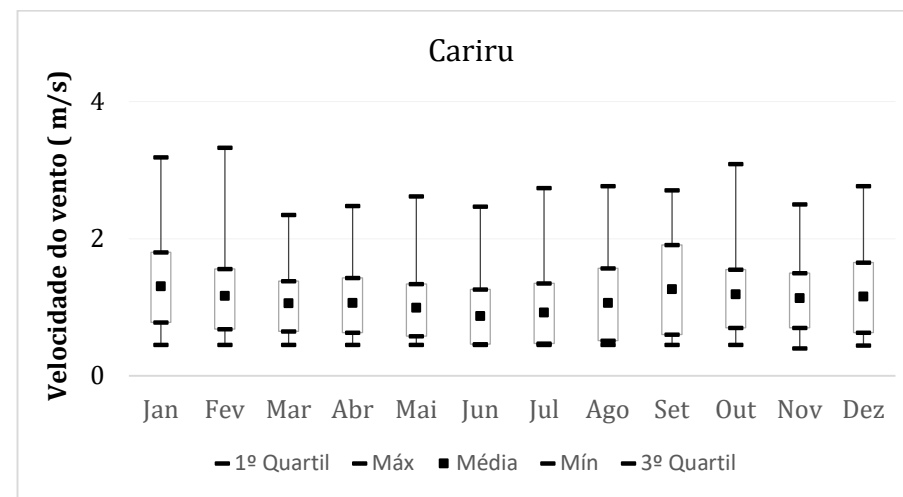
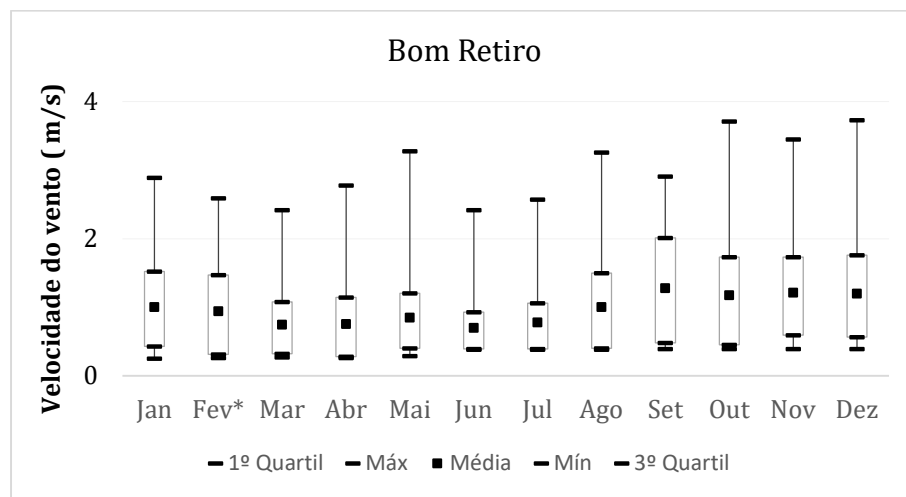
Precipitação Pluviométrica



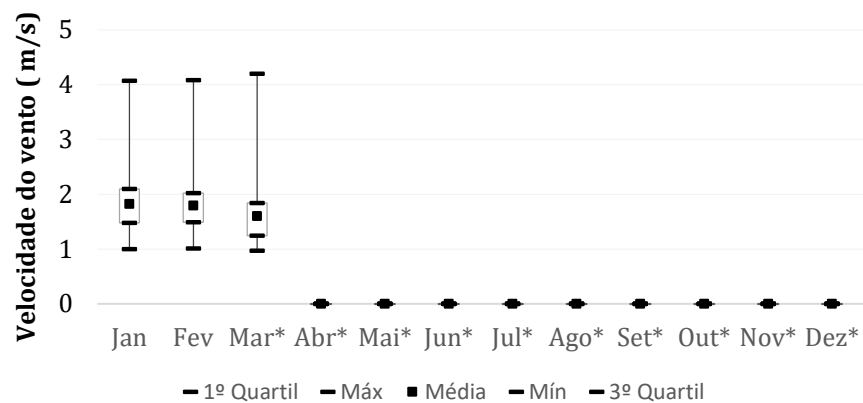
Radiação Solar



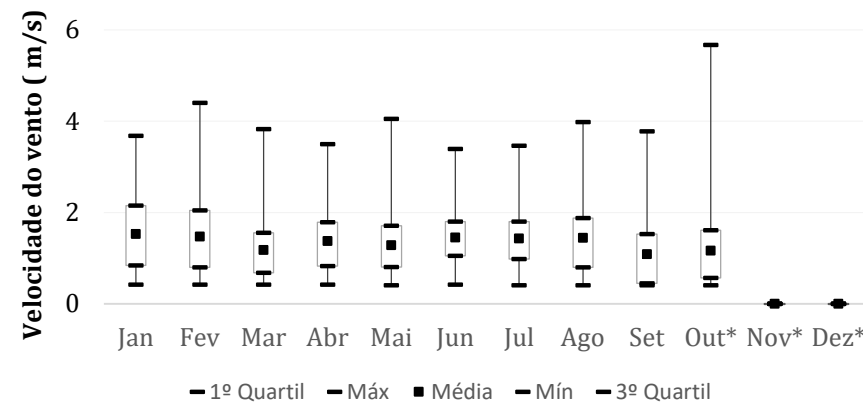
Velocidade do Vento



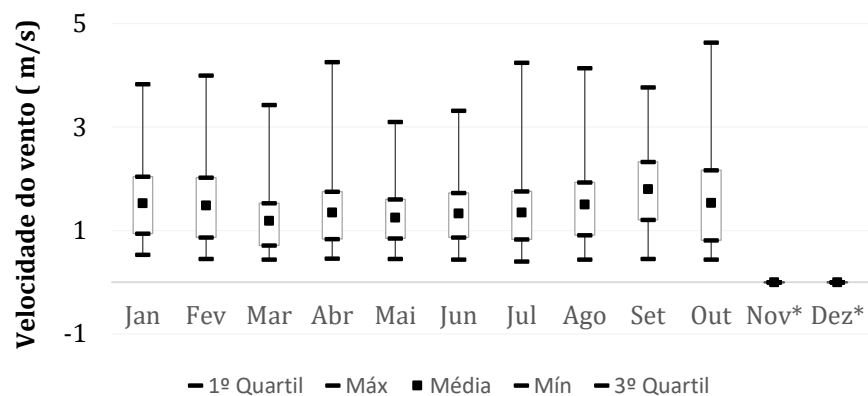
SENAC Vale do Aço



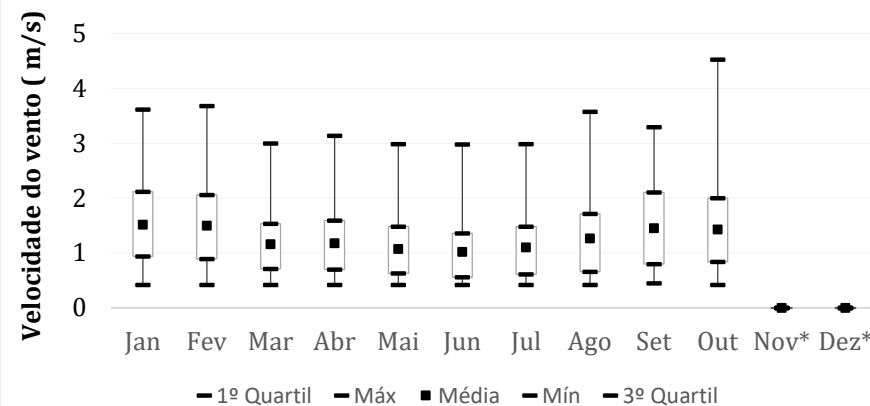
Cecília Meireles



Escola Sementinha

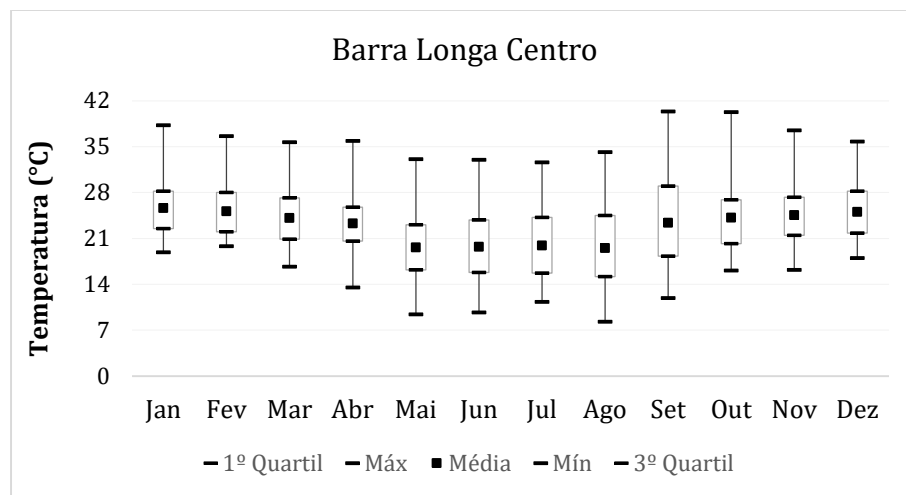


Hospital Vital Brazil

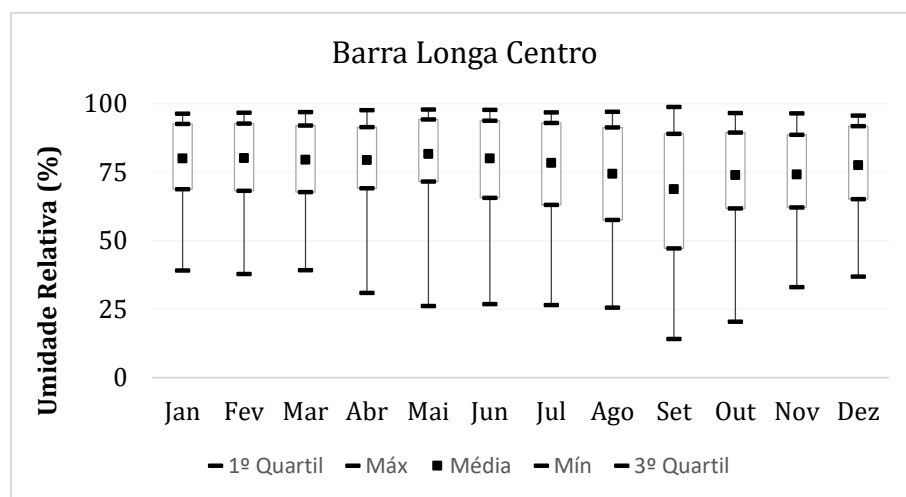


APÊNDICE C – BACIA DO RIO DOCE

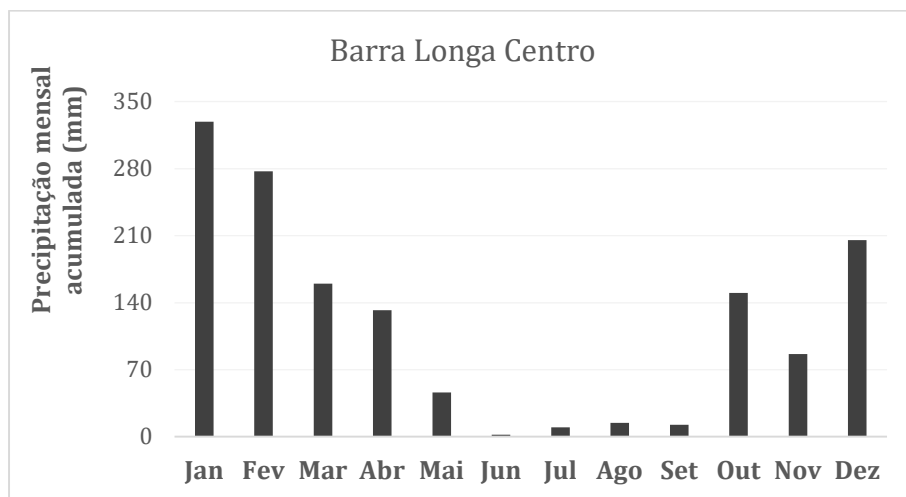
Temperatura



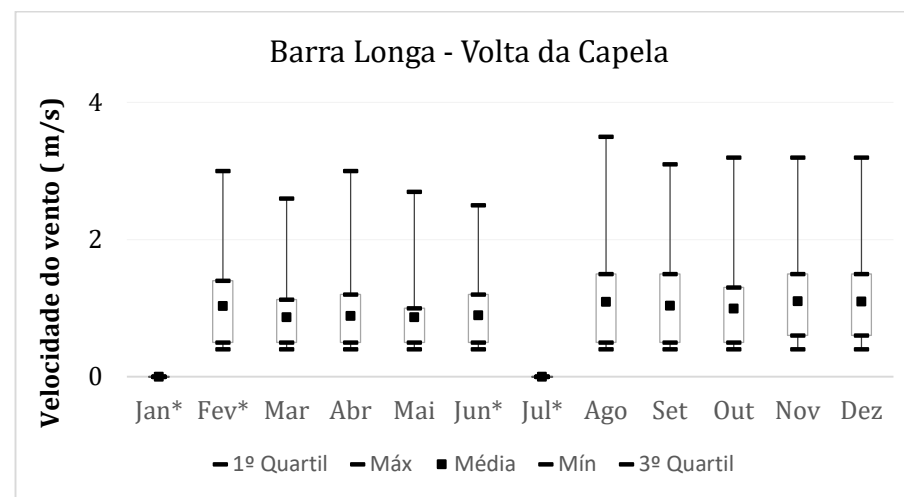
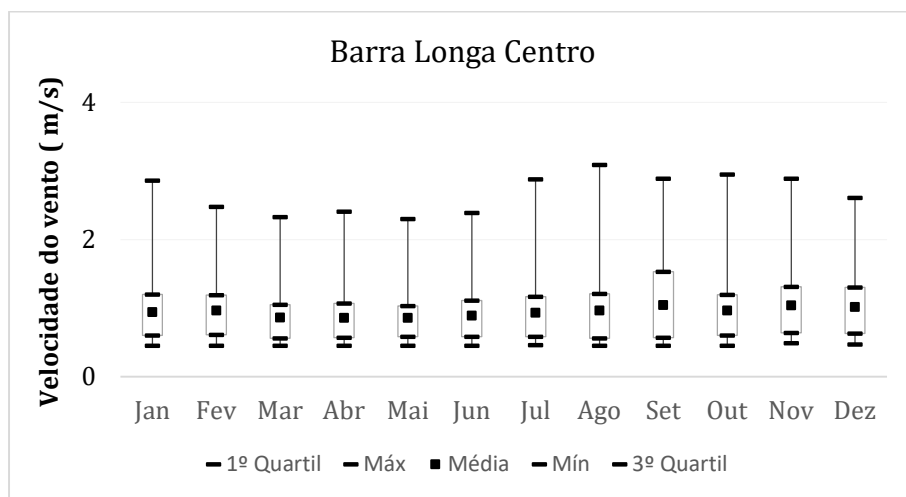
Umidade Relativa

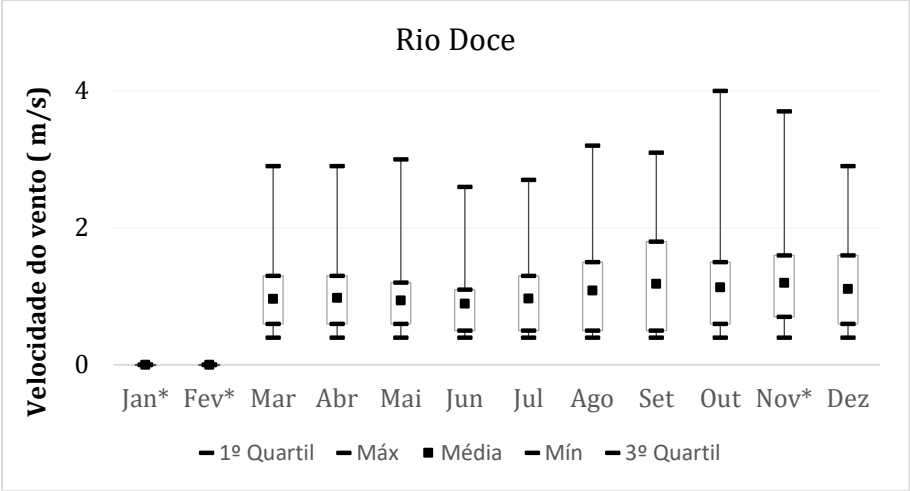


Precipitação Pluviométrica



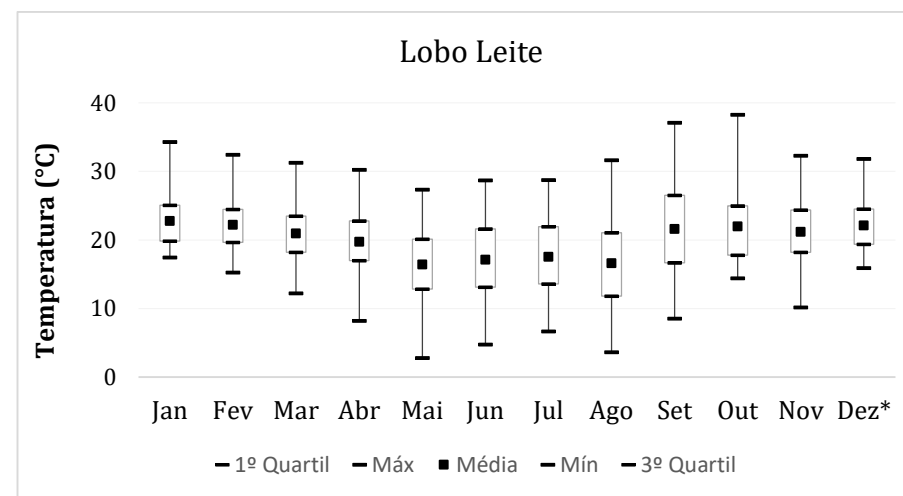
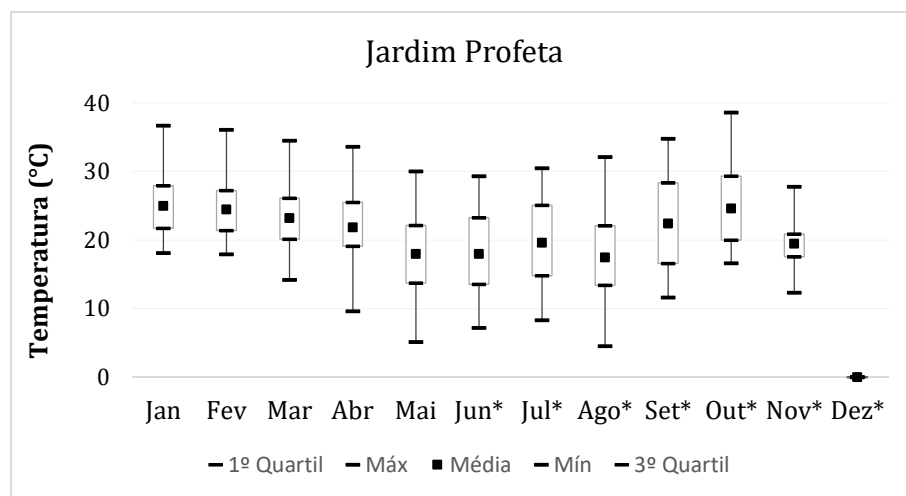
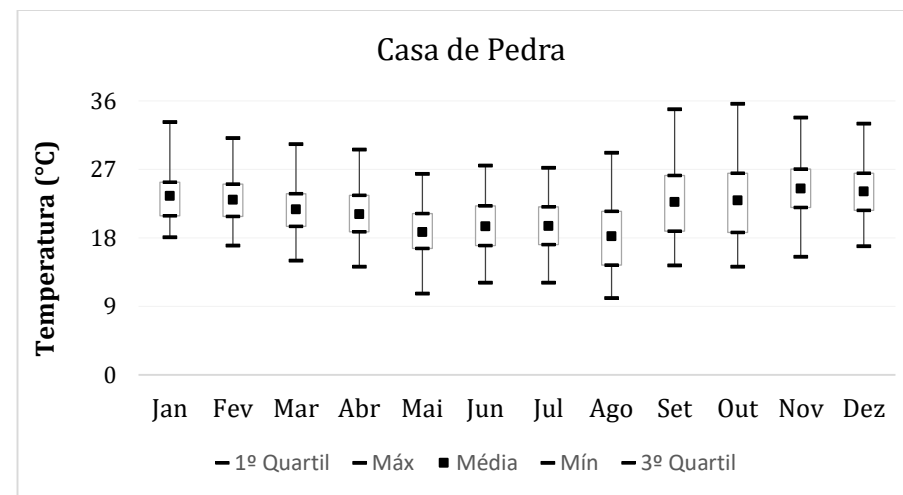
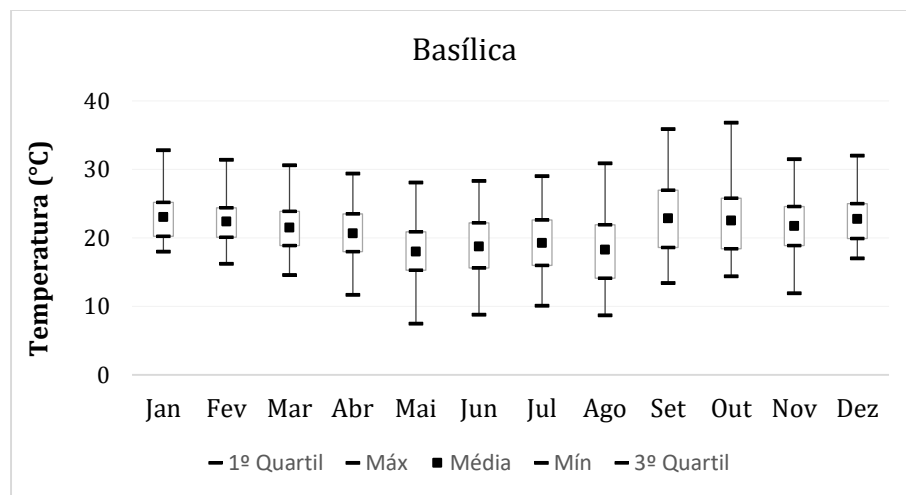
Velocidade do Vento

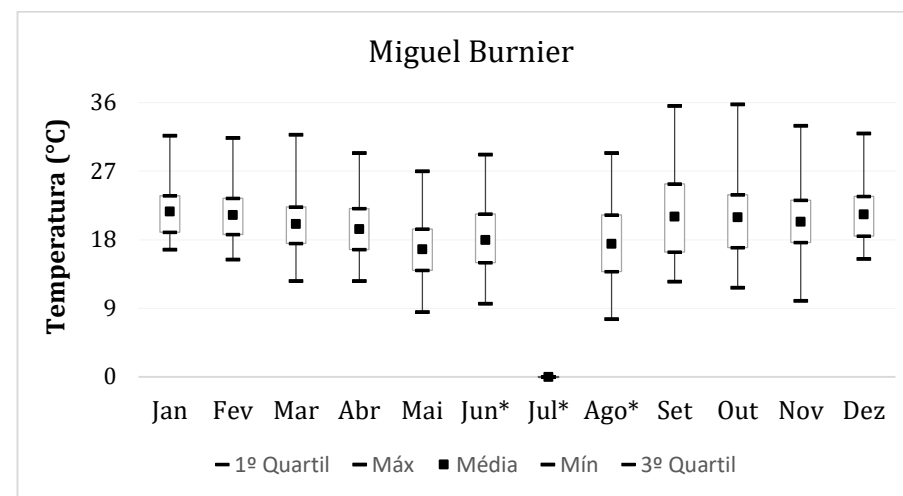
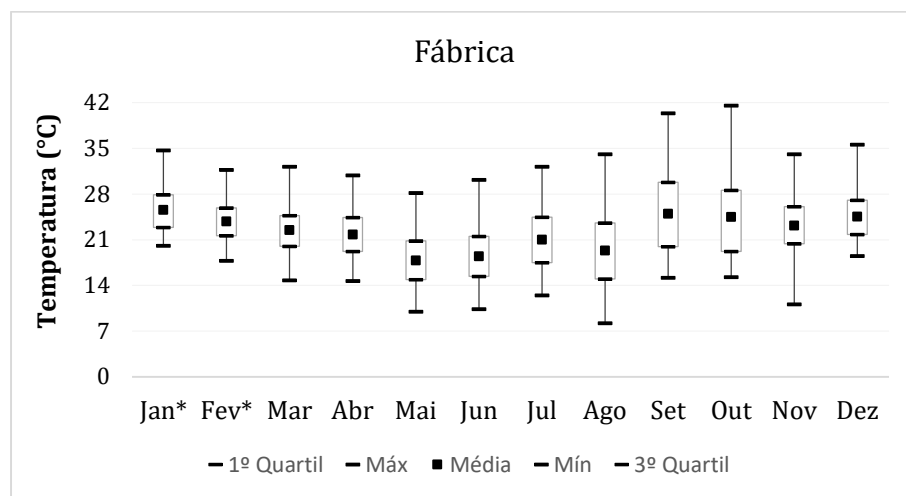
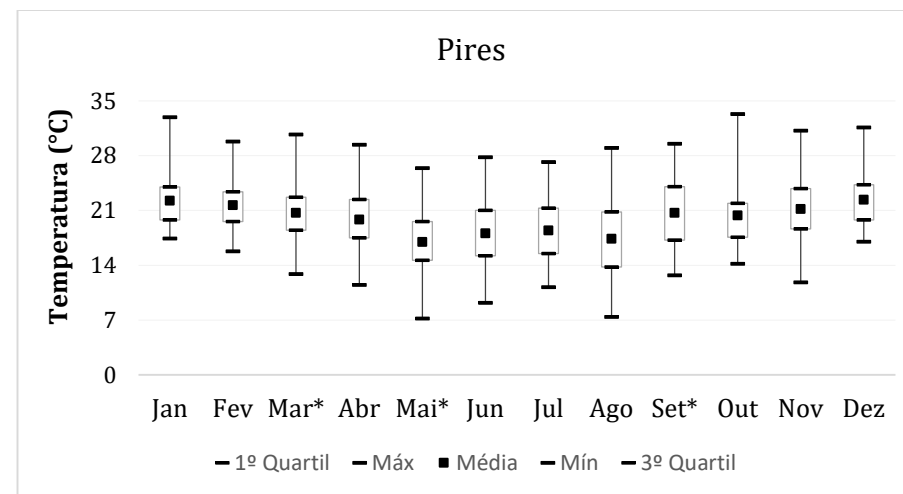
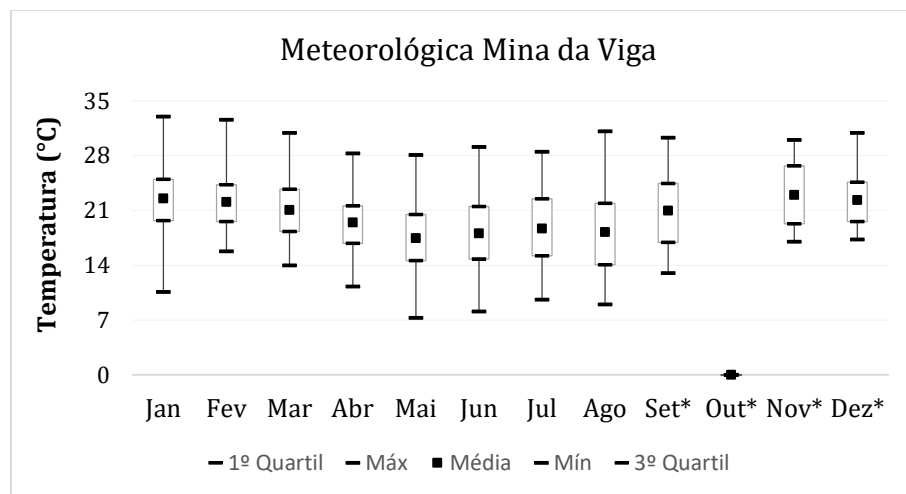


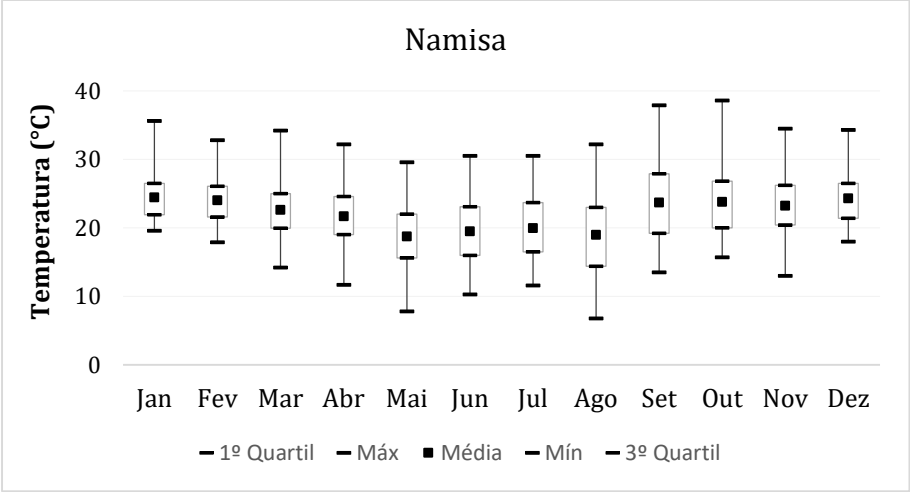


APÊNDICE D – CONGONHAS E OURO PRETO

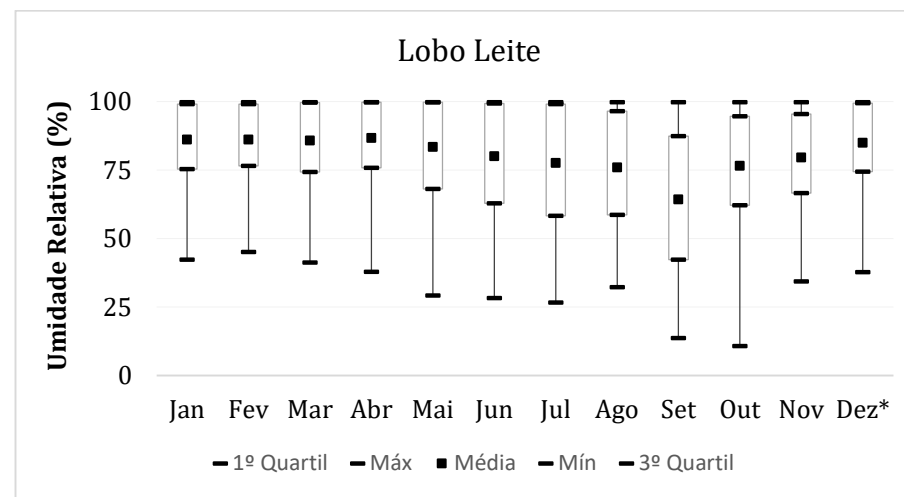
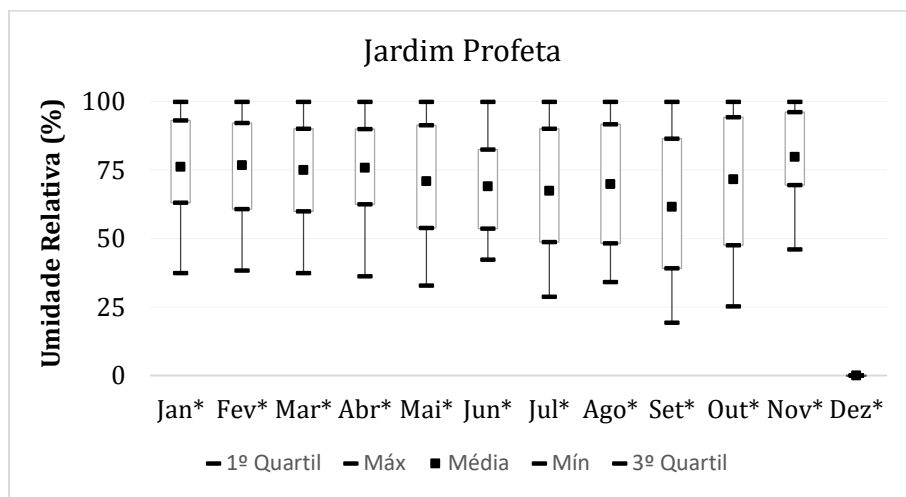
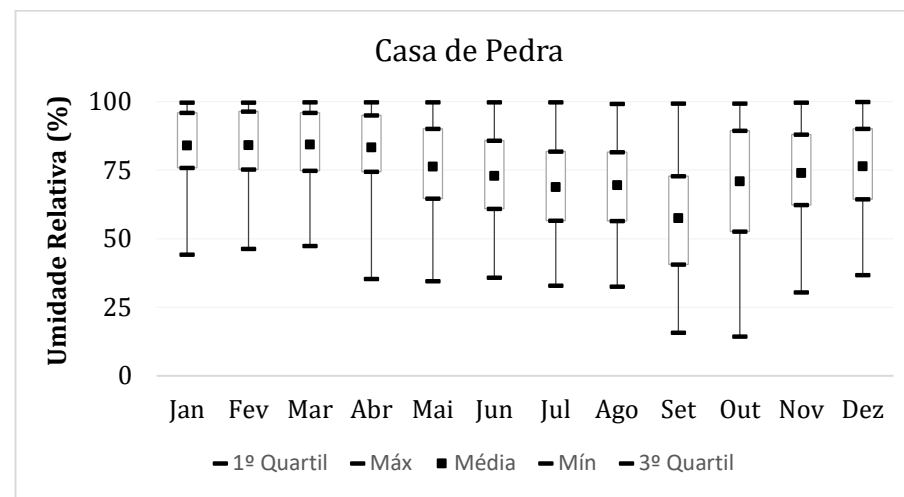
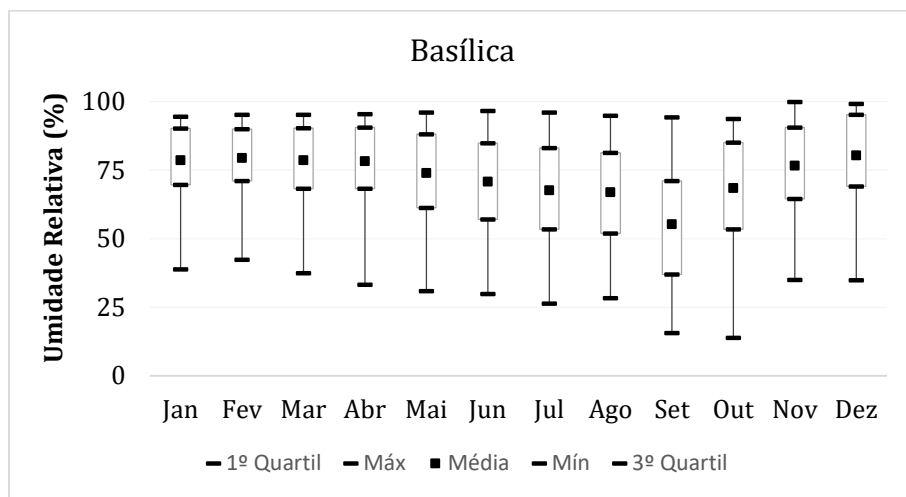
Temperatura

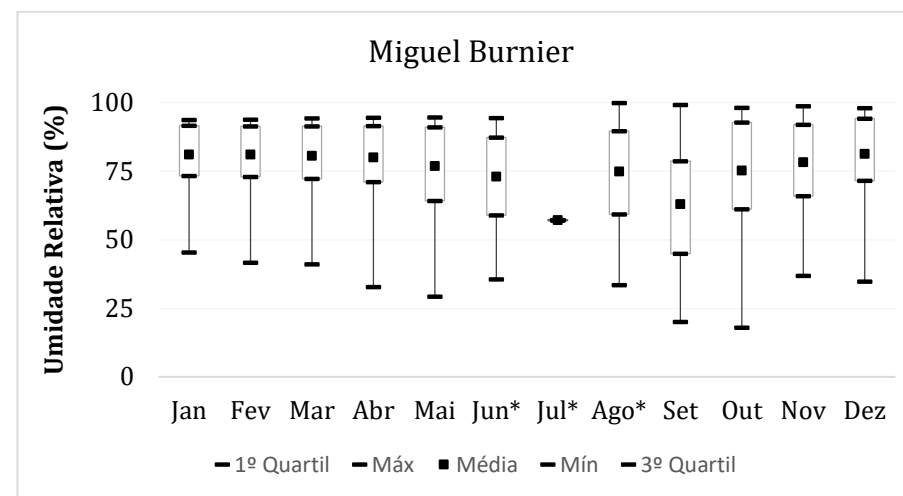
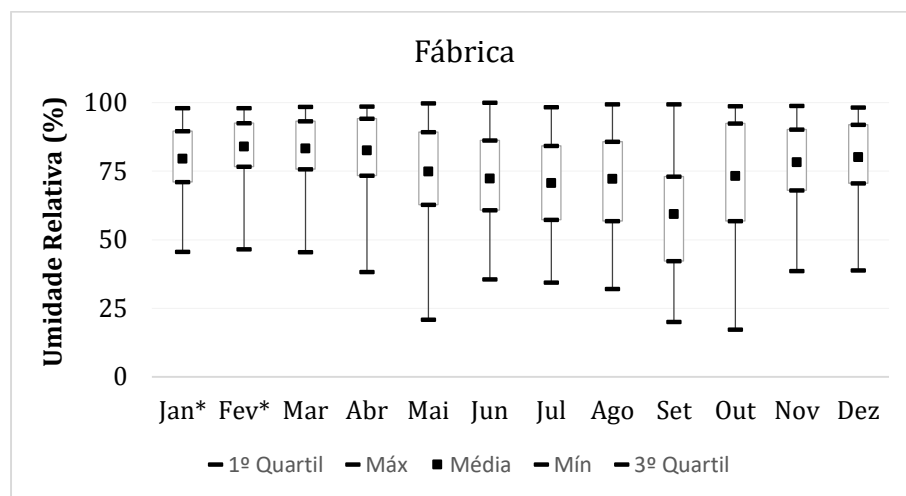
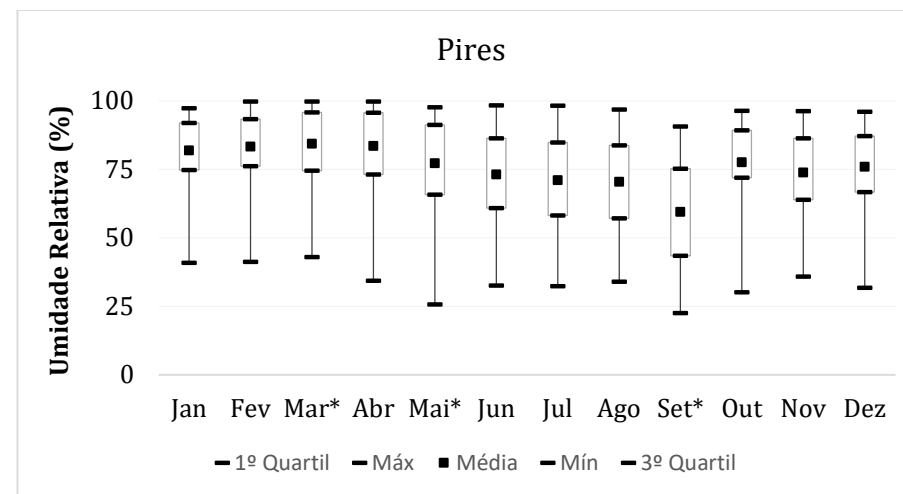
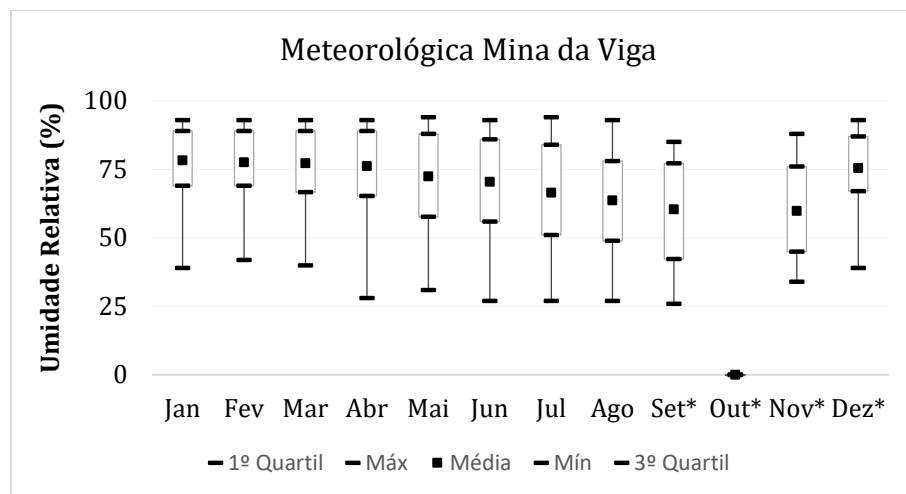


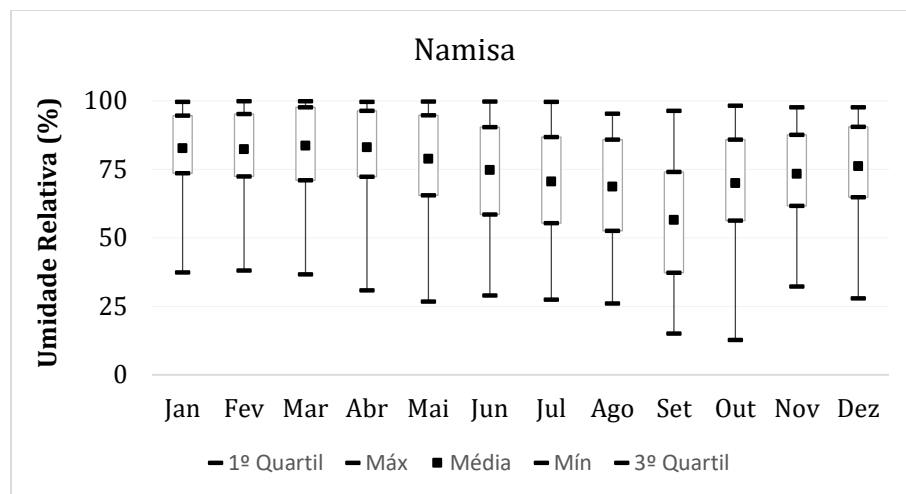




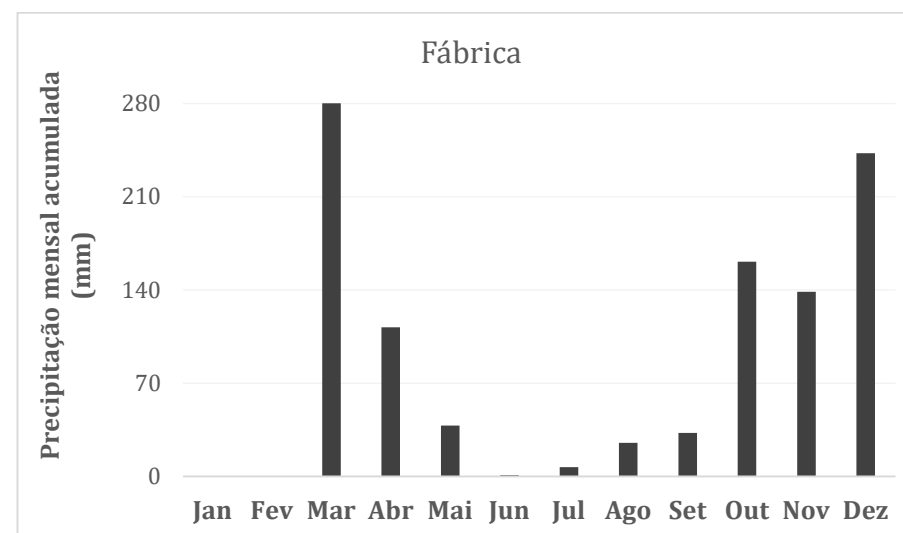
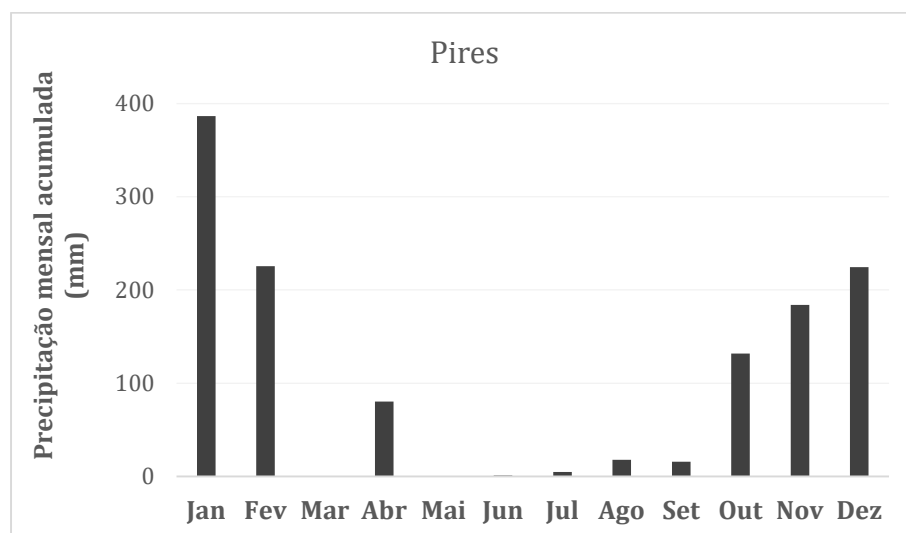
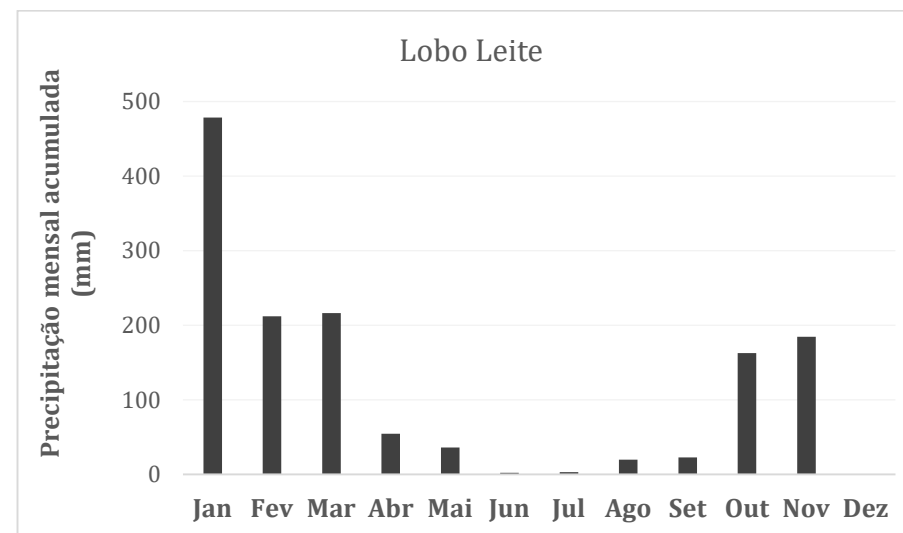
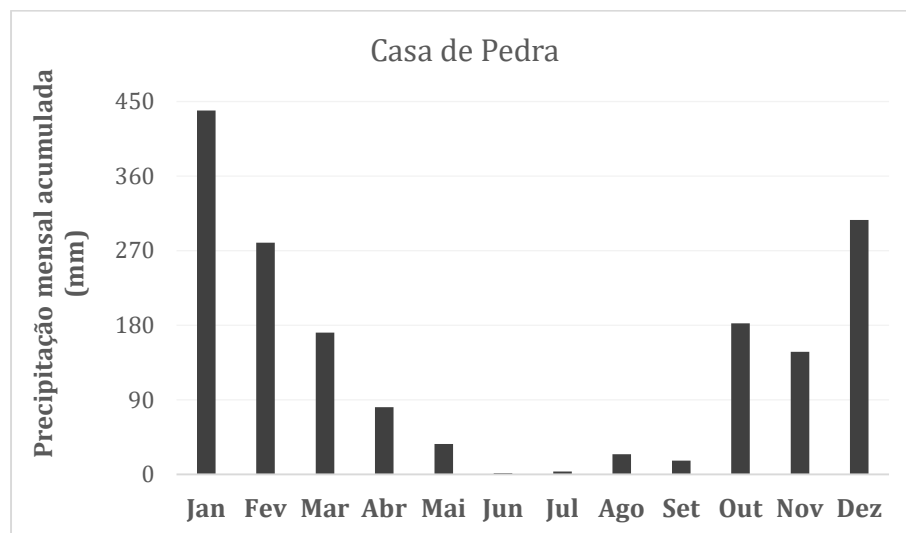
Umidade Relativa

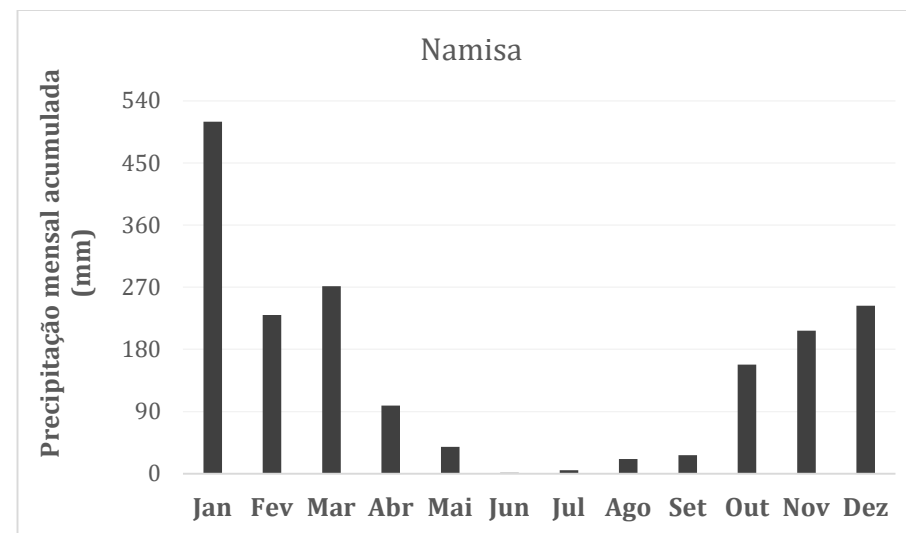
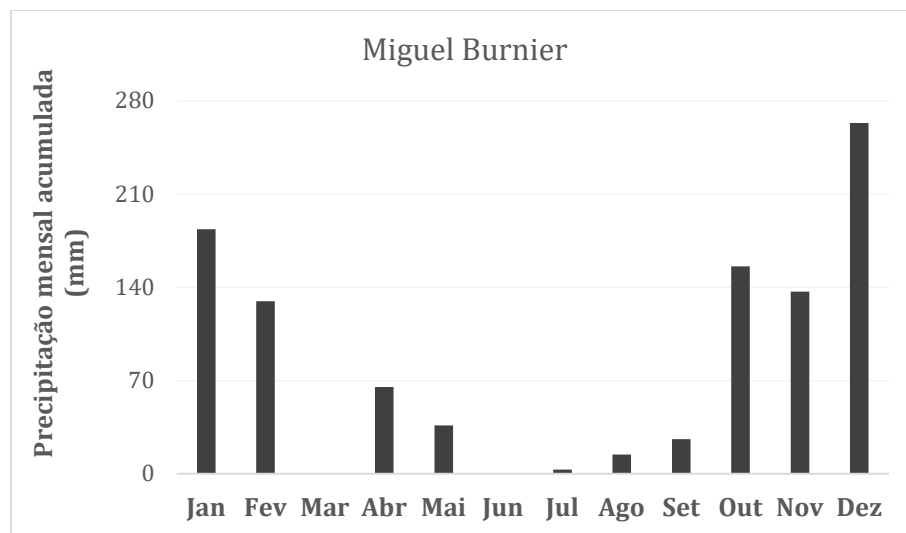




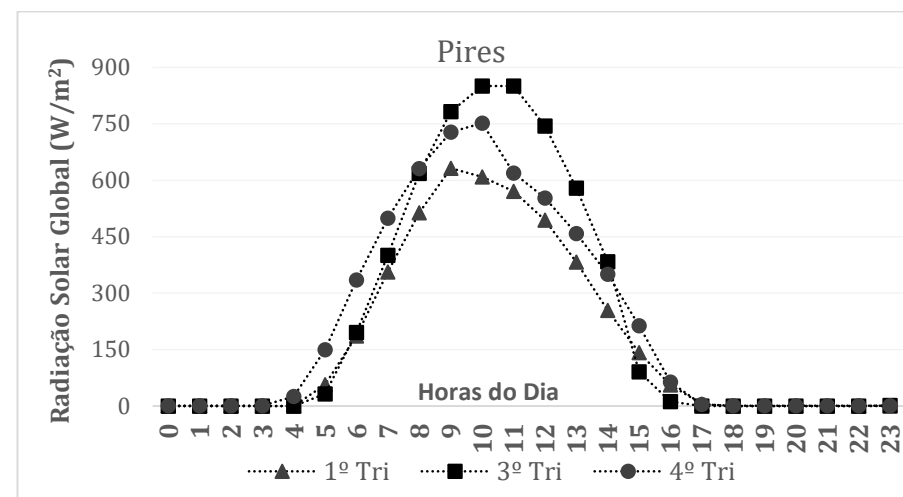
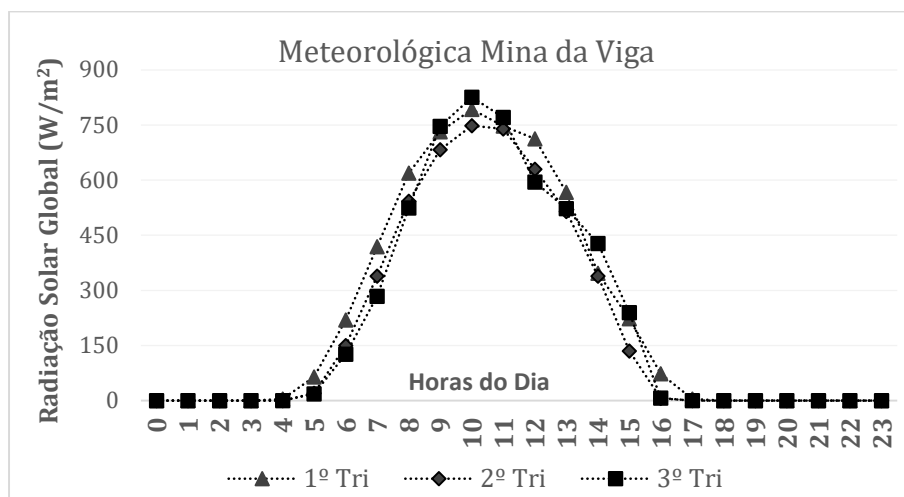
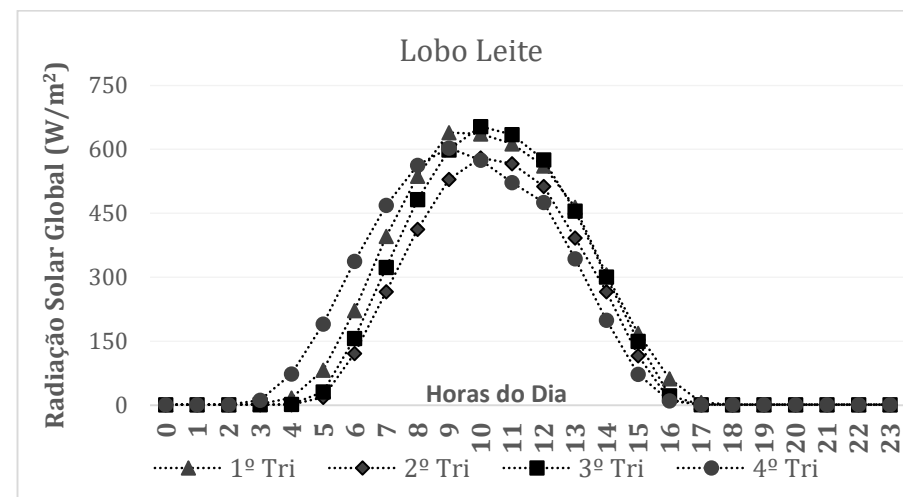
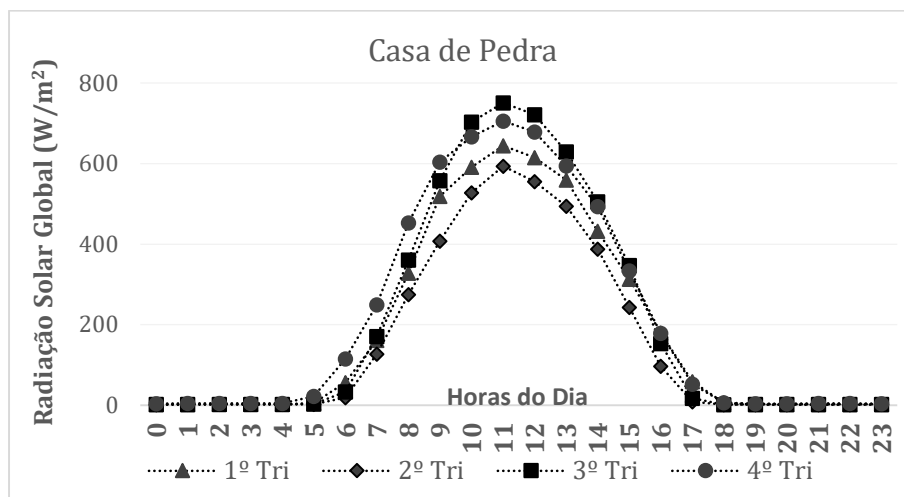


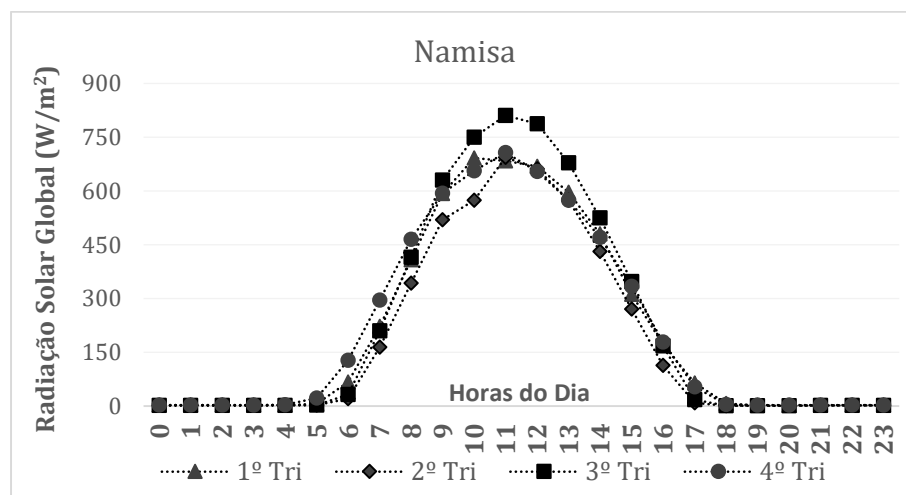
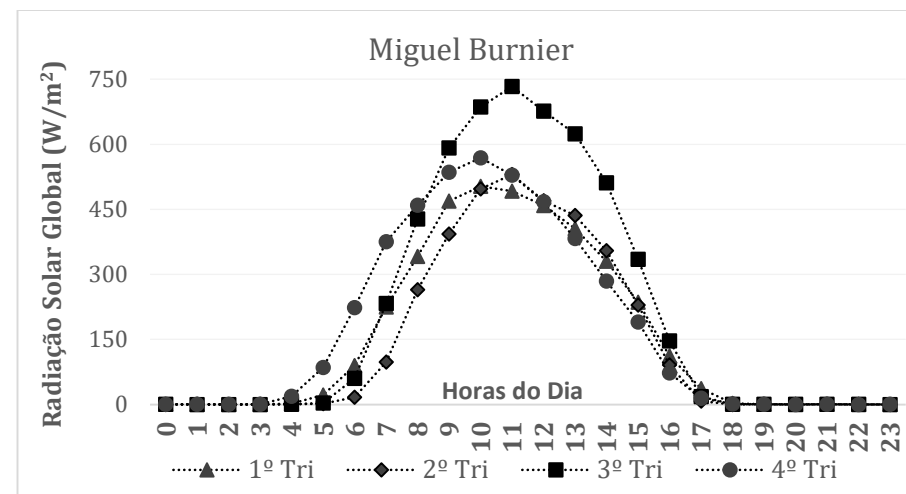
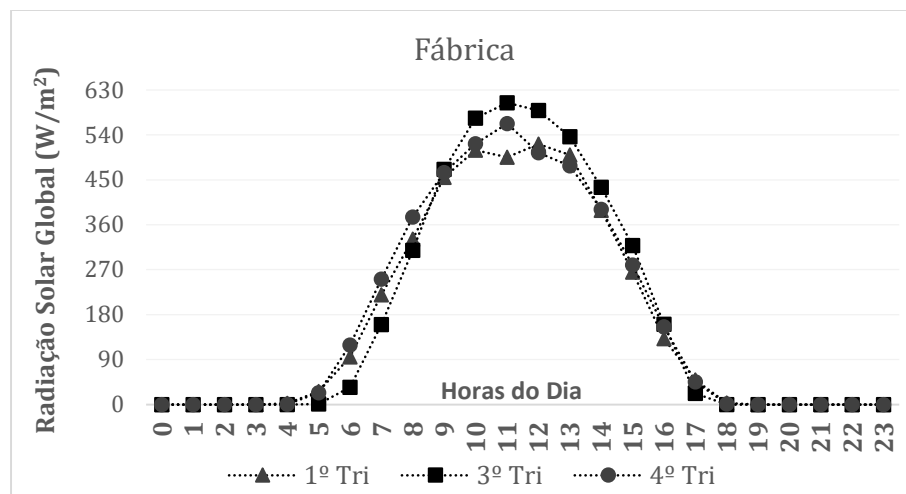
Precipitação Pluviométrica



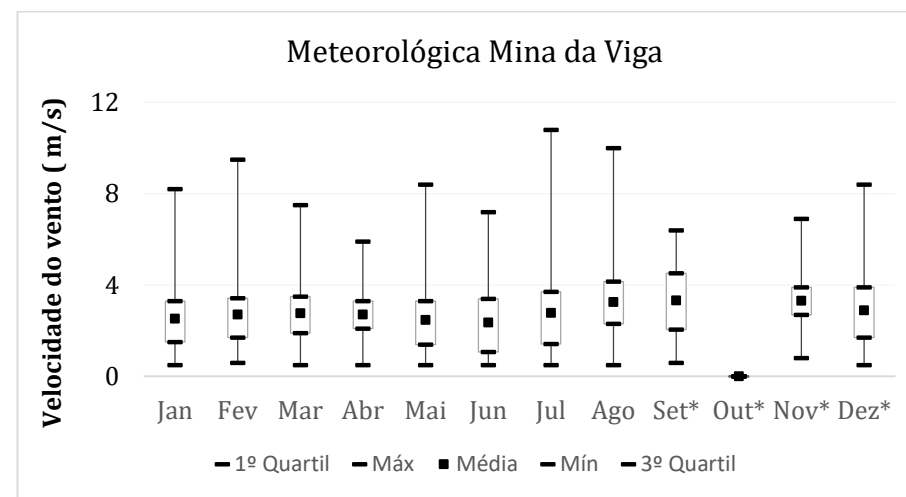
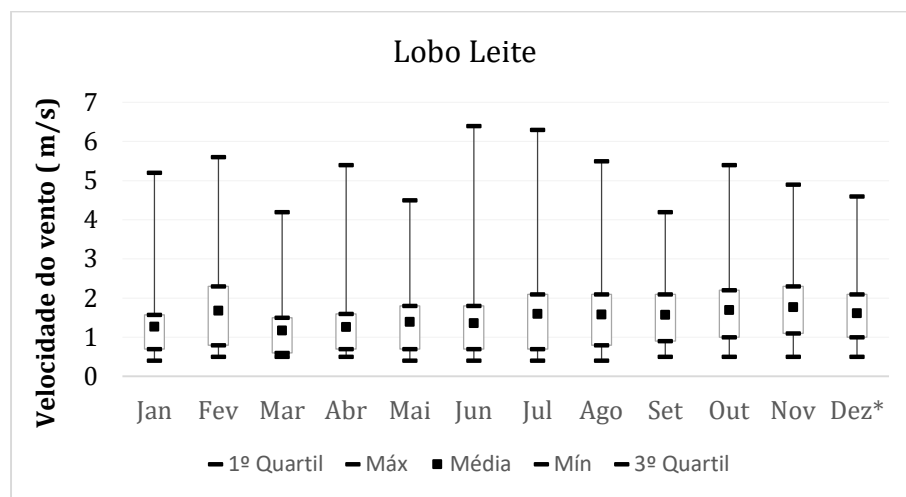
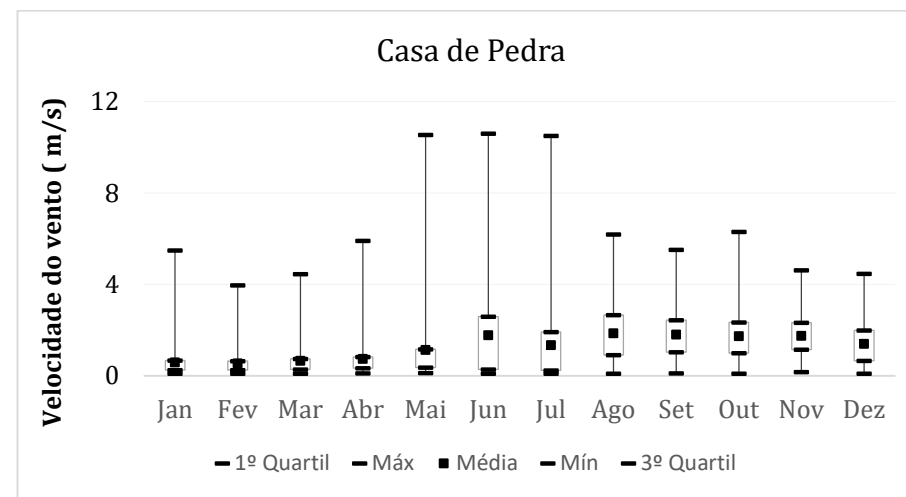
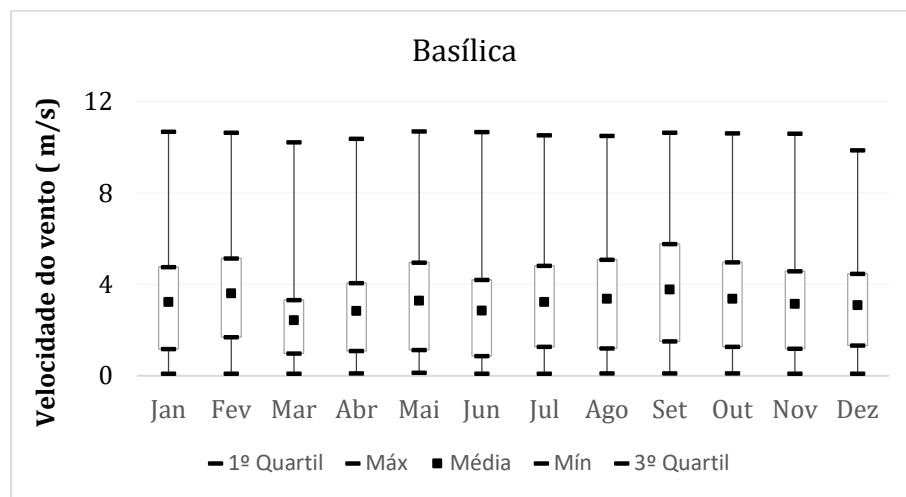


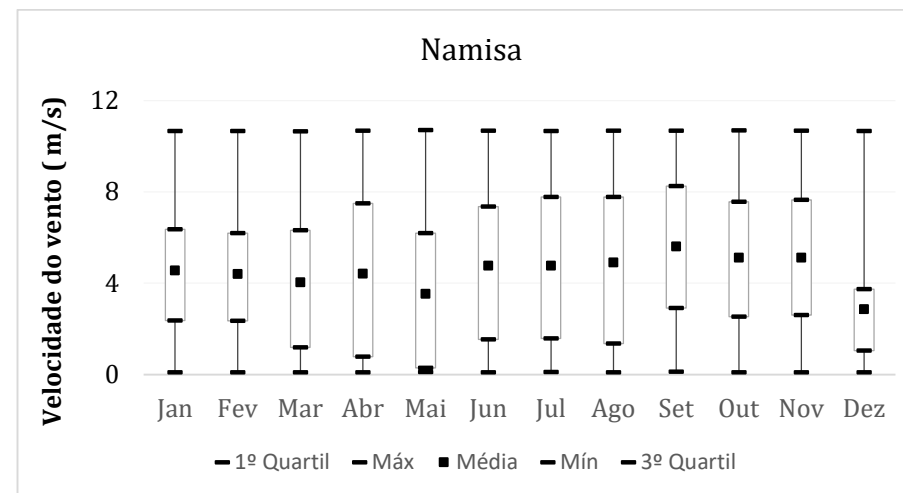
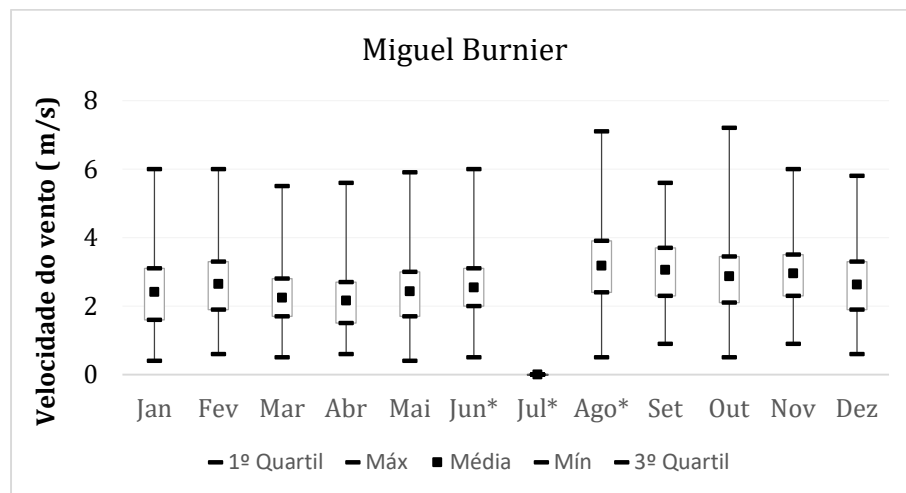
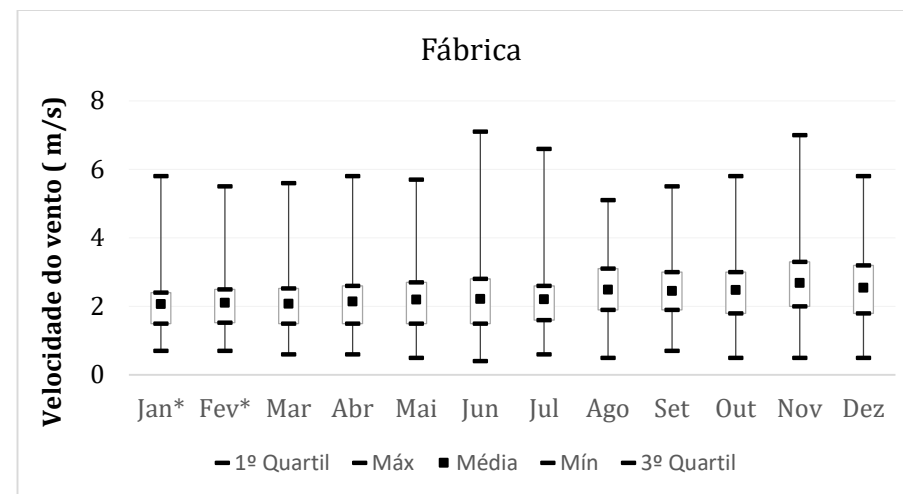
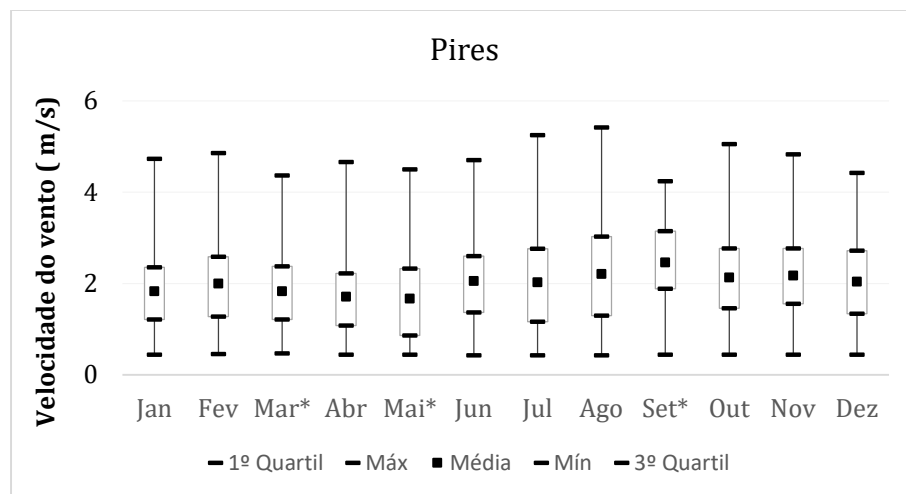
Radiação Solar



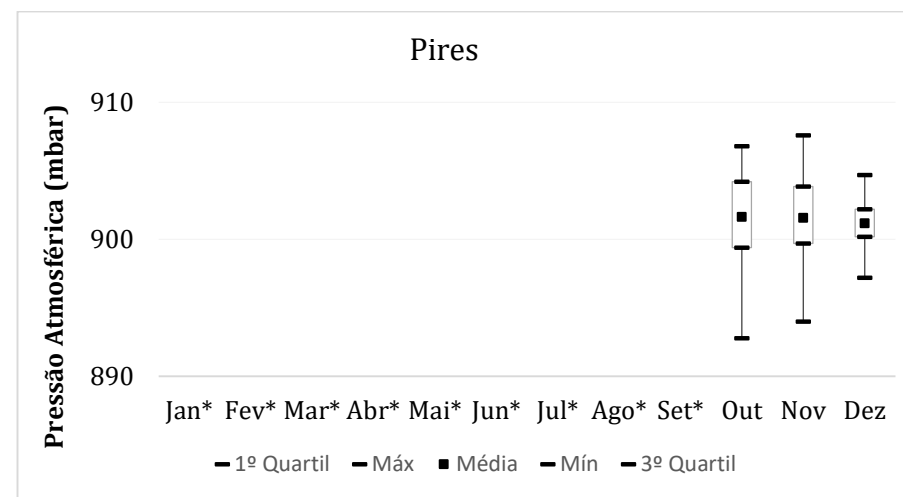
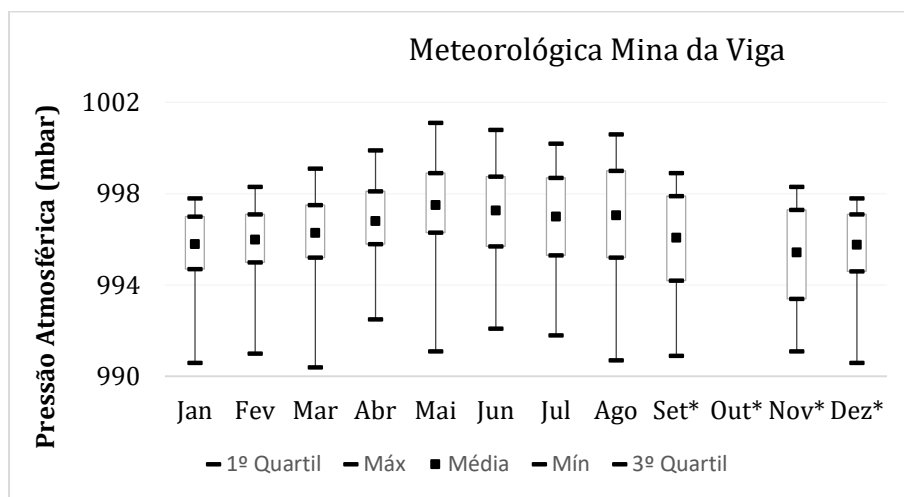
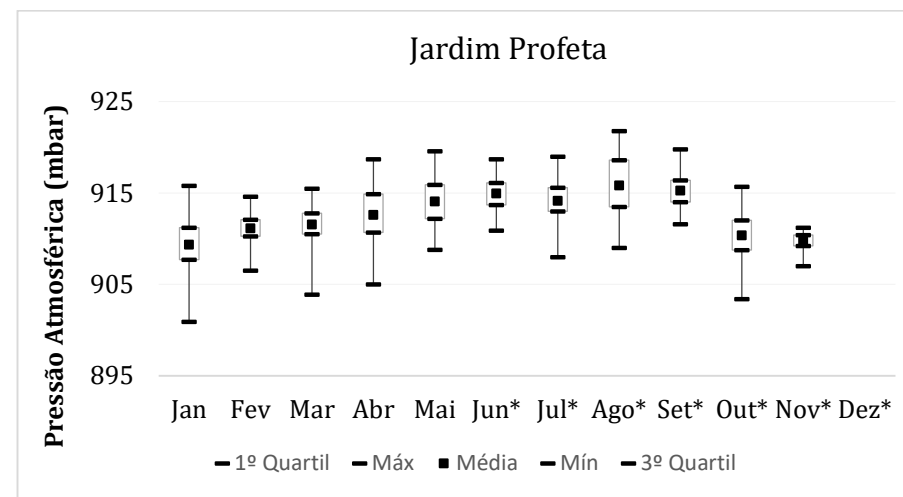
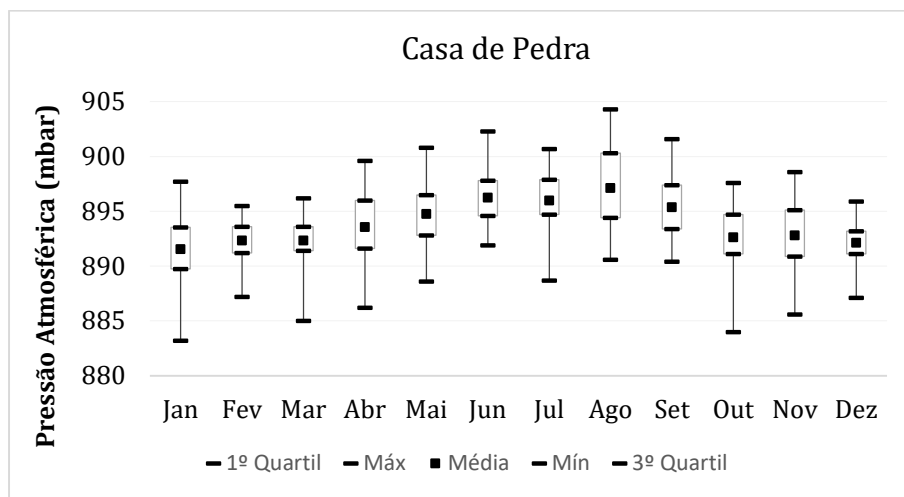


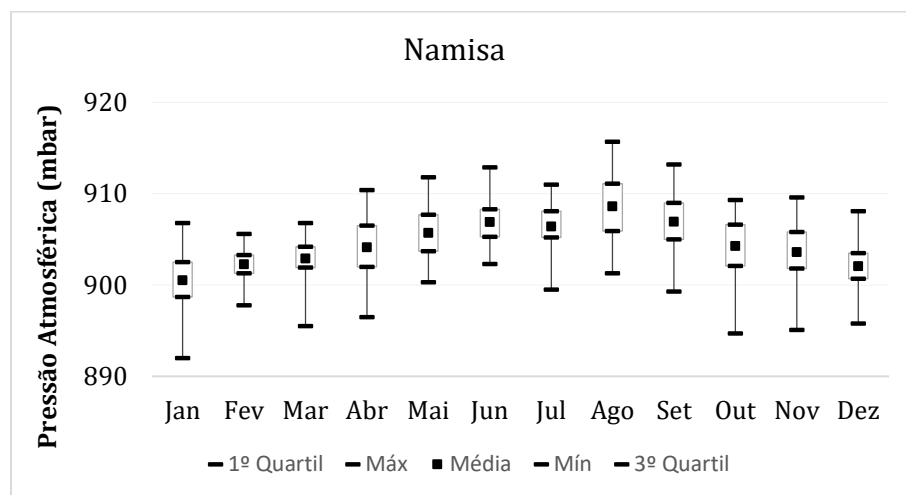
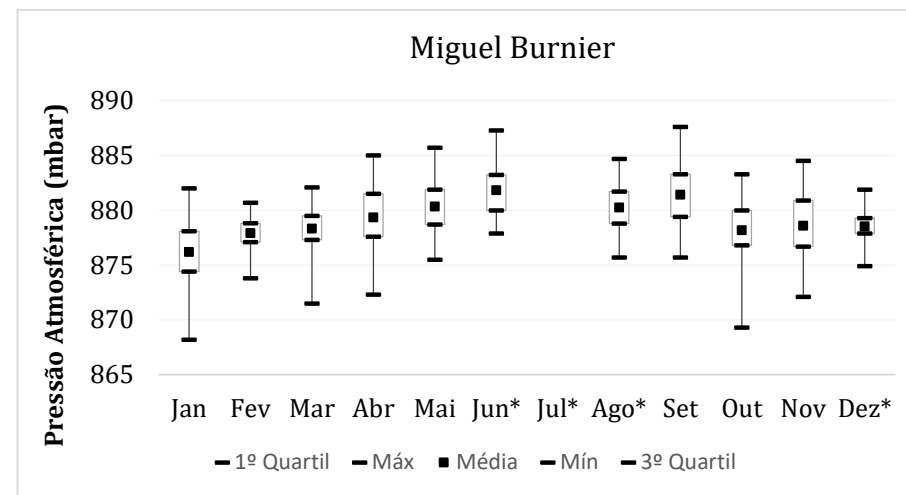
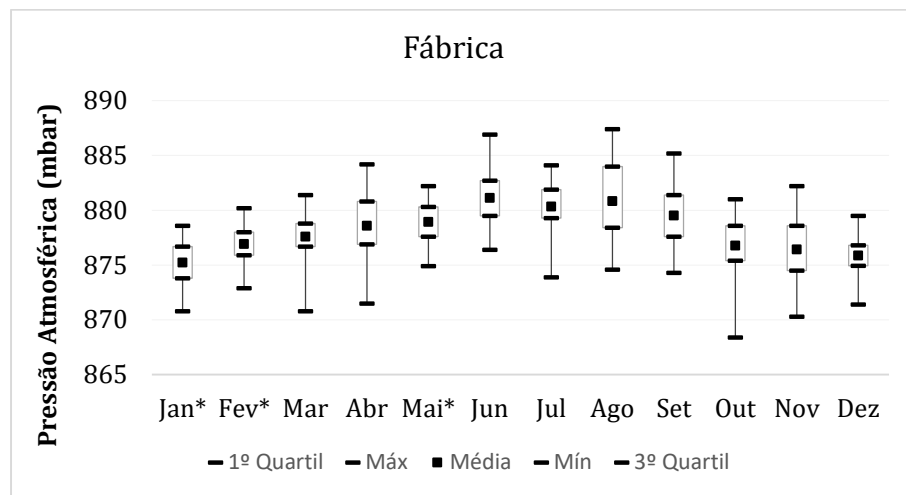
Velocidade do vento





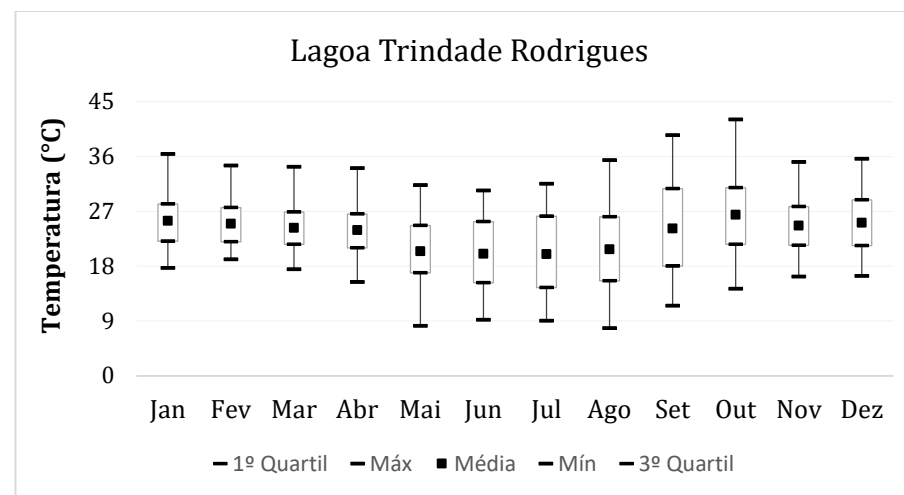
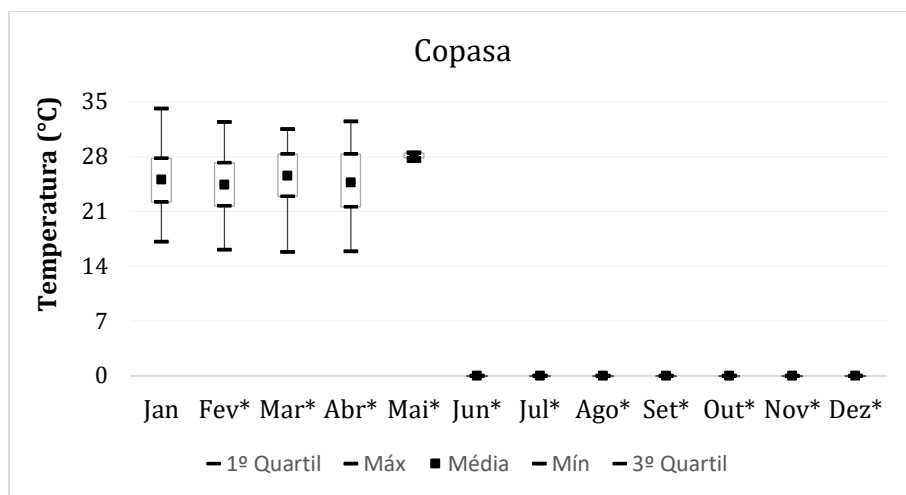
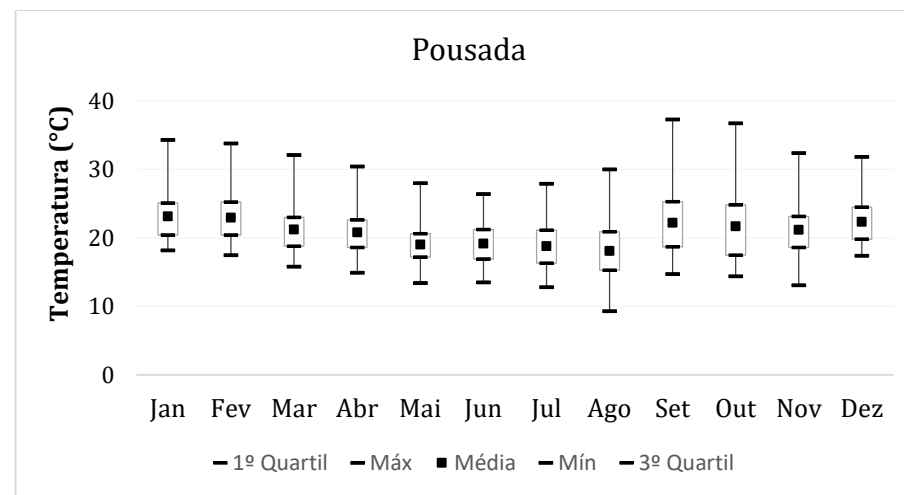
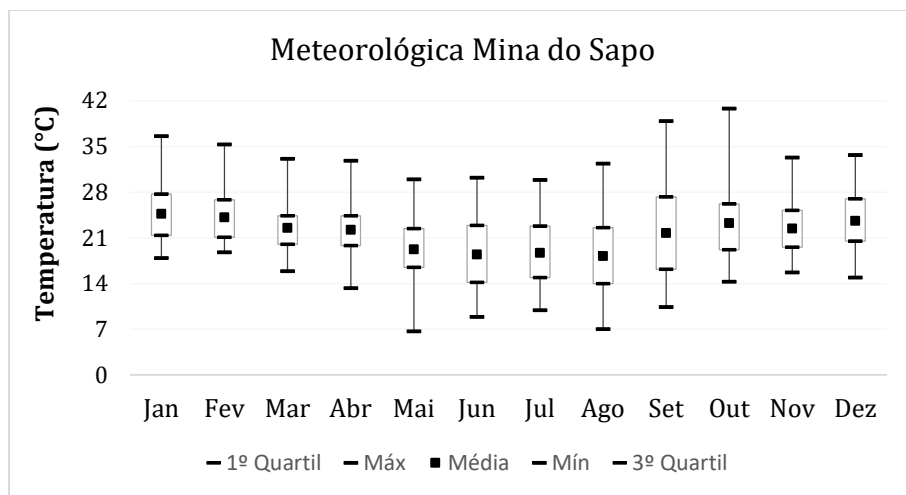
Pressão Atmosférica

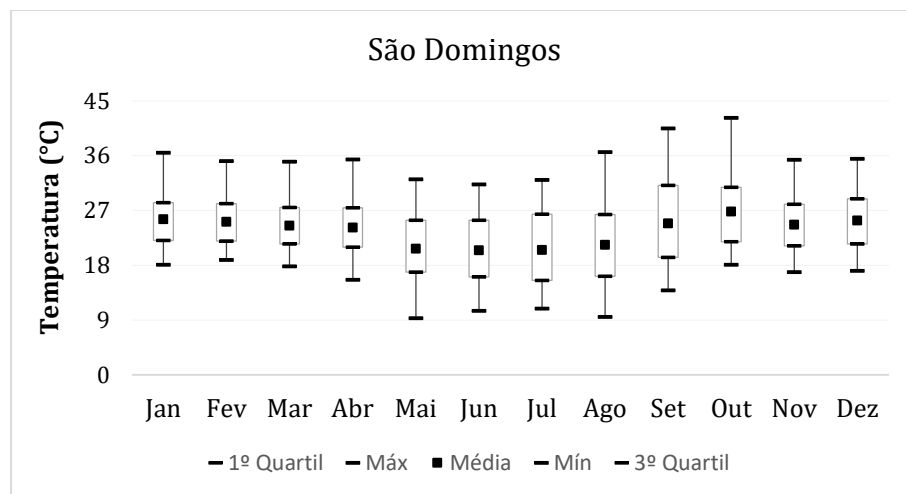




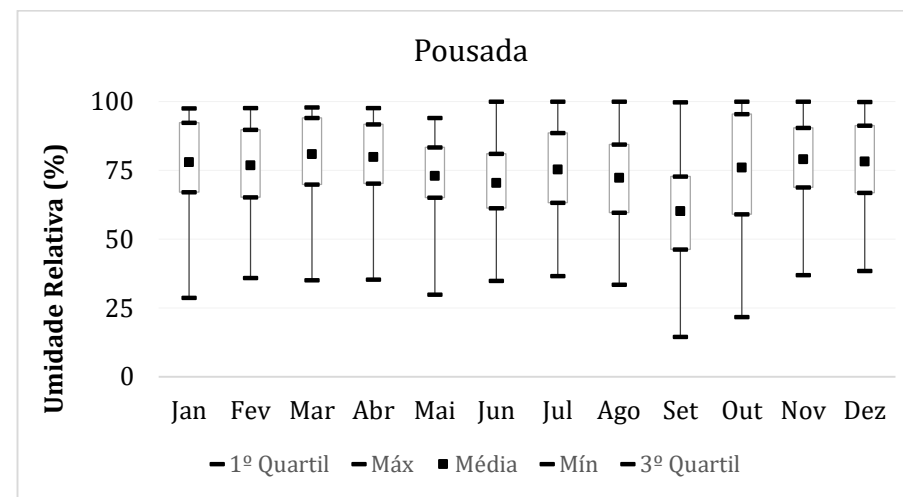
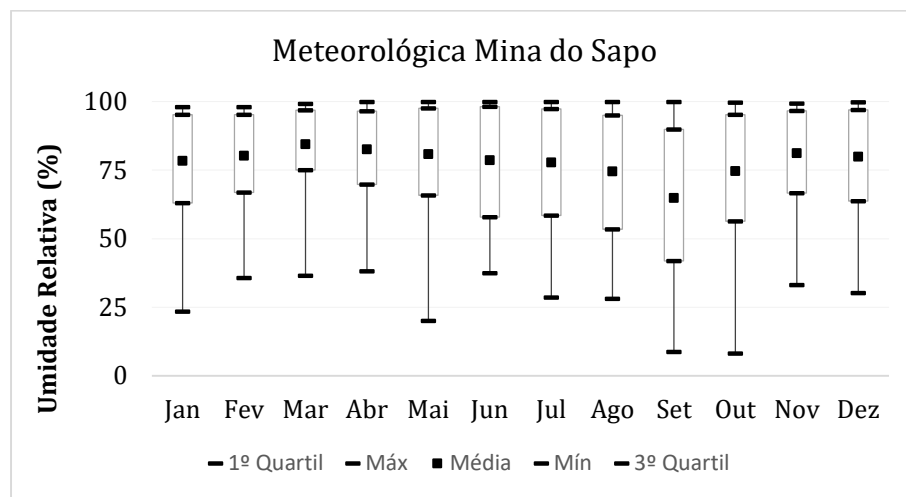
APÊNDICE E – DEMAIS MUNICÍPIOS

Temperatura

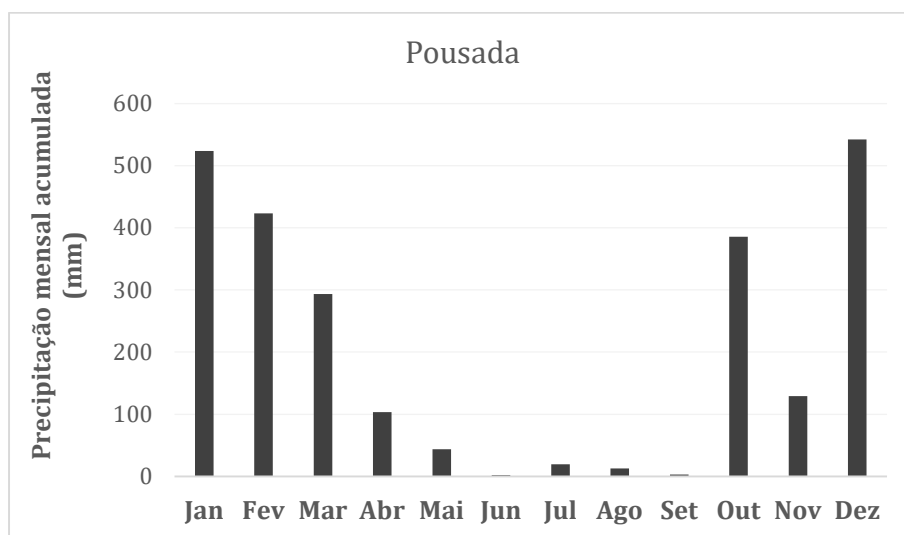
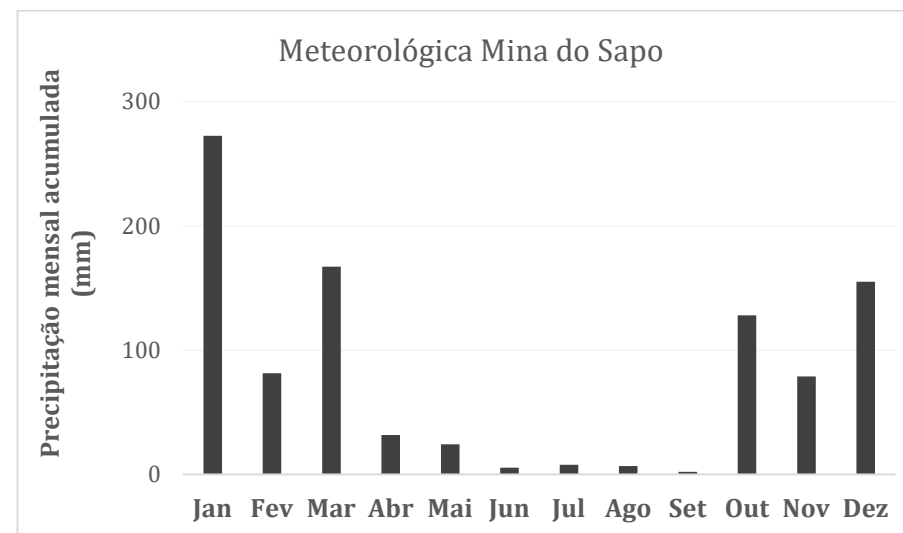
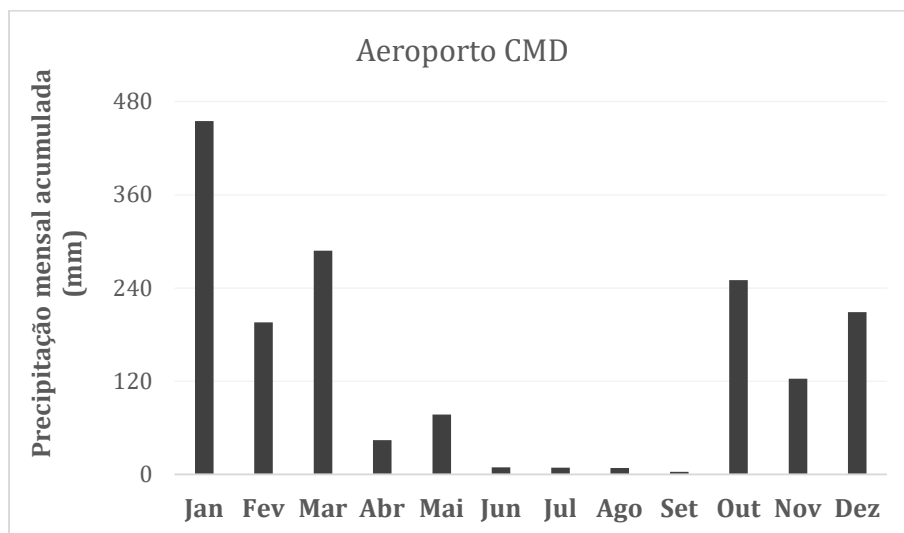




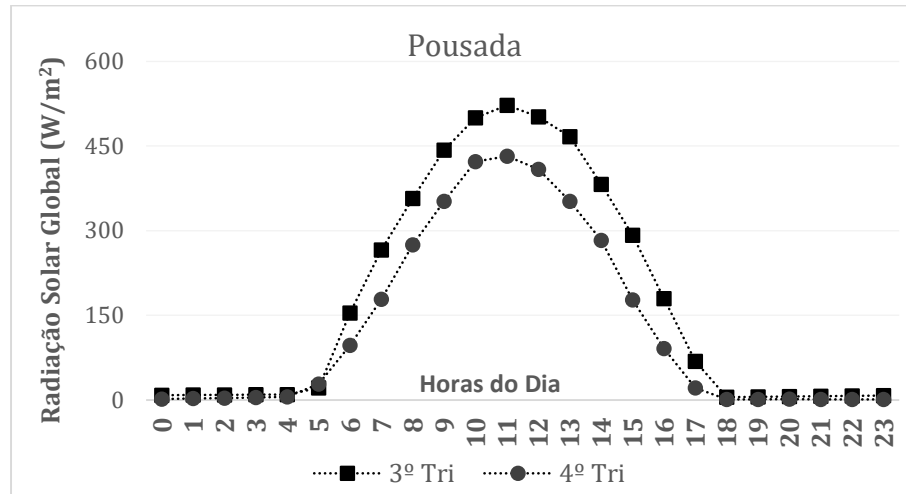
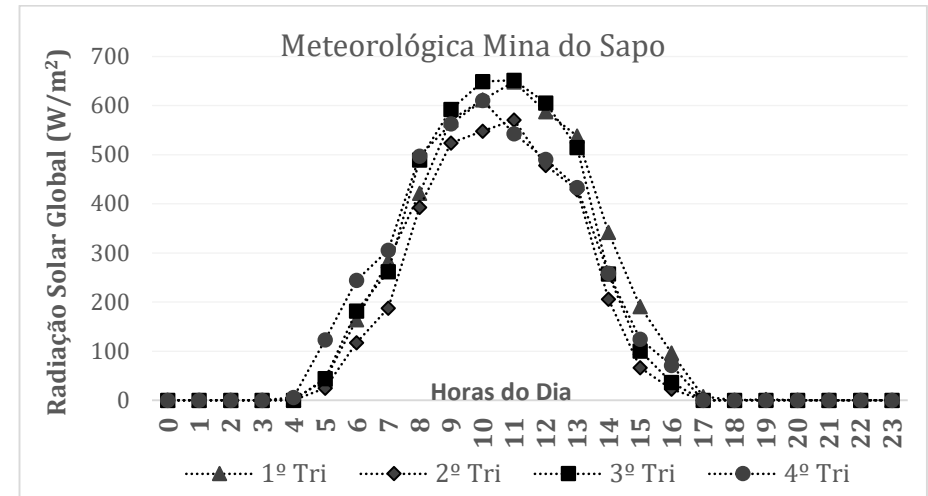
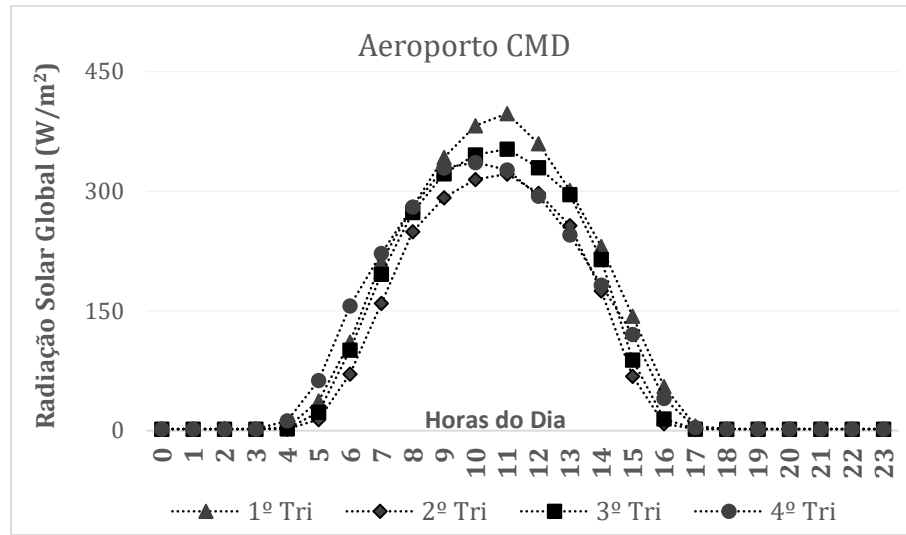
Umidade Relativa



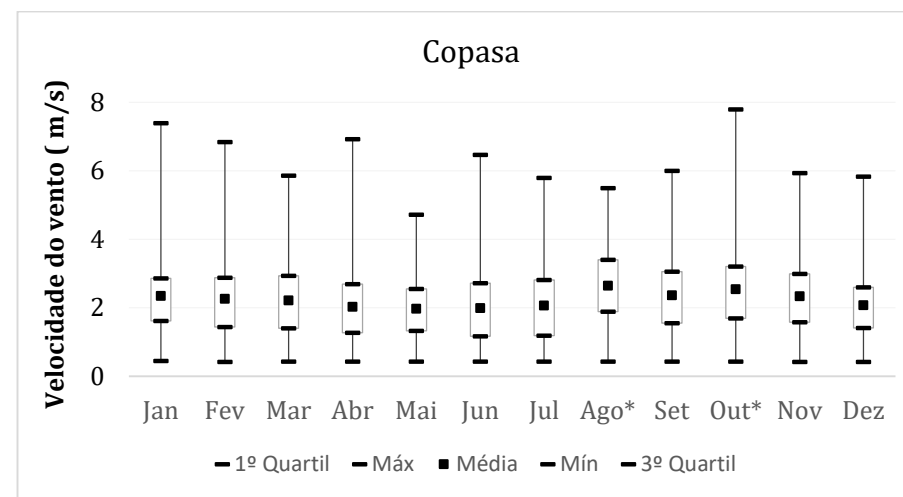
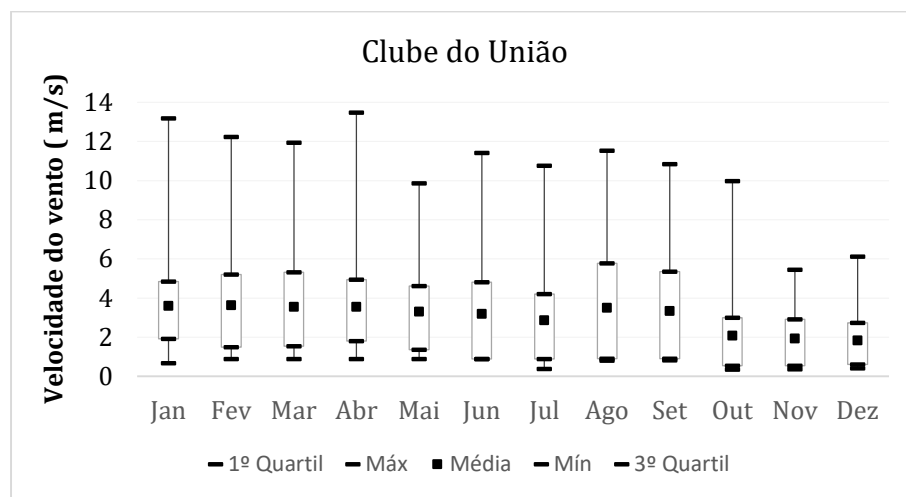
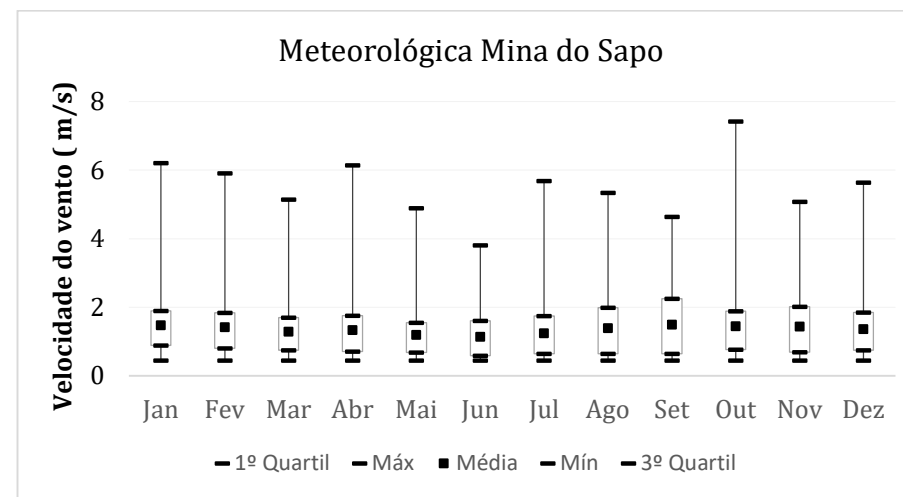
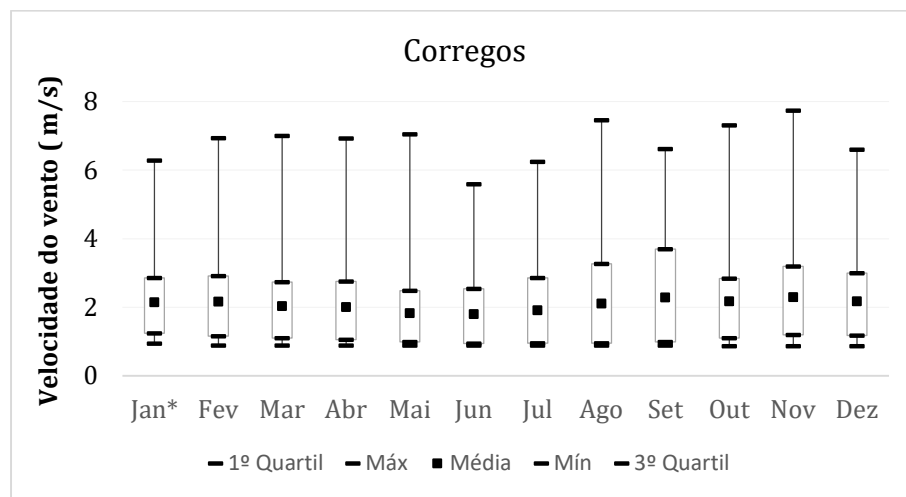
Precipitação Pluviométrica



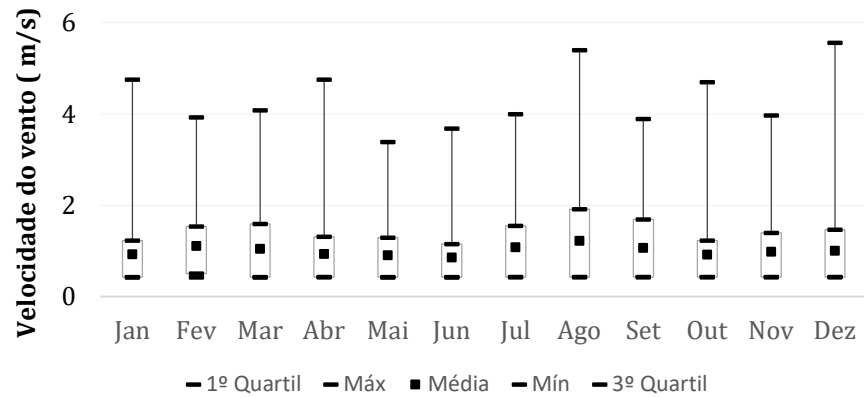
Radiação Solar



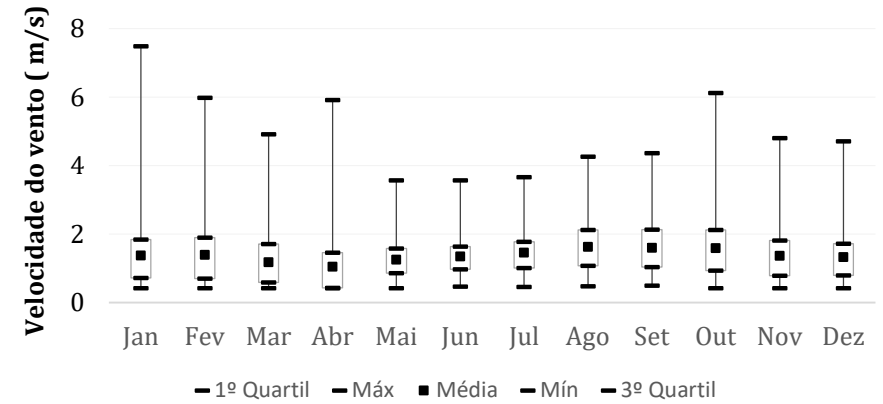
Velocidade do vento



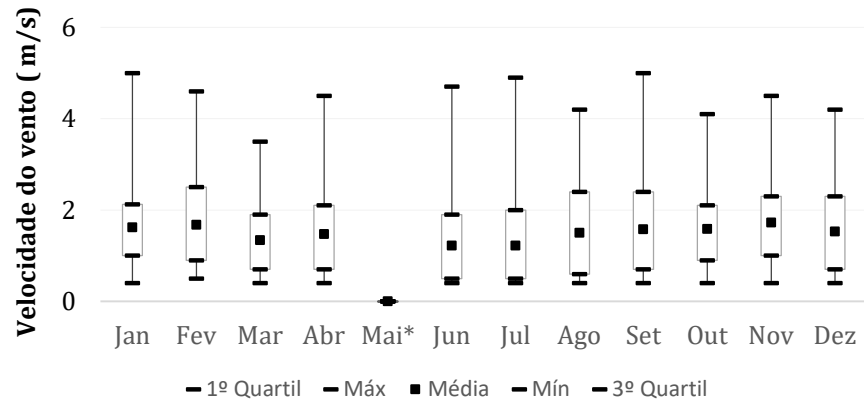
Lagoa Trindade Rodrigues



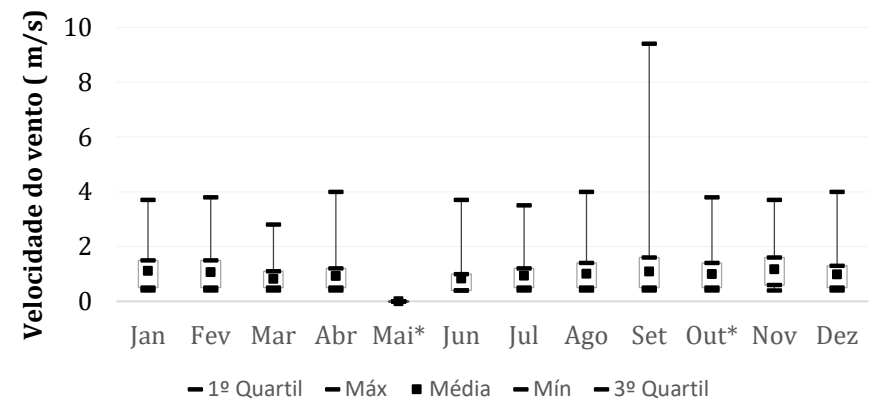
São Domingos

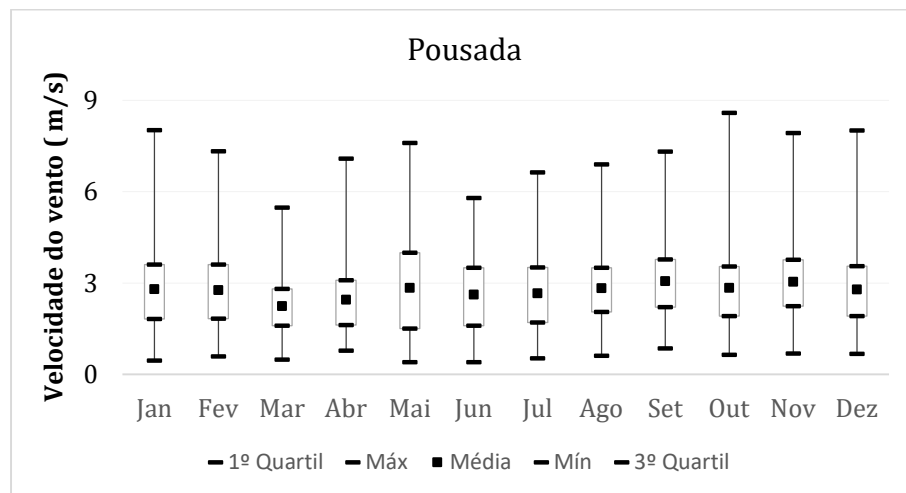
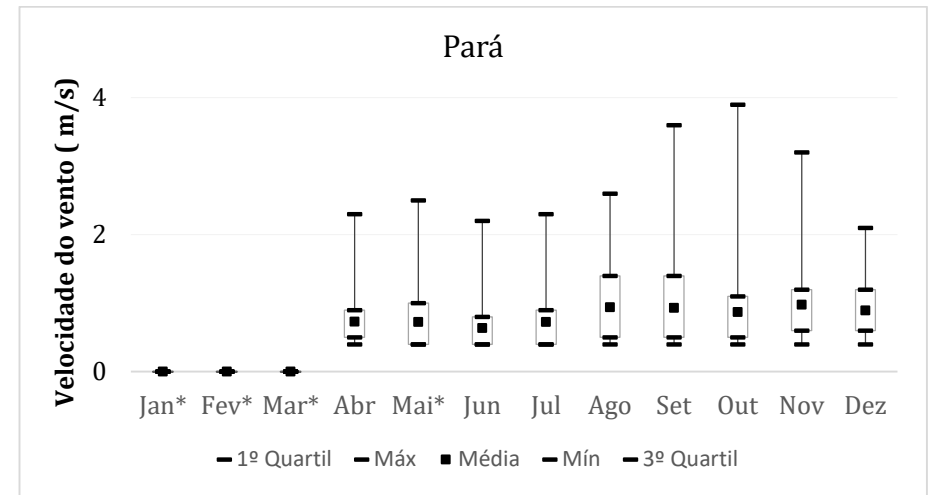
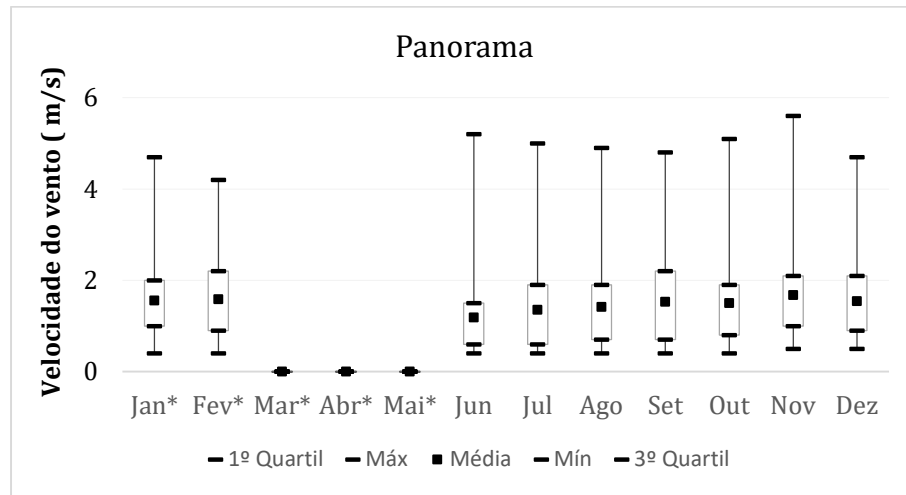


Félix

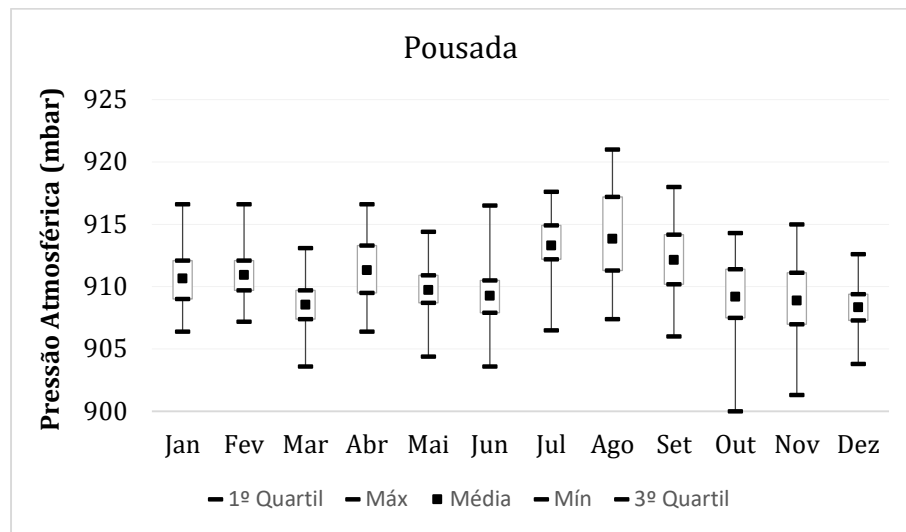
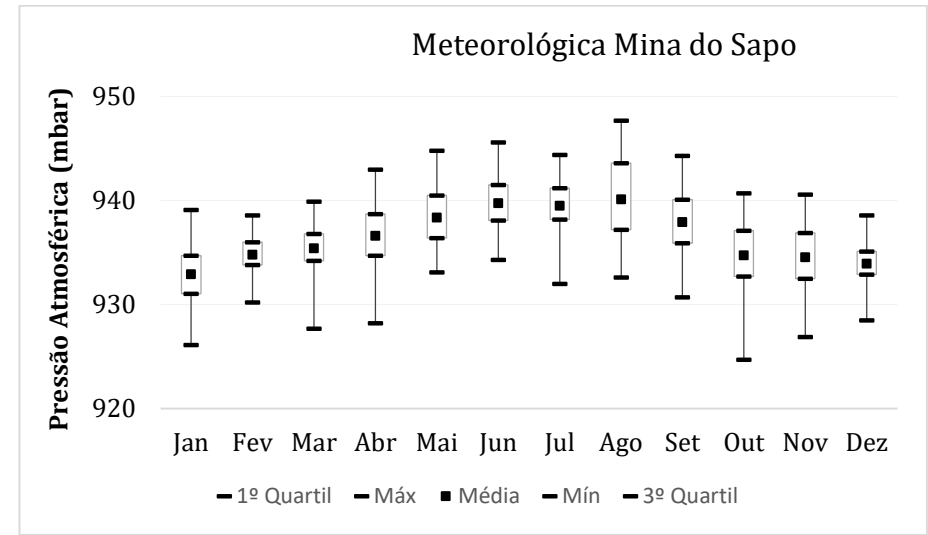
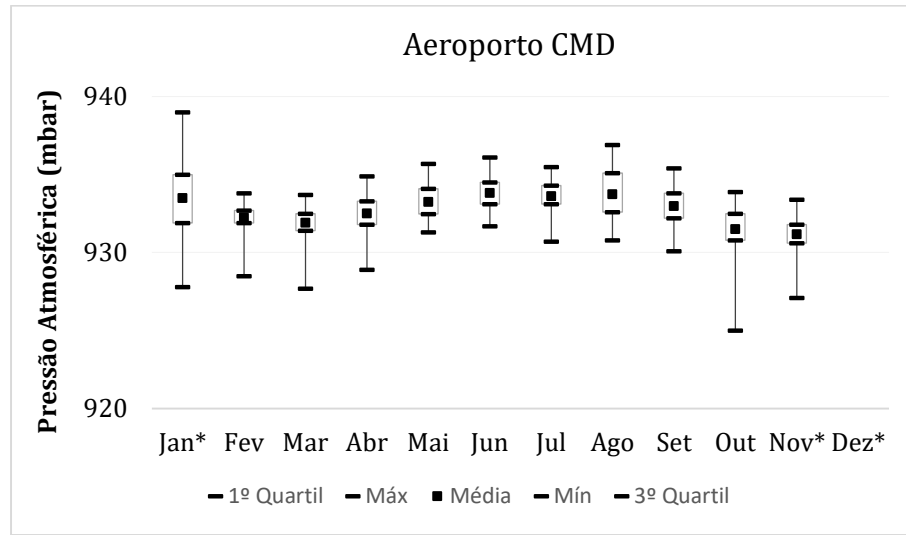


Major Lage





Pressão Atmosférica



APÊNDICE F – NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS MP₁₀

Município	Estação	Nº de ultrapassagens			
		PI-1	PI-2	PI-3	PF
Região Metropolitana de Belo Horizonte					
Belo Horizonte	Centro Av. do Contorno	1	1	6	29
	Delegacia Amazonas	0	0	0	0
	PUC Barreiro	0	0	1	14
	PUC São Gabriel	0	0	1	11
Betim	Alterosa	0	0	0	10
	Centro Adm. Betim	1	2	11	38
	Petrovale	0	0	0	5
Brumadinho	Comunidade do Feijão	0	2	6	22
	Pe. Vicente Assunção	0	0	7	24
	Parque da Cachoeira	0	1	4	9
Contagem	Cidade Industrial	0	0	0	7
Ibirité	Cascata	0	0	0	19
	Piratinunga	0	0	6	39
São José da Lapa	Célvia	0	0	1	16
	Centro	2	9	43	204
	Filhinha Gama	8	26	62	146
	Jardim Encantado	1	3	5	25
Região Metropolitana do Vale do Aço					
Coronel Fabriciano	SENAC Vale do Aço	0	0	0	0
Ipatinga	Bom Retiro	0	0	0	1
	Cariru	0	0	0	2
	Cidade Nobre	0	0	2	5
	Veneza	0	0	0	13
	Cecília Meireles	0	0	2	17
Timóteo	Escola Sementinha	1	8	23	93
	Hospital Vital Brazil	0	0	0	0
	SENAI/CFP	6	11	23	54
	Bacia do Rio Doce				
Barra Longa	Barra Longa Centro	0	0	0	0
	Barra Longa - Volta da Capela	0	0	0	5
	Gesteira	0	0	0	0
Mariana	Paracatu de Baixo	0	0	1	19
Rio Doce	Rio Doce	0	0	0	0
	Santana do Deserto	0	0	0	0
Santa Cruz do Escalvado	Novo Soberbo	0	0	0	0

Continuação...

Município	Estação	Nº de ultrapassagens			
		PI-1	PI-2	PI-3	PF
Congonhas e Ouro Preto					
Congonhas	Basílica	0	1	1	22
	Jardim Profeta	3	11	24	60
	Lobo Leite	3	17	57	151
	Matriz	0	3	30	110
	Novo Plataforma	0	0	0	29
	Pires	8	19	64	150
Ouro Preto	Motas	0	0	2	28
Demais municípios					
Conceição do Mato Dentro	Aeroporto CMD	0	0	1	6
	Corregos	0	0	1	10
	Sapo	0	0	0	2
Itabira	Félix	0	0	2	22
	Major Lage	0	0	1	10
	Panorama	0	0	0	7
	Pará	0	0	1	9
Paracatu	Clube do União	0	0	0	2
	Copasa	0	0	0	1
	Lagoa Trindade	0	0	3	13
	São Domingos	0	0	5	16
	Sérgio Ulhoa	0	4	24	84
Pirapora	FUNAM	3	9	27	133
	SAAE	1	3	19	88

APÊNDICE G – NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS MP_{2,5}

Município	Estação	Nº de ultrapassagens			
		PI-1	PI-2	PI-3	PF
Região Metropolitana de Belo Horizonte					
Belo Horizonte	Centro Av. do Contorno	0	0	1	4
	Delegacia Amazonas	0	0	0	6
	PUC Barreiro	0	0	0	10
	PUC São Gabriel	0	0	1	4
Betim	Alterosa	0	0	5	22
	Centro Adm. Betim	0	3	8	42
	Petrovale	0	0	1	4
Brumadinho	Comunidade do Feijão	0	0	3	15
	Pe. Vicente Assunção	0	0	2	15
	Parque da Cachoeira	0	0	2	9
Contagem	Cidade Industrial	0	1	9	27
Ibirité	Cascata	0	0	0	10
	Piratinunga	0	0	0	4
São José da Lapa	Célvia	0	0	0	1
	Centro	0	0	2	15
	Filhinha Gama	0	0	2	31
	Jardim Encantado	0	0	0	8
Região Metropolitana do Vale do Aço					
Coronel Fabriciano	SENAC Vale do Aço	0	0	1	55
Ipatinga	Bom Retiro	0	0	0	0
	Cariru	0	0	0	3
	Cidade Nobre	0	0	0	0
	Veneza	0	0	0	3
	Cecília Meireles	0	0	10	62
Timóteo	Escola Sementinha	0	1	20	80
	Hospital Vital Brazil	0	0	0	17
	Bacia do Rio Doce				
Barra Longa	Barra Longa Centro	0	0	0	0
	Barra Longa - Volta da Capela	0	0	0	0
	Gesteira	0	0	0	0
Mariana	Paracatu de Baixo	0	0	0	1
Rio Doce	Rio Doce	0	0	0	0
	Santana do Deserto	0	0	0	0
Santa Cruz do Escalvado	Novo Soberbo	0	0	0	0

Continuação....

Município	Estação	Nº de ultrapassagens			
		PI-1	PI-2	PI-3	PF
Congonhas e Ouro Preto					
Congonhas	Basílica	0	0	0	7
	Lobo Leite	0	0	7	32
	Matriz	0	0	6	42
	Novo Plataforma	0	0	0	6
Demais municípios					
Conceição do Mato Dentro	Aeroporto CMD	0	0	0	2
	Córregos	1	2	3	6
	Sapo	0	0	0	5
Itabira	Félix	0	0	0	0
	Major Lage	0	0	0	0
	Panorama	0	0	0	0
	Pará	0	0	0	0
Paracatu	Clube do União	0	0	4	13
	Sérgio Ulhoa	0	1	9	37

APÊNDICE H – NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS O₃

Município	Estação	N° de ultrapassagens			
		PI-1	PI-2	PI-3	PF
Região Metropolitana de Belo Horizonte					
Belo Horizonte	Centro Av. do Contorno	0	0	0	5
	PUC Barreiro	3	5	9	33
	PUC São Gabriel	2	5	8	24
Betim	Alterosa	0	2	3	19
	Centro Adm. Betim	0	0	0	4
	Petrovale	0	2	4	24
Contagem	Cidade Industrial	4	5	7	9
Ibirité	Cascata	0	0	0	4
	Piratinunga	0	0	0	1
Região Metropolitana do Vale do Aço					
Ipatinga	Bom Retiro	0	1	3	11
	Cariru	1	1	4	11
	Cidade Nobre	0	0	0	4
	Veneza	0	0	0	1
Congonhas e Ouro Preto					
Congonhas	Basílica	0	0	2	20
	Lobo Leite	15	24	28	37
Demais municípios					
Conceição do Mato Dentro	Aeroporto CMD	0	0	0	2

APÊNDICE I – NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS NO₂

Município	Estação	Nº de ultrapassagens			
		PI-1	PI-2	PI-3	PF
Região Metropolitana de Belo Horizonte					
Belo Horizonte	Centro Av. do Contorno	0	0	0	0
	Delegacia Amazonas	0	4	5	14
	PUC Barreiro	0	0	0	0
	PUC São Gabriel	0	0	0	0
Betim	Alterosa	0	0	0	1
	Centro Adm. Betim	0	1	1	1
	Petrovale	0	0	0	0
Contagem	Cidade Industrial	0	0	0	0
Ibirité	Cascata	0	0	0	0
	Piratinunga	0	0	0	0
Região Metropolitana do Vale do Aço					
Ipatinga	Bom Retiro	0	0	0	0
	Cariru	0	0	0	0
	Cidade Nobre	0	0	0	0
	Veneza	0	0	0	0
Congonhas e Ouro Preto					
Congonhas	Basílica	0	0	0	0
	Lobo Leite	0	0	0	0

APÊNDICE J – NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS DE SO₂

Município	Estação	Nº de ultrapassagens			
		PI-1	PI-2	PI-3	PF
Região Metropolitana de Belo Horizonte					
Belo Horizonte	Centro Av. do Contorno	0	0	0	0
	Delegacia Amazonas	0	0	0	5
	PUC Barreiro	0	0	0	1
	PUC São Gabriel	0	0	0	0
Betim	Alterosa	0	0	0	0
	Centro Adm. Betim	0	0	0	2
	Petrovale	0	0	0	2
Contagem	Cidade Industrial	0	0	0	0
Ibirité	Cascata	0	0	1	1
	Piratininga	0	0	0	0
Região Metropolitana do Vale do Aço					
Ipatinga	Bom Retiro	0	0	0	0
	Cariru	0	0	0	0
	Cidade Nobre	0	0	0	0
	Veneza	0	0	0	0
Congonhas e Ouro Preto					
Congonhas	Basílica	0	0	0	0
	Lobo Leite	0	0	0	0

MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**GOVERNO
DE MINAS**

AQUI O TREM PROSPERA.