

RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO
DA **QUALIDADE DO AR**
NA GRANDE VITÓRIA

2024



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO





GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO

RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO
DA **QUALIDADE DO AR** NA
GRANDE VITÓRIA

2024



Cariacica
2025



**GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO**

José Renato Casagrande
Governador

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - SEAMA

Felipe Rigoni Lopes
Secretário



**INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE
E RECURSOS HÍDRICOS**

Mario Stella Cassa Louzada
Diretor Geral

Gilberto Arpini Sipioni
Diretor Setorial Técnico

Rafael Almeida Lovo
Diretor Setorial Administrativo-Financeiro

Ficha técnica

Gerência de Controle e Licenciamento Geral – GGE

Delanie Lima da Costa Tienne - Engenheira Florestal
Gerente de Controle e Licenciamento Geral

Coordenação de Qualidade do Ar e Áreas Contaminadas - CQA

Vinicius Rocha Silva, Esp - Tecnólogo em Saneamento Ambiental
Coordenador de Qualidade do Ar e Áreas Contaminadas

Equipe técnica

Carolina Francisco Tonani, Ma. - Tecnóloga em Saneamento Ambiental
Tecnóloga em Saneamento Ambiental

Caroline dos Santos Machado, Ma. - Engenheira Química,
Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Fernanda Soares Benvindo, Ma. - Engenheira Química
Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Franco Força Lima, Bel. - Engenheiro Química
Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Ingrid Ananias Silveira Vieira, Esp. - Engenheira civil.
Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Jessé Lourenço Souza Caitano - Técnico em Químico
Técnico de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Mariana Guedes Guimarães, Ma. - Engenheira Ambiental
Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Takahiko Hashimoto Junior, Esp. - Engenheiro Ambiental
Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos

Apresentação

O Relatório Anual da Qualidade do Ar de 2024 da Região Metropolitana da Grande Vitória, elaborado pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Iema), reafirma o compromisso do Governo do Estado do Espírito Santo com a transparência, a saúde da população e a sustentabilidade ambiental.

Com base nos dados obtidos ao longo do ano de 2024, o documento apresenta uma análise detalhada da qualidade do ar na região, a partir das informações geradas pelas duas redes operadas pelo Iema: a Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar (RAMQAr) e a Rede Manual de Monitoramento de Partículas Sedimentáveis (RMPS). Juntas, essas redes permitem um diagnóstico técnico abrangente sobre a presença e o comportamento dos principais poluentes atmosféricos que impactam a Grande Vitória.

A publicação deste relatório também atende ao que estabelece a Lei Federal nº 14.850/2024, que institui a Política Nacional de Qualidade do Ar e define como atribuição dos Estados a produção anual de informações sobre a evolução da qualidade do ar, em linguagem clara e acessível. O Espírito Santo está entre os primeiros estados a se adequar a essa exigência com base técnica sólida e visão estratégica.

Os dados apresentados refletem os esforços do Governo do Estado para manter e ampliar o monitoramento ambiental, garantir a operação qualificada das redes e produzir conhecimento técnico que sirva de base para decisões públicas, controle de emissões e planejamento urbano mais sustentável.

Ao tornar públicas essas informações, o Iema contribui para que a sociedade capixaba conheça melhor a qualidade do ar que respira e possa acompanhar, com transparência, as ações de proteção e cuidado com o meio ambiente.

Mário Stella Cassa Louzada
Diretor-geral
Iema

Listas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Região Metropolitana da Grande Vitória.	11
Figura 2: Feições de relevo da área de estudo. Fonte: Iema (2024)	13
Figura 3: Normais climatológicas da estação Vitória (Temperatura e Precipitação) - 1991 - 2020.....	17
Figura 4: Temperaturas médias da região metropolitana da Grande Vitória.	18
Figura 5: Precipitação anual média da região metropolitana da Grande Vitória.	19
Figura 6: Localização das estações de monitoramento automáticas na Região Metropolitana da Grande Vitória.	33
Figura 7: Aparato para coleta de partículas sedimentáveis.	42
Figura 8: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Laranjeiras (EMQAr01) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).	72
Figura 9: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Jardim Camburi (EMQAr03) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).	79
Figura 10: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Enseada do Suá (EMQAr04) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).	80
Figura 11: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Ibes (EMQAr06) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).	84
Figura 12: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Vila Capixaba (EMQAr08) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).	88
Figura 13: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Praia do Canto (EMQAr10) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Densidade demográfica na RMGV em 2022.....	14
Tabela 2: Fontes, características e efeitos dos principais poluentes atmosféricos.	22
Tabela 3: Padrões nacionais e estaduais de qualidade do ar.	28
Tabela 4: Concentração dos poluentes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para determinação dos níveis de atenção, alerta e emergência.....	29
Tabela 5: Descrição das classes, índices e valores limites de concentração para determinação do IQAr.	31
Tabela 6: Dados de localização das estações da RAMQAr.	32

Tabela 7: Descrição da área de influência das estações da RAMQAr.	35
Tabela 8: Parâmetros monitorados pelas estações da RAMQAr em 2024.	36
Tabela 9: Situação operacional da RAMQAR RGV por poluente monitorado em Dezembro/2024.	38
Tabela 10: Localização dos pontos de monitoramento de partículas sedimentáveis, em operação e desativados.	41
Tabela 11: Descrição dos critérios de representatividade dos parâmetros.	44
Tabela 12: Disponibilidade dos equipamentos de pluviometria ao longo do ano de 2024.	48
Tabela 13: Temperaturas médias mensais	53
Tabela 14: Temperaturas máximas mensais	53
Tabela 15: Temperaturas mínimas mensais	54
Tabela 16: Disponibilidade dos equipamentos de medição de pressão atmosférica ...	57
Tabela 17: Disponibilidade dos equipamentos de medição de radiação solar.	58
Tabela 18: Médias mensais e anual de radiação solar	59
Tabela 19: Máximas mensais de radiação solar.	60
Tabela 20: Disponibilidade dos equipamentos de medição de umidade relativa	62
Tabela 21: Médias mensais para o parâmetro Umidade Relativa	63
Tabela 22: Mínimas mensais de umidade relativa registradas em cada estação ao longo de 2024.	64
Tabela 23: Disponibilidade de dados válidos de medição do parâmetro Velocidade do Vento nas estações da RAMQAR-RGV no ano de 2024.	66
Tabela 24: Disponibilidade de dados válidos de medição do parâmetro Direção do Vento nas estações da RAMQAR-RGV no ano de 2024.	67
Tabela 25: Percentual de disponibilidade mensal de dados (válidos) dos equipamentos de MP2,5 nas estações.	97
Tabela 26: Total de ultrapassagens de médias móveis de 24h ao padrão OMS para o poluente MP2,5.	99
Tabela 27: Série histórica das médias anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Material Particulado <MP2,5.	100
Tabela 28: Percentual de disponibilidade mensal de dados (válidos) dos equipamentos de MP10 nas estações.	108
Tabela 29: Total de ultrapassagens de médias móveis de 24h ao padrão OMS para o poluente MP2,5.	109
Tabela 30: Série histórica das médias anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para o poluente MP10.	111
Tabela 31: Percentual de disponibilidade mensal de dados (válidos) dos equipamentos de PTS nas estações.	119
Tabela 32: Número de médias móveis de 24h com valores válidos medidos para cada estação, por mês e anual, para o poluente SO ₂	132

Tabela 33: Histórico das médias anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de SO_2	134
Tabela 34: Número de médias móveis de 24h que ultrapassaram os valores limites de concentração de SO_2 no ano de 2024.....	136
Tabela 35: Disponibilidade de equipamentos de leitura de NO_2 para cada estação ao longo dos meses de 2024.....	142
Tabela 36: Quantitativo de ultrapassagens dos padrões estabelecidos para o parâmetro NO_2 no ano de 2024.....	144
Tabela 37: Histórico das médias anuais de NO_2 em $\mu\text{g}/\text{m}^3$	145
Tabela 38: Percentual de médias móveis de 8h válidas para cada estação ao longo do ano.	152
Tabela 39: Histórico das médias anuais de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	154
Tabela 40: Número de médias móveis de 8h que ultrapassaram os valores limites de concentração de O_3 no ano de 2024.	157
Tabela 42: Percentual de médias móveis (8h) válidas medidos para cada estação, para o poluente CO em 2024.	161
Tabela 43: Série histórica das médias anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para o poluente CO.	163
Tabela 44: Listagem de ultrapassagens aos padrões nacionais ou à recomendação da OMS para o poluente CO.....	164
Tabela 45: Máximas médias de 24h e média geométrica anual (ppm) para o poluente HCNM ao longo do ano de 2024.	169
Tabela 46: Distribuição dos poluentes que tiveram predominância do cálculo de IQAr (em %).	171

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV1 - Laranjeiras. 49	
Gráfico 2: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV2 - Carapina.... 49	
Gráfico 3: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV3 – Jardim Camburi..... 50	
Gráfico 4: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV4 – Enseada do Suá. 50	
Gráfico 5: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV5 – Centro de Vitória. 51	
Gráfico 6: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV6 – Ibes..... 51	
Gráfico 7: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV8 – Vila Capixaba. 52	
Gráfico 8: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV10 – Praia do Canto. 52	

Gráfico 9: Temperatura média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr – RGV2 - Carapina.	54
Gráfico 10: Perfil das temperaturas médias ao longo de 24h do dia.	55
Gráfico 11: Pressão atmosférica média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr - RGV2 - Carapina.....	56
Gráfico 12: Pressão atmosférica média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr – RGV4 – Enseada do Suá.....	56
Gráfico 13: Pressão atmosférica média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr – RGV10 – Praia do Canto.	57
Gráfico 14: Perfil da radiação solar ao longo do dia, do ano em 2023, para a estação EMQAr – RGV4 – Enseada do Suá.....	59
Gráfico 15: Radiação solar média mensal e máxima na estação EMQAr – RGV4 – Enseada do Suá.....	60
Gráfico 16: Umidade média mensal, máxima e mínima na estação RAMQAr04 – Enseada do Suá.....	65
Gráfico 17: Perfil da umidade ao longo do dia, do ano em 2024, para a estação EMQAr – RGV4 – Enseada do Suá.....	65
Gráfico 18: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR01 – Laranjeiras no ano de 2024.	67
Gráfico 19: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR02 – Carapina no ano de 2024.	68
Gráfico 20: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR03 – Jardim Camburi no ano de 2024.	68
Gráfico 21: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR04 – Enseada do Suá no ano de 2024.....	69
Gráfico 22: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR06 – Ibes no ano de 2024.	69
Gráfico 23: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR8 – Vila Capixaba no ano de 2024.	70
Gráfico 24: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR10 – Praia do Canto no ano de 2024.	70
Gráfico 25: Rosa dos ventos (anual) para estação EMQAr – RGV1 (Laranjeiras)- Ano de 2024.....	72
Gráfico 26: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2024 – EMQAr – RGV1 (Laranjeiras).....	73
Gráfico 27: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr – RGV1 (Laranjeiras).....	73
Gráfico 28: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr – RGV1 (Laranjeiras).....	74

Gráfico 29: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr – RGV1 (Laranjeiras).	74
Gráfico 30: Rosa dos ventos para estação EMQAr - RGV2 (Carapina)- Ano de 2024....	75
Gráfico 31: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2024 – EMQAr - RGV2 (Carapina).	76
Gráfico 32: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr - RGV2 (Carapina).	76
Gráfico 33: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr - RGV2 (Carapina).	77
Gráfico 34: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr - RGV2 (Carapina).	77
Gráfico 35: Rosa dos ventos para estação EMQAr – RGV3 (Jardim Camburi) - Ano de 2024.....	78
Gráfico 36: Rosa dos ventos para estação EMQAr – RGV4 (Enseada do Suá) - Ano de 2024.....	79
Gráfico 37: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2024 – EMQAr – RGV4 (Enseada do Suá).	81
Gráfico 38: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr - RGV4 (Enseada do Suá).....	81
Gráfico 39: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr - RGV4 (Enseada do Suá).	82
Gráfico 40: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr - RGV4 (Enseada do Suá).....	82
Gráfico 41: Rosa dos ventos para estação EMQAr – RGV6 (Ibes)- Ano de 2024.	83
Gráfico 42: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2024 – EMQAr – RGV6 (Ibes).....	85
Gráfico 43: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr – RGV6 (Ibes).	85
Gráfico 44: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr - RGV6 (Ibes).....	86
Gráfico 45: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr - RGV6 (Ibes).	86
Gráfico 46: Rosa dos ventos para estação EMQAr – RGV8 (Vila Capixaba) - Ano de 2024.....	87
Gráfico 47: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2024 – EMQAr – RGV8 (Vila Capixaba).....	89
Gráfico 48: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr – RGV8 (Vila Capixaba).	89
Gráfico 49: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr - RGV8 (Vila Capixaba).	90

Gráfico 50: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr - RGV8 (Vila Capixaba).	90
Gráfico 51: Rosa dos ventos para estação EMQAr – RGV10 (Praia do Canto) - Ano de 2024.....	91
Gráfico 52: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr – RGV10 (Praia do Canto).....	93
Gráfico 53: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr - RGV10 (Praia do Canto).....	93
Gráfico 54: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr - RGV10 (Praia do Canto).	94
Gráfico 55: Máximas médias móveis de 24h calculadas para o poluente MP2,5 no ano de 2024 e comparação com o limite legal vigente e à recomendação da OMS (2021).....	98
Gráfico 56: Médias anuais de 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para Material Particulado < MP2,5.	99
Gráfico 57: Série histórica das médias anuais para o poluente Material Particulado <MP2,5.....	100
Gráfico 58: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 01 - Laranjeiras.....	102
Gráfico 59: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 02 - Carapina.....	102
Gráfico 60: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 04 – Enseada do Suá.....	102
Gráfico 61: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 05 – Vitória Centro.	102
Gráfico 62: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 08 – Vila Capixaba.	103
Gráfico 63: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 09 – Cidade Continental.	103
Gráfico 64: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 10 – Praia do Canto.....	103
Gráfico 65: Perfil das concentrações de MP2,5 nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).	104
Gráfico 66: Máximas médias móveis de 24h calculadas para o poluente MP10 no ano de 2024 e comparação com o limite legal vigente e à recomendação da OMS (2021).....	109
Gráfico 67: Médias anuais de 2024 para Partículas Inaláveis (PM10).....	110
Gráfico 68: Série histórica das médias anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos últimos 10 anos para o poluente MP10.	111

Gráfico 69: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 02 - Carapina.	113
Gráfico 70: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 03 – Jardim Camburi.	113
Gráfico 71: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 04 – Enseada do Suá.	113
Gráfico 72: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 05 – Vitória Centro.	113
Gráfico 73: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 08 – Vila Capixaba.	114
Gráfico 74: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 09 – Cidade Continental.	114
Gráfico 75: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 10 – Praia do Canto.	114
Gráfico 76: Perfil das concentrações de MP10 nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).	115
Gráfico 77: Máximas médias móveis de 24h calculadas para o poluente PTS no ano de 2024 e comparação com os limites legais vigentes.	120
Gráfico 78: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV1 – Laranjeiras.	123
Gráfico 79: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV2 – Carapina.	123
Gráfico 80: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV3 – Jardim Camburi.	123
Gráfico 81: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV4 – Enseada do Suá.	123
Gráfico 82: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV5 – Vitória Centro.	124
Gráfico 83: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV6 – Ibes.	124
Gráfico 84: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV8 – Vila Capixaba.	124
Gráfico 85: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV9 – Ilha do Boi (Hotel Senac).	124
Gráfico 86: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV10 – Ilha do Boi (Clube Ítalo).	125
Gráfico 87: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV11 – Cidade Continental.	125

Gráfico 88: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV13 – Praia do Canto.	125
Gráfico 89: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV14 – Carapebus.....	125
Gráfico 90: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV1 – Laraneiras.....	126
Gráfico 91: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV2 – Carapina.....	126
Gráfico 92: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV3 – Jardim Camburi.....	127
Gráfico 93: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV4 – Enseada do Suá.....	127
Gráfico 94: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV5 – Vitória Centro.....	128
Gráfico 95: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV6 – Ibes.....	128
Gráfico 96: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV8 – Vila Capixaba.....	129
Gráfico 97: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV9 – Ilha do boi (Hotel Senac).....	129
Gráfico 98: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV10 – Ilha do Boi (Clube Ítalo).....	130
Gráfico 99: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV11 – Cidade Continental.....	130
Gráfico 100: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV13 – Praia do Canto.....	131
Gráfico 101: Série histórica de partículas sedimentáveis (g/m ² .30dias) da estação RMPS RGV14 – Carapebus.....	131
Gráfico 102: Médias anuais para SO ₂ , ano base 2024.....	133
Gráfico 103: Série histórica das médias anuais (µg/m ³) para SO ₂ para os últimos 10 anos.....	134
Gráfico 104: Máximas médias de 24h das concentrações de SO ₂ em (µg/m ³).....	135
Gráfico 105: Médias horárias de concentração de SO ₂ (µg/m ³) para a estação EMQAR 01 – Laranjeiras para o ano de 2023.....	137
Gráfico 106: Médias horárias de concentração de SO ₂ (µg/m ³) para a estação EMQAR 03 – Jardim Camburi para o ano de 2023.....	137
Gráfico 107: Médias horárias de concentração de SO ₂ (µg/m ³) para a estação EMQAR 04 – Enseada do Suá para o ano de 2023.....	137

Gráfico 108: Médias horárias de concentração de SO ₂ (µg/m ³) para a estação EMQAR 05 – Vitória Centro para o ano de 2023.....	137
Gráfico 109: Médias horárias de concentração de SO ₂ (µg/m ³) para a estação EMQAR 06 – Ibes para o ano de 2023.....	138
Gráfico 110: Médias horárias de concentração de SO ₂ (µg/m ³) para a estação EMQAR 08 – Vila Capixaba para o ano de 2023.....	138
Gráfico 111: Perfil das concentrações de SO ₂ nas estações da RAMQAR com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).....	139
Gráfico 112: Médias anuais para NO ₂ , ano base 2024.....	143
Gráfico 113: Série histórica das médias anuais (em µg/m ³) para NO ₂ para os últimos 10 anos.....	145
Gráfico 114: Máximas médias em 24h das concentrações de NO ₂ em µg/m ³	146
Gráfico 115: Máximas médias de 1h das concentrações de NO ₂ em µg/m ³	147
Gráfico 116: Distribuição horária média de NO ₂ (µg/m ³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 01 – Laranjeiras para 2024.	148
Gráfico 117: Distribuição horária média de NO ₂ (µg/m ³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 03 – Jardim Camburi para 2024.	148
Gráfico 118: Distribuição horária média de NO ₂ (µg/m ³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 04 – Enseada do Suá para 2024.	148
Gráfico 119: Distribuição horária média de NO ₂ (µg/m ³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 05 – Vitória Centro para 2024.....	148
Gráfico 120: Distribuição horária média de NO ₂ (µg/m ³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 06 – Ibes para 2024.....	149
Gráfico 121: Distribuição horária média de NO ₂ (µg/m ³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 08 – Vila Capixaba para 2024.....	149
Gráfico 122: Perfil das concentrações de NO ₂ nas estações da RAMQAR com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).....	150
Gráfico 123: Médias anuais para O ₃ , ano base 2024.....	153
Gráfico 124: Série histórica das médias anuais para O ₃ (µg/m ³) para os últimos 10 anos.	155
Gráfico 125: Máximas médias de 8h das concentrações de O ₃ em µg/m ³	156
Gráfico 126: Médias horárias de concentração de O ₃ (µg/m ³) para a estação EMQAR 01 – Laranjeiras para o ano de 2024.....	158
Gráfico 127: Médias horárias de concentração de O ₃ (µg/m ³) para a estação EMQAR 04 – Enseada do Suá para o ano de 2024.	158
Gráfico 128: Médias horárias de concentração de O ₃ (µg/m ³) para a estação EMQAR 06 – Ibes para o ano de 2024.....	158
Gráfico 129: Médias horárias de concentração de O ₃ (µg/m ³) para a estação EMQAR 08 – Vila Capixaba para o ano de 2024.....	159

Gráfico 130: Perfil das concentrações de O ₃ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).....	159
Gráfico 131: Médias anuais referentes ao ano de 2024 para o poluente Monóxido de carbono (CO).....	162
Gráfico 132: Série histórica (µg/m ³) das médias anuais dos últimos 10 anos para o poluente CO.....	163
Gráfico 133: Máximas médias móveis de 24h para o poluente CO em 2024.....	164
Gráfico 134: Distribuição horária média de CO (µg/m ³) ao longo das 24h do dia para a estação EMQAR 01 – Laranjeiras para 2023.	165
Gráfico 135: Distribuição horária média de CO (µg/m ³) ao longo das 24h do dia para a estação EMQAR 04 – Enseada do Suá para 2023.	165
Gráfico 136: Distribuição horária média de CO (µg/m ³) ao longo das 24h do dia para a estação EMQAR 05 – Vitória Centro para 2023.....	166
Gráfico 137: Distribuição horária média de CO (µg/m ³) ao longo das 24h do dia para a estação EMQAR 06 – Ibes para 2023.....	166
Gráfico 138: Distribuição horária média de CO (µg/m ³) ao longo das 24h do dia para a estação EMQAR 08 – Vila Capixaba para 2023.....	166
Gráfico 139: Perfil da distribuição das concentrações de CO nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).....	167
Gráfico 140: Histórico de medições de médias móveis de 24h de hidrocarbonetos (ppm) para a Estação EMQAR 04 – Enseada do Suá ao longo de 2024.	169
Gráfico 141: Percentual de classificação do IQAr nas estações da RAMQAr ao longo de todo o ano de 2024.	170
Gráfico 142: Distribuição dos poluentes que tiveram predominância no cálculo de IQAr, por estação, ao longo do ano de 2023.	171
Gráfico 143: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 01 – Laranjeiras.	172
Gráfico 144: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 02 – Carapina.	172
Gráfico 145: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 03 – Jardim Camburi.	173
Gráfico 146: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 04 – Enseada do Suá.....	173
Gráfico 147: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 05 – Centro de Vitória.	174
Gráfico 148: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 06 – Ibes.	174
Gráfico 149: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 08 – Vila Capixaba.	175

Gráfico 150: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 09 – Cidade Continental.....	175
Gráfico 151: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 10 – Praia do Canto.....	176

Sumário

1 - Introdução	9
2 - Caracterização da Região Metropolitana da Grande Vitória	11
2.1 Aspectos Sociodemográficos.....	14
2.2 Aspectos Socioeconômicos.....	15
2.3 Clima Local.....	16
3 - Poluição Atmosférica	21
3.1 Poluentes Atmosféricos	21
3.2 Regulamentação Sobre Qualidade do Ar.....	23
3.3 Padrões da Qualidade do Ar	27
3.4 Índice de Qualidade do Ar	30
4 - Monitoramento da Qualidade do Ar	32
4.1 Rede Automática de Qualidade do Ar (RAMQAr)	32
4.1.1 Situação Operacional do Monitoramento da Qualidade do ar	37
4.1.2 Monitores de Particulados	39
4.1.3 Monitor de Dióxido de Enxofre (SO ₂)	39
4.1.4 Monitor de Óxidos de Nitrogênio (NO _x , NO, NO ₂)	39
4.1.5 Monitor de Monóxido de Carbono (CO)	40
4.1.6 Monitor de Ozônio (O ₃)	40
4.1.7 Monitor de Hidrocarbonetos (CH ₄ , HCnM e HCT)	40
4.2 Rede Manual de Monitoramento de Partículas Sedimentáveis (RMPS) ...	41
4.3 Métodos de Tratamento de Dados da Rede Automática de Qualidade do Ar	42
4.3.1 Representatividade dos Dados	43
4.4 Métodos de Tratamento de Dados da Rede Manual de Monitoramento de Partículas Sedimentáveis (RMPS)	44
5 - Dados Meteorológicos.....	46
5.1 Precipitação.....	47
5.2 Temperatura.....	52
5.3 Pressão Atmosférica	55
5.4 Radiação Solar.....	58
5.5 Umidade Relativa.....	60
5.6 Ventos.....	66
5.6.1 Rosa dos Ventos	71
5.6.1.1 Ventos EMQAR01 – Laranjeiras	71
5.6.1.2 Ventos EMQAR02 - Carapina.....	75
5.6.1.3 Ventos EMQAR03 – Jardim Camburi.....	78
5.6.1.4 Ventos EMQAR04 – Enseada do Suá	79
5.6.1.5 Ventos EMQAR06 – Ibes	83

5.6.1.6. Ventos EMQAR08 – Vila Capixaba.....	87
5.6.1.7. Ventos EMQAR10 – Praia do Canto.....	91
6 – Qualidade do Ar	96
6.1 Material Particulado (MP)	96
6.1.1 Material Particulado menor que 2,5µm de diâmetro (MP _{2,5})	96
6.1.2 Material Particulado menor que 10µm de diâmetro (MP ₁₀).....	107
6.1.3 Partículas Totais em Suspensão (PTS)	118
6.1.4 Partículas Sedimentáveis (PS)	120
6.2 Dióxido de Enxofre (SO ₂).....	132
6.3 Dióxido de Nitrogênio (NO ₂).....	141
6.4 Ozônio (O ₃)	152
6.5 Monóxido de Carbono (CO)	160
6.6 Hidrocarbonetos não metano (HCNM)	168
6.7 Índice da Qualidade do Ar (IQA)	169
7 - Considerações Finais	177
8 - Referências	181

1 - Introdução

A qualidade do ar pode ser entendida como o resultado da combinação de diversos fatores que podem, direta ou indiretamente, interferir nas condições do ar respirável, com possíveis reflexos à saúde e qualidade de vida da população. Segundo informações divulgadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2024¹:

- *“Em 2019, 99% da população mundial vivia em locais onde os níveis de qualidade do ar da OMS não eram atendidos.*
- *Os efeitos combinados da poluição do ar ambiente e da poluição do ar doméstico estão associados a 6,7 milhões de mortes prematuras anualmente.*
- *Estima-se que a poluição do ar ambiente (externo) tenha causado 4,2 milhões de mortes prematuras no mundo todo em 2019.*
- *Cerca de 89% dessas mortes prematuras ocorreram em países de baixa e média renda, e o maior número nas regiões do Sudeste Asiático e do Pacífico Ocidental da OMS.”*

A base de evidências para os prejuízos que a poluição do ar causa ao corpo humano vem crescendo rapidamente, e aponta para danos significativos causados até mesmo por baixos níveis de poluentes do ar.

Dentre os diversos fatores que podem afetar a qualidade do ar, pode-se destacar as emissões de poluentes advindas de fontes naturais e antrópicas, tais como: erupções vulcânicas, atividades industriais, construção civil, emissões veiculares, queima de combustíveis fósseis, atividades urbanas e agrícolas. Condições meteorológicas como temperatura, vento, umidade, radiação solar e pressão atmosférica entre outros, além da topografia local, influenciam na dispersão dos poluentes, podendo a intensidade e distribuição de tais fatores interferir diretamente nos níveis de poluição atmosférica local.

Os níveis de poluição atmosférica são caracterizados pela concentração das substâncias poluentes presentes no ar, sendo o monitoramento destas concentrações definidos pela sua importância (ou risco) à saúde e pelos recursos disponíveis para seu acompanhamento.

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) é uma região urbana altamente industrializada e em processo de expansão. A qualidade do ar da Grande Vitória é afetada

¹ Informações disponíveis no site da OMS: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) , acesso em 09/05/2025.

pela emissão de poluentes provenientes de diversas fontes, tais como, veículos automotores, grandes empreendimentos indústrias, do setor de logística (complexo portuário e aeroporto), entre outras.

O monitoramento da qualidade do ar da Grande Vitória é realizado pela Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar (RAMQAr) do IEMA e está presente em quatro (4) dos sete (7) municípios da RMGV.

Tais pontos de monitoramento foram definidos, à época, na busca pelo acompanhamento mais eficiente dos possíveis impactos na qualidade do ar causados pelas fontes mais significativas de emissão de poluentes atmosféricos existentes na RMGV.

Vale destacar que o monitoramento da qualidade do ar é um instrumento previsto na Lei Federal nº 14.850, de 02 de maio de 2024, que institui a Política Nacional de Qualidade do Ar. O Inciso III, Parágrafo 2º do artigo 7º da referida Lei, estabelece a competência dos estados na elaboração anual do 'Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar', o qual: *“deve conter os dados de monitoramento, a evolução da qualidade do ar e o resumo executivo, de forma objetiva e didática, com informações redigidas em linguagem acessível, garantindo sua publicidade”*.

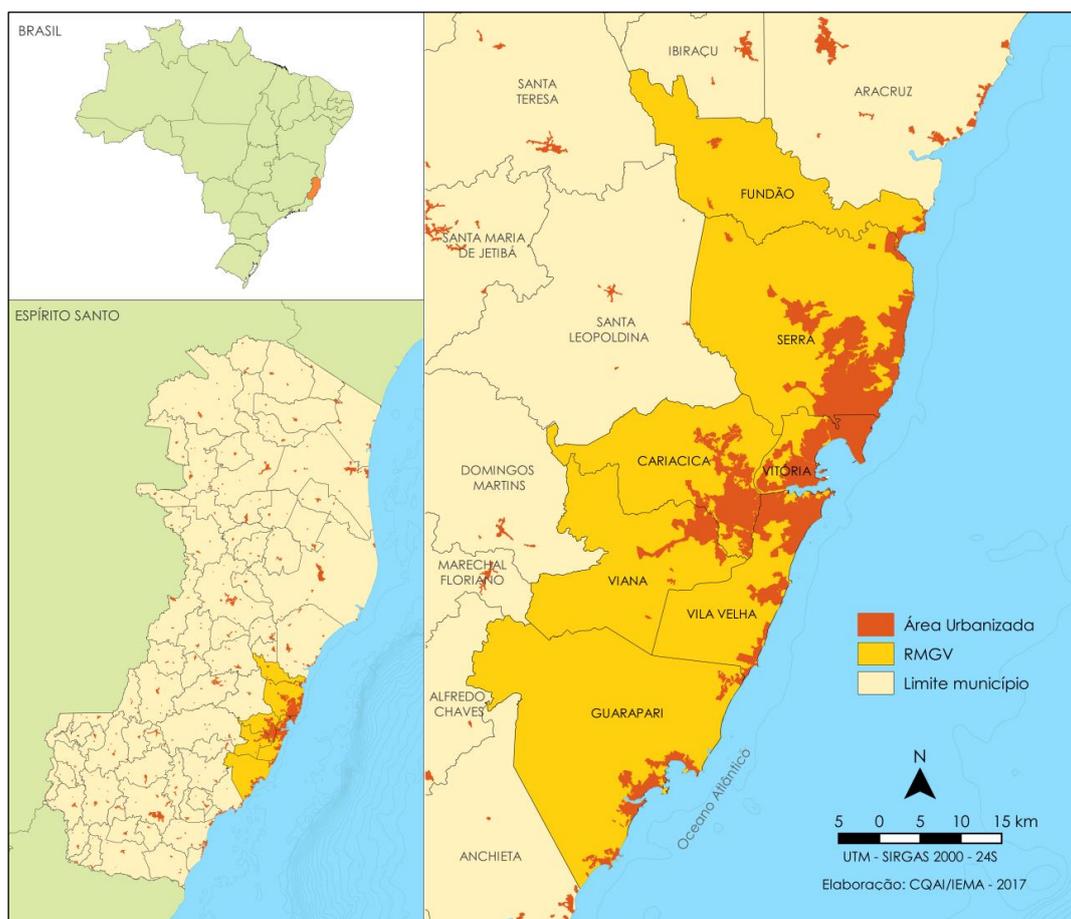
Assim, o objetivo deste relatório é apresentar os resultados do monitoramento da qualidade do ar obtidos com a operação da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar no ano de 2024. As informações constantes no presente relatório buscam informar a sociedade capixaba quanto às condições da qualidade do ar observadas por meio do monitoramento de gases, material particulado e meteorologia nos municípios de Vitória, Vila Velha, Serra e Cariacica, bem como apontar a evolução da qualidade do ar e subsidiar futuras ações relacionadas ao controle de emissões atmosféricas e políticas públicas relacionadas a gestão da qualidade do ar.

2 - Caracterização da Região Metropolitana da Grande Vitória

Para descrição das características da região onde estão instaladas as estações de monitoramento da qualidade do ar, foi utilizada uma abordagem mais ampla, tendo como referência a região geográfica oficialmente constituída, a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) foi oficialmente criada pela Lei Complementar nº 58 de 1995, integrando os municípios de Vitória, Cariacica, Serra Viana e Vila Velha. Posteriormente, foram incorporados os municípios de Guarapari, pela Lei Complementar nº 159 de 1999 e Fundão, pela Lei Complementar nº 204 de 2001. A RMGV possui 2.331 km² de extensão territorial, localizando-se na região sudeste do Estado, sendo banhado a Leste pelo Oceano Atlântico, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Localização da Região Metropolitana da Grande Vitória.

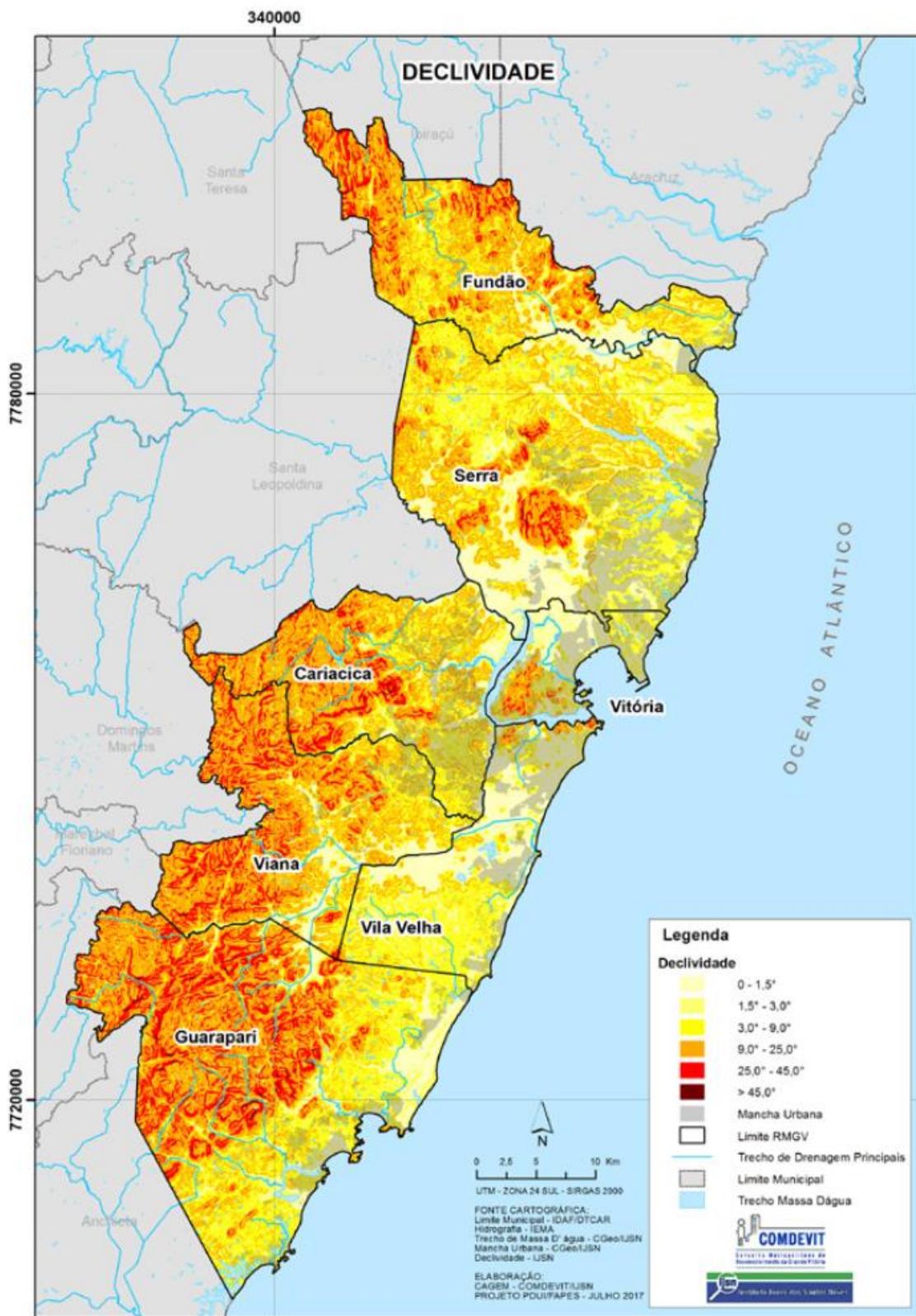


O relevo da RMGV é caracterizado por maciços rochosos, localizados nas porções oeste e sudoeste, correspondendo aos municípios de Cariacica, Guarapari e Viana, formação de tabuleiros costeiros nas regiões de Serra e Fundão bem como baixadas e planícies que se distribuem irregularmente por toda zona costeira da RMGV.

O uso e ocupação do solo são diversificados, sendo constituído por grandes extensões de pastagens, fragmentos de mata atlântica, restingas, várzeas, manguezais e áreas urbanizadas, que correspondem a 13% de ocupação da área total da Região Metropolitana. A concentração urbana existente nesta região representa 55% da área urbanizada de todo Estado (IJSN, 2011).

A Figura 2 que segue indica as características de relevo observadas na Região Metropolitana da Grande Vitória.

Figura 2: Classes de relevo da área de estudo.



Fonte: IJSN (2018)

2.1 Aspectos Sociodemográficos

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em seu último censo, realizado no ano de 2022², a RMGV tinha uma população de 1.880.828 habitantes que representam 49% da população do Espírito Santo. Conforme apresentado na Tabela 1, o município de Serra é o mais populoso da Região Metropolitana (27,68%), seguido por Vila Velha (24,87%), Cariacica (18,79%) e Vitória (17,17%). A população dos municípios de Guarapari, Viana e Fundão representam 11,49% do total das habitantes existentes na RGMV. A densidade demográfica nesta região é de 809,42 hab/km², sendo que o município de Vitória possui maior densidade demográfica (3.324,33 hab/km²) e Fundão a menor densidade (62,8 hab/km²) (IBGE, 2022).

Tabela 1: Densidade demográfica na RMGV em 2022.

Local	População			Área (km ²)	Densidade Demográfica (hab/km ²)
	Total	RMGV (%)	ES (%)		
Serra	520.653	27,68	13,58	547,631	950,74
Vila Velha	467.722	24,87	12,20	210,225	2.224,86
Cariacica	353.491	18,79	9,22	279,718	1.263,74
Vitória	322.869	17,17	8,42	97,123	3.324,33
Guarapari	124.656	6,63	3,25	589,825	211,34
Viana	73.423	3,90	1,92	312,279	235,12
Fundão	18.014	0,96	0,47	286,854	62,8
RMGV	1.880.828	100,00	49,06	2.323,66	809,42
Espírito Santo	3.833.712	-	-	46.074,45	83,2

Fonte: IBGE (2022).

No ano de 2022, o estado do Espírito Santo apresentou uma média de 75,36% de acesso aos serviços de esgotamento sanitário. Para a região metropolitana, a capital Vitória conta com o maior índice de acesso aos serviços (99,67%), enquanto o município de Fundão, representa o menor índice de acesso aos serviços de esgotamento sanitário (56,11%). Cerca de 93,05% da população reside em áreas onde o lixo urbano é coletado regularmente. A taxa de alfabetização das pessoas de 15 anos ou mais de idade no Espírito Santo é de 94,38%, sendo que as 4 cidades com melhores taxas estão localizadas na região metropolitana (Vitória, Vila Velha, Serra e Guarapari). O município de Fundão

² Serão considerados para o presente relatório os dados do censo de 2022 por serem os dados oficiais mais recentes divulgados pelo IBGE.

é o que apresentou pior desempenho na região metropolitana, com 93,37% de alfabetização, ocupando a 21ª colocação geral do Estado.

2.2 Aspectos Socioeconômicos

O Indicador de PIB trimestral do estado do Espírito Santo fechou o ano de 2024 registrando um crescimento acumulado de +2,6% em relação a 2023, abaixo da média nacional, que no mesmo período acumulou +3,4% de crescimento. O resultado do PIB estadual só não foi melhor devido à uma retração de -0,9% registrada no 4º trimestre de 2024, revertendo uma série de três trimestre consecutivos de alta.

Segundo o IJSN (2025):

“O resultado positivo da atividade econômica capixaba em 2024 foi impulsionado pelo setor de Serviços, que cresceu +6,2%, e em menor proporção pelo Comércio varejista ampliado, que teve acréscimo de +2,0%. Por outro lado, a Indústria geral declinou -1,6% suavizando a expansão anual.

Nos Serviços, apenas o segmento de Serviços prestados às famílias (-1,7%) não registrou crescimento. Entre os demais, destacaram-se Transportes, serviços auxiliares aos transportes e correio (+9,4%) e Outros serviços (+4,2%), com os maiores avanços.

No Comércio varejista ampliado, a expansão de +2,0% foi determinada, sobretudo, pelo aumento de +10,9% nas vendas de Veículos, motocicletas, partes e peças. Na Indústria geral, a retração de -1,6% deveu-se a queda de -3,1% da Indústria extrativa combinada com a alta de +1,3% da Indústria de transformação.

O crescimento da atividade econômica capixaba foi reforçado pela previsão de aumento na produção agrícola em sete das dez principais culturas do estado: Café Conilon (+4,3%), Café Arábica (+32,6%), Mamão (+13,1%), Banana (+3,2%), Tomate (+5,5%), Cana-de-açúcar (+8,2%) e Coco (+15,2%).”

Com isso, o PIB nominal para o Espírito Santo totalizou R\$ 206,2 bilhões no acumulado de 2024.

Em relação ao mercado de trabalho, em 2024, a população desocupada no Espírito Santo foi estimada em 86 mil pessoas, recuando -29,5% ante 2023. Com isso, a taxa de desocupação no estado caiu de 5,7% em 2023 para 3,9% em 2024 (-1,8 p.p.), sendo o menor resultado observado desde o início da série histórica (2012). O Brasil, da mesma forma, registrou queda na desocupação anual, passando de 7,8% em 2023 para 6,6% em 2024 (IJSN, 2025).

O número de pessoas ocupadas aumentou +3,2% entre 2023 e 2024 (+66 mil pessoas), alcançando 2,10 milhões de pessoas ocupadas, impulsionados pelo crescimento dos empregados no setor privado (+6,4%), tanto os sem carteira (+16,4%), quanto os com carteira (+2,7%), os empregadores (+7,5%) e os trabalhadores por conta própria (+5,3%). Por outro lado, registrou queda na comparação anual, os trabalhadores domésticos (-14,7%), os empregados no setor público (-4,9%) e os trabalhadores familiar auxiliar (-12,0%). Como resultado, a taxa de informalidade reduziu, passando de 39,0% em 2023 para 38,6% em 2024. (IJSN, 2025)

No índice geral, a inflação acumulada IPCA no ano de 2024 totalizou +4,26% na Região Metropolitana da Grande Vitória, abaixo do observado para o Brasil (+4,83%). A inflação foi puxada principalmente pelos grupos de Alimentação e Bebidas (+7,09%), Educação (+6,68%), Saúde e cuidados pessoais (+5,48%) e Despesas pessoais (+5,21%) (IJSN,2025).

2.3 Clima Local

O clima e as condições meteorológicas de uma região são fortemente condicionados pela localização geográfica (latitude) e relevo que, em ação conjunta com os grandes sistemas atmosféricos, controlam a distribuição pluviométrica, evaporação, temperatura, umidade do ar e regime de ventos da região (VIANELLO e ALVES, 1991).

A RMGV está localizada entre os paralelos de 10° e 23°26'S, ou seja, na zona tropical, sofrendo influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão, com chuvas convectivas. Essa região possui uma característica climática diversificada devido a sua topografia, sua posição geográfica e aspectos dinâmicos da atmosfera que incluem os sistemas meteorológicos de micro, meso e macro escalas e atuam direta ou indiretamente no regime pluvial (MINUZZI *et al.*, 2007).

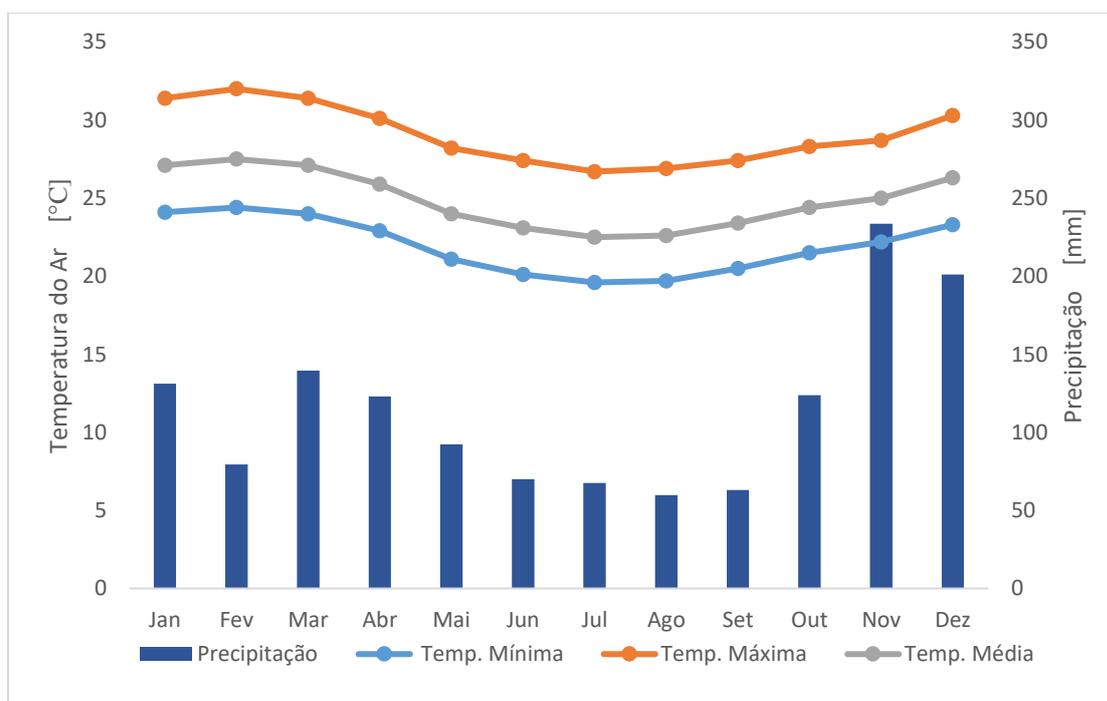
Os sistemas de classificações climáticas (SCC) foram elaborados com o intuito de analisar e definir os climas de diferentes regiões. Foi levando em consideração elementos climáticos diferentes, ao mesmo tempo, otimizando a troca de informações e análises posteriores para diferentes propósitos. De acordo com a classificação climática de Köppen (Köppen, 1936), o Espírito Santo possui duas tipologias climáticas que variam também de acordo com o relevo local. Na baixada litorânea do Espírito Santo predomina o clima tropical quente com estação seca no inverno (Aw) e, na região serrana, o clima é tropical de altitude (Cwb). A classificação dos tipos climáticos de Köppen considera a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais de temperatura do ar e da precipitação.

Por estar situada na região litorânea, a RMGV apresenta clima tropical quente (Aw), possuindo inverno ameno e seco, e verão chuvoso e quente. O período quente se estende, aproximadamente, de outubro a abril, com maior intensidade em dezembro e janeiro. No inverno, a temperatura média mensal mais baixa ocorre em julho, sendo a sensação de frio verificada esporadicamente quando há ocorrência de frentes frias.

A Figura 3 apresenta as normais climatológicas, referente ao período de 1991 a 2020, das variáveis meteorológicas, precipitação acumulada, temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima, monitoradas pela estação climatológica Vitória (Código 83648 - Lat 20°19'S/ Lon 40°19'W) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Vale ressaltar que a Organização Meteorológica Mundial (OMM) define o termo normal climatológica como valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas (WMO, 1984).

Figura 3: Normais climatológicas da estação Vitória (Temperatura e Precipitação) - 1991 - 2020.

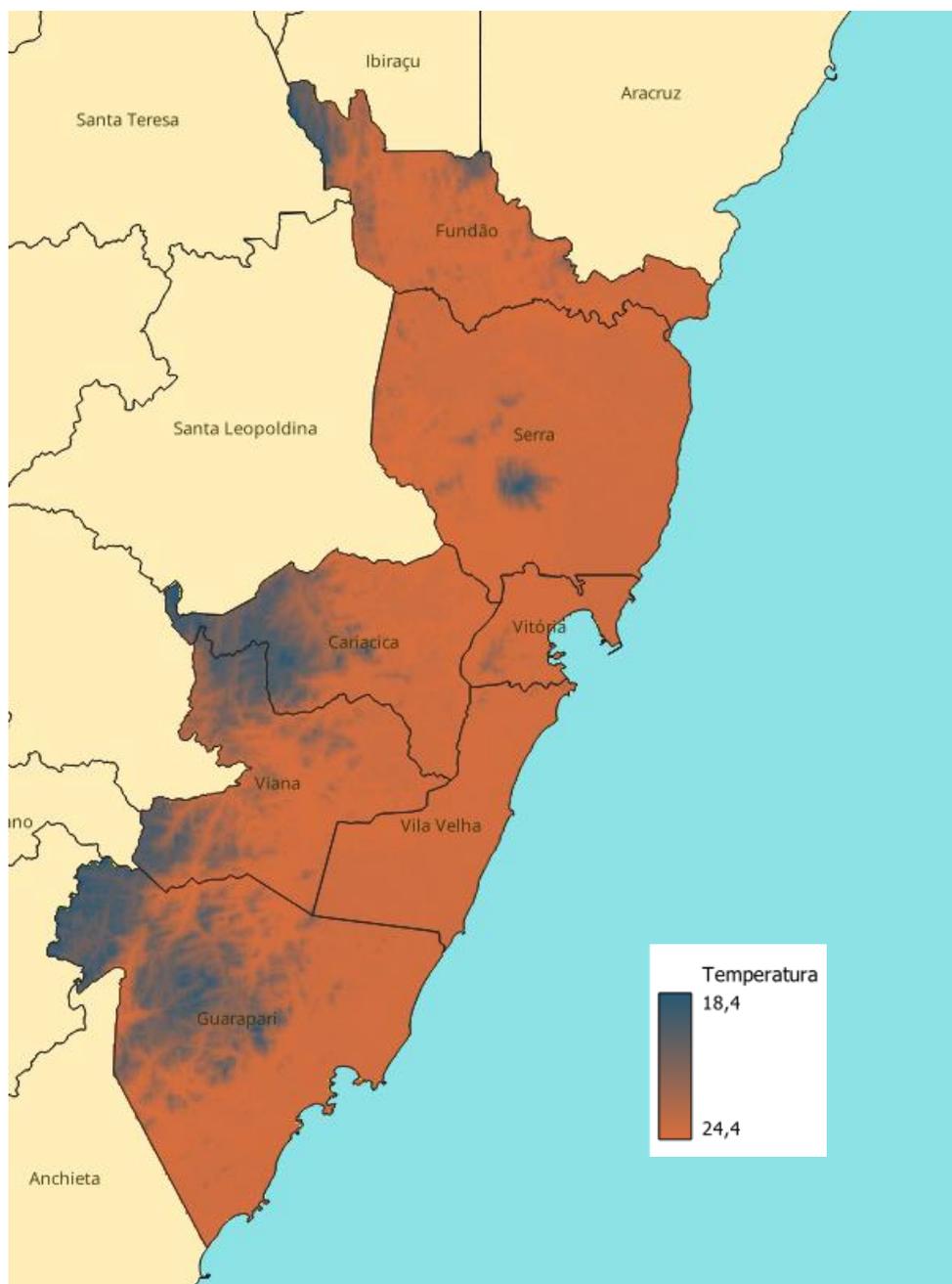


Fonte de dados: INMET (2020).

Observa-se que, historicamente, a temperatura média na cidade de Vitória não varia consideravelmente ao longo do ano, sendo a temperatura média anual igual a 24,9°C, com leve queda nos meses do inverno e suave aumento durante o verão. Avaliando os valores extremos da temperatura do ar, observa-se que o mês de julho é, o mês mais frio, alcançando a média das temperaturas mínimas de 19,60°C, e o mês de fevereiro é o mês, historicamente, mais quente com média das temperaturas máximas igual a 32°C.

A Figura 4 que segue indica as temperaturas médias anuais registradas na Região da Grande Vitória. Conforme pode ser observado as temperaturas médias registradas ficaram entre 18 e 25 graus na área de estudo.

Figura 4: Temperaturas médias da região metropolitana da Grande Vitória.



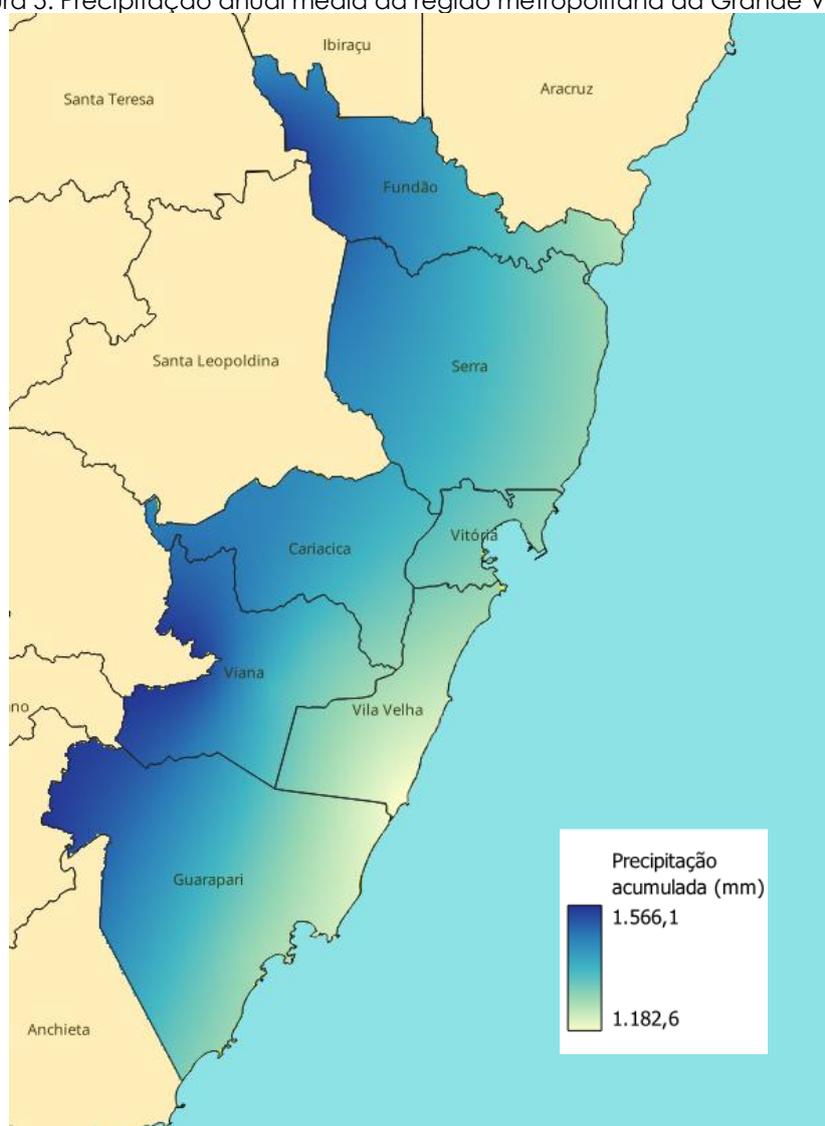
Fonte: IEMA, utilizando dados do Atlas Climatológico do Espírito Santo (Incaper, 2024).

Em relação à precipitação, nota-se que o inverno é o período mais seco, sendo que no mês de agosto ocorre a menor incidência de precipitação (59,9mm). Essa característica climatológica da região durante o inverno ocorre devido à influência dos sistemas de alta pressão subtropical localizados, climatologicamente, em torno da latitude de 30°C nos principais oceanos do planeta. No Atlântico Sul, a Alta Subtropical do Atlântico Sul

(ASAS) é de grande importância para o clima da América do Sul e afeta o clima do Brasil tanto no inverno quanto no verão. Durante o período de inverno, a ASAS inibe à entrada de frentes e favorece a formação de inversão térmica, concentrando os poluentes nas camadas mais próximas à superfície dos principais centros urbanos das regiões sul e sudeste (Bastos e Ferreira, 2008). A dinâmica desse sistema também favorece a formação de nevoeiros e geadas nas regiões sul e sudeste. Conforme as normais climatológicas a precipitação média anual é de 1.384,4 mm.

A Figura 5 mostra o mapa de precipitação média anual registrado na Grande Vitória. Conforme pode ser observado, a precipitação média anual pode variar entre 1182 e 1566 mm anuais na região em estudo.

Figura 5: Precipitação anual média da região metropolitana da Grande Vitória.



Fonte: IEMA, utilizando dados do Atlas Climatológico do Espírito Santo (Incaper, 2024).

A partir do mês de outubro, inicia-se o período chuvoso na região, o qual se estende até meados de abril. Nessa época do ano, a atuação dos sistemas frontais e de zonas

de convergência de umidade favorece o aumento de precipitação. O mês de novembro é o que possui maior ocorrência de eventos de chuva, com média de precipitação acumulada mensal de 233,6 mm. Esse comportamento médio da precipitação durante o final da primavera e verão ocorre porque o sistema de alta pressão encontra-se mais ao sul e deslocado zonalmente mais para leste (sobre a região central do oceano Atlântico). Nessa época do ano, uma banda de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste desenvolve-se periodicamente sobre o sudeste do Brasil, coincidindo com a estação chuvosa da região. A permanência dessa banda convectiva por vários dias caracteriza a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS e os sistemas frontais que se deslocam sobre a região sudeste e em seguida sobre o oceano atingem a porção oeste da alta subtropical e, como resultado, esse sistema de alta pressão é frequentemente dividido, ficando em média, enfraquecido quando comparado à situação do inverno (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

Ao longo do litoral dos estados da região sudeste os ventos são predominantemente de NE favorecendo o transporte de umidade do oceano Atlântico Equatorial para o ramo oceânico da ZCAS. As características do regime de vento na RMGV são influenciadas também por circulações de vento locais bastante distintos, como as brisas marinhas e terrestres (devido à proximidade com o oceano) e brisas de vale e montanha (devido à topografia acidentada), configurando variações significativas na meso e microescala. Em escala sinótica os principais fenômenos meteorológicos que influenciam a variabilidade do tempo na RMGV são: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Frontais (SF) e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (SANT'ANNA NETO, 2005; VAREJÃO-SILVA, 2006; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

3 - Poluição Atmosférica

Este capítulo tem o objetivo de fornecer as informações básicas sobre os parâmetros de controle ligados à qualidade do ar, descrevendo os principais poluentes atmosféricos e a legislação sobre a poluição do ar.

3.1 Poluentes Atmosféricos

A Resolução CONAMA Nº 506, de 05 de julho de 2024, define como poluente atmosférico “qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que torne ou possa tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”. Assim, são importantes para o estudo da qualidade do ar as substâncias que possam gerar danos ou riscos à saúde, fauna e flora e as substâncias que estão relacionadas ao incômodo da população, tais como poeira e compostos odorantes, por exemplo.

A Tabela 2 apresenta a descrição dos principais poluentes atmosféricos, suas fontes e efeitos.

Os níveis de poluição do ar em escala local ou regional são medidos por meio de redes de monitoramento da qualidade do ar. Essa rede corresponde a uma ferramenta útil para avaliar os riscos à saúde humana e à segurança ambiental, além de permitir a análise dos resultados de políticas públicas adotadas e ações realizadas para controle de poluentes, como redução das emissões atmosféricas.

Tabela 2: Fontes, características e efeitos dos principais poluentes atmosféricos.

Poluente	Características	Fontes principais	Efeitos gerais sobre a saúde	Efeitos gerais ao meio ambiente
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido	Combustão incompleta de combustíveis fósseis (veículos automotores principalmente) e outros materiais que contenham carbono na sua composição	Combina-se rapidamente com a hemoglobina ocupando o lugar do oxigênio, podendo levar a morte por asfixia. A exposição crônica pode causar prejuízos ao sistema nervoso central, cardiovascular, pulmonar e outros. Também pode afetar fetos causando peso reduzido no nascimento e desenvolvimento pós-natal retardado	-
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor com forte odor (semelhante ao produzido na queima de palitos de fósforo)	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, polpa e papel	A inalação, mesmo em concentrações muito baixas, provoca espasmos passageiros dos músculos lisos dos brônquios pulmonares. Em concentrações progressivamente maiores, causam o aumento da secreção mucosa nas vias respiratórias superiores, inflamações graves da mucosa e redução do movimento ciliar do trato respiratório. Pode, ainda, aumentar a incidência de rinite, faringite e bronquite	Em certas condições, o SO ₂ pode transformar-se em trióxido de enxofre (SO ₃) e, com a umidade atmosférica, transformar-se em ácido sulfúrico, sendo assim um dos componentes da chuva ácida
Hidrocarbonetos (HC)	Gases e vapores com odor desagradável (similar à gasolina ou solventes)	Combustão incompleta e evaporação de combustíveis e outros produtos voláteis (solventes de tintas, por exemplo)	Causa irritação aos olhos, nariz, pele e trato respiratório superior. Além disso, vários hidrocarbonetos são considerados carcinogênicos e mutagênicos	Participam da formação de oxidantes fotoquímicos na atmosfera, juntamente com os óxidos de nitrogênio (NO _x). São precursores da formação de ozônio troposférico.
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Gás de cor castanho amarelado (em altas concentrações), com forte odor característico	Combustões em veículos automotores, indústrias, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás e incineradores	O NO ₂ é altamente tóxico ao homem, pois aumenta sua susceptibilidade aos problemas respiratórios em geral. Além disso, é irritante às mucosas e pode nos pulmões ser transformado em nitrosaminas (algumas das quais são carcinogênicas)	Pode levar a formação da chuva ácida e consequentemente danos à vegetação. Além disso, contribui para o aquecimento global; formação de compostos quimiotóxicos e alteração da visibilidade
Ozônio (O ₃)	Gás incolor e inodoro nas concentrações ambientais, sendo o principal componente do "smog" fotoquímico	Formação, na troposfera, a partir da reação dos hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio na presença de luz solar	Provoca danos na estrutura pulmonar, reduzindo sua capacidade e diminuindo a resistência às infecções. Causa ainda, o agravamento de doenças respiratórias, aumentando a incidência de tosse, asma, irritações no trato respiratório superior e nos olhos	É agressivo às plantas, agindo como inibidor da fotossíntese e produzindo lesões características nas folhas
Material Particulado	Pode ser sólido ou líquido, de granulometria, forma e composição química variada de acordo com sua fonte de origem e os processos físicos e químicos de transformação aos quais foi submetido durante seu transporte na atmosfera	Pilhas de estocagem de material granulado, processos de pelletização e siderurgia, cimenteiras e atividades da construção civil, resuspensão de partículas depositadas ou constituintes de vias pavimentadas e não pavimentadas, veículos (escapamentos e frenagem) e fontes naturais como o mar que emite partículas de sais, além das queimadas, por exemplo	Para as partículas mais finas os efeitos estão predominantemente relacionados aos sistemas respiratórios e cardiovasculares e a sensibilidade está associada às condições individuais de saúde e faixa etária, embora toda a população seja afetada. De acordo com a OMS (WHO, 2006), não existem evidências suficientes que indiquem um limite abaixo do qual não ocorram efeitos à saúde humana. Os efeitos à saúde podem ser causados por exposição de longo ou curto prazo ao poluente. No caso das partículas mais grossas as reações mais comuns dizem respeito à impossibilidade de gozo pleno da propriedade e ao desconforto causado pelo incômodo da sujidade gerada pela deposição de material sobre as superfícies de uso cotidiano	Alteração da visibilidade; alteração no balanço de nutrientes de lagos, rios e do solo; danificação da vegetação e alteração na diversidade do ecossistema. Além disso, pode causar danos estéticos (manchas e danificações de rochas e outros materiais)

3.2 Regulamentação Sobre Qualidade do Ar

A qualidade do ar é influenciada diretamente pela emissão de poluentes atmosféricos, pela topografia, pela ocupação do solo e pelas condições meteorológicas. Com esse cenário, surge a necessidade de regulamentações visando a preservação da saúde da população e do meio ambiente.

No âmbito internacional, dentro do sistema da Organização das Nações Unidas (ONU), a Organização Mundial de Saúde (OMS) representa o organismo diretor e coordenador nos assuntos relacionados à saúde. O objetivo da OMS é promover a agenda da pesquisa científica na área da saúde, diagnosticar as tendências mundiais e auxiliar o estabelecimento de normas e diretrizes, entre outros.

Regularmente, a OMS divulga relatórios com diretrizes a serem seguidas pelos países para a melhoria da qualidade do ar, além de recomendações de valores-guia (metas ou padrões) de concentração a serem alcançados para os principais contaminantes. As diretrizes da OMS para qualidade do ar não têm caráter regulatório, para tal estas devem ser recepcionadas no aparato legal dos locais onde se pretende utilizá-las, na forma de padrões de qualidade do ar, por exemplo.

De várias maneiras, essas diretrizes estimularam as autoridades e a sociedade civil a aumentarem os esforços para controlar e estudar as exposições nocivas à poluição do ar. Em resposta a esta consciência cada vez maior, a 68ª Assembleia Mundial da Saúde aprovou a resolução “WHA68.8, Saúde e meio ambiente: abordando o impacto da poluição do ar na saúde”, que foi endossada por 194 Estados Membros em 2015 (OMS, 2015).

Tendo em vista os muitos avanços científicos e o papel global desempenhado pelas diretrizes de qualidade do ar da OMS, uma atualização foi iniciada em 2016 e finalizada em 2021.

O objetivo geral das diretrizes globais atualizadas é oferecer recomendações quantitativas, pensadas para a saúde, para o gerenciamento da qualidade do ar, expressas como concentrações a longo ou curto prazo para os principais poluentes do ar. Exceder os valores-guia das diretrizes de qualidade do ar está associado a riscos importantes para a saúde pública (OMS 2021).

As metas intermediárias de qualidade do ar de 2005 foram atualizadas para orientar a implementação dos novos valores-guia, e foram formuladas declarações de boas práticas para apoiar a gestão dos tipos específicos de MP considerados preocupantes (OMS 2021).

As metas intermediárias são níveis de poluentes do ar que são mais elevados do que os valores-guia, mas que as autoridades em áreas altamente poluídas podem usar para formular políticas de redução da poluição que sejam atingíveis dentro de prazos realistas. Portanto, as metas intermediárias devem ser consideradas como etapas em direção ao cumprimento final dos valores-guia no futuro, e não como metas finais. O número de metas intermediárias e os valores numéricos delas são específicos para cada poluente (OMS 2015).

Em nível nacional, recentemente tivemos a publicação da Lei Federal nº 14.850, de 02 de maio de 2024. Tal lei institui a Política Nacional de Qualidade do Ar. Entre as disposições da Lei 14.850/2024, destaca-se a divisão de competências entre União, Estados e Municípios. Também estipula que os padrões de qualidade do ar serão definidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA e determina obrigações aos Estados para elaboração de inventários, planos de gestão da qualidade do ar, entre outros.

Em atendimento ao determinado na Lei Federal nº 14.850/2024, foi publicada a Resolução CONAMA nº 506, de 05 julho de 2024. A CONAMA 506/2024 estabeleceu os novos padrões de qualidade do ar, estruturados considerando como referência principalmente as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) do ano de 2021. Destaca-se que essa CONAMA estipula, em seu Art. 3º, que os padrões de qualidade do ar nela definidos deverão ser seguidos por todos os órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA.

A Resolução CONAMA nº 506/2024 estabeleceu padrões intermediários (PI) e final (PF) para cada poluente, definindo os anos de início e fim da vigência para cada padrão da seguinte forma:

Art. 4º Os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar definidos nesta Resolução serão adotados sequencialmente, em cinco etapas, conforme Anexo I.

*§ 1º A primeira etapa, que compreende os padrões de qualidade do ar intermediários PI-1, **vigora até 31 de dezembro de 2024.***

*§ 2º Os padrões de qualidade do ar intermediários PI-2 entrarão em vigor em **1º de janeiro de 2025.***

*§ 3º Os padrões de qualidade do ar Intermediários PI-3 entrarão em vigor em **1º de janeiro de 2033.***

§ 4º Os padrões de qualidade do ar intermediários PI-4 entrarão em vigor em 1º de janeiro de 2044, sendo possível a antecipação ou prorrogação desta data, uma única vez, por um período máximo de quatro anos, desde que observado o procedimento e verificados os requisitos previstos no art. 6º desta Resolução.

§ 5º Os padrões de qualidade do ar finais - PF entrarão em vigor em data a ser definida em resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama, conforme estabelecido no art. 6º desta Resolução.

A nova legislação nacional (Lei Federal nº 14.850/2024 e CONAMA nº 506/2024) também define que os Estados e Municípios deverão seguir as orientações contidas no "Guia Técnico para o Monitoramento da Qualidade do Ar". Entre as orientações, estão as especificações mínimas para os equipamentos de medição e a forma de avaliação dos resultados.

Registra-se, porém, que a nova Resolução CONAMA (CONAMA nº 506/2024) não revogou totalmente a Resolução CONAMA nº 491/2018, ficando mantidos principalmente os artigos que tratam sobre episódios críticos (relacionados aos níveis de atenção, alerta e de emergência).

Em nível Estadual, o Governo do Estado do Espírito Santo, por meio do Decreto nº 3.463-R de 16 de dezembro de 2013, estabeleceu os padrões estaduais de qualidade do ar, com exceção aos parâmetros "fumaça" e "chumbo". O Decreto Estadual contempla todos os parâmetros estabelecidos pela CONAMA, além de também estabelecer padrões para Partículas Sedimentáveis, também conhecida como Poeira Sedimentável (PS).

No Decreto citado, está previsto o conceito de Metas Intermediárias (MI), que são valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar, até o atingimento dos Padrões Finais (PF), que representam as metas de longo prazo. Para cada poluente foram previstas três metas intermediárias visando o gradual alcance ao PF, estabelecido com base nas diretrizes recomendadas pela OMS no relatório divulgado à época (2005) para os poluentes de interesse.

Mais recentemente foi publicada a Lei Estadual nº 12.059, de 27 de março de 2024, que instituiu a Política Estadual de Qualidade do Ar. Tal lei trouxe maior amparo legal à algumas questões já existentes no Decreto nº 3.463-R/2013, modernizou/atualizou alguns pontos também já existentes no Decreto citado e trouxe algumas inovações. Um dos pontos definidos na Lei Estadual nº 12.059/2024 é a necessidade de edição de um Decreto regulamentador, que deverá trazer a atualização dos padrões de qualidade do ar, além de regulamentar outros pontos. Com isso, espera-se que o Decreto nº 3.463-R/2013 seja revisado em um futuro próximo.

Destaca-se que a publicação da Lei Estadual 12.059/2024 e do Decreto Estadual 3.463-R/2013 foram anteriores à publicação da Lei Federal 14.850/2024 e Resolução CONAMA 506/2024. Portanto, espera-se que a publicação do novo decreto estadual já contemple as novas disposições contidas na legislação federal.

Os padrões e diretrizes são estabelecidos com base nos potenciais danos causados à saúde. Entretanto, para partículas sedimentáveis (PS) estão associadas ao incômodo causado às populações expostas. Sob o aspecto do incômodo, as reações mais comuns dizem respeito à impossibilidade de gozo pleno da propriedade e ao desconforto causado pela sujidade gerada pela deposição das partículas sedimentáveis sobre as superfícies de uso cotidiano (VALLACK e SHILLITO, 1998; FARFEL et al., 2005). Este poluente, conforme observado por Conti et al. (2009), incluem majoritariamente frações de partículas que variam entre 5 a 100 µm. Além do incômodo, as partículas podem depositar sobre a vegetação, os materiais, as edificações e os monumentos ocasionando a modificação das propriedades óticas das folhas e a consequente diminuição da atividade fotossintética das plantas, a descoloração e a decomposição de materiais de construção, entre outros efeitos (HU et al., 2006).

Os valores limites adotados para a taxa de deposição de PS variam entre os diferentes países, e muitas vezes entre regiões de um mesmo país; por exemplo, nos EUA e Canadá, existem padrões diferentes para os estados. De maneira geral, os valores limites adotados para a taxa de deposição de PS estão entre 3,0 e 15 g/m²/30 dias, variando de acordo com o uso e ocupação do solo (áreas residenciais, comerciais ou industriais). Observa-se que a concentração de valores para os padrões de PS está entre 5,0 e 10 g/m²/30 dias, tais como aqueles adotados, por exemplo, em países como Argentina, Estados Unidos, Espanha, Finlândia e Austrália (VALLACK e SHILLITO, 1998; DECNY, 2009; DEQM, 2007).

No Brasil, além do Estado do Espírito Santo, verifica-se que apenas do Estado de Minas Gerais, por meio da Deliberação Normativa COPAM nº 01 de 26 de maio de 1981, instituiu padrões para PS, sendo 10 g/m²/30 dias para áreas industriais e 5 g/m²/30 dias nas demais áreas. Tal Deliberação foi substituída pela Deliberação COPAM nº 248, de 23 de novembro de 2023, mas manteve os mesmos padrões da Deliberação anterior.

Outros poluentes também podem estar presentes na atmosfera, entretanto, não estão contemplados em padrões de qualidade do ar. A ausência de padrões de qualidade para alguns poluentes atmosféricos pode ser justificada por: (i) não existirem evidências científicas suficientes para correlacionar as concentrações ambientais dos poluentes à efeitos à saúde e (ii) dificuldades técnicas na amostragem ou medição do poluente.

3.3 Padrões da Qualidade do Ar

A partir da publicação da Resolução CONAMA nº 506/2024, publicada no Diário Oficial da União – DOU em 09 de julho de 2024, os padrões de qualidade do ar passam a ser aqueles contidos no Anexo I daquela Resolução, válidos para todo o território nacional.

Apesar da Resolução CONAMA nº 506 ter sido publicada em julho de 2024, consideraremos nas avaliações os padrões da nova legislação para todo o ano de 2024. Essa escolha se motiva para dar maior transparência à população sobre o real posicionamento da qualidade do ar da região metropolitana de Vitória quando comparada às novas metas nacionais e comparadas às metas estabelecidas pela OMS. Cumpre destacar que o padrão final estabelecido pela Resolução CONAMA corresponde aos valores guia das Diretrizes de Qualidade do Ar estabelecidas pela OMS em 2021. Uma vez que o Decreto Estadual nº 3.463-R/2013 continua válido na data de publicação do presente relatório, tendo o Art. 25 da Lei Estadual nº 12.059/2024 mantido os padrões nele dispostos até que o poder executivo publique novo Decreto, o mesmo também será levado em consideração nas avaliações desse relatório.

Tanto o Decreto Estadual quanto a nova Resolução CONAMA possuem Padrões Finais baseados nas diretrizes da OMS, válidos à época de sua publicação, e metas intermediárias, ou padrões intermediários. Objetiva-se a evolução das ações de controle de fontes de emissão para avanço gradativo para metas intermediárias subsequentes. Os valores estabelecidos na legislação nacional e estadual podem ser observados na Tabela 3.

Até o final do ano de 2024, estavam válidos os padrões PI-1 da Resolução CONAMA nº 506/2024 e o MI1 do o Decreto Estadual no 3.463-R/2013. Contudo, como poderá ser visto mais adiante, a região metropolitana da Grande Vitória já atende ao Padrão Final - PF para a maioria dos poluentes.

Tanto as diretrizes da OMS, quanto os padrões nacionais e estaduais de qualidade do ar, apresentam valores referenciais associados aos efeitos à saúde causados pela curta e longa exposição para MP2,5, MP10, Ozônio, Dióxido de Nitrogênio, Dióxido de Enxofre e Monóxido de Carbono. Tais padrões visam prevenir efeitos agudos e crônicos a saúde das populações expostas.

Até o momento, os dados disponíveis são insuficientes para fornecer recomendações de valores-guia e metas intermediárias para alguns tipos específicos de MP, notadamente carbono negro/elementar, partículas ultrafinas e partículas provenientes de tempestades de areia e poeira. No entanto, devido às preocupações com a saúde relacionadas a esses poluentes, fazem-se necessárias ações para aprimorar pesquisas futuras sobre seus riscos e abordagens para mitigação destes. (OMS, 2021)

Tabela 3: Padrões nacionais e estaduais de qualidade do ar.

Poluente	Período de Referência	Unidade	Padrão Nacional (CONAMA nº 506/2024)					Metas e Padrão Estadual (Decreto no 3.463-R/2013)				Diretrizes de Qualidade do Ar OMS (2021)				
			PI - 1	PI - 2	PI - 3	PI - 4	PF	MI1-ES	MI2-ES	MI3-ES	PF-ES	1	2	3	4	Valores guia
MP 2,5	Diária (24h)	µg/m³	60	50	37	25	15	-	50	37	25	75	50	37,5	25	15
	Anual		20	17	15	10	5	-	20	15	10	35	25	15	10	5
MP 10	Diária (24h)	µg/m³	120	100	75	50	45	120	80	60	50	150	100	75	50	45
	Anual		40	35	30	20	15	45	33	25	20	70	50	30	20	15
PS	Mensal	g/m²/30d	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anual		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PTS	Diária (24h)	µg/m³	-	-	-	-	240	180	170	160	150	-	-	-	-	-
	Anual		-	-	-	-	80	65	63	62	60	-	-	-	-	-
SO ₂	Diária (24h)	µg/m³	125	50	40	40	40	60	40	30	20	125	50	-	-	40
	Anual		40	30	20	20	20	40	30	20	-	-	-	-	-	-
NO ₂	1h	µg/m³	260	240	220	200	200	240	220	210	200	-	-	-	-	200** (OMS,2005)
	Diária (24h)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	50	-	-	25
	Anual		60	50	45	40	10	50	45	42	40	40	30	20	-	10
O ₃	8h	µg/m³	140	130	120	100	100	140	120	110	100	160	120	-	-	100
	Anual		-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	70	-	-	60*
CO	8h	Decreto e OMS:	-	-	-	-	9 *** (ppm)	-	-	-	10.000	-	-	-	-	10.000** (OMS,2005)
	Diária (24h)	µg/m³;	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.000	-	-	-	4.000
	Anual	Conama: ppm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fumaça	Diária (24h)	µg/m³	120	100	75	50	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anual		40	35	30	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chumbo	Diária (24h)	µg/m³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anual		-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* A OMS coloca o parâmetro para o período de “Alta temporada”, que seria a “Média aritmética da concentração média diária máxima de O₃ em 8 horas nos 6 meses consecutivos com a maior concentração média de O₃ (média móvel de 6 meses)”.

** Valores-guia definidos no relatório da OMS de 2005, os quais não foram revistos na versão mais atual (2021), mas permanecem válidos.

*** A CONAMA 506/2024 define os padrões de CO em ppm (partes por milhão). Optamos por não converter para µg/m³ para não causar estranhamento às pessoas já familiarizadas com o valor definido pelo CONAMA.

As diretrizes da OMS se aplicam tanto para ambientes internos e externos. Vale ressaltar que estas orientações não abrangem contextos ocupacionais, devido às características específicas das exposições relevantes e políticas de redução de risco e às diferenças potenciais na suscetibilidade populacional da força de trabalho adulta em comparação com a população em geral (OMS, 2021).

Conforme comentado, os artigos da Resolução CONAMA nº 491/2018 ainda não revogados pela CONAMA nº 506/2024, estabelecem níveis de qualidade do ar para que estados e municípios estabeleçam planos de emergência para episódios críticos de poluição do ar, visando a prevenção de graves e iminentes riscos à saúde da população. Um episódio crítico de poluição do ar está definido como a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera, em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos. São três, estes níveis: atenção, alerta e emergência. O estabelecimento desses níveis está também previsto no Decreto Estadual nº 3.463-R/2013.

Para a definição desses três níveis são considerados os seguintes parâmetros: concentrações de partículas inaláveis, partículas respiráveis, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio, monóxido de carbono, bem como as condições meteorológicas. Os níveis de atenção, alerta ou emergência são declarados quando, prevendo-se a manutenção das emissões bem como as condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes, nas vinte e quatro horas subsequentes, for atingida, respectivamente, uma ou mais das concentrações apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Concentração dos poluentes (µg/m³) para determinação dos níveis de atenção, alerta e emergência.

Níveis	MP ₁₀ 24h	MP _{2,5} 24h	SO ₂ 24h	NO ₂ 1h	O ₃ 8h	CO 8h
ATENÇÃO	250	125	800	1.130	200	17.000 (15ppm)
ALERTA	420	210	1.600	2.260	400	34.000 (30ppm)
EMERGÊNCIA	500	250	2.100	3.000	600	46.000 (40ppm)

Fonte: Resolução CONAMA nº 491 de 19/11/2018.

3.4 Índice de Qualidade do Ar

O Índice de Qualidade do Ar (IQA) é utilizado para simplificar as informações do monitoramento da qualidade do ar de forma a torná-las mais acessíveis ao público. Para cada estação de monitoramento e poluente, conforme definição da legislação vigente, é calculado um número adimensional, este classificado em cinco (05) faixas qualitativas. De acordo com estas faixas, a qualidade do ar pode ser classificada como BOA, MODERADA, RUIM, MUITO RUIM ou PÉSSIMA. Atualmente, o IQA pode assumir valores desde 0 até 400, sendo que, quanto maior o valor do IQA calculado, pior é a qualidade do ar.

Para cada estação de monitoramento, a qualidade do ar é divulgada com base no pior resultado de IQA calculado, ou seja, numa abordagem conservadora, a partir do cálculo do IQA para cada poluente monitorado na estação, será divulgado o maior valor de IQA encontrado.

A Tabela 5 apresenta as faixas de concentração e do IQA para cada poluente. A Resolução CONAMA nº 506/2024 definiu uma nova faixa de classificação "BOA". Porém, a Resolução CONAMA determina que a definição das faixas para o restante das classificações será estipulada na atualização do "Guia Técnico para Monitoramento da Qualidade do Ar", a ser desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA. Em janeiro de 2025 o MMA publicou documento intitulado "Orientação Técnica – Índice da Qualidade do Ar", o qual adianta os valores que serão atualizados quando da publicação do Guia Técnico. Assim, a

Tabela 5 já traz as novas faixas definidas pelo MMA para vigência nacional.

Segundo o documento citado:

"Para a definição dos valores de concentração de poluentes atmosféricos referentes à qualidade do ar, foram utilizados como referência os valores-guia, estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (WHO, na sigla em inglês), em 2021, e os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução Conama nº 506/24."

Sendo assim, a qualidade do ar é considerada como BOA quando as diretrizes da OMS estão sendo atendidas. Por outro lado, a qualidade do ar é considerada MODERADA, quando as concentrações estabelecidas na legislação vigente estão sendo atendidas.

Ainda segundo a Orientação Técnica do MMA:

"Para a transição entre as faixas do IQA "moderada" e "ruim" foram utilizados os valores correspondentes aos padrões intermediários 2 (PI-2),

conforme definido na Resolução Conama nº 506/24. Os valores dos Interim Targets 1 (IT-1), recomendados pela OMS em 2021, foram os valores referenciais para o estabelecimento da transição entre as faixas “ruim” e “muito ruim”, do IQAr. Na definição dos valores de transição entre as faixas “muito ruim” e “péssima” utilizou-se os valores de concentração de poluentes referentes ao nível de atenção, conforme estabelecidos pela Resolução Conama nº 491/18.”

Tabela 5: Descrição das classes, índices e valores limites de concentração para determinação do IQAr.

Classificação	Valor do índice	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
		MP ₁₀ 24h	MP _{2,5} 24h	SO ₂ 24h	NO ₂ 1h	O ₃ 8h	CO(*) 8h
BOA	0-40	0 - 45	0 - 15	0 - 40	0 - 200	0 - 100	0 - 10.314
MODERADA	41-80	>45 - 100	>15 - 50	>40 - 50	>200 - 240	>100 - 130	>10.314 - 12.606
RUIM	81-120	>100 - 150	>50 - 75	>50 - 125	>240 - 320	>130 - 160	>12.606 - 14.898
MUITO RUIM	121-200	>150 - 250	>75 - 125	>125 - 800	>320 - 1.130	>160 - 200	>14.898 - 17.190
PÉSSIMA	201-400	>250 - 600	>125 - 300	>800 - 2620	>1.130 - 3750	>200 - 800	>17.190

* Tanto na Resolução CONAMA 506/24 quanto na 'Orientação Técnica' do MMA, o poluente Monóxido de Carbono (CO) tem suas concentrações expressas em ppm (partes por milhão). Devido ao contexto histórico em que o IEMA vem tratando os dados e divulgando as informações de concentrações de CO em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ desde o início do monitoramento, optamos por converter a unidade da tabela das faixas de IQAr do documento divulgado pelo MMA de ppm para $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4 - Monitoramento da Qualidade do Ar

4.1 Rede Automática de Qualidade do Ar (RAMQAr)

A RAMQAr iniciou suas operações em 2000, sendo viabilizada por meio de condicionantes das Licenças de Instalação da Usina VII da Vale (LI nº 055/96) e do Alto Forno II da ArcelorMittal Tubarão (LI nº 063/96). Atualmente a RAMQAr da RGV é composta por 10 estações de monitoramento localizadas nos municípios de Vitória, Vila Velha, Serra e Cariacica, que são geridas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Todavia, 01 (uma) estação em Vila Velha (EMQAr RGV 07) estava temporariamente desativada no ano de 2024. Diante disso, o IEMA operou 09 (nove) estações de monitoramento da qualidade do ar.

A mais recente estação foi instalada no bairro Praia do Canto, dentro do Centro de Treinamento Dom João Batista, da Arquidiocese de Vitória, tendo iniciado suas operações oficialmente a partir de 2023.

A Tabela 6 e a Figura 6 apresentam a localização das estações de monitoramento da RAMQAr.

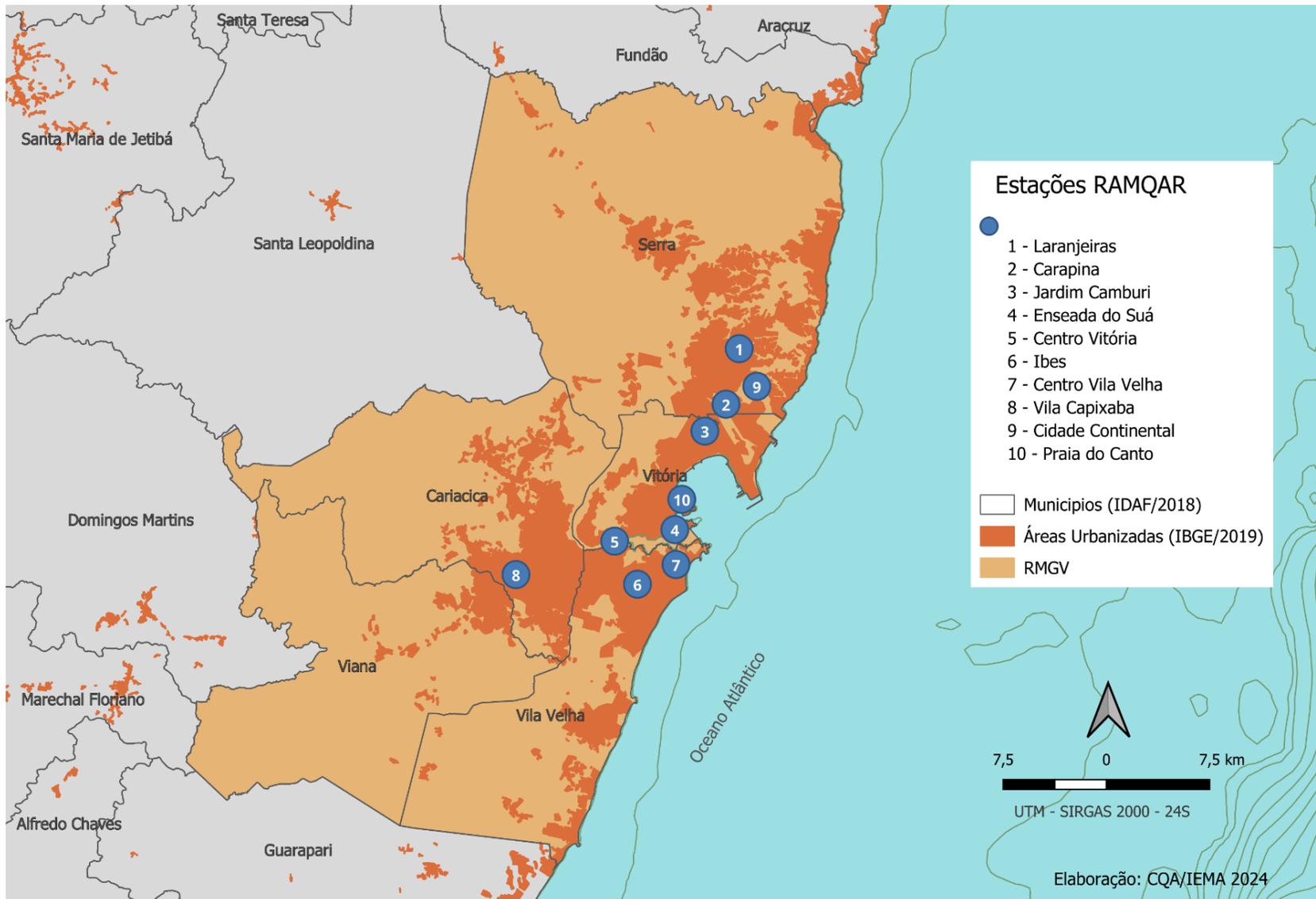
Tabela 6: Dados de localização das estações da RAMQAr.

Estação	Localização	Bairro	Município	Início da Operação	Coordenadas	
					X	Y
EMQAr - RGV1	Hospital Dório Silva	Laranjeiras	Serra	2000	369917	7766305
EMQAr - RGV2	ArcelorMittal Tubarão	Carapina	Serra	2000	368945	7762315
EMQAr - RGV3	Unidade de Saúde	Jardim Camburi	Vitória	2000	367429	7760371
EMQAr - RGV4	Corpo de Bombeiros	Enseada do Suá	Vitória	2000	365266	7753279
EMQAr - RGV5	Ministério da Fazenda	Centro	Vitória	2005	360857	7752450
EMQAr - RGV6	4º Batalhão da Polícia Militar	Ibes	Vila Velha	2000	362532	7749346
EMQAr - RGV7*	Ao lado do Colégio Marista	Centro	Vila Velha	2000	365354	7750721
EMQAr - RGV8	CEASA	Vila Capixaba	Cariacica	2000	353697	7749998
EMQAr - RGV9	ArcelorMittal Tubarão	Cidade Continental	Serra	2011	371218	7763588
EMQAr - RGV10	Centro de Treinamento Dom João Batista	Praia do Canto	Vitória	2023	365736	7755438

Nota: Sistema de Coordenadas UTM - SIRGAS 2000.

* EMQAr - RGV7 temporariamente desativada durante o ano de 2024.

Figura 6: Localização das estações de monitoramento automáticas na Região Metropolitana da Grande Vitória.



As estações que compõem a RAMQAr da RGV são de propriedade do Estado do Espírito Santo, sendo o IEMA o órgão responsável pela gestão de sua operação e manutenção, tendo como objetivos:

- Verificar o atendimento aos padrões da qualidade do ar;
- Verificar a efetividade das medidas de controle ambiental;
- Verificar a influência das atividades antrópicas na qualidade do ar;
- Vigilância da qualidade do ar no entorno de fontes específicas;
- Avaliar as tendências de comportamento das concentrações de poluentes e de suas fontes de emissão;
- Avaliar o inventário de emissões e modelos de dispersão;
- Consolidação das informações para subsidiar estudos de riscos para a saúde;
- Apoio às pesquisas acadêmicas.

A Tabela 7 apresenta uma descrição da abrangência esperada e fontes de influência por cada estação da RAMQAr em sua concepção original.

Tabela 7: Descrição da área de influência das estações da RAMQAr.

Estação	Localização	Descrição de abrangência e fontes de influência
EMQAr - RGV1	Laranjeiras	Influências diretas das indústrias da Ponta de Tubarão quando da ocorrência de ventos sul e demais indústrias do CIVIT quando a concorrência de ventos Nordeste.
EMQAr – RGV2	Carapina	Influências das indústrias da Ponta de Tubarão em determinadas condições de vento. No que diz respeito ao monitoramento meteorológico, essa é a estação mais completa.
EMQAr – RGV3	Jardim Camburi	Cobre áreas diretamente influenciadas pelas emissões de indústrias da Ponta de Tubarão, Serra e Vitória. A mesma, ainda, sofre influência de fontes móveis circulando em áreas nos seus arredores.
EMQAr – RGV4	Enseada do Suá	É apresentada como a principal estação na rede de medição instalada, pois se localiza em um ponto estratégico da Região Metropolitana da Grande Vitória e proporciona grande área de cobertura espacial. Sofre influência das emissões de origem industrial da Ponta de Tubarão e pelas fontes móveis que convergem para aquela área de passagem natural da região.
EMQAr – RGV5	Centro-Vitória	Proporciona cobertura espacial de áreas diretamente influenciadas pelas emissões de veículos, recebendo ainda contribuições de atividades portuárias e fontes industriais dos municípios de Vitória e Vila Velha.
EMQAr – RGV6	Ibes	Cobre áreas diretamente influenciadas pelas emissões veiculares e industriais dos municípios de Vitória, Vila Velha e Cariacica. A estação reúne todas as condições físicas para medição adequada dos parâmetros meteorológicos.
EMQAr – RGV7	Centro-Vila Velha	Proporciona cobertura espacial de áreas diretamente influenciadas pelas emissões de veículos e industriais dos municípios de Vitória e Vila Velha.
EMQAr – RGV8	Vila Capixaba	Apresenta uma alta cobertura na parte sudoeste da região, com baixa redundância entre outras estações da rede. Ela cobre ainda áreas diretamente influenciadas pelas emissões de veículos e indústrias de Cariacica, além de reunir todas as condições físicas para medição adequada dos parâmetros meteorológicos.
EMQAr – RGV9	Cidade Continental	Influências diretas das indústrias da Ponta de Tubarão, e sofre influência relativa de veículos e outras fontes da Serra.
EMQAr – RGV10	Praia do Canto	A estação tem como objetivo a avaliação das emissões de material particulado advindos das empresas instaladas na Ponta de Tubarão quando de vento nordeste (predominante na região) e obtenção de dados meteorológicos.

É importante ressaltar que o crescimento ocorrido na RMGV desde a idealização da rede (anos 2000), e as alterações relacionadas às principais fontes de emissão na região podem ocasionar a alteração da abrangência de atuação de cada estação em relação à sua idealização. Fatores como a construção de edificações ou crescimento de árvores próximas às estações, por exemplo, também provocam alterações em microescala, com mudança no escoamento dos ventos, que alteram as condições de monitoramento de uma estação. Por tal motivo, com certa frequência é necessário fazer uma reavaliação do posicionamento de uma estação ou da rede como um todo. Atualmente, o IEMA avalia a possibilidade de realocação de algumas estações para os próximos anos.

A Tabela 8 apresenta os parâmetros meteorológicos e de qualidade do ar previstos para serem monitorados por cada estação da RAMQAr a partir da modernização tecnológica ocorrida em 2023.

Tabela 8: Parâmetros monitorados pelas estações da RAMQAr em 2024.

Estação	Localização	MP _{2,5}	MP ₁₀	PTS	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	HCB	Parâmetros Meteorológicos
EMQAr - RGV1	Laranjeiras	X	X		X	X	X	X	X	X		DV, VV, PP, TA, UR
EMQAr – RGV2	Carapina	X	X									DV, VV, PA, PP, RS, UR, TA
EMQAr – RGV3	Jardim Camburi	X	X		X	X	X	X				DV, VV, PP, TA, UR
EMQAr – RGV4	Enseada do Suá	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	DV, VV, PA, PP, RS, UR, TA
EMQAr – RGV5	Centro-Vitória	X	X		X	X	X	X	X			PP, TA, UR
EMQAr – RGV6	Ibes	X	X	X	X	X	X	X	X	X		DV, VV, PP, UR, TA
EMQAr – RGV7	Centro-Vila Velha	X	X		X							DV, VV, PP, UR, TA
EMQAr – RGV8	Vila Capixaba	X	X		X	X	X	X	X	X		DV, VV, PP, UR, TA
EMQAr – RGV9	Cidade Continental	X	X		X	X	X	X				
EMQAr - RGV10	Praia do Canto	X	X									DV, VV, PA, PP, RS, UR, TA

Legenda:

Poluentes:

CO	Monóxido de Carbono
NO	Monóxido de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
MP ₁₀	Partículas Inaláveis (<10 µm)
MP _{2,5}	Partículas Respiráveis (<2,5 µm)
SO ₂	Dióxido de Enxofre
PTS	Partículas Totais em Suspensão
HCB	Hidrocarbonetos

Meteorologia:

DV	Direção do Vento
PA	Pressão Atmosférica
PP	Precipitação Pluviométrica
RS	Radiação Solar
TA	Temperatura
UR	Umidade Relativa
VV	Velocidade do Vento

Cabe salientar que a estação EMQAr – RGV7, localizada ao lado do colégio Marista, no centro de Vila Velha, encontra-se desativada desde o ano de 2021. Atualmente o IEMA trabalha para o reposicionamento da estação responsável pelo monitoramento da qualidade do ar na região do centro de Vila Velha.

As estações automáticas coletam e analisam continuamente amostras do ar e processam essas informações na forma de médias horárias, no próprio local e em tempo real. As médias horárias são transmitidas para a central de telemetria localizada na Coordenação de Qualidade do Ar e Áreas Contaminadas - CQA do IEMA e armazenadas em servidor exclusivo de banco de dados, onde passam por processo de validação técnica periódica. Todos os monitores usados na RAMQAr atendem aos

padrões de qualidade e desempenho mais rigorosos do mercado e possuem a certificação da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA). A operação da RAMQAR é realizada por empresa contratada através de licitação pública, com a fiscalização e gestão do contrato realizada por servidores do IEMA.

Segundo o Instituto de Energia e Meio Ambiente - IEMA (2024) em seu estudo denominado “*Dimensionamento da Rede Básica de Monitoramento da Qualidade do Ar no Brasil*”, no qual utilizou critérios Europeu e Norte Americano para avaliar o dimensionamento das redes de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, o Espírito Santo apresenta um número de estações de monitoramento já compatível com a cobertura mínima considerando os critérios Europeu e Norte Americano.

4.1.1 Situação Operacional do Monitoramento da Qualidade do Ar

Conforme já mencionado, a RAMQAR da RGV teve suas operações iniciadas no ano de 2000. Contudo, em virtude do tempo decorrido, verificou-se a necessidade de atualização tecnológica das estações devido à defasagem dos equipamentos instalados, bem como a paralisação do monitoramento de alguns poluentes dado a indisponibilidade de peças de reposição e consumíveis para tais equipamentos. Para sanar tais problemas, ao longo do ano de 2023 foram realizadas as reformas das instalações físicas das estações, substituição dos equipamentos analisadores de gases e de material particulado e instalação de equipamentos de medição meteorológico na maioria das estações. A atualização da RAMQAR da RGV é objeto dos convênios nº 001/2021 e 002/2022, firmados com as empresas Vale e Arcelor, respectivamente.

A Tabela 9 a seguir detalha a situação dos monitores de poluentes das estações e o estado de cada um destes observados no mês de dezembro de 2024.

A estação EMQAR – RGV07 não operou no ano de 2024 devido a dificuldades encontradas na regularização da estação junto ao proprietário da área. Já a estação EMQAR – RGV10 ficou sem operação nos meses de janeiro e fevereiro de 2024 devido à necessidade de renegociação de condições para cessão da área junto ao proprietário. Apesar da condição de inoperância nos meses de janeiro e fevereiro de 2024, a estação EMQAR – RGV10 operou normalmente nos demais meses do ano.

Observando a figura 9 verifica-se que alguns equipamentos de monitoramento de MP2,5 e MP10 encontravam-se desligados. Tal fato ocorreu devido à necessidade de manutenção no teto de algumas estações, que vinha provocando infiltrações que poderiam danificar os equipamentos. Estão previstas obras de impermeabilização das lajes das estações para o primeiro semestre de 2025.

Tabela 9: Situação operacional da RAMQAR RGV por poluente monitorado em Dezembro/2024.

Estação	Qualidade do Ar								Meteorologia						
	MP _{2,5}	MP ₁₀	PTS	SO ₂	NO ₂	CO	HCB	O ₃	DV	VV	PP	PA	RS	TA	UR
EMQAr - RGV1	x	x		x	x	x		x	x	x	x			x	x
EMQAr - RGV2	x	x							x	x	x	x	x	x	x
EMQAr - RGV3	x	x		x	x				x	x	x			x	x
EMQAr - RGV4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EMQAr - RGV5	x	x		x	x	x					x			x	x
EMQAr - RGV6	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x
EMQAr - RGV7	x	x		x					x	x	x			x	x
EMQAr - RGV8	x	x		x	x	x		x	x	x	x			x	x
EMQAr - RGV9	x	x		x	x										
EMQAr - RGV10	x	x							x	x	x	x	x	x	x

Legenda:

	Equipamento operando
	Estação desligada
	Equipamento desligado
	X Equipamento previsto
	Equipamento não previsto para a estação

MP _{2,5}	- Partículas Respiráveis (<2,5 µm)
MP ₁₀	- Partículas Inaláveis (<10 µm)
PTS	- Partículas Totais em Suspensão
SO ₂	- Dióxido de Enxofre
NO	- Monóxido de Nitrogênio
NO ₂	- Dióxido de Nitrogênio
NO _x	- Óxidos de Nitrogênio
CO	- Monóxido de Carbono
HCB	- Hidrocarbonetos (CH ₄ , HC _n M e HCT)
O ₃	- Ozônio

DV	- Direção do Vento
VV	- Velocidade do Vento
PP	- Precipitação Pluviométrica
PA	- Pressão Atmosférica
RS	- Radiação Solar
TA	- Temperatura do Ar
UR	- Umidade Relativa

4.1.2 Monitores de Particulados

Para o monitoramento de material particulado, são utilizados pela rede de monitoramento duas tecnologias: o TEOM (Microbalança Oscilante de Elemento Cônico), utilizado para o monitoramento de Partículas Totais em Suspensão; e o BAM (Massa de Atenuação beta) utilizado para o monitoramento de partículas MP₁₀ e MP_{2,5}.

O TEOM consiste na passagem de ar ambiente com fluxo constante através de um filtro que é continuamente pesado, através da medição de diferencial de frequência de oscilação medida deste filtro, calculando-se então, as concentrações de massa em tempo real.

A partir de julho de 2023, todos os equipamentos de medição de MP₁₀ e MP_{2,5} são baseados na técnica de medição de atenuação de raios beta (BAM), a qual determina a concentração de poeira fina medindo a quantidade de radiação absorvida por uma amostra, coletada em um filtro de fita de fibra, quando exposto a uma fonte radioativa. Os raios beta de baixa energia são absorvidos por colisão com elétrons, cujo número é proporcional à densidade. Tais equipamentos são do modelo MP101, da fabricante Envea.

O equipamento TEOM continua a ser utilizado somente na Estação EMQAr RGV4 – Enseada do Suá, para o monitoramento de PTS.

4.1.3 Monitor de Dióxido de Enxofre (SO₂)

Para medição de SO₂ são utilizados equipamentos AQMS-500, da marca FPI, que utiliza o princípio da fluorescência dos raios ultravioleta para medir as concentrações de dióxido de enxofre (SO₂) no ambiente. A amostra de gás é irradiada com uma luz ultravioleta de grande intensidade produzindo uma reação iônica. Esta reação é opticamente filtrada e detectada por um fotodiodo. O fotodiodo produz um sinal elétrico proporcional à concentração de SO₂ na amostra de gás.

4.1.4 Monitor de Óxidos de Nitrogênio (NO_x, NO, NO₂)

Para medição de NO₂ são utilizados os equipamentos de modelo AQMS-600, da marca FPI, que utilizam o princípio de quimiluminescência com o método de cálculo diferencial. Quando o monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂) reagem com o ozônio, uma parte do NO é oxidada formando NO₂. Parte do NO₂ gerado está em um estado excitado e emite luz neste estado. Este fenômeno é chamado de quimiluminescência. O analisador separa a amostra em duas partes. Em

uma delas o NO_2 é reduzido para NO pelo conversor térmico de NO_x e então é utilizado para medir NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$). Na outra parte, a amostra de gás de NO é medida normalmente. Na câmara de reação a amostra reage com o ozônio (formando o NO_2 excitado) e a emissão de luz produzida é detectada por um fotodiodo. A saída produzida pelo fotodiodo é proporcional às concentrações de NO_x e NO no fluxo da amostra.

4.1.5 Monitor de Monóxido de Carbono (CO)

Para medição de NO_2 são utilizados equipamentos do modelo AQMS-400, da marca FPI. Esse instrumento mede a concentração de CO no ar ambiente com base no princípio de fotometria Infravermelha Não-Dispersivo (NDIR), em de que o CO absorve a luz infravermelha de um comprimento de onda específico. Esse método é baseado na lei de Beer-Lambert, uma relação empírica relaciona a absorção da luz com as propriedades do material.

4.1.6 Monitor de Ozônio (O_3)

São utilizados equipamentos do modelo AQMS-300, da marca FPI. Tais instrumentos utilizam o método de absorção ultravioleta juntamente com o método de cálculo comparativo. A amostra é exposta a uma fonte luminosa de UV com frequência constante. As moléculas de ozônio são absorvidas pela luz UV produzindo um sinal óptico que é convertido em um sinal elétrico. O sinal elétrico é usado para calcular a concentração de ozônio.

4.1.7 Monitor de Hidrocarbonetos (CH_4 , HCnM e HCT)

Atualmente é utilizado equipamento do modelo EXPEC-2000-115, da marca FPI. Esse instrumento utiliza o método de cromatografia gasosa com detecção por ionização de chama para medir continuamente as concentrações de compostos orgânicos voláteis, permitindo a especiação de compostos por meio da tecnologia de dessorção térmica a altas temperaturas.

4.2 Rede Manual de Monitoramento de Partículas Sedimentáveis (RMPS)

A RMPS foi implantada em abril de 2009 com nove (9) pontos de monitoramento. Em dezembro do mesmo ano, a rede foi ampliada para onze (11) pontos de monitoramento. No ano de 2023, a rede contou com doze (12) pontos ativos. O ponto de monitoramento PMPS – RGV7, localizado ao lado do Colégio Marista, encontra-se temporariamente inoperante, até que o IEMA concretize sua realocação, e o ponto conhecido por PMPS - RGV12, situado no Hotel Aruan, foi desligado permanentemente desde abril de 2022.

A Tabela 10 apresenta a localização dos pontos de monitoramento de partículas sedimentáveis.

Tabela 10: Localização dos pontos de monitoramento de partículas sedimentáveis, em operação e desativados.

Ponto	Localização	Bairro	Município	Coordenadas	
				X	Y
PMPS - RGV1	Hospital Dório Silva	Laranjeiras	Serra	369917	7766305
PMPS – RGV2	ArcelorMittal Tubarão	Carapina	Serra	368945	7762315
PMPS – RGV3	Unidade de Saúde	Jardim Camburi	Vitória	367429	7760371
PMPS – RGV4	Corpo de Bombeiros	Enseada do Suá	Vitória	365266	7753279
PMPS – RGV5	Ministério da Fazenda	Centro	Vitória	360857	7752450
PMPS – RGV6	4º Batalhão da Polícia Militar	Ibes	Vila Velha	362532	7749346
PMPS – RGV7 *	Ao lado do Colégio Marista	Centro	Vila Velha	365354	7750721
PMPS – RGV8	CEASA	Vila Capixaba	Cariacica	353697	7749998
PMPS – RGV9	Hotel SENAC	Ilha do Boi	Vitória	366107	7753649
PMPS - RGV10	Clube Ítalo Brasileiro	Ilha do Boi	Vitória	366640	7753590
PMPS - RGV 11	ArcelorMittal Tubarão	Cidade Continental	Serra	371218	7763588
PMPS - RGV 12 **	Hotel Aruan	Jardim da Penha	Vitória	365444	7756934
PMPS - RGV 13	Instituto Dom João Batista	Praia do Canto	Vitória	365733	7755437
PMPS - RGV 14	CMEI Prof Sandra Maria Nepomuceno Dallabernardina	Carapebus	Serra	374013	7763820

Nota: Sistema de Coordenadas UTM – SIRGAS 2000.

* Estação temporariamente inoperante.

** Estação desativada desde abril de 2022.

Cada ponto de monitoramento é dotado de coletores no padrão ASTM D1739-98 (2004), em número suficiente que assegure a medição da deposição de partículas sedimentáveis. Em alguns casos, podem ser adotados mais coletores por ponto de monitoramento, a fim de possibilitar o acúmulo de massa em quantidade suficiente para análises específicas.

A Figura 7 apresenta o aparato utilizado para coleta de partículas sedimentáveis. Este aparato consiste, basicamente, num recipiente de coleta de 25 cm de diâmetro e 50 cm de profundidade, protegido por uma barreira para minimizar a influência da velocidade do vento sobre as medições.

Figura 7: Aparato para coleta de partículas sedimentáveis.



Para a quantificação da taxa de deposição de partículas sedimentáveis são empregados os procedimentos descritos na norma ASTM D1739-98 (2004). O coletor é exposto por 30 dias, e após este período a massa depositada é seca e quantificada por gravimetria. Conhecendo a massa de partículas depositadas e a área do recipiente, determina-se o fluxo de deposição em $\text{g}/\text{m}^2/30$ dias. Os dados divulgados representam a média dos fluxos de deposição calculados entre os coletores instalados em cada ponto de monitoramento.

4.3 Métodos de Tratamento de Dados da Rede Automática de Qualidade do Ar

Os dados brutos utilizados para elaboração deste relatório são as concentrações médias horárias para cada poluente e variáveis meteorológicas monitoradas. A partir

desses dados são calculadas as concentrações médias aritméticas anuais (MP₁₀, MP_{2,5}, NO₂ e SO₂), médias geométricas anuais (PTS), médias móveis de 24 horas (PTS, MP₁₀, MP_{2,5}, SO₂, e NO₂), médias móveis de 8 horas (CO e O₃) e médias horárias (CO).

Neste relatório, utilizam-se as médias móveis de 8 horas e 24 horas para a realização das comparações com os padrões previstos na legislação vigente e com as recomendações da OMS.

As médias móveis representam a melhor estratégia para a verificação da exposição ao poluente monitorado, pois a exposição ocorre em horas consecutivas e não de acordo com o período de tempo fixo de 24 horas existente num dia. Desse modo, para cada dia de monitoramento são calculadas 24 médias móveis de 24 horas, perfazendo 8.760 médias em um ano. Outro modo interessante de avaliar a importância do uso da média móvel, consiste em perceber que a média de 24 horas entre 00:00 horas e 23:59 horas pode ser menor que a média de 24 horas calculada entre 12:00 horas de um dia e 11:59 horas do dia posterior, entretanto, a exposição de 24 horas ao poluente ocorreu tanto entre 00:00 horas e 23:59 horas como entre 12:00 horas e 11:59 horas.

4.3.1 Representatividade dos Dados

A análise da representatividade dos dados de monitoramento é muito importante para garantir a validade das comparações entre os dados de monitoramento e os padrões de qualidade do ar. Por exemplo, se uma estação de monitoramento possui dados válidos de medição somente em metade dos meses de um ano, a média anual da concentração de poluentes calculada com os dados dessa estação pode não ser representativa da qualidade do ar daquela região. Esse problema pode ser mais grave se os dados não coletados representarem períodos críticos ou de condições meteorológicas desfavoráveis, como os meses de inverno, por exemplo. Nesse contexto, a definição de critérios de representatividade de dados é de extrema importância para assegurar a confiabilidade das análises efetuadas.

A representatividade de um parâmetro de monitoramento calculado (tais como médias anuais, mensais ou de 24 horas) é avaliada com base no percentual de dados brutos válidos que foi utilizado em seu cálculo. Ao processar os dados brutos são considerados como dados disponíveis/válidos os dados que não são invalidados pelo sistema de captura/armazenamento de dados ou pelo gestor do sistema.

Com o objetivo de uniformizar os critérios de representatividade utilizados por órgãos ambientais estaduais no Brasil, o presente relatório utiliza os critérios contidos no item 5 do Guia Técnico para Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar do Ministério do Meio Ambiente (2019). A representatividade dos dados é testada com base no número

de dados brutos disponíveis/válidos para o cálculo de médias horárias, diárias, mensais e anuais.

A Tabela 11 apresenta os critérios de representatividade dos parâmetros monitorados utilizados neste relatório.

Tabela 11: Descrição dos critérios de representatividade dos parâmetros.

Parâmetro a ser calculado	Critério de representatividade
Médias horárias	75% de dados válidos durante a hora
Médias de 24 horas	2/3 das médias horárias válidas durante as 24 horas
Média Mensal	2/3 das médias diárias válidas no mês
Média anual	1/2 das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro

Para as médias horárias e médias de 24h, somente os dados válidos e resultados considerados representativos serão considerados nas análises neste relatório. Para médias mensais ou anuais, os resultados que não atendem aos critérios de representatividade podem ser apresentados nos gráficos e tabelas, mas com a indicação “não representativos”.

4.4 Métodos de Tratamento de Dados da Rede Manual de Monitoramento de Partículas Sedimentáveis (RMPS)

Conforme explanado no item 4.2 do presente relatório, cada ponto de monitoramento pode ter mais de um coletor de poeira. O IEMA adotou como padrão a instalação de 4 (quatro) coletores em cada ponto de monitoramento. Todavia, alguns dos pontos de monitoramento atualmente contam com 3 (três) coletores devido à existência de interferências que impedem a instalação de todos os 4 (quatro) coletores.

A escolha por quatro coletores em cada ponto permite a obtenção de valores médios mais representativos daquele ponto, além de permitir um acúmulo maior de material para disponibilização para pesquisas e investigações diversas.

Não é incomum que um ou mais coletores em um mesmo ponto de monitoramento sofra interferências externas que motivem a necessidade de descarte da amostra, como acúmulo de fezes de pássaros, decomposição de insetos ou folhas em grande quantidade, perda da amostra devido a incidentes durante processo de retirada da amostra até o laboratório, por exemplo. Dessa forma, a existência de três ou mais

coletores permitem que, ainda que necessário o descarte de alguma amostra, seja possível calcular uma média do resultado dos coletores restantes para cada ponto.

Coletores que apresentem resultados muito discrepantes dos demais no mesmo ponto, tanto para mais quanto para menos, mesmo que não identificado a causa da discrepância, também podem ter seu resultado descartado para o cálculo da média.

Atualmente o IEMA trabalha para instituir uma metodologia para padronizar os critérios para descarte de resultados de amostras (coletores).

5 - Dados Meteorológicos

A dispersão dos poluentes, e conseqüentemente o nível de concentração destes na atmosfera, é diretamente influenciada pelas variáveis meteorológicas. Dentre as variáveis meteorológicas o regime de ventos, a umidade do ar, a radiação solar, a temperatura ambiente e a ocorrência de chuvas são alguns fatores climáticos locais que podem interferir no tempo de permanência dos poluentes na atmosfera. Fenômenos meteorológicos de circulação geral da atmosfera também interferem na dispersão de poluentes, uma vez que a movimentação das grandes massas de ar afeta a circulação meteorológica local.

Neste capítulo, as condições meteorológicas para o ano de 2024 nas regiões onde estão instaladas as estações da RAMQAr serão demonstradas nos tópicos a seguir. Reforça-se que nem todas as estações da RAMQAr monitoram parâmetros meteorológicos, conforme pode ser consultado na Tabela 8, constante no item 4.1.

Destaca-se que a ampliação e modernização da rede de monitoramento ocorrida em 2023 permitiu a obtenção de muito mais dados meteorológicos para avaliação no ano de 2024 quando comparado aos anos anteriores. Praticamente todas as estações da RAMQAr passaram a possuir algum equipamento de medição meteorológica, em especial direção e velocidade do vento, o que auxiliará o IEMA, entre outros, na investigação de possíveis origens para eventos de ultrapassagens de concentrações recomendadas pela OMS. Além disso, auxiliará na melhor compreensão da dispersão de poluentes pela região metropolitana e na definição de novos locais para ampliação da rede e/ou realocação de estações existentes.

De um modo geral, tivemos boa disponibilidade de dados meteorológicos ao longo do ano em todas as estações onde esse monitoramento é feito, ficando, na maior parte dos casos, com mais de 95% de dados válidos. Contudo, na estação EMQAr10 (Praia do Canto), os dois primeiros meses do ano de 2024 (janeiro e fevereiro) nenhum parâmetro foi monitorado devido à problemas contratuais com o proprietário da área. Por tal motivo, essa estação não atendeu aos critérios de representatividade anual para nenhum parâmetro. Diante disso, a estação EMQAr10 será desconsiderada em algumas avaliações.

5.1 Precipitação

A Tabela 12 traz os dados de disponibilidade dos equipamentos de medição pluviométrica para cada estação. Tais dados são importantes para avaliação dos resultados, uma vez que são avaliados os acumulados mensais e anual. Poucos dias sem medição podem representar grande diferença no acumulado do período, afastando os valores medidos do evento real. Pela análise da tabela citada, verifica-se que as estações mantiveram, em sua maioria, índice de disponibilidade maior que 97%, o que é considerado muito bom, com exceção das estações do Centro de Vitória (EMQAr05) e Praia do Canto (EMQAr10). Por isso, recomendamos cautela na avaliação dos resultados dessas duas estações. Para a estação Praia do Canto (EMQAr10), as falhas de leitura ficaram concentradas nos meses de janeiro, fevereiro e março, sendo o restante dos meses representativos. Para a estação de Vitória Centro (EMQAr05), no mês de março não ocorreram leituras, mas também tivemos falhas em outros meses, apesar de menos representativas.

Tabela 12: Disponibilidade dos equipamentos de pluviometria ao longo do ano de 2024.

Disponibilidade dos equipamentos de pluviometria (%)								
Mês	Laranjeiras (EMAQR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	98,7	98,4	99,7	99,7	98,3	99,6	95,2	0
Fev	100	99,4	99,9	92,2	94,8	99,4	92,7	0
Mar	99,9	78,2	100	100	0	88,6	100	58,1
Abr	99,7	99,3	99,9	99,4	87,4	99,2	98,8	99,0
Mai	99,7	99,6	99,9	98,9	99,9	96,0	99,6	99,7
Jun	100	100	99,9	100	94,3	100	99,9	100
Jul	71,1	99,7	100	100	76,1	99,9	100	100
Ago	99,9	100	99,7	99,9	99,9	99,9	97,8	99,6
Set	99,9	99,7	99,9	99,7	99,7	98,9	100	99,6
Out	98,8	99,9	99,9	89,2	99,6	99,7	99,7	100
Nov	99,7	99,9	100	98,6	99,9	100	99,9	100
Dez	99,7	99,9	79,8	99,9	99,9	79,3	99,5	100
Total anual	97,2	97,8	98,2	98,2	87,3	96,7	98,6	79,9

* Números destacados em vermelho não atendem os critérios de representatividade mensal e/ou anual

Os Gráficos Gráfico 1 a Gráfico 8 apresentam a evolução mensal de chuva acumulada registrada nas estações da RAMQAr no ano de 2024. De um modo geral, a curva dos acumulados mensais teve forma muito semelhante à curva da normal meteorológica: Tivemos os maiores acumulados de chuvas nos meses de primavera (outubro, novembro) e verão (dezembro, janeiro e fevereiro), enquanto os meses de outono (março, abril e maio) e inverno (junho, julho e agosto) tiveram menos chuvas que o esperado. Contudo, pode-se dizer que 2024 foi um ano que choveu menos que o esperado na maior parte do tempo, se destacando os meses de junho e dezembro, onde os valores ficaram bem abaixo que a média dos outros anos na maioria das estações.

Gráfico 1: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV1 - Laranjeiras.

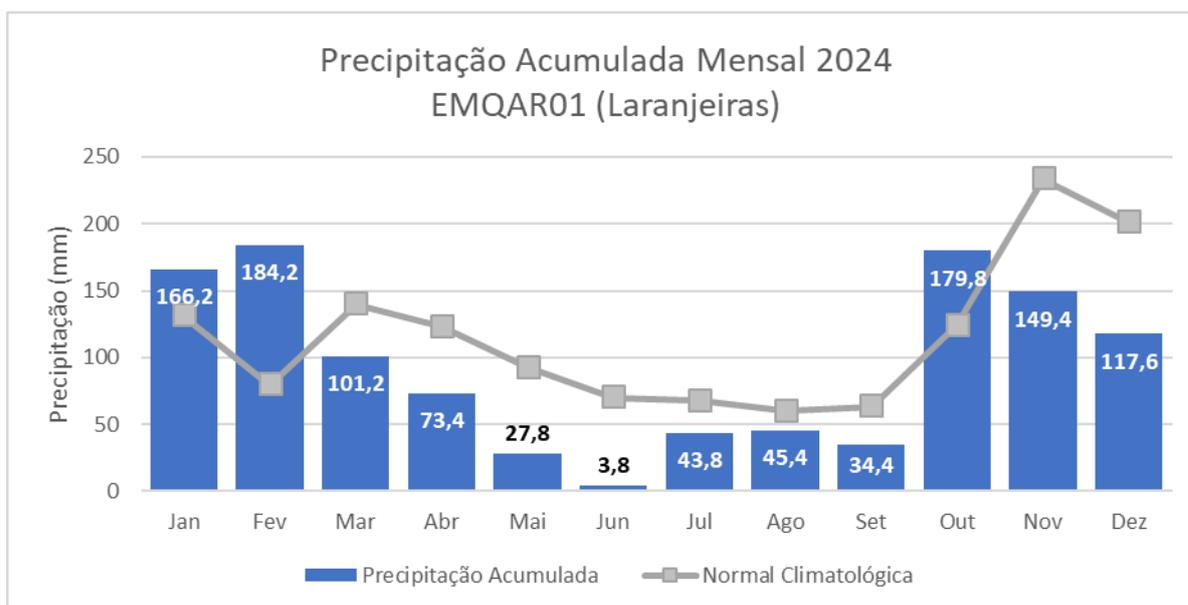


Gráfico 2: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV2 - Carapina.

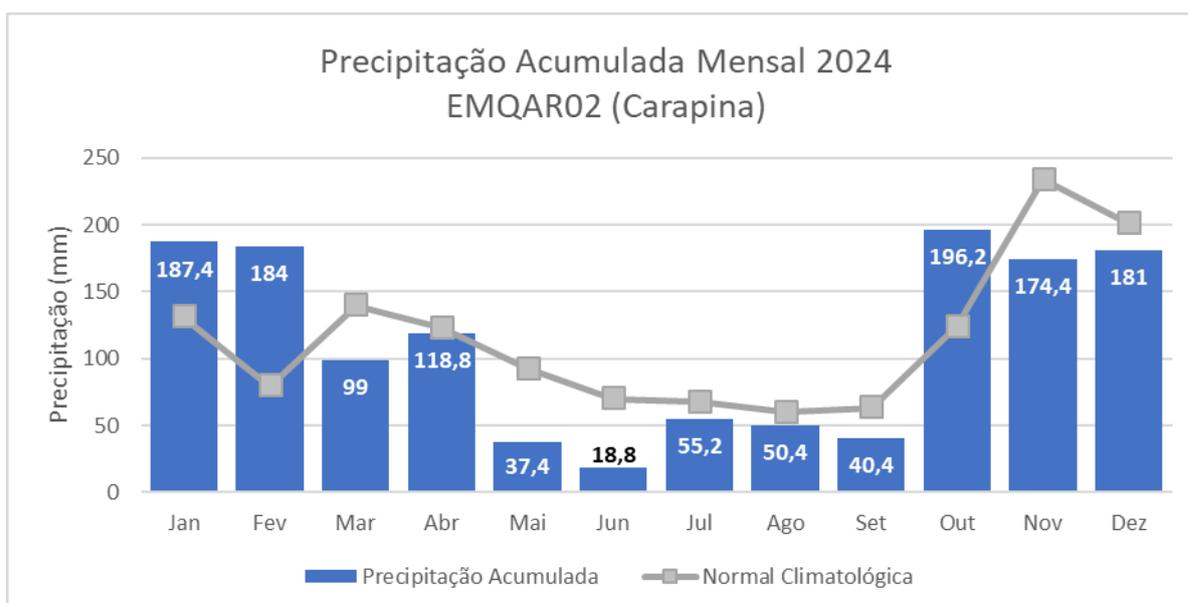


Gráfico 3: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV3 – Jardim Camburi.

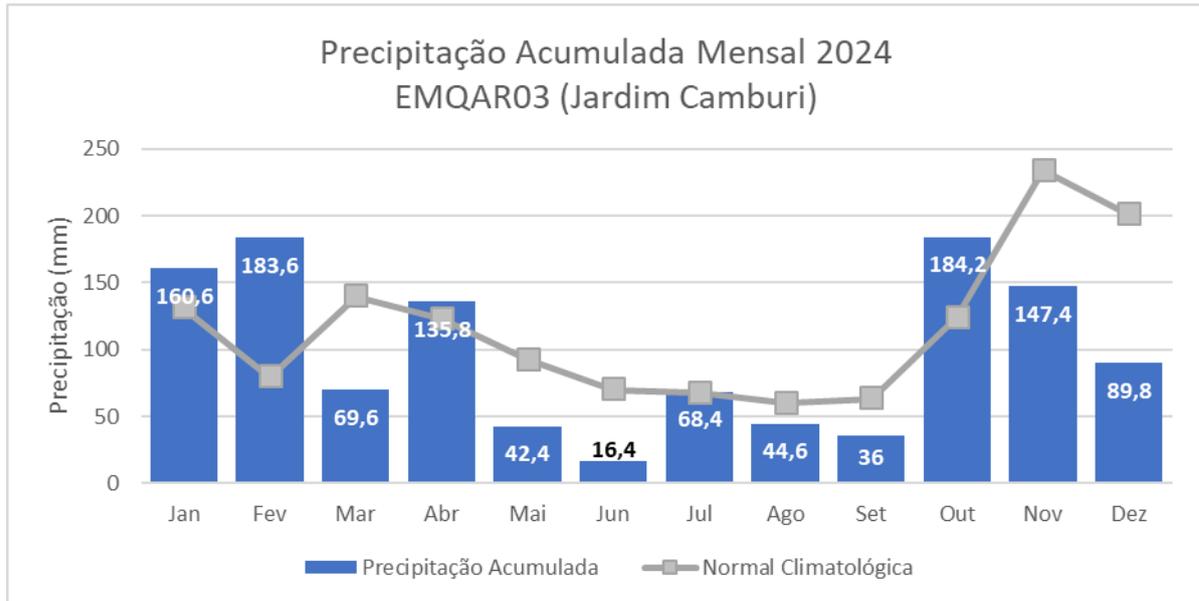


Gráfico 4: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV4 – Enseada do Suá.

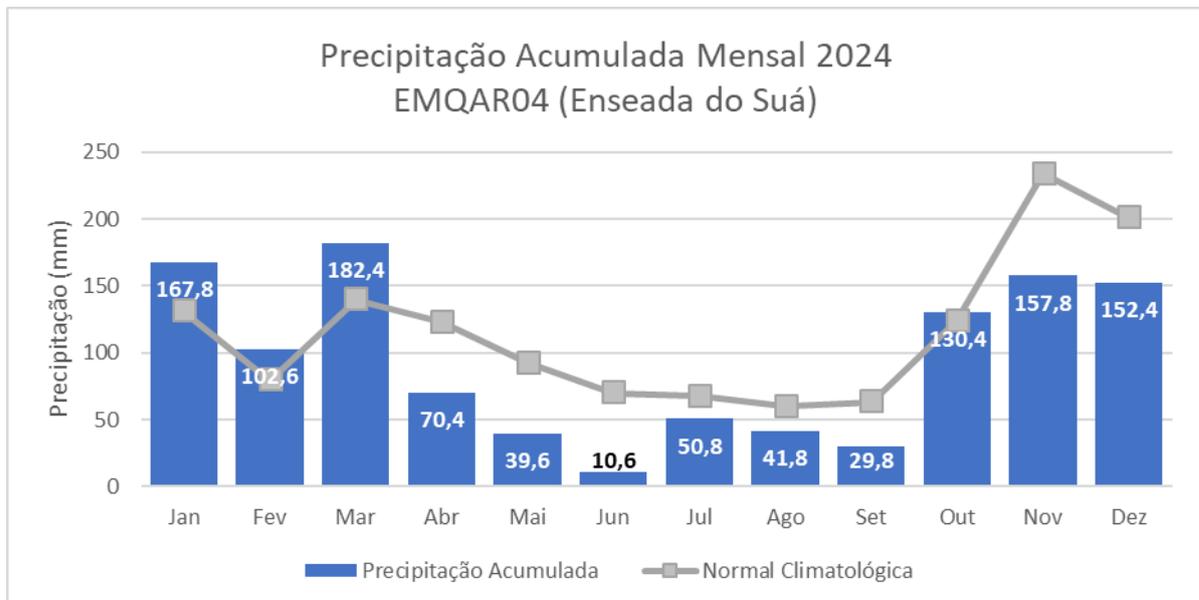


Gráfico 5: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV5 – Centro de Vitória.

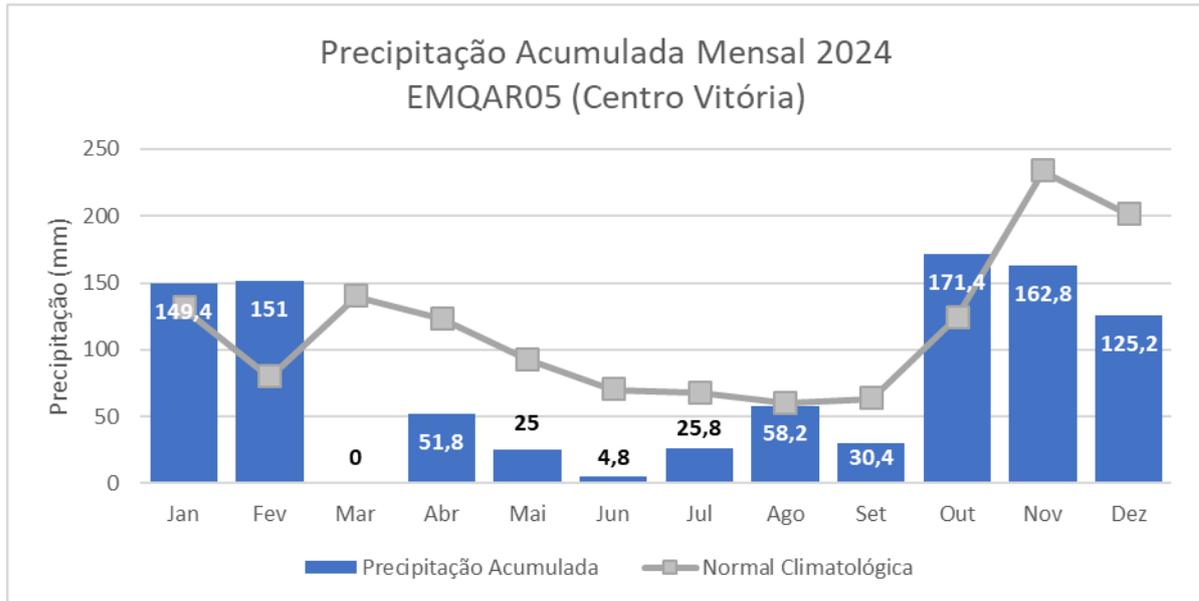


Gráfico 6: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV6 – Ibes.

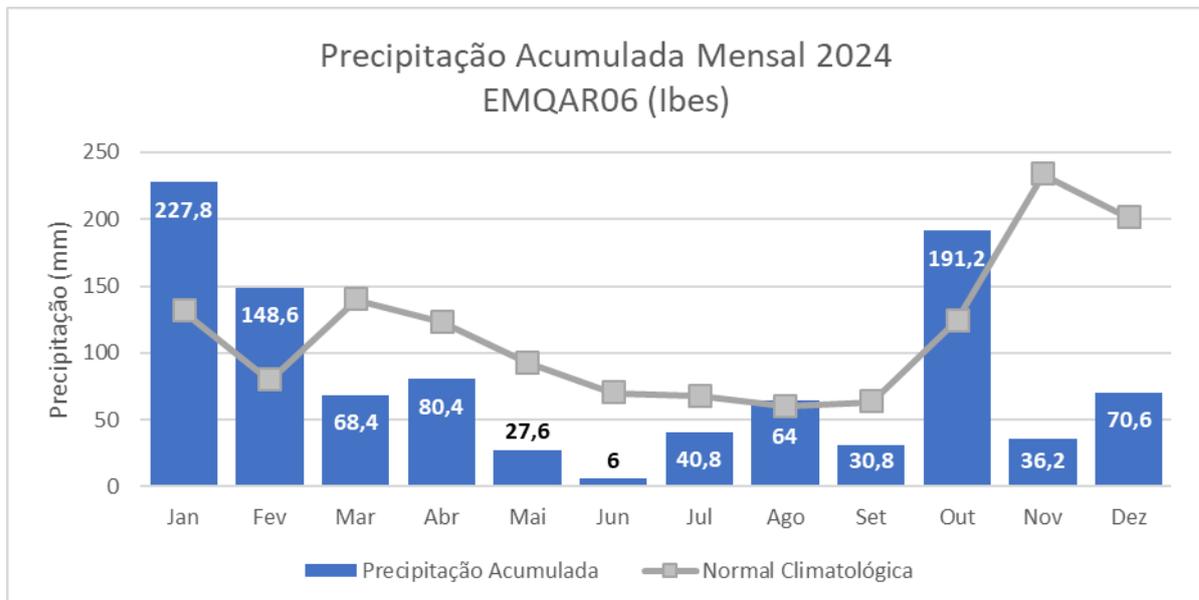


Gráfico 7: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV8 – Vila Capixaba.

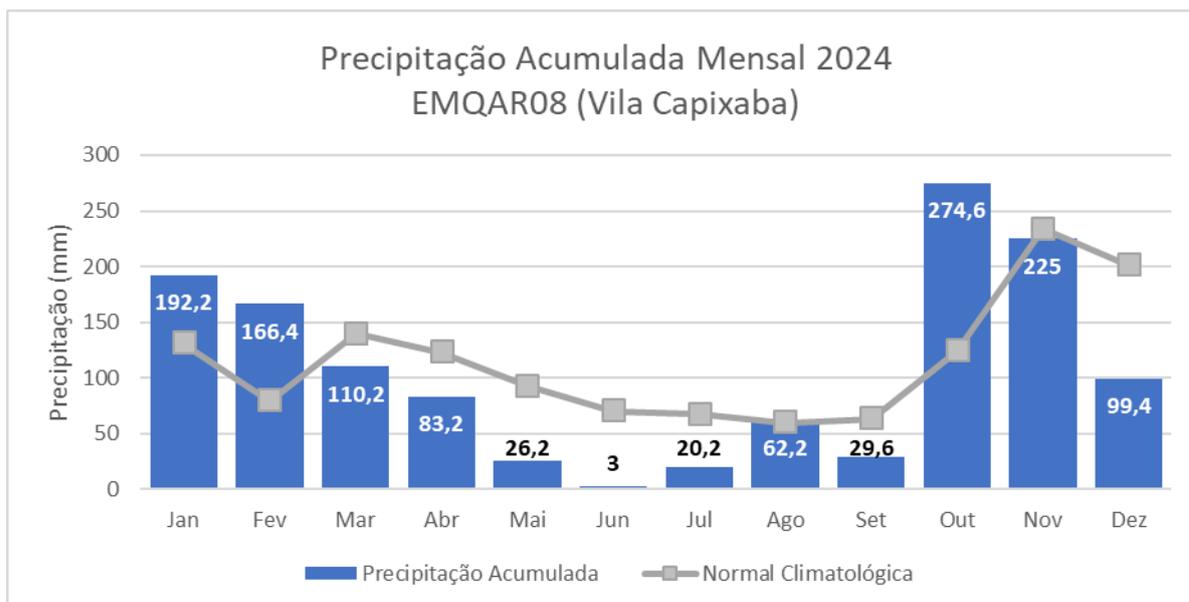
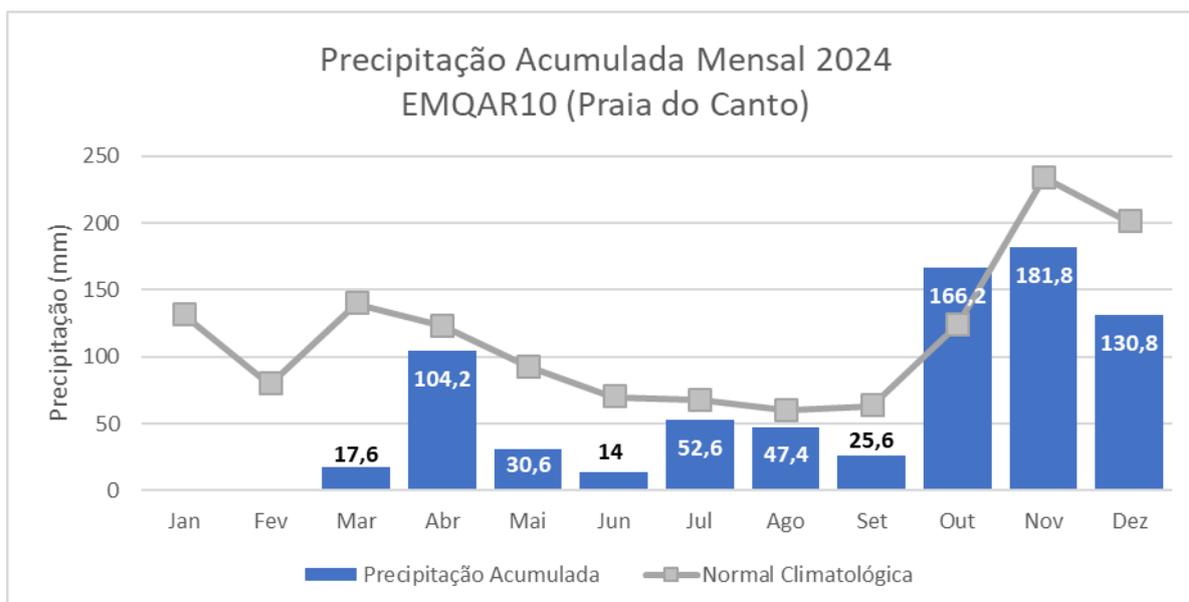


Gráfico 8: Precipitação acumulada mensal na estação EMQAr – RGV10 – Praia do Canto.



* Não foram realizadas medições pluviométricas nos meses de janeiro e fevereiro de 2024 na estação EMQAr10 (Praia do Canto).

5.2 Temperatura

As tabelas Tabela 13 a Tabela 15 apresentam os resultados das médias, além das máximas e mínimas de cada mês do ano para as estações onde foi realizado o monitoramento do parâmetro temperatura, enquanto o Gráfico 9 traz uma ilustração visual desses mesmos dados para a estação Carapina (EMQAr02).

Tabela 13: Temperaturas médias mensais

Temperaturas médias mensais (°C)								
Mês	Laranjeiras (EMAQR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	27,1	27,3	26,0	28,0	26,8	26,6	26,1	
Fev	27,5	27,3	26,2	28,4	25,5	27,2	26,2	
Mar	28,1	27,9	27,0	29,7	27,8	28,2	26,8	27,2
Abr	26,7	26,4	25,5	28,4	26,5	27,0	25,2	25,9
Mai	26,4	26,2	25,2	27,9	26,4	26,9	24,9	25,5
Jun	24,7	24,3	23,3	26,4	25,4	25,3	23,1	23,8
Jul	24,1	24,1	22,9	25,9	24,2	24,8	22,6	23,2
Ago	23,7	23,6	22,4	25,3	23,4	24,2	22,0	22,5
Set	25,1	25,6	24,0	26,9	25,1	25,4	23,8	24,0
Out	24,9	25,5	23,9	27,1	24,9	26,5	23,9	24,2
Nov	26,1	26,0	24,2	27,4	25,2	27,4	24,3	24,5
Dez	27,6	27,4	25,5	28,7	26,9	29,0	25,9	25,7
Anual	26,0	25,9	24,7	27,5	25,7	26,5	24,5	24,5

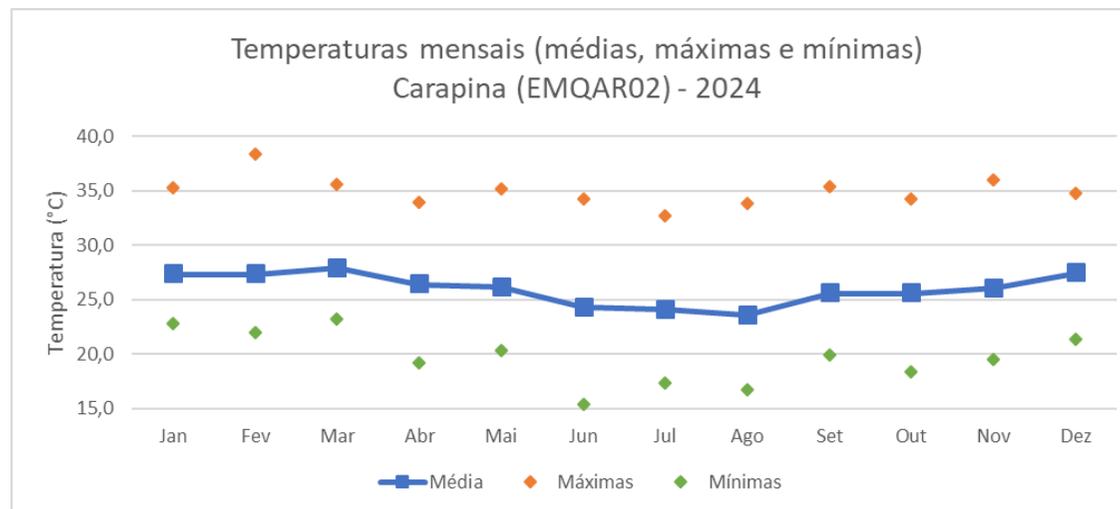
Tabela 14: Temperaturas máximas mensais

Temperaturas máximas mensais (°C)								
Mês	Laranjeiras (EMAQR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	33,6	35,2	32,8	35,3	33,8	35,2	34,7	
Fev	36,1	38,3	35,5	37,5	32,0	37,6	36,1	
Mar	34,6	35,5	34,0	36,4	36,7	35,9	35,8	32,9
Abr	32,7	33,8	32,4	33,6	34,4	34,1	32,8	31,5
Mai	33,7	35,1	33,4	34,9	33,9	35,5	33,0	32,0
Jun	32,0	34,1	32,6	32,6	33,3	34,4	32,4	30,6
Jul	30,8	32,6	30,4	33,7	32,4	33,7	31,3	30,3
Ago	32,3	33,7	31,4	33,9	32,0	34,6	31,4	30,4
Set	34,1	35,3	33,1	34,6	33,8	35,3	33,9	31,8
Out	32,8	34,1	32,1	34,7	34,6	36,2	33,6	31,6
Nov	36,0	35,9	33,1	35,5	34,8	37,6	35,2	32,5
Dez	34,4	34,7	32,2	35,4	34,7	37,5	34,1	31,6

Tabela 15: Temperaturas mínimas mensais

Temperaturas mínimas mensais (°C)								
Mês	Laranjeiras (EMAQR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	22,5	22,7	21,4	23,2	21,4	21,5	19,8	
Fev	23,0	21,9	21,4	24,1	21,1	22,7	21,5	
Mar	23,4	23,1	21,6	25,2	23,1	24,1	22,1	23,3
Abr	21,9	19,1	19,7	22,5	21,2	21,1	20,0	20,7
Mai	21,1	20,2	19,6	22,3	20,6	20,2	19,0	20,0
Jun	20,2	15,3	17,6	22,1	20,0	19,9	17,5	19,2
Jul	19,3	17,3	16,6	21,1	19,7	18,9	16,7	18,7
Ago	18,6	16,6	15,9	20,4	17,9	18,7	16,3	17,7
Set	21,3	19,8	18,7	22,6	20,4	20,0	18,8	20,1
Out	20,0	18,3	18,3	21,6	19,6	20,0	18,5	19,8
Nov	20,7	19,4	18,1	21,9	19,7	21,2	18,3	19,7
Dez	22,3	21,3	19,8	23,5	22,4	23,0	20,4	21,2

Gráfico 9: Temperatura média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr – RGV2 - Carapina.

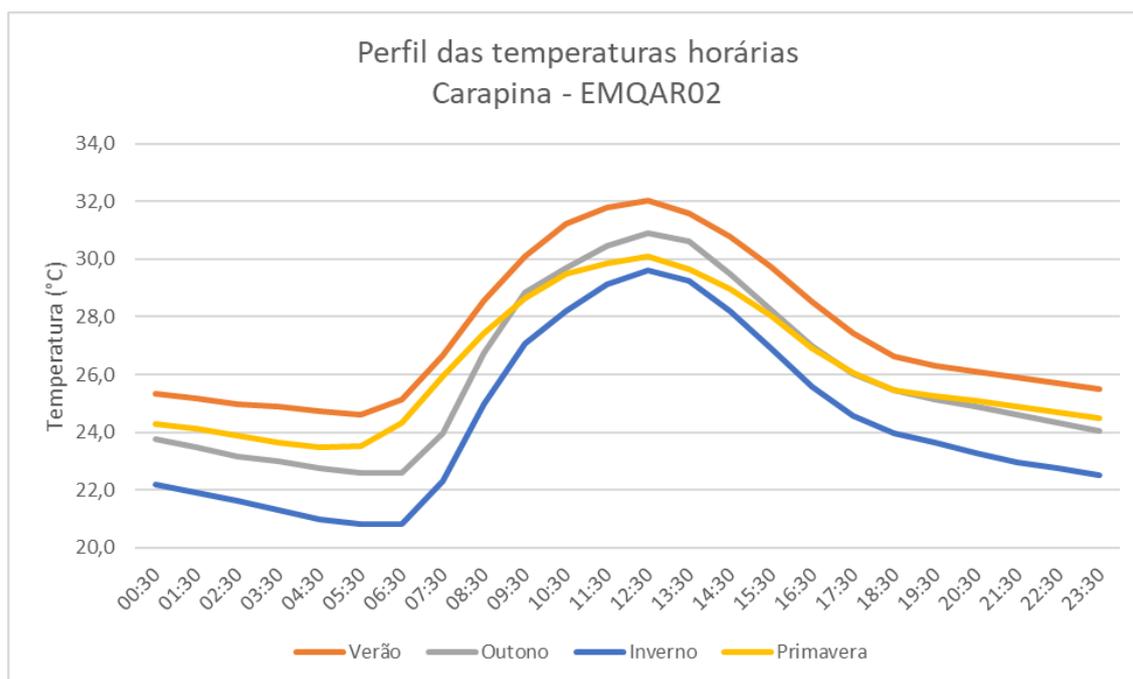


Considerando a normal climatológica (24,9°C), apenas as estações Jardim Camburi (EMQAr03), Vila Capixaba (EMQAr08) e Praia do Canto (EMQAr10) tiveram médias abaixo desse valor. A estação Enseada do Suá (EMQAr04) teve o maior valor de média anual entre as estações, com 27,5°C.

As maiores temperaturas foram registradas nos dias 28 de fevereiro, 17 a 21 de março e 29 de novembro para a maioria das estações, sendo os valores máximos de 38,3°C na estação Carapina (EMQAr02) e 37,6°C na estação Ibes (EMQAr06), ambos no dia 28/02/2024. Já, as temperaturas mínimas ocorreram, para a maioria das estações, nos dias 23 e 30 de agosto. A menor temperatura registrada ocorreu na estação Carapina (EMQAr02), no dia 28 de junho, no valor de 15,3°C.

Observa-se no Gráfico 10, o qual traz dados da estação Carapina (EMQAr02), que as maiores diferenças de temperatura são observadas entre o inverno e o verão. Os valores máximos de temperatura durante todo o ano ocorrem entre 11h e 14h, período que coincide com a maior incidência de radiação solar na superfície.

Gráfico 10: Perfil das temperaturas médias ao longo de 24h do dia.



5.3 Pressão Atmosférica

A variação média mensal da pressão atmosférica apresenta comportamento sazonal, sendo que as altas pressões estão presentes sobre a região durante o período de inverno.

Os Gráficos Gráfico 11 a Gráfico 13 apresentam o comportamento desse parâmetro no ano de 2024.

Gráfico 11: Pressão atmosférica média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr - RGV2 - Carapina.

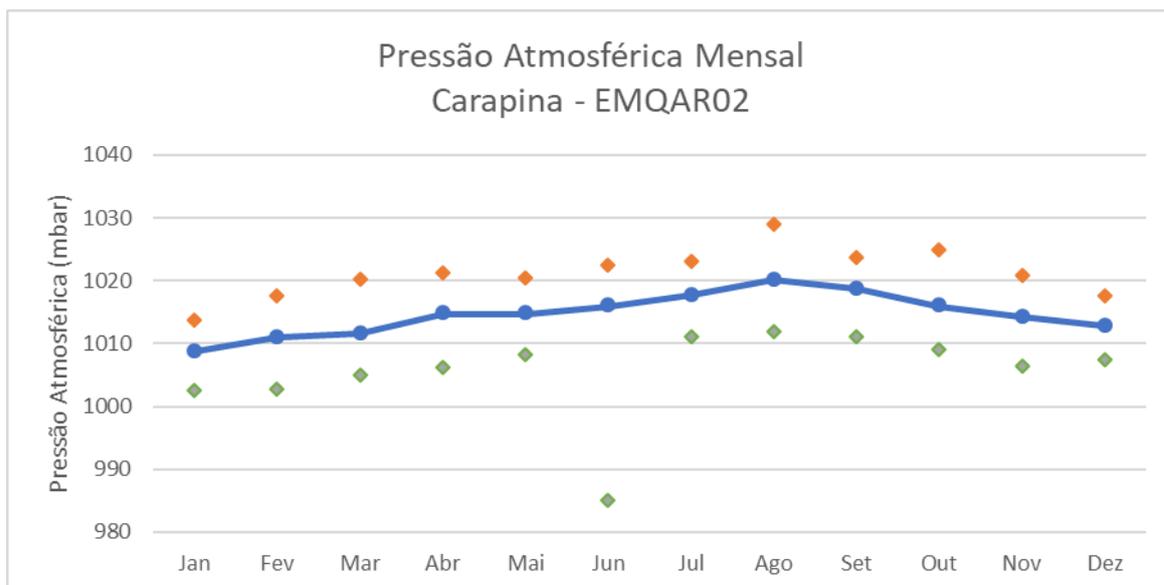


Gráfico 12: Pressão atmosférica média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr – RGV4 – Enseada do Suá.

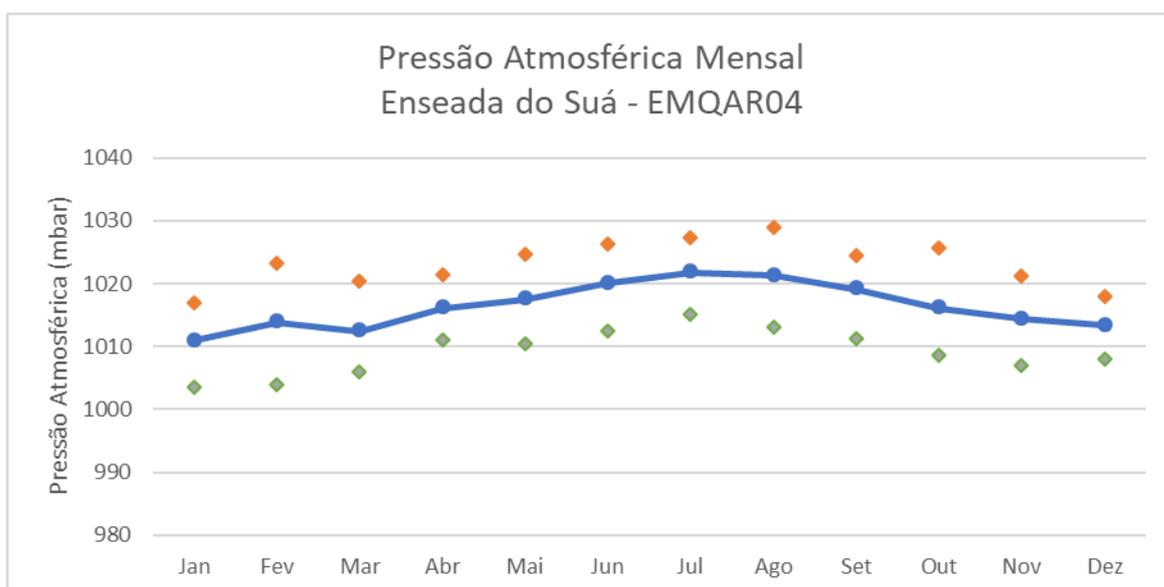
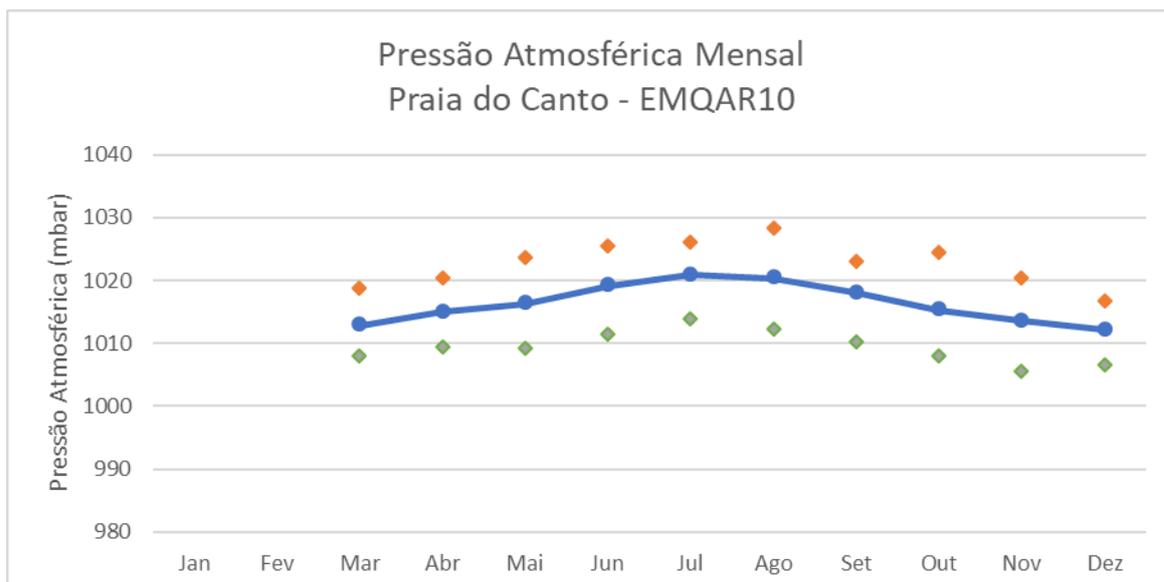


Gráfico 13: Pressão atmosférica média mensal, máxima e mínima na estação EMQAr – RGV10 – Praia do Canto.



A Tabela 16 traz informações sobre a disponibilidade de dados da medição do parâmetro Pressão atmosférica nas três estações da RAMQAr que monitoram tal parâmetro. Apenas a estação Praia do Canto (EMQAr10) não atendeu aos critérios de representatividade anual, devido à inatividade da estação nos meses de janeiro e fevereiro.

Tabela 16: Disponibilidade dos equipamentos de medição de pressão atmosférica.

Disponibilidade dos equipamentos de medição de pressão atmosférica (%)			
Mês	Carapina (EMQAR02)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	98,4	99,7	0
Fev	99,4	92,1	0
Mar	77,3	100	58,1
Abr	98,8	99,6	99
Mai	99,3	98,9	99,9
Jun	100	100	100
Jul	98,7	100	100,0
Ago	99,1	100	99,6
Set	99,7	100	99,6
Out	100	89,4	100
Nov	99,7	98,8	100
Dez	99,9	100	100
Total anual	97,5	98,2	79,9

* valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade

5.4 Radiação Solar

A Tabela 17 traz dados sobre a disponibilidade dos equipamentos de medição de radiação solar. Apenas a estação da Praia do Canto (EMQAr10) não atendeu aos critérios de representatividade anual, devido a falta de dados nos primeiros meses do ano.

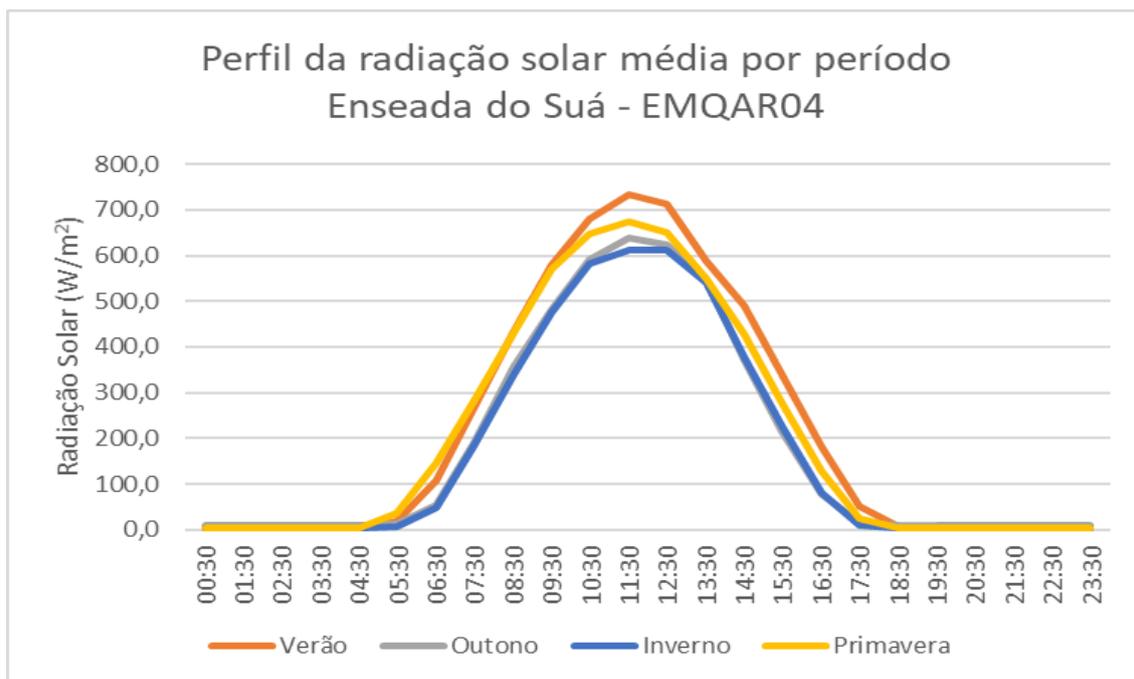
Tabela 17: Disponibilidade dos equipamentos de medição de radiação solar.

Disponibilidade dos equipamentos de medição da radiação solar (%)			
Mês	Carapina (EMQAR02)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	98,4	99,7	0
Fev	99,4	92,1	0
Mar	78,0	100	58,1
Abr	99,3	100	99,0
Mai	99,9	99,1	99,9
Jun	100	100	100
Jul	98,8	100	100
Ago	99,6	99,3	99,6
Set	99,9	100	99,6
Out	100	89,4	100
Nov	99,7	98,8	100
Dez	99,9	100	100
Total anual	97,7	98,2	79,9

* valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade

A radiação solar indica o fluxo de energia solar incidente sobre uma determinada área. Como ilustração, o Gráfico 14 apresenta a variação da incidência da radiação solar ao longo do dia para a estação da Enseada do Suá no ano em 2024.

Gráfico 14: Perfil da radiação solar ao longo do dia, do ano em 2024, para a estação EMQAr – RGV4 – Enseada do Suá.



Verifica-se um comportamento típico, com máximos ocorrendo por volta do meio dia.

As tabelas Tabela 18 e Tabela 19 trazem os dados de médias mensais e de máximas mensais, respectivamente. Observa-se que os maiores valores foram registrados na estação Praia do Canto (EMQAr10), com um pico de 1028,5 W/m², no dia 14/03/2024.

Tabela 18: Médias mensais e anual de radiação solar.

Médias mensais da radiação solar (W/m ²)			
Mês	Carapina (EMQAR02)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	213,8	223,6	
Fev	210,3	219,2	
Mar	204,1	212	251,2
Abr	176,2	193	215,3
Mai	176,7	170,2	195,1
Jun	153	151	177
Jul	163,9	155	154
Ago	182,9	172,9	175,9
Set	203,1	197	198,0
Out	174	188,0	187
Nov	211,9	211,7	217
Dez	212,0	209	221
Total anual	189,8	191,7	196,9

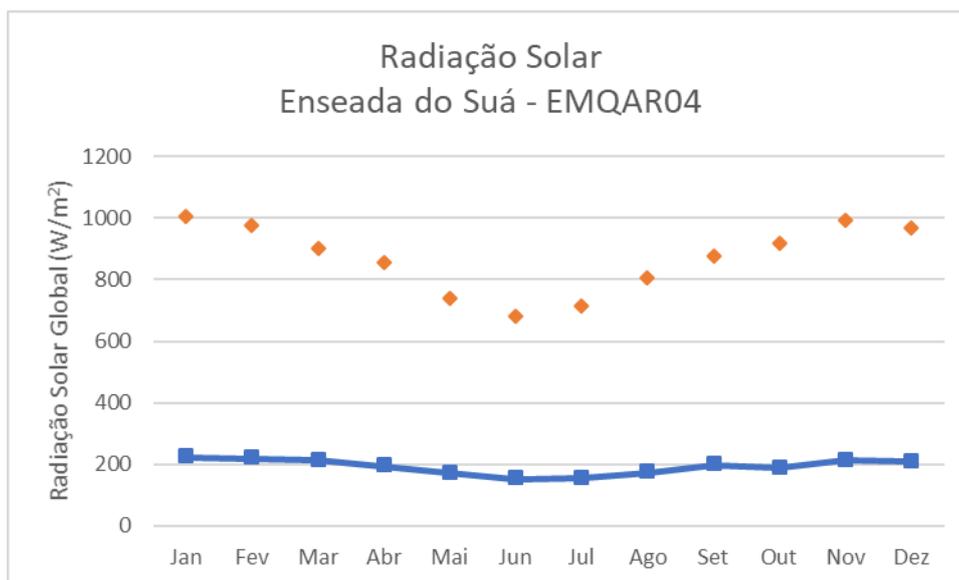
* valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade

Tabela 19: Máximas mensais de radiação solar.

Máximas mensais da radiação solar (W/m ²)			
Mês	Carapina (EMQAR02)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	978,7	999,5	
Fev	949,8	973,6	
Mar	917,1	898	1028,5
Abr	848,1	850	1000,2
Mai	769,3	733,6	854,5
Jun	714	679	783
Jul	706,8	709	690
Ago	815,6	802,4	815,2
Set	903,0	873	902,9
Out	894	914,8	968
Nov	962,0	989,1	996
Dez	986,3	964	1009

O Gráfico 15 mostra graficamente o comportamento dos valores registrados ao longo do ano de 2024, usando os mesmos dados das tabelas Tabela 18 e Tabela 19.

Gráfico 15: Radiação solar média mensal e máxima na estação EMQAr – RGV4 – Enseada do Suá.



5.5 Umidade Relativa

O monitoramento de Umidade Relativa é realizado no mesmo equipamento que monitora o parâmetro Temperatura. Assim, espera-se que a disponibilidade do equipamento seja igual, ou muito semelhante, para os dois parâmetros. A

Tabela 20 mostra a disponibilidade dos equipamentos.

Tabela 20: Disponibilidade dos equipamentos de medição de umidade relativa.

Disponibilidade dos equipamentos de Umidade Relativa (%)								
Mês	Laranjeiras (EMAQR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	98,8	98,4	99,9	99,7	98,3	99,6	95,0	0
Fev	100	99,4	99,9	92,2	94,8	99,4	92,7	0
Mar	99,9	78,2	100	100	98,5	88,6	100	58,1
Abr	100	99,3	100	100	100	99,2	99,0	99,0
Mai	99,7	99,9	100	99,1	100	96,2	99,9	99,9
Jun	100	100	99,9	100	87,8	100	99,9	100
Jul	71,1	99,5	100	100	76,1	100	100	100
Ago	100	100	99,9	100	100	100	98,1	99,6
Set	100	99,9	100	100	99,9	98,5	100	99,6
Out	99,1	100	100	89,4	99,9	99,3	99,7	100
Nov	99,7	99,7	100	98,8	100	100	99,9	100
Dez	100	99,9	80,0	100	100	100	100	100
Total anual	97,3	97,8	98,3	98,3	96,8	98,4	98,7	79,9

* valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade

Tabela 21: Médias mensais para o parâmetro Umidade Relativa.

Médias mensais de umidade relativa (%) por estação de monitoramento								
Mês	Laranjeiras (EMAQR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	89,2	81,9	81,9	79,3	74,4	75,2	78,4	
Fev	90,0	84,1	83,2	80,5	76,0	74,5	80,5	
Mar	88,3	81,3	79,3	78,5	73,3	71,9	77,1	78,3
Abr	87,3	82,4	80,0	77,1	73,6	72,5	77,4	78,0
Mai	87,3	82,1	79,0	78,0	72,1	71,5	75,7	77,7
Jun	87,8	82,9	80,7	77,4	71,8	71,3	75,9	76,7
Jul	86,1	79,6	78,7	76,2	70,7	70,4	74,0	75,4
Ago	83,8	76,6	75,6	73,4	68,8	68,4	71,7	73,4
Set	85,3	75,0	75,8	74,6	68,6	71,3	70,9	74,6
Out	87,5	80,0	80,1	77,6	73,6	73,6	76,7	78,1
Nov	85,8	82,3	81,7	79,4	74,2	74,2	79,3	79,5
Dez	84,5	79,5	79,3	77,2	71,3	71,2	74,9	78,8
Total anual	86,9	80,6	79,6	77,4	72,4	72,1	76,0	77,0

* valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade

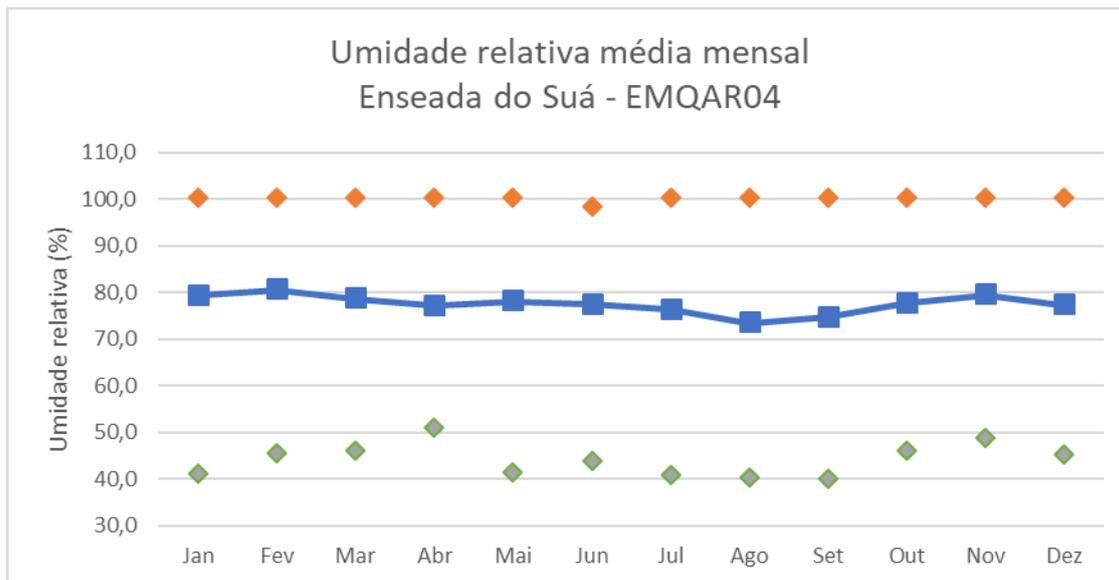
Tabela 22: Mínimas mensais de umidade relativa registradas em cada estação ao longo de 2024.

Mínimas umidades relativas (%) por estação de monitoramento								
Mês	Laranjeiras (EMAQR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	49,7	45,5	45,0	40,8	35,5	37,0	33,1	
Fev	49,3	42,0	41,1	45,1	47,4	39,0	39,2	
Mar	54,5	50,9	48,0	45,9	46,6	42,4	42,5	51,7
Abr	59,6	47,7	51,8	50,8	50,3	45,6	45,8	55,7
Mai	50,2	40,1	44,5	41,0	44,4	39,9	38,3	45,0
Jun	49,3	40,7	43,8	43,6	16,2	38,4	38,1	44,5
Jul	43,4	34,2	36,5	40,6	38,7	32,2	31,5	44,0
Ago	45,6	36,4	41,0	39,9	39,5	34,6	33,0	42,7
Set	41,3	33,0	33,2	39,7	33,5	31,8	28,9	38,8
Out	46,2	42,9	48,1	45,7	41,1	31,4	37,6	49,0
Nov	47,5	46,0	51,2	48,5	46,4	42,6	40,7	54,2
Dez	45,1	43,1	48,3	44,9	45,4	39,8	40,8	50,5

* valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade

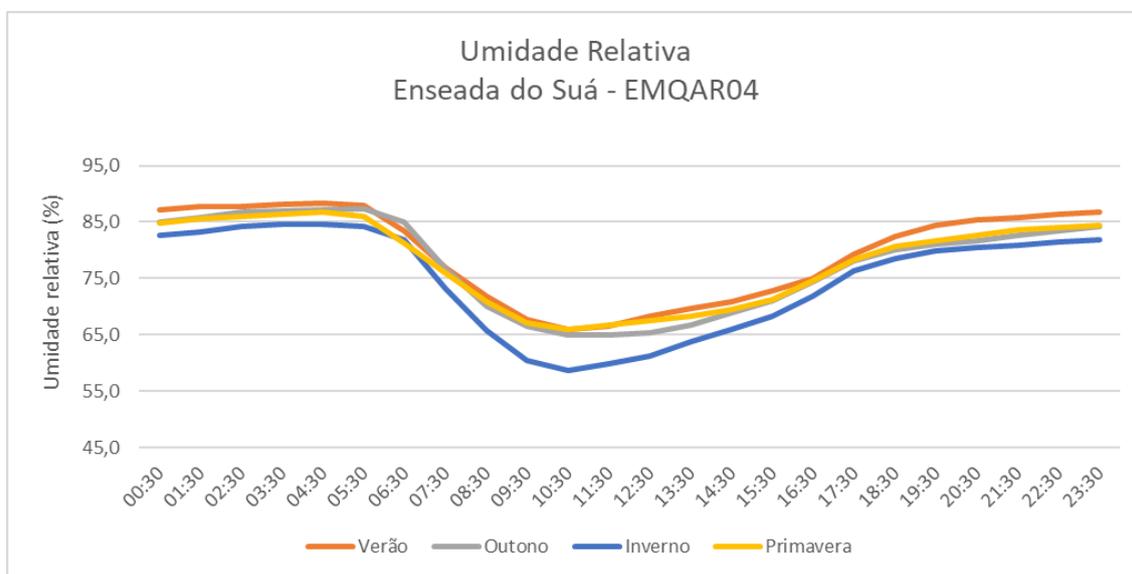
A título de exemplificação gráfica, mostramos os resultados medidos para a estação de Enseada do Suá (EMQAR04), com os mesmos dados das tabelas acima, no gráfico abaixo.

Gráfico 16: Umidade média mensal, máxima e mínima na estação RAMQAR04 – Enseada do Suá.



O Gráfico 17 ilustra um perfil do comportamento da umidade relativa média ao longo das 24h do dia, considerando dados obtidos ao longo de 2024.

Gráfico 17: Perfil da umidade ao longo do dia, do ano em 2024, para a estação EMQAR – RGV4 – Enseada do Suá.



5.6 Ventos

A Tabela 23 traz o percentual de dados válidos para as medições de velocidade do vento em cada estação. A estação EMQAR 07 ficou desativada durante todo o ano de 2024 e por isso não realizou monitoramento meteorológico.

Tabela 23: Disponibilidade de dados válidos de medição do parâmetro Velocidade do Vento nas estações da RAMQAR-RGV no ano de 2024.

Disponibilidade dos equipamentos de Velocidade dos Ventos (%)							
Mês	Laranjeiras (EMAQR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	98,8	98,4	99,9	99,7	99,6	95,0	0
Fev	100	99,4	99,9	92,2	99,4	92,7	0
Mar	99,9	78,2	100	100	88,6	100	58,1
Abr	100	99,3	100	100	99,2	99,0	99,0
Mai	99,7	99,9	100	99,1	96,2	99,9	99,9
Jun	100	100	99,9	100	100	99,9	100
Jul	71,1	99,7	100	100	100	100	100
Ago	100	100	99,9	100	100	98,1	99,6
Set	100	99,9	100	100	98,9	100	99,6
Out	99,1	100	100	89,4	99,7	99,7	100
Nov	99,7	99,9	100	98,8	100	99,9	100
Dez	100	99,9	80,0	100	100	100	100
Total anual	97,3	97,8	98,3	98,3	98,5	98,7	79,9

* Os dados em vermelho não atenderam os critérios de representatividade mensal ou anual.

Os gráficos Gráfico 18 a Gráfico 24 apresentam a distribuição da frequência do monitoramento de velocidade do vento, com divisão em classes. Observa-se que a estação Praia do Canto (EMQAR10) apresentou maior percentagem de ventos acima de 5,4 m/s (6,4%) e foi a única estação com ventos acima de 7,9 m/s. A estação Ibes (EMQAR06) foi a que apresentou maior percentual de ventos entre 3,3 m/s e 5,4 m/s (23,2%), enquanto a estação Carapina foi a que apresentou o maior percentual de calmarias (23,3%)

A Tabela 24 traz o percentual de dados válidos para as medições de direção do vento em cada estação. Observa-se que as disponibilidades de dados mostradas na Tabela 24 são quase idênticas às da Tabela 23.

Tabela 24: Disponibilidade de dados válidos de medição do parâmetro Direção do Vento nas estações da RAMQAR-RGV no ano de 2024.

Disponibilidade dos equipamentos de Direção dos Ventos (%)							
Mês	Laranjeiras (EMAQR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)	Praia do Canto (EMAQR10)
Jan	98,8	98,4	99,9	99,7	99,6	95,2	0
Fev	100	99,4	99,9	92,2	99,4	92,7	0
Mar	99,9	78,2	100	100	88,6	100	58,1
Abr	100	99,3	100	100	99,2	99,0	99,0
Mai	99,7	99,9	100	99,1	96,2	99,9	99,9
Jun	100	100	99,9	100	100	99,9	100
Jul	71,1	99,6	100	100	100	100	100
Ago	100	100	99,9	100	100	98,1	99,6
Set	100	99,9	100	100	98,9	100	99,6
Out	99,1	100	100	89,4	99,3	99,7	100
Nov	99,7	99,9	100	98,8	100	99,9	100
Dez	100	99,9	80,0	100	100	100	100
Total anual	97,3	97,8	98,3	98,3	98,4	98,7	79,9

* Os dados em vermelho não atenderam os critérios de representatividade mensal ou anual.

Gráfico 18: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR01 – Laranjeiras no ano de 2024.

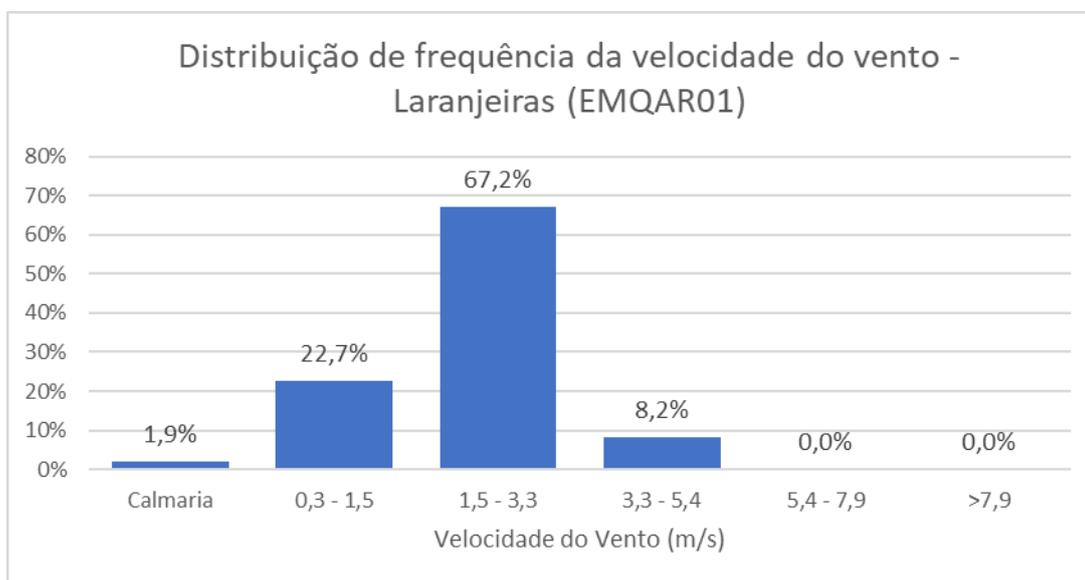


Gráfico 19: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR02 – Carapina no ano de 2024.

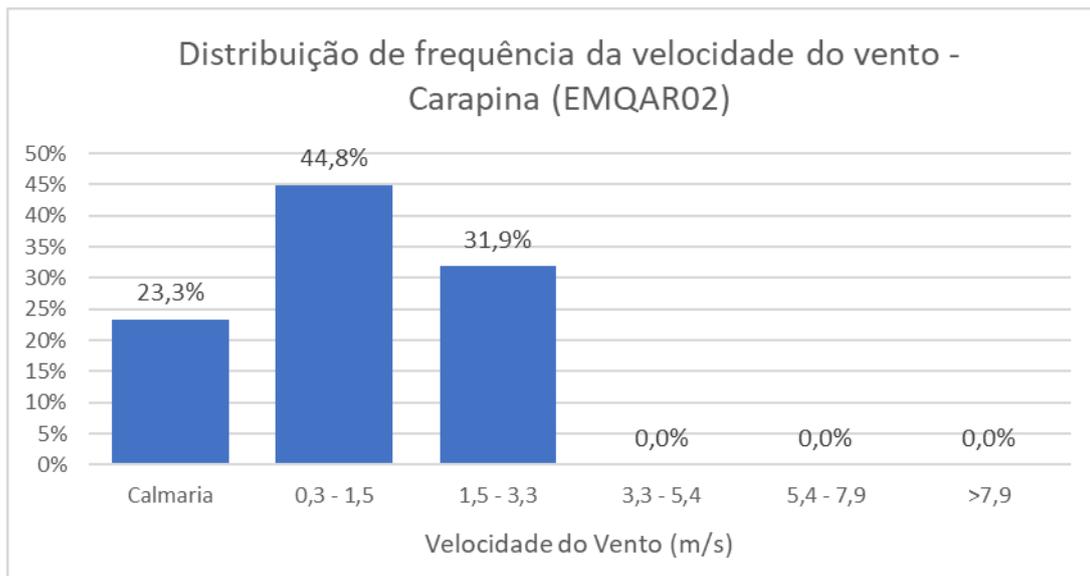


Gráfico 20: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR03 – Jardim Camburi no ano de 2024.

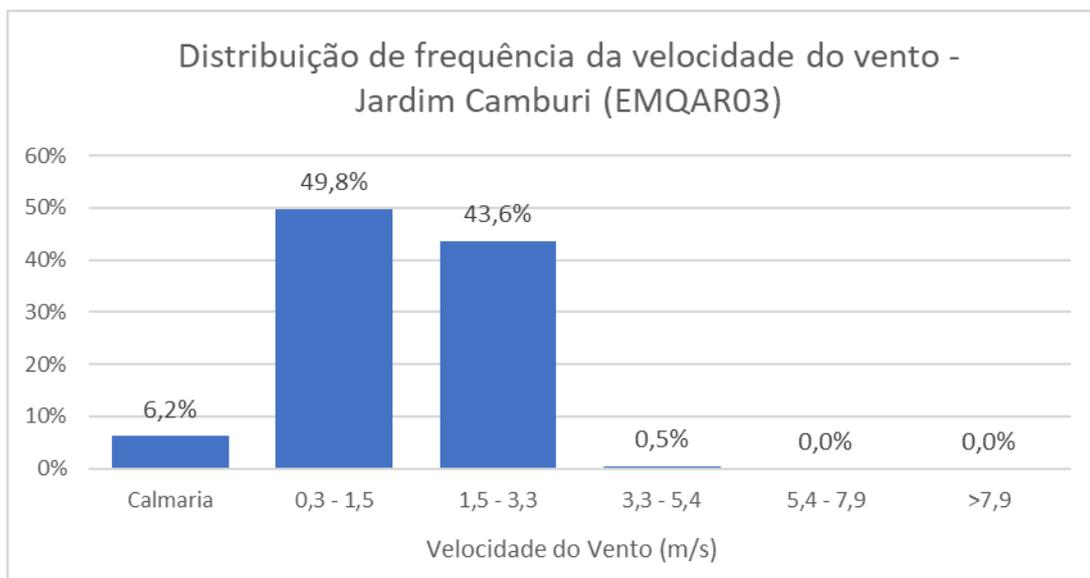


Gráfico 21: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR04 – Enseada do Suá no ano de 2024.

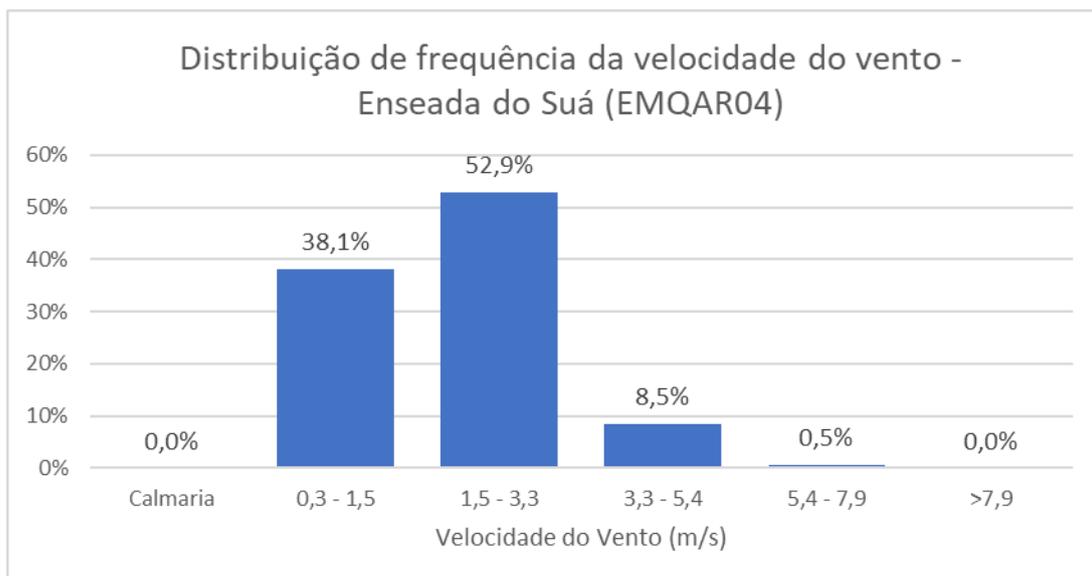


Gráfico 22: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR06 – Ibes no ano de 2024.

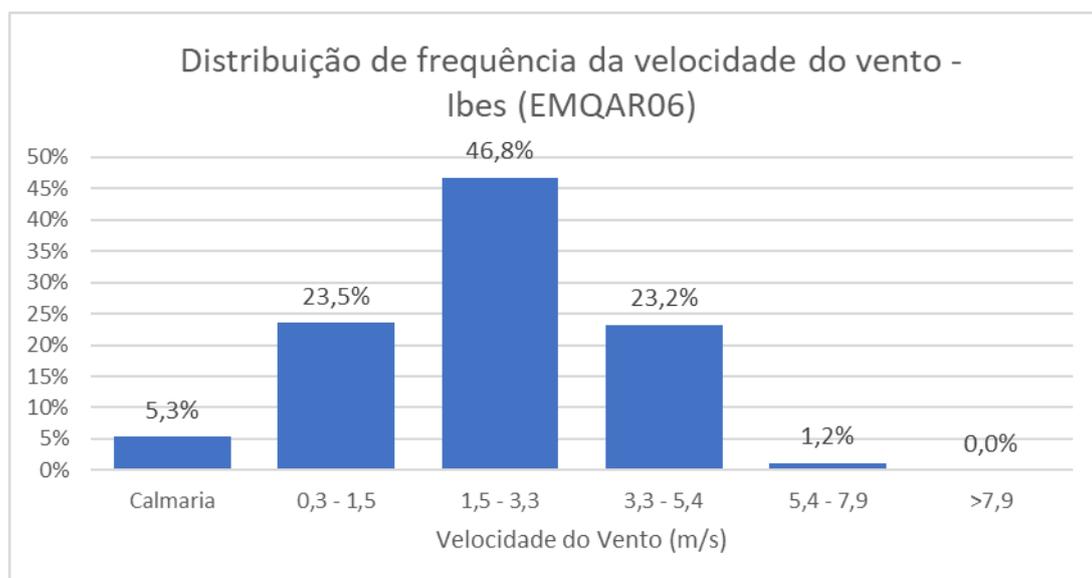


Gráfico 23: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR8 – Vila Capixaba no ano de 2024.

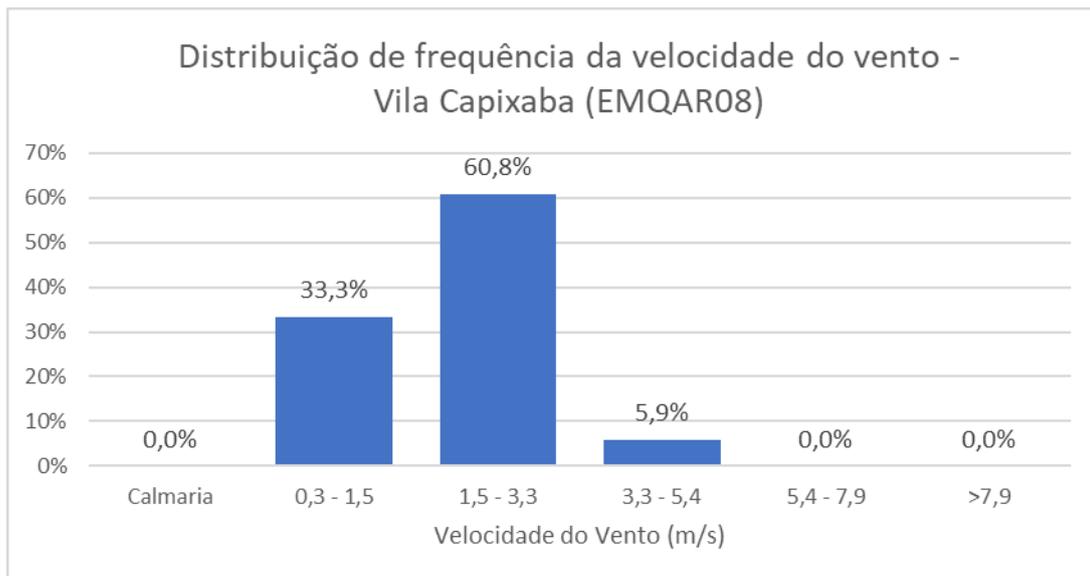
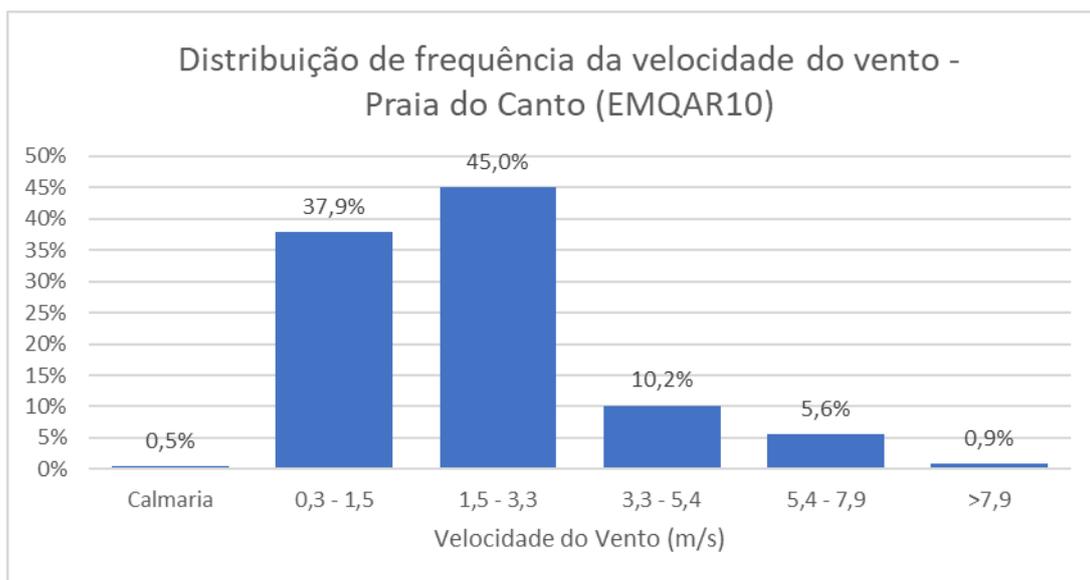


Gráfico 24: Distribuição de frequência do parâmetro velocidade do vento (m/s) da estação EMQAR10 – Praia do Canto no ano de 2024.



Como pode ser visualizado nos gráficos acima, identifica-se uma predominância significativa de ventos classificados como “Bafagem”, com velocidades entre 0,3 e 1,5 m/s, de acordo com a escala de Beaufort (Marinha do Brasil, 2024), nas estações EMQAR02 – Carapina e EMQAR03 – Jardim Camburi. Nas demais estações, apesar da significativa contribuição dos ventos com classificação “Bafagem”, houve um predomínio de ventos classificados como “Aragem” (1,6 a 3,3 m/s).

5.6.1 Rosa dos Ventos

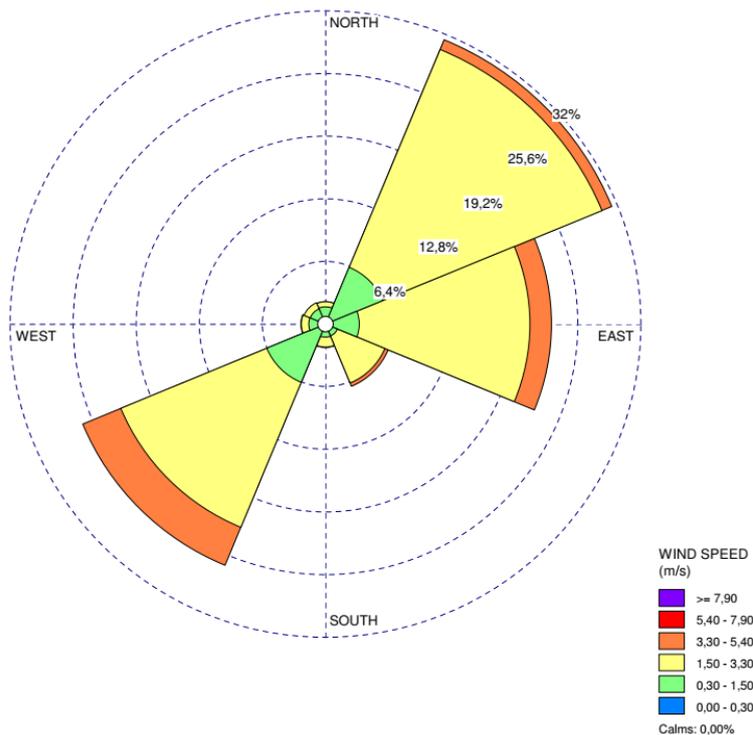
No Espírito Santo as velocidades médias dos ventos apresentam notável sazonalidade, em geral, com ventos mais intensos nos meses de primavera (setembro a novembro), e mais brandos no final de outono e início do inverno (abril a junho) (ATLAS, 2009).

A seguir serão apresentadas avaliações sobre as rosas dos ventos anual e mensal para as estações da RAMQAR. Serão apresentadas as rosas dos ventos anuais de todas as estações onde houve o monitoramento desses parâmetros (velocidade e direção do vento). Porém, por questões práticas, escolhemos não detalhar as rosas dos ventos mensais para todas as estações da RAMQAR. A escolha das estações para elaboração das rosas dos ventos mensais se deu da seguinte forma: a) escolha de ao menos uma estação por município; b) a estação Carapina (EMQAR02) foi mantida, devido ao seu longo histórico de monitoramento e para permitir comparações com os anos anteriores, apesar de ter sido escolhida a estação de Laranjeiras para representar o município de Serra; c) a estação Praia do Canto apresentou comportamento relativamente diferente das demais estações do município de Vitória, por tal motivo também foi escolhida, apesar de já termos outra estação representando Vitória (Enseada do Suá). Assim, as estações escolhidas foram: Laranjeiras – Serra (EMQAR01), Carapina – Serra (EMQAR02), Enseada do Suá – Vitória (EMQAR04), Ibes - Vila Velha (EMQAR06), Vila Capixaba – Cariacica (EMQAR08) e Praia do Canto – Vitória (EMQAR10).

5.6.1.1. Ventos EMQAR01 – Laranjeiras

O Gráfico 25 apresenta a rosa dos ventos obtida da análise da série temporal de direção e velocidade do vento medidos na estação Laranjeiras para o ano de 2024.

Gráfico 25: Rosa dos ventos (anual) para estação EMQAr – RGV1 (Laranjeiras)- Ano de 2024.



Para a estação avaliada verificou-se que os ventos mais frequentes e intensos ocorrem em direções Nordeste, Sudoeste e Leste, respectivamente.

Figura 8: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Laranjeiras (EMQAr01) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).



Os Gráficos Gráfico 26 a Gráfico 29 apresentam as rosas dos ventos para os meses de janeiro a dezembro de 2024 para estação EMQAr – RGV1 (Laranjeiras).

Gráfico 26: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2024 – EMQAr – RGV1 (Laranjeiras).

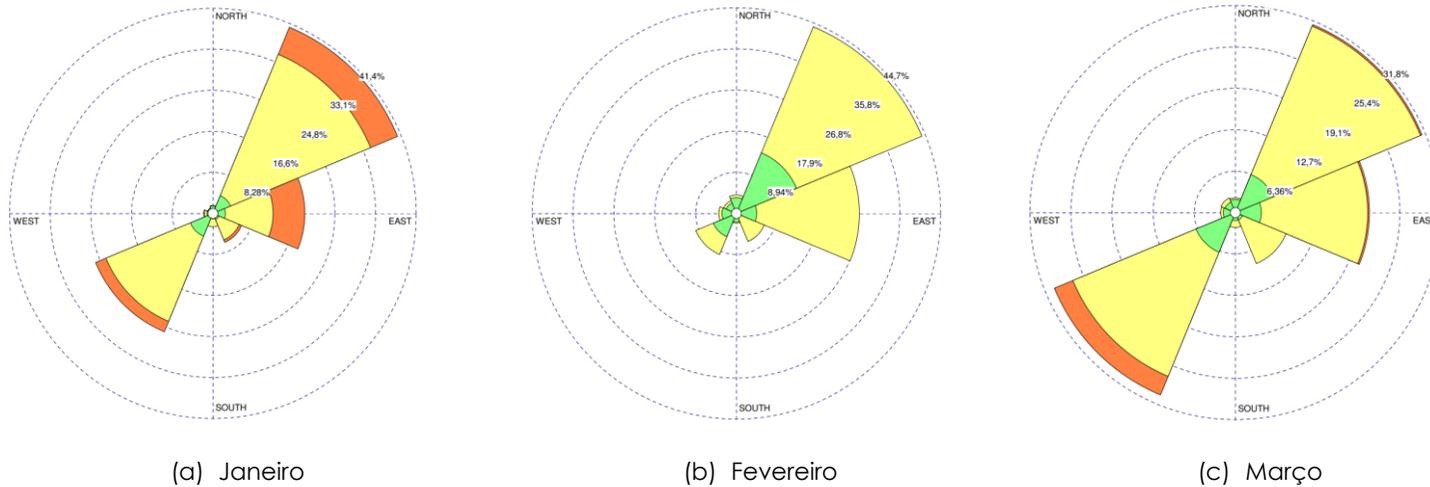


Gráfico 27: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr – RGV1 (Laranjeiras).

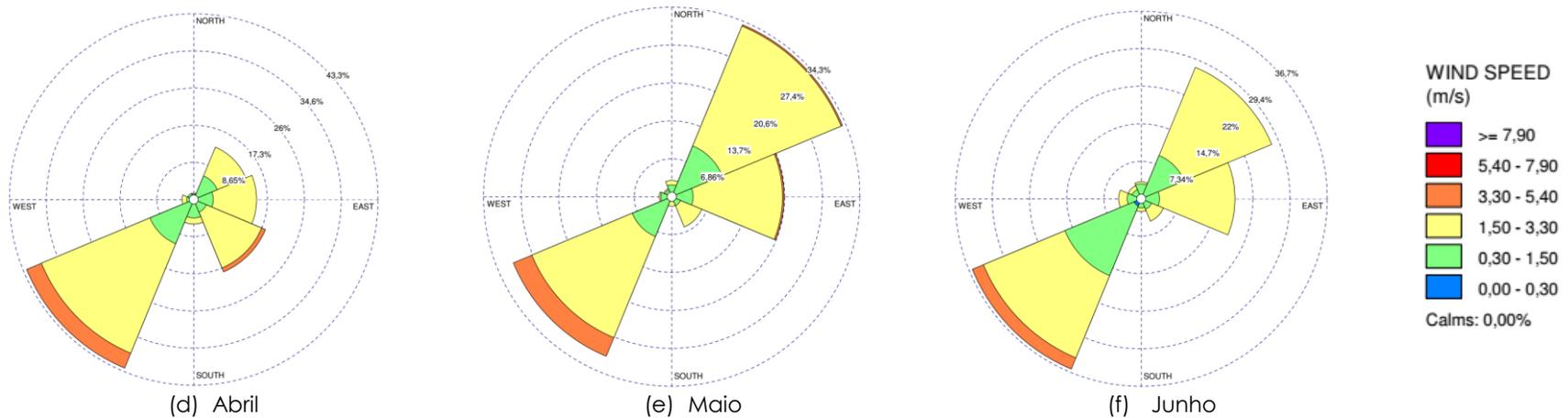


Gráfico 28: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr – RGV1 (Laranjeiras).

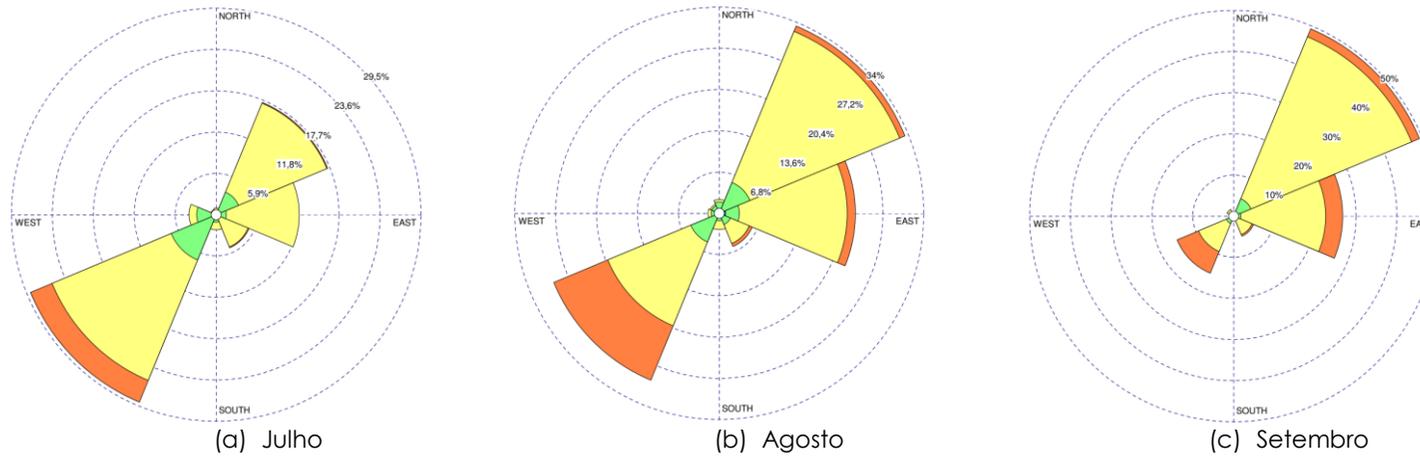
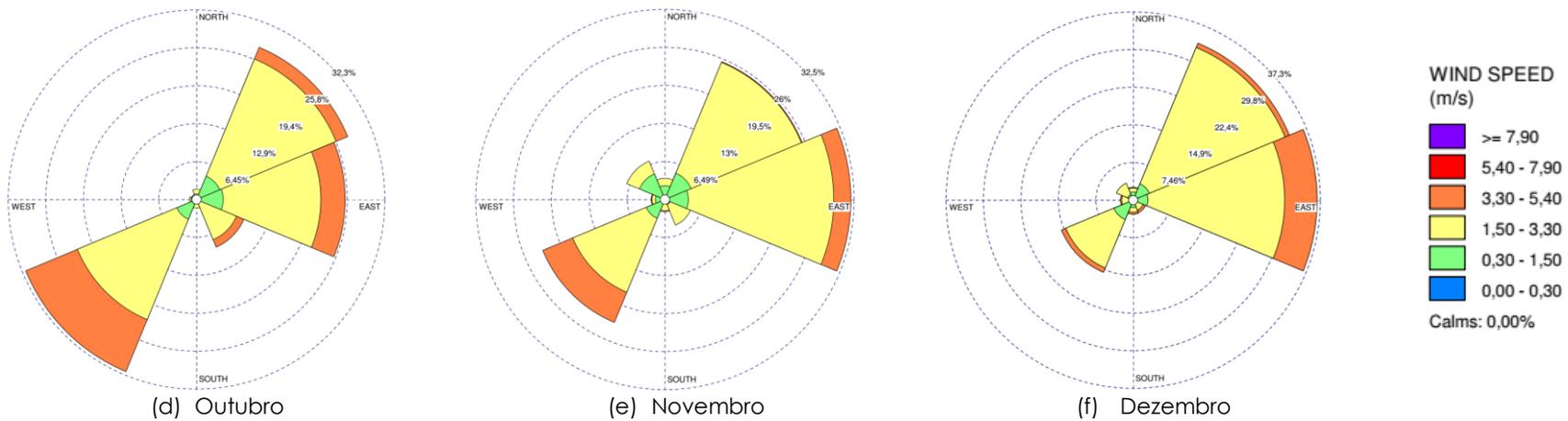


Gráfico 29: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr – RGV1 (Laranjeiras).

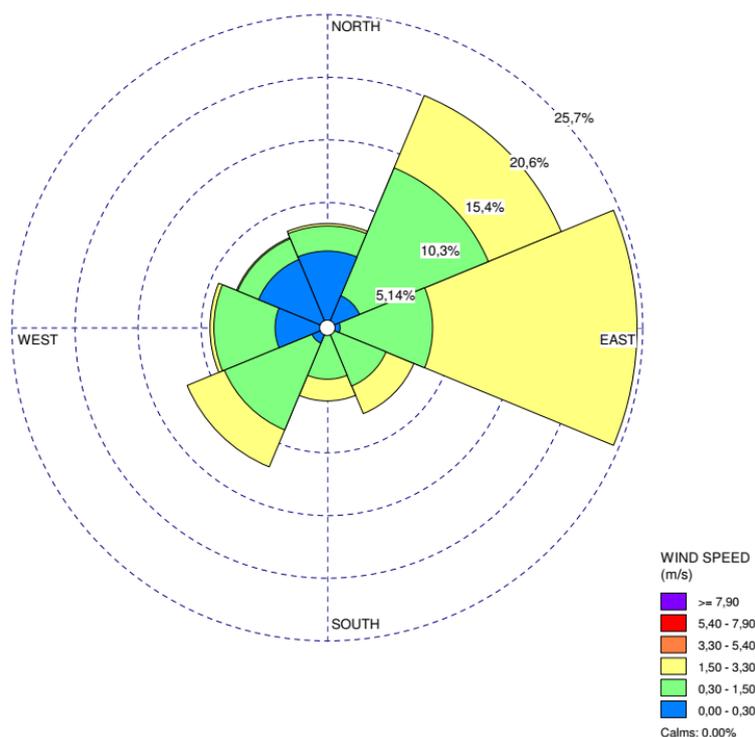


Como pode ser observado nos gráficos acima, praticamente em todo o ano de 2024 houve predominância de ventos Nordeste e Sudoeste. No último trimestre (outubro a dezembro) houve um aumento da frequência de ventos Leste.

5.6.1.2. Ventos EMQAR02 - Carapina

O Gráfico 30 apresenta a rosa dos ventos obtida da análise da série temporal de direção e velocidade do vento medidos na estação Carapina para o ano de 2024.

Gráfico 30: Rosa dos ventos para estação EMQAr - RGV2 (Carapina)- Ano de 2024.



Para a estação avaliada verificou-se uma maior distribuição entre as direções, quando comparada à outras estações de monitoramento, mas com predominância de ventos de direção Leste e Nordeste. A direção Leste também apresentou maior percentual de ventos de intensidade entre 1,5 a 3,3 m/s.

Os Gráficos Gráfico **31** a Gráfico **34** apresentam as rosas dos ventos para os meses de janeiro a dezembro de 2024 para estação EMQAr - RGV2 (Carapina).

Gráfico 31: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2024 – EMQAr - RGV2 (Carapina).

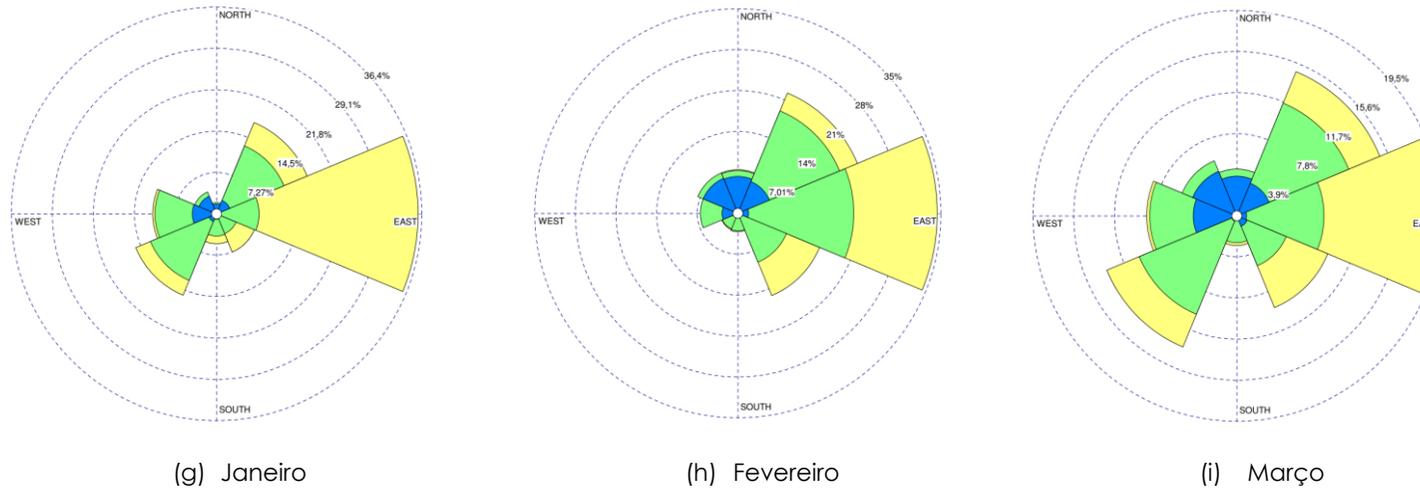


Gráfico 32: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr - RGV2 (Carapina).

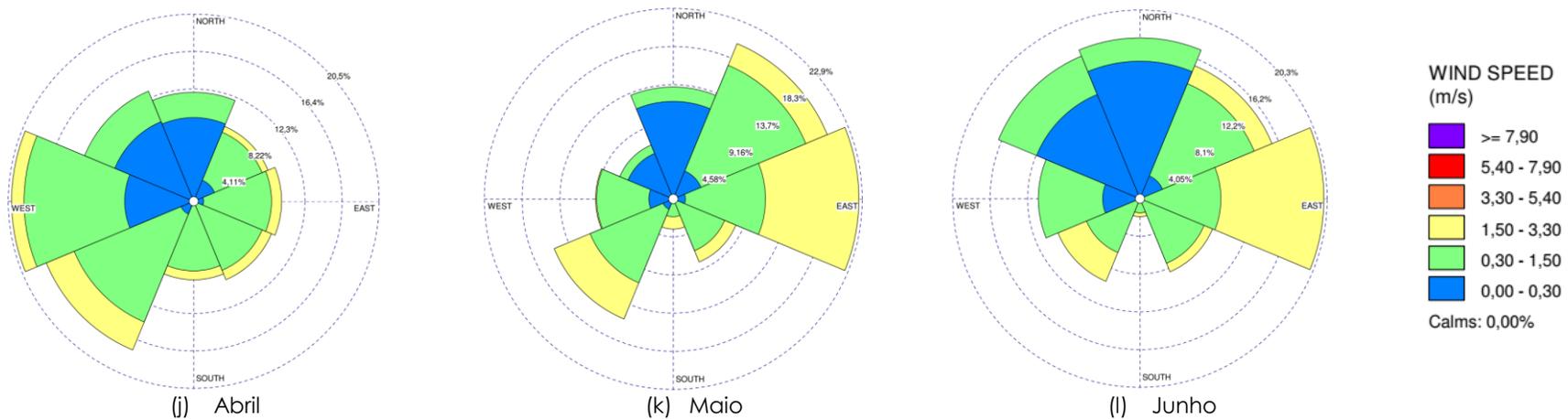


Gráfico 33: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr - RGV2 (Carapina).

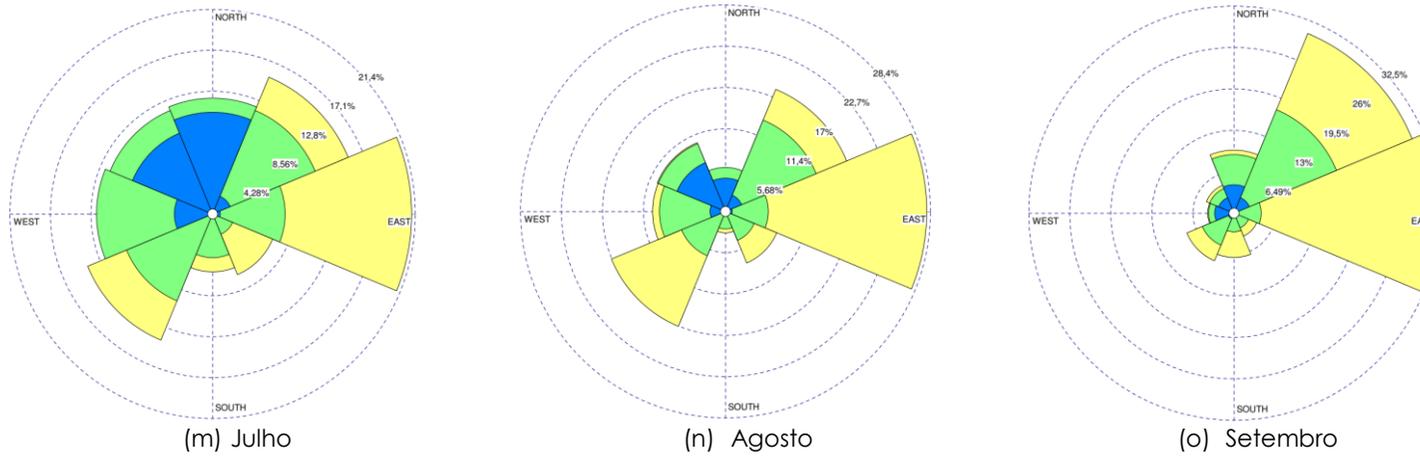
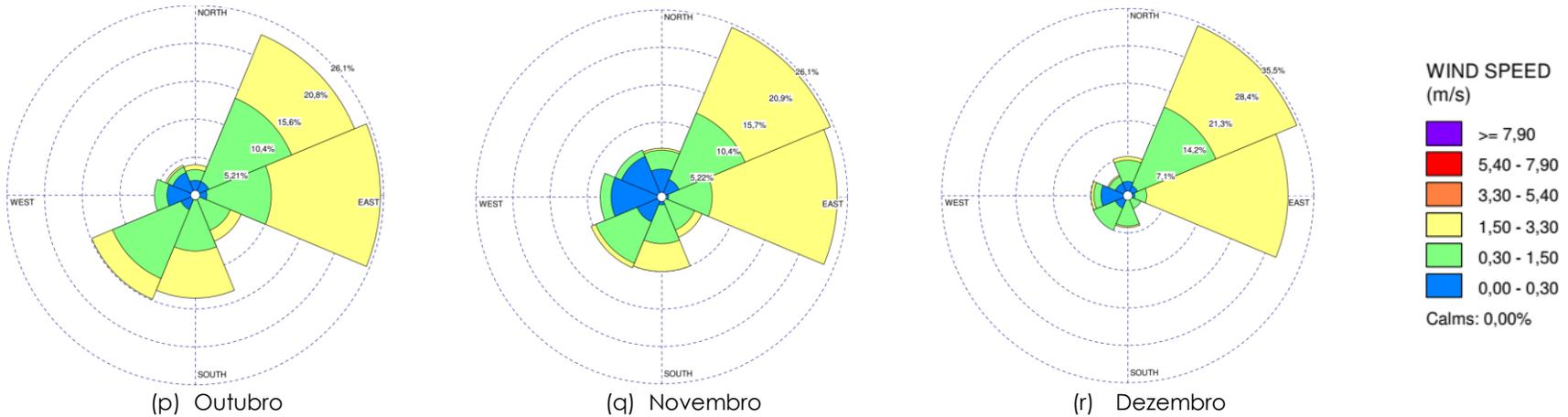


Gráfico 34: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr - RGV2 (Carapina).

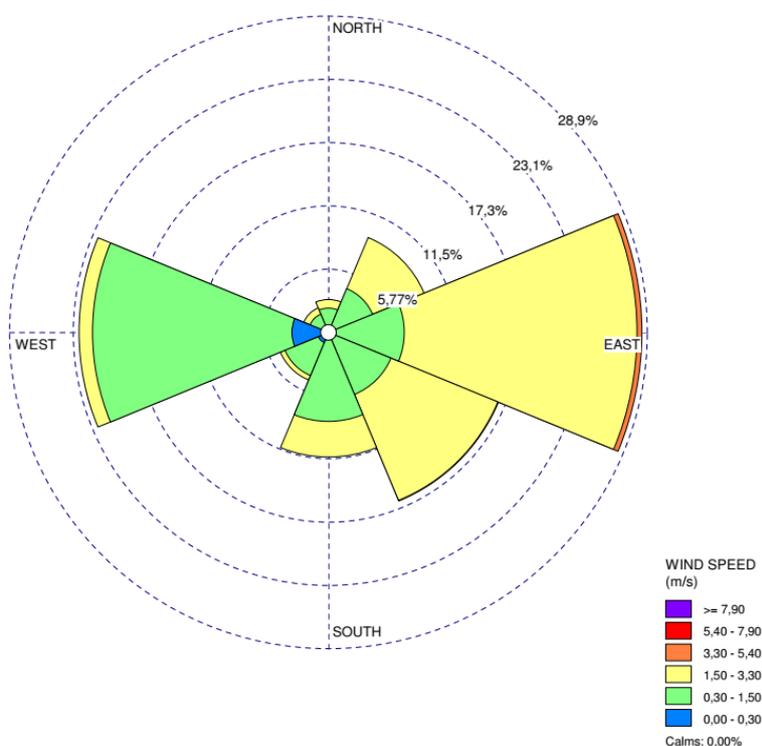


Como pode ser observado nos gráficos acima, no primeiro e quarto trimestres obteve-se considerável influência de ventos da direção Leste e Nordeste. No segundo e terceiro trimestres vemos uma considerável distribuição na direção dos ventos, mas com destaque à predominância de ventos Leste. O mês de abril se destacou com ventos predominantemente de direção Oeste e Sudoeste.

5.6.1.3. Ventos EMQAR03 – Jardim Camburi

O Gráfico 36 apresenta a rosa dos ventos obtida da análise da série temporal de direção e velocidade do vento medidos na estação EMQAR 03 – Jardim Camburi para o ano de 2024.

Gráfico 35: Rosa dos ventos para estação EMQAr – RGV3 (Jardim Camburi) - Ano de 2024.



Para a estação avaliada verificou-se que os ventos mais frequentes ocorreram em direções Leste e Oeste, sendo os mais intensos ocorridos em direção Leste. A imagem abaixo mostra uma sobreposição da rosa dos ventos com imagem aérea do entorno da estação.

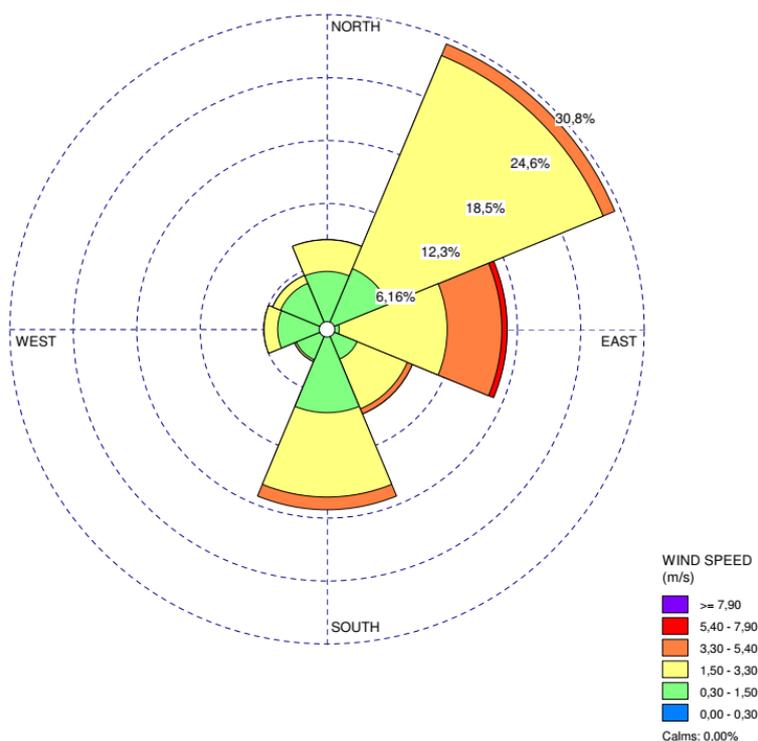
Figura 9: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Jardim Camburi (EMQAr03) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).



5.6.1.4. Ventos EMQAR04 – Enseada do Suá

O Gráfico 36 apresenta a rosa dos ventos obtida da análise da série temporal de direção e velocidade do vento medidos na estação EMQAR 04 - Enseada do Suá para o ano de 2024.

Gráfico 36: Rosa dos ventos para estação EMQAr – RGV4 (Enseada do Suá) - Ano de 2024.



Para a estação avaliada verificou-se que os ventos mais frequentes e intensos ocorrem em direções Nordeste, Leste e Sul. A direção Leste se destacou pela maior percentagem com ventos entre 5,4 a 7,9 m/s (ventos mais fortes registrados naquela estação).

A Figura 10 mostra uma sobreposição da rosa dos ventos com imagem aérea do entorno da estação.

Figura 10: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Enseada do Suá (EMQAr04) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).



Os Gráficos Gráfico **37** a Gráfico **40** apresentam as rosas dos ventos para os meses de janeiro a dezembro de 2024 para estação EMQAr – RGV4 (Enseada do Suá).

Gráfico 37: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2024 – EMQAr – RGV4 (Enseada do Suá).

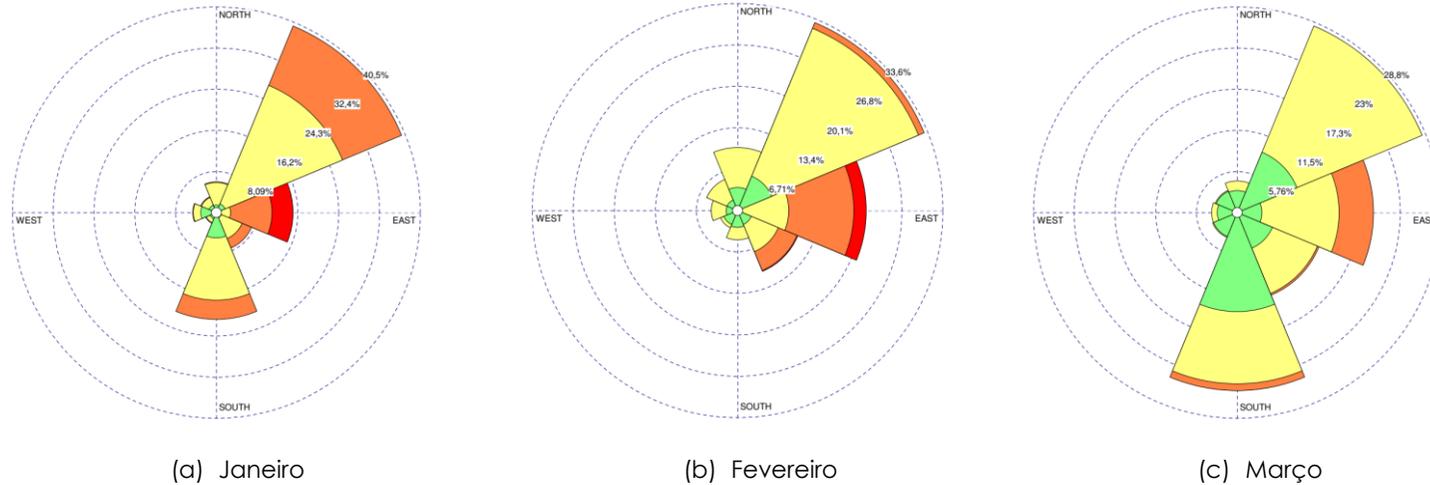


Gráfico 38: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr - RGV4 (Enseada do Suá).

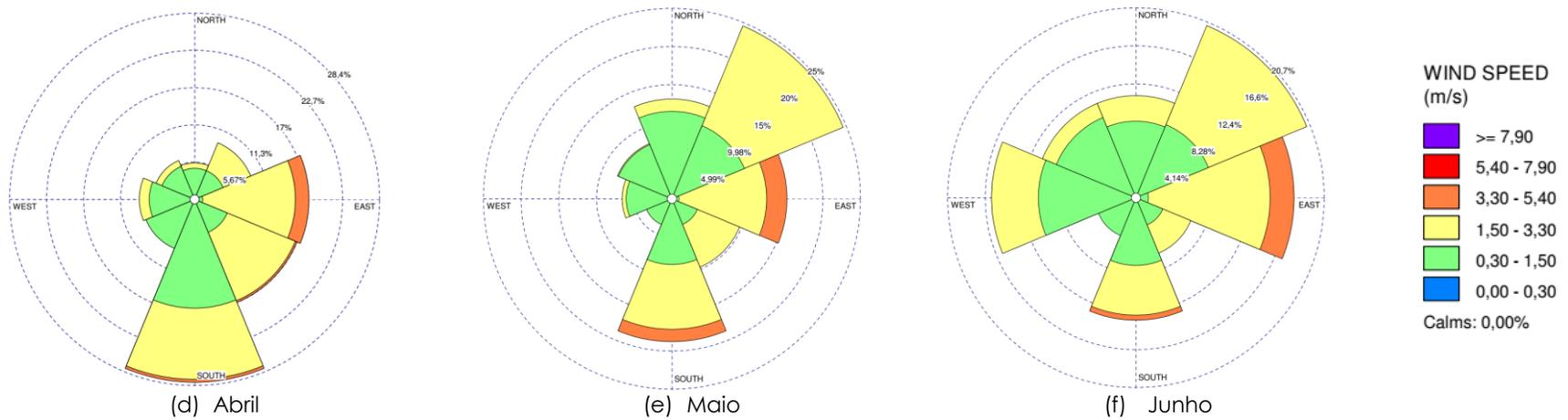


Gráfico 39: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr - RGV4 (Enseada do Suá).

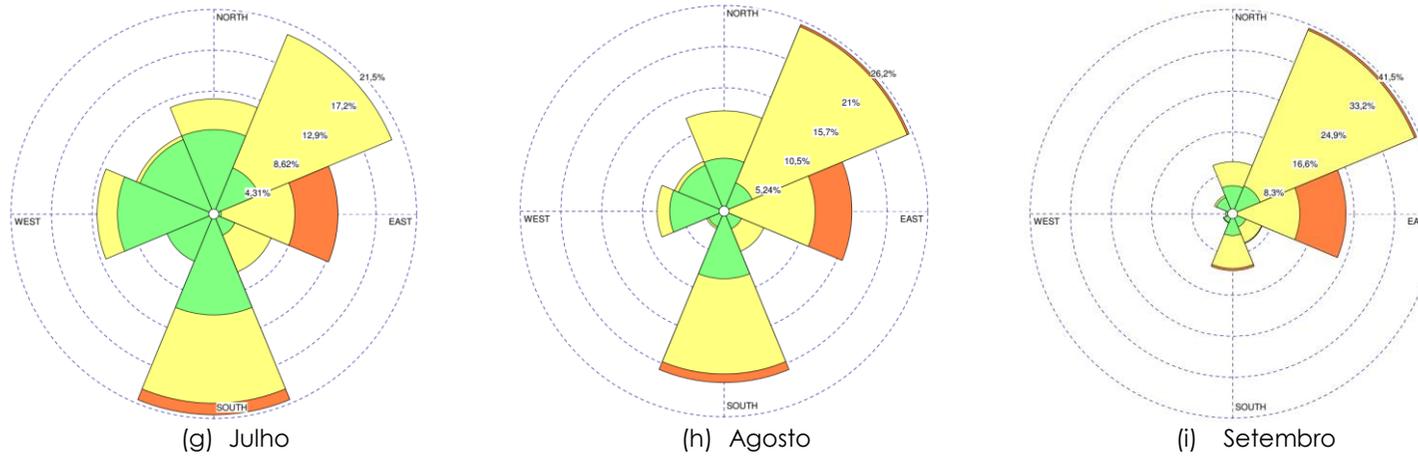
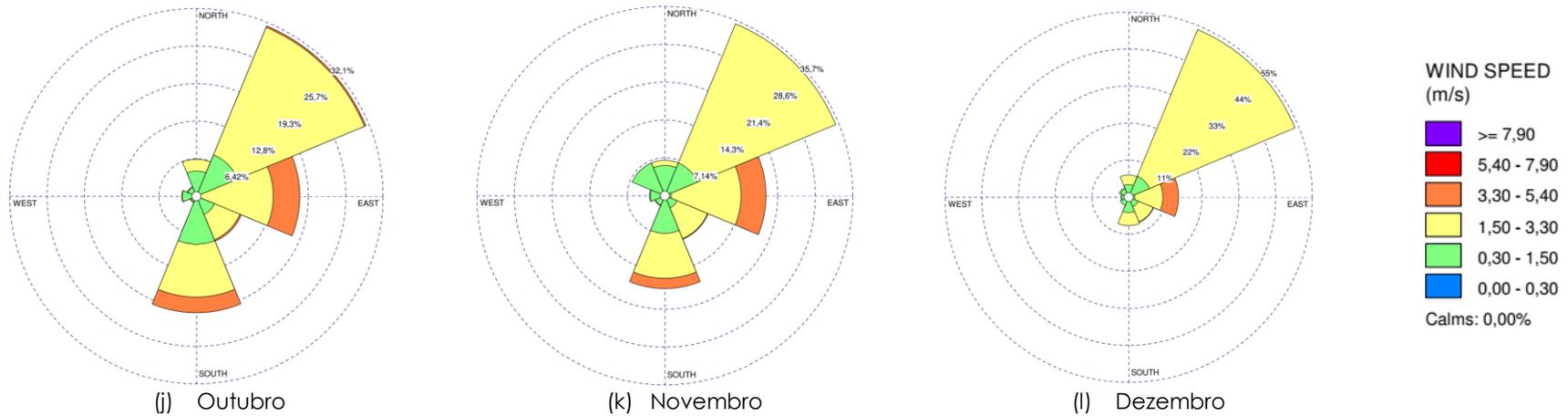


Gráfico 40: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr - RGV4 (Enseada do Suá).

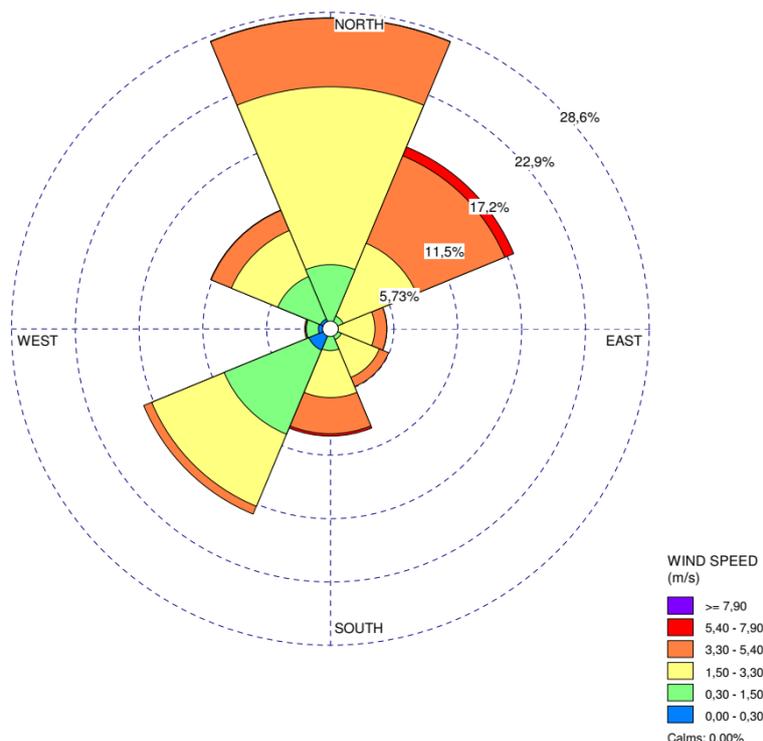


Como pode ser observado nos gráficos acima, no janeiro e fevereiro tivemos predominância de ventos de direção Nordeste, mas com ventos mais fortes de origem Leste. Março a agosto tivemos ventos mais distribuídos, mas com predominância de ventos Nordeste, Sul e Leste. Nesse período ainda tivemos maior percentual de ventos mais fortes (entre 3,3 a 5,4 m/s), vindos de direção Leste. Setembro a dezembro, tivemos predominância de ventos Nordeste, com ventos mais intensos vindos de direção Leste e Sul.

5.6.1.5. Ventos EMQAR06 – Ibes

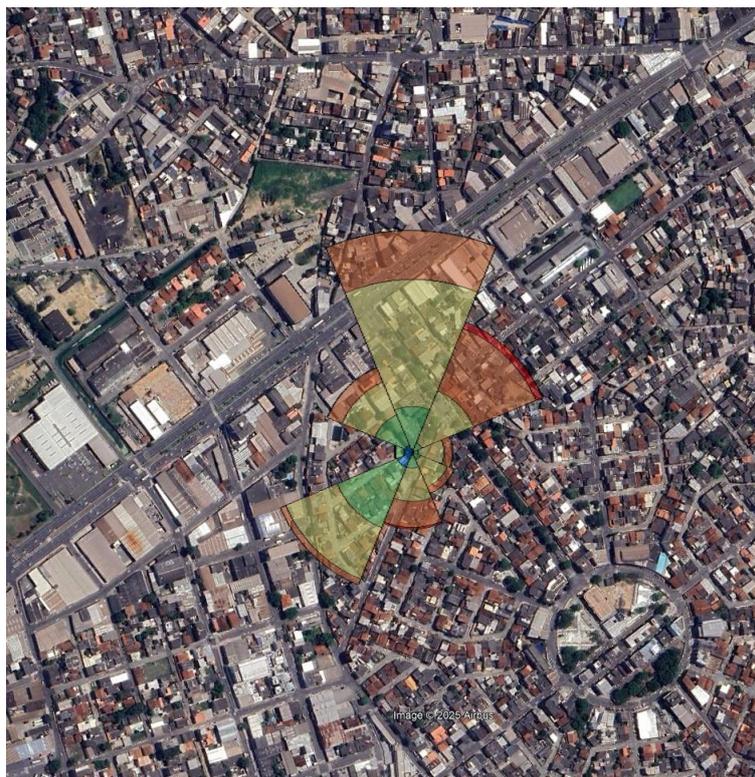
O Gráfico 41 apresenta a rosa dos ventos obtida da análise da série temporal de direção e velocidade do vento medidos na estação EMQAR06 - Ibes para o ano de 2024.

Gráfico 41: Rosa dos ventos para estação EMQAr – RGV6 (Ibes)- Ano de 2024.



Verifica-se que a estação EMQAR06 – Ibes apresentou grande variação de distribuição de ventos, com predominância de ventos Norte, Nordeste e Sudoeste. Os ventos mais intensos (entre 5,4 a 7,9 m/s) tiveram predominância Nordeste e Sul.

Figura 11: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Ibes (EMQAr06) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).



Os Gráficos Gráfico **42** a Gráfico **45** apresentam as rosas dos ventos para os meses de janeiro a dezembro de 2024 para estação EMQAr – RGV6 (Ibes).

Gráfico 42: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2024 – EMQAr – RGV6 (lbes).

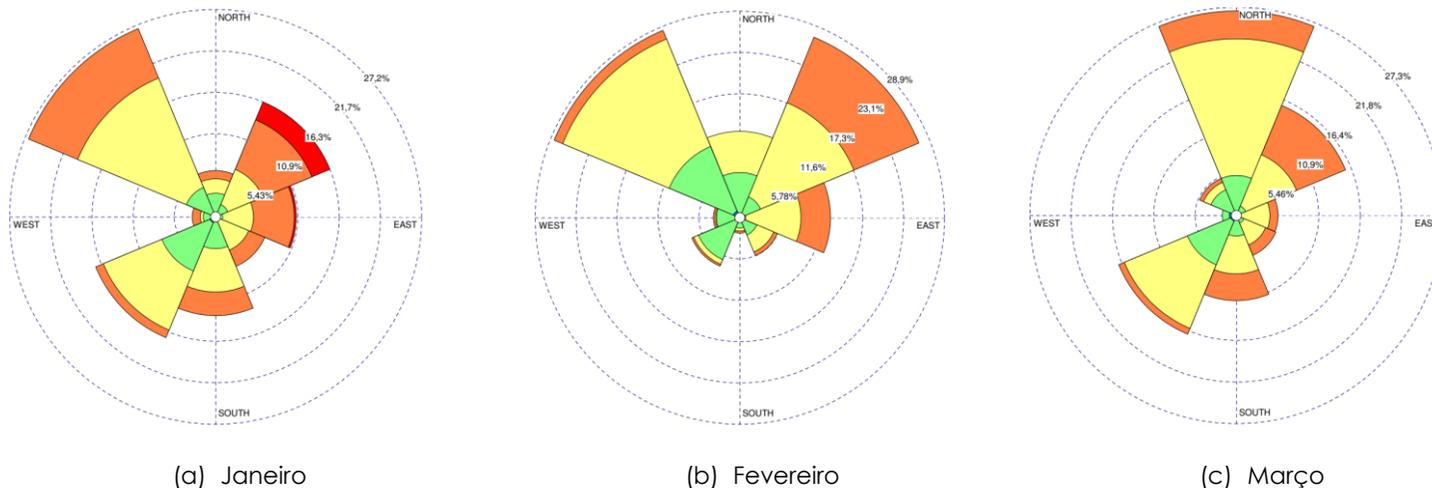


Gráfico 43: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr – RGV6 (lbes).

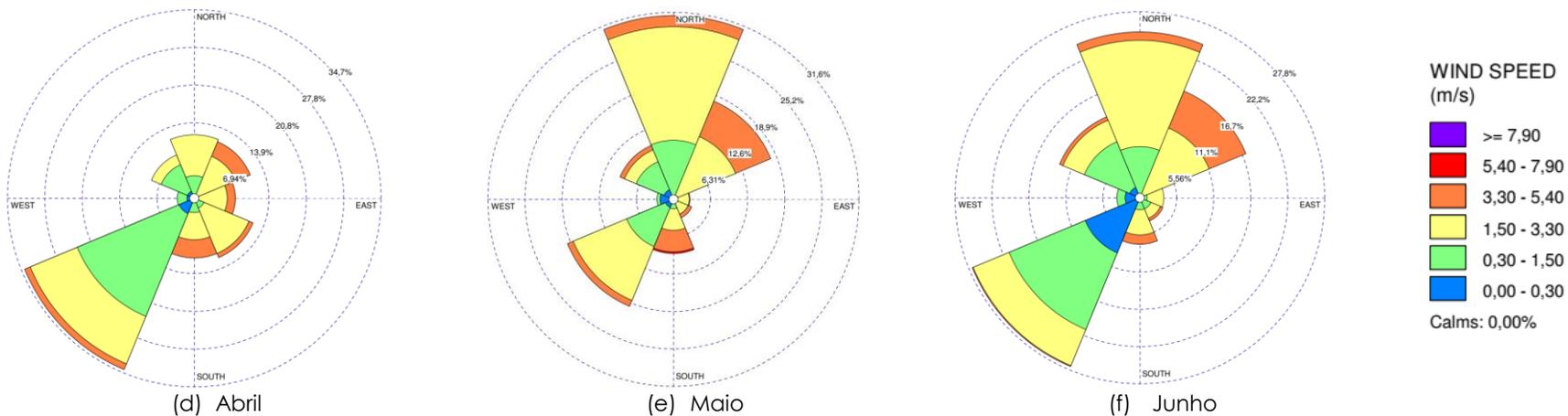


Gráfico 44: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr - RGV6 (lbes).

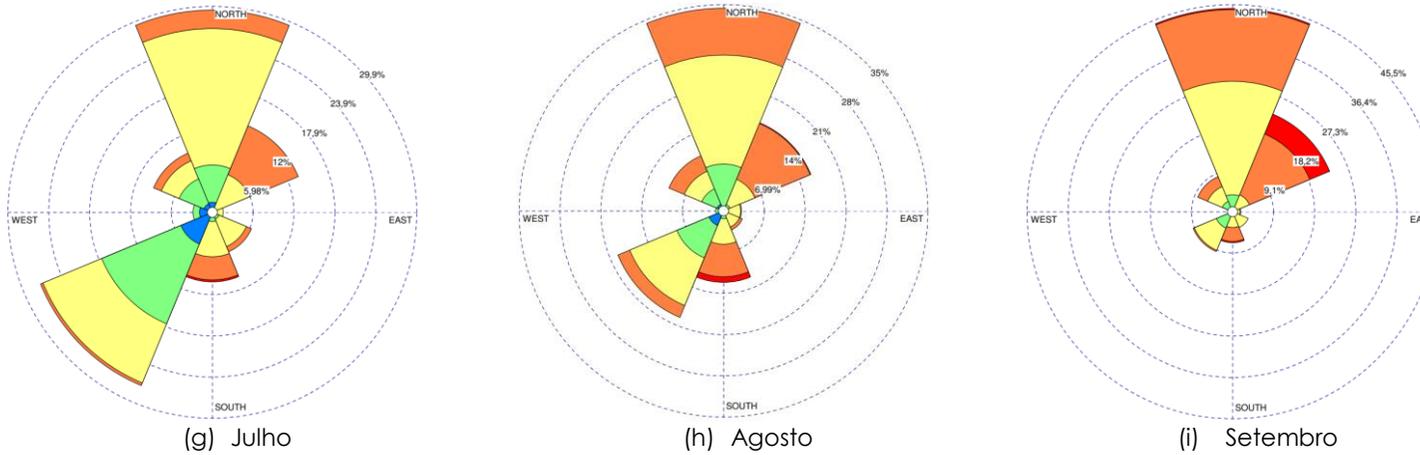
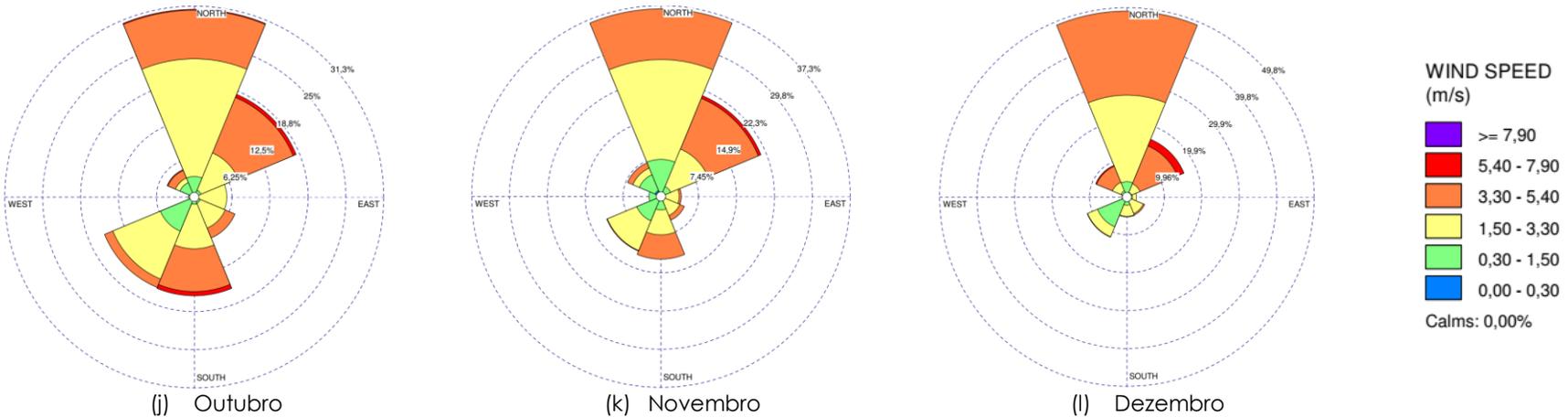


Gráfico 45: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr - RGV6 (lbes).

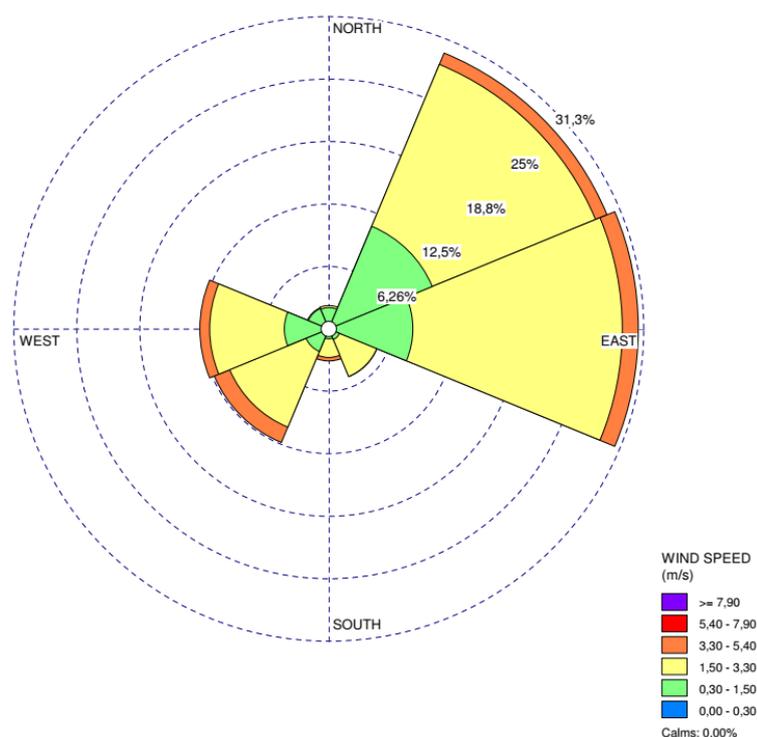


Como pode ser observado nos gráficos acima, na maioria dos meses, o vento predominante é de direção Norte e Sudoeste. Contudo, os ventos mais fortes foram provenientes de direção Nordeste.

5.6.1.6. Ventos EMQAR08 – Vila Capixaba

O Gráfico 46 apresenta a rosa dos ventos obtida da análise da série temporal de direção e velocidade do vento medidos na estação EMQAR 08 – Vila Capixaba para o ano de 2024.

Gráfico 46: Rosa dos ventos para estação EMQAR – RGV8 (Vila Capixaba) - Ano de 2024.



Para a estação avaliada (estação EMQAR 08 – Vila Capixaba) verificou-se que ela apresentou predominância de ventos de direção Leste e Nordeste.

Figura 12: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Vila Capixaba (EMQAr08) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).



Os Gráficos Gráfico **47** a Gráfico **50** apresentam as rosas dos ventos para os meses de janeiro a dezembro de 2024 para estação EMQAr – RGV8 (Vila Capixaba).

Gráfico 47: Rosa dos ventos de janeiro, fevereiro e março de 2024 – EMQAr – RGV8 (Vila Capixaba).

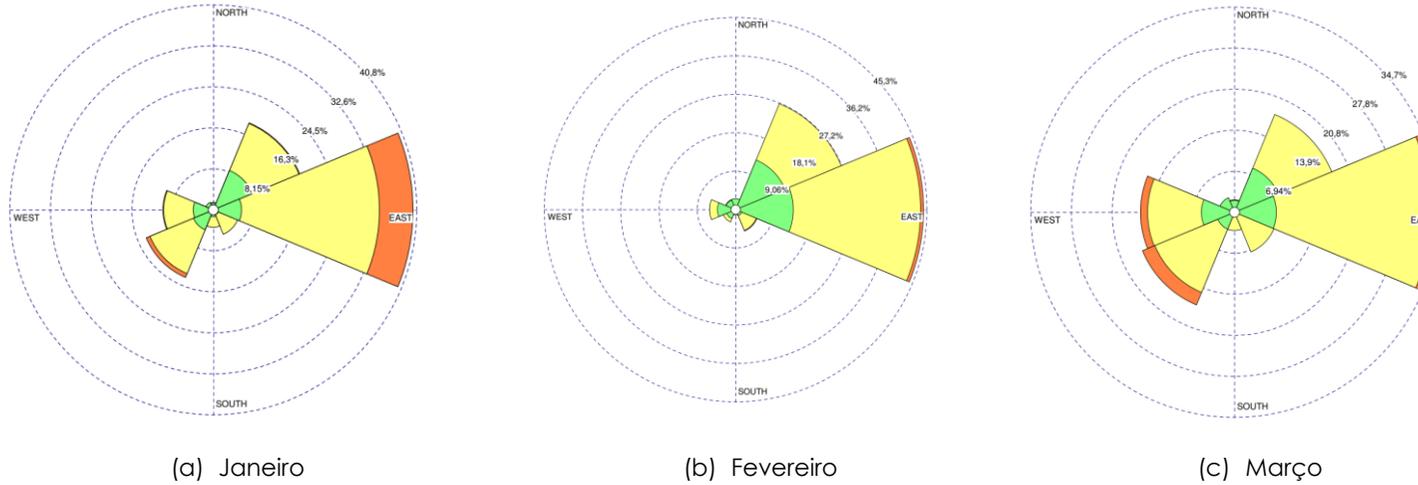


Gráfico 48: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr – RGV8 (Vila Capixaba).

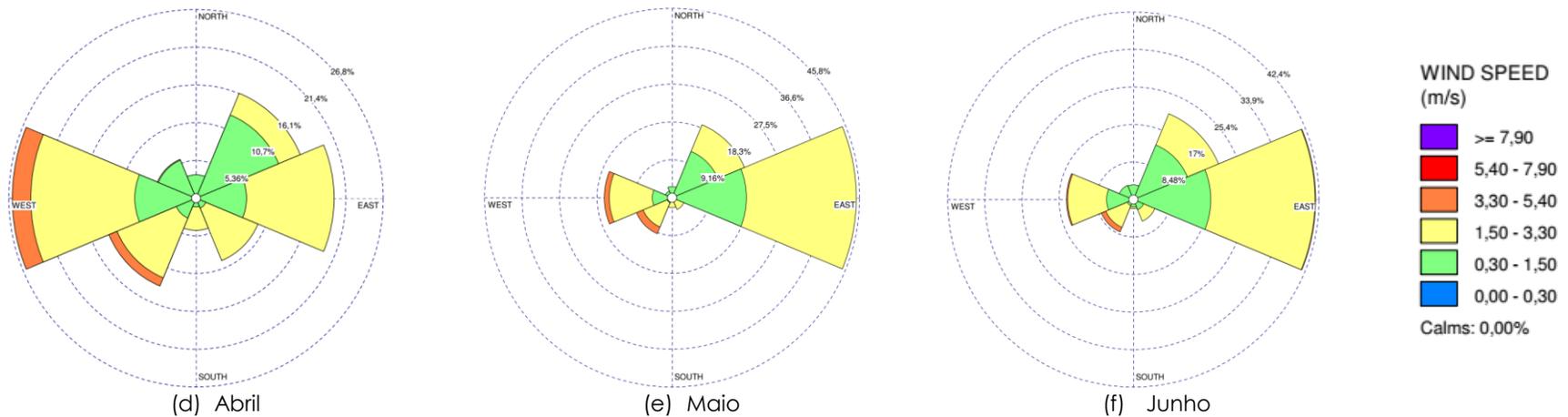


Gráfico 49: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr - RGV8 (Vila Capixaba).

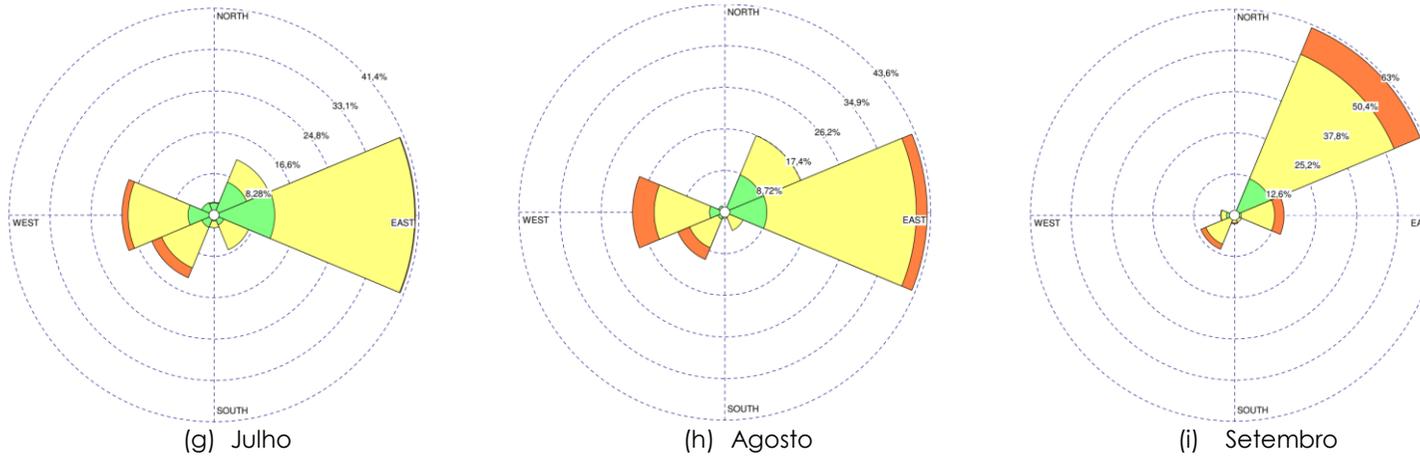
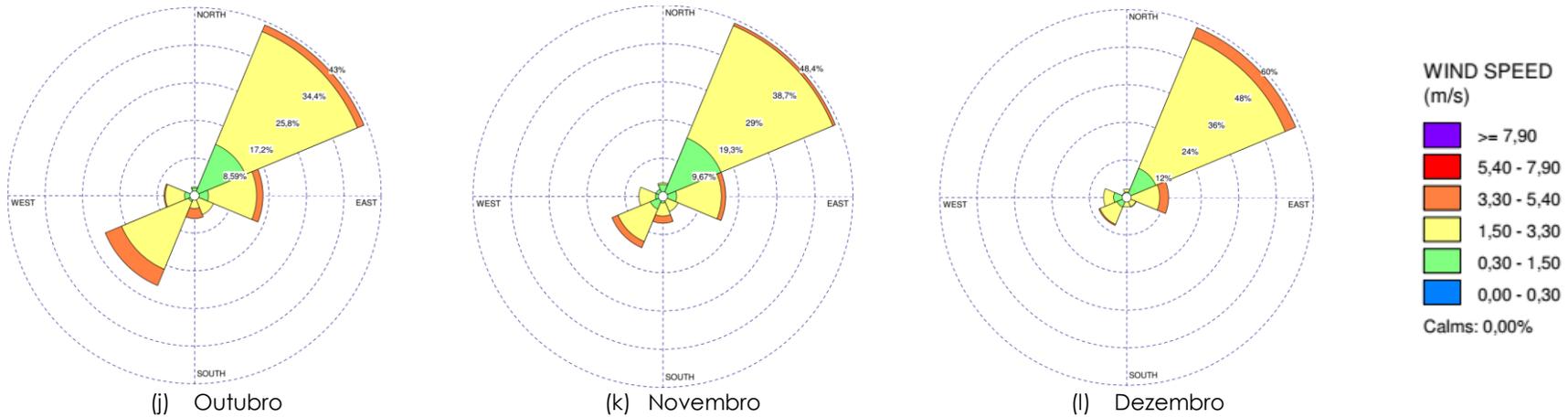


Gráfico 50: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr - RGV8 (Vila Capixaba).

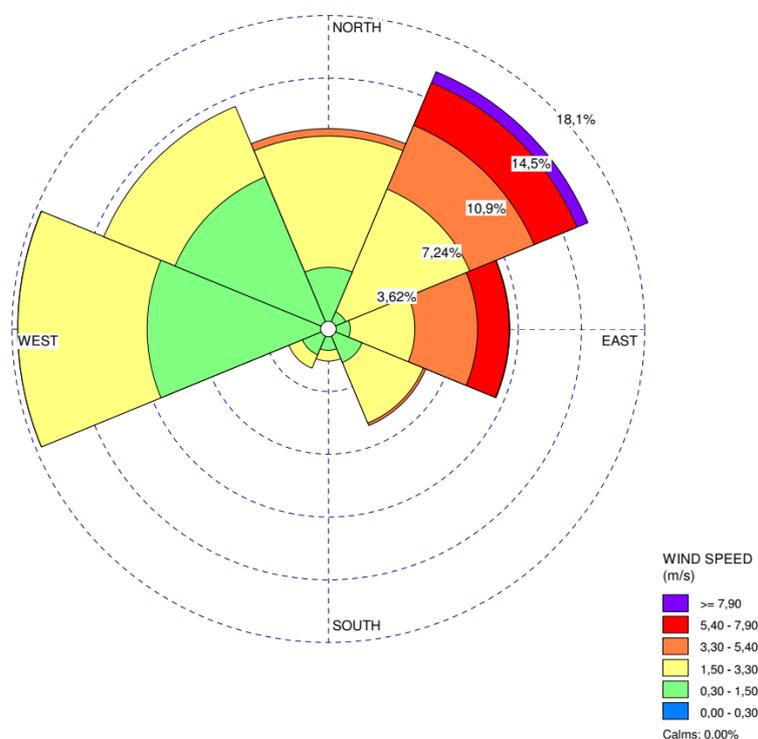


Como pode visualizado nos gráficos acima, de janeiro a agosto houve predominância de ventos Leste, com exceção de abril, cujos ventos predominantes e também de maior intensidade foram de direção Oeste. De setembro a dezembro houve predominância de ventos Nordeste.

5.6.1.7. Ventos EMQAR10 – Praia do Canto

O Gráfico 51 apresenta a rosa dos ventos obtida da análise da série temporal de direção e velocidade do vento medidos na estação EMQAR10 – Praia do Canto para o ano de 2024.

Gráfico 51: Rosa dos ventos para estação EMQAr – RGV10 (Praia do Canto) - Ano de 2024.



Para a estação avaliada (EMQAR 10 – Praia do Canto) verificou-se que a estação citada apresentou predominância de ventos de direção Oeste, Noroeste e Nordeste. Todavia, os ventos mais intensos (acima de 5,4 m/s) foram registrados de direção Nordeste e Leste.

Figura 13: Sobreposição da rosa dos ventos anual da estação Praia do Canto (EMQAr10) com imagem aérea do entorno (imagem retirada do Google Earth).



Os Gráficos Gráfico **52** a Gráfico **54** apresentam as rosas dos ventos para os meses de janeiro a dezembro de 2024 para estação EMQAr – RGV10 (Praia do Canto). Registra-se que não foram gerados gráficos de rosa dos ventos para os meses de janeiro a março pela falta de dados representativos para o período.

Gráfico 52: Rosa dos ventos de abril, maio e junho de 2024 – EMQAr – RGV10 (Praia do Canto).

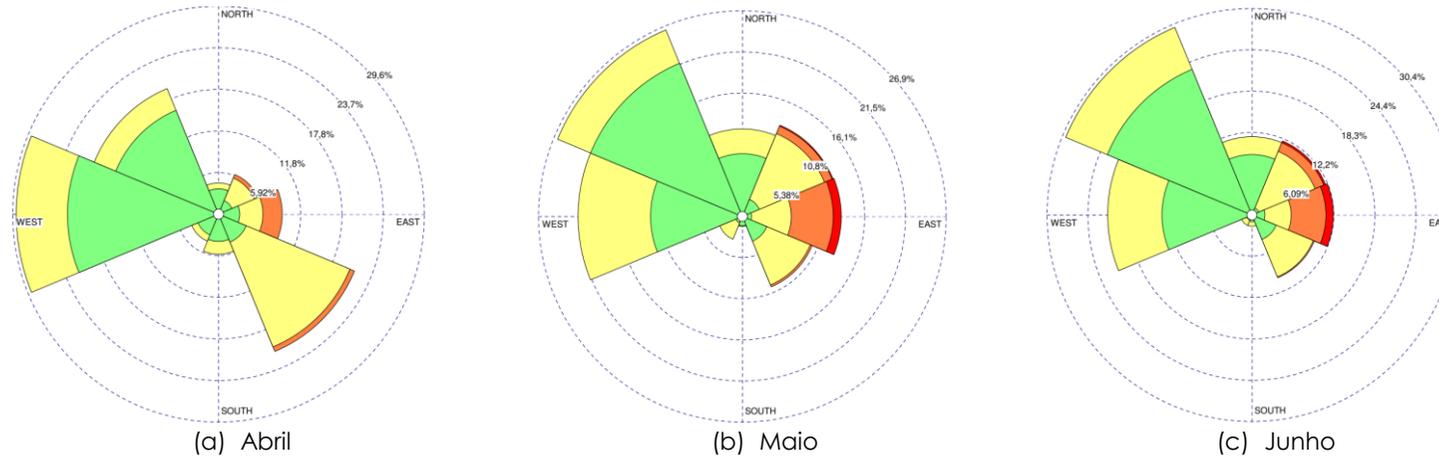


Gráfico 53: Rosa dos ventos de julho, agosto e setembro de 2024 – EMQAr - RGV10 (Praia do Canto).

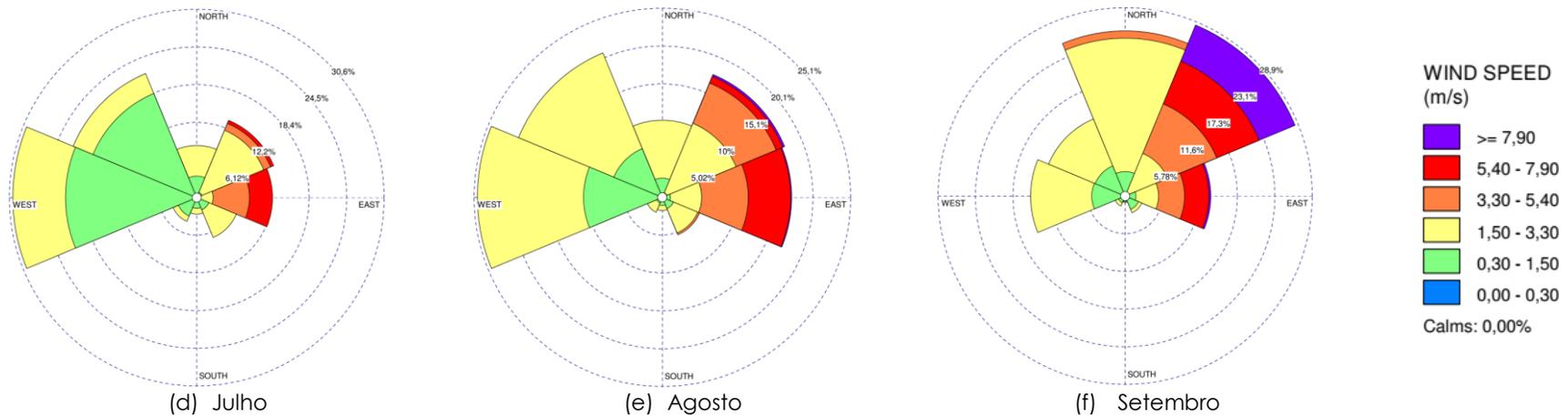
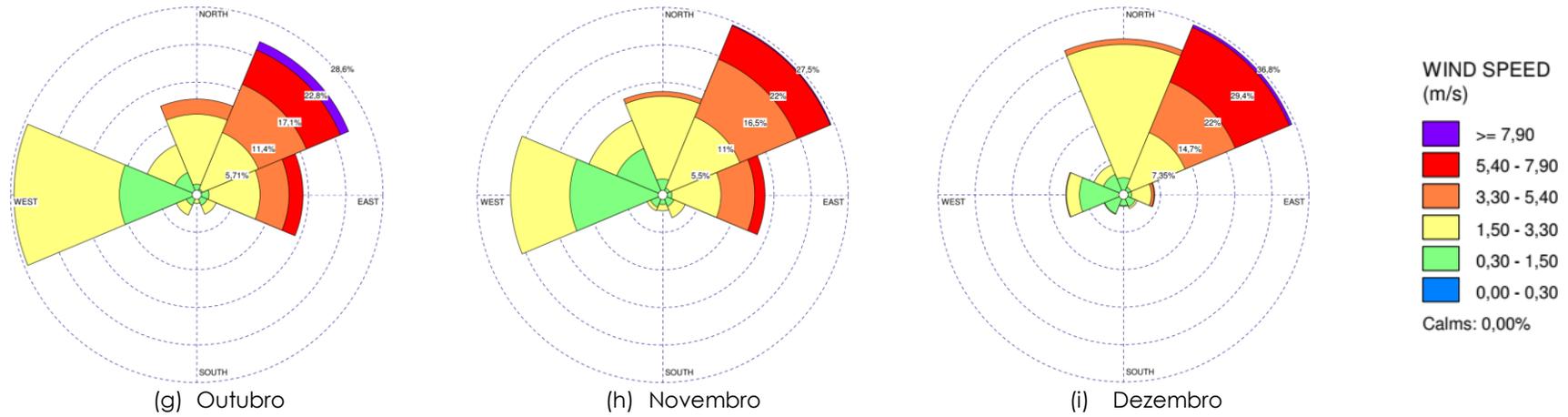


Gráfico 54: Rosa dos ventos para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2024 – EMQAr - RGV10 (Praia do Canto).



Como pode visualizado nos gráficos acima, em abril, primeiro mês com representatividade de dados no ano de 2024 para essa estação de monitoramento, houve predominância de ventos de direção Oeste e Noroeste. Nesse mesmo mês, também foram significativos os ventos de direção Sudeste. Ventos Sudeste, Leste e Nordeste apresentaram as maiores velocidades.

No período entre Maio a Julho, houve comportamento semelhante a abril, mas com menos relevância de ventos de direção Sudeste. Ou seja, predominância de ventos Oeste e Noroeste. Apesar disso, os ventos mais fortes (maiores que 3,3 m/s) foram registrados principalmente em direção Nordeste, Leste e Sudeste.

Agosto foi um mês com ventos mais variados, indicando uma tendência de alteração das predominâncias. Novamente, os ventos mais fortes foram registrados de direções Nordeste, Leste e Sudeste.

De setembro a dezembro houve predominância de ventos Nordeste e Norte, mas com ventos de direção Oeste também significativos. Nesse período foram registrados também maior porcentagem no ano de ventos mais fortes, maiores de 8 m/s, principalmente de direção Nordeste.

6 – Qualidade do Ar

Neste capítulo apresenta-se os dados de qualidade do ar medidos pela rede de monitoramento do IEMA no ano de 2024, estando dividido em 7 seções. A Seção 6.1 apresenta os resultados e discussões para Material Particulado, incluindo os resultados para $MP_{2,5}$, MP_{10} , PTS e PS. A Seção 6.2 apresenta os resultados e discussões para Dióxido de Enxofre (SO_2). A Seção 6.3 apresenta os resultados e discussões para Dióxido de Nitrogênio (NO_2). A Seção 6.4 apresenta os resultados e discussões para Ozônio (O_3). A Seção 6.5 apresenta os resultados e discussões para Monóxido de Carbono (CO). A seção 6.6 apresenta os resultados do monitoramento de hidrocarbonetos. E finalmente, a seção 6.7 apresenta o Índice de Qualidade do Ar (IQAr) para o ano de 2024.

Cumprir destacar que a análise que segue considerou os limites estabelecidos pela OMS 2005, OMS 2021, do Decreto Estadual nº 3.463-R/2013 e das Resoluções CONAMA nº 491/2018 e CONAMA nº 506/2024.

Para o cálculo do IQAr foram utilizadas as faixas definidas no documento “Orientação Técnica – Índice de Qualidade do Ar”, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA em janeiro de 2025. O citado documento atualiza as faixas de classificação do IQAr, o que altera também o cálculo do mesmo. Pelo que consta no documento, essa Orientação Técnica servirá de base para o cálculo do IQAr até a publicação do novo Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar pelo MMA.

6.1 Material Particulado (MP)

6.1.1 Material Particulado menor que $2,5\mu m$ de diâmetro ($MP_{2,5}$)

Ao longo do ano de 2024, o poluente Material Particulado com diâmetro menor de 2,5 micrômetro ($MP_{2,5}$) foi monitorado em 9 (nove) estações da RAMQAR, sendo elas:

- EMQAR 01 – Laranjeiras;
- EMQAR 02 – Carapina;
- EMQAR 03 – Jardim Camburi;
- EMQAR 04 – Enseada do Suá;
- EMQAR 05 – Vitória Centro;
- EMQAR 06 – Ibes (Vila Velha);
- EMQAR 08 – Vila Capixaba (Cariacica);

- EMQAR 09 – Cidade Continental;
- EMQAR 10 – Praia do Canto (Ponta Formosa).

Contudo, devido à problemas estruturais, foi necessário interromper o monitoramento de MP2,5 nas estações de Jardim Camburi (EMQAr03) e Ibes (EMQAr06) na maior parte do ano de 2024. Além disso, eventuais falhas em alguns equipamentos também provocaram falhas no monitoramento em outras estações para meses específicos. No caso da Estação de Praia do Canto (EMQAr10), nos dois primeiros meses do ano os equipamentos ficaram desligados devido a dificuldades contratuais com os proprietários da área.

A Tabela 25 mostra o percentual de médias móveis de 24h válidas, por mês e por estação, para o poluente MP2,5 ao longo de 2024.

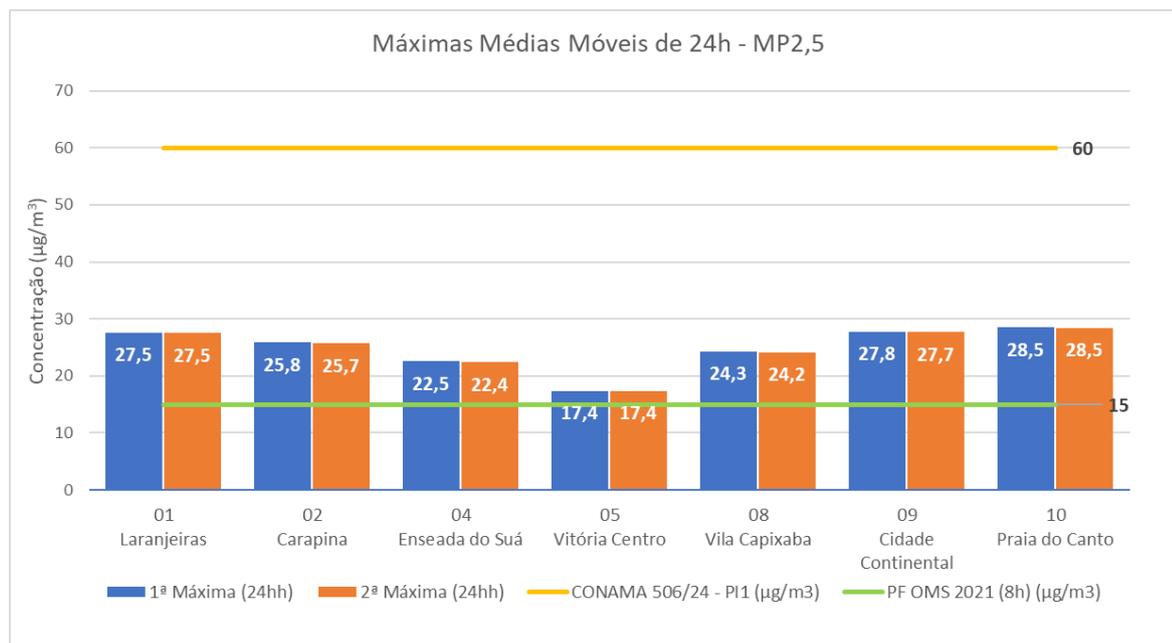
Tabela 25: Percentual de disponibilidade mensal de dados (válidos) dos equipamentos de MP2,5 nas estações.

Percentual de disponibilidade de equipamentos MP2,5, por mês (%)									
Mês	Laranjeiras (EMQAR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMQAR08)	Cidade Contin. (EMQAR09)	Praia do Canto (EMQAR10)
Jan	100	100	0	100	75,7	100	96,0	97,6	0
Fev	100	100	0	100	93,1	54,3	100	100	0
Mar	97,6	100	0	100	100	0	99,1	84,1	79,4
Abr	100	100	0	100	100	0	34,2	59,7	97,8
Mai	100	100	0	100	100	0	100	100	89,9
Jun	100	100	0	100	89,6	0	100	100	100
Jul	100	100	0	100	56,6	0	100	100	100
Ago	100	100	0	100	100	28,8	95,2	68,1	100
Set	100	100	12,5	89,4	95,4	100	100	100	100
Out	100	100	32,7	93,3	84,7	89,9	35,9	100	95,7
Nov	100	100	0	100	100	0	0	79,3	95,0
Dez	100	100	0	100	100	0	0	100	100
Anual	99,8	100	3,8	98,6	91,2	30,8	71,6	90,7	80,3

* Os dados destacados em vermelho não atenderam os critérios de representatividade mensal ou anual.

O Gráfico 55 traz os maiores valores medidos (máximas médias de 24h calculadas) de MP2,5 em cada estação para o ano de 2024. Nesse e em outros gráficos não constam dados das estações de Jardim Camburi (EMQAr03) e Ibes (EMQAr06), devido à baixa quantidade de dados representativos dessas estações ao longo do ano.

Gráfico 55: Máximas médias móveis de 24h calculadas para o poluente MP2,5 no ano de 2024 e comparação com o limite legal vigente (CONAMA 506/2024) e à recomendação da OMS (2021).



Verifica-se que todas as estações tiveram ultrapassagens ao Padrão Final (PF) recomendado pela OMS (2021). Observamos que o novo padrão da OMS, divulgado ao final do ano de 2021, reduziu de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o limite recomendado como Padrão Final (PF). Assim, já era esperado um conseqüente aumento da quantidade total de ultrapassagens aos limites da OMS no monitoramento realizado em relação aos anos anteriores. Já o limite Estadual atual (MI-2 ES) não foi ultrapassado em nenhum momento em qualquer das estações de monitoramento, assim como também não foram ultrapassados os padrões PI-1, PI-2 e PI-3 da nova Resolução CONAMA nº 506/2024. Destaca-se que os padrões aplicáveis até 31 de dezembro de 2024 correspondem ao MI-2-ES ($\text{MP}_{2,5}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - padrão estadual) e o PI-01 ($\text{MP}_{2,5}=60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – padrão federal) e foram atendidos. Na ausência do MI-1 ES utilizou-se o MI-2 ES como padrão estadual para fins de análise comparativa de atendimento a padrões.

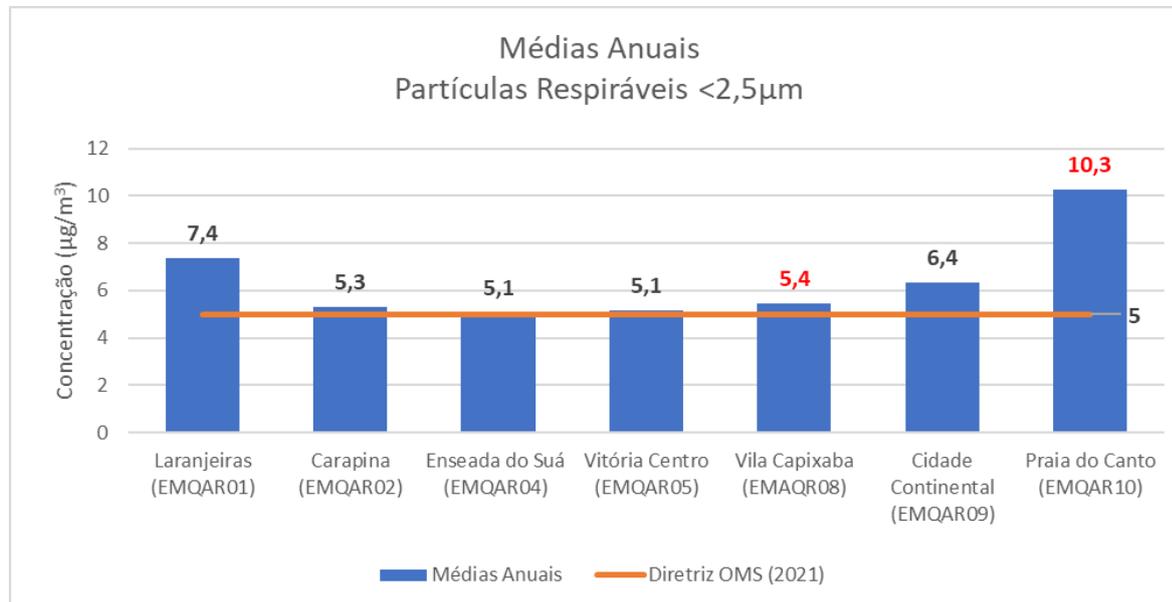
A Tabela 26 mostra o total de ultrapassagens ao padrão da OMS atual (2021) e da CONAMA nº 506/2024 (PI-01). Além disso, a tabela traz o percentual de ultrapassagens considerando o total de médias móveis de 24h válidas calculadas em cada estação. Fica destacado que a estação que teve mais ultrapassagens em relação ao total medido foi a estação Praia do Canto (EMQAr10), com 7,5%.

Tabela 26: Total de ultrapassagens de médias móveis de 24h ao padrão OMS para o poluente MP2,5.

Ultrapassagens de padrões MP2,5 para médias de 24h									
Referencial	Laranjeiras (EMQAR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)	Cidade Continental (EMQAR09)	Praia do Canto (EMQAR10)
PI-1 CONAMA 506/24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Padrão PF OMS e PF CONAMA 506/24	353	104	0	179	76	118	227	232	525
% (em relação ao total de dados válidos)	4,0%	1,2%	0,0%	2,1%	1,0%	4,4%	3,6%	2,9%	7,5%

O Gráfico 56 traz o valor das médias anuais medidas em cada estação. Observa-se que as estações Ibes (EMQAr06), Vila Capixaba (EMQAr08) e Praia do Canto (EMQAr10) não atenderam aos critérios de representatividade para a média anual. Portanto, cabe cautela ao analisar os dados de média anual.

Quando comparado à meta de Padrão Final recomendado pela OMS, o qual coincide com o valor de Padrão Final da Resolução CONAMA nº 506/2024 ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), observamos que as estações Carapina (EMQAr03), Enseada do Suá (EMQAr04), Vitória Centro (EMQAr05) e Vila Capixaba (EMQAr08) ficaram muito próximas de tal valor.

Gráfico 56: Médias anuais de 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para Material Particulado < MP2,5.

* Valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade para a média anual.

Já a Tabela 27 e o Gráfico 57 traz os resultados medidos para as médias anuais em toda a série histórica. O Gráfico 57 indica uma tendência consistente de queda nas concentrações de MP2,5 nas estações Enseada do Suá (EMQAr04) e Ibes (EMQAr06). Como exemplo, observa-se que a concentração na Enseada do Suá (EMQAr04) caiu de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, em 2015,

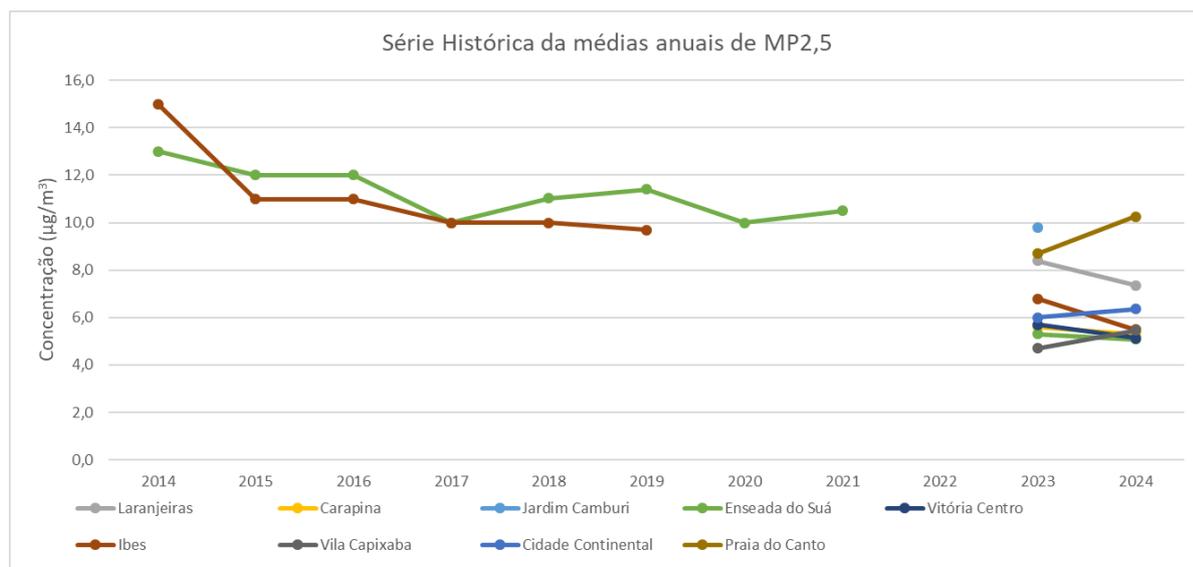
para 5,1 µg/m³ em 2024. As demais estações ainda não possuem série histórica para comparação.

Tabela 27: Série histórica das médias anuais (µg/m³) de Material Particulado <MP2,5.

ANO	Laranjeiras (EMQAR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMQAR08)	Cidade Contín. (EMQAR09)	Praia do Canto (EMQAR10)
2014				13,0		15,0			
2015				12,0		11,0			
2016				12,0		11,0			
2017				10,0		10,0			
2018				11,0		10,0			
2019				11,4		9,7			
2020				10,0					
2021				10,5					
2022									
2023	8,4	5,6	9,8	5,3	5,7	6,8	4,7	6,0	8,7
2024	7,4	5,3		5,1	5,1	5,5	5,4	6,4	10,3

* Resultados em vermelho: médias não atenderam aos critérios de representatividade anual.

Gráfico 57: Série histórica das médias anuais para o poluente Material Particulado <MP2,5.



Os gráficos Gráfico 58 a Gráfico 64 mostram as médias de MP2,5 (µg/m³), no ano de 2024, para variações de acordo com as horas do dia. Verifica-se que cada estação possui um comportamento distinto ao longo do dia. Possivelmente devido à variação entre as fontes de emissão de material particulado que contribuem para as concentrações em cada estação, o que pode ser melhor avaliado após realização de novo inventário de fontes e com o uso de modelagens matemáticas.

Chama a atenção o comportamento do Gráfico 64 (estação Praia do Canto), uma vez que as concentrações de MP_{2,5} apresentam tendência de queda exatamente às 6:30h e entre as 17:30 e 18:30h. Algo semelhante, contudo menos evidente, vemos no Gráfico 59, da estação Carapina. Geralmente atribuímos esses horários ao início e fim de expediente comercial, momentos esses de maior circulação de pessoas e veículos e, portanto, ao aumento da poluição causada pelo trânsito. Contudo, os gráficos citados indicam justamente um decréscimo nas concentrações nesses horários. Considerando que a estação Carapina se encontra dentro do Complexo Industrial de Tubarão e que a estação de Praia do Canto tem entre seus objetivos avaliar os efeitos das atividades daquele complexo sobre a qualidade do ar da região, devido à predominância de ventos de direção Nordeste/Leste e a ausência de outras potenciais fontes nessas direções, avaliamos que possa haver relação entre os horários de troca de turno dessas empresas e os resultados das medições de MP_{2,5} nessas duas estações. Todavia, recomenda-se que maiores avaliações sejam realizadas, como modelagens matemáticas e outras investigações, para confirmação.

Na estação Vila Capixaba, há aparente aumento das concentrações de MP_{2,5} ao longo da madrugada e entre 6:30h e 8:30h, muito provavelmente devido à movimentação de caminhões e outros veículos dentro da CEASA-ES, onde a estação está localizada.

Gráfico 58: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 01 - Laranjeiras.

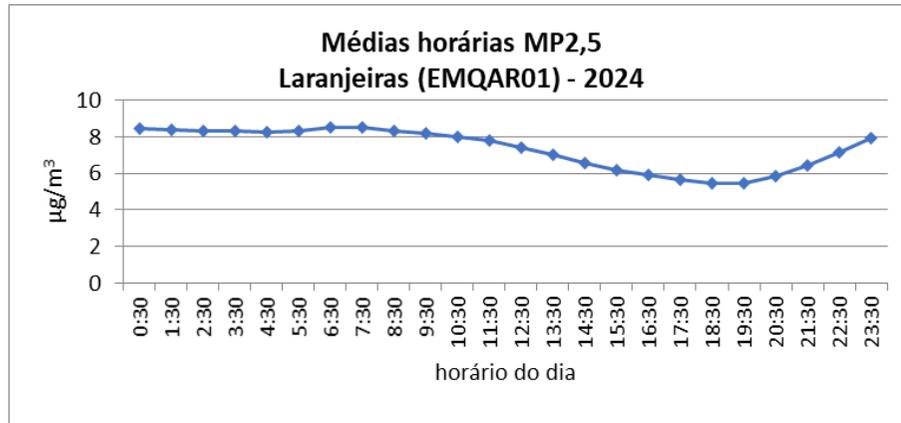


Gráfico 59: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 02 - Carapina.

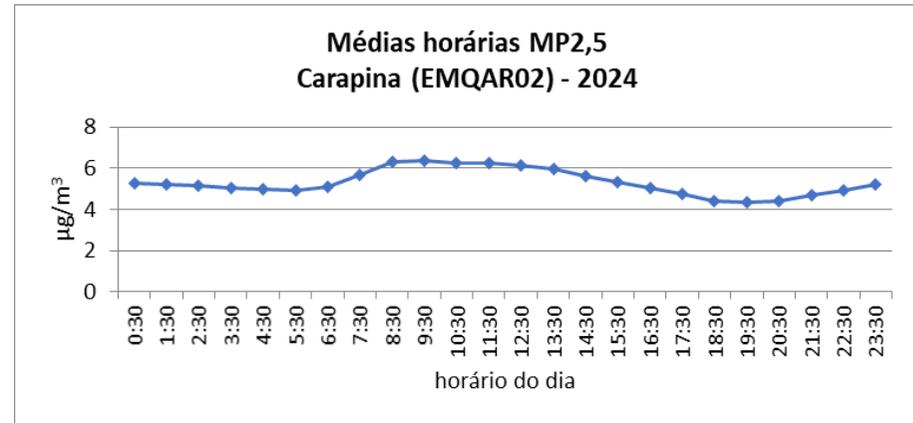


Gráfico 60: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 04 – Enseada do Suá.

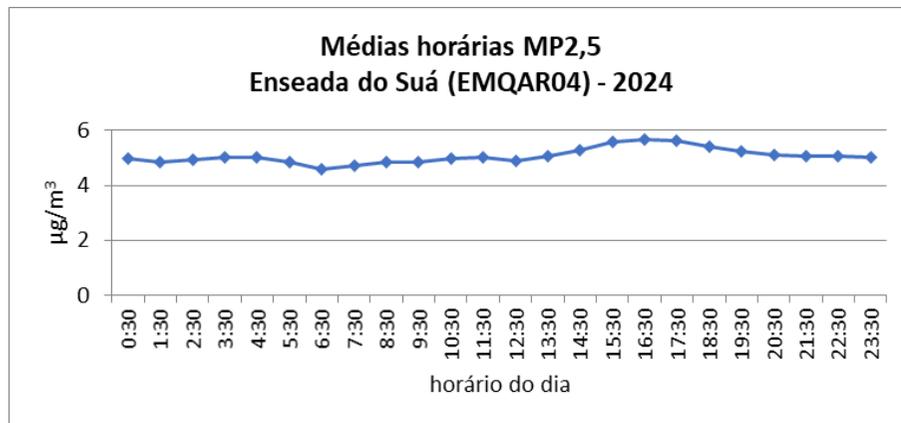


Gráfico 61: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 05 – Vitória Centro.

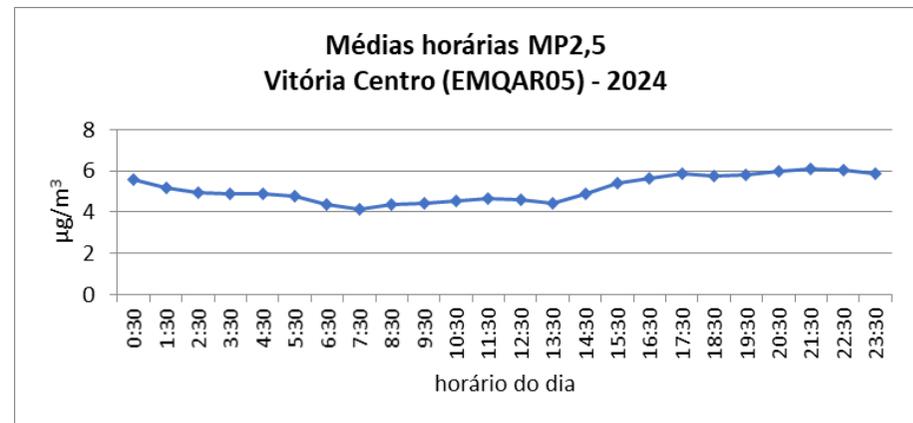


Gráfico 62: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 08 – Vila Capixaba.

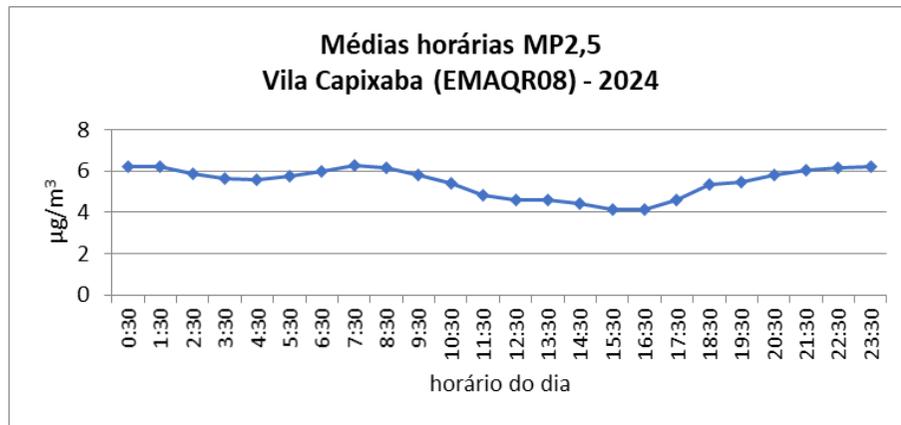


Gráfico 63: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 09 – Cidade Continental.

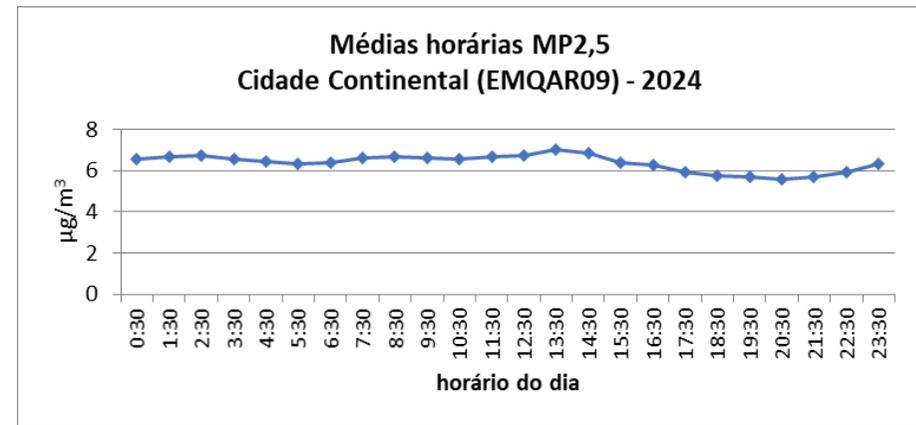
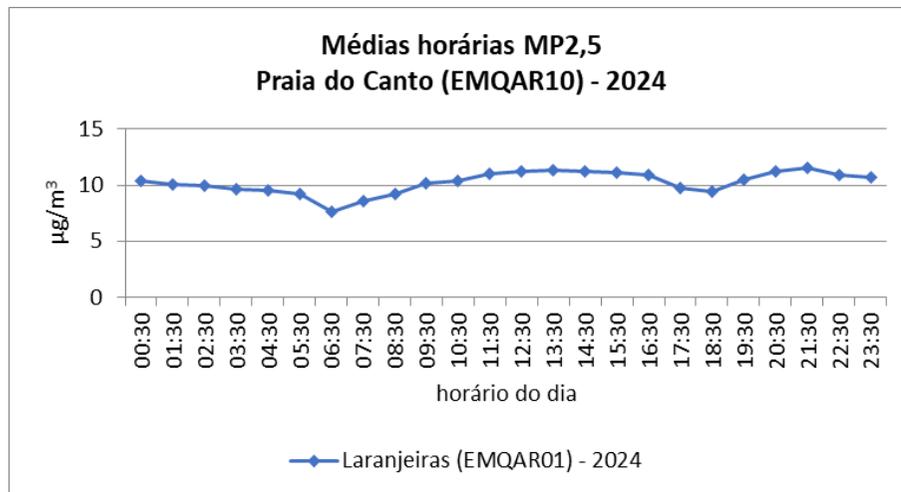


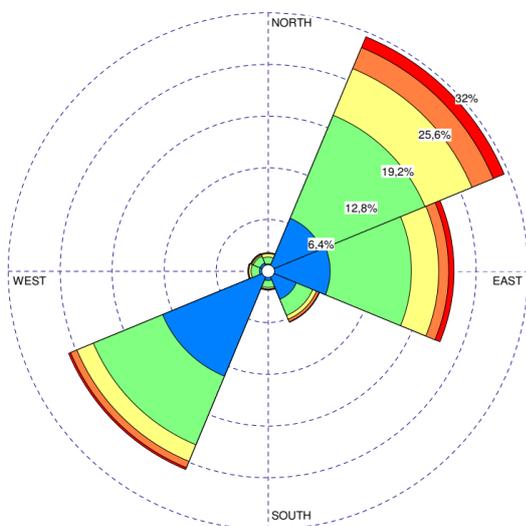
Gráfico 64: Variação das médias de concentração de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo do dia para a estação 10 – Praia do Canto.



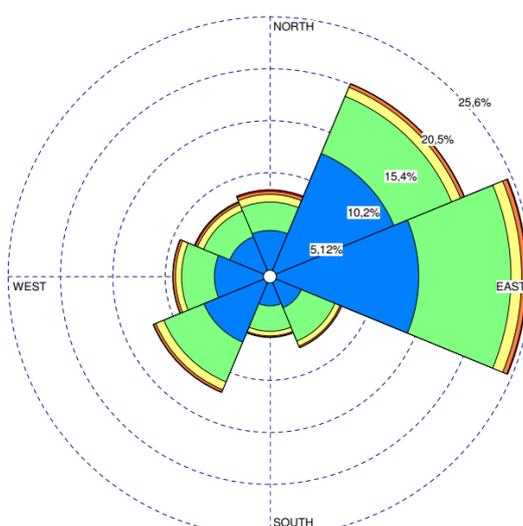
Rosa dos Poluentes:

Para confecção da rosa de poluentes da estação EMQAR 05 – Vitória, foram usados os dados de direção do vento da estação EMQAR 04 – Enseada do Suá, enquanto para confecção da rosa de poluentes da estação EMQAR 09 – Cidade Continental, foram utilizados os dados de direção dos ventos medidos na estação EMQAR 02 – Carapina, devido à ausência de monitoramento de dados meteorológicos de vento nas estações EMQAR 05 e 09. Para as demais estações foram utilizados dados meteorológicos (direção de vento) da própria estação.

Gráfico 65: Perfil das concentrações de MP2,5 nas estações da RAMQAR com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).

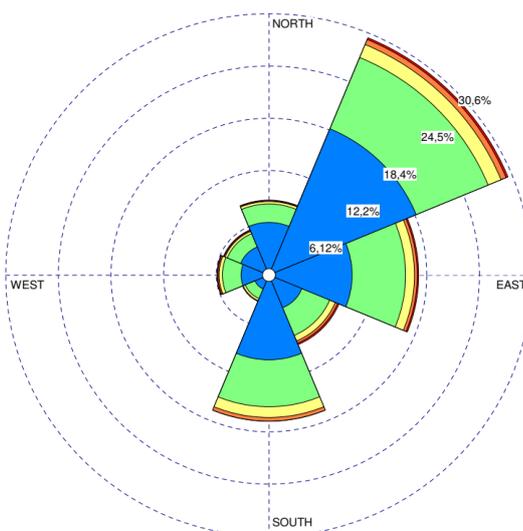


(a) Estação EMQAR 01 – Laranjeiras (MP2,5).



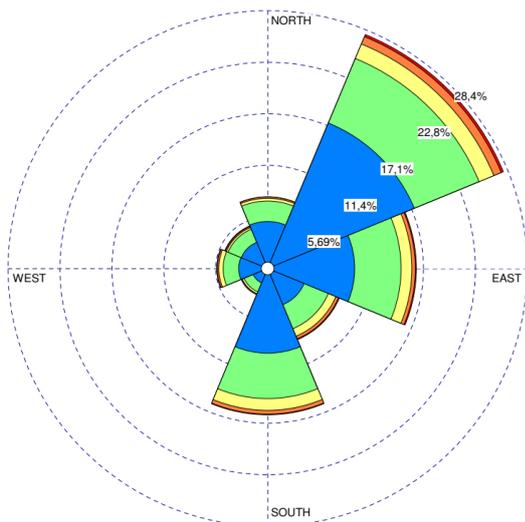
(b) Estação EMQAR 02 – Carapina (MP2,5).

(sem dados representativos)



(c) Estação EMQAR 03 – Jardim Camburi (MP2,5).

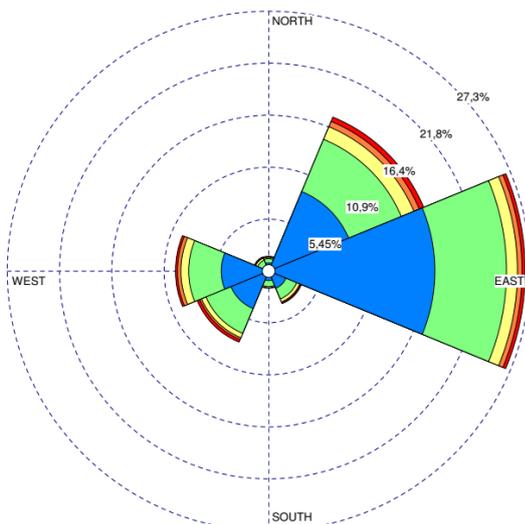
(d) Estação EMQAR 04 – Enseada do Suá (MP2,5).



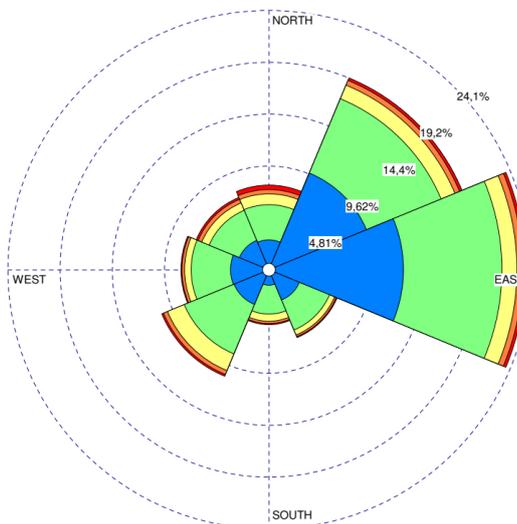
(sem dados representativos)

(e) Estação EMQAR 05 – Centro de Vitória (MP2,5), com dados de direção do vento da Estação EMQAR 04 – Enseada do Suá.

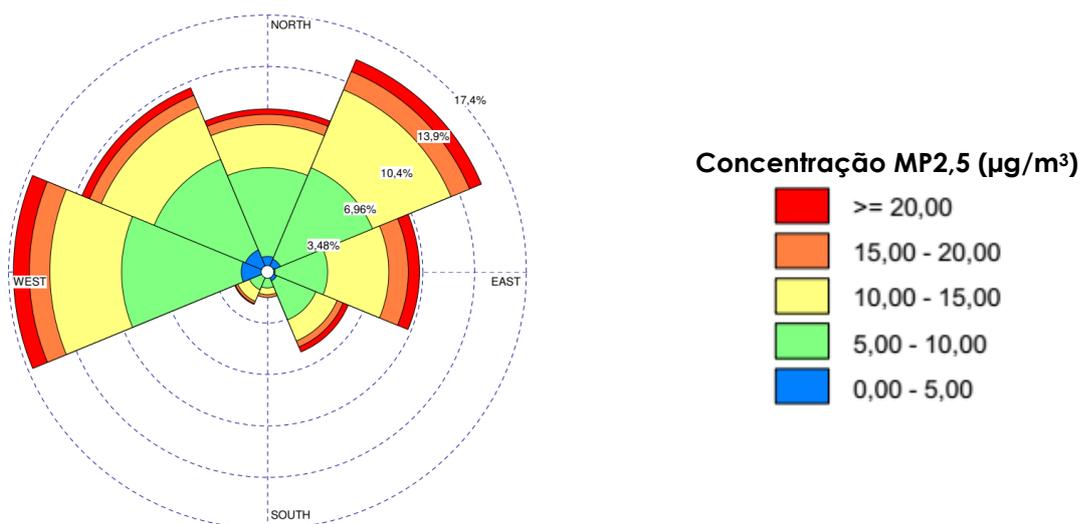
(f) Estação EMQAR 06 – Ibes (MP2,5).



(g) Estação EMQAR 08 – Vila Capixaba (MP2,5).



(h) Estação EMQAR 09 – Cidade Continental (MP2,5), com dados de direção do vento da Estação EMQAR 02 – Carapina.



(i) Estação EMQAR 10 – Praia do Canto (MP2,5).

O Gráfico 65 traz as representações gráficas de rosa de poluentes para as nove estações da RAMQAR onde houve o monitoramento de MP2,5 ao longo do ano de 2024. Seguem abaixo as observações sobre o comportamento da distribuição do poluente em cada estação:

- EMQAR 01 – Laranjeiras: Houve predominância de ventos na direção Nordeste, Sudoeste e Leste, respectivamente em ordem decrescente, sendo maior frequência de altas concentrações de MP2,5 (acima de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) quando com incidência Nordeste e Leste. Apesar disso, todas as direções registraram valores acima de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mesmo que em menor número;
- EMQAR 02 – Carapina: No caso da estação Carapina, houve grande distribuição entre altas concentrações de MP2,5 e direção dos ventos. Numericamente, para concentrações acima de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, as direções Norte e Noroeste tiveram percentual ligeiramente maior que as demais, mas mesmo assim, representando somente algo em torno de 0,15% e 0,10% das ocorrências totais. Para concentrações entre 10 e 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, as direções Leste e Nordeste foram que tiveram mais ocorrências, mas representando somente 1,5% e 1,3% das ocorrências totais, respectivamente;
- EMQAR 03 – Jardim Camburi: Como já citado, a estação de Jardim Camburi não teve dados representativos durante o ano. Portanto, não foi possível elaborar a rosa de poluentes para MP2,5;
- EMQAR 04 – Enseada do Suá: Para essa estação, houve predominância de ventos Nordeste, Leste e Sul, mas, proporcionalmente ao total de cada direção, houve certo equilíbrio na frequência de altos valores (acima da faixa de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) em

praticamente todas as direções, com leve predominância de altas concentrações quando de ocorrência de ventos Nordeste, Leste e Sudeste;

- EMQAR 05 – Vitória Centro: Na estação Vitória Centro, assim como nas demais, não apresentou grande destaque de altas concentrações em relação à direção do vento, havendo significativa distribuição entre as direções, indicando que as principais fontes de MP2,5 são difusas em torno da estação;
- EMQAR 06 – Ibes: Como já citado, a estação Ibes não teve dados representativos durante o ano. Portanto, não foi possível elaborar a rosa de poluentes para MP2,5;
- EMQAR 08 – Vila Capixaba: Assim como as demais estações, a de Vila Capixaba teve significativa distribuição em relação à direção do vento, dificultando a identificação de uma direção predominante. As direções Nordeste e Leste tiveram discreto aumento em relação às demais direções (em torno de 2% das ocorrências) quando avaliado somente os episódios de concentração maior que 15 µg/m³);
- EMQAR 09 – Cidade Continental: Assim como as demais estações, a de Cidade Continental teve significativa distribuição em relação à direção do vento, dificultando a identificação de uma direção predominante para altas concentrações de MP2,5;
- EMQAR 10 – Praia do Canto: Para tal estação também não observamos grande predominância de altas concentrações de MP2,5 em uma direção específica. Nota-se, inclusive pelo gráfico, que a estação Praia do Canto, de um modo geral, teve maior percentual de altas concentrações que nas demais estações.

Com a avaliação das rosas de poluentes para o parâmetro MP2,5, constata-se que, para praticamente todas as estações, as concentrações mais elevadas de MP2,5 parecem não ter forte dependência em relação à direção do vento. Tal fato indica que as fontes de emissão de MP2,5 mais relevantes para as medições realizadas estão distribuídas de forma difusa pelo ambiente metropolitano.

6.1.2 Material Particulado menor que 10µm de diâmetro (MP₁₀)

Ao longo do ano de 2024, o poluente Material Particulado com diâmetro menor de 10 micrômetros (MP10) foi monitorado em 9 (nove) estações da RAMQAR, sendo elas:

- EMQAR 01 – Laranjeiras;
- EMQAR 02 – Carapina;
- EMQAR 03 – Jardim Camburi;
- EMQAR 04 – Enseada do Suá;
- EMQAR 05 – Vitória Centro;

- EMQAR 06 – Ibes (Vila Velha);
- EMQAR 08 – Vila Capixaba (Cariacica);
- EMQAR 09 – Cidade Continental;
- EMQAR 10 – Praia do Canto (Ponta Formosa).

Contudo, devido à problemas estruturais, foi necessário interromper o monitoramento de MP10 nas estações de Laranjeiras (EMQAR01) e Ibes (EMQAR06) na maior parte do ano. Além disso, eventuais falhas em alguns equipamentos também provocaram falhas no monitoramento em outras estações para meses específicos. No caso da Estação de Praia do Canto (EMQAR10), nos dois primeiros meses do ano os equipamentos ficaram desligados devido a dificuldades contratuais com os proprietários da área.

A Tabela 28 traz o percentual de médias móveis de 24h válidas, por mês e por estação, para o poluente MP10 ao longo de 2024.

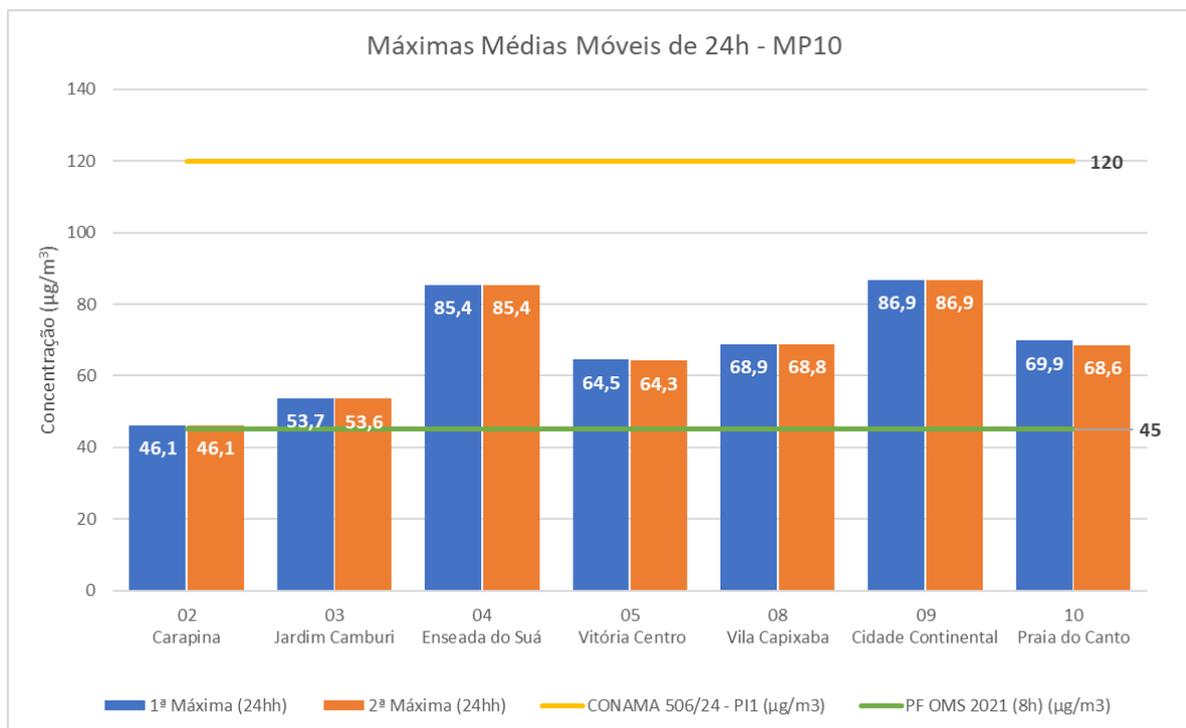
Tabela 28: Percentual de disponibilidade mensal de dados (válidos) dos equipamentos de MP10 nas estações.

Percentual de disponibilidade de equipamentos MP10, por mês (%)									
Mês	Laranjeiras (EMQAR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMQAR08)	Cidade Contín. (EMQAR09)	Praia do Canto (EMQAR10)
Jan	0	100	100	100	39,1	0	87,5	97,6	0
Fev	0	100	100	100	92,8	0	100	100	0
Mar	0	97,0	94,4	100	100	0	100	100	85,5
Abr	0	100	100	100	100	0	100	80,8	96,5
Mai	0	100	100	100	100	0	100	100	100
Jun	0	100	100	100	10,3	0	100	100	77,2
Jul	0	100	100	100	82,9	0	100	100	80,8
Ago	0	100	100	99,2	100	0	100	68,1	100
Set	32,4	100	100	100	100	0	100	100	94,0
Out	89,7	100	100	82,4	100	0	35,3	100	88,4
Nov	0	100	100	96,7	100	0	0	100	86,0
Dez	0	22	100	100	100	0	0	100	97,7
Anual	10,3	93,1	99,5	98,1	85,6	0	76,8	95,5	76,0

* Resultados em vermelho: médias não atenderam aos critérios de representatividade anual.

O Gráfico 66 demonstra os dois maiores valores medidos (máximas médias de 24h calculadas) de MP10 em cada estação para o ano de 2024. Nesse gráfico não constam dados das estações de Laranjeiras (EMQAR01) e Ibes (EMQAR06), devido à baixa quantidade de dados representativos dessas estações ao longo do ano. Tais estações também foram ocultadas em gráficos e tabelas posteriores pelo mesmo motivo.

Gráfico 66: Máximas médias móveis de 24h calculadas para o poluente MP10 no ano de 2024 e comparação com o limite legal vigente (CONAMA 506/2024) e a recomendação da OMS (2021).



Verifica-se que todas as estações tiveram ultrapassagens ao Padrão Final (PF) recomendado pela OMS (2021). Destaca-se que os padrões aplicáveis até 31 de dezembro de 2024 correspondem ao MI-1-ES (MP10=120 µg/m³ - padrão estadual) e ao PI-01 (MP10=120 µg/m³ – padrão federal) e foram atendidos.

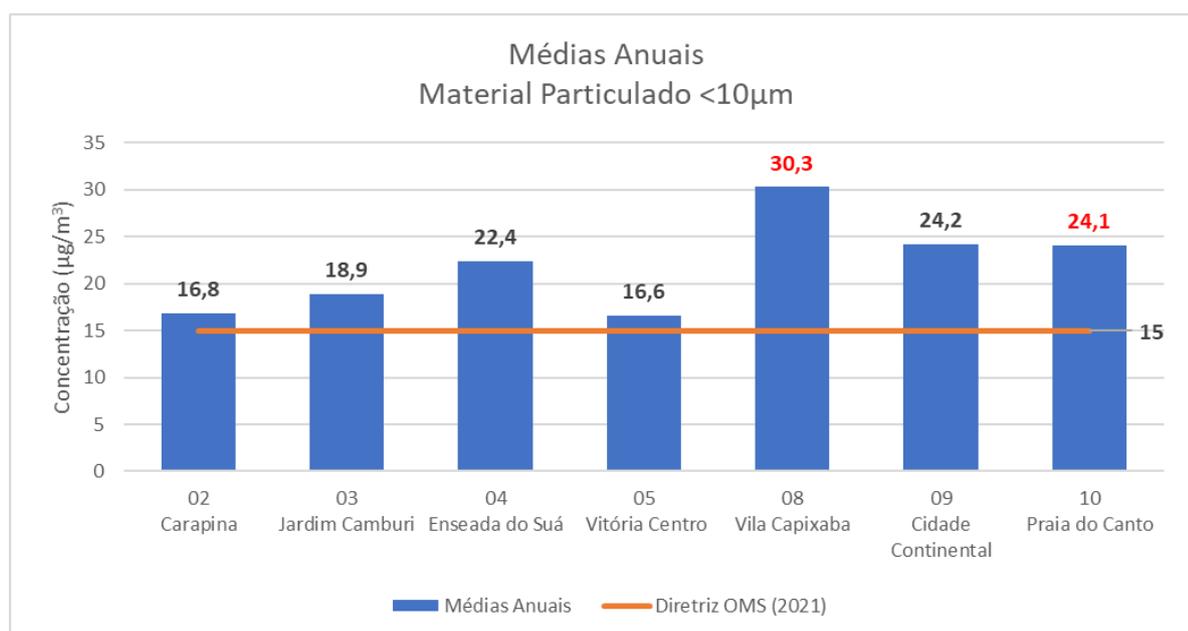
A Tabela 29 mostra o total de ultrapassagens à diretriz da OMS atual (2021) e da CONAMA nº 506/2024 (PI-01). Além disso, a tabela traz o percentual de ultrapassagens considerando o total de médias móveis de 24h válidas calculadas em cada estação. Fica destacado que a estação que teve mais ultrapassagens em relação ao total medido foi a estação Vila Capixaba (EMQAR08), com 3,3%.

Tabela 29: Total de ultrapassagens de médias móveis de 24h ao padrão OMS para o poluente MP10.

Ultrapassagens de padrões MP10 para médias de 24h							
Referencial	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Vila Capixaba (EMQAR08)	Cidade Continental (EMQAR09)	Praia do Canto (EMQAR10)
PI-1 CONAMA 506/24	0	0	0	0	0	0	0
Padrão PF OMS e PF CONAMA 506/24	5	63	89	28	224	165	63
% (em relação ao total de dados válidos)	0,1%	0,7%	1,1%	0,4%	3,3%	2,0%	0,9%

O Gráfico 67 traz os resultados das médias anuais do poluente MP10 para cada estação. Os valores em vermelho destacam as médias das estações que não atenderam aos critérios de representatividade anual. Verifica-se que todas as estações ultrapassaram ao padrão de média anual recomendado pela OMS (2021). Já o limite Estadual atual (MI-1 ES) não foi ultrapassado em nenhum momento em qualquer das estações de monitoramento, assim como também não foram ultrapassados os padrões PI-1 e PI-2 da nova Resolução CONAMA nº 506/2024. Os padrões aplicáveis até 31 de dezembro de 2024 correspondem ao MI-1-ES (MP10=45 µg/m³ - padrão estadual) e o PI-01 (MP10=40 µg/m³ – padrão federal).

Gráfico 67: Médias anuais de 2024 para Partículas Inaláveis (MP10).



* Resultados em vermelho: médias não atenderam aos critérios de representatividade anual.

Ressalva-se que a OMS reduziu o valor padrão anual recomendado de 20 µg/m³ (2005) para os atuais 15 µg/m³ (2021).

O Gráfico 68 e a Tabela 30 mostram a série histórica para as médias anuais de MP10. O Gráfico 68 traz um recorte dos últimos 10 anos, enquanto a Tabela 30 traz os resultados de toda a série. Observa-se uma aparente tendência de estabilidade na maioria das estações nos últimos anos, após uma significativa queda das concentrações entre 2015 e 2018.

Gráfico 68: Série histórica das médias anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos últimos 10 anos para o poluente MP10.

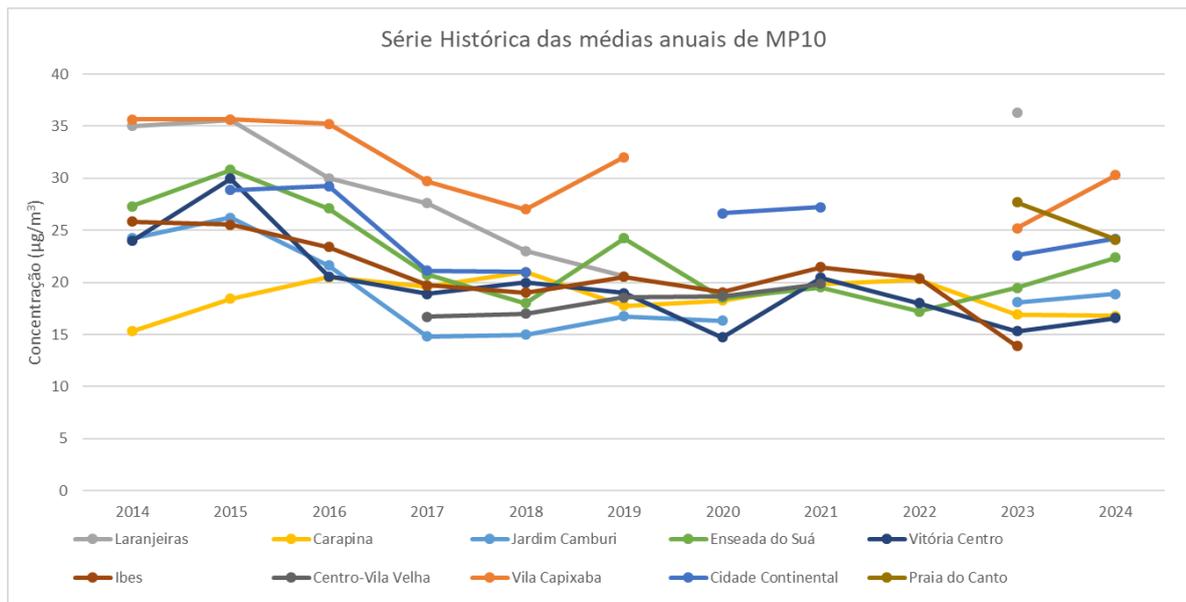


Tabela 30: Série histórica das médias anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para o poluente MP10.

Ano	Laranjeiras (EMQAR01)	Carapina (EMQAR02)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMQAR08)	Cidade Contin. (EMQAR09)	Praia do Canto (EMQAR10)
2000	30	22	31	31		26	25	35	
2001	28	22	25	27		24	22	36	
2002	27	23	25	27		23	24	37	
2003	30	23	27	28		25	24	45	
2004	29	21	27	26		27	22	40	
2005	31	21	28	26	23	27	20	41	
2006	36	21	29	28	24	30	21	42	
2007	35	23	28	28	24	25	22	40	
2008	35	27	32	31	29	31	28	48	
2009	31	22	27	29	26	29	25	43	
2010	33	23	22	32	28		25	45	
2011	34	22	21	29	29	31		47	
2012	35	18	24	28	24	27	26	48	
2013	32	16	24	28	25	27	24		
2014	35	15	24	27	24	26		36	
2015	36	18	26	31	30	26		36	29
2016	30	21	22	27	21	23		35	29
2017	28	20	15	21	19	20	17	30	21
2018	23	21	15	18	20	19	17	27	21
2019	21	18	17	24	19	21	19	32	
2020		18	16	19	15	19	19		27
2021		20		20	20	21	20		27
2022		20		17	18	20			
2023	36	17	18	20	15	14		25	23
2024		17	19	22	17			30	24

* Resultados em vermelho: médias não atenderam aos critérios de representatividade anual.

Os gráficos Gráfico 69 a Gráfico 75 mostram as médias de concentração de MP10 por hora do dia, mostrando o comportamento da variação de concentrações médias ao longo do

dia. Verifica-se que cada estação possui uma característica própria, provavelmente devido à variação entre as fontes de contribuição mais significativas para cada estação.

Gráfico 69: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 02 - Carapina.

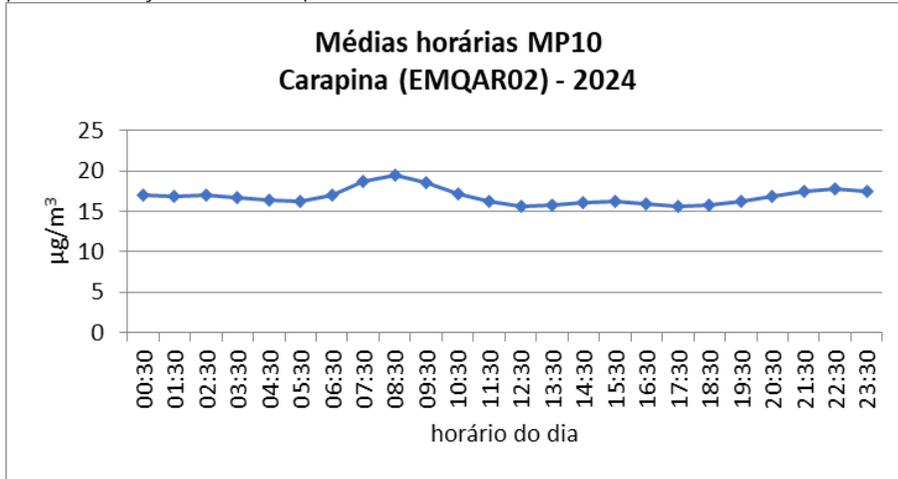


Gráfico 70: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 03 – Jardim Camburi.

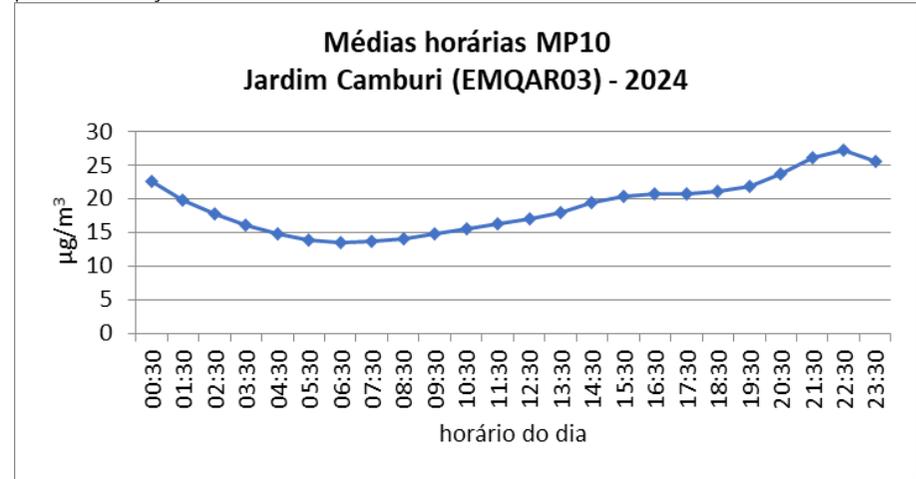


Gráfico 71: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 04 – Enseada do Suá.

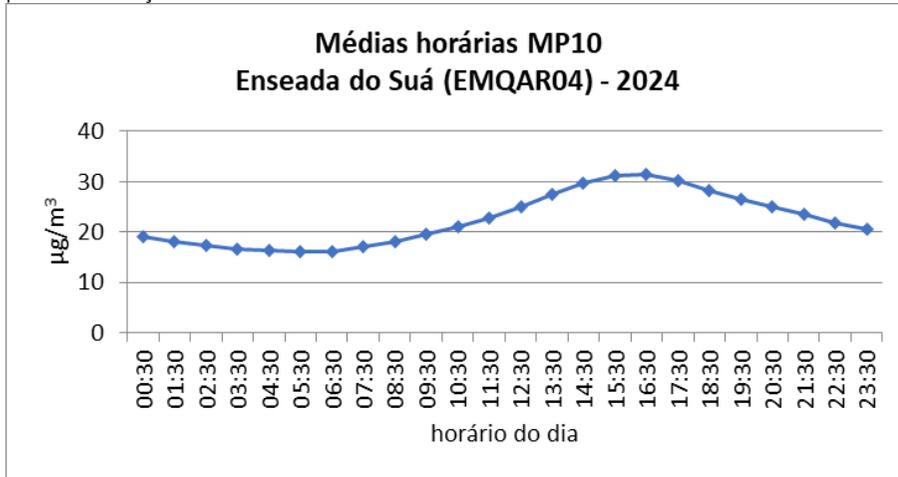


Gráfico 72: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 05 – Vitória Centro.

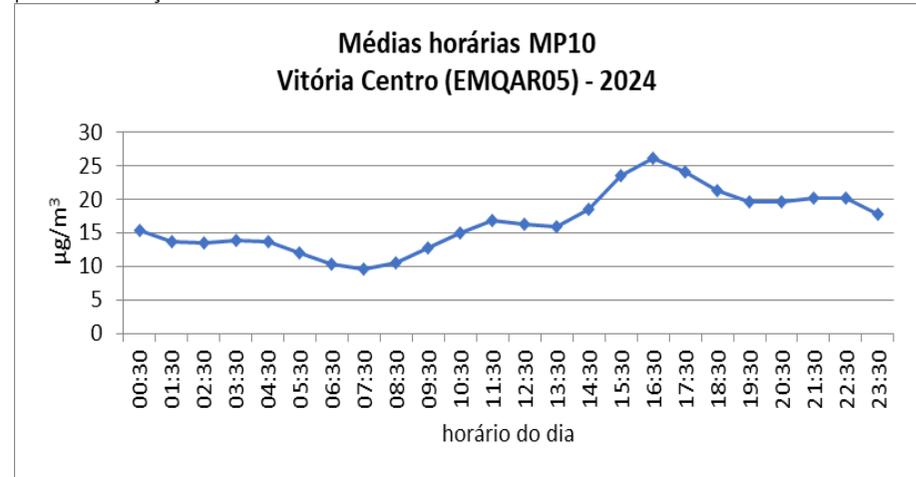


Gráfico 73: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 08 – Vila Capixaba.

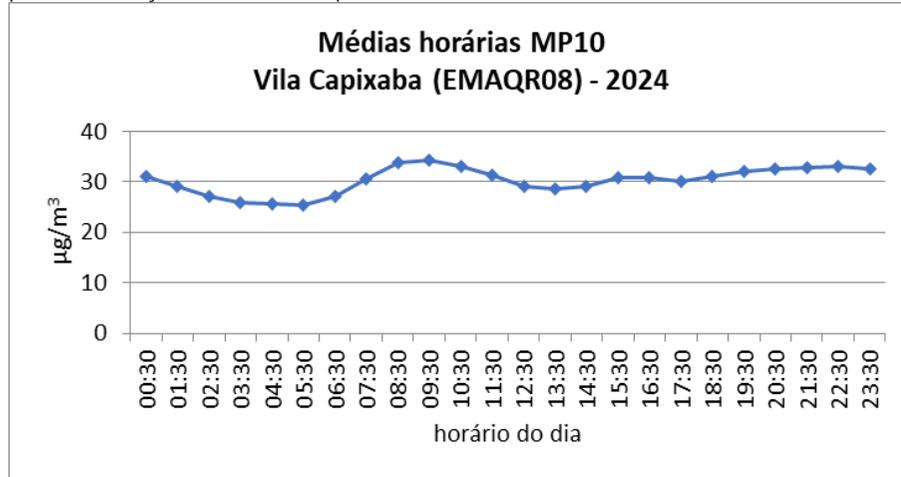


Gráfico 74: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 09 – Cidade Continental.

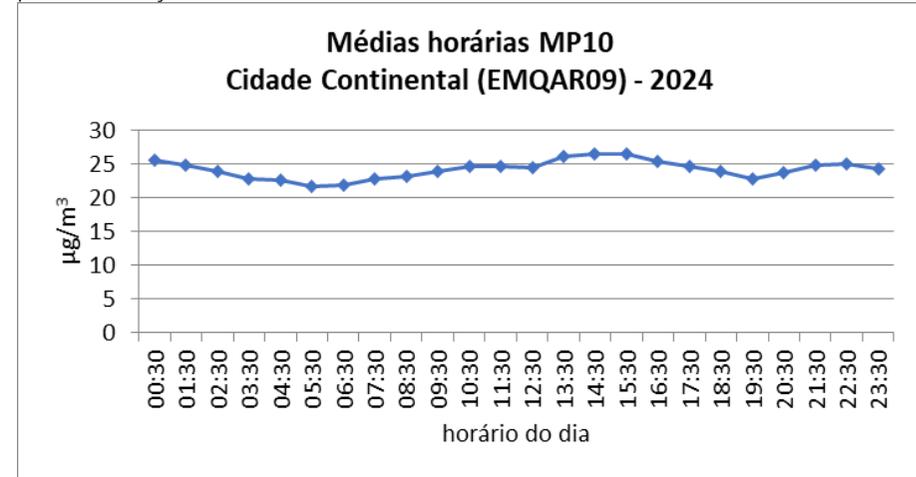
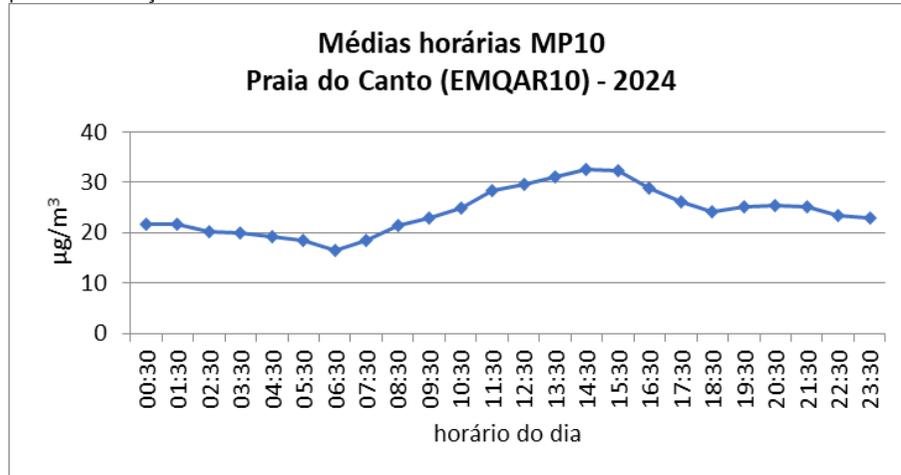


Gráfico 75: Variação das médias de concentração de MP10 ao longo do dia para a estação 10 – Praia do Canto.

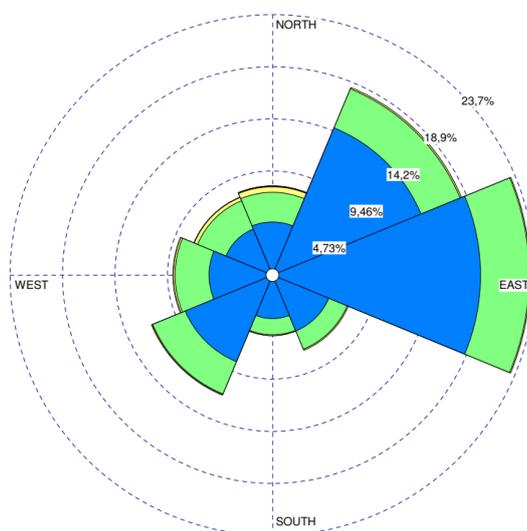


Rosa dos poluentes

Para confecção da rosa de poluentes da estação EMQAR 05 – Vitória, foram usados os dados de direção do vento da estação EMQAR 04 – Enseada do Suá, enquanto para confecção da rosa de poluentes da estação EMQAR 09 – Cidade Continental, foram utilizados os dados de direção dos ventos medidos na estação EMQAR 02 – Carapina, devido à ausência de monitoramento de dados meteorológicos de vento nas estações EMQAR 05 e 09. Para as demais estações foram utilizados dados meteorológicos (direção de vento) da própria estação. As estações EMQAR 01 – Laranjeiras e EMQAR 06 – Ibes não tiveram leituras representativas ao longo do ano que justificasse a elaboração da Rosa dos Poluentes.

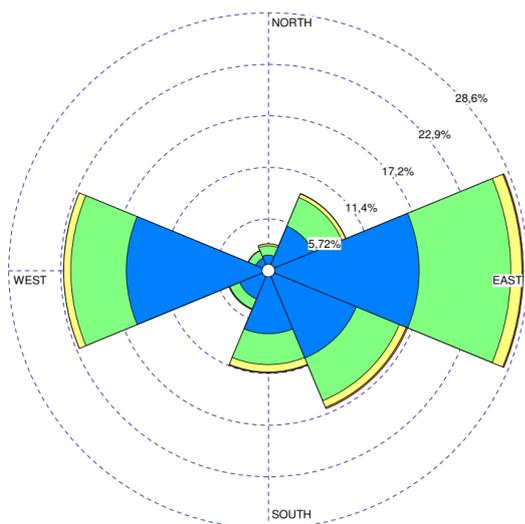
Gráfico 76: Perfil das concentrações de MP10 nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).

(sem dados representativos)

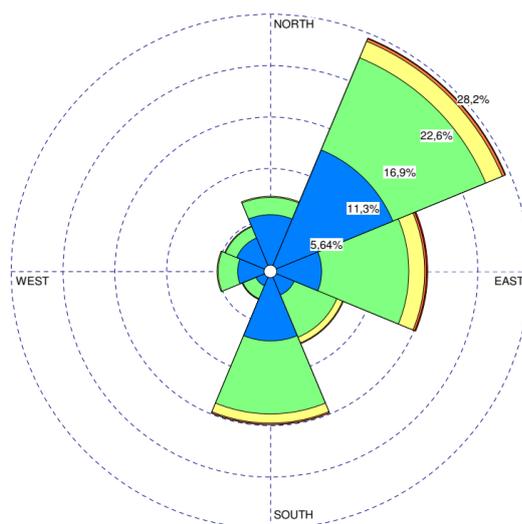


(a) Estação EMQAR 01 – Laranjeiras (MP10).

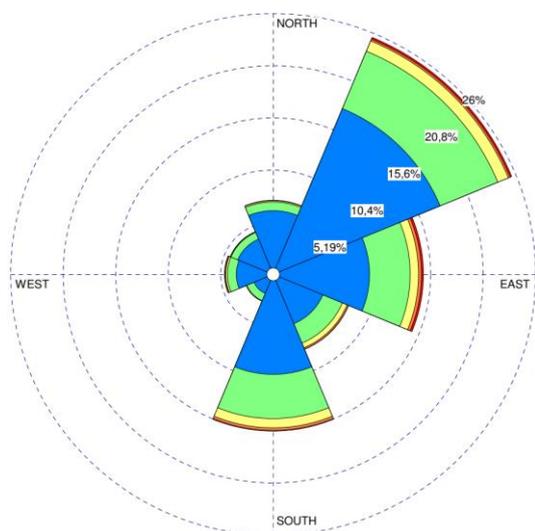
(b) Estação EMQAR 02 – Carapina (MP10).



(c) Estação EMQAR 03 – Jardim Camburi (MP10).



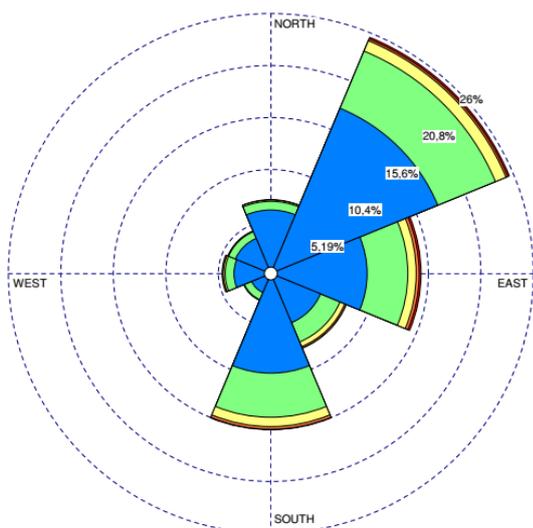
(d) Estação EMQAR 04 – Enseada do Suá (MP10).



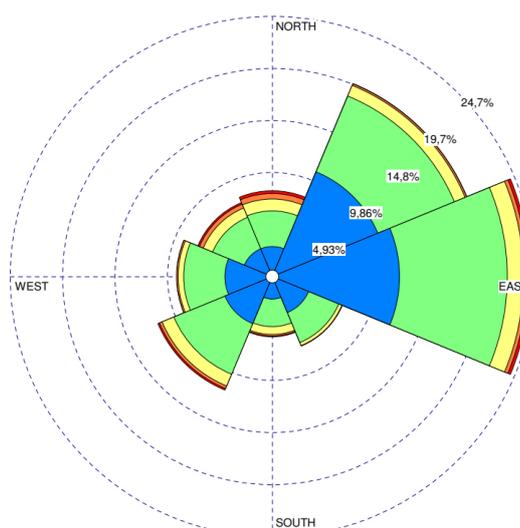
(e) Estação EMQAR 05 – Centro de Vitória (MP10), com dados de direção do vento da Estação EMQAR 04 – Enseada do Suá.

(sem dados representativos)

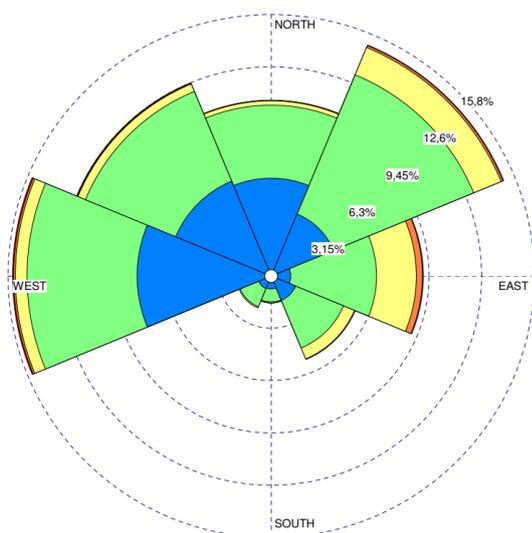
(f) Estação EMQAR 06 – Ibes (MP10).



(g) Estação EMQAR 08 – Vila Capixaba (MP10).

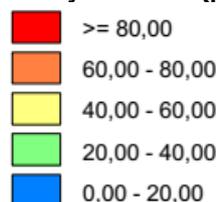


(h) Estação EMQAR 09 – Cidade Continental (MP10), com dados de direção do vento da Estação EMQAR 02 – Carapina.



(i) Estação EMQAR 10 – Praia do Canto (MP10).

Concentração MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



O Gráfico 76 traz a representação gráfica da rosa de poluentes para as nove estações da RAMQAR onde houve o monitoramento de MP10 ao longo do ano de 2024. Seguem abaixo as observações sobre o comportamento da distribuição do poluente em cada estação:

- EMQAR 01 – Laranjeiras: Não foi possível elaborar o gráfico de rosa de poluentes devido à falta de dados representativos;
- EMQAR 02 – Carapina: As maiores concentrações de MP10 foram registradas com incidência Norte e Noroeste, apesar da predominância dos ventos ser de direção Leste. Tal comportamento em 2024 repete o mesmo ocorrido em 2023, indicando

que a existência de uma fonte importante para as medições naquela localização à Norte/Noroeste da estação;

- EMQAR 03 – Jardim Camburi: Eventos com concentração maior que $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ocorreram apenas nas direções Nordeste e Leste. Para concentrações entre 60 e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ houve leve predominância para ventos de direção Leste e Sudeste;
- EMQAR 04 – Enseada do Suá: Para essa estação, apesar da predominância de ventos de direção Nordeste, houve maior percentagem de medições com valores altos principalmente quando da ocorrência de ventos de direção Leste;
- EMQAR 05 – Vitória Centro: Verifica-se que houve relevante distribuição de altas concentrações em praticamente todas as direções, com leve predominância de altas concentrações quando de ventos Nordeste;
- EMQAR 06 – Ibes: Não foi possível elaborar o gráfico de rosa de poluentes devido à falta de dado representativo;
- EMQAR 08 – Vila Capixaba: A estação de Vila Capixaba teve grande variação de distribuição de altas concentrações em relação à direção do vento, dificultando a identificação de uma direção predominante. Contudo, o quadrante Nordeste teve maior número total de ocorrências que os demais;
- EMQAR 09 – Cidade Continental: Verifica-se que houve relevante distribuição de altas concentrações em praticamente todas as direções, com leve predominância de altas concentrações quando de ventos Norte, Leste e Noroeste;
- EMQAR 10 – Praia do Canto: Para tal estação observa-se grande predominância de altas concentrações de MP10 quando da ocorrência de ventos Leste, principalmente, seguida de Sudeste e Nordeste, nessa respectiva ordem de prioridade. Tal comportamento indica que há importante fonte de MP10 a Leste dessa estação. Considerando que a estação se encontra praticamente no litoral, com o mar justamente a Leste/Sudeste da mesma, é relevante destacar o Complexo Industrial da Ponta de Tubarão como fonte suspeita.

De uma forma geral, não houve diferenças significativas de concentração de MP10 em relação à direção do vento, o que pode indicar que as fontes de emissão de MP10 estão difundidas pelo cenário urbano da região metropolitana.

6.1.3 Partículas Totais em Suspensão (PTS)

O poluente PTS foi monitorado somente na estação EMQAR 04 – Enseada do Suá durante o ano de 2024. O outro equipamento destinado à medição desse parâmetro na estação EMQAR 06 – Ibes encontra-se desativado devido à necessidade de manutenção e não

realizou medições durante o ano. O IEMA atualmente trabalha para compra de equipamentos novos para avaliação desse parâmetro.

A Tabela 31 traz o percentual de dados válidos de PTS para cada mês do ano de 2024. Verifica-se que o único mês que não atendeu os critérios de representatividade na estação de Enseada do Suá foi setembro. Ao todo, no somatório do ano, houve 94,6% de disponibilidade.

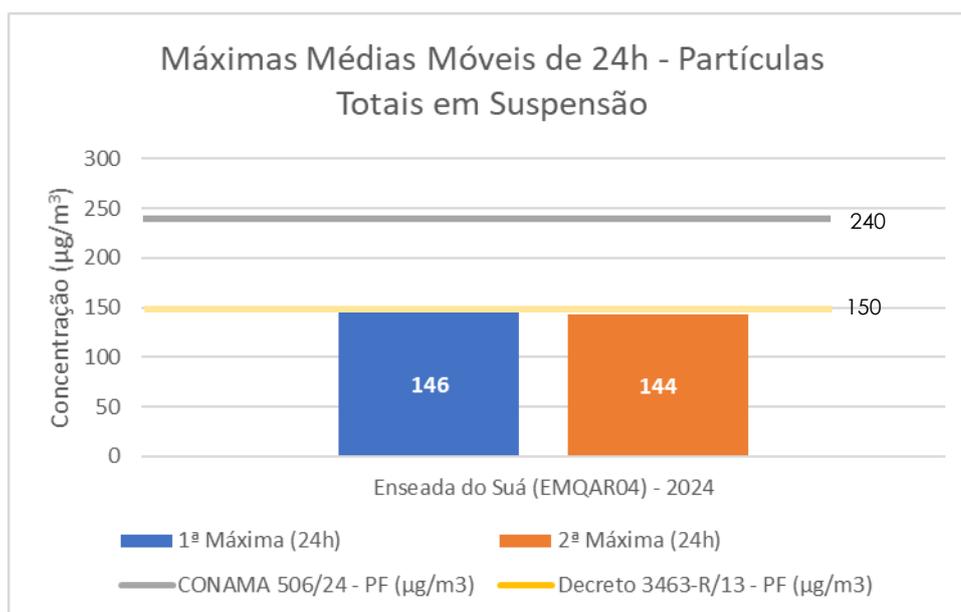
Tabela 31: Percentual de disponibilidade mensal de dados (válidos) dos equipamentos de PTS nas estações.

Percentual de disponibilidade de equipamentos PTS, por mês (%)		
Mês	Enseada do Suá (EMQAR04)	Ibes (EMQAR06)
Jan	96,4	-
Fev	94,8	-
Mar	100	-
Abr	89,3	-
Mai	100	-
Jun	100	-
Jul	100	-
Ago	99,2	-
Set	65,1	-
Out	89,4	-
Nov	100	-
Dez	100	-
Anual	94,6	-

* Os dados em vermelho não atenderam os critérios de representatividade mensal ou anual.

O Gráfico 77 traz os dados das maiores leituras (médias móveis de 24h) registradas durante o ano de 2024. Observa-se que em nenhuma oportunidade foram ultrapassados os padrões finais (PF) estipulados para médias de 24h na legislação estadual ou federal. O Padrão Final estipulado no Decreto 3.463-R/2013 é de 150,0 µg/m³, enquanto o Padrão Final da Resolução CONAMA nº 506/2024 é de 240 µg/m³.

Gráfico 77: Máximas médias móveis de 24h calculadas para o poluente PTS no ano de 2024 e comparação com os limites legais vigentes.



A média geométrica anual para PTS na estação de Enseada do Suá foi de 34,9 µg/m³. O Decreto 3.463-R/2013 estipula um padrão final de 60,0 µg/m³, enquanto a CONAMA nº 506/2024 determina o valor de 80 µg/m³. Observa-se, assim, que o padrão anual também não foi ultrapassado.

O poluente PTS não possui padrões recomendados pela OMS. A Resolução CONAMA nº 506/2024 estabelece que “As Partículas Totais em Suspensão - PTS e o material particulado em suspensão na forma de fumaça - FMC são parâmetros auxiliares, a serem utilizados em situações específicas, a critério do órgão ambiental competente”.

6.1.4 Partículas Sedimentáveis (PS)

Ao longo de 2024 foram realizados monitoramentos de Partículas Sedimentáveis, também conhecido como Poeira Sedimentável – PS, em 12 Estações da Rede Manual de Monitoramento de Partículas Sedimentáveis – RMPS.

Os gráficos Gráfico 78 a Gráfico 89 mostram os resultados medidos em cada estação ao longo do ano de 2024. Com base nos valores registrados e ao padrão vigente para esse poluente (MI1-ES do Decreto nº 3.463R/2013), cujo valor é de 14 g/m².30dias, para o ano de 2024 foram observadas, no total, 02 (duas) ultrapassagens ao padrão. Uma ultrapassagem ao padrão de 14 g/m².30dias foi registrada na estação RMPS RGV4 – Enseada do Suá, ocorrida no mês de setembro, sendo calculado o valor de 18,4 g/m².30dias. A outra ultrapassagem foi registrada na estação RGV5 – Vitória Centro no mês de março, com um

valor calculado de 14,9 g/m².30dias. Observando-se os gráficos citados, apesar de algumas exceções, os meses de setembro e outubro foram os que concentraram os maiores valores de PS durante o ano de 2024.

É importante registrar que o monitoramento de Partículas Sedimentáveis – PS é muito afetado por ocorrências locais muito próximas às estações, o que pode diminuir a área de representatividade dos resultados daquela estação. Partículas mais grosseiras, de dimensão maior, geralmente são significativamente mais pesadas que partículas menores, e, por isso, não possuem capacidade de se deslocar grandes distâncias, se depositando próximo às suas fontes. Além disso, essas partículas mais grosseiras costumam representar um percentual maior do peso da amostra. Nesse contexto, foi possível identificar que algumas leituras de PS ao longo do ano de 2024 sofreram forte influência de obras no entorno das estações.

Por exemplo, a estação do Centro de Vitória - RMPS RGV 05, durante o primeiro semestre de 2024, teve a interferência de obras de restauro do prédio do Ministério da Fazenda (instituição a qual abriga a própria estação), incluindo fachada e acessos, tendo inclusive tido a necessidade de paralisação das medições durante o mês de janeiro para reforma na própria estrutura da estação.

Já para a estação de Enseada do Suá - RMPS RGV04, foram observadas obras de recapeamento do asfalto nas vias próximas à estação entre os meses de agosto e outubro. Nesse período, equipamentos em teste naquela estação identificaram picos de leitura com altas taxas de deposição justamente nos mesmos dias e horários em que ocorriam as obras mais próximas (em frente) à estação, chegando, inclusive, a danificar o equipamento. Além disso, identificamos a instalação de um canteiro de obras a poucos metros da estação, embaixo da Terceira Ponte, com intensa movimentação de veículos pesados (tratores e caminhões) e de material pulverulento (terra, areia e outros).

A estação localizada no Hotel SENAC, na Ilha do Boi, também teve leituras as quais podem ter tido interferência de obras realizadas pelo próprio hotel. O hotel vem realizando intervenções contínuas em suas estruturas já a alguns anos, porém, em 2024 identificamos a realização de obras na laje e fachada muito próximos à localização dos coletores de PS, o que se intensificou entre os meses de julho a outubro. Após conversa com os administradores do local, os mesmos promoveram limpeza da área ainda no mês de outubro.

A estação de Jardim Camburi está localizada dentro da unidade Básica de Saúde do bairro, instalação essa que recebe obras de expansão desde o início do ano. Um novo prédio/anexo vem sendo construído ao lado da UBS. Além disso, observamos nos últimos meses do ano de 2024 escavações sendo realizadas pela administração UBS no entorno da estação, visando instalação de cabeamentos/encanamentos. Tais obras, a depender

do seu estágio e condições climáticas, podem contribuir para as medições de PS de forma diferente ao longo dos meses, não sendo esperado um comportamento constante nas medições.

Feitas essas ponderações, conclui-se que as leituras de PS ao longo do ano de 2024 foram bastante afetadas por interferências nas proximidades diretas dos pontos de medição, diminuindo o raio de abrangência de representatividade dessas estações. Por outro lado, pode-se interpretar tal fenômeno como um indicativo de crescimento das atividades econômicas no ano de 2024, o que naturalmente geraria aumento de taxas de deposição de PS também de forma mais difusa pela região metropolitana.

O IEMA planeja, para os próximos anos, realizar novos estudos de caracterização do material particulado para a região da Grande Vitória, os quais auxiliarão na identificação das fontes específicas que mais contribuem para a taxa de deposição medida em cada ponto de monitoramento. Com isso, será possível atuar de forma mais concreta na minimização dessas fontes. Além disso, o IEMA estuda a implantação de novas tecnologias que possam auxiliar na investigação de ocorrências e, se possível, na identificação de fontes de forma mais célere e precisa.

Os gráficos Gráfico **90** a Gráfico **101** mostram os resultados de toda a série histórica da Rede de Monitoramento Manual de Partículas Sedimentáveis – RMPS.

Registra-se também que não foram realizadas medições na estação RGV7 – Vila Velha Centro devido à dificuldades administrativas de cessão da área. O IEMA já trabalha para realocação da estação para outra localidade que também seja representativa para a região.

Gráfico 78: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV1 – Laranjeiras.

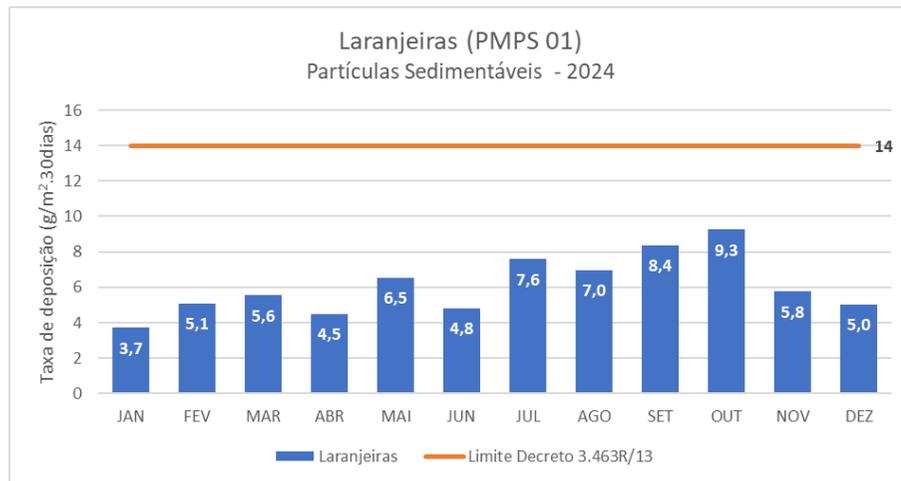


Gráfico 79: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV2 – Carapina.

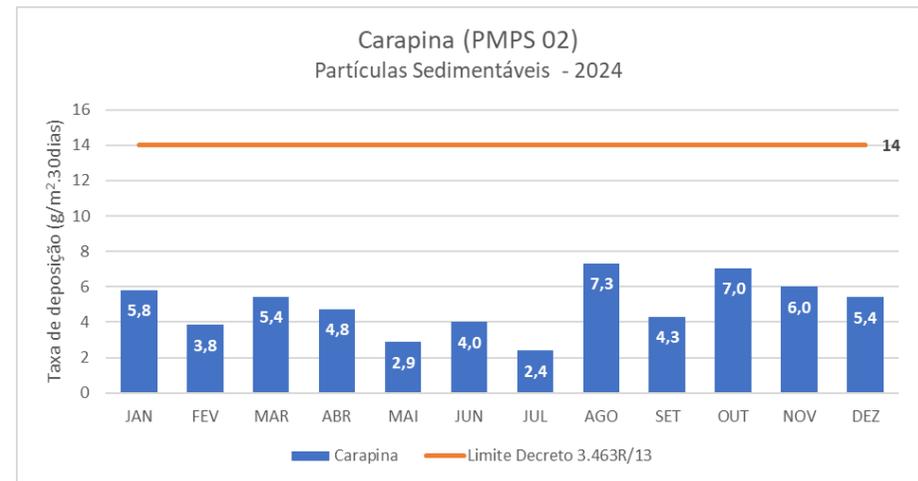


Gráfico 80: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV3 – Jardim Camburi.

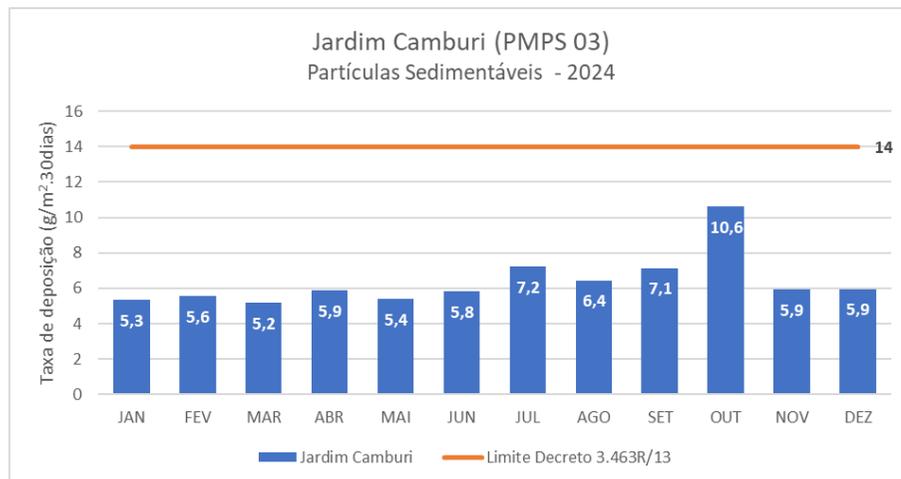


Gráfico 81: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV4 – Enseada do Suá.

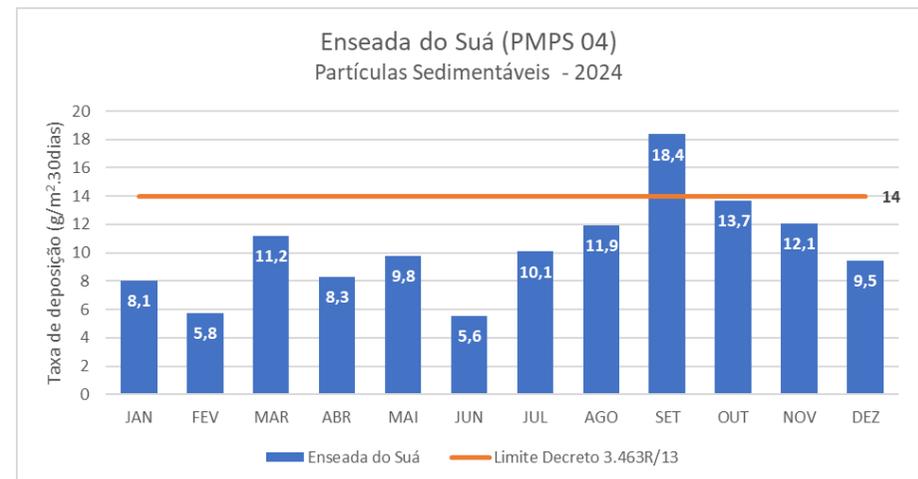


Gráfico 82: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV5 – Vitória Centro.

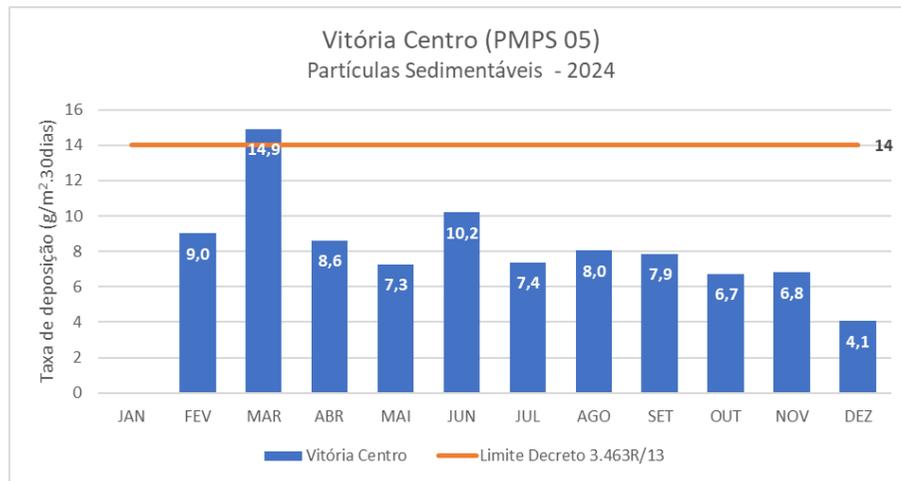


Gráfico 83: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV6 – Ibes.

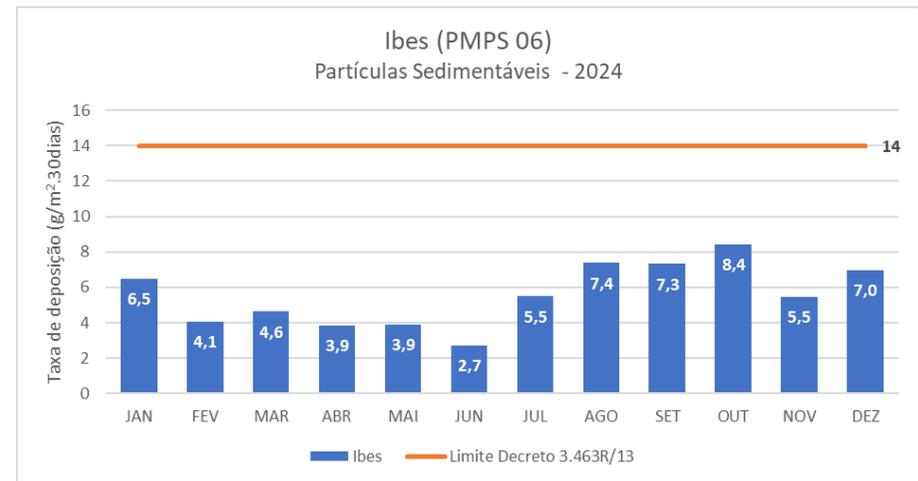


Gráfico 84: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV8 – Vila Capixaba.

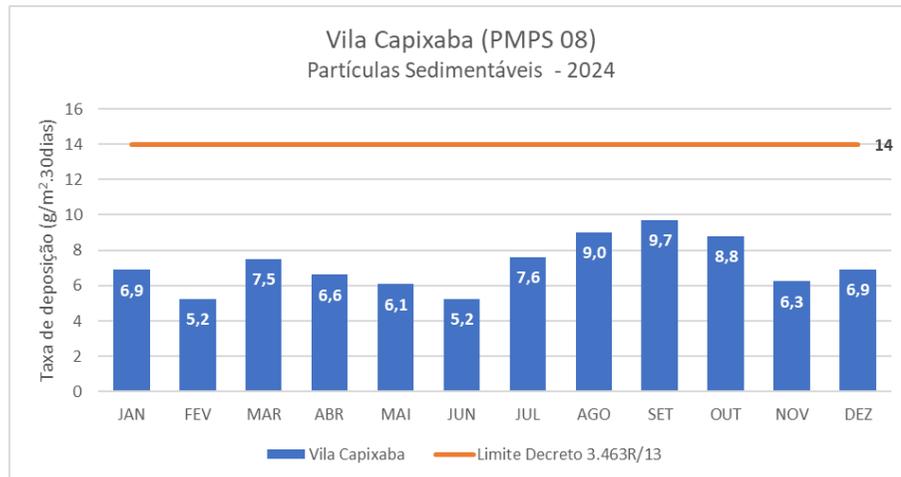


Gráfico 85: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV9 – Ilha do Boi (Hotel Senac).

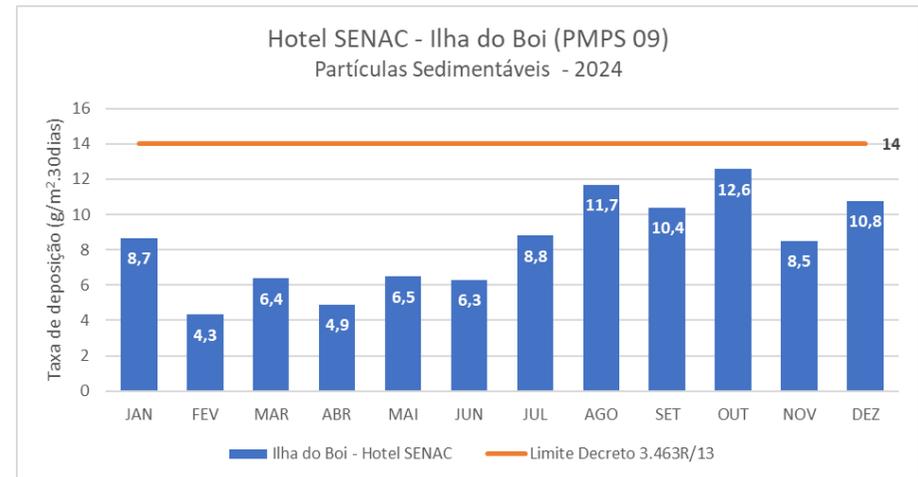


Gráfico 86: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV10 – Ilha do Boi (Clube Ítalo).

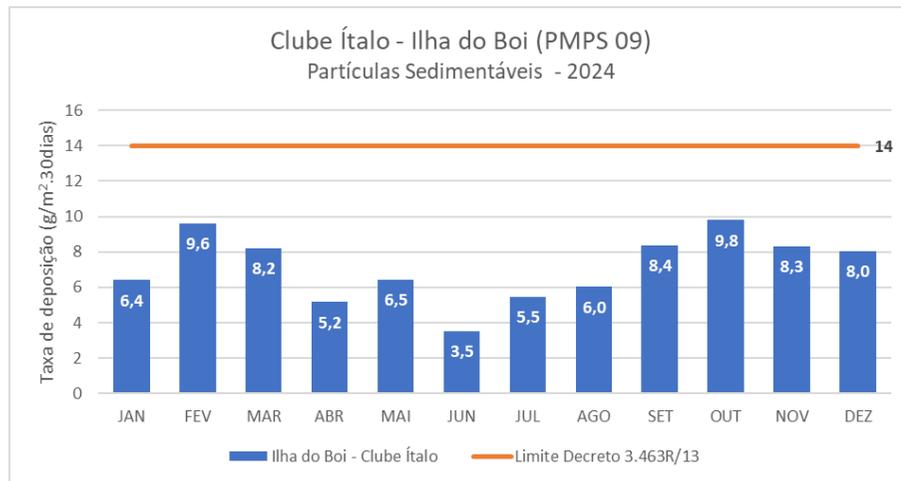


Gráfico 87: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV11 – Cidade Continental.

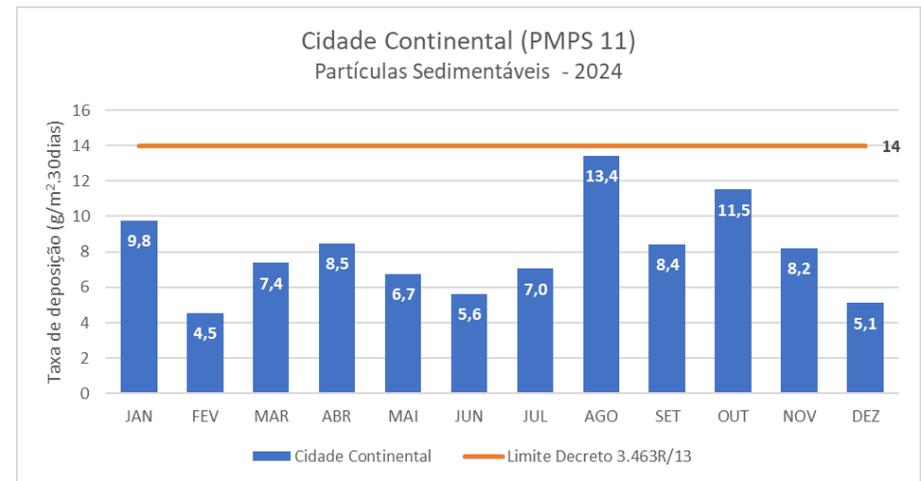


Gráfico 88: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV13 – Praia do Canto.

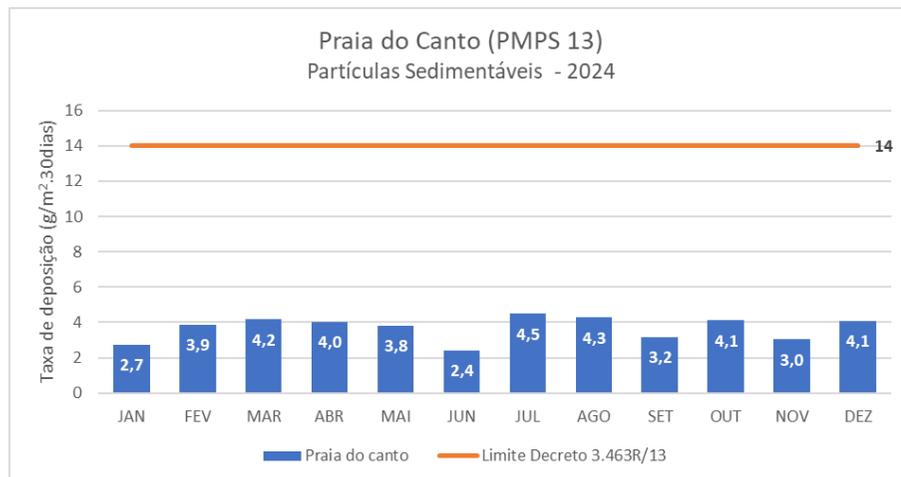


Gráfico 89: Medições de Partículas Sedimentáveis – PS no ano de 2024 para a estação RGV14 – Carapebus.

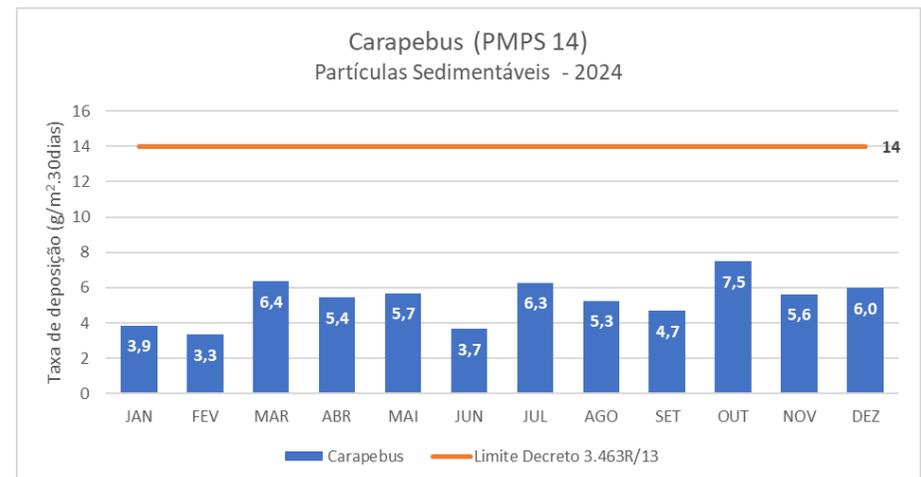


Gráfico 90: Série histórica de partículas sedimentáveis ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV1 – Laranjeiras.

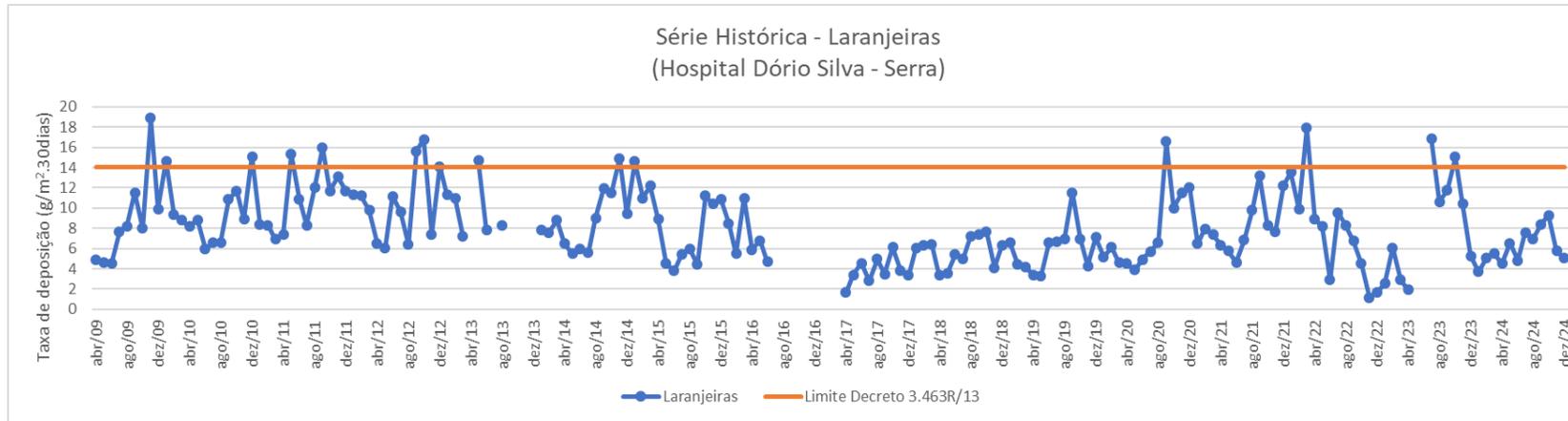


Gráfico 91: Série histórica de partículas sedimentáveis ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV2 – Carapina.

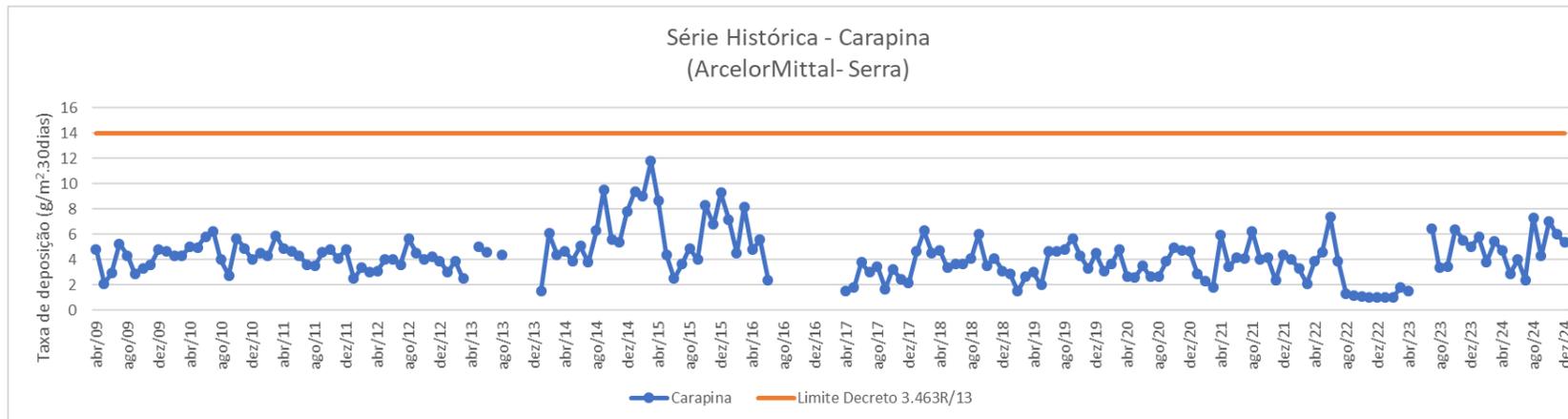


Gráfico 92: Série histórica de partículas sedimentáveis ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV3 – Jardim Camburi.

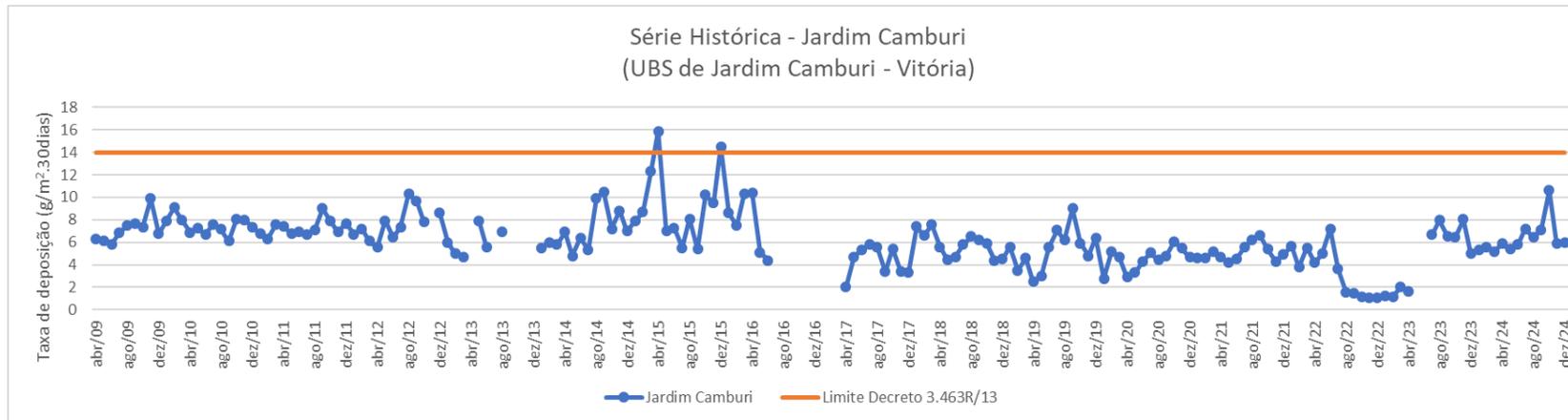


Gráfico 93: Série histórica de partículas sedimentáveis ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV4 – Enseada do Suá.

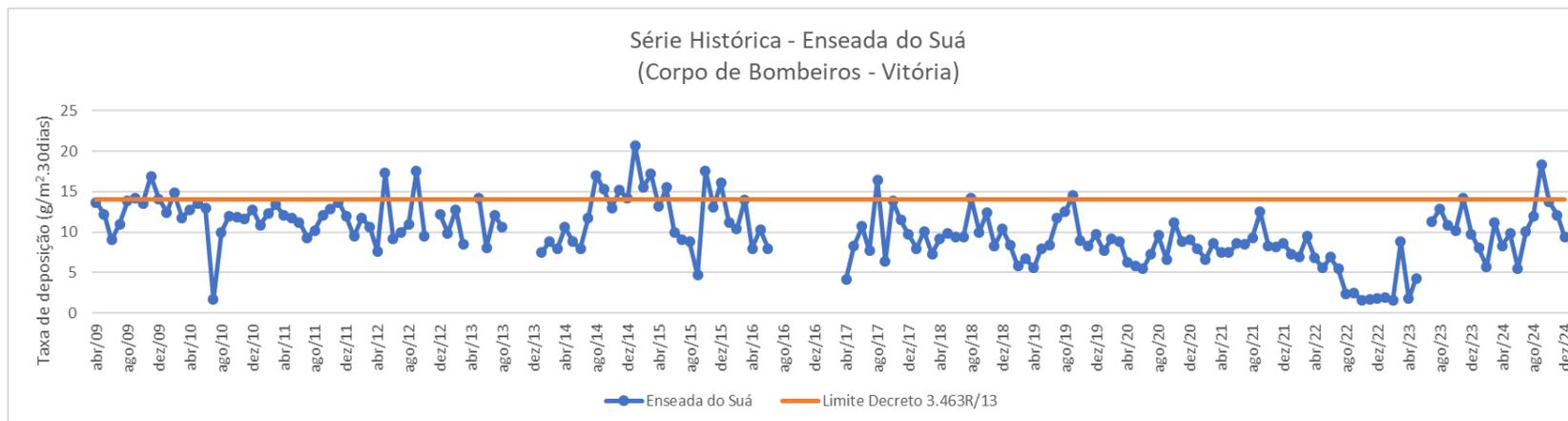


Gráfico 94: Série histórica de partículas sedimentáveis ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV5 – Vitória Centro.



Gráfico 95: Série histórica de partículas sedimentáveis ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV6 – Ibes.

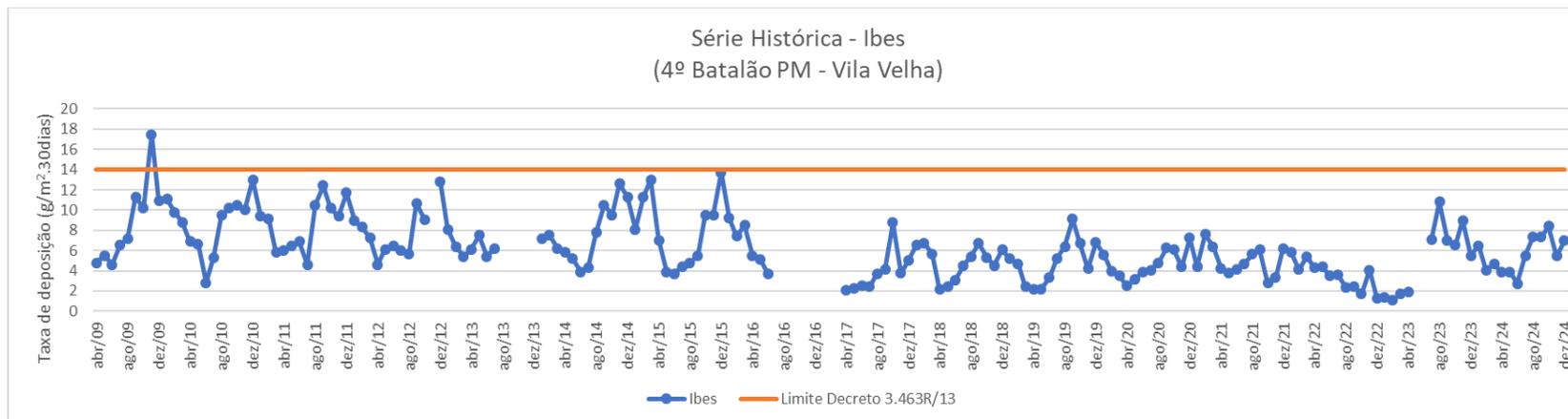


Gráfico 96: Série histórica de partículas sedimentáveis ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV8 – Vila Capixaba.

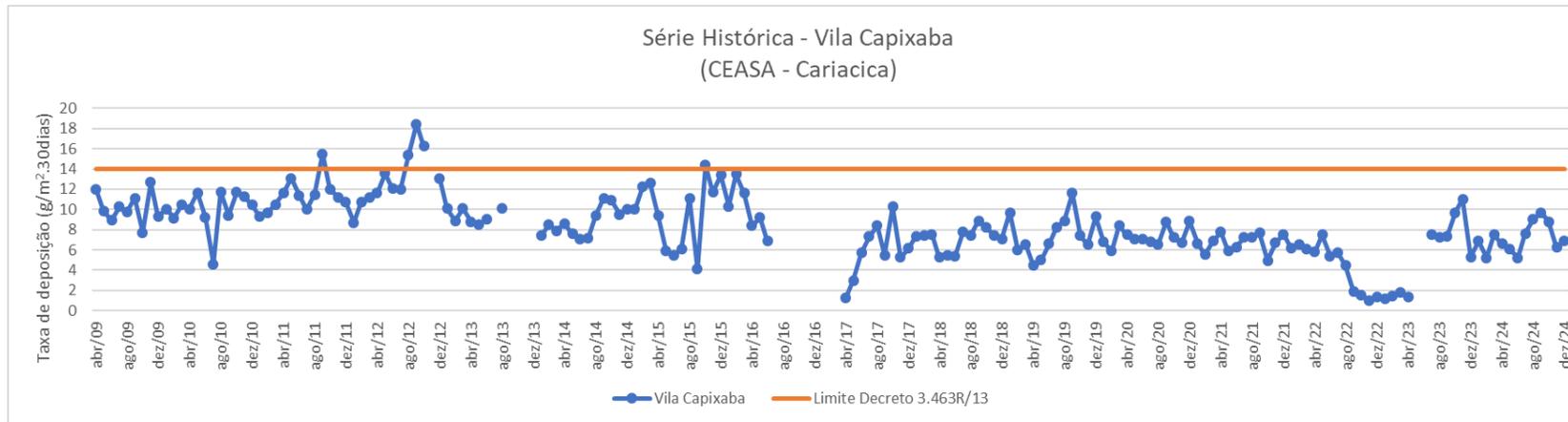


Gráfico 97: Série histórica de partículas sedimentáveis ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV9 – Ilha do boi (Hotel Senac).

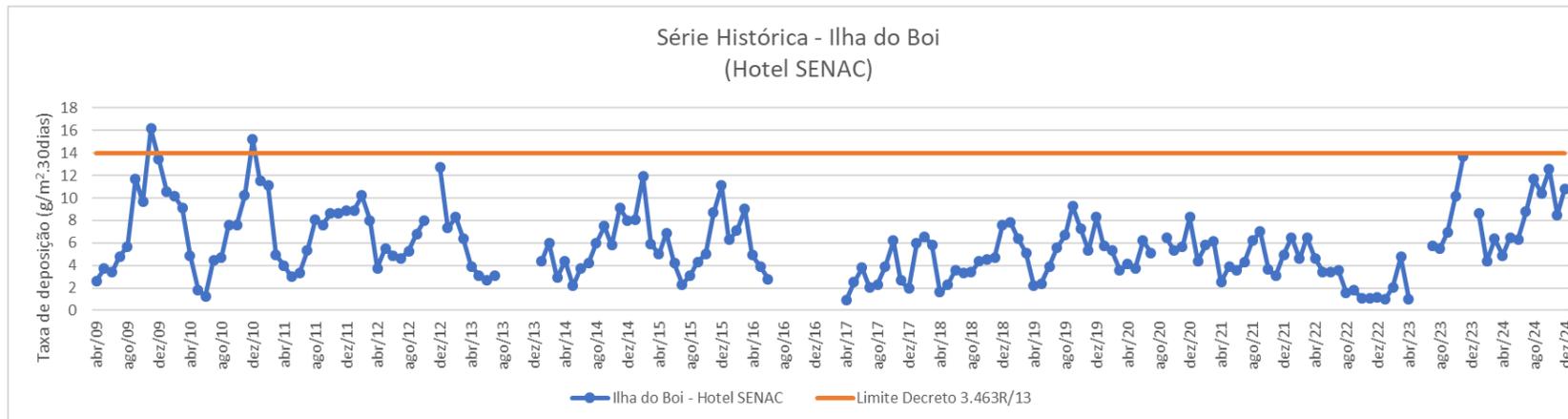


Gráfico 98: Série histórica de partículas sedimentáveis ($g/m^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV10 – Ilha do Boi (Clube Ítalo).

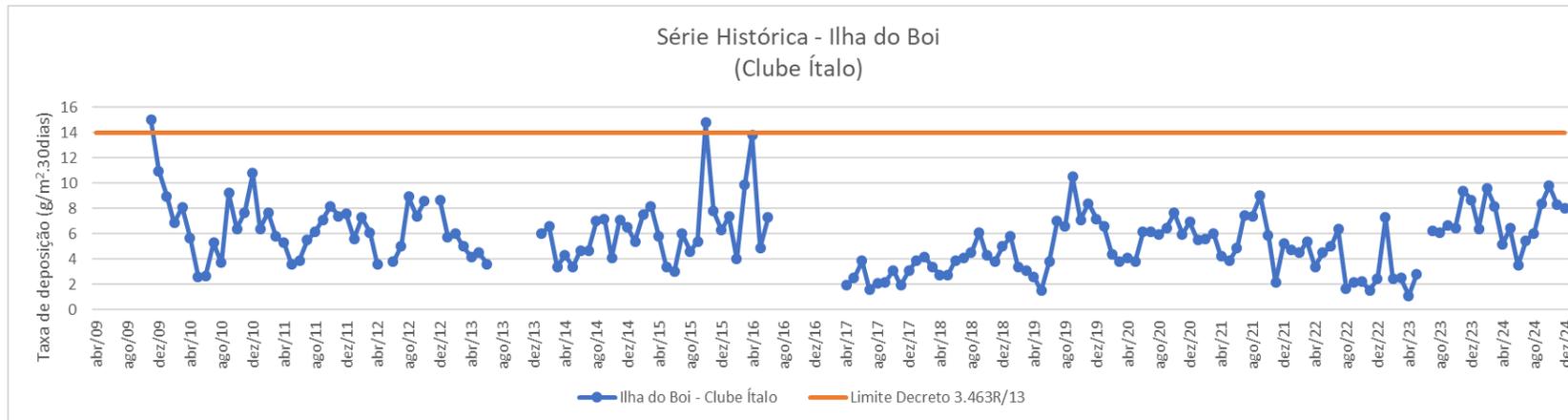


Gráfico 99: Série histórica de partículas sedimentáveis ($g/m^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV11 – Cidade Continental.

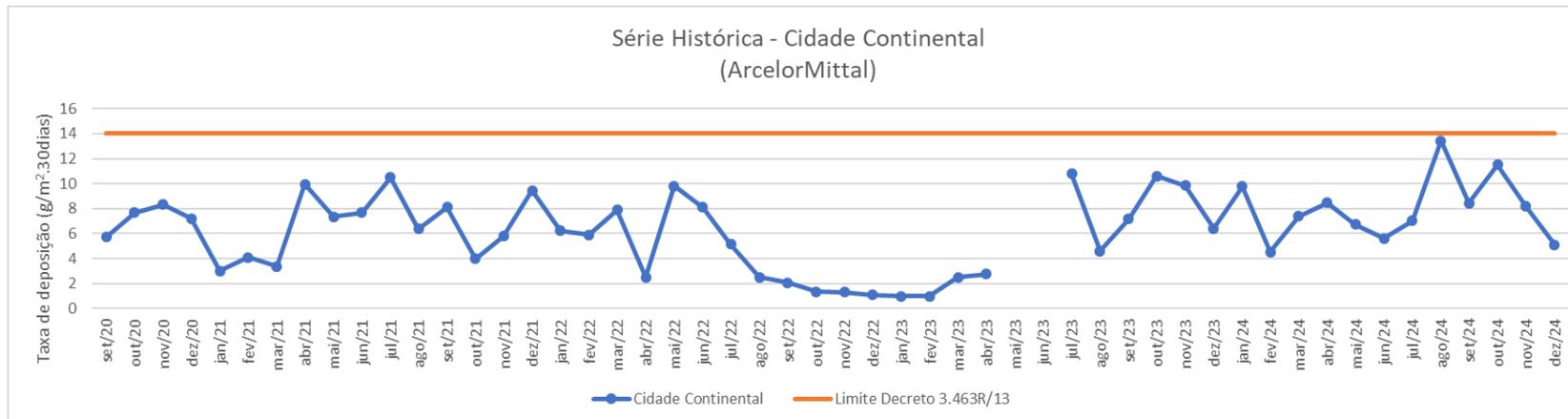


Gráfico 100: Série histórica de partículas sedimentáveis ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV13 – Praia do Canto.

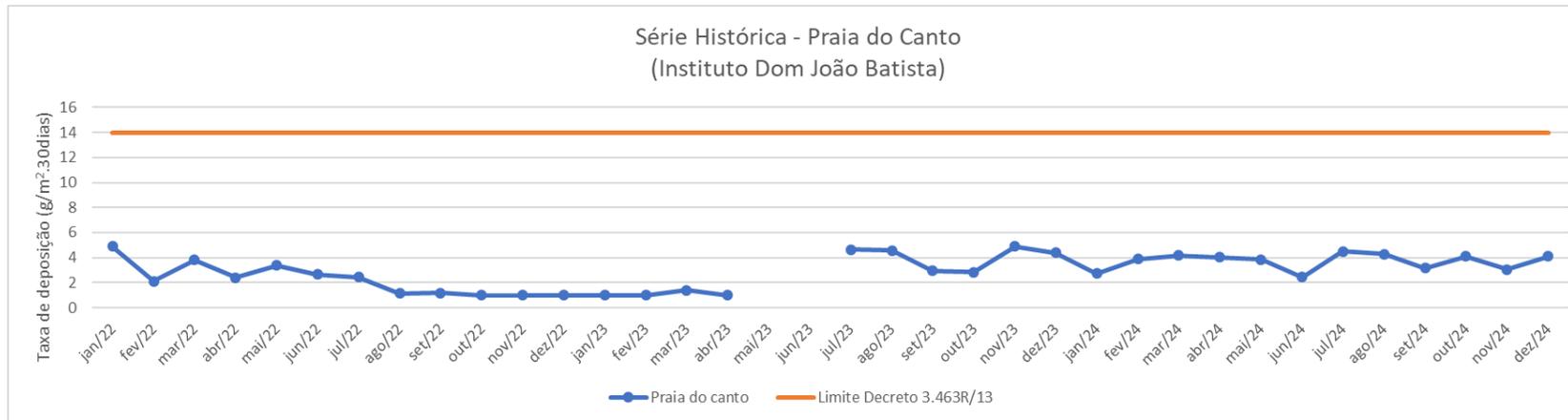
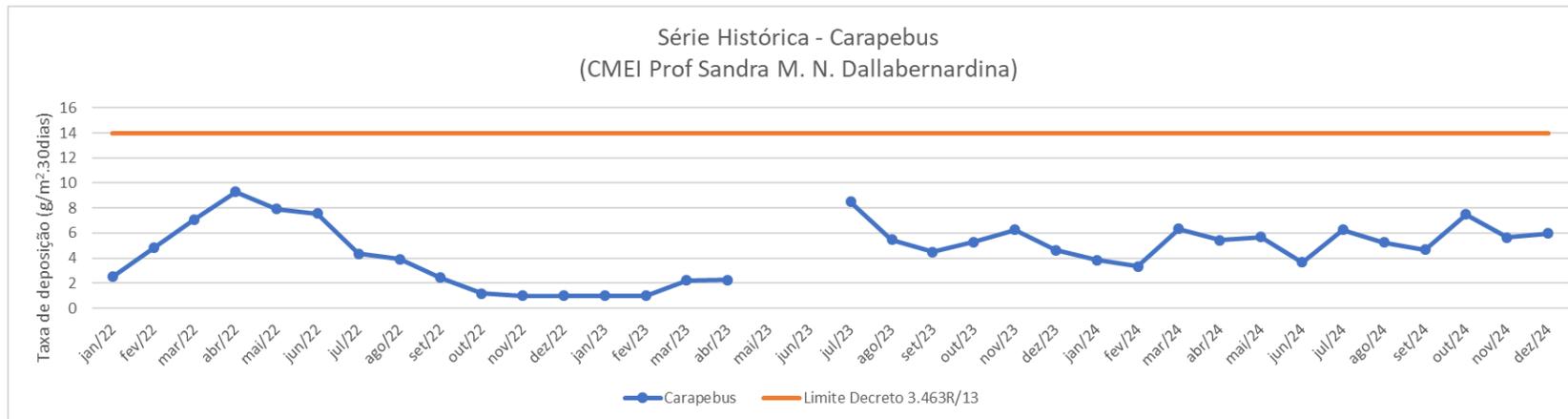


Gráfico 101: Série histórica de partículas sedimentáveis ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 30\text{dias}$) da estação RMPS RGV14 – Carapebus.



Conforme se verifica nos gráficos acima (Gráfico 90 a Gráfico 101), quando avaliadas as séries históricas mais longas dos pontos de medição de partículas sedimentáveis, verifica-se uma aparente estabilidade nos últimos 8 anos, ainda que picos com valores altos ainda ocorram ocasionalmente.

6.2 Dióxido de Enxofre (SO₂)

Ao longo do ano de 2024, o poluente Dióxido de Enxofre (SO₂) foi monitorado em 6 (seis) estações da RAMQAR, sendo elas:

- EMQAR 01 – Laranjeiras;
- EMQAR 03 – Jardim Camburi;
- EMQAR 04 – Enseada do Suá;
- EMQAR 05 – Vitória Centro;
- EMQAR 06 – Ibes (Vila Velha);
- EMQAR 08 – Vila Capixaba (Cariacica).

O equipamento localizado na Estação EMQAR 09 – Cidade Continental encontra-se desativado devido à necessidade de manutenção, não tendo ocorrido leituras válidas durante o ano de 2024. Já, a estação EMQAR 07 – Vila Velha Centro encontra-se desativada desde 2021.

Tabela 32: Número de médias móveis de 24h com valores válidos medidos para cada estação, por mês e anual, para o poluente SO₂.

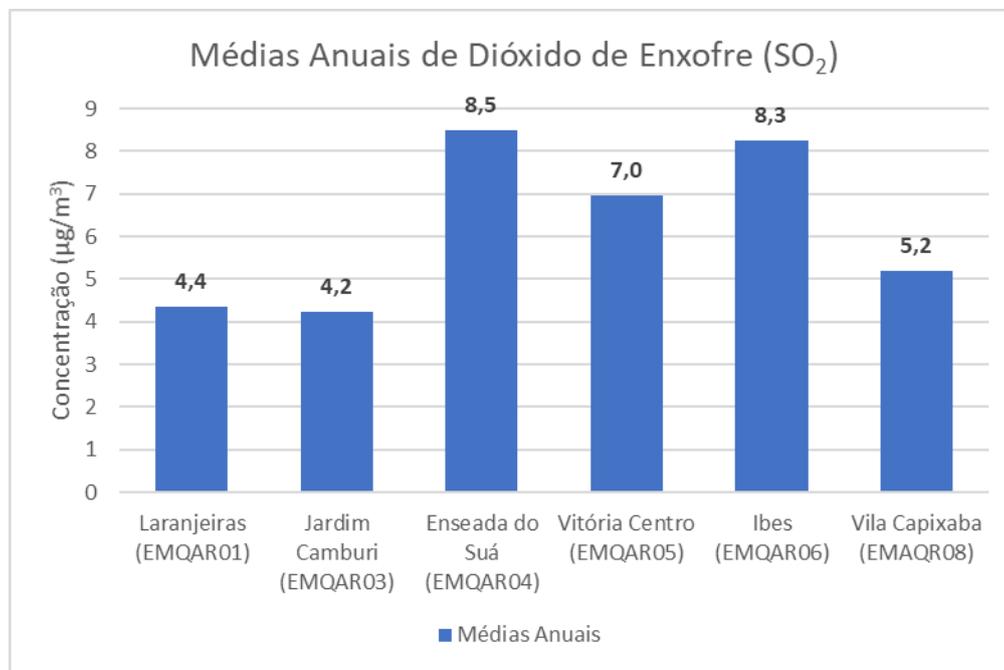
Mês	Laranjeiras (EMQAR01)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMQAR08)
Jan	100	100	100	100	100	92,2
Fev	100	95,8	100	100	100	100
Mar	100	100	100	100	100	100
Abr	100	100	100	93,1	100	100
Mai	100	100	100	92,5	100	100
Jun	65,3	15,6	100	93,3	100	100
Jul	68,4	15,2	100	100	100	100
Ago	100	85,3	100	100	100	100
Set	100	100	100	100	100	100
Out	100	100	96,9	100	100	95,3
Nov	92,6	100	100	100	100	100
Dez	100	100	96,8	100	100	100
Anual	93,9	84,3	99,5	98,2	100	99,0

(*) Valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade para a média mensal.

O equipamento de monitoramento de Dióxido de Enxofre da estação EMQAR 03 – Jardim Camburi apresentou falhas na operação entre os meses de junho a agosto, mas que não prejudicaram a representatividade anual para aquela estação.

O Gráfico 102 mostra a média anual para SO₂ nas estações da RAMQAR.

Gráfico 102: Médias anuais para SO₂, ano base 2024.



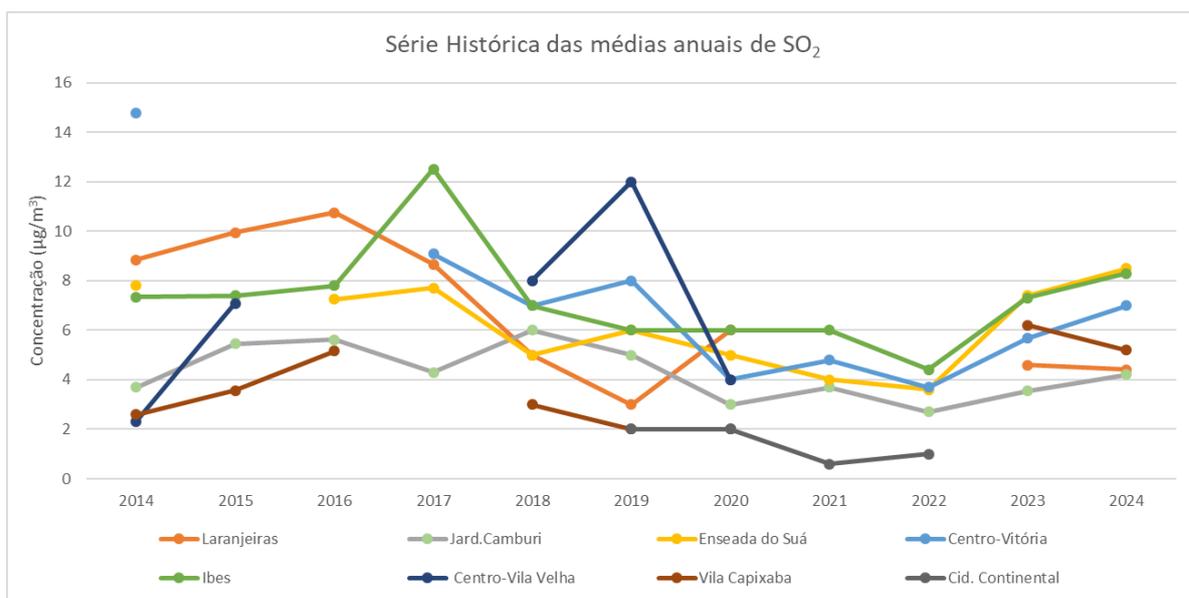
(*) A OMS não estipula padrão anual para Dióxido de Enxofre.

A Tabela 33 mostra os valores da série histórica para o poluente SO₂ desde o início das operações da RAMQAR, enquanto o Gráfico 103 mostra um recorte desse mesmo histórico, considerando somente os últimos 10 anos.

Tabela 33: Histórico das médias anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de SO_2 .

Ano	Laranjeiras (EMQAR01)	Jard. Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Centro-Vitória (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Centro-Vila Velha (EMQAR07)	Vila Capixaba (EMQAR08)	Cid. Continental (EMQAR09)
2000	6,0	2,4	29,3		22,4	12,1	23,4	
2001	8,3	5,9	25,7		22,1	9,2	18,8	
2002	10,4	9,4	24,1		11,1	11,4	7,3	
2003	7,4	10,0	15,0		8,3	10,8	8,7	
2004	12,0	11,1	13,2		10,2	9,2	5,4	
2005	10,5	11,4	16,0	11,6	7,5	12,3	5,1	
2006	15,4	15,3	21,2	13,6	10,1	11,1	4,8	
2007	7,3	5,2	11,5	16,3	10,1	16,3	3,5	
2008	9,5	10,6	11,2	17,1	12,3	13,9	5,3	
2009	16,7	10,7	17,0	13,6	14,2	9,9	4,8	
2010	12,3	26,0	25,3	20,4	11,6	14,0	7,1	
2011	14,2	33,8	25,2	24,9	19,1		13,0	
2012	11,8	9,2	17,9	27,5	16,8	13,2	11,5	
2013		10,9	15,2	10,2	7,8	11,0	6,2	
2014	8,8	3,7	7,8	14,8	7,3	2,3	2,6	
2015	9,9	5,5			7,4	7,1	3,6	
2016	10,8	5,6	7,2		7,8		5,2	
2017	8,7	4,3	7,7	9,1	12,5			
2018	5,0	6,0	5,0	7,0	7,0	8,0	3,0	
2019	3,0	5,0	6,0	8,0	6,0	12,0	2,0	2,0
2020	6,0	3,0	5,0	4,0	6,0	4,0	2,0	2,0
2021		3,7	4,0	4,8	6,0			0,6
2022		2,7	3,6	3,7	4,4			1,0
2023	4,6	3,6	7,4	5,7	7,3		6,2	
2024	4,4	4,2	8,5	7,0	8,3		5,2	

(*) Valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade para médias anuais.

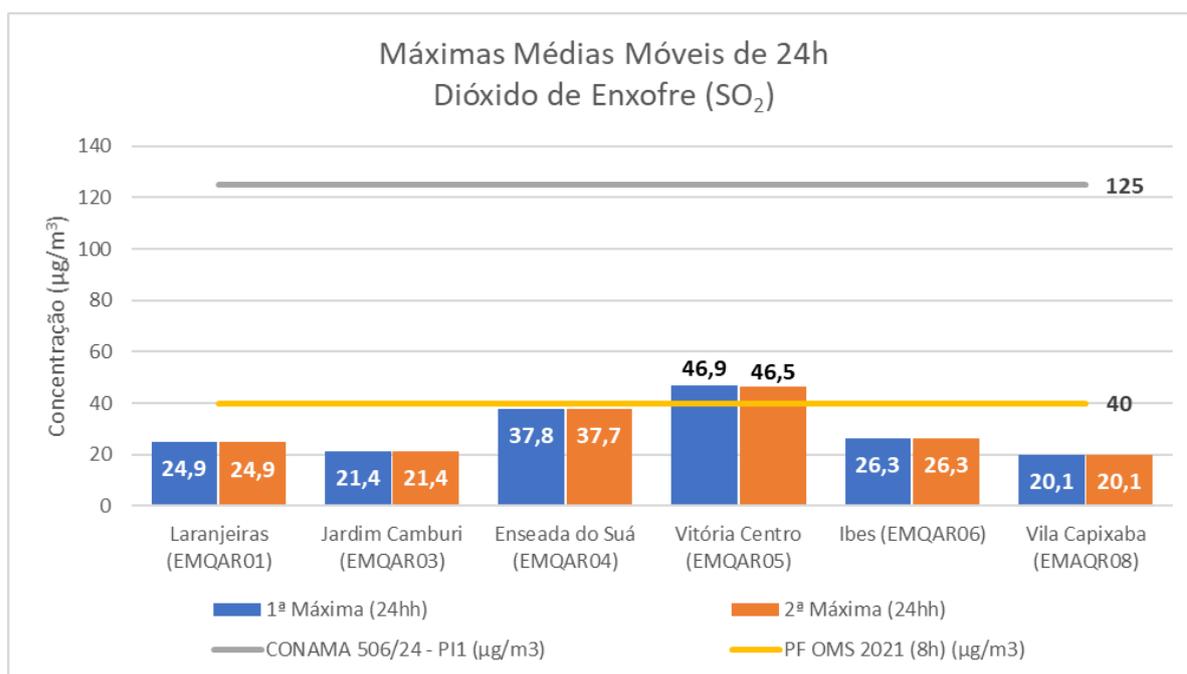
Gráfico 103: Série histórica das médias anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para SO_2 para os últimos 10 anos.

Observa-se uma significativa redução das médias anuais quando comparado ao início da série histórica (anos 2000). Essa tendência é observada também em outros estados brasileiros, principalmente atribuída às políticas nacionais de redução de emissões veiculares adotada nas últimas décadas, em especial ao Programa de Controle de Emissões Veiculares (PROCONVE). Também podemos destacar as ações do IEMA junto às empresas poluidoras para redução das emissões de SO₂ pela indústria.

Nos últimos 10 (dez) anos, verifica-se uma tendência de estabilidade nas concentrações de SO₂ na região da Grande Vitória, apesar do significativo aumento da frota veicular nesse mesmo período, o que também podemos atribuir às políticas do PROCONVE, mas também às melhorias nos processos produtivos industriais. Porém, fica evidente uma queda nas concentrações anuais entre os anos 2019 e 2022, o que atribuímos à um provável efeito na redução das atividades econômicas nesse período devido às restrições causadas pela pandemia de COVID-19.

O Gráfico 104 apresenta as máximas médias móveis de 24 (vinte e quatro) horas para o poluente SO₂ nas quatro estações da RAMQAR:

Gráfico 104: Máximas médias de 24h das concentrações de SO₂ em (µg/m³) e comparação com o limite legal vigente (CONAMA 506/2024) e a recomendação da OMS (2021).



Como visualizado no Gráfico 104, ocorreram ultrapassagens ao padrão recomendado pela OMS para médias de 24h (40 µg/m³) ao longo do ano de 2024 somente na estação Vitória Centro (EMQAr05). Mas, essas ultrapassagens ocorreram durante um único evento entre as 4:30h e 11:30h do dia 14/05/2024.

Cabe destacar que a OMS alterou suas diretrizes em 2021, aumentando de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, definidos em 2005, para 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Além disso, a Resolução CONAMA nº 506/2024 trouxe como meta de Padrão Final (PF) o mesmo valor da diretriz OMS (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

O quadro abaixo traz uma comparação dos resultados medidos com os valores recomendados nas Diretrizes da OMS de 2021 e com o padrão atual da CONAMA 506/24. Fica demonstrado que as ultrapassagens de concentração de SO_2 acima da diretriz da OMS foram insignificantes, permanecendo, para esse poluente, boa qualidade do ar em toda a região metropolitana ao longo de 2024.

Tabela 34: Número de médias móveis de 24h que ultrapassaram os valores limites de concentração de SO_2 no ano de 2024.

Ultrapassagens de padrões SO_2 para médias de 24h						
Referencial	Laranjeiras (EMQAR01)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)
PI-1 CONAMA 506/24	0	0	0	0	0	0
Padrão PF OMS e PF CONAMA 506/24	0	0	0	8	0	0
% (em relação ao total de dados válidos)	0%	0%	0%	0,1%	0%	0%

Os gráficos Gráfico 105 a Gráfico 110 apresentam as médias horárias para o poluente SO_2 em cada uma das estações de monitoramento. Apesar das diferenças sutis entre os gráficos, observa-se uma tendência de maiores concentrações de SO_2 entre as 10:00h e 18:00h, geralmente com pico próximo às 14:00h. A exceção ocorre na estação Vila Capixaba (EMQAR08), onde ocorrem dois picos ao longo do dia, o primeiro por volta das 06:30h e outro por volta das 14:30h. É possível que esse comportamento das concentrações de SO_2 na estação de Vila Capixaba tenha relação com os horários de fluxo de caminhões próximos à estação, uma vez que a mesma está localizada dentro da CEASA-ES.

Gráfico 105: Médias horárias de concentração de SO₂ (µg/m³) para a estação EMQAR 01 – Laranjeiras para o ano de 2023.

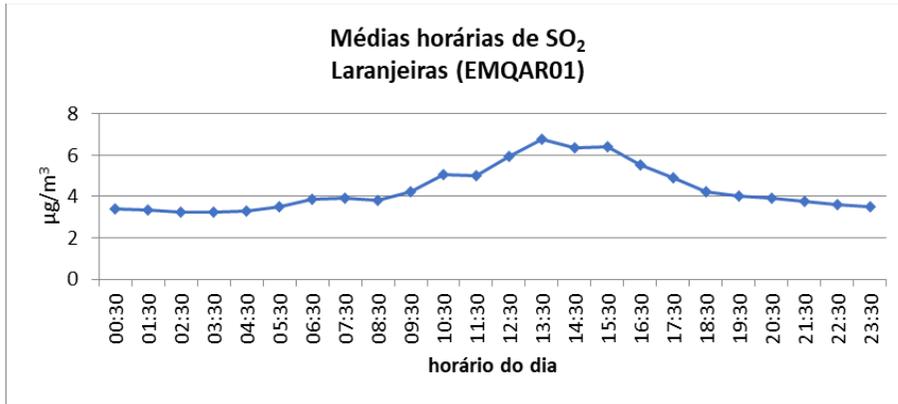


Gráfico 106: Médias horárias de concentração de SO₂ (µg/m³) para a estação EMQAR 03 – Jardim Camburi para o ano de 2023.

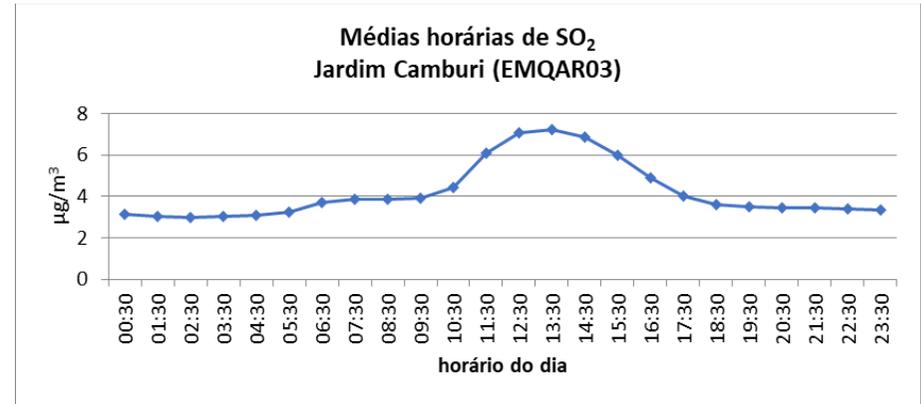


Gráfico 107: Médias horárias de concentração de SO₂ (µg/m³) para a estação EMQAR 04 – Enseada do Suá para o ano de 2023.

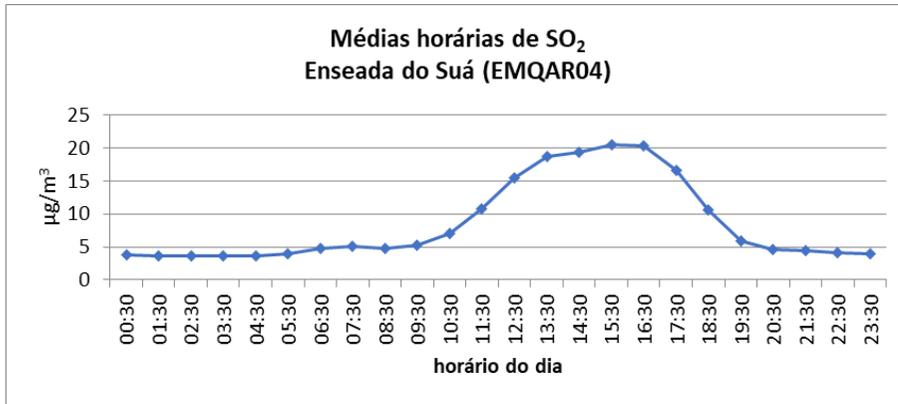


Gráfico 108: Médias horárias de concentração de SO₂ (µg/m³) para a estação EMQAR 05 – Vitória Centro para o ano de 2023.

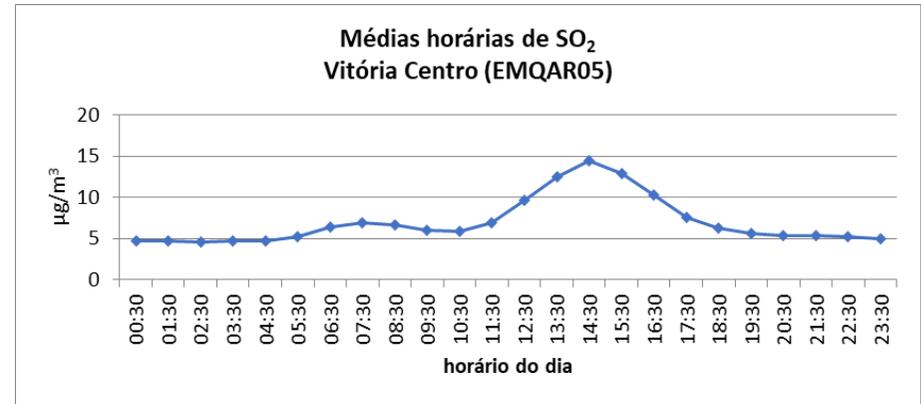


Gráfico 109: Médias horárias de concentração de SO₂ (µg/m³) para a estação EMQAR 06 – Ibes para o ano de 2023.

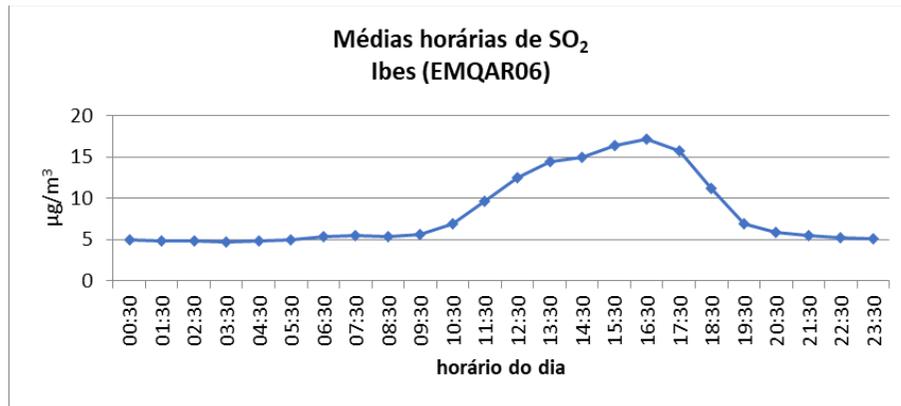
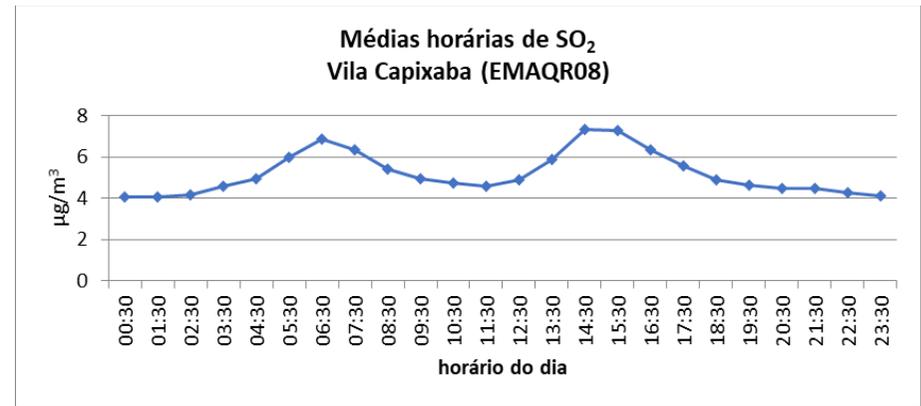


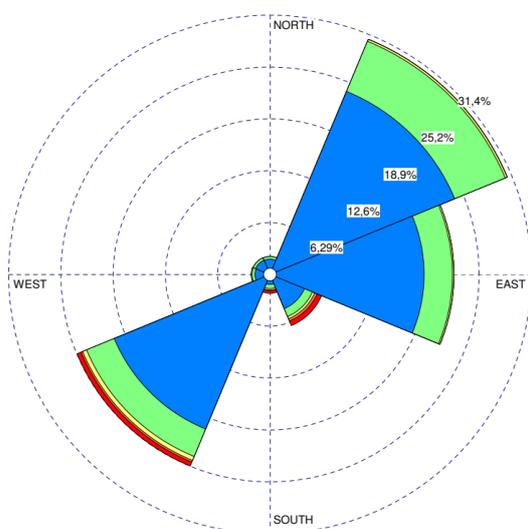
Gráfico 110: Médias horárias de concentração de SO₂ (µg/m³) para a estação EMQAR 08 – Vila Capixaba para o ano de 2023.



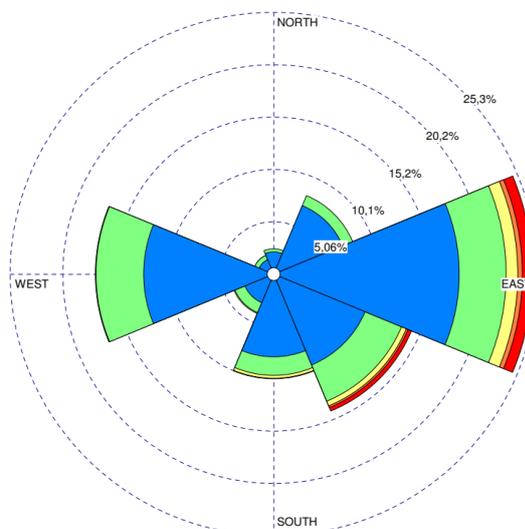
Rosa dos Poluentes:

Para confecção da rosa de poluentes da estação EMQAR 05 – Vitória, foram usados os dados de direção do vento da estação EMQAR 04 – Enseada do Suá, enquanto para confecção da rosa de poluentes da estação EMQAR 09 – Cidade Continental, foram utilizados os dados de direção dos ventos medidos na estação EMQAR 02 – Carapina, devido à ausência de monitoramento de dados meteorológicos de vento nas estações EMQAR 05 e 09. Para as demais estações foram utilizados dados meteorológicos (direção de vento) da própria estação.

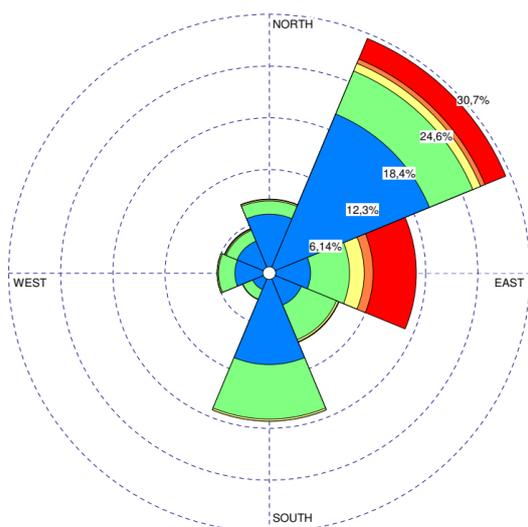
Gráfico 111: Perfil das concentrações de SO₂ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).



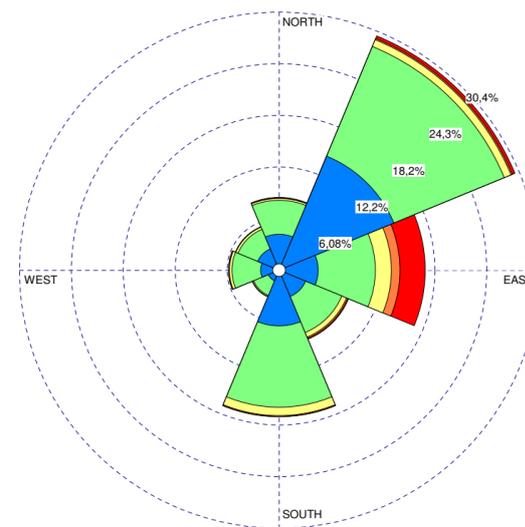
(a) Estação EMQAR 01 – Laranjeiras (Dióxido de Enxofre).



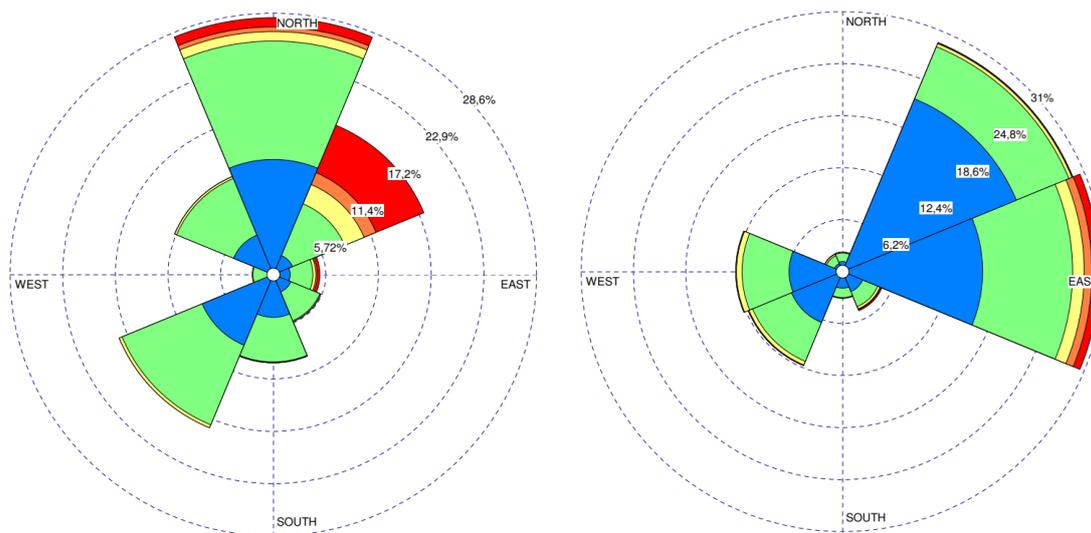
(b) Estação EMQAR 03 – Jardim Camburi (Dióxido de Enxofre).



(c) Estação EMQAR 04 – Enseada do Suá (Dióxido de Enxofre).



(d) Estação EMQAR 05 – Centro de Vitória (Dióxido de Enxofre), com dados de direção do vento da Estação EMQAR 04 – Enseada do Suá.



(e) Estação EMQAR 06 – Ibes (Dióxido de Enxofre).

(f) Estação EMQAR 08 – Vila Capixaba (Dióxido de Enxofre).

Concentração SO₂ (µg/m³)



O Gráfico 111 traz a representação gráfica da rosa de poluentes para as seis estações da RAMQAR onde houve o monitoramento de Dióxido de Enxofre ao longo do ano de 2024. Seguem abaixo as observações sobre o comportamento da distribuição do poluente em cada estação:

- EMQAR01 – Laranjeiras: Apesar da predominância de ventos na direção Nordeste e Leste, as maiores concentrações de SO₂ foram registradas com incidência de ventos Sudoeste, Sul e Sudeste, indicando a existência de uma fonte de emissão de SO₂ importante para essa estação a Sul da mesma. Pela posição geográfica da estação, suspeita-se que as atividades das empresas situadas no complexo industrial de Ponta de Tubarão possam contribuir significativamente para essas concentrações mais elevadas registradas;
- EMQAR03 – Jardim Camburi: As maiores concentrações de SO₂ tiveram predominância quando da ocorrência de ventos na direção Leste e Sudeste, indicando a existência de importante fonte de SO₂ a Leste/Sudeste da estação. Considerando o posicionamento da mesma, levanta-se a suspeita de que as atividades das empresas situadas no Complexo industrial da Ponta de Tubarão possam contribuir significativamente para as mais altas concentrações de SO₂ medidos na estação de Jardim Camburi;

- EMQAR04 – Enseada do Suá: As maiores concentrações de SO₂, assim como a maior predominância de direção dos ventos, foram registrados advindos das direções Leste e Nordeste. Fica evidente, observando o gráfico, a existência de uma importante fonte desse poluente a Leste/Nordeste da estação. Observando-se a região, temos basicamente duas fontes suspeitas. A principal é relacionada às atividades das empresas do Complexo Industrial de Ponta de Tubarão. Porém, não podemos descartar a importância também das contribuições das emissões veiculares, visto a existência de grande circulação de veículos na Avenida Américo Buaiz e na Terceira Ponte;
- EMQAR05 – Vitória Centro: Verifica-se que as maiores concentrações de SO₂ foram registradas quando da incidência de ventos Leste e Nordeste;
- EMQAR06 – Ibes: As maiores concentrações foram observadas quando da incidência de ventos Nordeste, Norte e Leste, respectivamente nessa ordem. Apesar da distância, não podemos descartar também nesse caso a possibilidade das atividades do Complexo de Tubarão serem representativos como fonte de SO₂ para os eventos de maiores concentrações medidas nessa estação;
- EMQAR08 – Vila Capixaba: As maiores concentrações de SO₂ foram registradas quando da incidência de ventos Leste.

A instalação de torres meteorológica a partir de 2023 em praticamente todas as estações permitiu, a partir de 2024, um refinamento das avaliações das fontes suspeitas de poluentes para cada estação. Uma análise geral para o poluente SO₂ permitiu identificar as atividades das empresas da Ponta de Tubarão como uma importante fonte suspeita para episódios com as maiores concentrações desse poluente para praticamente toda a região metropolitana. Tal suspeita, para melhor avaliação, dependerá da realização de modelagens matemáticas, que, recomenda-se, seja executada após a atualização do Inventário de Fontes da região metropolitana. Ressalta-se, todavia, que as concentrações registradas ao longo de 2024 atendem aos padrões legais e também não ultrapassaram as diretrizes recomendadas pela OMS.

6.3 Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

Ao longo do ano de 2024, o poluente Dióxido de Nitrogênio (NO₂) foi monitorado em 07 (sete) estações da RAMQAR, sendo elas:

- EMQAR 01 – Laranjeiras;
- EMQAR 03 – Jardim Camburi;
- EMQAR 04 – Enseada do Suá;

- EMQAR 05 – Vitória Centro;
- EMQAR 06 – Ibes (Vila Velha);
- EMQAR 08 – Vila Capixaba (Cariacica);
- EMQAR 09 – Cidade Continental (Cariacica);

A Tabela 35 mostra o percentual de médias horárias (1h) válidas para o poluente NO₂ em cada estação ao longo de todo o ano de 2024.

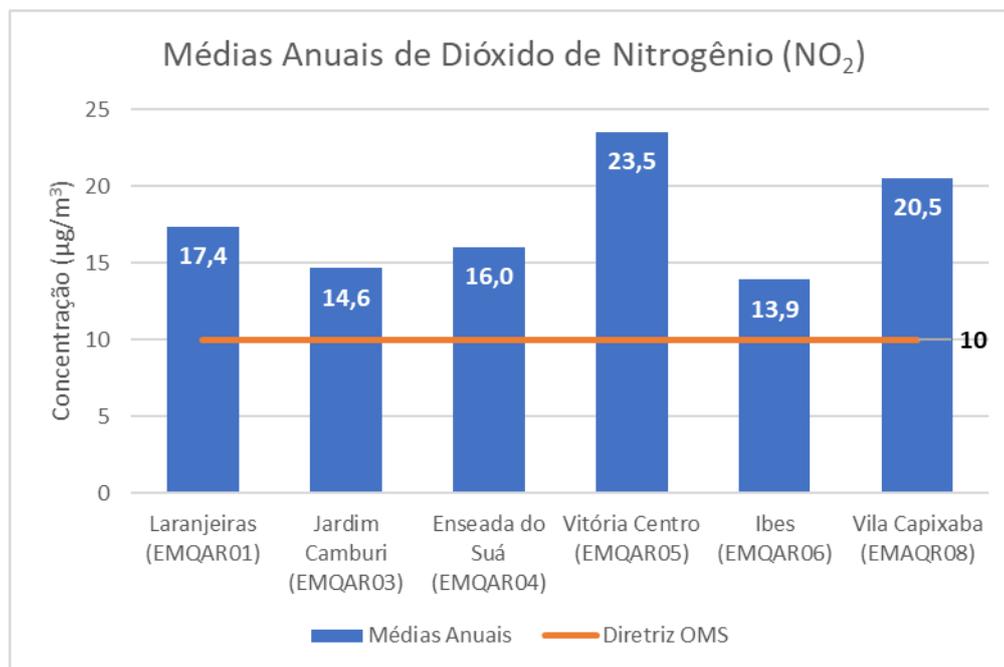
Tabela 35: Disponibilidade de equipamentos de leitura de NO₂ para cada estação ao longo dos meses de 2024.

Percentual de disponibilidade de equipamentos NO ₂ , por mês (%)							
Mês	Laranjeiras (EMQAR01)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMQAR08)	Cidade Continental (EMQAR09)
Jan	99,3	100	98,8	98,0	98,8	98,5	96,8
Fev	100	99,4	99,4	99,3	99,4	99,4	63,9
Mar	100	100	100	100	99,1	100	0
Abr	100	98,8	100	100	99,0	98,8	0
Mai	96,2	100	99,3	96,2	94,6	100	0
Jun	100	35,7	86,7	93,9	95,6	99,3	0
Jul	100	68,7	77,2	100	88,7	100	0
Ago	100	99,7	100	99,5	100	98,0	0
Set	58,6	100	100	99,4	100	100	0
Out	99,5	100	96,4	100	100	98,9	0
Nov	99,4	100	100	100	100	41,5	0
Dez	100	100	100	100	100	100	0
Anual	96,0	92,0	96,5	99,1	98,3	95,0	13,2

* Os dados em vermelho não atenderam os critérios de representatividade mensal ou anual.

O equipamento de mediação de NO₂ da estação EMQAR 09 – Cidade Continental apresentou falha logo no início do ano e precisou ser desligado. O lema trabalha atualmente para compra de peças que permitirá realizar os reparos necessários. De um modo geral, tivemos boa disponibilidade de equipamentos em toda a rede.

O Gráfico 112 traz os resultados das médias anuais para NO₂ calculada em cada estação. Ressalta-se que, conforme metodologia contida na Tabela 11 deste relatório, somente não foram atingidos os critérios de representatividade para médias anuais (50% das médias de 24h válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro) para a estação EMQAR 09 – Cidade Continental. Devido à pequena quantidade de dados coletados nessa estação, não realizamos os cálculos de média anual. Assim, a estação Cidade Continental foi ocultada do Gráfico 112.

Gráfico 112: Médias anuais para NO₂, ano base 2024.

Todas as médias anuais calculadas, referentes ao ano de 2024, tiveram valores superiores aos padrões finais recomendado pela OMS (2021) e CONAMA 506/24, mas abaixo dos limites vigentes estabelecido pelo Decreto Estadual (50 µg/m³) e do PI-1 da Resolução CONAMA nº 506/2024 (60 µg/m³).

A OMS alterou em 2021 seu padrão de longa exposição (anual) recomendado, sendo que anteriormente (OMS, 2005) o limite era 40 µg/m³ agora é de 10 µg/m³, o que explica um aumento do número de ultrapassagens em relação aos anos anteriores. Para curta exposição, além do valor de 200 µg/m³ para média de 1,0 (uma) hora definido no relatório de 2005, o qual ainda continua válido e coincide com o Padrão Final estipulado pela Resolução CONAMA 506/2024, o relatório da OMS de 2021 estipulou o valor de 25 µg/m³ para média de 24 (vinte e quatro) horas.

A Tabela 36 traz um comparativo da quantidade de ultrapassagens ao padrão final (PF) estabelecido na Resolução CONAMA506/24 e o recomendado pela OMS.

Tabela 36: Quantitativo de ultrapassagens dos padrões estabelecidos para o parâmetro NO₂ no ano de 2024.

Percentual de ultrapassagens dos padrões legais de NO ₂						
Referencial	Laranjeiras (EMQAR01)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)
PF CONAMA 506/24 - 200µg/m ³ (1h)	0	0	0	0	0	0
PF OMS - 25µg/m ³ (24h)	9,3%	0,5%	8,7%	40,8%	3,3%	32,2%

Como pode ser observado, quando adotado o padrão final da CONAMA506/24, nenhuma ultrapassagem ocorreu, enquanto que quando adotado o novo padrão OMS (2021), todas as estações tiveram ultrapassagens, se destacando principalmente as estações EMQAR 05 – Vitória Centro e EMQAR 08 – Vila Capixaba, com 40,8% e 32,2% de ultrapassagens, respectivamente. Essas duas estações também foram as que tiveram maiores percentuais em 2023.

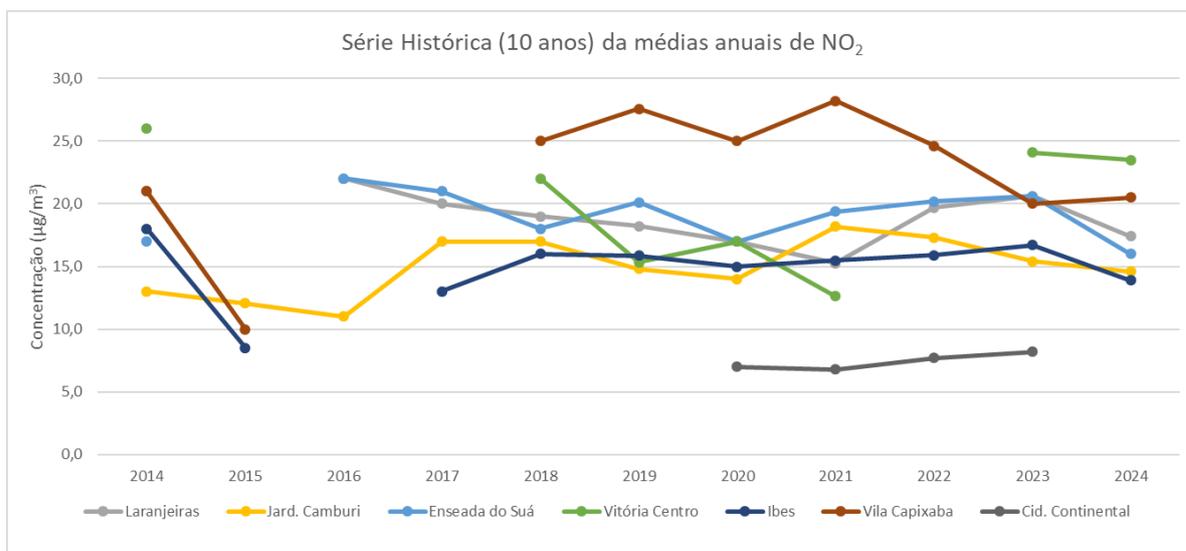
A Tabela 37, a seguir, traz os dados de média anuais de toda a série histórica, enquanto o Gráfico 113 traz a mesma informação, só que com um recorte dos últimos 10 anos. Observa-se uma tendência de relativa estabilidade na série histórica para a maioria das estações desde 2017. E, diferentemente do Dióxido de Enxofre (SO₂), os efeitos da pandemia de COVID19 na economia não são tão perceptíveis nos gráficos de médias anuais de NO₂, caso tenha ocorrido alguma relação.

Tabela 37: Histórico das médias anuais de NO₂ em µg/m³.

Ano	Laranjeiras (EMQAR01)	Jardim Camburi (EMQAR03)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMQAR08)	Cidade Continental (EMQAR09)
2000	17,7	18,1	22,0		17,9	21,8	
2001	16,2	22,0	22,7		18,2	22,4	
2002	17,0	17,9	19,7		16,5	21,9	
2003	18,8	24,2	23,2		17,6	24,5	
2004	19,3	23,2	24,9		19,7	25,5	
2005	19,9	25,7	25,7	30,0	19,2	29,1	
2006	21,0	25,1	24,6	30,8	19,5	28,8	
2007	21,9	21,3	25,3		22,1	27,6	
2008	20,3	24,2	24,2	30,1	18,7	26,5	
2009	21,6	24,4	23,3	28,8	21,2	27,6	
2010	26,5	27,7	20,5	31,7	21,6	29,4	
2011	24,8	26,6	20,9	30,1	18,8	25,9	
2012	22,3	29,6	21,5	28,5	20,1	23,4	
2013	19,9	28,6	20,9	26,6		25,6	
2014	21,0	13,0	17,0	26,0	18,0	21,0	
2015		12,1			8,5	10,0	
2016	22,0	11,0	22,0				
2017	20,0	17,0	21,0		13,0		
2018	19,0	17,0	18,0	22,0	16,0	25,0	
2019	18,2	14,8	20,1	15,3	15,8	27,6	
2020	17,0	14,0	17,0	17,0	15,0	25,0	7,0
2021	15,3	18,2	19,4	12,6	15,5	28,2	6,8
2022	19,7	17,3	20,2		15,9	24,6	7,7
2023	20,6	15,4	20,6	24,1	16,7	20,0	8,2
2024	17,4	14,6	16,0	23,5	13,9	20,5	

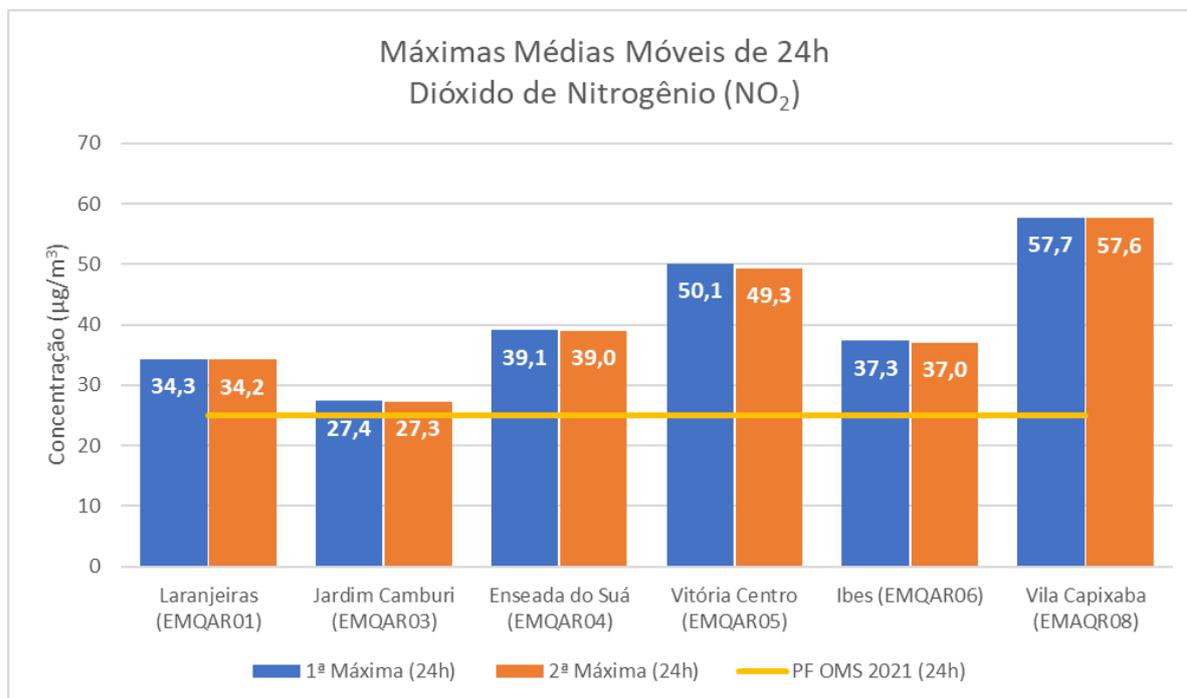
(*) Valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade para médias anuais.

Gráfico 113: Série histórica das médias anuais (em µg/m³) para NO₂ para os últimos 10 anos.



O Gráfico 114 apresentam as máximas médias móveis de 24 (vinte e quatro) horas para o poluente NO₂ nas sete estações da RAMQAR.

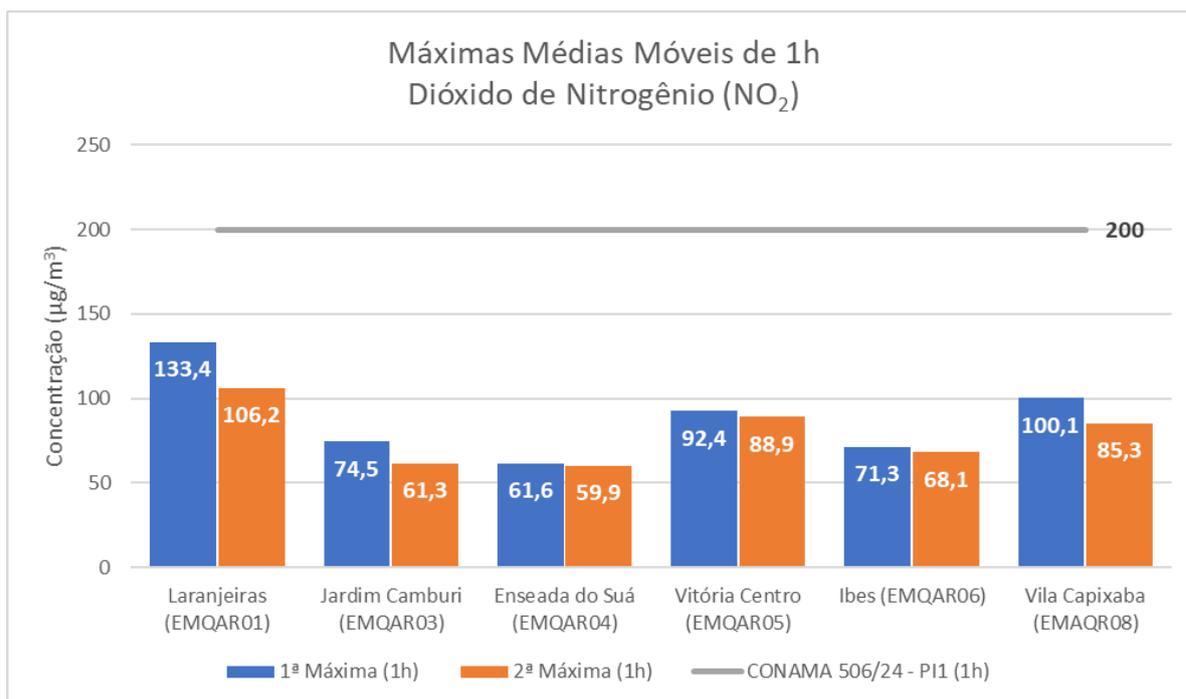
Gráfico 114: Máximas médias em 24h das concentrações de NO₂ em µg/m³.



Os dados acima mostram que a estação EMQAR 08 – Vila Capixaba foi a que registrou os maiores valores de máximas de 24h e que todas as estações tiveram leituras que ultrapassam o Padrão Final (PF) recomendado pela OMS.

O Gráfico 115 apresenta as máximas médias móveis de 01 (uma) hora para o poluente NO₂ nas sete estações da RAMQAR.

Gráfico 115: Máximas médias de 1h das concentrações de NO₂ em µg/m³ e comparação com o limite legal vigente (CONAMA 506/2024).



Os gráficos Gráfico 116 a Gráfico 121 mostram a distribuição de médias de concentração de NO₂ ao longo das horas do dia. Observa-se que há a ocorrência de picos de maiores concentrações nas primeiras horas do dia e no final da tarde. Tal comportamento provavelmente está associado às emissões veiculares, destacando-se os horários de pico no trânsito, e ao consumo de NO₂ da atmosfera com a formação de O₃ nas horas de maior radiação (perto do meio dia). Tal fato pode ser corroborado nos gráficos de médias horárias de concentração de O₃ (µg/m³) (gráficos Gráfico 126 a Gráfico 129).

Gráfico 116: Distribuição horária média de NO₂ (µg/m³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 01 – Laranjeiras para 2024.

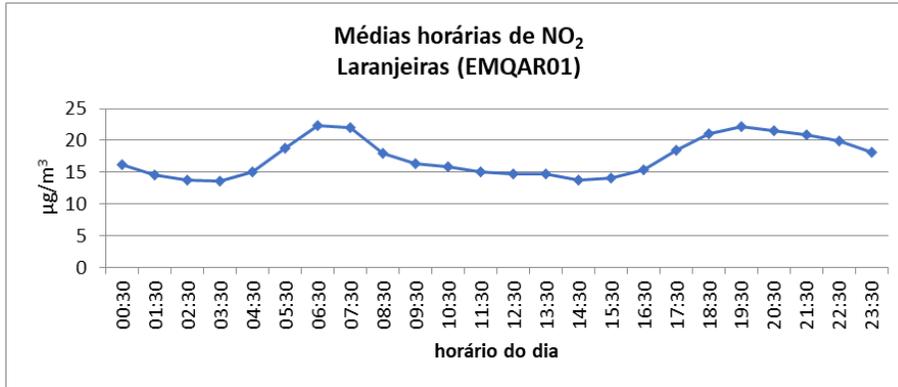


Gráfico 117: Distribuição horária média de NO₂ (µg/m³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 03 – Jardim Camburi para 2024.

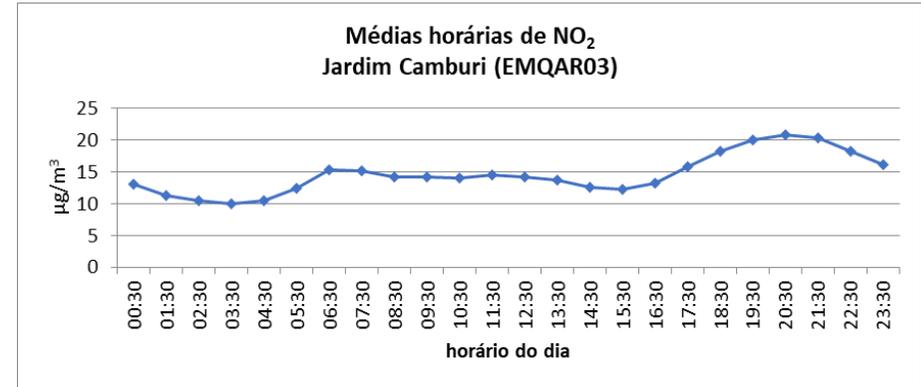


Gráfico 118: Distribuição horária média de NO₂ (µg/m³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 04 – Enseada do Suá para 2024.

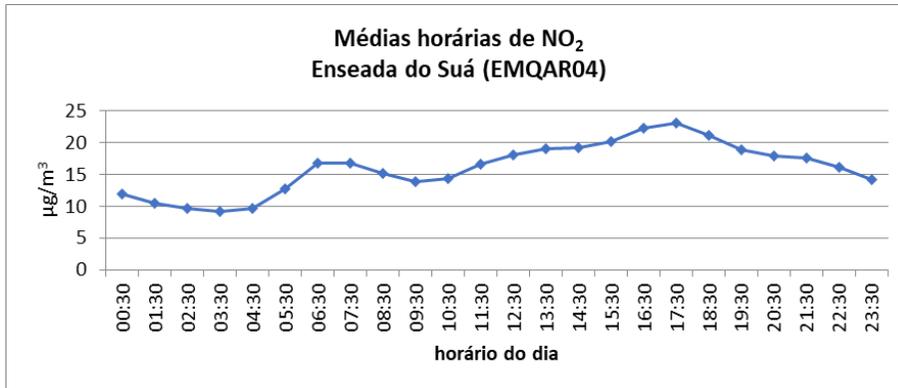


Gráfico 119: Distribuição horária média de NO₂ (µg/m³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 05 – Vitória Centro para 2024.

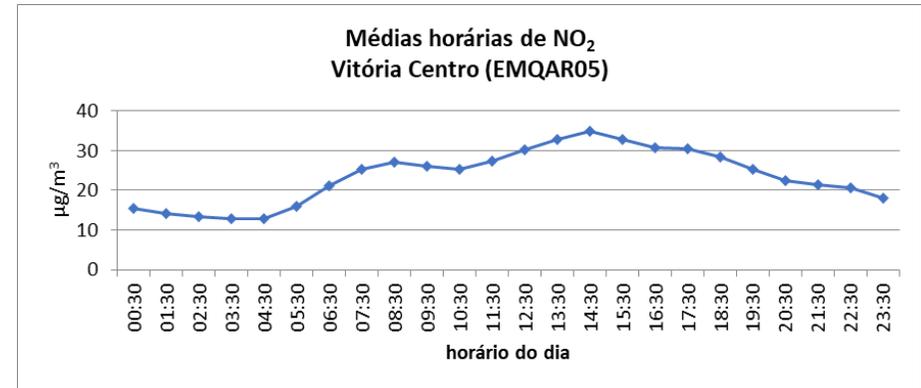


Gráfico 120: Distribuição horária média de NO₂ (µg/m³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 06 – Ibes para 2024.

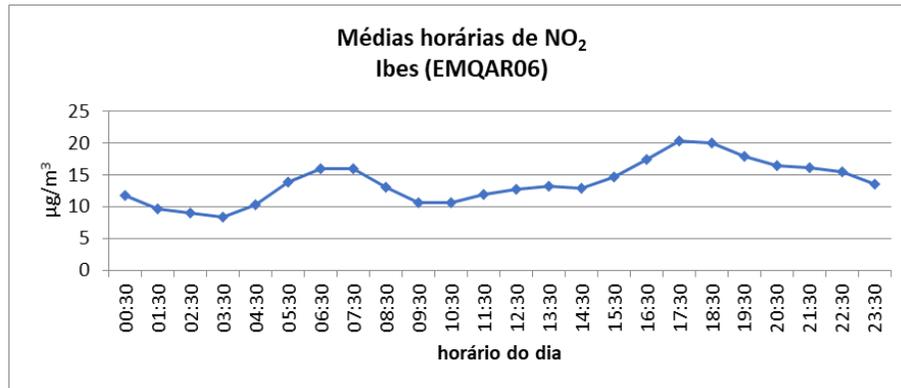
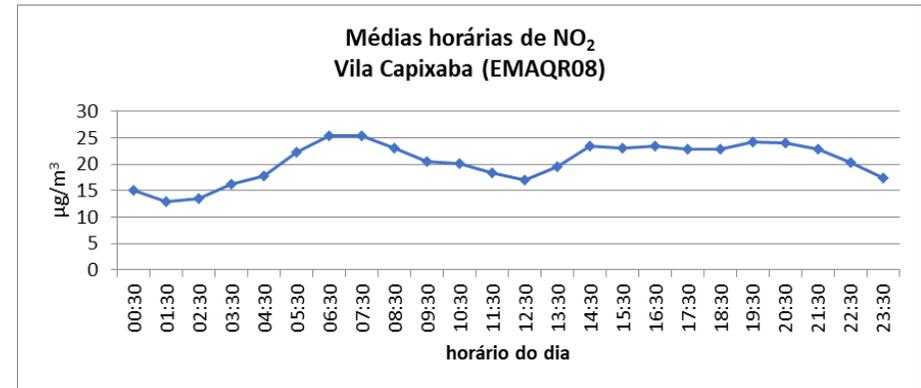


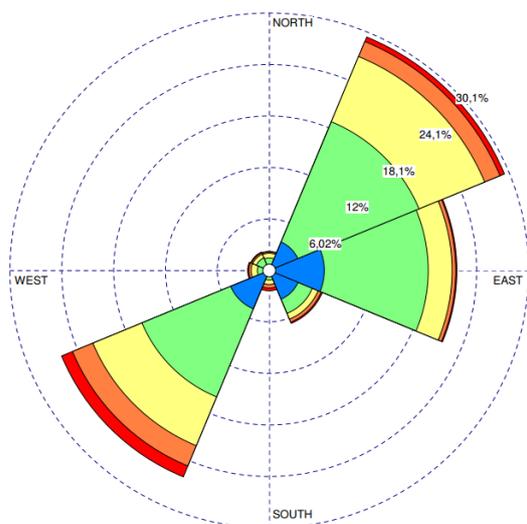
Gráfico 121: Distribuição horária média de NO₂ (µg/m³) ao longo das 24h para a estação EMQAR 08 – Vila Capixaba para 2024.



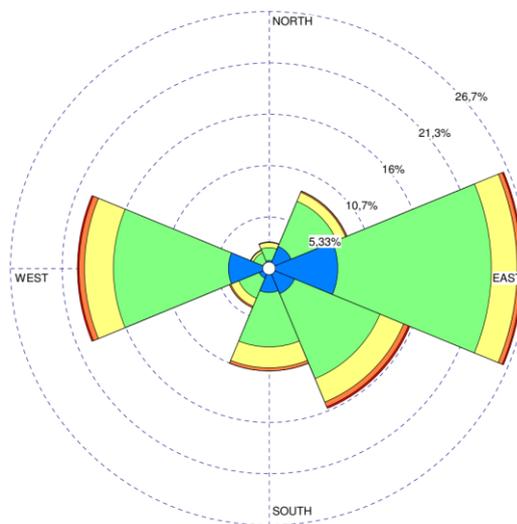
Rosa dos Poluentes:

Para confecção da rosa de poluentes da estação EMQAR 05 – Vitória, foram usados os dados de direção do vento da estação EMQAR 04 – Enseada do Suá devido à ausência de monitoramento de dados meteorológicos de vento na estação EMQAR 05. Para a estação EMQAR 09 – Cidade Continental não foi possível confeccionar a rosa de poluentes devido à falta de medições no ano de 2024. Para as demais estações foram utilizados dados meteorológicos (direção de vento) da própria estação.

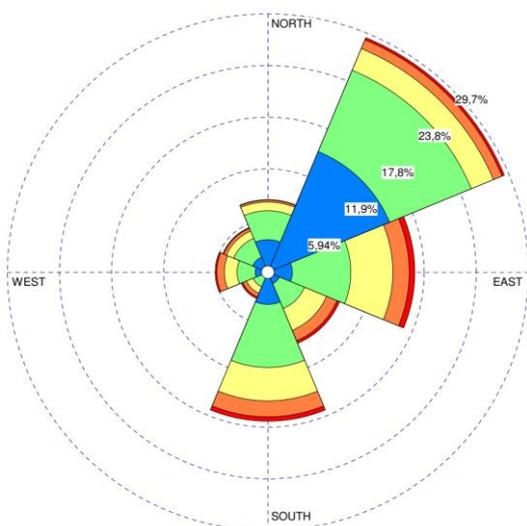
Gráfico 122: Perfil das concentrações de NO₂ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).



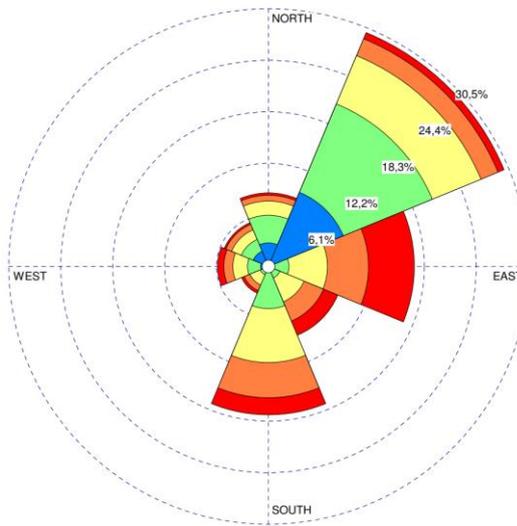
(j) Estação EMQAR 01 – Laranjeiras (Dióxido de Nitrogênio).



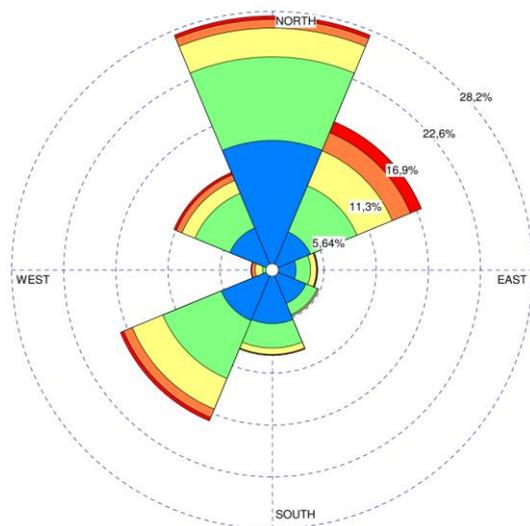
(k) Estação EMQAR 03 – Jardim Camburi (Dióxido de Nitrogênio).



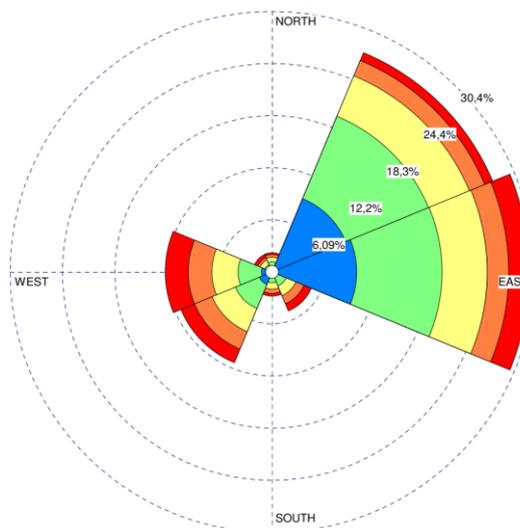
(l) Estação EMQAR 04 – Enseada do Suá (Dióxido de Nitrogênio).



(m) Estação EMQAR 05 – Centro de Vitória (Dióxido de Nitrogênio), com dados de direção do vento da Estação EMQAR 04 – Enseada do Suá.

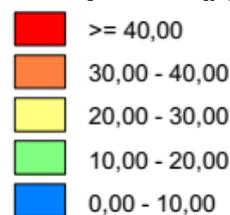


(n) Estação EMQAR 06 – Ibes (Dióxido de Nitrogênio).



(o) Estação EMQAR 08 – Vila Capixaba (Dióxido de Nitrogênio).

(sem dados representativos)

Concentração NO₂ (µg/m³)

(p) Estação EMQAR 09 – Cidade Continental (Dióxido de Nitrogênio).

O Gráfico 122 traz a representação gráfica da rosa de poluentes para as sete estações da RAMQAR onde ocorre o monitoramento de Dióxido de Nitrogênio ao longo do ano de 2024. No geral, observa-se uma distribuição de concentrações de NO₂ menos dependente da direção do vento que para os demais poluentes. Ou seja, aparentemente as fontes de emissão de NO₂ parecem estar mais difundidas pela região metropolitana. Acredita-se que principal fonte emissora de NO₂ na RMGV corresponde ao trânsito de veículos automotores. Alguns sinais demonstrados pelos gráficos acima nos dão indícios disso: 1) As estações com maior porcentagem de valores acima de 30 (µg/m³) são justamente as localizadas próximas às vias ou locais de maior circulação de veículos; 2) Apesar da grande distribuição direcional de altas concentrações de NO₂, há leve predominância desses altos valores nas direções em que estão localizadas as vias movimentadas mais próximas; 3) os gráficos de distribuição média por hora do dia são bastante claros em demonstrar picos de concentração nos horários de maior circulação de veículos próximos a cada estação.

6.4 Ozônio (O₃)

Ao longo do ano de 2024, o poluente Ozônio (O₃) foi monitorado em 4 (quatro) estações da RAMQAR, sendo elas:

- EMQAR 01 – Laranjeiras;
- EMQAR 04 – Enseada do Suá;
- EMQAR 06 – Ibes (Vila Velha);
- EMQAR 08 – Vila Capixaba (Cariacica).

A Tabela 38 apresenta o percentual de médias móveis válidas (de 8h) das estações ao longo de 2024.

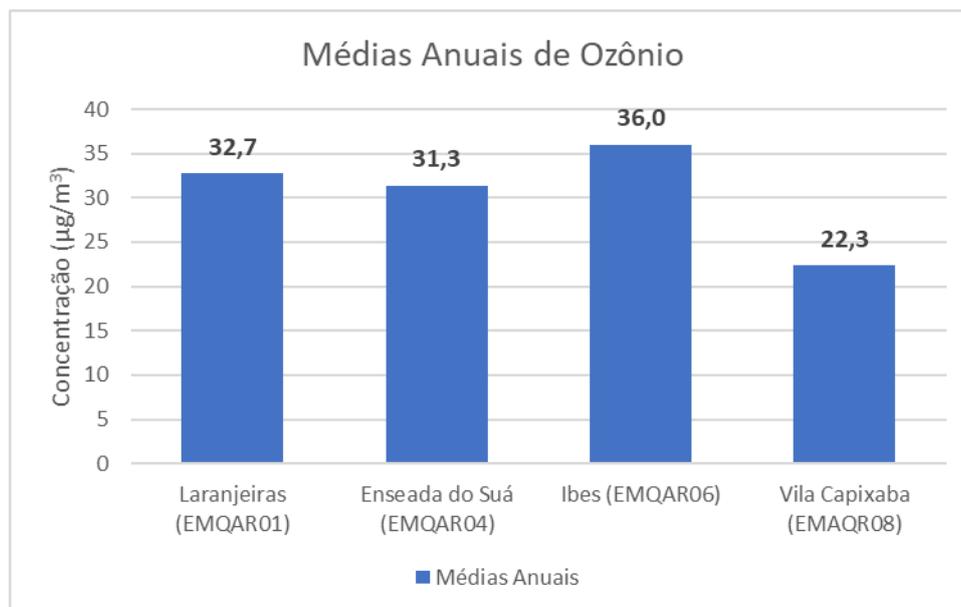
Tabela 38: Percentual de médias móveis de 8h válidas para cada estação ao longo do ano.

Percentual de disponibilidade de equipamentos O ₃ , por mês (%)				
Mês	Laranjeiras (EMQAR01)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)
Jan	100	99,2	81,1	79,5
Fev	100	100	100	100
Mar	100	100	100	100
Abr	100	100	100	100
Mai	100	100	100	100
Jun	100	12,4	14,0	100
Jul	100	64,0	84,4	100
Ago	100	100	100	100
Set	43,9	100	99,3	100
Out	98,0	96,9	100	100
Nov	100	100	100	100
Dez	44,5	100	100	76,9
Anual	90,5	89,4	90,0	96,3

* Valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade

Observa-se que, apesar de algumas falhas pontuais, todas as estações apresentaram boa representatividade anual.

O Gráfico 123 mostra a média anual para O₃ nas estações da RAMQAR.

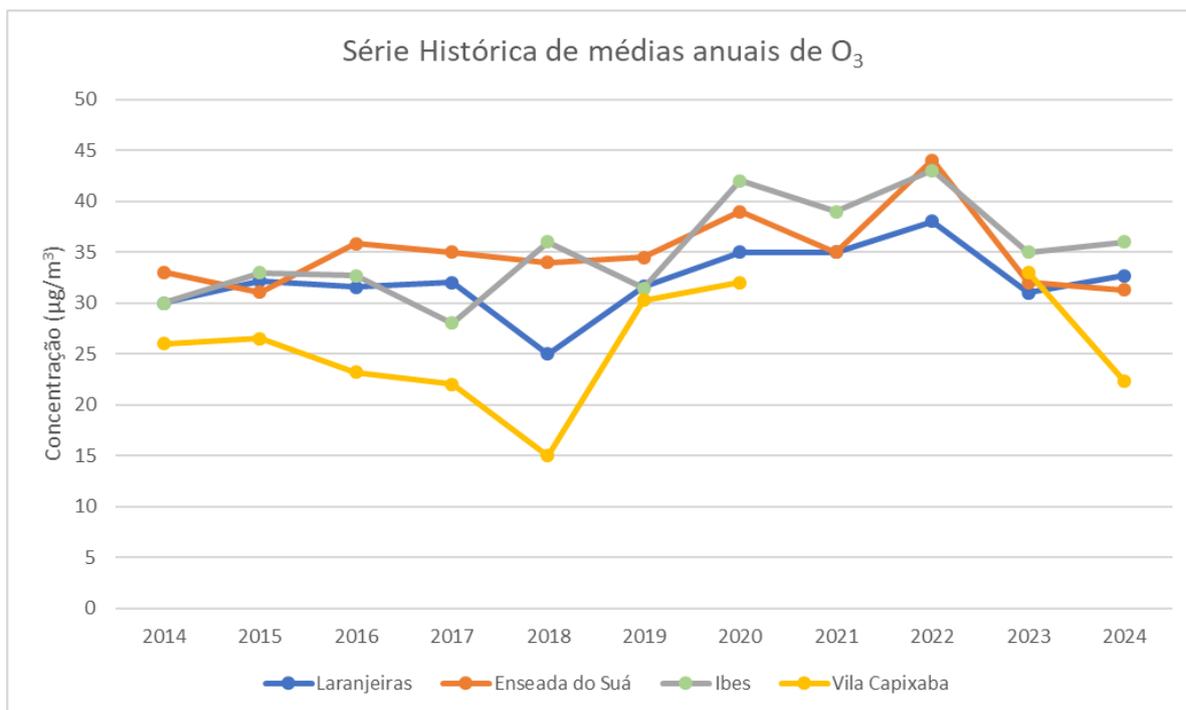
Gráfico 123: Médias anuais para O₃, ano base 2024.

A Tabela 39 mostra os valores da série histórica para o poluente O₃ desde o início das operações da RAMQAR, enquanto o Gráfico 124 mostra um recorte desse mesmo histórico, considerando somente os últimos 10 anos.

Tabela 39: Histórico das médias anuais de O₃ (µg/m³).

Ano	Laranjeiras (EMQAR01)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMQAR08)
2000	37	30	34	33
2001	29	28	33	24
2002	29	27	33	26
2003	33	30	36	29
2004	33	29	36	26
2005	33	23	39	24
2006	32	32	41	22
2007	34	26	43	22
2008	31	33	38	17
2009	34	24	39	30
2010	34	37	43	32
2011	34	41	42	30
2012	27	26		36
2013	23	37		30
2014	30	33	30	26
2015	32	31	33	27
2016	32	36	33	23
2017	32	35	28	22
2018	25	34	36	15
2019	32	34	31	30
2020	35	39	42	32
2021	35	35	39	
2022	38	44	43	
2023	31	32	35	33
2024	33	31	36	22

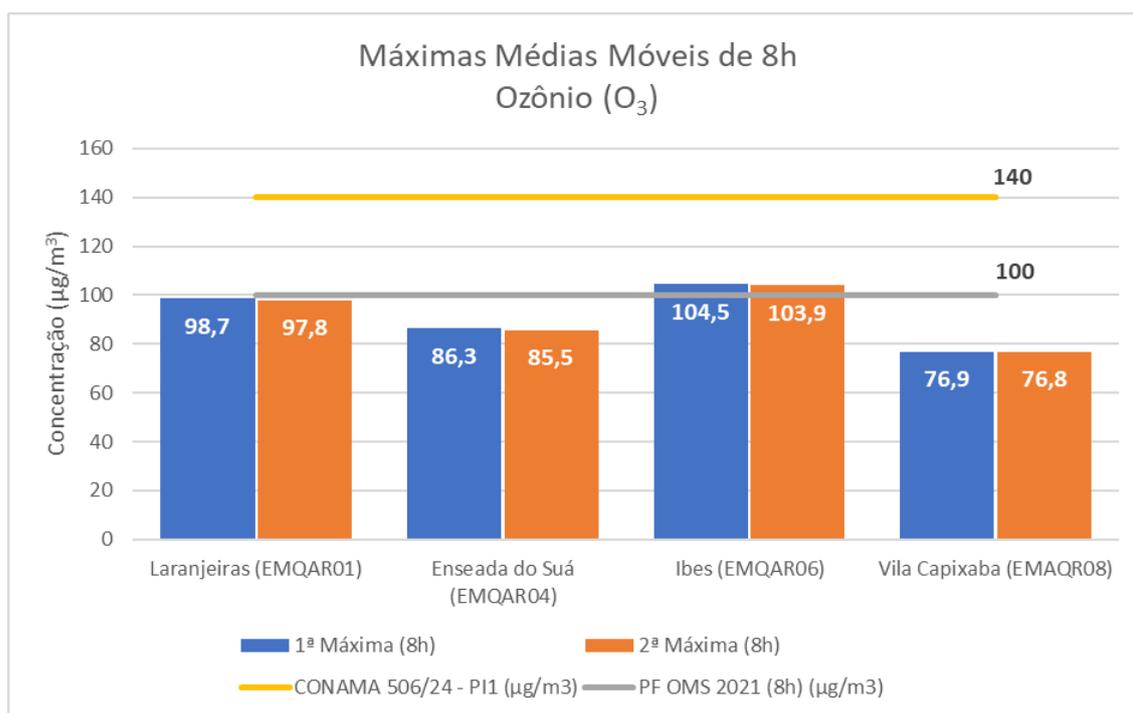
(*) Valores em vermelho não atenderam aos critérios de representatividade para médias anuais.

Gráfico 124: Série histórica das médias anuais para O₃ (µg/m³) para os últimos 10 anos.

Verifica-se uma leve tendência de aumento das concentrações médias anuais de O₃ nos últimos 10 anos. Há uma aparente relação de aumento das concentrações de O₃ durante o período de pandemia de COVID19 (entre 2019 e 2022), mas tal relação carece de maiores avaliações para confirmação.

O Gráfico 125 apresenta as máximas médias móveis de 8 (oito) horas para o poluente O₃ nas quatro estações da RAMQAR.

Gráfico 125: Máximas médias de 8h das concentrações de O₃ em µg/m³ e comparação com o limite legal vigente (CONAMA 506/2024) e à recomendação da OMS (2021).



Como observado no Gráfico 125, o poluente O₃ ultrapassou os padrões recomendados pela OMS para as médias de 8h somente na estação EMQAR 06, localizada no Bairro Ibes, no município de Vila Velha, tendo a média máxima medida de 104,5 µg/m³, ocorrida em 14/05/2024. Foram 06 (seis) ultrapassagens do padrão OMS para médias de 8h em todo o ano de 2024, sendo 03 (três) deles ocorrido entre as 16:30h e 18:30h do dia 14/05/2024 e 03 (três) ocorridos entre as 17:30h e 19:30h do dia 25/05/2024. Essas ultrapassagens representam 0,08% dos dados válidos. Dessa forma, fica demonstrado que as ultrapassagens de concentração de O₃ acima da diretriz da OMS foram insignificantes, permanecendo, para esse poluente, boa qualidade do ar em toda a região metropolitana ao longo de 2024.

O padrão final – PF da nova Resolução CONAMA nº 506/2024 também traz o mesmo valor do PF da OMS (2021). O valor vigente atual da CONAMA nº 506/2024 (PI-1) é de 140 µg/m³, valor esse que não foi ultrapassado em nenhum momento.

Tabela 40: Número de médias móveis de 8h que ultrapassaram os valores limites de concentração de O₃ no ano de 2024.

Percentual de ultrapassagens de padrões O ₃ para médias de 8h				
Referencial	Laranjeiras (EMQAR01)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)
PI-1 CONAMA 506/24	0%	0%	0%	0%
Padrão PF OMS e PF CONAMA 506/24	0%	0%	0,08%	0%

Para o poluente Ozônio, a OMS também recomenda um valor-guia para “alta temporada” de 60 µg/m³. A OMS define “alta temporada” como “Média aritmética da concentração média diária máxima de O₃ em 8 horas nos 6 meses consecutivos com a maior concentração média de O₃ (média móvel de 6 meses)”. Não foram registradas ultrapassagens do padrão recomendado pela OMS para alta temporada durante o ano de 2024.

Os Gráficos Gráfico 126 a Gráfico 129 apresentam as médias horárias para o poluente O₃ em cada estação de monitoramento. Observa-se que as curvas se assemelham muito, tendo os menores valores registrados entre 5:30h e 6:30h e um pico próximo às 12:30h. Isso ocorre porque o Ozônio é um poluente secundário, sendo formado com a interação de outros compostos presentes na atmosfera com a radiação solar. Das 12:00h às 13:00h há uma maior formação de O₃, devido à maior radiação solar nesse horário. O pico de baixa, que ocorre por volta das 6:30h, deve estar relacionado à reação química do O₃ com o NO liberado pelos veículos automotores durante o horário de pico de trânsito, causando o consumo de O₃ residual na atmosfera e, conseqüentemente, reduzindo as concentrações desse poluente no ar.

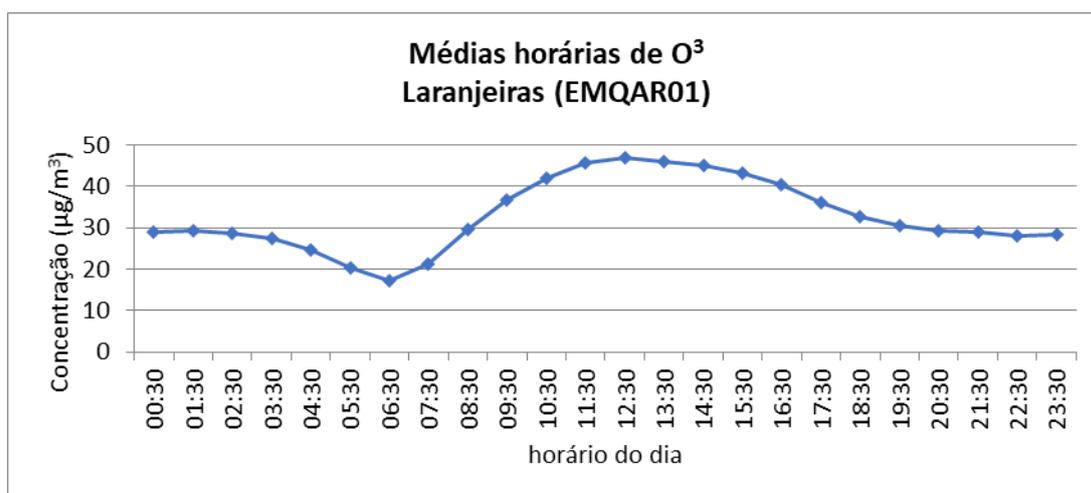
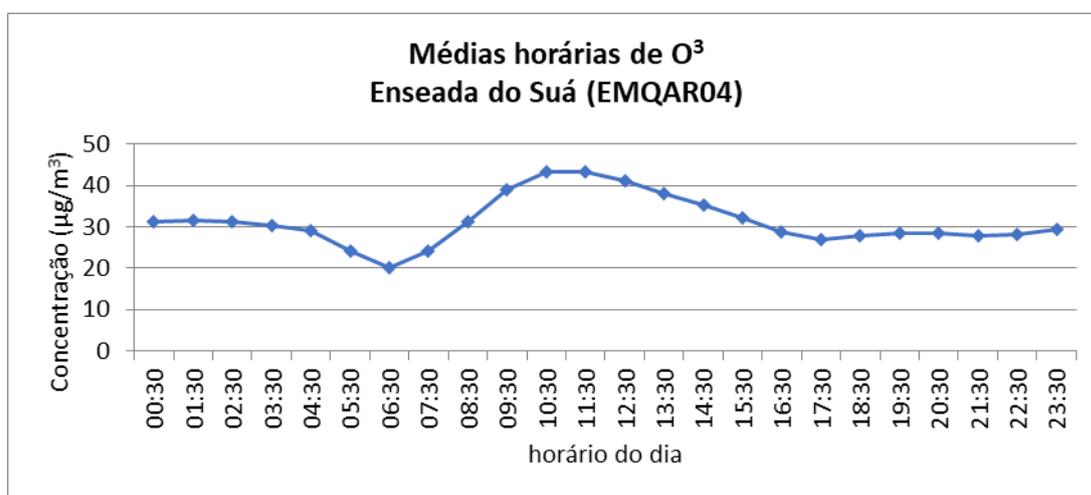
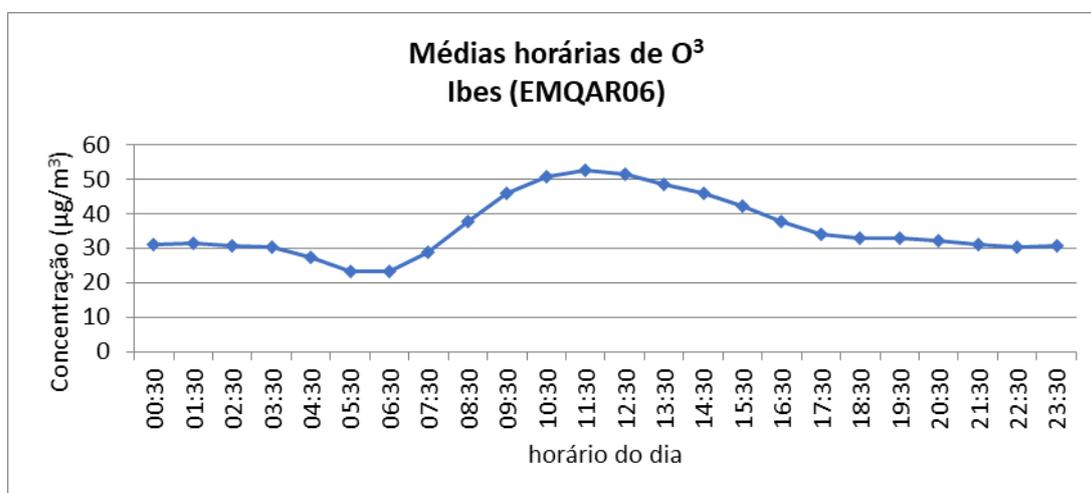
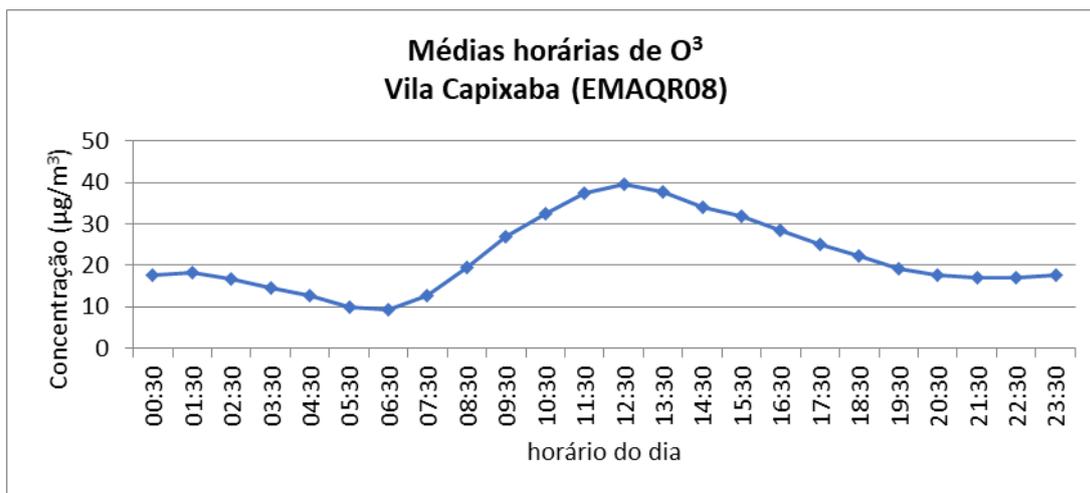
Gráfico 126: Médias horárias de concentração de O₃ (µg/m³) para a estação EMQAR 01 – Laranjeiras para o ano de 2024.Gráfico 127: Médias horárias de concentração de O₃ (µg/m³) para a estação EMQAR 04 – Enseada do Suá para o ano de 2024.Gráfico 128: Médias horárias de concentração de O₃ (µg/m³) para a estação EMQAR 06 – Ibes para o ano de 2024.

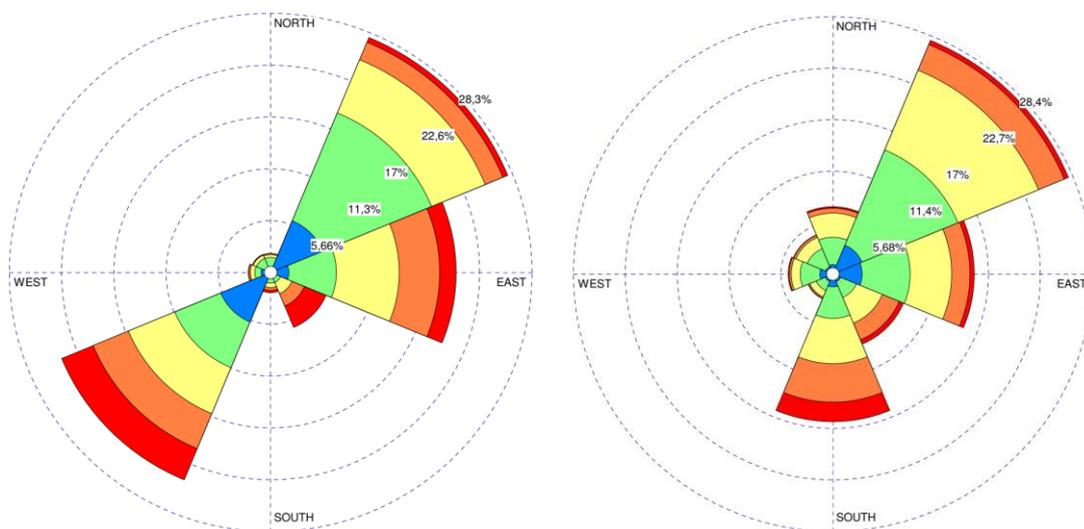
Gráfico 129: Médias horárias de concentração de O₃ (µg/m³) para a estação EMQAR 08 – Vila Capixaba para o ano de 2024.



Rosa dos Poluentes:

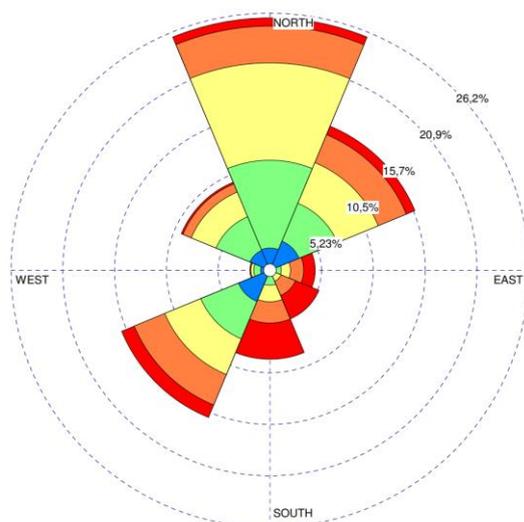
O Gráfico 130 apresenta o perfil de concentração de O₃ em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. As concentrações indicadas no gráfico representam a distribuição das concentrações em relação à direção do vento medida em cada estação.

Gráfico 130: Perfil das concentrações de O₃ nas estações da RAMQAr com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).

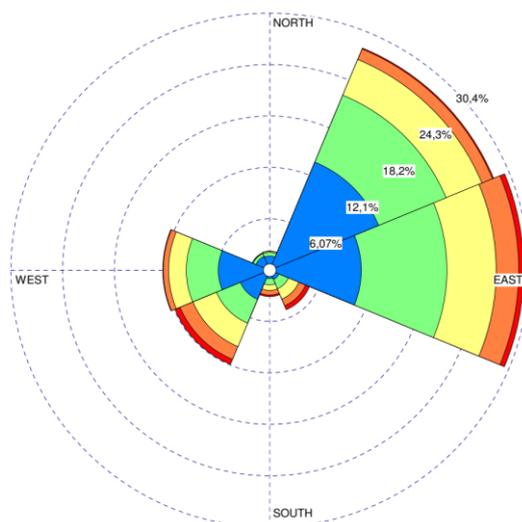


(a) Estação 1 – Laranjeiras (Ozônio).

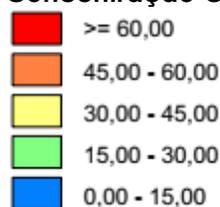
(b) Estação 4 – Enseada do Suá (Ozônio).



(c) Estação 6 – Ibes (Ozônio).



(d) Estação 8 – Vila Capixaba (Ozônio).

Concentração O₃ (µg/m³)

De um modo geral, verifica-se uma tendência em praticamente todas as estações onde o poluente O₃ foi monitorado de apresentar um maior percentual de concentrações acima de 60 µg/m³ quando da incidência de ventos Sul, Sudeste e Sudoeste. Informação essa semelhante ao que observamos ao longo do ano de 2023.

Ressalta-se que o O₃ é um poluente secundário, não sendo diretamente emitido por nenhuma fonte direta, mas se formado na atmosfera a partir de reações químicas de outros poluentes, tendo a radiação solar como catalizador.

As informações acima dificultam a identificação das possíveis causas para os episódios onde esse parâmetro ultrapassou os valores recomendados pela OMS. Assim, a formação e dispersão desse poluente na atmosfera devem ser melhor investigados futuramente.

6.5 Monóxido de Carbono (CO)

Ao longo do ano de 2024, o poluente Monóxido de Carbono (CO) foi monitorado em 05 (cinco) estações da RAMQAR, sendo elas:

- EMQAR 01 – Laranjeiras;
- EMQAR 04 – Enseada do Suá;

- EMQAR 05 – Vitória Centro;
- EMQAR 06 – Ibes (Vila Velha);
- EMQAR 08 – Vila Capixaba (Cariacica).

A Tabela 41 apresenta o percentual de médias móveis (de 8h) válidas medidas nas estações ao longo de 2024.

Tabela 41: Percentual de médias móveis (8h) válidas medidos para cada estação, para o poluente CO em 2024.

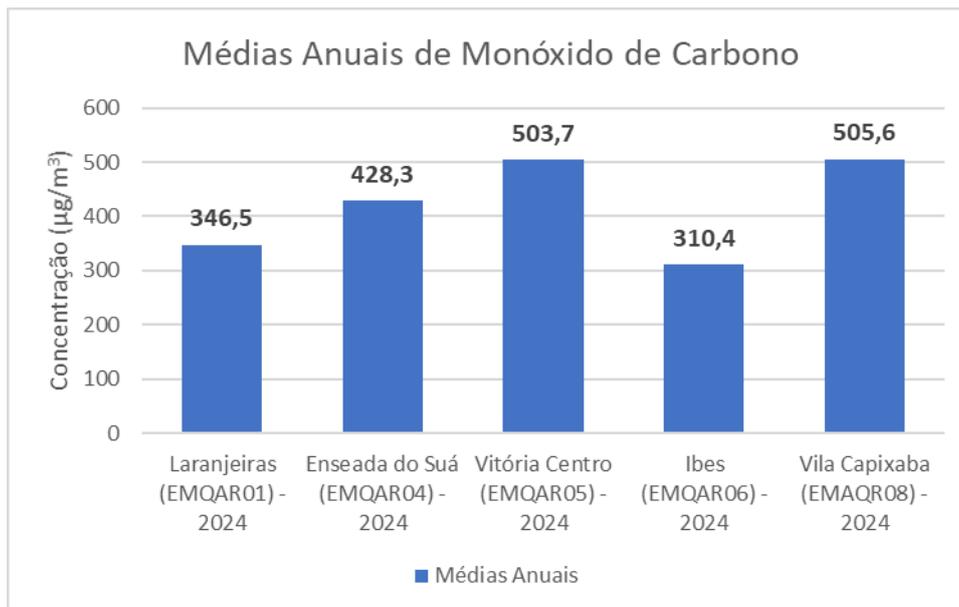
Percentual de disponibilidade de equipamentos CO, por mês (%)					
Mês	Laranjeiras (EMQAR01)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMQAR08)
Jan	72	96,0	83,4	89,2	96,7
Fev	84	92	99	83	99,3
Mar	89	100	98	82	51,2
Abr	94	99	95	100	74,4
Mai	100	100	96	100	78,2
Jun	100	51,8	92,6	100	84,2
Jul	100	72,0	100,0	85	100,0
Ago	100	100	100	100	100
Set	54,4	100	100,0	99	100
Out	98,1	96,9	100	92	100
Nov	100	100	99	55	100
Dez	100,0	99	97	100,0	99
Anual	91,1	92,2	96,7	90,6	90,2

* Os dados em vermelho não atenderam os critérios de representatividade mensal ou anual.

Apesar de alguns meses pontuais, houve boa representatividade de dados em todo o ano de 2024 para todas as estações.

O Gráfico 131 mostra as médias anuais em cada uma das estações em que o monitoramento foi realizado. Todas as médias anuais atendem aos critérios de representatividade.

Gráfico 131: Médias anuais referentes ao ano de 2024 para o poluente Monóxido de carbono (CO).



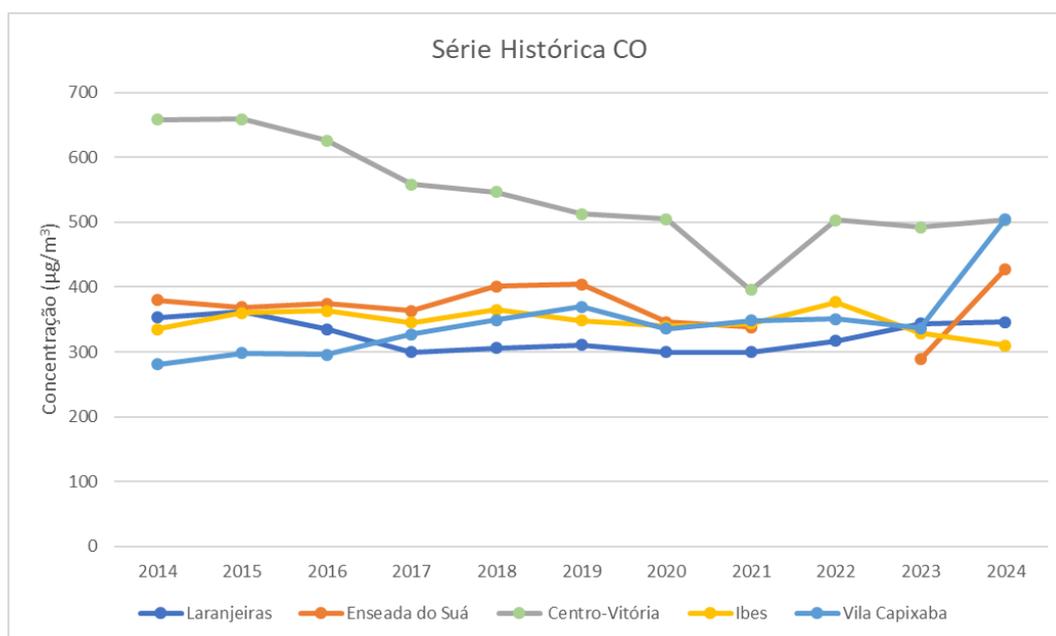
A OMS não estipula padrões para médias anuais de CO. Também não há limite estipulado na legislação Estadual ou na Resolução CONAMA para médias anuais de CO.

A Tabela 42 e o Gráfico 132 trazem os dados da série histórica das médias anuais, sendo o gráfico relacionado apenas aos últimos 10 anos de monitoramento. A série histórica tem demonstrado uma queda consistente nas concentrações de CO para a estação localizada no centro de Vitória nos últimos 10 (dez) anos. Se analisarmos toda a série histórica (24 anos) também fica clara a tendência de queda nas concentrações das estações Enseada do Suá (estação EMQAR 04) e Ibes (estação EMQAR 06). Contudo, de um modo geral, os valores têm se mantido estáveis para todas as estações desde meados de 2019.

Tabela 42: Série histórica das médias anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para o poluente CO.

Ano	Laranjeiras (EMQAR01)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Centro-Vitória (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMQAR08)
2000	363	663		582	381
2001	434	669		506	405
2002	421	694		482	377
2003	432	602		512	376
2004	405	540		667	471
2005	464	563	1.170	697	459
2006	501	464	1.171	497	428
2007	477	453	1.126	401	432
2008	494	469	1.054	425	406
2009	532	510	988	419	375
2010	534	516	1.123	406	415
2011	495	490	1.048	376	406
2012	460	458	936	355	397
2013	402	431	696	327	356
2014	353	380	658	335	281
2015	362	369	659	360	298
2016	335	374	626	363	296
2017	300	363	559	345	328
2018	306	401	547	365	349
2019	311	404	513	348	370
2020	300	346	505	340	336
2021	300	338	395	344	349
2022	317		503	377	351
2023	344	289	492	329	337
2024	346	428	503	310	505

* Dados em vermelho não atendem aos critérios de representatividade.

Gráfico 132: Série histórica ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das médias anuais dos últimos 10 anos para o poluente CO.

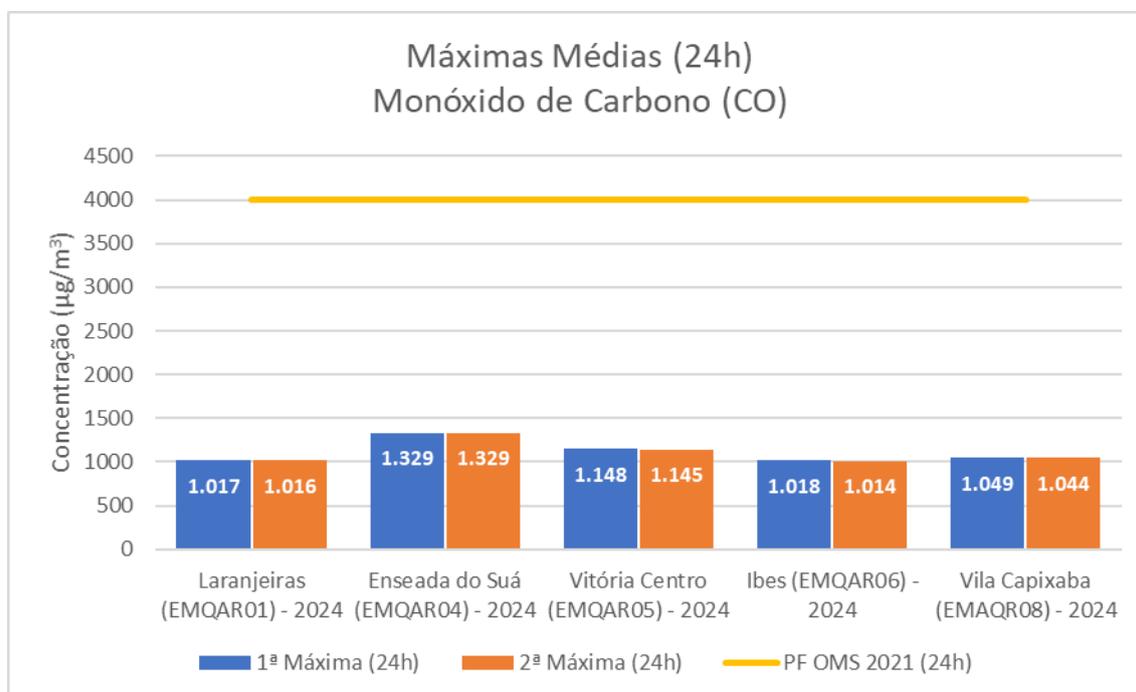
Conforme pode ser conferido na Tabela 43, não tivemos, em 2024, nenhuma ultrapassagem aos padrões nacionais (CONAMA 506/24), estadual ou ao recomendado pela OMS (2021) para o poluente CO.

Tabela 43: Listagem de ultrapassagens aos padrões nacionais ou à recomendação da OMS para o poluente CO.

Ultrapassagens de padrões CO					
Referencial	Laranjeiras (EMQAR01)	Enseada do Suá (EMQAR04)	Vitória Centro (EMQAR05)	Ibes (EMQAR06)	Vila Capixaba (EMAQR08)
PF CONAMA 506/24 (8h)	0	0	0	0	0
Padrão PF OMS (24h)	0	0	0	0	0
% (em relação ao total de dados válidos)	0%	0%	0%	0%	0%

O Gráfico 133 mostra as máximas médias de 24h e o comparativo com o limite recomendado pela OMS. Os valores máximos registrados no ano de 2024 estiveram bem abaixo dos limites recomendados pelo OMS e também aos limites legais, sinalizando que esse poluente não representa motivo de preocupação na região metropolitana.

Gráfico 133: Máximas médias móveis de 24h para o poluente CO em 2024 e comparação com a recomendação da OMS (2021).



Já os gráficos Gráfico 134 a Gráfico 138 mostram o comportamento das curvas de médias de distribuição horária ao longo do dia. Nas estações Laranjeiras (estação EMQAR 01) e Ibes (estação EMQAR 06), observa-se um comportamento mais semelhante às curvas observadas para o poluente NO₂, com máximos bem definidos acompanhando os horários

de pico do trânsito. A estação Centro de Vitória (estação EMQAR 05) tem comportamento semelhante à das estações EMQAR 01 e EMQAR 06, mas com menor amplitude entre os horários do final da manhã e tarde. Já, as estações Enseada do Suá (estação EMQAR 04) e Vila Capixaba (estação EMQAR 08) possuem comportamento único, apresentando um único pico de máxima ao longo do dia, sendo que o pico da Enseada do Suá se concentra no horário da tarde, por volta das 16:30h, enquanto que na Vila Capixaba o pico ocorre por volta das 6:30h da manhã. No caso da Vila Capixaba, o pico deve estar relacionado com a maior movimentação de caminhões e veículos em geral naquele local pelo período da manhã, visto que a estação está localizada dentro da CEASA-ES. O pico na estação Enseada do Suá deve estar relacionado ao trânsito do horário de fim de expediente.

Gráfico 134: Distribuição horária média de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo das 24h do dia para a estação EMQAR 01 – Laranjeiras para 2023.

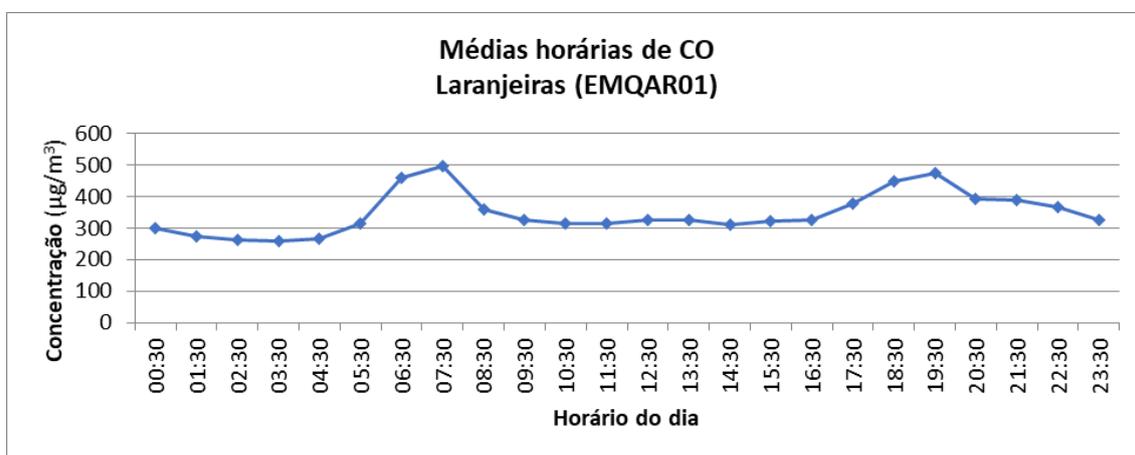


Gráfico 135: Distribuição horária média de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo das 24h do dia para a estação EMQAR 04 – Enseada do Suá para 2023.

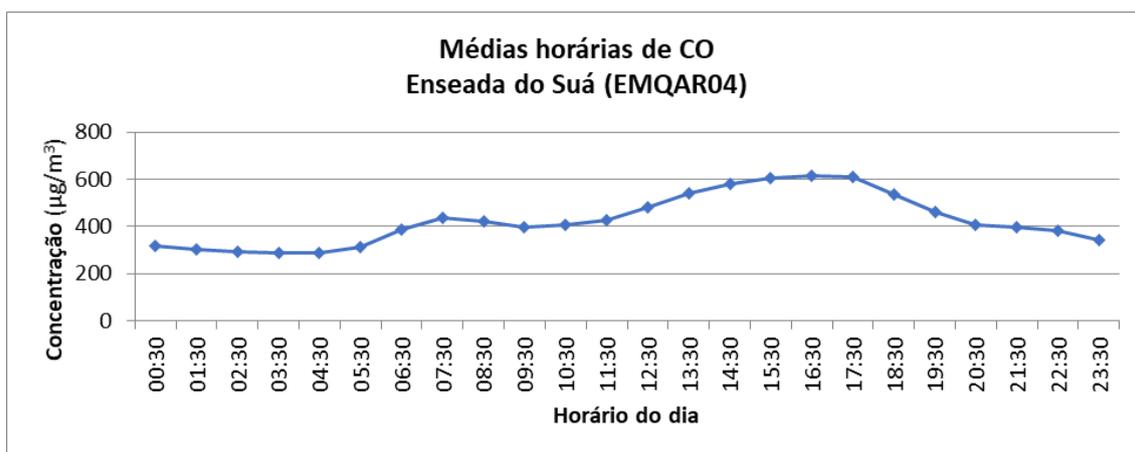


Gráfico 136: Distribuição horária média de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo das 24h do dia para a estação EMQAR 05 – Vitória Centro para 2023.

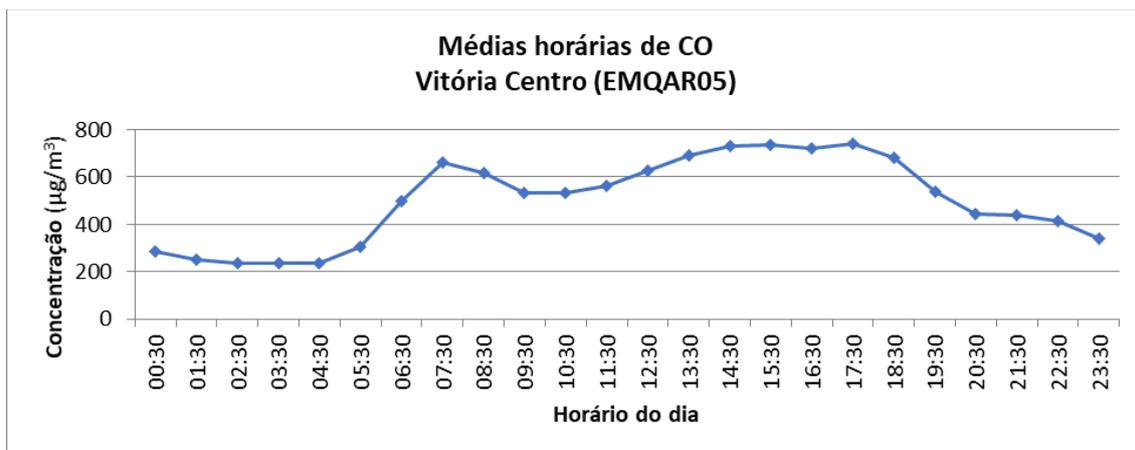


Gráfico 137: Distribuição horária média de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo das 24h do dia para a estação EMQAR 06 – Ibes para 2023.

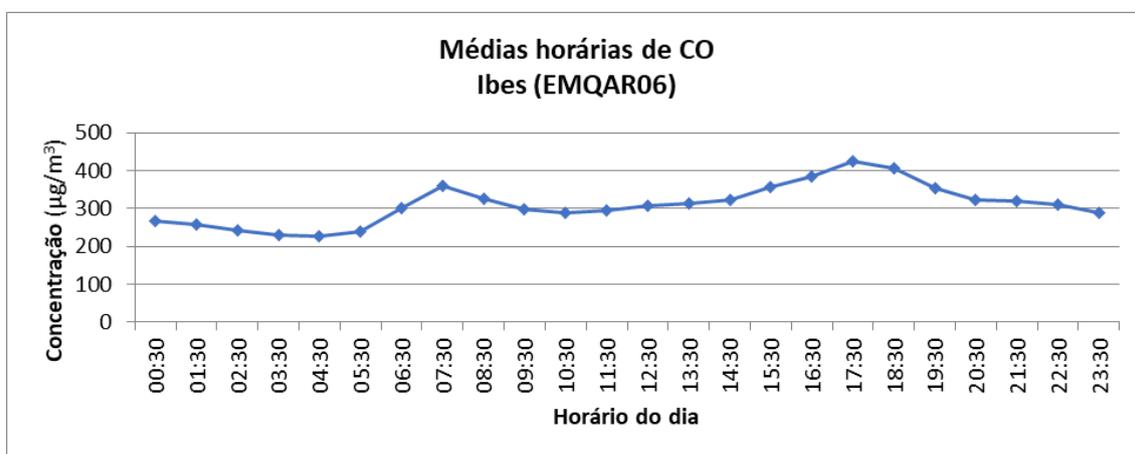
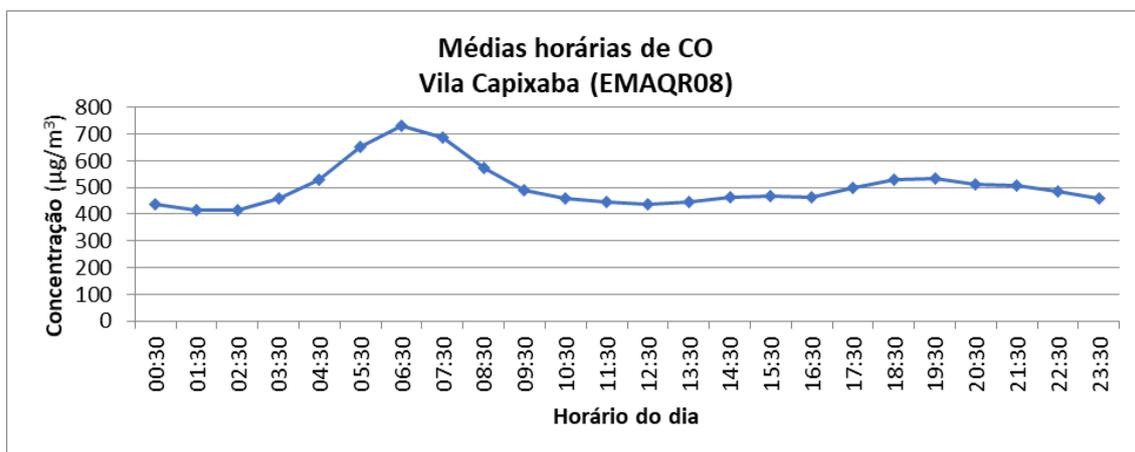


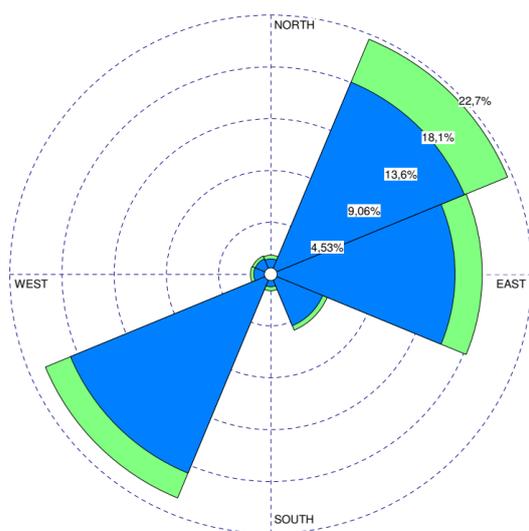
Gráfico 138: Distribuição horária média de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ao longo das 24h do dia para a estação EMQAR 08 – Vila Capixaba para 2023.



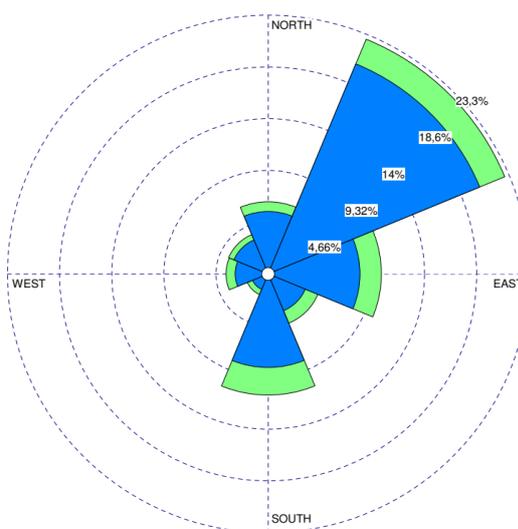
Rosa dos Poluentes:

O Gráfico 139 apresenta o perfil de concentração de CO em relação à direção do vento por meio da rosa de poluentes. Para confecção da rosa de poluentes da estação EMQAR 05 – Vitória Centro, foram usados os dados de vento da estação EMQAR 04 – Enseada do Suá, devido à ausência de monitoramento de dados meteorológicos de vento na estação EMQAR 05. Para as demais estações, foram utilizados os dados meteorológicos da própria estação.

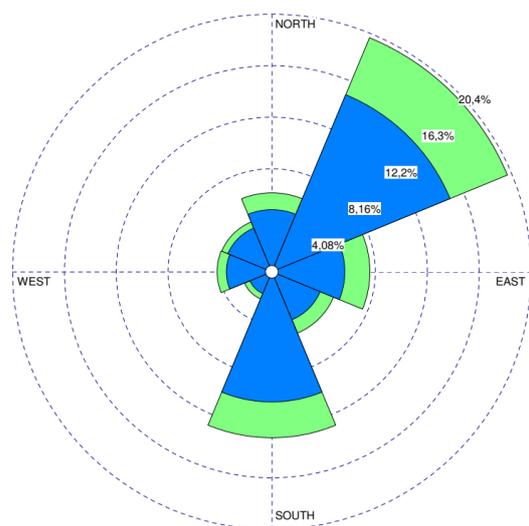
Gráfico 139: Perfil da distribuição das concentrações de CO nas estações da RAMQAR com relação à direção do vento (gráfico de rosa de poluentes).



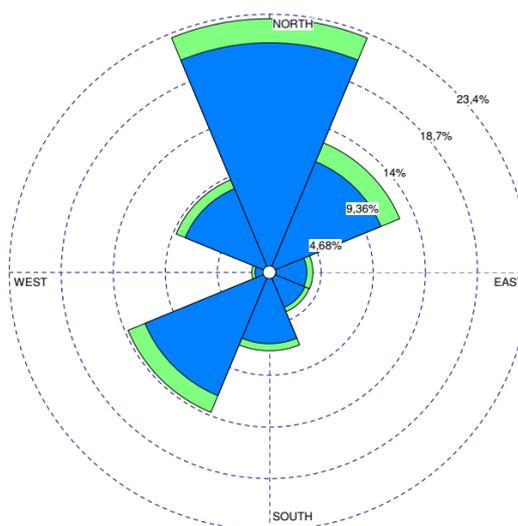
(q) Estação 1 – Laranjeiras (Monóxido de Carbono).



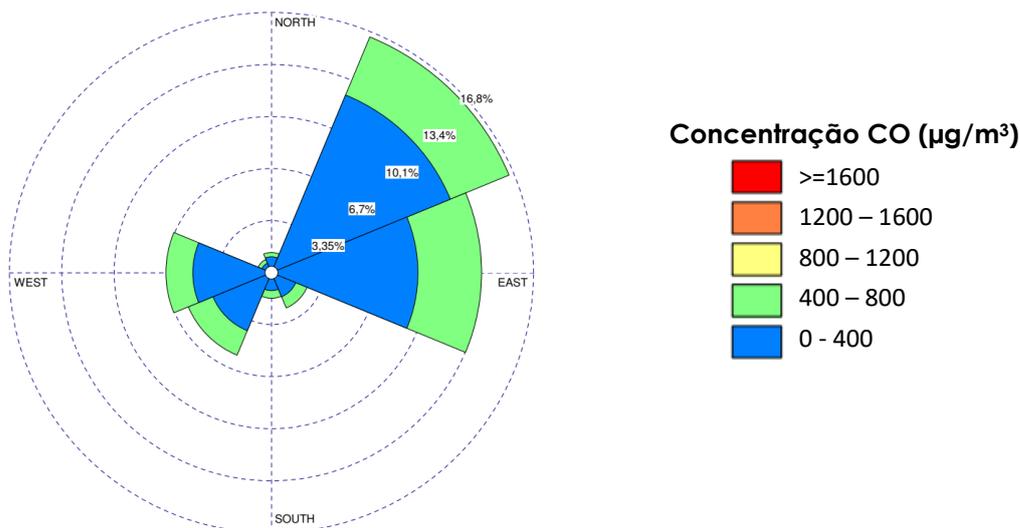
(r) Estação 4 – Enseada do Suá (Monóxido de Carbono).



(s) Estação 5 – Centro de Vitória (Monóxido de Carbono), com dados de direção do vento da Estação 4 – Enseada do Suá.



(t) Estação 6 – Ibes (Monóxido de Carbono).



(u) Estação 8 – Vila Capixaba (Monóxido de Carbono).

Conforme já demonstrado anteriormente, não ocorreram, ao longo de 2024, episódios de altas concentrações que fossem motivo de preocupação ou que gerassem a necessidade de avaliações sobre os motivos da ocorrência. Os maiores valores registrados ao longo do ano ainda estão muito abaixo dos valores legalmente estabelecidos e também aos valores recomendados pela OMS.

Observa-se que não há direções de vento que tenha algum destaque com relação às concentrações de CO em nenhuma das estações, indicando que esse poluente não possui uma fonte pontual que se destaque próxima às estações. Isso indica que as principais fontes de CO estão difundidas pela região metropolitana, sendo o trânsito de veículos o principal suspeito, o que é reforçado observando-se os gráficos de distribuição de médias horárias, que destaca que os horários de pico da circulação de veículos coincidem com os horários com maiores concentrações.

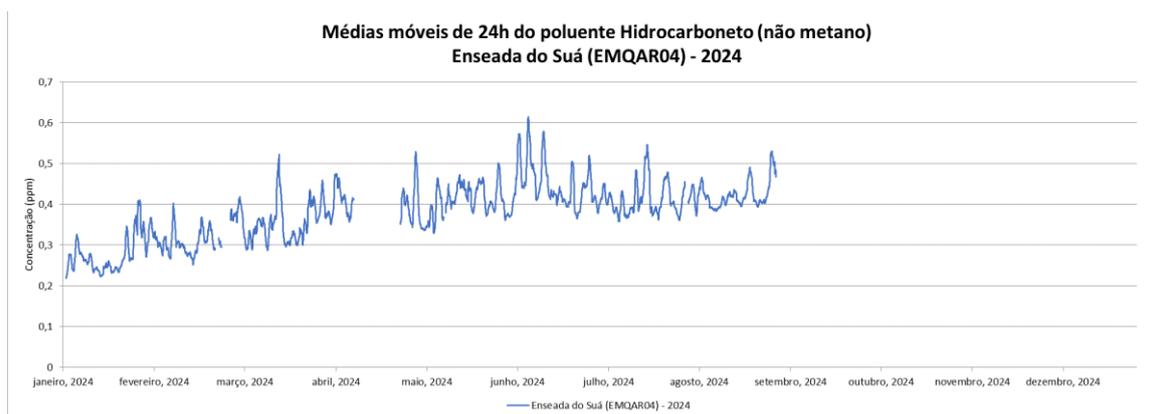
6.6 Hidrocarbonetos não metano (HCNM)

Atualmente, o poluente “hidrocarbonetos” passou a ser monitorado apenas na estação EMQAR 04 – Enseada do Suá. Todavia, o monitoramento desse parâmetro foi suspenso a partir de 30/08/2024 devido à uma falha em um equipamento auxiliar à medição, responsável pela geração de H₂ (hidrogênio). Em razão da inviabilidade de manutenção desse equipamento, o IEMA iniciou os trâmites para aquisição de um equipamento novo.

Devido à interrupção do monitoramento, a disponibilidade do equipamento ao longo de 2024 foi de 60,25%.

O Gráfico 140 mostra o histórico de medições desse poluente ao longo do ano.

Gráfico 140: Histórico de medições de médias móveis de 24h de hidrocarbonetos (ppm) para a Estação EMQAR 04 – Enseada do Suá ao longo de 2024.



A Tabela 44 traz os maiores valores de médias móveis de 24h registrados no ano de 2024 e a média anual. Não foram registrados dados suficientes para que a média anual fosse considerada representativa.

Tabela 44: Máximas médias de 24h e média geométrica anual (ppm) para o poluente HCNM ao longo do ano de 2024.

Referencial	Enseada do Suá (EMQAR04)
1ª máxima (24h)	0,61
2ª Máxima (24h)	0,61
Média anual	0,38

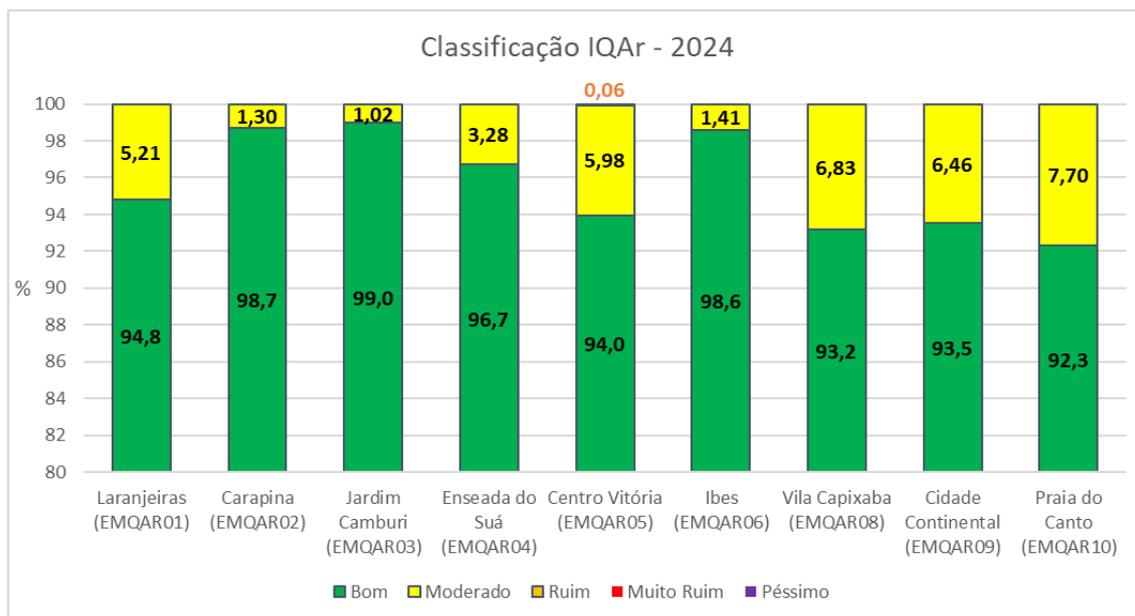
* Média anual não representativa

Não há estabelecimento de padrões estaduais ou nacionais para hidrocarbonetos. Também não há padrões recomendados pela OMS para esse poluente.

6.7 Índice da Qualidade do Ar (IQAr)

O Gráfico 141 apresenta a porcentagem, em cada estação, de prevalência do índice de Qualidade do Ar – IQAr ao longo do ano de 2024. Cabe ressaltar que para a totalização que compõe o gráfico foram considerados somente os dados validados.

Gráfico 141: Percentual de classificação do IQAr nas estações da RAMQAR ao longo de todo o ano de 2024.



* Obs: atentar-se à escala do gráfico, que começa em 80% (para melhor visualização e destaque das classificações "Moderado" e "Ruim").

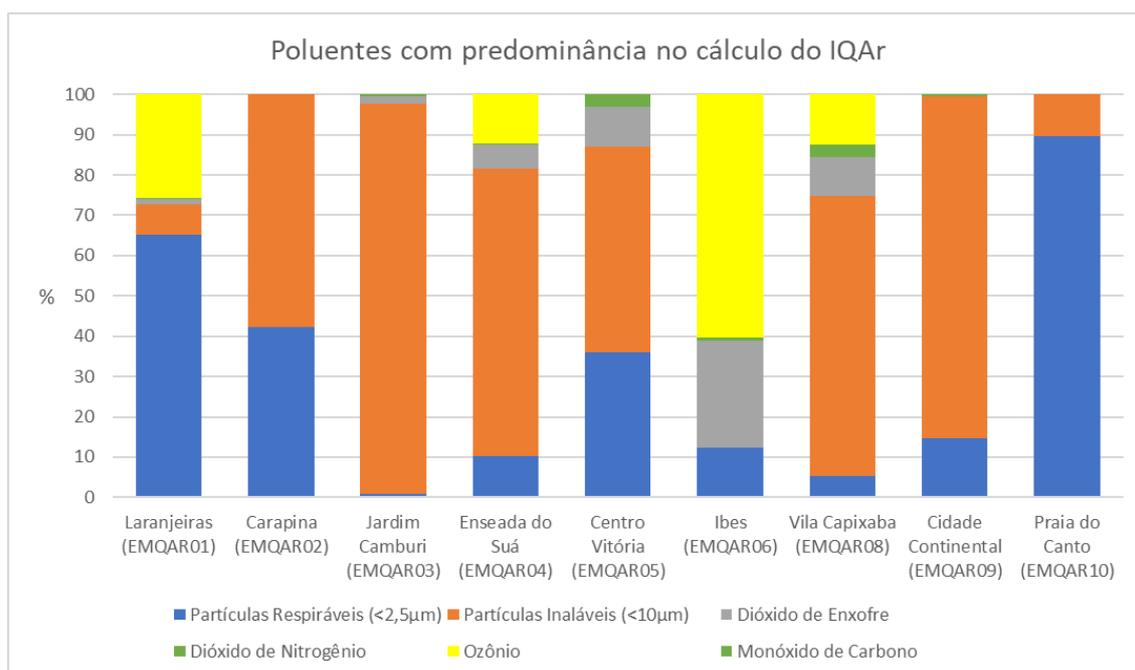
Observa-se que houve 0,06% de medições de IQAr classificados como "Ruim" na estação EMQAR 05 – Vitória Centro. Esses 0,06% correspondem a 05 (cinco) médias horárias, ocorridas entre as 03:30h e as 07:30h do dia 28/06/2024, tendo o poluente MP10 como motivador. Observa-se que nessa época ocorriam obras no calçamento e na fachada em frente ao prédio em que está localizada a estação.

Já, na classificação "Moderado", as estações EMQAR 10 – Praia do Canto, EMQAR 08 - Vila Capixaba e EMQAR 09 – Cidade Continental foram as que tiveram maior porcentagem, com 7,7%, 6,83% e 6,46%, respectivamente.

O Gráfico 142 traz uma visualização de quais poluentes foram mais significativos para o cálculo do IQAr ao longo do ano, por estação.

Para correta interpretação do Gráfico 142, é preciso lembrar que o cálculo do IQAr é feito a cada hora e para todos os poluentes medidos em cada estação, sendo escolhido o maior valor de IQAr calculado entre os poluentes da estação. Assim, para confecção do Gráfico 142 e da Tabela 45, foi considerado somente o poluente que teve o maior valor de IQAr em cada medição horária.

Gráfico 142: Distribuição dos poluentes que tiveram predominância no cálculo de IQAr, por estação, ao longo do ano de 2023.



A Tabela 45 traz os mesmos dados do Gráfico 142, mas apresentando o valor numérico (em porcentagem) para cada poluente.

Tabela 45: Distribuição dos poluentes que tiveram predominância do cálculo de IQAr (em %).

Poluentes	Contribuições dos Poluentes no IQAr									
	Laranjeiras (01)	Carapina (02)	Jardim Camburi (03)	Enseada do Suá (04)	Centro Vitória (05)	Ibes (06)	Vila Capixaba (08)	Cidade Cont. (09)	Praia do Canto (10)	
MP2,5	65,2	42,4	0,9	10,3	35,9	12,4	5,4	14,7	89,6	
MP10	7,6	57,6	96,8	71,3	51,2	0	69,5	84,8	10,4	
SO2	1,3	-	1,8	5,9	9,8	26,4	9,4	0	-	
NO2	0,2	-	0,4	0,1	3,1	0,8	3,2	0,5	-	
O3	25,7	-	-	12,3	-	60,4	12,4	-	-	
CO	0	-	-	0	0	0	0	-	-	

De um modo geral, identifica-se que os poluentes Material Particulado < 10µm (MP10) e Material Particulado < 2,5µm (MP2,5), juntos, foram predominantes em praticamente todas as estações. A exceção foi a estação Ibes (EMQAR 06), que teve predominância dos poluentes Ozônio (O₃) e Dióxido de Enxofre (SO₂).

Os gráficos Gráfico 143 a Gráfico 151 trazem os resultados de IQAr para cada mês, em cada estação:

Gráfico 143: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 01 – Laranjeiras.

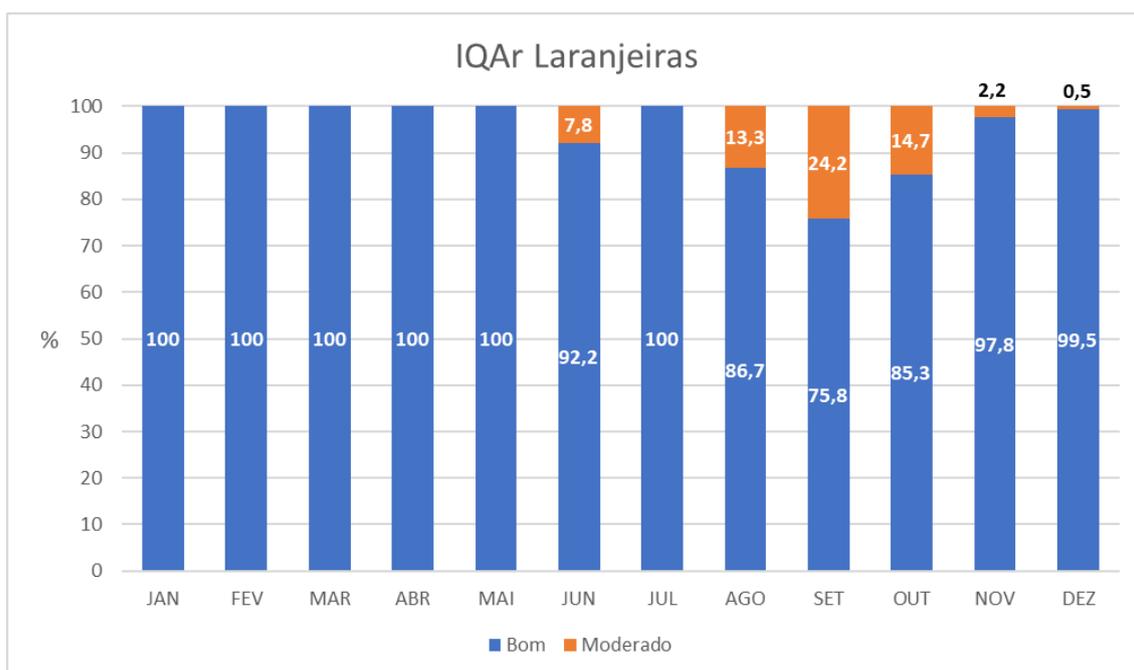


Gráfico 144: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 02 – Carapina.

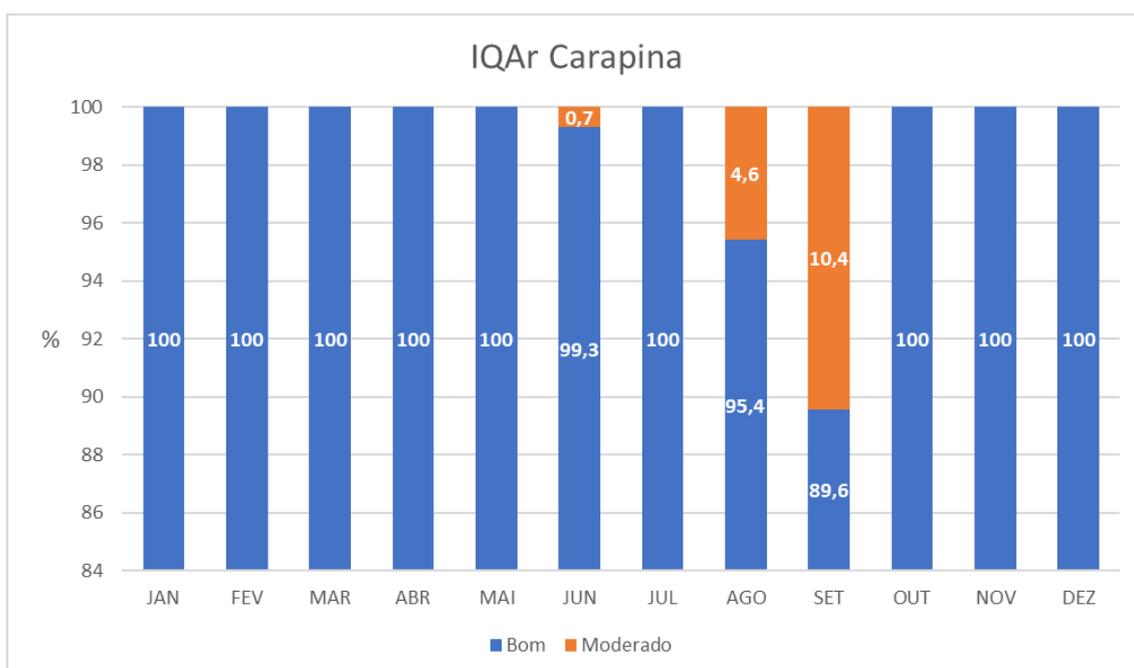


Gráfico 145: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 03 – Jardim Camburi.

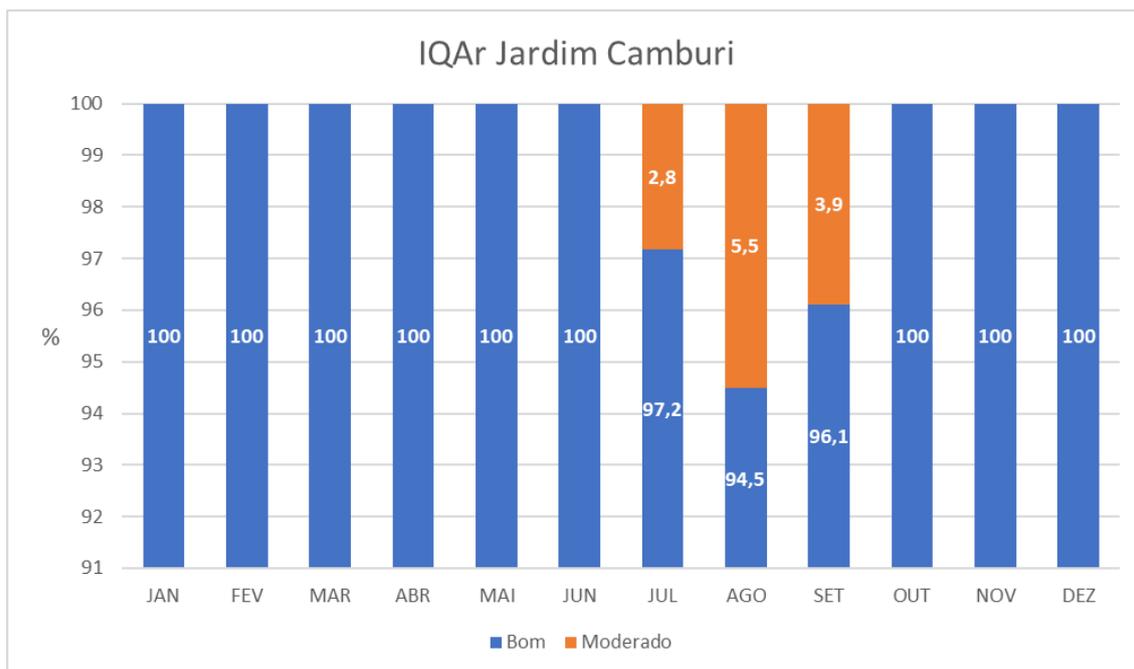


Gráfico 146: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 04 – Enseada do Suá.

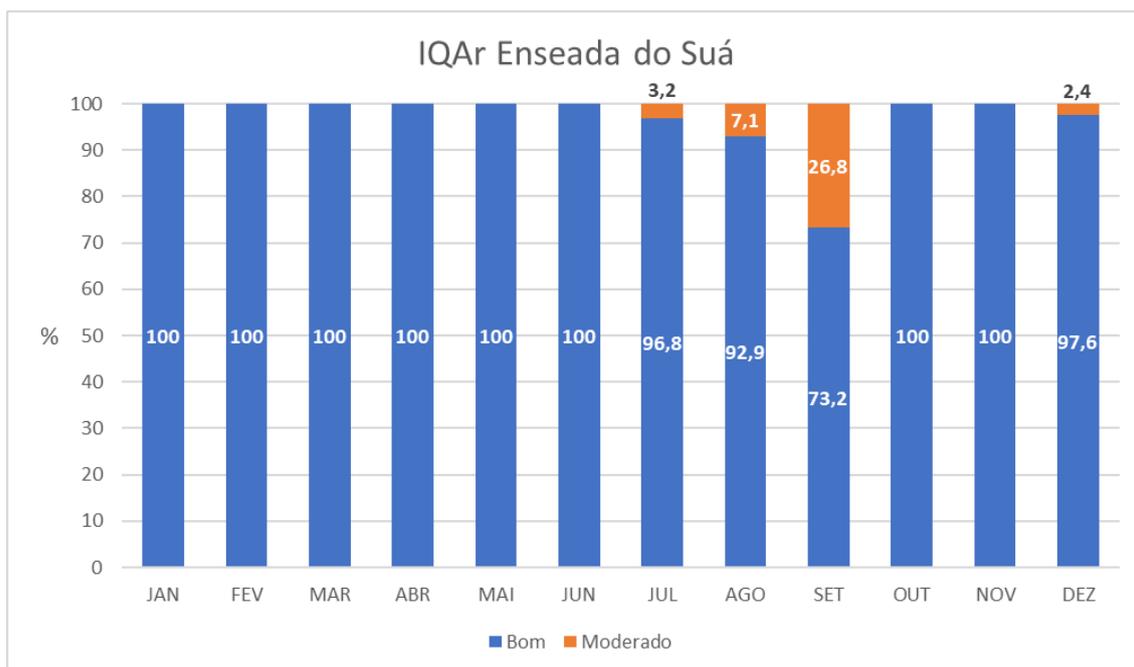


Gráfico 147: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 05 – Centro de Vitória.

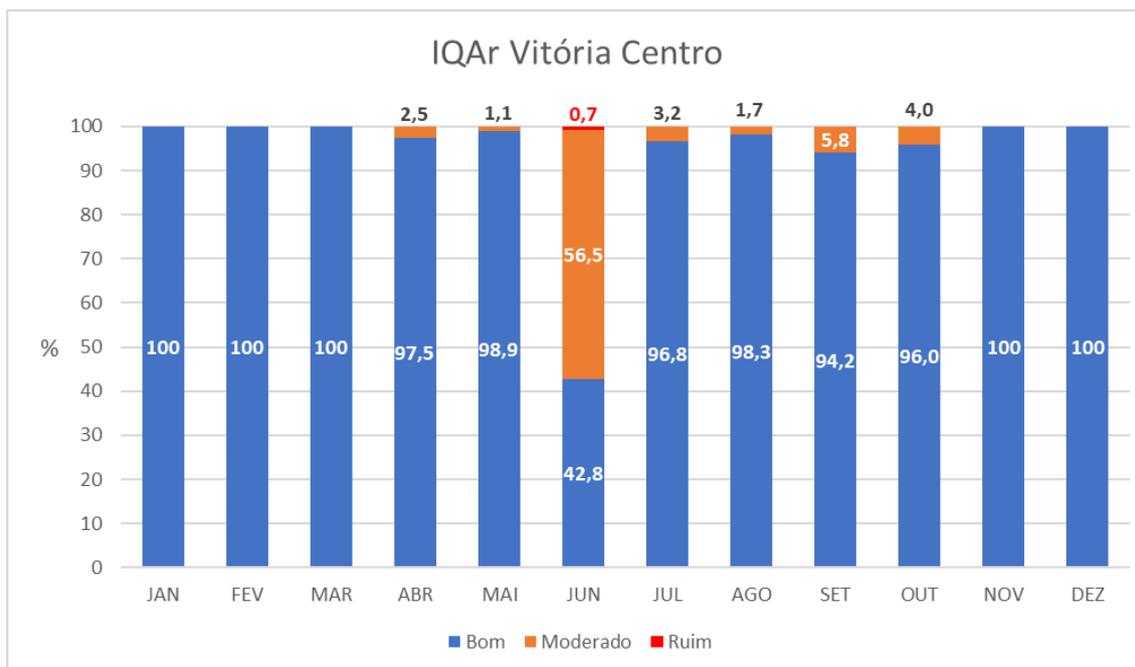


Gráfico 148: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 06 – Ibes.

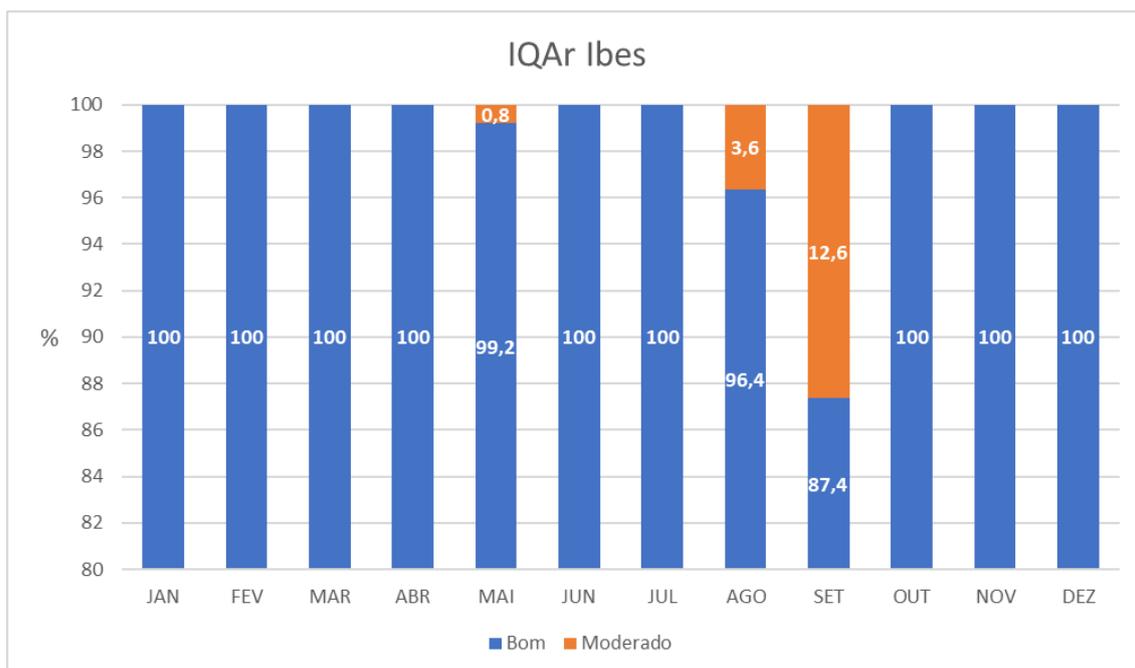


Gráfico 149: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 08 – Vila Capixaba.

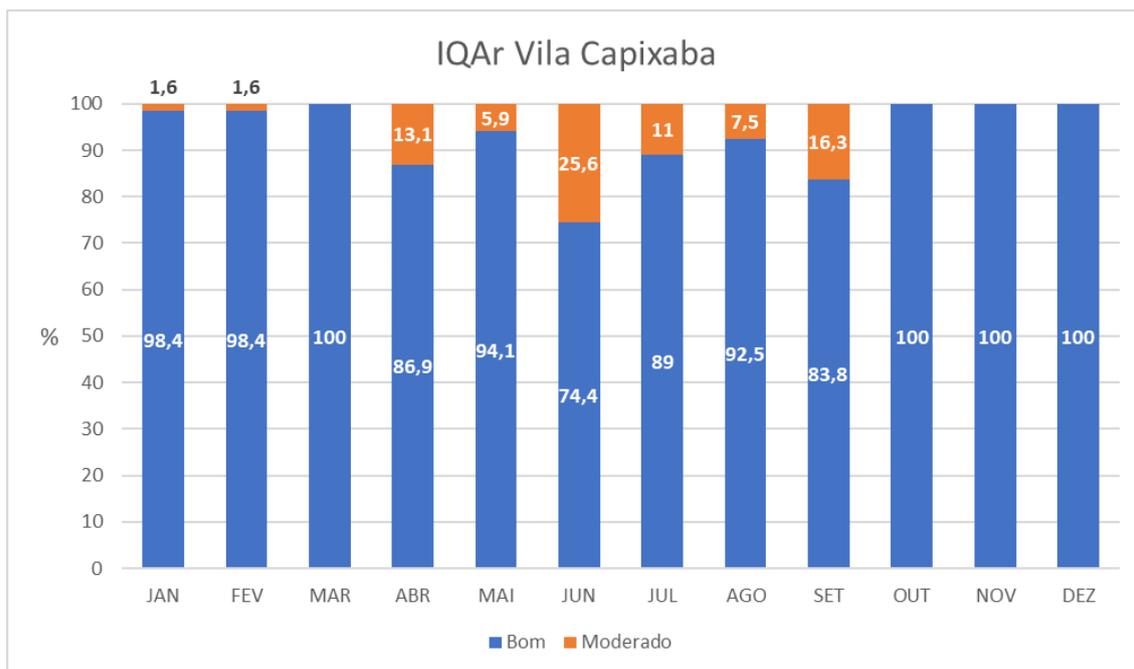


Gráfico 150: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 09 – Cidade Continental.

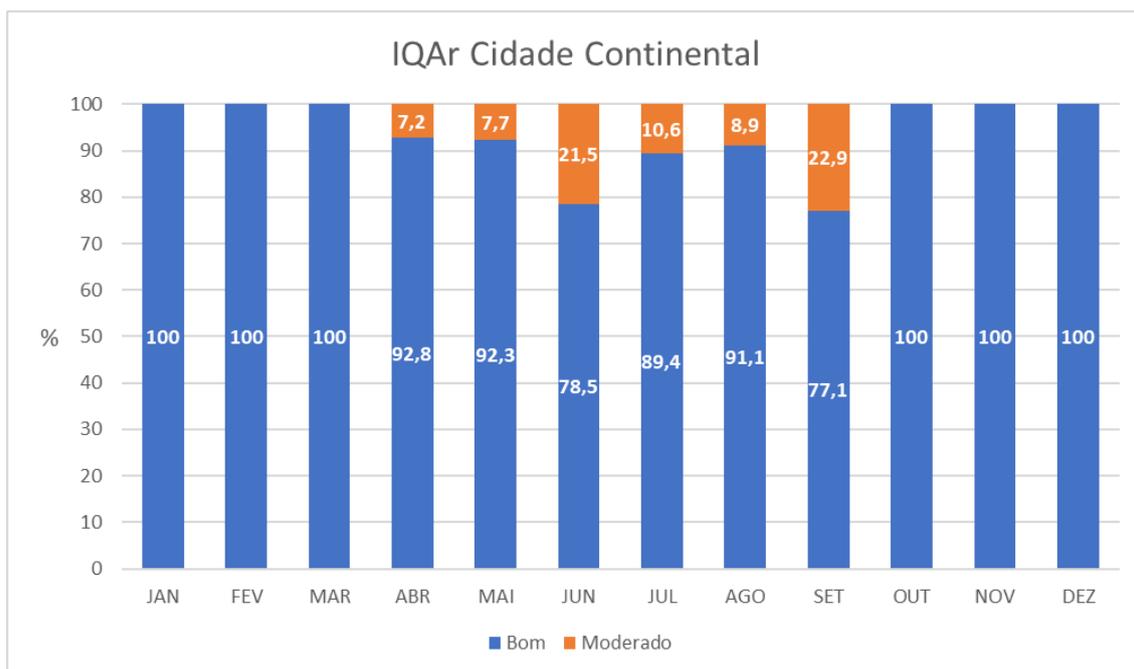
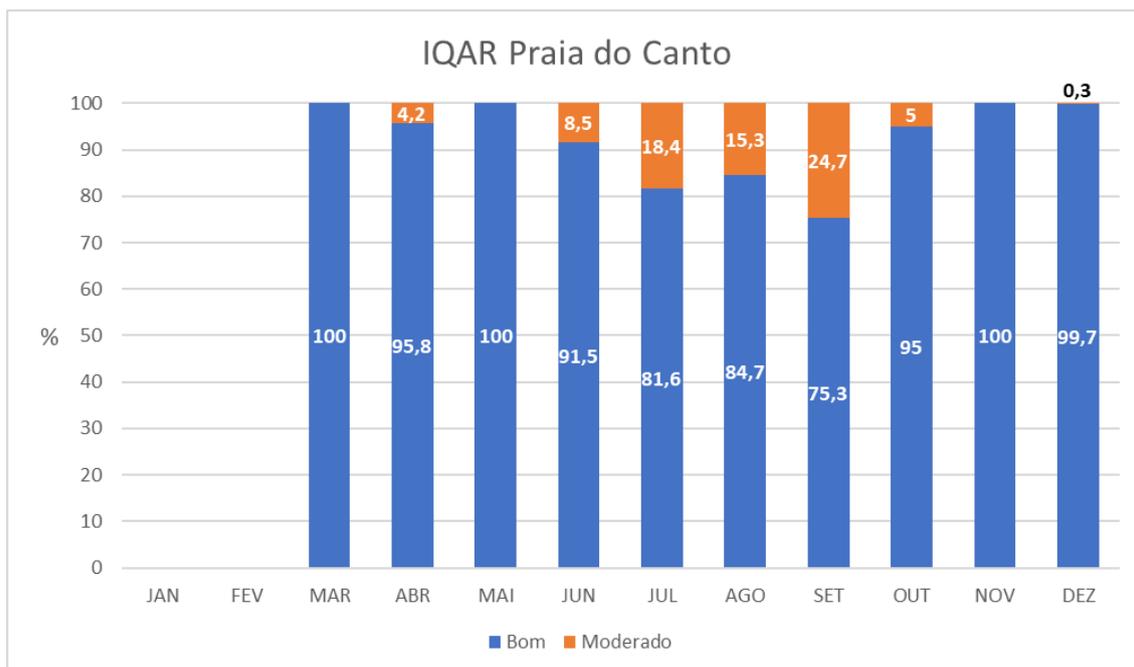


Gráfico 151: Classificação do IQAr para cada mês do ano de 2024 na estação EMQAR 10 – Praia do Canto.



Como pode ser visto nos gráficos acima, o mês de setembro foi o que teve maior incidência de IQAr “MODERADO” em grande parte das estações. Registra-se que nesse mês foi registrado grande quantidade de focos de incêndio florestal em todo o Brasil, sendo esse um assunto de destaque na imprensa nacional e internacional. Além do Espírito Santo também ter registrado um aumento do número de focos de incêndio, também foi destaque na imprensa a chegada de nuvens de poluição à região Sudeste do Brasil, advindas de focos de queimada registradas nas regiões Norte e Centro-Oeste. Não é possível afirmar com absoluta precisão o grau de impacto desses episódios de queimadas nas medições realizadas na região metropolitana de Vitória sem estudos mais aprofundados, mas acredita-se que foram significativos nas leituras realizadas pelos equipamentos de monitoramento da qualidade do ar.

7 - Considerações Finais

O monitoramento da qualidade do ar na região metropolitana da Região da Grande Vitória – RGV é realizado a mais de 20 anos pela Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar - RAMQAR, o que tem permitido acompanhar a evolução histórica das concentrações dos principais poluentes de interesse à saúde da população. O estudo da série histórica tem fundamental importância para a formulação de políticas públicas voltadas à melhoria da saúde da população, além de permitir a avaliação da eficiência e eficácia das ações já tomadas. Observando os registros feitos desde a implantação da RAMQAR, observa-se a redução gradativa nas concentrações para a maioria dos poluentes monitorados.

O ano de 2024 se mostrou bastante positivo para o monitoramento da qualidade do ar, uma vez que foi possível a obtenção de altos índices de disponibilidade para os equipamentos, fruto das melhorias tecnológicas ocorridas ao longo de 2023, o que ocasionou em maior percentual de dados válidos e médias anuais representativas na maioria dos pontos monitorados.

A ampliação do monitoramento de parâmetros meteorológicos para mais estações, em especial velocidade e direção do vento, permitiu o aperfeiçoamento das avaliações sobre ocorrências de episódios de maiores concentrações de cada poluente, trazendo pistas importantes sobre possíveis origens desses poluentes.

Apesar dos pontos positivos dos últimos dois anos, há ainda grandes desafios a serem enfrentados nos próximos anos para aperfeiçoamento do monitoramento da qualidade do ar, entre os quais destacamos: Constante necessidade de manutenção física das instalações e equipamentos; necessidade de revisão do posicionamento das estações; acompanhamento da implementação de novas tecnologias de monitoramento da qualidade do ar; estruturação de uma central de monitoramento; entre outros. Algumas dessas necessidades têm se mostrado bastante desafiadoras devido a dificuldades administrativas e ao quantitativo de capital humano disponível no órgão para a execução de tais tarefas. Mesmo assim, o IEMA vem conseguindo bons resultados, se consolidando como um dos poucos estados da federação que consegue administrar uma rede de monitoramento própria e cumprindo obrigações legais, como a própria publicação do presente relatório anual.

Apesar de a nova Resolução CONAMA, que revisou os padrões de qualidade do ar (CONAMA nº 506/2024), ter sido publicada somente em julho de 2024 e o novo cálculo do Índice de Qualidade do Ar - IQAr ter sido definido pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA somente em janeiro de 2025, os mesmos foram adotados no presente relatório para todo o período de 2024, visando dar maior transparência à população, quanto à situação em que se encontra a qualidade do ar na região metropolitana, quando comparada às metas que estarão em vigência para os próximos anos.

Os resultados do monitoramento realizado em 2024 mostram uma predominância significativa do índice de qualidade do ar classificado como "Bom", variando entre 92,3% e 99% de predominância na classificação "Bom" entre as estações ao longo do ano. Apenas a estação EMQAR RGV 05 – Vitória Centro teve o registro de 05 (cinco) médias horárias com classificação "Ruim", o que corresponde a aproximadamente 0,06% do tempo, todas ocasionadas em um mesmo evento, ocorrido entre as 03:30h e as 07:30h do dia 28/06/2024, tendo o poluente MP10 como motivador. Observa-se que nessa época ocorriam obras no calçamento e na fachada em frente ao prédio em que está localizada a estação, o que provavelmente foi o evento motivador. Para as demais estações, não houve registro de IQAr nas classificações "Ruim". Nenhuma estação de monitoramento registrou IQAr nas classificações "Muito Ruim" e "Péssimo" no ano de 2024.

Para o poluente MP2,5, não se obteve ultrapassagens aos padrões estaduais ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e nacionais ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vigentes para médias de 24h. Quanto ao Padrão Final – PF recomendado pela OMS (2021), todas as estações, com exceção da EMQAR 05 - Jardim Camburi, registraram ultrapassagens para médias de 24h. No entanto, é necessário destacar que a estação de Jardim Camburi teve poucos dados medidos ao longo do ano. A estação que registrou mais ultrapassagens foi a EMQAR 10 – Praia do Canto, com 7,5% de dados com ultrapassagem. Para as médias anuais, todas as estações ficaram acima do recomendado pela OMS ($5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sendo as maiores médias anuais registradas na estação EMQAR 10 - Praia do Canto, com $10,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (média não representativa) e EMQAR01 – Laranjeiras, com $7,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Apesar disso, nenhuma estação ultrapassou os valores legais vigentes para o ano de 2024, estabelecido no Decreto Estadual nº 3.463-R/2013 ou na CONAMA 506/24, ambos $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Não há histórico de medições para a maioria das estações, uma vez que o poluente MP2,5 começou a ser medido nas mesmas em 2023. Todavia, nas duas estações em que tal poluente já era medido desde 2014, EMQAR 04 – Enseada do Suá e EMQAR 06 – Ibes, observa-se uma tendência de redução significativa dos valores das médias anuais ao longo dos anos.

Para o poluente MP10 também não tivemos ultrapassagens aos padrões vigentes para os valores diários (médias de 24h) durante o ano de 2024, tanto estadual (MI-1 do Decreto 3.463-R/13) quanto Federal (PI-1 do CONAMA 506/24), ambos de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No entanto, quando comparado ao valor guia determinado pela OMS (45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) todas as estações tiveram ultrapassagens, sendo o maior percentual (com dados representativos) registrado na estação EMQAR08 – Vila Capixaba, com 3,3% das médias móveis de 24h. Quanto às médias anuais, nenhuma estação ultrapassou aos padrões legais vigentes para o ano de 2024 (PI-1 CONAMA 506/24, de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Todavia, a diretriz da OMS para média anual (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassada em todas as estações, sendo o maior valor representativo registrado na estação EMQAR09 – Cidade Continental, de 24,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A análise da série histórica das médias anuais demonstra uma tendência de estabilidade ao longo dos últimos anos.

Quanto às partículas sedimentáveis (PS), ocorreram ultrapassagens ao padrão estipulado pelo Decreto Estadual nº 3.463-R/2013 (14 $\text{g}/\text{m}^2.30\text{dias}$) na estação Enseada do Suá, referente ao mês de setembro, com 18,4 $\text{g}/\text{m}^2.30\text{dias}$, e na estação de Vitória Centro para o mês de março, com 14,9 $\text{g}/\text{m}^2.30\text{dias}$. Reforça-se que o monitoramento do poluente Partículas Sedimentáveis é fortemente sensível à algumas interferências muito locais nas proximidades das estações, como obras, varrição de rua, corte de grama, etc. Assim, suspeita-se que o resultado do mês de setembro para a estação Enseada do Suá possa ser atribuído a obras de repavimentação asfáltica realizadas nas vias próximas à estação, enquanto os resultados de março da estação Centro Vitória possam ter sido afetados por obras no prédio do Ministério da Fazenda.

Para o poluente Dióxido de Enxofre (SO_2), o Padrão Final - PF da OMS mais recente (2021) para médias de 24h ficou menos restritivo, passando de 20 para 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Com isso, ultrapassagem ao padrão recomendado pela OMS foi registrada somente em um único evento, entre as 4:30h e 11:30h do dia 14/05/2024 na estação EMQAR05 – Vitória Centro, o que representou apenas 0,1% dos registros medidos. Nenhuma outra ocorrência de ultrapassagem do padrão OMS foi registrada ao longo do ano em nenhuma estação. Também não foram registradas ultrapassagens aos padrões estadual ou federal vigentes para o ano de 2024. Também não tivemos nenhuma ultrapassagem aos padrões estabelecidos para longa exposição (anual).

Quanto ao poluente Dióxido de Nitrogênio (NO_2), nenhuma estação ultrapassou os padrões legais vigentes para médias anuais ou para as médias horárias. A Resolução CONAMA 506/24 estipula o valor de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o PI-1 da média anual e 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para médias horárias. Tais valores não foram alcançados em nenhuma estação ao longo de 2024. Já, quando avaliado a diretriz da OMS, que recomenda 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para médias de 24h, a mesma foi ultrapassada em todas as estações que tiveram leituras

representativas, sendo os piores casos registrados nas estações EMQAR05 – Vitória Centro, com 40% de medições que ultrapassavam esse valor, e EMQAR08 – Vila Capixaba, com 32%. Temos observado que o NO₂ é fortemente influenciado pelas emissões veiculares, sendo que nessas duas estações há característica de proximidade da mesma com vias com formação de filas de carros em horários específicos do dia (com carros parados, mas ligados, ao lado da estação), o que provavelmente explica a significativa diferença em relação às outras estações também localizadas próximas de vias movimentadas. A média anual, apesar de não ultrapassar o valor legal vigente (CONAMA 506/24), ultrapassou o valor recomendado pela OMS (10 µg/m³) em todas as estações, sendo destaque também as duas estações já citadas para médias de 24h.

O poluente Ozônio (O₃) não ultrapassou os limites legais vigentes (CONAMA 506/24 e Decreto Estadual) em nenhuma ocasião durante o ano de 2024 e somente ultrapassou os Padrões Finais - PF recomendados pela OMS para as médias de 8h na estação EMQAR 06 – Ibes, o que ocorreu durante 6 (seis) médias móveis, o que representa menos que 0,1% do total de medições realizadas. Não há limites legais definidos para as médias anuais de O₃.

Para Monóxido de Carbono (CO), não foram ultrapassados os padrões legais definidos na esfera Estadual ou Federal, assim como também não ultrapassou aos valores recomendados pela OMS durante o ano de 2024.

Com base nos resultados apresentados neste relatório, verifica-se que, para maioria dos poluentes ao longo do ano de 2024, os padrões estaduais e federais de qualidade do ar foram atendidos. Entretanto, ao considerar as diretrizes finais estabelecidas pela OMS, verifica-se que ações ainda devem ser tomadas a fim de reduzir as concentrações de alguns desses poluentes na atmosfera, em especial MP2,5, MP10 e NO₂.

Os resultados e discussões apresentados nesse relatório demonstram a importância da manutenção de uma rede de monitoramento da qualidade do ar ampla e operante, garantindo a obtenção de dados válidos e representativos em todo o período.

8 - Referências

American Society For Testing Materials. ASTM D1739: Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter), 1998 (re-aprovada em 2004).

Atlas Eólico: Espírito Santo. Odilon A. Camargo do Amarante; Fabiano de Jesus Lima da Silva; Paulo Emiliano Piá de Andrade. Vitória, ES: ASPE, 2009. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_ES.pdf>.

Bastos, C.C.; Ferreira, N.J. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 15, 2008, São Paulo. Anais. São Paulo: SBMET, 2008. P. 612-619.

Cavalcanti, I. F. A.; Ferreira, N. J.; Dias, M. A. F.; Justi, M. G. A. Tempo e Clima no Brasil. São Paulo, Oficina de Textos, 2009.

Conti, M.M., Menegussi, L.R., Reis, N.C., Santos, J.M., Silva, F.J., Scandian, C. Chemical and morphological characterization of dustfall (dry deposition) in Vitória-ES, Brazil. European Aerosol Conference, Karlsruhe, 2009.

Department of Environmental Conservation of New York (DECNY). Disponível em: <<http://www.dec.ny.gov/regs/2492.html>>. New York, acessado em 26 de setembro 2023.

Department of Environmental Quality Montana (DEQM). Disponível em: <<http://www.deq.mt.gov/dir/legal/Chapters/Ch08-toc.mcpx>>. Montana, USA, Acessa do em 26 de setembro de 2023.

Farfel, M. R., Orlova, A.O., Lees, P.S.J., Rohde C., Ashley, P.J., Chilsom, J.J., A study of urban housing demolition as a source of lead in ambient dust on sidewalks, streets, and alleys. Environmental Research 99, 204-213, 2005.

Governo do Estado do Espírito Santo. Decreto nº 3.463-R, de 16 de dezembro de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas, Estado do Espírito Santo, 2013.

Hu, T. et al. Morphology and elemental composition of dustfall particles inside emperor Qin's terra-cotta warriors and horses museum. China Partic. Vol. 4, Nº 6, 346-351, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 de julho de 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=39224&t=resultados>>. Acesso em: 05 de julho de 2024.

Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA). Dimensionamento da Rede Básica de Monitoramento da Qualidade do Ar no Brasil. 2024. Disponível em <https://energiaambiente.org.br/produto/dimensionamento-da-rede-basica-de-monitoramento-da-qualidade-do-ar-no-brasil-cenarios-iniciais>. Acesso em 26 de agosto de 2024.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Mapeamento das Áreas Periurbanas do Espírito Santo. Vitória, ES, 2011.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Indicador Trimestral de PIB do Espírito Santo. IV Trimestre de 2024. Vitória, ES, 2025. Disponível em: < <https://ijsn.es.gov.br/publicacoes/boletins/pib-trimestral> >. Acesso em: 18 de março 2025.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). MERCADO DE TRABALHO NO ESPÍRITO SANTO. 4º trimestre de 2024. Vitória, ES, 2025. Disponível em: < <https://ijsn.es.gov.br/publicacoes/boletins/mercado-de-trabalho> >. Acesso em: 18 de março de 2025

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Índice de Preço na RMGV Dezembro/2024. Vitória, ES, 2025. Disponível em: < <https://ijsn.es.gov.br/publicacoes/resenhas/indices-de-preco-na-rmgv> >. Acesso em: 18 de março de 2025

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Plano de desenvolvimento urbano integrado. Região Metropolitana da Grande Vitória. Diagnóstico integrado, v.2. Vitória, ES, 2018. Disponível em:< <https://ijsn.es.gov.br/publicacoes/livros/plano-de-desenvolvimento-urbano-integrado-da-regiao-metropolitana-da-grande-vitoria> >. Acesso em: 09 de maio de 2025.

Köppen, W. 1936. Das geographischa System der Klimate. Gebr. Borntraeger, 1-44. Disponível em:< http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1936.pdf>.

Lei Complementar Estadual nº 58, de 21 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre a criação da Região Metropolitana da Grande Vitória, Vitória – ES, 1995.

Marinha do Brasil. Disponível em: < https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/u2035/escala_beaufort.pdf >. Acesso em 02 de julho de 2024.

Mendonça, F., Danni-Oliveria, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo. Editora Oficina de Texto. 206p. 2007.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/ar-puro/guia-tecnico-para-qualidade-do-ar>. Acesso em: 10/07/2024.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Orientação Técnica – Índice de Qualidade do Ar. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/qualidade-ambiental-e-meio-ambiente-urbano/qualidade-do-ar/indice-de-qualidade-do-ar-iqar/orientacao-tecnica-indice-de-qualidade-do-ar-ian-25.pdf>. Acesso em: 04/02/2025.

Minuzzi, R.B.; Sedyama, G. C.; Costa, J. M. N.; Vianello, R. L. Influência da La Niña na estação chuvosa da Região Sudeste, Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, v.22, n. 3 p.345-353, 2007.

Organização Mundial da Saúde (OMS). OMS divulga estimativas nacionais sobre exposição à poluição do ar e impacto a saúde. 2005. Disponível em: < http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1>. Acesso em: 22 Set. 2023.

Resolução CONAMA nº 491/2018, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre qualidade do ar. Revoga a Resolução Conama nº 3/1990 e os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 5/1989.

Resolução CONAMA nº 506/2024, de 05 de julho de 2024. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação.

Sant'anna Neto, J. L. Decálogo da climatologia do Sudeste Brasileiro. Rev. Bras. Climat., v. 1, n. 1, p. 41-60, 2005.

Vallack H. W., Shillito, D. E. Suggested guidelines for deposited ambient dust. Atmospheric Environment, vol. 32(16), p. 2737-2744, 1998.

Varejão-Silva, M. A. Meteorologia e climatologia. 2. ed. Recife, 449 p., 2006. Disponível em: <https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf>. Acessado em 22 de setembro de 2023

Vianello, R. L., Alves, A. R. Meteorologia Básica e Aplicações. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1991.

World Health Organization (WHO). Air quality guidelines global update 2005. Genebra, 2006.

World Health Organization (WHO). WHO global air quality guidelines. 2021. Disponível em: <<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1>>. Acesso em 09 jul. 2024.

World Meteorological Organization (WMO). Technical Regulations, Vol. I. WMO Publication N° 49. Geneva, Switzerland, 1984.

SEAMA - SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

Rua Dr. João Carlos de Souza, 107, Barro Vermelho - CEP: 29057-530
Vitória, Espírito Santo
Tel.: (27) 99278-2076
E-mail: gabinete@seama.es.gov.br
www.seama.es.gov.br

IEMA - INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

Rodovia BR 262, Km 0, s/nº, Jardim América - CEP: 29140-130
Cariacica, Espírito Santo
Tel.: (27) 3636-2500
E-mail: atendimento@iema.es.gov.br
www.iema.es.gov.br

CQA- COORDENAÇÃO DE QUALIDADE DO AR E ÁREAS CONTAMINADAS

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA/Prédio 2
Tel.: 3636-2590/3636-2546
E-mail: cqai@iema.es.gov.br