

Relatório Técnico
RT AIR 080-26

Janeiro 2026
Revisão 00

Relatório

Relatório de Qualidade do Ar da Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar em Sobradinho/DF - Estação Escola, Informe Anual de 2025

Relatório Técnico
RT AIR 080-26

Janeiro 2026
Revisão 00

Relatório

Relatório de Qualidade do Ar da Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar em Sobradinho/DF - Estação Escola, Informe Anual de 2025

Sumário

1.	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	3
2.	LOCALIZAÇÃO DO PONTO DE MONITORAMENTO	4
3.	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL	6
4.	METODOLOGIA DE TRATAMENTO E VALIDAÇÃO DOS DADOS	8
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS METEOROLÓGICOS	11
6.	POLUENTES ATMOSFÉRICOS	22
7.	OCORRÊNCIAS IDENTIFICADAS	36
8.	DISPONIBILIDADE	39
9.	CONCLUSÕES	40
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
11.	EQUIPE TÉCNICA	48

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O monitoramento da qualidade do ar e meteorologia é realizado como meio de atingir alguns objetivos, como: determinar a qualidade do ar da região; avaliar as interações e o comportamento dos poluentes com a meteorologia local, entre outros.

Por meio do monitoramento é possível obter informações com cunho ambiental, desta forma, as concentrações obtidas em cada um dos analisadores podem ser comparadas com as normas vigentes.

Este relatório apresenta a avaliação da qualidade do ar na EAMQAr da Escola em Sobradinho/DF, para o período de **janeiro a dezembro de 2025** e compara com os padrões legislados (Resolução Conama N° 506/2024). Os parâmetros monitorados na EAMQAr da Escola são apresentados na **Tabela 1-1**:

Tabela 1-1: Parâmetros monitorados pela EAMQAr da Escola.

Poluentes Atmosféricos	Meteorologia
Partículas Inaláveis (PM ₁₀)	Velocidade do Vento (VV)
Partículas Respiráveis (PM _{2,5})	Direção do Vento (DV)
---	Temperatura Ambiente (T)
---	Umidade Relativa (UR)
---	Pressão Atmosférica (PA)
---	Radiação Solar (RS)
---	Precipitação Pluviométrica (PP)

2. LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E PONTO DE MONITORAMENTO

A Estação da Escola está localizada na Rodovia DF-235, Km 8/9, Chácara Patrícia – Setor Habitacional Fercal, Sobradinho (Brasília/DF). A região está inserida em um ponto estratégico do Distrito Federal, com fácil conexão às principais rodovias da área norte de Brasília, em especial à DF-205 (Estrada da Fercal) e à DF-001.

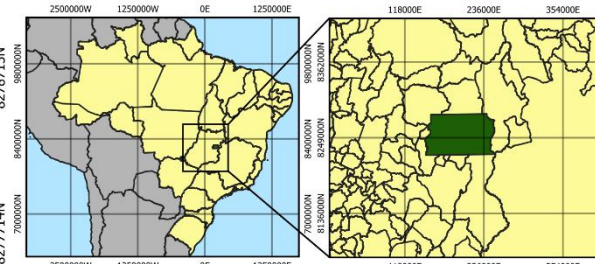
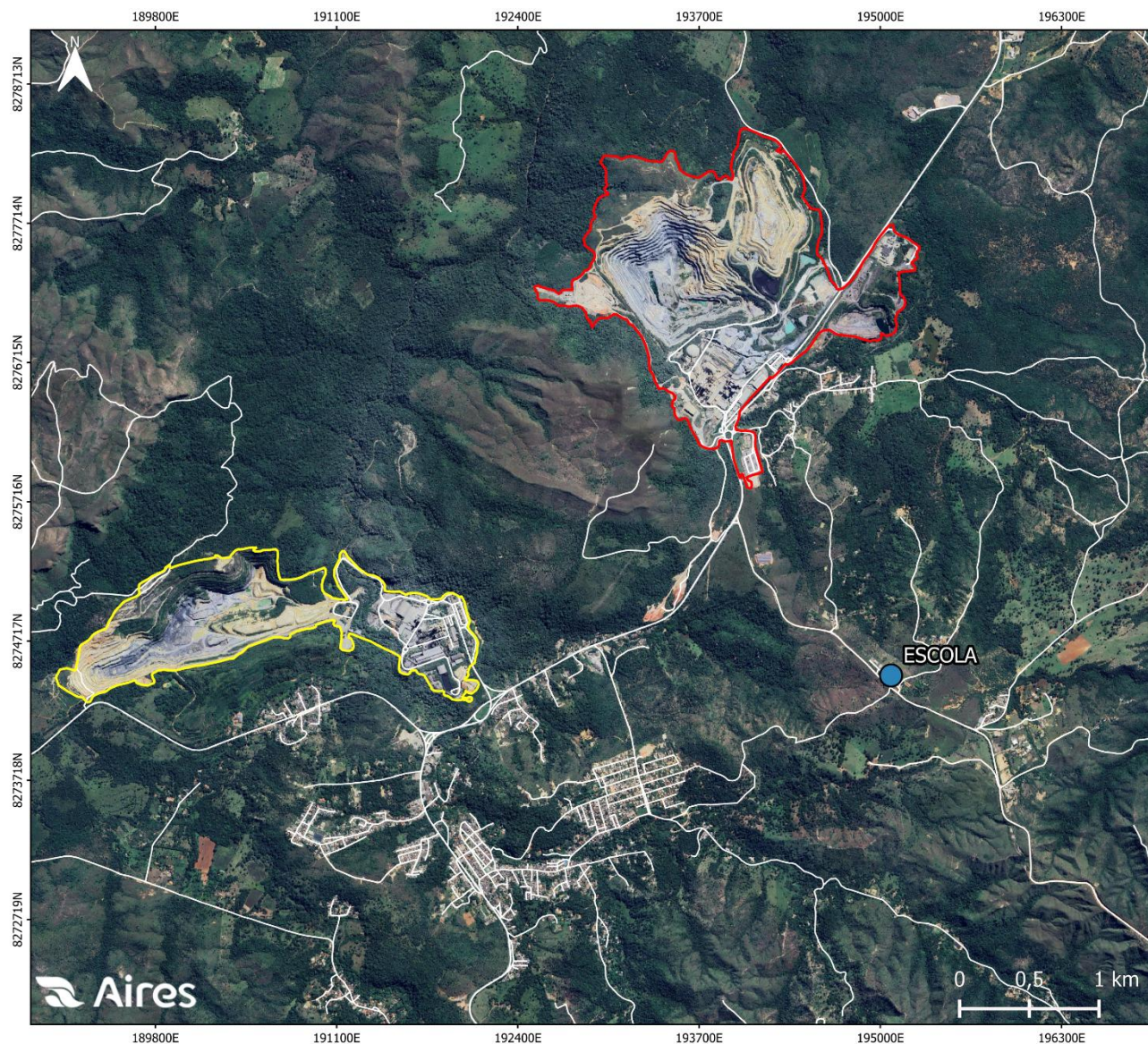
A localização da Estação Escola é apresentada na **Tabela 2-1** e a geolocalização desta está disposta na **Figura 2-2**. Além disso, a **Figura 2-1** apresenta a EAMQAr da Escola em Sobradinho/DF

Tabela 2-1: Dados de localização da Estação Escola.

Estação Automática	Localização	Coordenadas UTM Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 23L	
		Longitude	Latitude
Escola Queima Lençol	Rodovia DF-235 Km 8/9 Chácara Patrícia – Setor Habitacional Fercal, Sobradinho, Brasília - DF	195076.69 m E	8274471.51 m S



Figura 2-1: Estação Escola.



Monitoramento EAMQAr ESCOLA, Sobradinho/DF

Localização Geográfica da Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar.

Legenda:

- Área de abrangência
- CIPLAN
- VOTORANTIM
- Estradas
- ESCOLA



Projeção SIRGAS 2000 / UTM zone 23S.
Referências: IBGE, ESRI, Satellite 2025, Geofabrik.
Escala Numérica: 1:35391.
Data: 07/07/2025.
Autor(a): Ana Carolina Grillo de Vasconcelos, Analista de Projetos.

Figura 2-1: Localização do Ponto de Monitoramento.

3. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL

Os padrões de qualidade do ar são referenciados pela Resolução Conama N° 506/2024. É importante ressaltar que o PI-2 da Resolução está em vigor atualmente. Caso não haja valor para os padrões iniciais (ex.: Padrões Estaduais, PM_{2,5} 24h, CO 8h e CO 1h) deve-se considerar o limite seguinte do plano estratégico de qualidade do ar, conforme a **Tabelas 3-1**.

Tabela 3-1: Padrão Estadual de Qualidade do Ar.

Padrões de Qualidade do ar							
Parâmetro	Períodos de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PI-4	PF	
		µg/m³	µg/m³	µg/m³		µg/m³	ppm
PM ₁₀	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
PM _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	15	-
	Anual ¹	20	17	15	10	5	-

Legenda: ¹Média aritmética anual.

3.1. Índice de Qualidade do Ar

O Índice de Qualidade do Ar – IQAr é uma ferramenta que tem como objetivo principal proporcionar o entendimento e a divulgação sobre a qualidade do ar local, em relação aos poluentes cujos padrões estão estabelecidos pela legislação vigente. É representado por um valor numérico adimensional calculado a partir de funções lineares descontínuas em cinco faixas de valores que varia de zero à > 200. Cada uma destas cinco faixas do Índice está associada a uma classificação da qualidade do ar. As faixas atuais de classificação do IQAr serão alteradas, conforme definido na Resolução Conama N° 506/2024. Entretanto, a troca das faixas serão realizadas após a revisão do Guia Técnico para Qualidade do Ar (MMA), tendo o prazo de 18 meses para realizar a atualização dessas após a definição das classes.

A **Tabela 3.1-1** apresenta as faixas de concentração dos poluentes e suas respectivas classificações, bem como as cores utilizadas para ilustrar o IQAr.

Tabela 3.1-1: Estrutura do índice de qualidade do Ar.

Classificação do IQAr	PM _{2,5} 24h (µg/m³)	PM ₁₀ 24h (µg/m³)
Boa	0-40	0-45
Moderada	41-80	>45-100
Ruim	81-120	>100-150
Muito ruim	121-200	>150-250
Péssima	>200	>250

Fonte: Cetesb, 2019.

O cálculo do IQAr é realizado utilizando a **Equação 3.1-1**, desenvolvida pela USEPA (USEPA, 2017):

$$IQAr = índice_i + \frac{índice_f - índice_i}{Conc._f - Conc._i} * (Conc._{Med} - Conc._i) \quad (3.1-1)$$

Onde:

$IQAr$ = Índice de qualidade do ar

$índice_i$ = Valor do índice que corresponde à concentração inicial da faixa;

$índice_f$ = Valor do índice que corresponde à concentração final da faixa;

$Conc._{Med}$ = Concentração medida;

$Conc._i$ = Concentração inicial da faixa na qual se localiza a concentração medida;

$Conc._f$ = Concentração final da faixa.

Tabela 3.1-2: Significados das classificações do índice de qualidade do ar.

Classificação	Descrição
Boa	--
Moderada	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada.
Ruim	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Muito Ruim	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos mais graves à saúde de grupos sensíveis.
Péssima	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: MMA, 2020.

4. METODOLOGIA DE TRATAMENTO E VALIDAÇÃO DOS DADOS

4.1. Operação da RAMQAr

As operações de Estações de monitoramento da qualidade do ar requerem auditorias constantes para verificação da qualidade e integridade dos dados (QA/QC). Para isso, a **Aires** se baseia em recomendações e procedimentos operacionais propostos pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos, a US EPA, conhecidos como SOP (*Standard Operating Procedures*). As operações de redes da **Aires** são divididas em quatro categorias de instruções de trabalho:

- ✓ A primeira categoria descreve informações importantes quanto às instalações do site e procedimentos de iniciação da operação. Pode ser entendida como reconhecimento do problema, levantamento fotográfico e avaliação de pontos fracos e fortes da rede de monitoramento.
- ✓ A segunda categoria é a operação propriamente dita que inclui as atividades do operador da rede. A função principal é a substituição de consumíveis e análises semanais dos dados obtidos. Investigações adicionais, reparos e substituições são realizadas com instruções diretas do responsável técnico da **Aires** pelo funcionamento da rede.
- ✓ A terceira categoria refere-se às calibrações dos analisadores, que incluem as calibrações multiponto (zero e *span*) que são realizadas mensalmente em cada Estação. Cada calibração realizada pela **Aires** acompanha os relatórios de calibração que são entregues ao cliente para garantir a confiabilidade dos dados e procedimentos realizados.
- ✓ A quarta categoria se refere à avaliação sistematizada da rede de monitoramento na qual os dados são avaliados quanto ao seu comportamento típico diário e sazonal, permitindo identificar as importâncias que estão sendo recolhidas para cada poluente monitorado. Essas informações são colocadas em forma de análise gerencial para decisão e comunicação relacionadas à verificação da eficácia de cada Estação da rede.

Além dos SOPs apresentados, a Aires realiza, rotineiramente em suas operações, acesso remoto às Estações de monitoramento com acompanhamento online integral dos dados obtidos e dos parâmetros vitais dos equipamentos e componentes das Estações, ou seja, um técnico é dedicado exclusivamente à análise dos dados produzidos nas Estações, evitando que qualquer anomalia comprometa a obtenção de dados.

4.2. Verificação, Validação e Análise de Dados

As organizações de monitoramento são obrigadas a estabelecer sistemas de qualidade para os seus programas. Um sistema de qualidade é aquele que a organização aplica práticas suficientes de controle de qualidade (QC) e de garantia de qualidade (QA) para garantir que os resultados do programa atendam as expectativas.

Uma das principais etapas para garantia desses resultados, é a análise dos dados. É válido a ressalva que existe uma diferença entre os termos de verificação, validação e análise dos dados. De acordo com a USEPA, a verificação de dados é o processo de garantir que os dados foram coletados e registrados corretamente, observando a conformidade com os procedimentos de monitoramento e garantindo que os dados não contenham erros evidentes. A validação de dados envolve um exame mais profundo

para assegurar que os dados atendem aos critérios de qualidade, incluindo precisão, completude e consistência com os padrões estabelecidos. A análise de dados consiste em revisar e interpretar os dados validados, permitindo a identificação de tendências, anomalias e o suporte à tomada de decisões ambientais e regulatórias. A análise, verificação e validação dos dados são de extrema importância em um sistema de monitoramento. O não atendimento aos critérios estabelecidos para a rede de monitoramento significa que as falhas de medição ocorridas comprometem a interpretação dos resultados obtidos.

O processo de validação dos dados de uma EAMQAr ocorre pelo seguinte procedimento: as medições dos equipamentos são repassadas para o Software *Envistas Ultimate* do Datalogger (computador central da Estação), o qual já apresenta algumas invalidações por meio de *flags* pré-estabelecidas, de acordo com range de medição do equipamento, ocorrência de alarmes e validações recomendadas pela USEPA. Esses dados pré-validados são repassados então para o Software *Envista ARM* onde é feito a validação por meio dos analistas de qualidade do ar, sendo está realizada diariamente, por de análises estatísticas, validações cruzadas (com outras Estações), verificação da série histórica, comparando com padrões vigentes, assim como se embasando em diversos fatores como os relatórios de campo, avaliação dos parâmetros operacionais, evidências encontradas em campo, entre outras.

Por fim, os dados validados são repassados para o Software *Aires Viewer* que permite o acesso online dos dados, em tempo real, assim como a visualização desses por meio de diferentes funções. Na **Figura 4.2-1** é apresentado o fluxo de transmissão de dados e na **Tabela 4.2-1** são apresentadas as flags utilizadas pelos softwares.

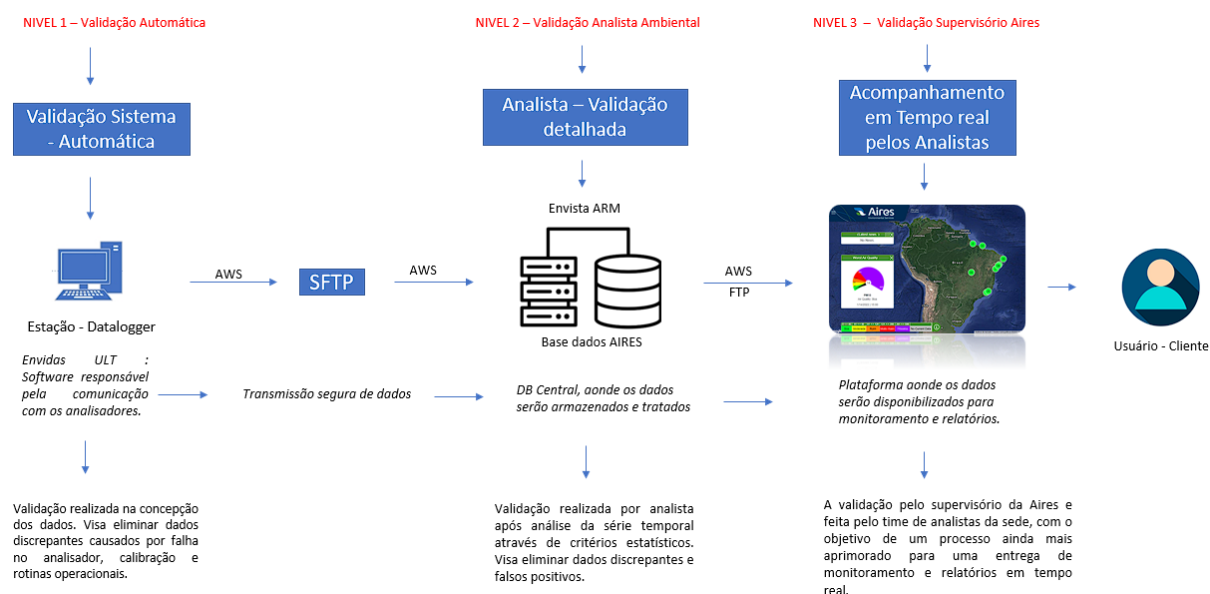


Figura 4.2-1: Fluxo de Transmissão de Dados.

Tabela 4.2-1: Tabela de flags estabelecidas.

Flag	Significado
InVld	Dado Invalido por Medição Negativa ou Suspeita
PwrFail	Motivos de Força Maio
RS232	Falha de Comunicação
Calib	Calibração
Maintain	Manutenção
< Samp	Insuficiência de Amostras
No Data	Ausência de Dados

4.3. Representatividade dos Dados

A representatividade assume papel fundamental para a análise dos dados, uma vez que só são válidas as comparações com os padrões legislados e demais parâmetros de qualidade, se os dados monitorados expressarem com veracidade todo o período em análise. De acordo com o Guia Técnico de Qualidade do Ar, a representatividade de um parâmetro é calculada com base no total de dados brutos subtraído dos dados invalidados, seja por invalidação automática ou a partir da análise crítica. A representatividade dos dados é calculada para as médias horárias e diárias, conforme os critérios de representatividade de dados utilizados pelo órgão ambiental, que estão dispostos na **Tabela 4.3-1**:

Tabela 4.3-1: Critérios adotados para a representatividade dos parâmetros monitorados.

Média do Parâmetro	Critério adotados
Médias horárias	75% dos dados válidos durante uma hora.
Médias de 24 horas	67% das médias horárias válidas durante as 24 horas.
Média mensal	67% das médias diárias válidas no mês.
Média anual	50% das médias de 24 horas válidas para os quadrimestres Janeiro-Abril, Maio-Agosto e Setembro-Dezembro.

Fonte: Cetesb, 2019.

4.4. Configuração da EAMQAr

O monitoramento da Estação, com o funcionamento e medição, teve início no dia 20/12/2023, para os analisadores de qualidade do ar, e em 30/12/2023, para os sensores de meteorologia. As informações dos equipamentos assim como suas últimas calibrações são informadas na **Tabela 4.4-1**.

Tabela 4.4-1: Configuração dos analisadores de qualidade do ar e sensores de meteorologia da EAMQAr.

Parâmetro	Modelo	Fabricante	Princípio de Medição
Qualidade do Ar			
PM _{2,5} - PM ₁₀	Teom 1405D	Thermo Fisher	Microbalança de Elemento Cônico Oscilante
Meteorologia			
Direção do Vento	CWT-SWD-C-360-V5	CWT	Orientação da Velela
Velocidade do Vento	CWT-SWS-C-V5	CWT	Anemômetro
Radiação Solar	CWT-SI-M-V5	CWT	Fotovoltaico
Precipitação	260-2500	Novalynx	Básculas
Temperatura	RK330-01B	Rika Sensors	Sensor térmico, higrométrico, barométrico
Umidade			
Pressão			

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS METEOROLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos parâmetros monitorados pela EAMQAr durante os meses de **janeiro a dezembro de 2025**.

A avaliação da qualidade do ar em uma determinada região está intimamente ligada aos fenômenos atmosféricos observados nesta área. Fatores meteorológicos como ventos, chuvas e instabilidade do ar atuam de forma efetiva na qualidade do ar ambiente. A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar que determina, por sua vez, o surgimento de efeitos adversos da poluição sobre os receptores (MMA, 2020).

A atmosfera é o meio propagador dos poluentes emitidos, e os movimentos atmosféricos, representados pela meteorologia, exercem um papel determinante na frequência, duração e concentração dos poluentes a que estão expostos os possíveis receptores.

As condições meteorológicas como temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, radiação solar e precipitação interagem complexamente com os componentes químicos presentes no ar, sendo essencial a compreensão dessas interações para entendimento do comportamento atmosférico de uma região.

A temperatura pode influenciar significativamente na qualidade do ar de uma região. Em dias mais quentes (temperaturas mais altas), a atmosfera pode reter mais umidade e, por conseguinte, poluentes, além de intensificar as reações químicas de alguns gases. Em contraponto a isto, em dias mais frios (temperaturas mais baixas), pode ocorrer o fenômeno meteorológico definido como inversão térmica, na qual uma camada de ar frio fica sob a de ar quente, limitando a dispersão dos poluentes.

Quanto a umidade relativa, as medições mais elevadas podem interferir na concentração de poluentes, visto que o ar úmido facilita a formação de aerossóis secundários. Além disso, a umidade elevada também pode auxiliar na deposição de partículas, aumentando o peso dessas e facilitando sua remoção.

Já na pressão atmosférica, medições mais altas costumam estar relacionadas a massas de ar estagnadas, na qual o ar descendente pode comprimir os poluentes próximos a superfície. Já as medições mais baixas costumam indicar um movimento ascendente do ar, favorecendo a dispersão dos poluentes.

A radiação solar costuma estar mais atrelada quanto as reações fotoquímicas da atmosfera, transformando os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis em poluentes secundários, como o ozônio troposférico.

Por fim, a precipitação pluviométrica está atrelada ao fenômeno de lavagem da atmosfera, removendo tanto os gases quanto as partículas da atmosfera.

Dessa forma, pode-se notar que o conhecimento da climatologia local é imprescindível para o estudo da qualidade do ar em uma região. Sendo assim, serão utilizados dados referentes ao monitoramento meteorológico da EAMQAr com o objetivo de descrever as condições atmosféricas predominantes na região.

5.1. Velocidade e Direção do Vento (VV e DV)

Nesse contexto a avaliação da qualidade do ar em uma determinada região está intimamente ligada aos fenômenos atmosféricos observados nesta área. A direção e velocidade dos ventos, por exemplo, propiciam o transporte e a dispersão dos poluentes atmosféricos, determinando suas trajetórias e alcances possíveis. Em situações de calmaria ocorre a estagnação do ar, proporcionando um aumento nas concentrações de poluentes (Pontes, 2015).

A escala de Beaufort é uma ferramenta utilizada para avaliar a intensidade do vento e seus impactos no ambiente. Ela classifica os ventos em uma escala conforme a **Tabela 5.1-1**, fornecendo uma descrição tanto quantitativa quanto qualitativa dos efeitos do vento. Essa classificação contribui para a compreensão dos padrões de dispersão e transporte dos poluentes na atmosfera.

Tabela 5.1-1: Escala de Beaufort.

Grau	Designação	m/s	Efeitos em terra
0	Calmaria	$\leq 0,2$	Fumaça sobe na vertical.
1	Bafagem	0,30 - 1,50	Fumaça indica direção do vento.
2	Brisa leve	1,60 - 3,30	As folhas das árvores movem; os moinhos começam a trabalhar.
3	Brisa fraca	3,40 - 5,40	As folhas agitam-se e as bandeiras desfraldam ao vento.
4	Brisa moderada	5,50 - 7,90	Poeira e pequenos papéis levantados; movem-se os galhos das árvores.
5	Brisa forte	8,00 - 10,70	Movimentação de grandes galhos e árvores pequenas.
6	Vento fresco	$\geq 10,80$	Movem-se os ramos das árvores; dificuldade em manter um guarda-chuva aberto; assobio em fios de postes.

Desse modo, temos nas **Tabelas 5.1-1 a 5.1-5** a distribuição da frequência da direção e velocidade do vento na EAMQAr. Já na **Figura 5.1-1** é apresentado o padrão de Rosa dos Ventos anual, além disso são apresentadas as Rosas dos Ventos de forma sazonal, compreendendo os períodos:

- ✓ **Verão:** 21/12 a 20/03
- ✓ **Outono:** 20/03 a 20/06
- ✓ **Inverno:** 20/06 a 22/09
- ✓ **Primavera:** 22/09 a 21/12

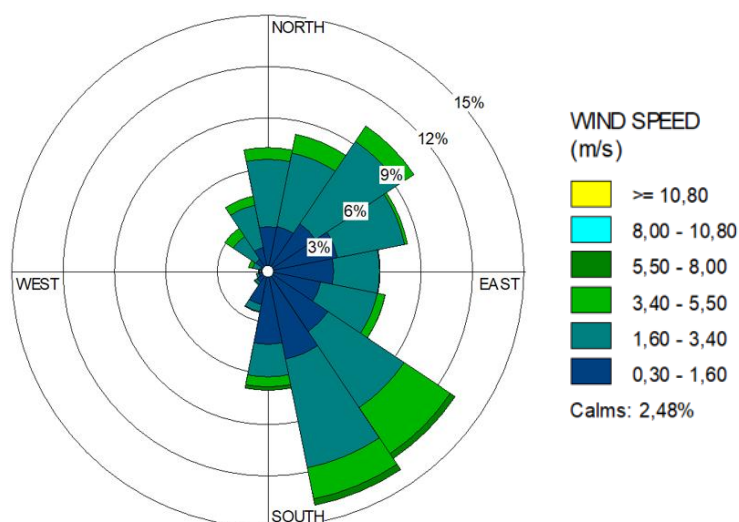


Figura 5.1-1: Rosa dos Ventos Anual da EAMQAr.

Tabela 5.1-2: Distribuição da frequência de ventos Anual EAMQAr.

Vel [m/s] x Dir [graus]	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
	%																
0,30 - 1,60	2,64	2,71	3,38	4,18	3,88	3,19	4,26	5,26	4,29	2,01	0,82	0,58	0,43	0,49	0,89	1,45	40,46
1,60 - 3,40	3,93	4,37	5,79	3,98	2,67	3,36	5,34	6,46	1,91	0,45	0,15	0,16	0,10	0,47	1,59	2,52	43,24
3,40 - 5,50	0,69	1,11	1,08	0,17	0,03	0,47	3,23	1,85	0,58	0,03	0,03	0,00	0,05	0,22	0,58	0,53	10,65
5,50 - 8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,34	0,38	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93
Subtotal	7,25	8,19	10,25	8,33	6,59	7,02	13,17	13,95	6,98	2,49	1,01	0,74	0,58	1,18	3,06	4,50	95,27
Calmaria (< 0,3 m/s)																	2,48
Faltantes																	2,25
Total																	100,00

Na EAMQAr no **ano de 2025**, de acordo com a escala de Beaufort, as maiores concentrações de velocidade do vento estão associadas à categoria de "Brisa leve". Essa classificação indica a ventos moderados, com intensidade suficiente para mover ramos finos e fazer com que as folhas se movam, mas sem provocar grandes alterações no ambiente. Ventos nessa faixa podem desempenhar um papel importante na dispersão de poluentes atmosféricos, contribuindo para a mistura e diluição de partículas no ar, o que pode influenciar a qualidade do ar na região, especialmente em áreas com fontes de emissão de poluentes.

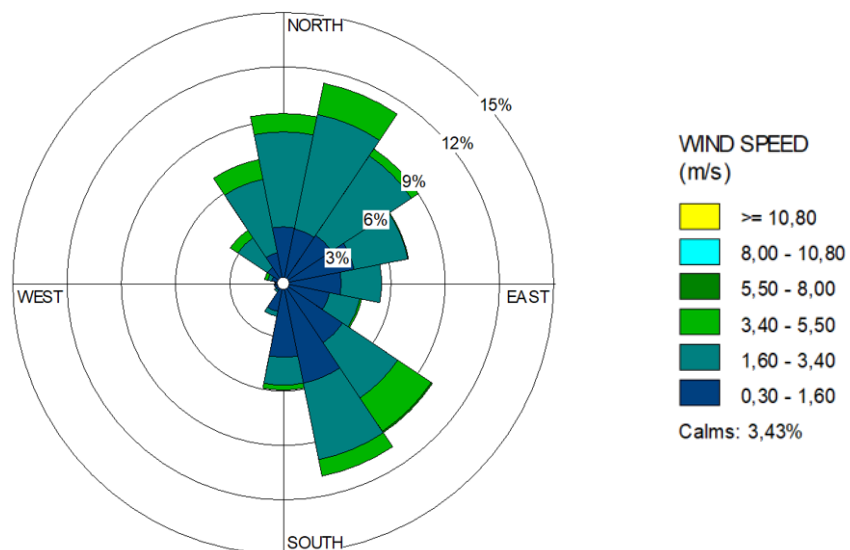


Figura 5.1-2: Rosa dos Ventos do Verão da EAMQAr.

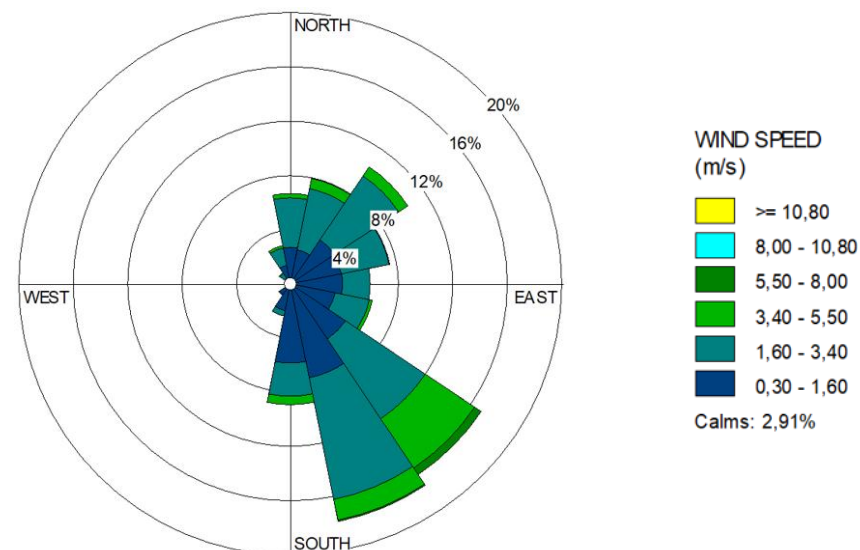


Figura 5.1-3: Rosa dos Ventos do Outono da EAMQAr.

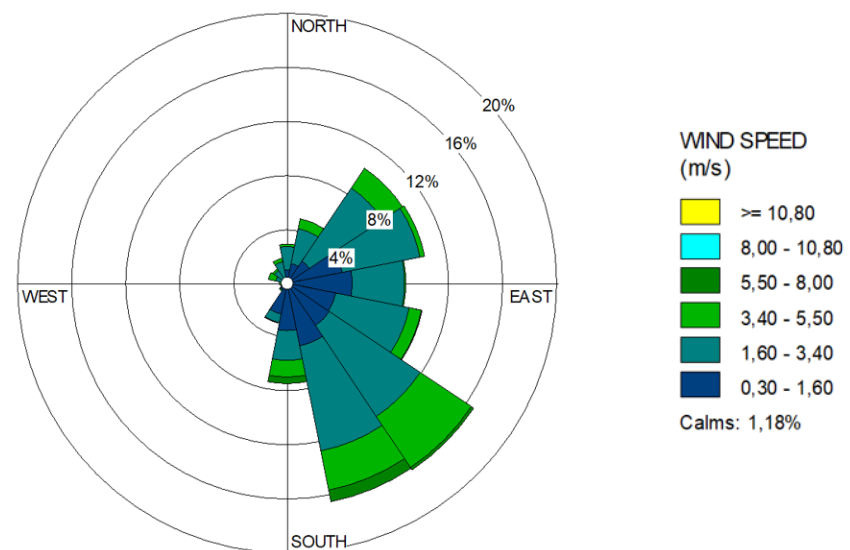


Figura 5.1-4: Rosa dos Ventos do Inverno da EAMQAr.

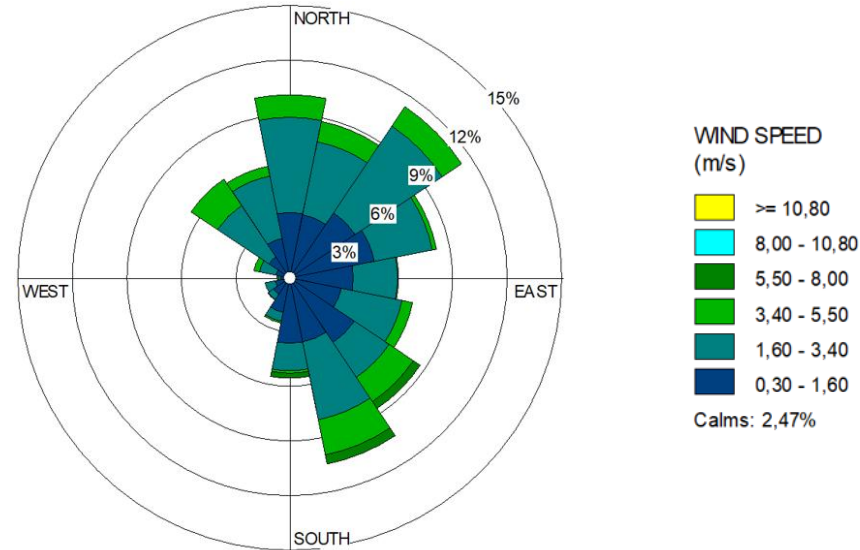


Figura 5.1-5: Rosa dos Ventos da Primavera da EAMQAr.

Tabela 5.1-3: Distribuição da frequência de ventos do Verão EAMQAr.

Vel [m/s] x Dir [graus]	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
	%																
0,30 - 1,60	3,15	3,10	3,24	4,03	3,24	2,64	3,98	5,65	4,12	1,62	0,51	0,56	0,46	0,69	1,11	1,76	39,86
1,60 - 3,40	5,23	6,44	5,28	3,01	2,22	1,71	3,66	4,31	1,53	0,28	0,14	0,00	0,05	0,23	1,94	4,12	40,14
3,40 - 5,50	1,02	1,76	0,46	0,05	0,00	0,09	2,22	0,93	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,51	1,11	8,61
5,50 - 8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
Subtotal	9,40	11,30	8,98	7,08	5,46	4,44	9,95	10,88	5,93	1,90	0,65	0,56	0,51	1,11	3,57	6,99	88,70
Calmaria (< 0,3 m/s)																	3,43
Faltantes																	7,87
Total																	100,00

Tabela 5.1-4: Distribuição da frequência de ventos do Outono EAMQAr.

Vel [m/s] x Dir [graus]	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
	%																
0,30 - 1,60	2,73	2,60	3,94	3,85	3,90	3,41	4,93	7,08	5,87	2,06	1,03	0,40	0,49	0,09	0,54	1,43	44,36
1,60 - 3,40	3,63	4,57	5,65	3,58	2,02	2,55	7,03	9,10	2,42	0,40	0,05	0,09	0,00	0,27	0,45	1,30	43,10
3,40 - 5,50	0,31	0,76	0,81	0,05	0,00	0,22	4,35	1,57	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,18	8,92
5,50 - 8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67
Subtotal	6,68	7,93	10,39	7,48	5,91	6,18	16,89	17,83	8,92	2,46	1,08	0,49	0,49	0,36	1,03	2,91	97,04
Calmaria (< 0,3 m/s)																	2,91
Faltantes																	0,05
Total																	100,00

Tabela 5.1-5: Distribuição da frequência de ventos do Inverno EAMQAr.

Vel [m/s] x Dir [graus]	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
	%																
0,30 - 1,60	1,05	1,54	2,02	4,21	4,87	3,73	3,82	4,78	3,55	2,37	0,61	0,48	0,22	0,44	0,48	0,48	34,65
1,60 - 3,40	1,71	2,63	6,49	5,83	3,86	5,53	8,07	7,90	2,19	0,66	0,09	0,09	0,22	0,48	0,70	1,18	47,63
3,40 - 5,50	0,18	0,75	1,75	0,35	0,09	0,92	4,52	2,94	1,23	0,04	0,09	0,00	0,18	0,57	0,18	0,26	14,04
5,50 - 8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,22	0,88	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,62
Subtotal	2,94	4,91	10,26	10,40	8,82	10,22	16,62	16,49	7,46	3,07	0,79	0,57	0,61	1,49	1,36	1,93	97,94
Calmaria (< 0,3 m/s)																	1,18
Faltantes																	0,88
Total																	100,00

Tabela 5.1-6: Distribuição da frequência de ventos da Primavera EAMQAr.

Vel [m/s] x Dir [graus]	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
	%																
0,30 - 1,60	3,62	3,57	4,35	4,76	3,53	2,93	4,30	3,62	3,62	1,97	1,15	0,87	0,55	0,82	1,42	2,24	43,32
1,60 - 3,40	5,22	4,08	5,72	3,25	2,43	3,39	2,29	4,35	1,51	0,50	0,32	0,55	0,14	0,92	3,39	3,48	41,53
3,40 - 5,50	1,24	1,15	1,28	0,23	0,05	0,60	1,60	1,97	0,14	0,09	0,05	0,00	0,05	0,32	1,74	0,55	11,04
5,50 - 8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,50	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,24
Subtotal	10,07	8,79	11,36	8,24	6,00	6,91	8,65	10,44	5,54	2,56	1,51	1,42	0,73	2,06	6,55	6,27	97,12
Calmaria (< 0,3 m/s)																	2,47
Faltantes																	0,41
Total																	100,00

No verão, de acordo com a escala de Beaufort, as maiores concentrações de velocidade do vento estão associadas à categoria de “Brisa leve”, que indica um regime de vento moderado, capaz de intensificar a mistura mecânica na camada próxima à superfície. Essa condição, em geral, favorece a ventilação e a dispersão de poluentes, reduzindo a possibilidade de acúmulo local, sobretudo em áreas com emissões contínuas.

No outono, a predominância é da categoria de “Bafagem” caracterizada por ventos fracos e irregulares, com menor eficiência no transporte e na diluição de contaminantes atmosféricos. Associada a períodos de maior estabilidade, essa condição pode contribuir para maior retenção de poluentes nas proximidades das fontes emissoras, com potencial impacto negativo na qualidade do ar.

No inverno, embora também se observe “Brisa leve”, a dispersão pode ser limitada pela ocorrência mais frequente de estabilidade atmosférica e inversões térmicas, que restringem a mistura vertical. Assim, mesmo com vento moderado, pode haver redução da capacidade de diluição em altura, favorecendo concentrações mais elevadas próximo ao solo em determinados episódios.

Na primavera, a associação com “Bafagem” sugere um cenário de ventilação menos eficiente; contudo, a variabilidade meteorológica típica da estação pode alterar esse comportamento. Em dias com maior aquecimento diurno, a turbulência térmica tende a aumentar a mistura e melhorar a dispersão, enquanto em condições mais estáveis prevalece a tendência de estagnação, com maior probabilidade de acúmulo de poluentes nas áreas de emissão.

Nas **Figuras 5.1-6 a 5.1-10** a seguir, estão apresentadas as rosas dos ventos plotadas na EAMQAr, referente aos meses de **janeiro a dezembro de 2025** e referente a distribuição sazonal.

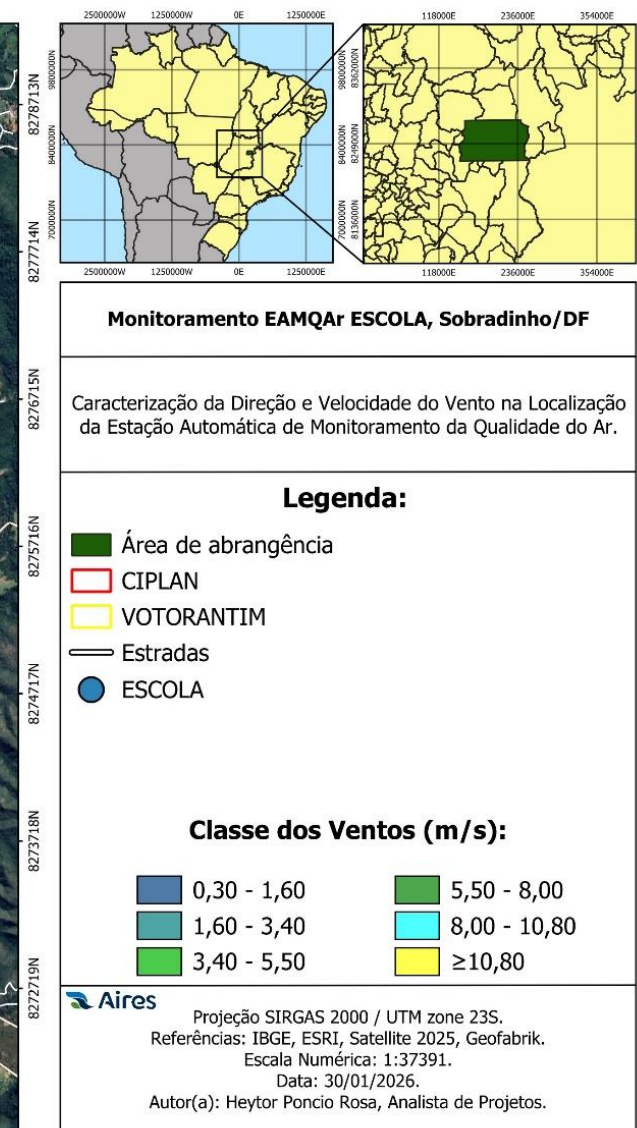
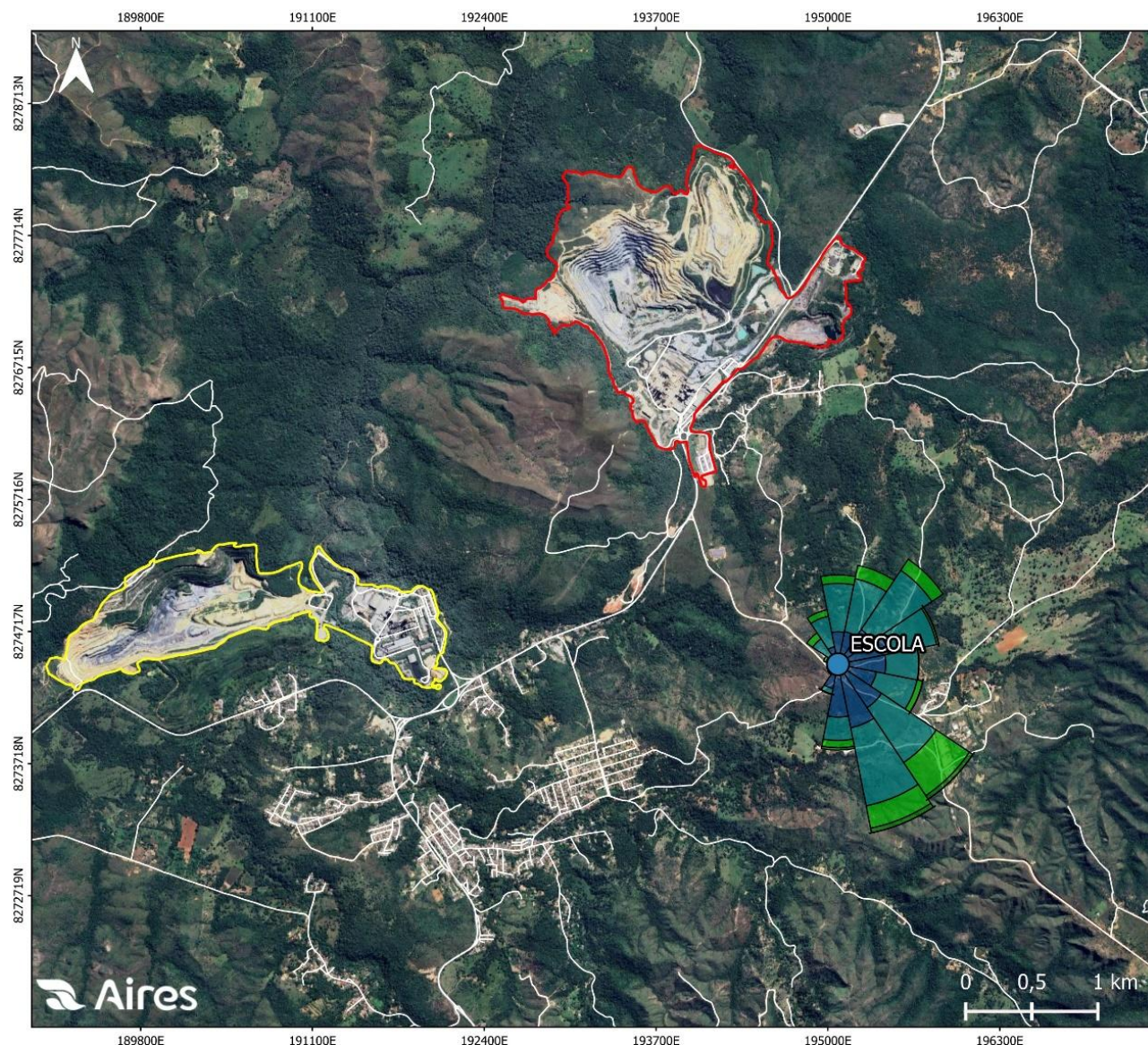


Figura 5.1-6: Localização do ponto e a rosa dos ventos referente aos meses de janeiro a dezembro de 2025.

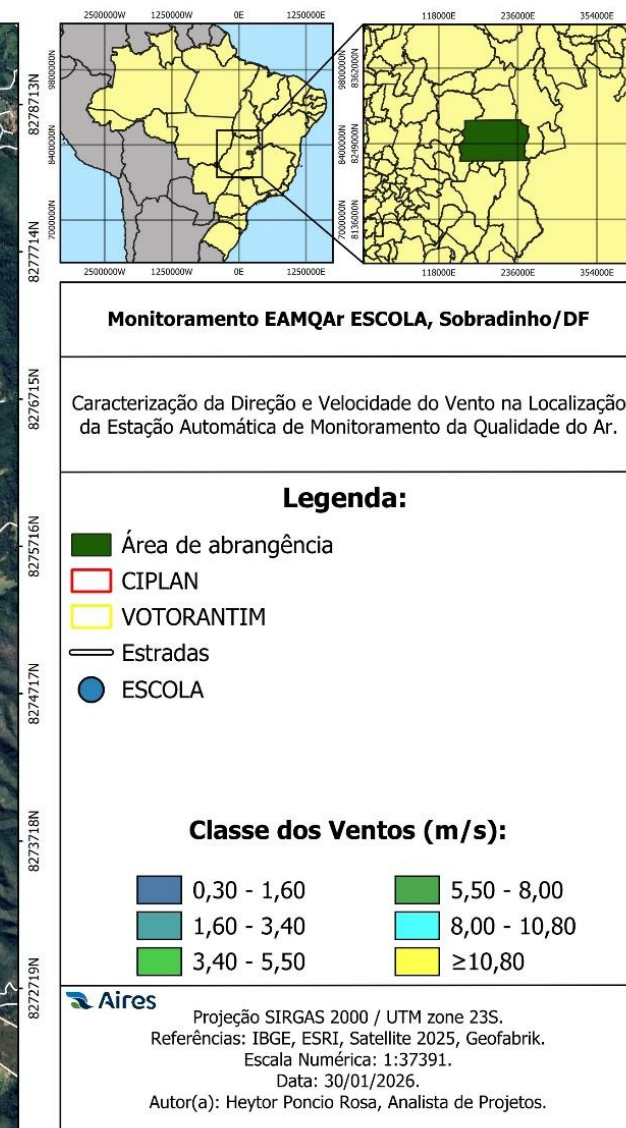
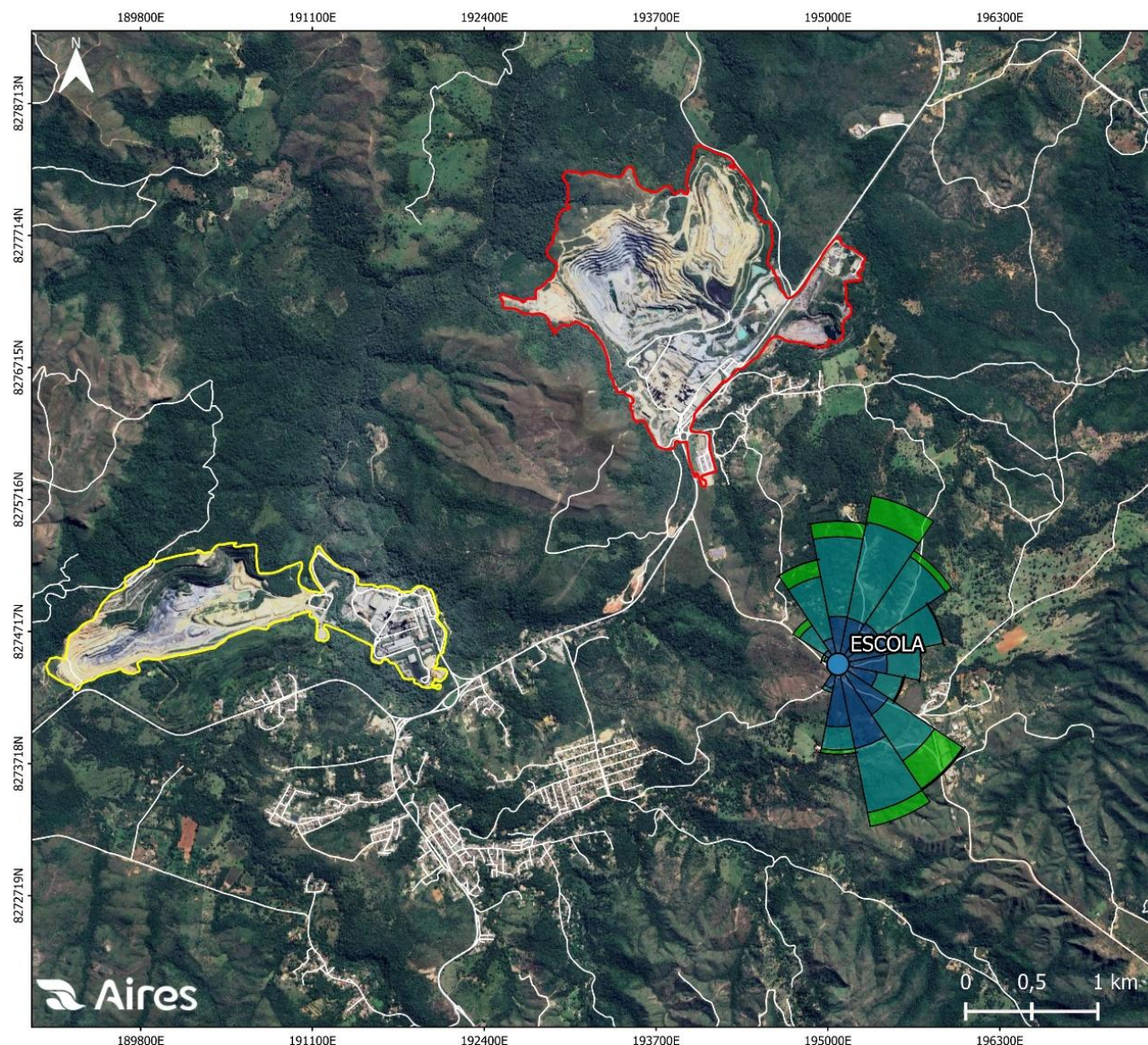
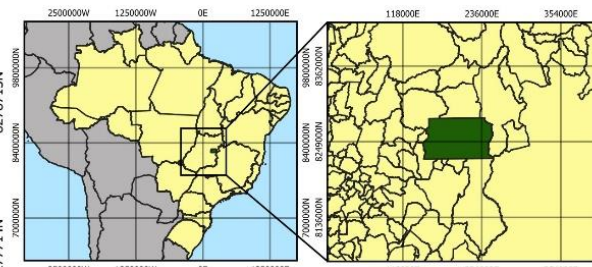
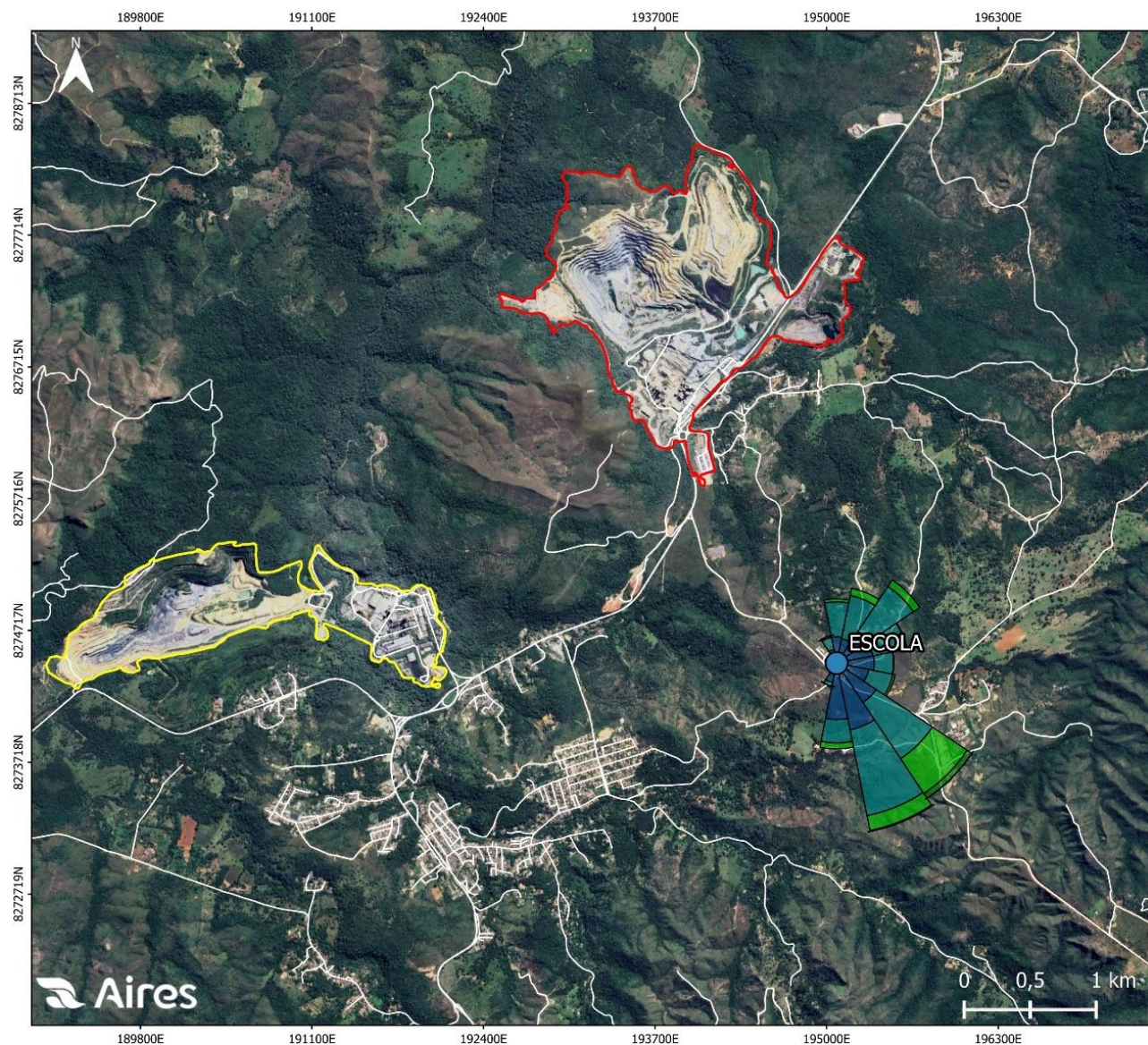


Figura 5.1-7: Localização do ponto e a rosa dos ventos referente ao Verão de 2025.



Monitoramento EAMQAr ESCOLA, Sobradinho/DF

Caracterização da Direção e Velocidade do Vento na Localização da Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar.

Legenda:

- Área de abrangência
- CIPLAN
- VOTORANTIM
- Estradas
- ESCOLA

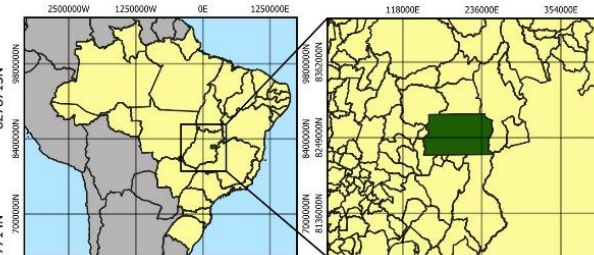
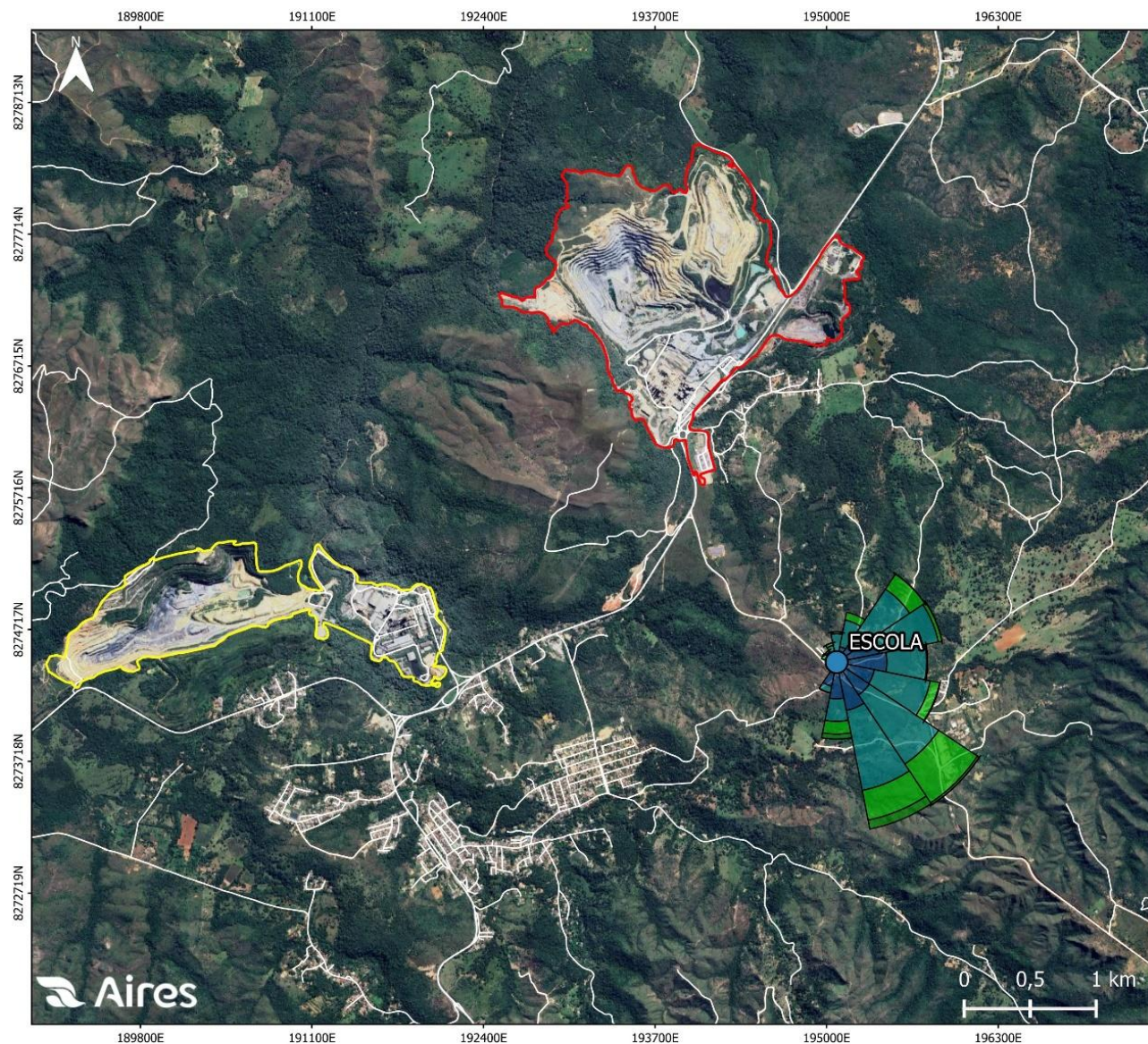
Classe dos Ventos (m/s):

- | | |
|-------------|--------------|
| 0,30 - 1,60 | 5,50 - 8,00 |
| 1,60 - 3,40 | 8,00 - 10,80 |
| 3,40 - 5,50 | ≥ 10,80 |



Projeção SIRGAS 2000 / UTM zone 23S.
Referências: IBGE, ESRI, Satellite 2025, Geofabrik.
Escala Numérica: 1:37391.
Data: 30/01/2026.
Autor(a): Heytor Poncio Rosa, Analista de Projetos.

Figura 5.1-8: Localização do ponto e a rosa dos ventos referente ao **Outono de 2025**.



Monitoramento EAMQAr ESCOLA, Sobradinho/DF

Caracterização da Direção e Velocidade do Vento na Localização da Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar.

Legenda:

- Área de abrangência
- CIPLAN
- VOTORANTIM
- Estradas
- ESCOLA

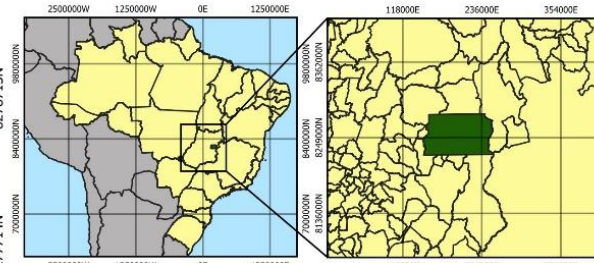
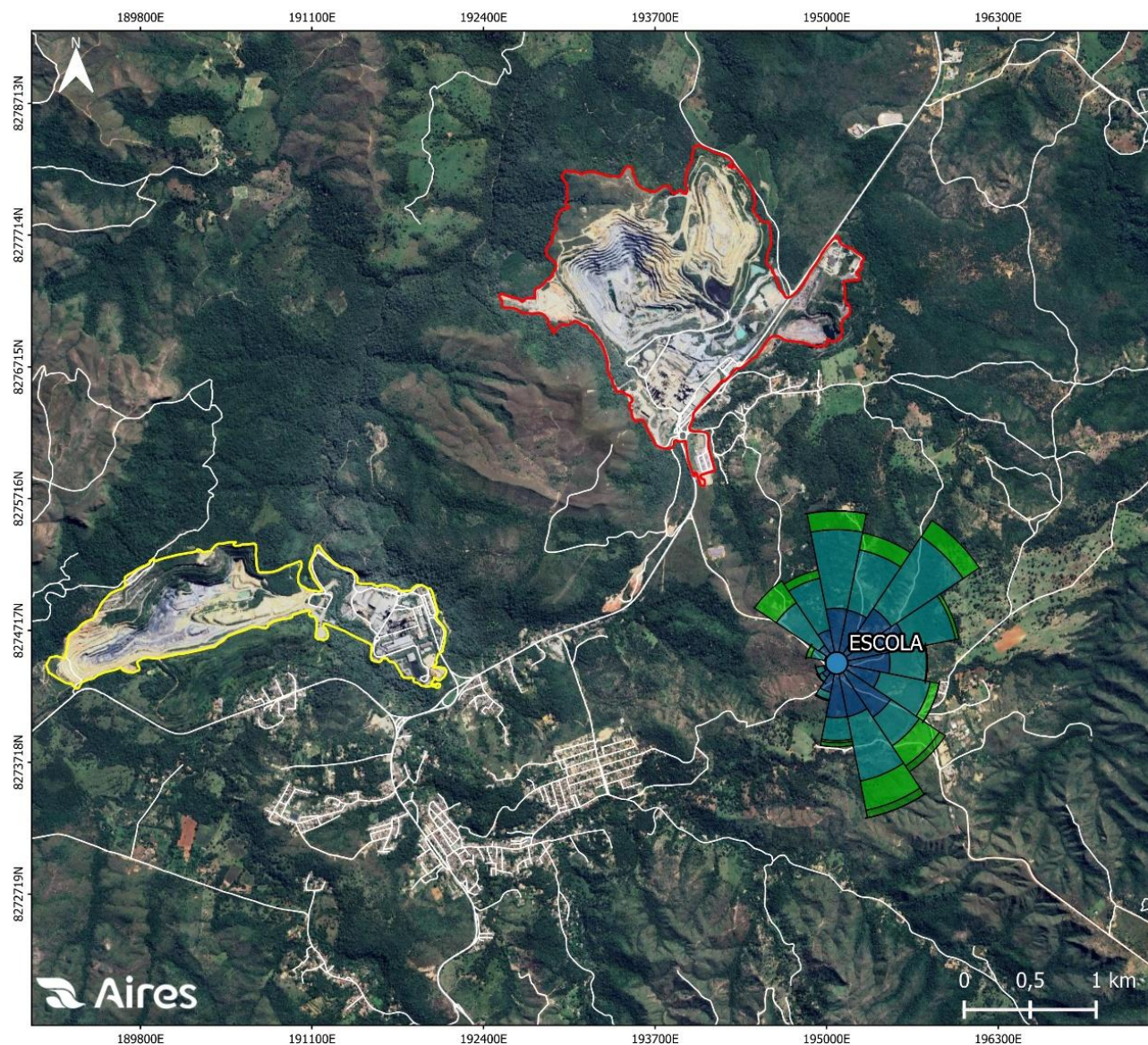
Classe dos Ventos (m/s):

- | | |
|---------------|----------------|
| ■ 0,30 - 1,60 | ■ 5,50 - 8,00 |
| ■ 1,60 - 3,40 | ■ 8,00 - 10,80 |
| ■ 3,40 - 5,50 | ■ ≥10,80 |



Projeção SIRGAS 2000 / UTM zone 23S.
Referências: IBGE, ESRI, Satellite 2025, Geofabrik.
Escala Numérica: 1:37391.
Data: 30/01/2026.
Autor(a): Heytor Poncio Rosa, Analista de Projetos.

Figura 5.1-9: Localização do ponto e a rosa dos ventos referente ao Inverno de 2025.



Monitoramento EAMQAr ESCOLA, Sobradinho/DF

Caracterização da Direção e Velocidade do Vento na Localização da Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar.

Legenda:

- Área de abrangência
- CIPLAN
- VOTORANTIM
- Estradas
- ESCOLA

Classe dos Ventos (m/s):

- | | |
|---------------|----------------|
| ■ 0,30 - 1,60 | ■ 5,50 - 8,00 |
| ■ 1,60 - 3,40 | ■ 8,00 - 10,80 |
| ■ 3,40 - 5,50 | ■ ≥10,80 |



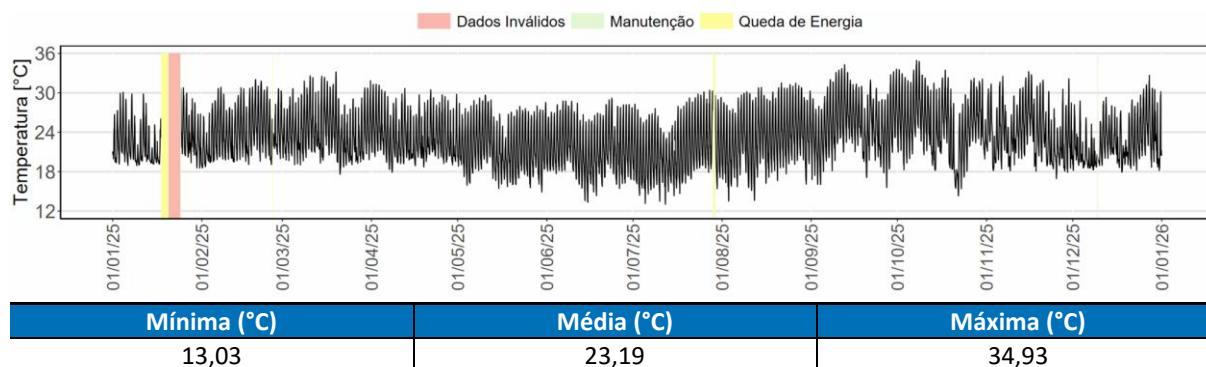
Projeção SIRGAS 2000 / UTM zone 23S.
Referências: IBGE, ESRI, Satellite 2025, Geofabrik.
Escala Numérica: 1:37391.
Data: 30/01/2026.
Autor(a): Heytor Poncio Rosa, Analista de Projetos.

Figura 5.1-10: Localização do ponto e a rosa dos ventos referente à Primavera de 2025.

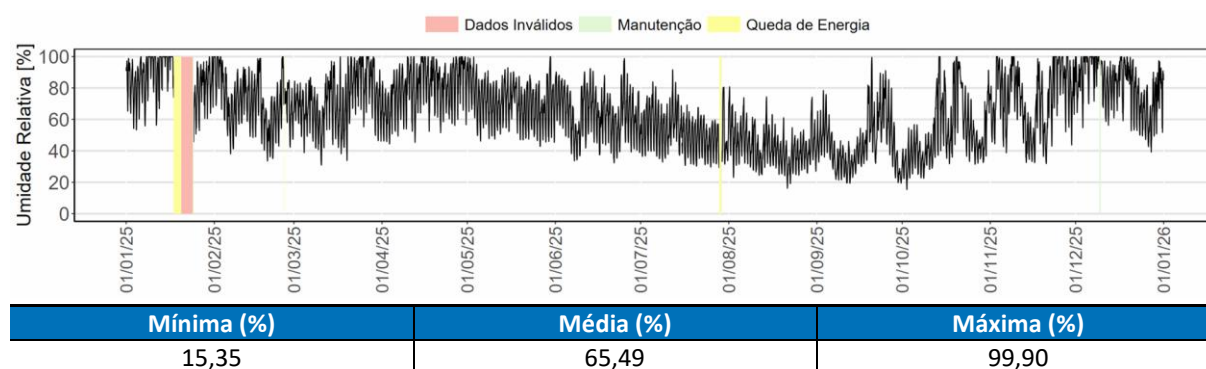
5.2. Gráficos de evolução horária com ocorrências

A seguir serão apresentados os gráficos de medições horárias dos parâmetros meteorológicos com as ocorrências, ou seja, os respectivos eventos que ocasionaram perda de dados. A descrição das invalidações será apresentada no **Capítulo 7**.

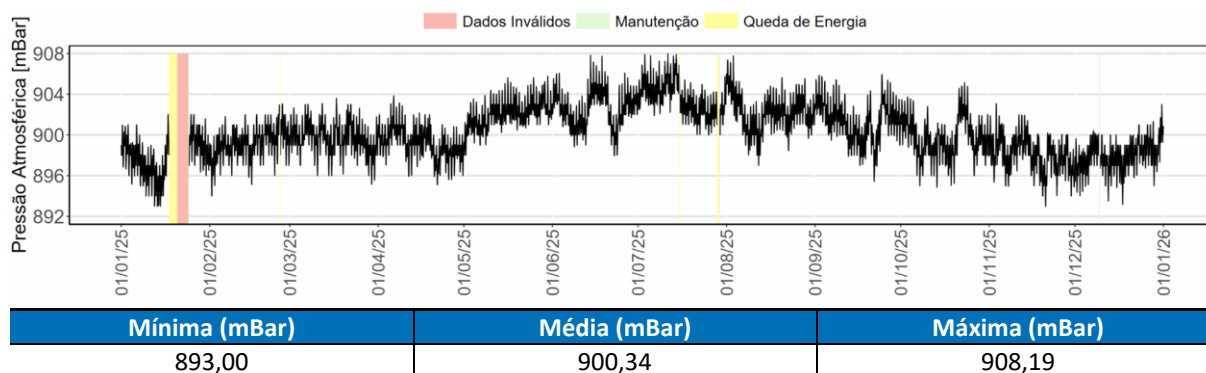
☑ Temperatura (T):



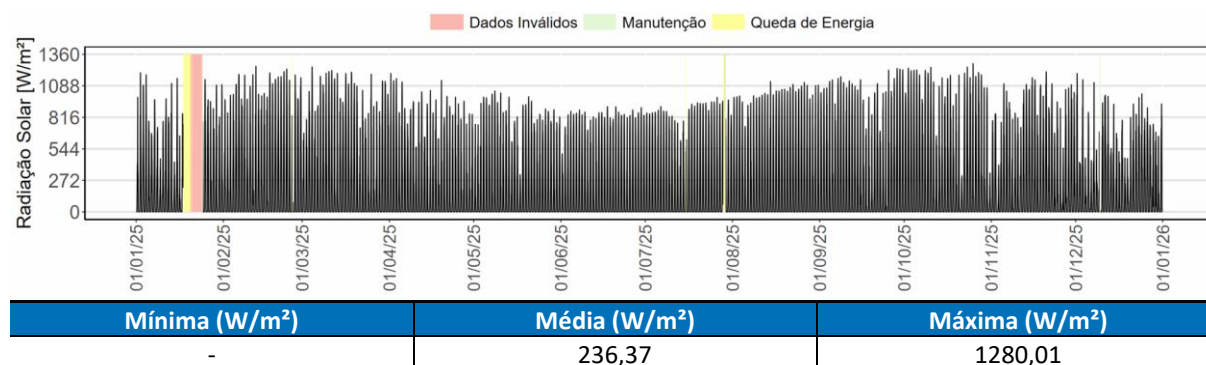
☑ Umidade Relativa (UR):



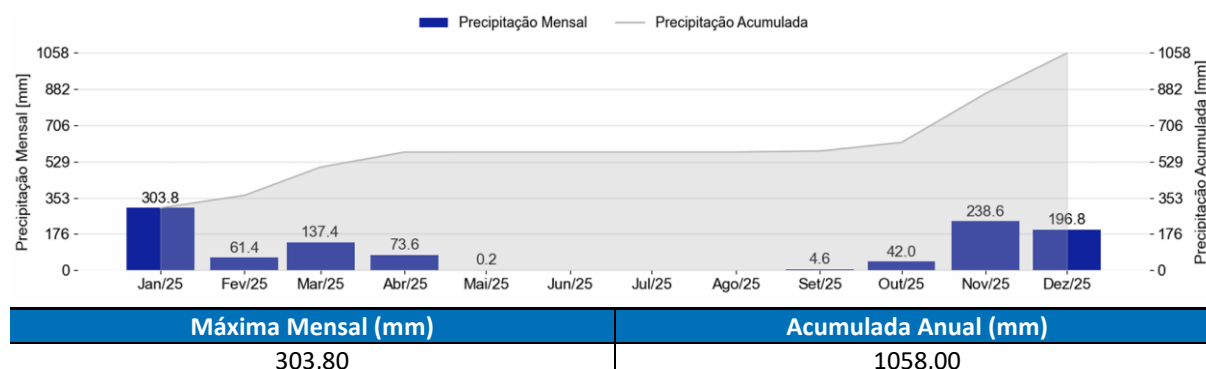
☑ Pressão Atmosférica (PA):



☑ Radiação Solar (RS):



☑ Precipitação Pluviométrica (PP):



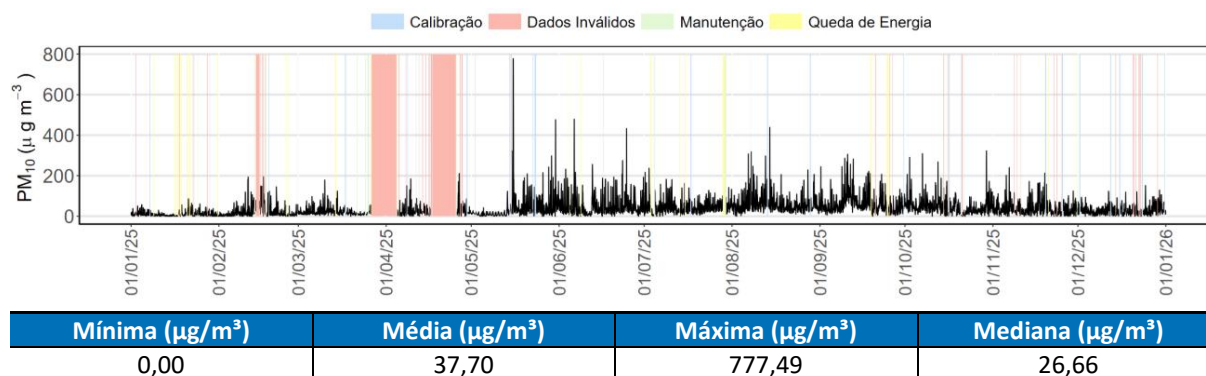
6. POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Este capítulo apresenta os gráficos de evolução com as médias horárias, diárias e móveis de qualidade do ar, análises de evolução horária e diária, comparando os resultados encontrados com a legislação vigente.

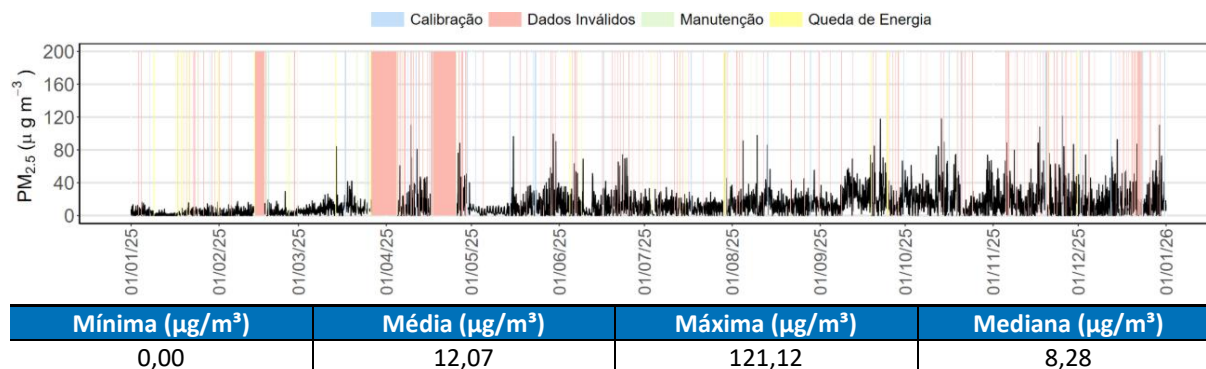
6.1. Gráficos de evolução horária com ocorrências

A seguir serão apresentados os gráficos de concentração horária dos parâmetros de qualidade do ar com as ocorrências, ou seja, os respectivos eventos que ocasionaram perda de dados. A descrição das invalidações será apresentada no **Capítulo 7**.

☑ Partículas Inalável (PM₁₀):



☑ Partículas Respiráveis (PM_{2,5}):



6.2. Comparação com a legislação aplicável

Nesta seção serão apresentados os gráficos gerados a partir das médias de concentração de cada um dos parâmetros monitorados (PM_{10} e $PM_{2,5}$) sendo possível a comparação dos resultados obtidos no monitoramento da EAMQAr com os padrões de qualidade do ar estaduais e nacionais da legislação vigente.

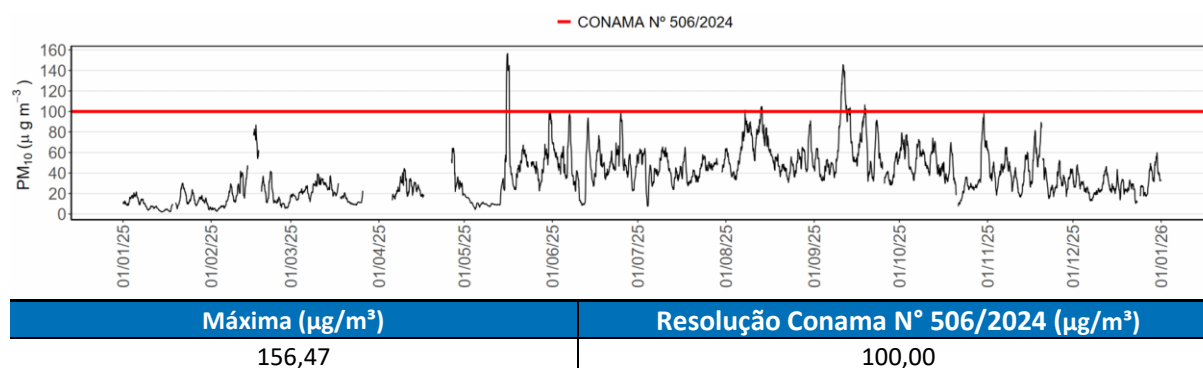
Durante o **ano de 2025**, houve ultrapassagem do parâmetro de PM_{10} para os padrões de legislações vigentes, sendo este a Resolução Conama N° 506/2024.

Para o mês de maio, houve ultrapassagem no dia 16/05/2025 às 05h, devido ao aumento da ressuspensão do material particulado ocasionado pelo alto fluxo veicular no dia 15/05/2025.

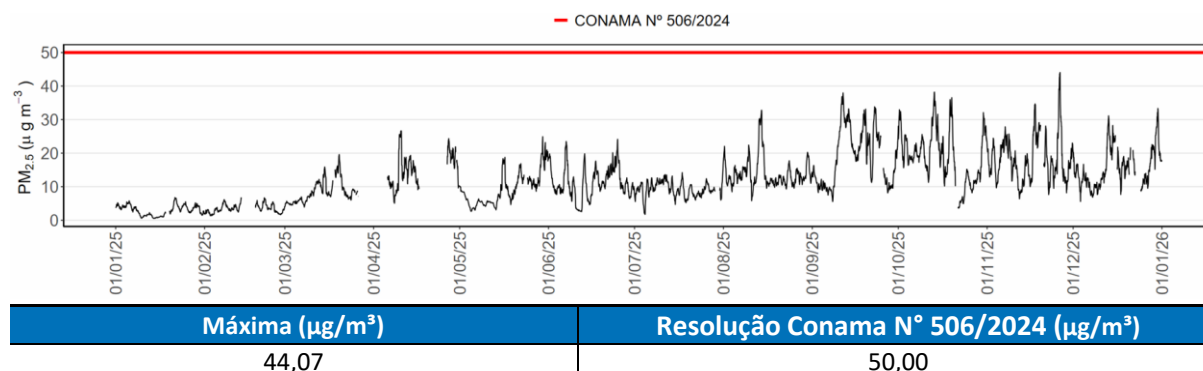
No mês de agosto, ocorreu a ultrapassagem nos dias 07/08/2025 18h e 13/08/2025 07h às 18h, em decorrência, sobretudo, do período de estiagem e do expressivo aumento do fluxo de veículos nas rodovias que margeiam a Estação.

No mês de setembro ocorreu a ultrapassagem nos dias 10/09/2025 das 10h ao dia 12/09/2025 10h e 23h e nos dias 13/09/2025, 18/09/2025 e 19/09/2025. Em decorrência, sobretudo, do expressivo aumento do fluxo de veículos nas rodovias que margeiam a Estação e das ocorrências de queimadas em áreas próximas. Os motivos das ultrapassagens serão mais bem detalhados no **Capítulo 7**.

☑ Partículas Inalável (PM_{10}):



☑ Partículas Respiráveis ($PM_{2,5}$):



Além disso, na **Tabela 6.2-1** é apresentada a comparação das médias dos parâmetros analisados com os limites anuais estabelecidos pelas legislações vigentes. Analisando os resultados é observado que não houve ultrapassagem dos limites anuais legislados pela Resolução Conama N° 506/2024.

Tabela 6.2-1: Comparação com o padrão anual para a EAMQAr.

Parâmetro	Período de Referência	Média	Resolução Conama Nº 506/2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀	Anual ¹	23,54	35,00
PM _{2,5}	Anual ¹	7,85	17,00

Legenda:

1- Média aritmética anual.

6.3. Análise integrada QAr X Meteorologia (DV e VV)

A **Figura 6.3-1 a 6.3-3** apresenta as concentrações dos poluentes em coordenadas polares, horárias e mensais para a EAMQAr. Os gráficos representam a concentração de cada poluente em relação à direção do vento e à velocidade do vento medidos nas próprias estações, sendo a leitura da direção feita da mesma forma que na rosa dos ventos, enquanto a velocidade varia de acordo com o raio de cada círculo, aumentando do centro para a borda. A variação dos poluentes é avaliada conforme a alteração das cores, representadas na escala lateral, as horas do dia e os meses do ano.

A análise pelo PolarPlot é muito importante, pois permite investigar possíveis fontes, que influenciam diretamente a Estação. Para a maioria das situações com poluentes gasosos, o aumento da velocidade do vento geralmente resulta em menor concentrações, devido ao aumento da diluição através da advecção e aumento da turbulência, enquanto para os materiais particulados, elevados valores de velocidade podem aumentar os níveis de concentração, em função do processo de ressuspensão de poeira em áreas expostas, por exemplo. Entretanto, a obtenção de concentrações elevadas coincidindo com a ocorrência de altas velocidades do vento, podem caracterizar um cenário, no qual as fontes emissoras, podem estar localizadas mais distantes das estações de monitoramento.

A análise por meio do Polar Annulus permite identificar os principais horários e meses com maiores concentrações de poluentes ao longo do **ano de 2025**, contribuindo para uma avaliação temporal detalhada. O Polar Annulus é uma extensão do Polar Plot, mas, em vez de relacionar diretamente a direção do vento com a concentração dos poluentes, ele incorpora uma dimensão temporal, possibilitando a visualização das variações sazonais e horárias. Essa abordagem revela padrões que podem estar associados a fatores como mudanças climáticas sazonais, regimes de vento predominantes e ciclos de atividade humana. Diferentemente do Polar Plot, que foca na relação entre a direção e a velocidade do vento com os níveis de poluição, o Polar Annulus estrutura essas informações ao longo do tempo, destacando a evolução das concentrações em períodos específicos, como meses e horários do dia. A integração dessas ferramentas possibilita uma compreensão mais abrangente das dinâmicas de emissão e dispersão de poluentes, facilitando a identificação de tendências sazonais e variações diárias, e auxiliando na formulação de estratégias para o controle da qualidade do ar.



Figura 6.3-1: Gráfico PolarPlot dos parâmetros de qualidade do ar (PM₁₀ e PM_{2,5}) da EAMQAr.

Com base nos resultados, a **Figura 6.3-1** apresenta para o PM₁₀, as maiores concentrações estão ao sul, sudoeste e oeste a médias velocidades. Já o PM_{2,5}, as maiores concentrações estão ao sul, sudeste e sudoeste a médias velocidades. Isso, indica que as fontes de emissão desses poluentes estão um pouco mais distantes da Estação, podendo ser atribuída à ressuspensão de material proveniente do tráfego veicular na DF-326 – uma estrada de chão localizada próxima à Estação – além do transporte de material particulado de fontes mais distantes.



Figura 6.3-2: Gráfico PolarAnnulus horário dos parâmetros de qualidade do ar (PM₁₀ e PM_{2,5}) da EAMQAr.

A **Figura 6.3-2** apresenta para ambos os particulados, as maiores concentrações de poluentes ocorrem por volta das 7h e 8h quando se inicia o aumento do fluxo veicular, ocasionado pelo deslocamento casa-trabalho, as emissões vão aumentando e por volta das 18h às 20h e na direção sul e sudoeste, onde fica localizada a DF-326 – uma estrada de chão próxima à Estação, quando o movimento retorna a ser mais intenso por volta de 18h da intensificação das atividades e da movimentação de veículos.



Figura 6.3-3: Gráfico PolarAnnulus mensal dos parâmetros de qualidade do ar (PM₁₀ e PM_{2,5}) da EAMQAr.

A **Figura 6.3-3** apresenta para o PM₁₀, as maiores concentrações de poluentes estão distribuídas nas direções sul e noroeste e nos meses de agosto a novembro. Esse comportamento é compatível com as condições típicas do período seco, que favorecem a ressuspensão de partículas e a menor dispersão atmosférica, além da influência adicional da ocorrência de queimadas em áreas próximas.

Para o PM_{2,5}, observa-se predominância das maiores concentrações associadas principalmente à direção noroeste, com episódios mais evidentes nos meses de fevereiro, abril e no intervalo de setembro a novembro. Esse padrão sugere contribuição combinada de fontes locais, em especial o aumento do fluxo veicular na região, conforme será mais bem detalhado no **Capítulo 7**, e de fontes sazonais, relacionadas ao período seco e à incidência de queimadas em áreas próximas, que elevam a fração fina do material particulado.

A análise da relação entre precipitação pluviométrica e material particulado (PM₁₀ e PM_{2,5}), evidenciada nos gráficos da **Figura 6.3-4** e nos calendários da **Figura 6.3-5**, é essencial para compreender a dinâmica da qualidade do ar e seus impactos. A precipitação desempenha um papel fundamental na remoção de poluentes atmosféricos, reduzindo temporariamente suas concentrações por meio do processo de lavagem atmosférica. Em contrapartida, períodos de baixa pluviosidade favorecem o acúmulo de partículas suspensas. Observa-se uma tendência sazonal, em que as concentrações de poluentes aumentam significativamente nos meses mais secos. Dessa forma, a precipitação atua como um regulador natural da qualidade do ar, afetando de maneira diferenciada cada um dos poluentes analisados e evidenciando sua importância na dinâmica atmosférica e na mitigação dos impactos da poluição sobre o meio ambiente e a saúde humana.

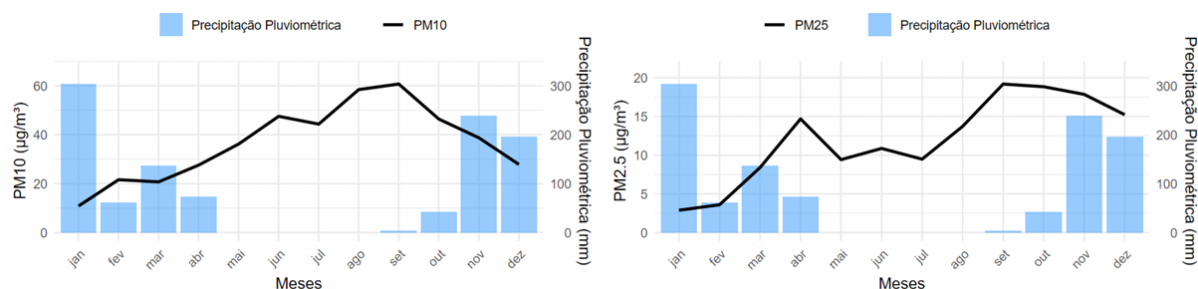


Figura 6.3-4: Gráfico de comparação da Precipitação Pluviométrica com os parâmetros de qualidade do ar (PM₁₀ e PM_{2,5}) da EAMQAr.

A análise da **Figura 6.3-4** evidencia a relação entre a precipitação pluviométrica e as concentrações de material particulado (PM₁₀ e PM_{2,5}) ao longo dos meses. Observa-se que, nos períodos sem precipitação, os níveis de particulados aumentaram significativamente, enquanto nos dias com maior índice pluviométrico, suas concentrações são reduzidas. Essa tendência também pode ser verificada na análise diária por meio do calendário (**Figuras 6.3-5**), onde se nota que as maiores concentrações de material particulado estão associadas à baixos índices pluviométricos. Esse fenômeno ocorre devido à ação higroscópica da chuva, que remove os poluentes da atmosfera por meio da lavagem atmosférica. Além disso, os períodos de seca favorecem a intensificação das queimadas, que contribuem diretamente para o aumento das concentrações de particulados, agravando os impactos ambientais e a qualidade do ar.

É fundamental ressaltar que a classificação de cores utilizada no calendário (**Figuras 6.3-5**) é baseada na máxima concentração registrada para cada parâmetro ao longo do período analisado. Dessa forma, a gradação das cores representa valores relativos dentro do conjunto de dados, não significando, necessariamente, ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar estabelecidos por órgãos reguladores. Essa abordagem possibilita uma visualização clara das tendências e variações temporais, facilitando a análise da influência de fatores meteorológicos, como a precipitação, sobre as concentrações dos poluentes.

Adicionalmente, é importante destacar que os dias sem coloração indicam ausência de dados válidos, seja por invalidações ou períodos sem medições. No caso específico da precipitação pluviométrica, a ausência de coloração representa dias sem ocorrência de chuvas, contribuindo para a análise da relação entre as condições meteorológicas e a dispersão dos poluentes.

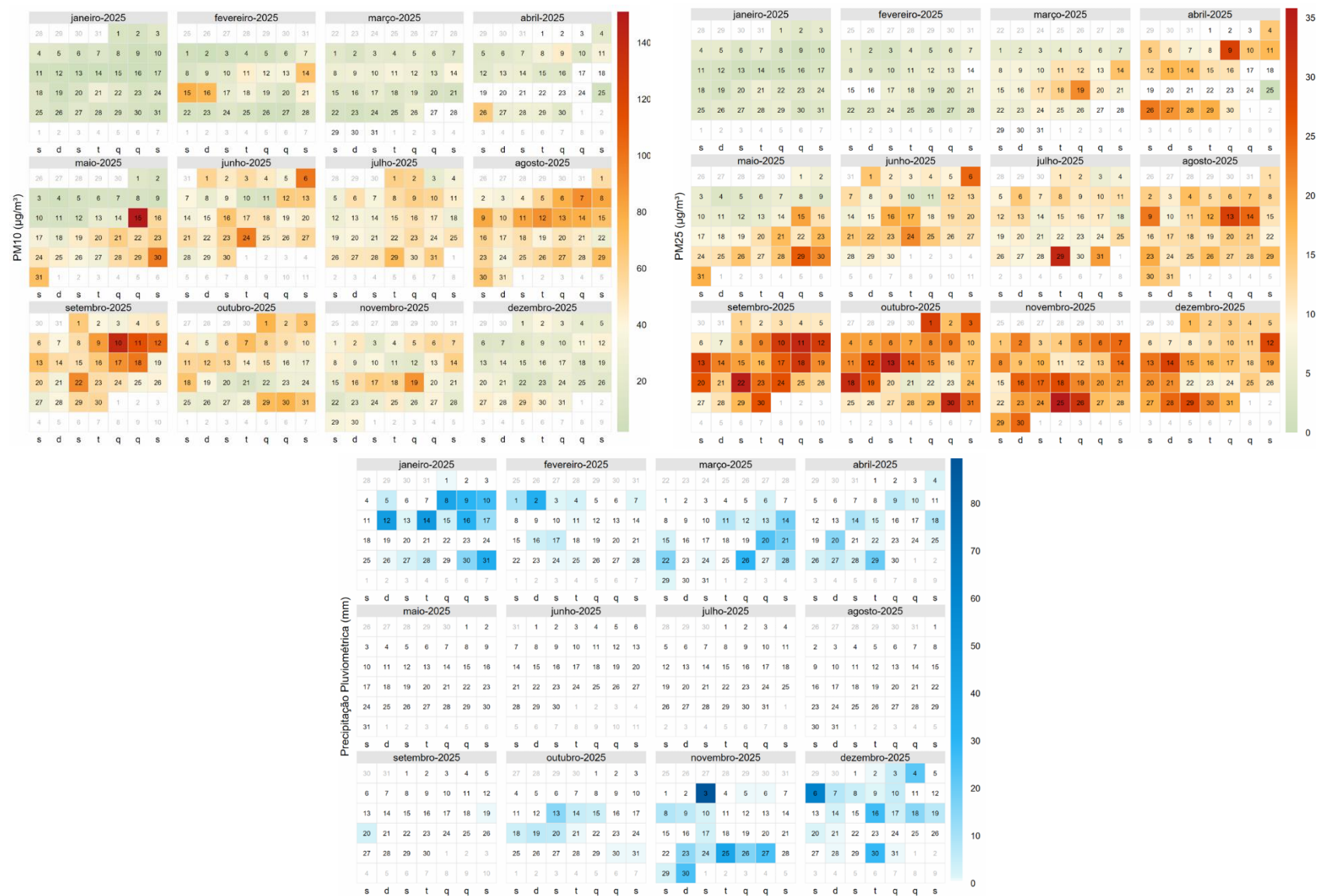


Figura 6.3-5: Calendário de concentração dos parâmetros de qualidade do ar (PM₁₀, PM_{2,5}) e acumulado diário de Precipitação Pluviométrica.

6.4. Avaliação do Padrão Temporal Horário e Diário

A seguir serão apresentados os gráficos de evolução horária de cada parâmetro monitorado. A avaliação da evolução horária ao longo do período monitorado é importante, para evidenciar o comportamento típico da interação dia/noite de cada parâmetro e assegurar a consistência das medições dos dados de qualidade do ar.

6.4.1 PM₁₀ e PM_{2,5}

O material particulado possui um comportamento característico. Este comportamento é caracterizado por concentrações mais baixas, em geral, das 00h às 06h; concentrações crescentes das 06h às 10h; um maior decréscimo a partir das 11h; um novo aumento das concentrações das 17h às 19h; e uma redução a partir das 20h. Este comportamento é devido, principalmente, ao fluxo veicular, que é responsável pela emissão de material particulado, seja pelo escapamento na queima de combustível, pelo desgaste de pneus e freios à medida que trafegam, além da ressuspensão de partículas presentes nas vias.

Os níveis de concentração de material particulado são relativamente mais baixos no começo do dia, e, a partir de 06h, quando se inicia o aumento do fluxo veicular, ocasionado pelo deslocamento casa-trabalho, as emissões vão aumentando até atingir um máximo. O movimento retorna a ser mais intenso por volta de 18h da intensificação das atividades e da movimentação de veículos.

Analisando o comportamento horário do material particulado para a EAMQAr (**Figura 6.4.1-1**), é notado um pico de concentração por volta das 07h e outro por volta das 18h, esse comportamento está associado, principalmente, ao aumento do tráfego veicular nos horários de deslocamento, e é potencializado pelas características do entorno da estação, instalada em uma escola e próxima a uma estrada não pavimentada. Nessas condições, além das emissões veiculares, a ressuspensão de poeira pela passagem de veículos tende a intensificar as concentrações, sobretudo para a fração mais grossa do material particulado.

Quanto ao comportamento semanal, é nota-se elevação gradual das concentrações ao longo dos dias úteis (segunda a sexta-feira), seguida de redução aos finais de semana. Essa variação é compatível com a queda do fluxo de veículos e da atividade local aos sábados e, principalmente, aos domingos, quando há menor circulação nas proximidades da estação e menor tráfego na via de chão, reduzindo tanto as emissões associadas ao deslocamento quanto a ressuspensão de partículas.

Em relação ao comportamento mensal, as maiores concentrações são registradas no período de estiagem, com destaque para agosto e setembro. Nessa época, a menor ocorrência de precipitação e a redução da umidade favorecem o acúmulo de partículas no ar e aumentam a disponibilidade de material para ressuspensão, elevando os níveis observados. Adicionalmente, a incidência de queimadas em áreas próximas contribui para intensificar as concentrações, especialmente em episódios pontuais, reforçando o caráter sazonal do aumento durante os meses mais secos.

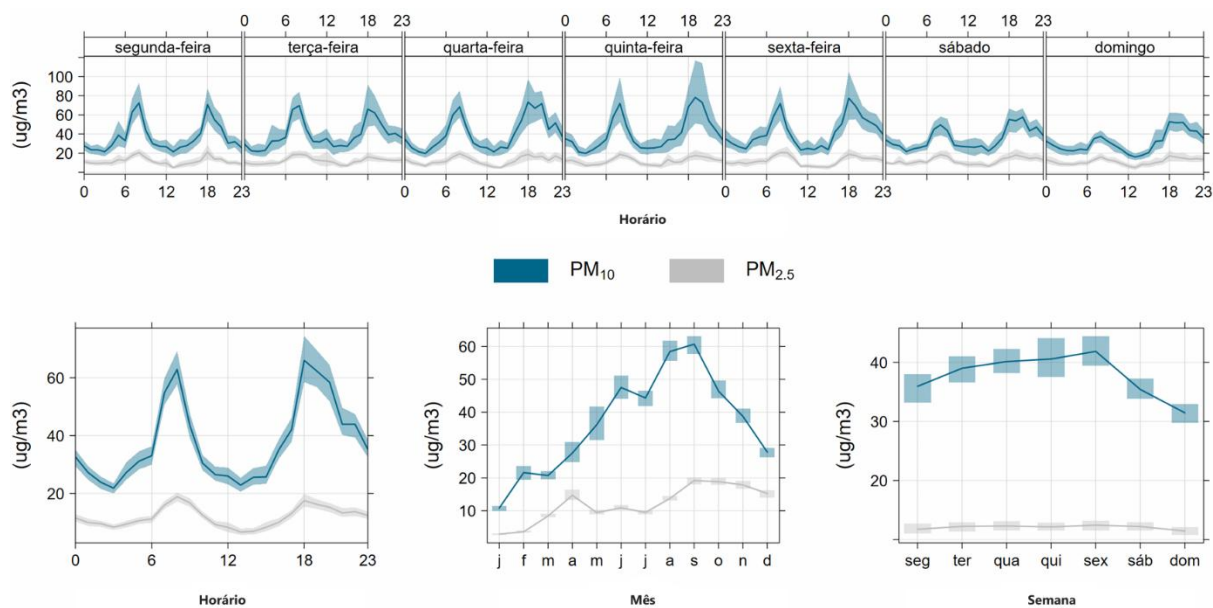


Figura 6.4.1-1: Evolução horária e semanal de PM₁₀ e PM_{2.5} da EAMQAr.

6.5. Cálculo do IQAr

Para os meses de **janeiro a dezembro de 2025** são apresentados, na **Figura 6.5-1**, os gráficos de IQAr durante o período de monitoramento. Já na **Tabela 6.5-1** é apresentada a Distribuição da Classificação do IQAr, ou seja, esta apresenta as porcentagens associadas às classificações de qualidade do ar para os poluentes mensurados e um total combinado ao longo do mês. Essas porcentagens representam a proporção do tempo em que a qualidade do ar está dentro de cada classificação do IQAr, com base na concentração desses poluentes.

Tabela 6.5-1: Distribuição da Classificação do IQAr.

Classificação do IQAr	PM ₁₀	PM _{2,5}	Total
BOA	67,11%	72,56%	69,81%
MODERADO	31,51%	27,44%	29,49%
RUIM	1,27%	-	0,64%
MUITO RUIM	0,10%	-	0,05%

A qualidade do ar classificada como MUITO RUIM toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Pessoas de grupos sensíveis podem apresentar efeitos mais graves à saúde.

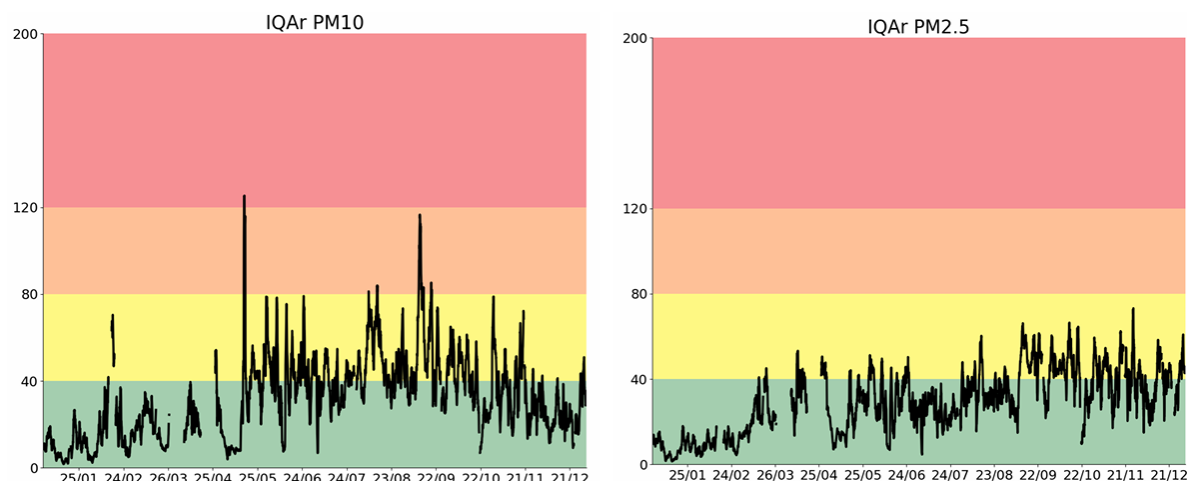
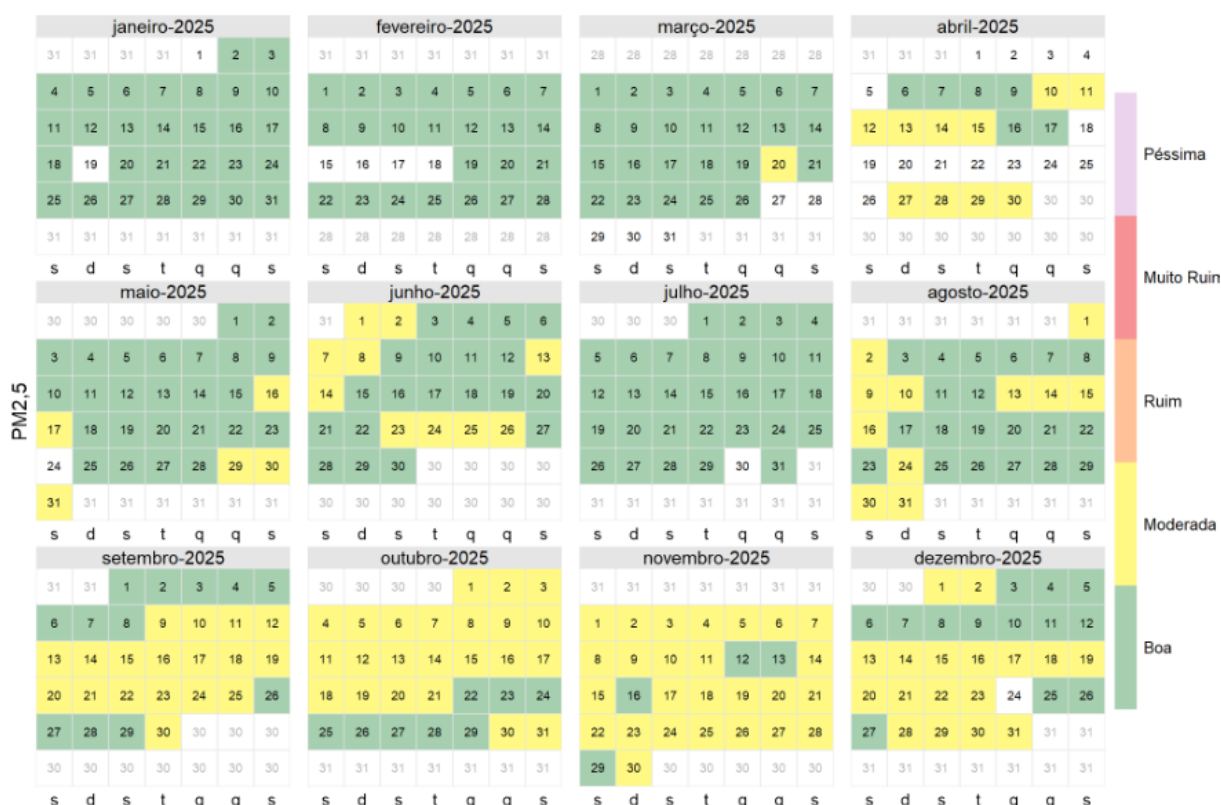
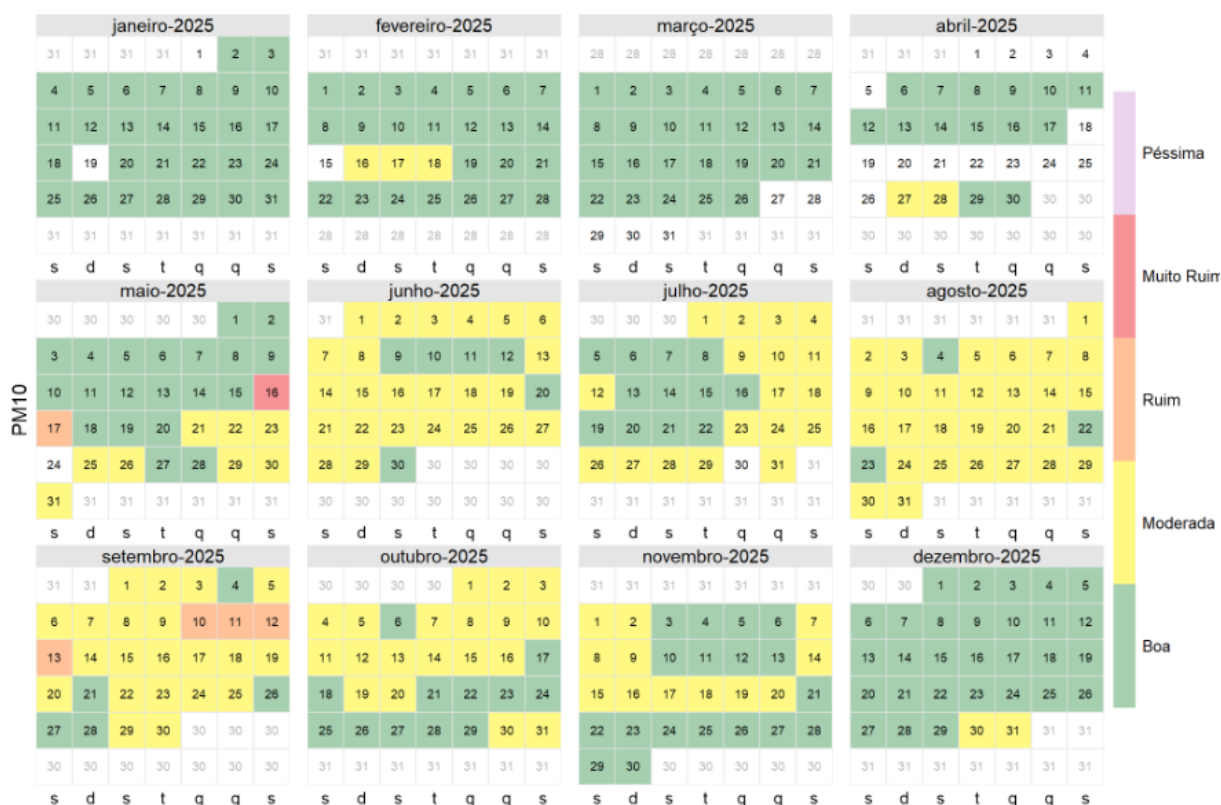


Figura 6.5-1: Gráfico de Índice de qualidade do ar (PM_{2,5} e PM₁₀) da EAMQAr.

As **Figuras 6.5-2 e 6.5-3** apresentam os calendários detalhado do Índice de Qualidade do Ar (IQAr), abrangendo as classificações diárias dos materiais particulados PM_{2,5} e PM₁₀ ao longo do **ano de 2025**. O calendário é organizado por meses, permitindo a análise diária da qualidade do ar em termos de suas categorias: "Boa", "Moderada", "Ruim" e "Muito Ruim".

O calendário fornece uma visão clara das variações temporais e sazonais da qualidade do ar, destacando padrões que podem estar associados a condições climáticas, atividades humanas ou eventos específicos. A figura é particularmente útil para identificar tendências em períodos do ano e avaliar os impactos potenciais na saúde pública e no meio ambiente.

Nos dias em que não há coloração no calendário, a ausência de classificação pode estar relacionada à baixa quantidade de dados disponíveis para o cálculo ou à ausência total de dados devido a invalidações.



A análise dos calendários de IQAr para o material particulado indica predominância de classificações “Boa” ao longo do ano, especialmente nos meses chuvosos (janeiro a março). No entanto, observa-se uma piora consistente da qualidade do ar entre os meses de junho e setembro, com maior frequência de dias classificados como “Moderada” e “Ruim”, e episódios pontuais de “Muito Ruim”, sendo esses

dois últimos somente para o PM_{10} . Esse comportamento está associado ao período de estiagem, na qual a ausência de chuvas dificulta a dispersão dessas partículas, fazendo com que permaneçam suspensas por longos períodos, intensificando sua concentração no ar, conforme será detalhado no **Capítulo 7**.

7. OCORRÊNCIAS IDENTIFICADAS

O capítulo em questão apresenta as principais invalidações ocorridas durante o ano de referência deste Relatório Técnico, para cada parâmetro monitorado na EAMQAr.

No dia 20 de janeiro de 2025, identificou-se um defeito no datalogger da Estação, possivelmente decorrente de instabilidades na rede elétrica, interrompendo as transmissões e resultando em perda total dos dados meteorológicos. O datalogger foi substituído em 23/01/2025 às 16h e configurado em 24/01/2025, quando a estação retomou a comunicação e a transmissão de dados.

No dia 26 de março de 2025, após picos e uma queda de energia por volta das 17h, o TEOM 1405-D passou a registrar valores zerados. Foi constatado erro de fluxo do PM Coarse, gerando medições inválidas, e o equipamento foi substituído em 04/04/2025, após o que voltou a operar com dados válidos.

Em abril, persistiram problemas no TEOM 1405-D (erro de fluxo do PM Coarse), com substituição em 04/04/2025. Devido à recorrência de valores negativos e episódios de $PM_{10} < PM_{2,5}$, foi realizada calibração em 16/04/2025, após a qual o equipamento passou a apresentar leituras zeradas e dados inconsistentes. Testes indicaram mau funcionamento no fluxo do transducer, motivando nova substituição em 25/04/2025 às 15h. A calibração do monitor ocorreu em 29/04/2025, restabelecendo as medições válidas.

Na tarde do dia 15 de maio de 2025, por volta das 16h, ocorreu um acidente na descida da Fercal, na rodovia DF-150, no Distrito Federal, resultando no bloqueio total da via. Em decorrência do fechamento da rodovia, veículos pesados, como ônibus e caminhões, além de outros automóveis, foram desviados para rotas alternativas — especialmente a DF-326, nas proximidades da Estação da Escola. O desvio gerou um aumento significativo no fluxo veicular na região, o que impactou diretamente no aumento das medições de particulados na região. Conforme reportado pelo operador, observou-se um aumento perceptível na concentração de material particulado em suspensão. O aumento do tráfego veicular a partir das 18h resultou na elevação das concentrações dos materiais particulados, com destaque para o parâmetro PM_{10} . Esse acréscimo levou à ultrapassagem do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 506/2024 para a média móvel de 24 horas, ocorrida às 05h no dia 16/05/2025.

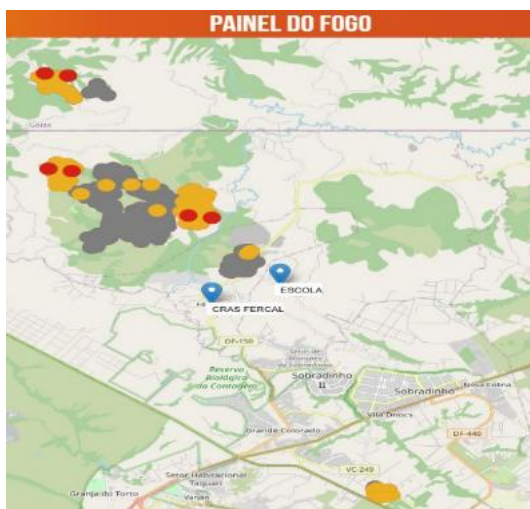


Figura 7-1 a 7-4: Registro Fotográfico das reportagens que documentam o ocorrido.

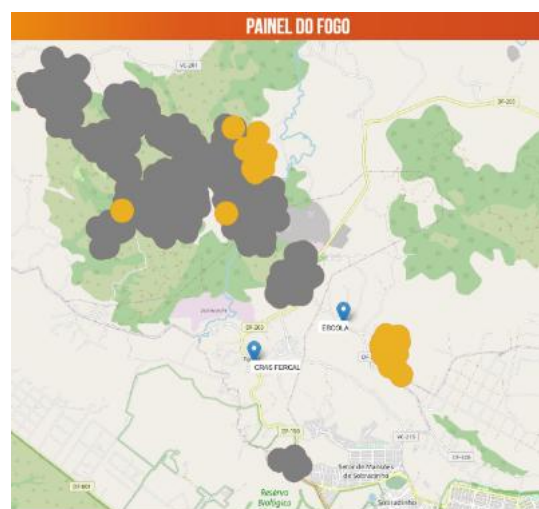
No dia 28 de julho 2025 fora identificada uma queda de energia às 19h, ocasionando no desligamento da Estação. Durante a verificação, foi constatado que o nobreak se encontrava desligado, o que ocasionou a interrupção no funcionamento de todos os equipamentos, resultando na perda total dos dados. A análise indicou que a bomba de vácuo do TEOM 1405-D gerou sobrecarga no nobreak após a queda de energia, comprometendo seu funcionamento. Em 29/07/2025, foi adquirido e instalado um novo nobreak, e a estação voltou a operar normalmente.

Nos meses de setembro e outubro de 2025, foram registradas ocorrências de queimadas nas proximidades da Estação da Escola, com aumento de fumaça e partículas na atmosfera. Esses episódios impactaram diretamente a qualidade do ar, elevando as concentrações de material particulado (especialmente PM₁₀) e resultando em piora do Índice de Qualidade do Ar (IQA), com classificações que chegaram a “moderada”, “ruim” e, em situações mais críticas, “muito ruim” (conforme **Figura 6.5-1**).

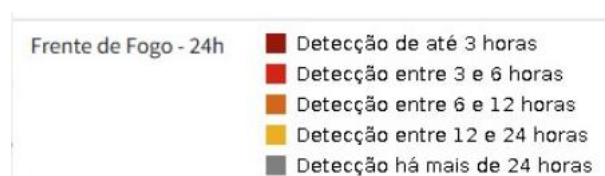
As **Figuras 7-1 a 7-10** apresentam registros fotográficos das ocorrências juntamente com registros de reportagens que documentam a ocorrência. Além disso, em conjunto foram adicionadas imagens do painel de fogo da CENSIPAM dos dias 29/09/2025, 30/09/2025 e 09/10/2025.

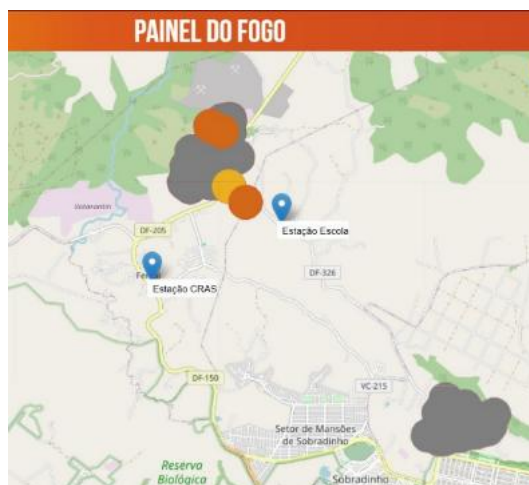


29/09/2025

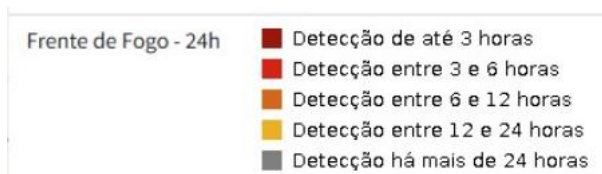


30/09/2025





09/10/2025



INMET emite alerta vermelho de baixa umidade com grande risco de incêndios em Brasília e Região até sexta-feira (3)

INMET emite alerta de grande perigo para Brasília e região

Figura 7-1 a 7-10: Registro fotográficos das Queimadas em proximidade da Estação do ESCOLA, reportagens e painel de Fogo CENSIPAM.

No mês de novembro e dezembro, as perdas ocorreram por invalidações de PM_{10} e $PM_{2,5}$, a partir do dia 04/11/2025, foram identificadas invalidações devido a medições negativas. Foram realizadas ações corretivas, incluindo calibração do equipamento e substituição do filtro, visando minimizar as invalidações, porém sem sucesso. Devido a isso, no dia 31/12/2025, o equipamento foi submetido a uma série de verificações, ajustes e calibração. Após essas intervenções, as invalidações decorrentes das medições negativas foram resolvidas.

Por fim, no dia 10 dezembro 2025, às 12h, fora realizada a substituição dos sensores de meteorologia da Estação por novos sensores calibrados, em razão do vencimento da calibração em dezembro de 2025. Em decorrência da substituição, foram executadas as configurações, verificações e testes necessários, com término às 18h do mesmo dia, após esse horário, as medições passaram a ser válidas e de acordo com a série histórica.

8. DISPONIBILIDADE

A **Tabela 8-1** apresenta a disponibilidade por parâmetro e total da EAMQAr. Os Dados Inválidos incluem: Dados Inválidos devido inconsistência na medição do equipamento, Insuficiência de Amostras e Ausência de Dados.

Tabela 8-1: Disponibilidade real e contratual de dados da EAMQAr.

Parâmetros	Dados Totais	Dados Inválidos	Manutenção	Calibração	Força Maior	Dados Válidos	Disponibilidade Real
PM ₁₀	8760	559	64	151	113	7873	89,87%
PM _{2,5}	8760	902	64	151	113	7530	85,96%
Direção do Vento	8760	96	14	0	84	8566	97,79%
Velocidade do Vento	8760	97	14	0	84	8565	97,77%
Temperatura	8760	96	14	0	84	8566	97,79%
Umidade Relativa	8760	96	14	0	84	8566	97,79%
Pressão	8760	96	14	0	84	8566	97,79%
Radiação Solar	8760	96	14	0	84	8566	97,79%
Precipitação	8760	96	14	0	84	8566	97,79%
Total	78840	2134	226	302	814	75364	95,59%

9. ANÁLISE COMPARATIVA DA SÉRIE HISTÓRICA DO MONITORAMENTO

Neste capítulo será apresentada a comparação interanual dos resultados de 2024 e 2025, utilizando os gráficos de evolução horária de cada parâmetro monitorado. Esses gráficos permitem avaliar a variabilidade das concentrações e reconhecer alterações no padrão de comportamento dos poluentes ao longo do tempo. A análise será organizada em diferentes escalas, contemplando as variações horárias (ciclo diurno), semanais (contraste entre dias úteis e fins de semana) e mensais, o que amplia a capacidade de interpretação sobre os fatores que controlam os níveis observados, incluindo condições meteorológicas, aspectos operacionais e o perfil de emissões.

Do ponto de vista técnico, o uso dessas representações é relevante porque facilita distinguir mudanças sistemáticas de oscilações de curta duração, evidenciando variações no regime de concentrações associadas a transformações no entorno (uso e ocupação), a modificações na intensidade de fontes emissoras — como tráfego e atividades locais — e a condições atmosféricas que influenciam a dispersão e a acumulação de material particulado. Assim, a comparação entre 2024 e 2025 contribui para verificar a estabilidade dos padrões observados, identificar desvios, anomalias e episódios críticos, além de apoiar a interpretação de efeitos sazonais, como período seco e ocorrência de queimadas, sobre as séries de concentração.

Com essa abordagem, torna-se possível quantificar e descrever mudanças na amplitude, persistência e recorrência de picos, avaliando se as diferenças entre os anos refletem alterações no padrão de emissões, variações nas condições meteorológicas predominantes ou a influência de eventos episódicos. O resultado é uma leitura mais consistente do comportamento temporal dos poluentes, destacando padrões recorrentes, variações atípicas e possíveis transições no cenário de concentrações ao longo do período analisado.

9.1. PM₁₀

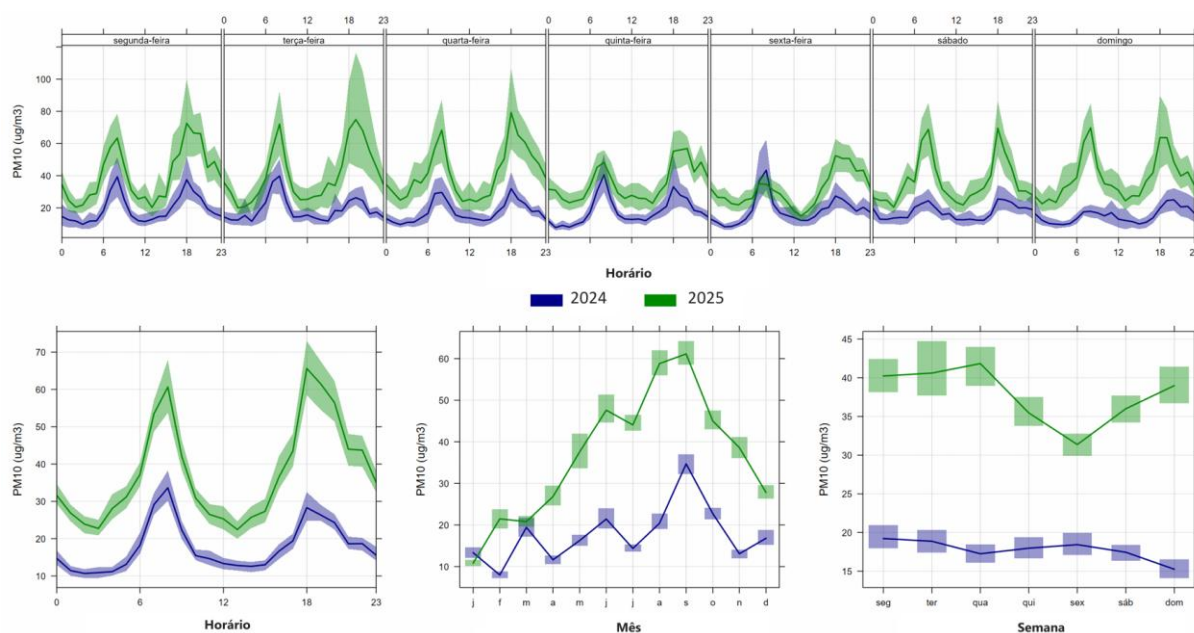


Figura 9.1-1: Evolução horária, semanal e mensal do PM₁₀ da EAMQAr.

Analisando o comportamento das concentrações entre os anos de 2024 e 2025 (**Figura 9.1-1**), observa-se que o PM₁₀ apresenta um ciclo diário semelhante em ambos os anos, com valores mínimos durante a madrugada e elevação a partir do início da manhã. As concentrações atingem um primeiro pico no

período matutino, em torno do início do horário comercial, e um segundo pico no fim da tarde/início da noite. Esse padrão sugere a atuação combinada de fontes de emissão associadas à rotina local (como ressuspensão de poeira, tráfego e demais atividades urbanas) e da dinâmica de dispersão atmosférica ao longo do dia, que pode favorecer o acúmulo de partículas em determinados horários e a diluição em outros.

Apesar da semelhança no formato do ciclo diário, a comparação entre os anos indica que, de modo geral, 2025 apresenta concentrações superiores às de 2024 na maior parte do dia, com amplitudes mais elevadas e picos mais intensos, o que aponta para um patamar médio de PM_{10} mais alto em 2025. Essa diferença também se reflete na escala semanal: em 2025, além de manter níveis mais elevados, nota-se uma variação mais perceptível entre os dias da semana, ao passo que 2024 apresenta valores menores e um comportamento mais homogêneo.

Na análise mensal, a distinção entre os anos torna-se ainda mais evidente. Em 2025, observa-se uma sazonalidade mais marcada, com aumento progressivo a partir do meio do ano e máximos concentrados no período que coincide com setembro e outubro, seguido de redução posterior. Em 2024, embora haja crescimento em direção ao fim do inverno e início da primavera (com elevação até agosto/setembro), os patamares permanecem inferiores no gráfico agregado e as oscilações se mostram mais moderadas. Essa divergência pode ser interpretada à luz dos eventos registrados: em 2024, a influência de fumaça transportada e de focos em momentos específicos tende a produzir episódios pontuais de elevação — com picos acentuados em determinados dias — sem necessariamente sustentar concentrações elevadas de forma contínua ao longo do período. Em contraste, em 2025, a ocorrência de queimadas nas proximidades da estação, associada a condições locais, favorece uma contribuição mais persistente, o que se traduz no gráfico como um deslocamento geral das concentrações para valores superiores.

Adicionalmente, como contexto interpretativo para 2025, destaca-se o aumento do fluxo de veículos em estrada de chão próxima à escola, fator que pode intensificar a ressuspensão de poeira em via não pavimentada e contribuir para a elevação do PM_{10} . Assim, de forma consolidada, os resultados indicam que 2024 se caracteriza por concentrações mais baixas e relativamente estáveis, enquanto 2025 apresenta níveis mais elevados, picos mais intensos e maior variabilidade temporal, compatíveis com a combinação de fontes locais e ocorrência de queimadas em período seco.

9.2. PM_{2,5}

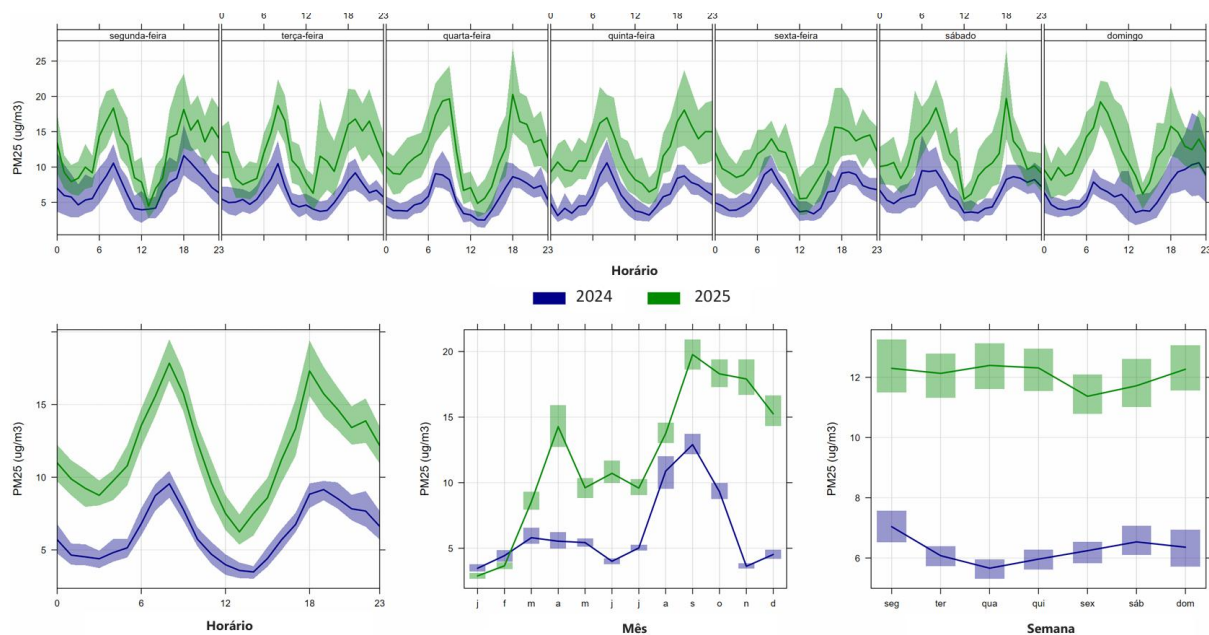


Figura 9.2-1: Evolução horária, semanal e mensal do PM_{2,5} da EAMQAr.

Analisando o comportamento das concentrações de PM_{2,5} entre 2024 e 2025 (**Figura 9.1-2**), observa-se que o poluente apresenta, em ambos os anos, um ciclo diário bem definido, caracterizado por valores mínimos durante a madrugada, elevação a partir do início da manhã e picos mais pronunciados no período matutino, geralmente entre as primeiras horas do dia. Após esse pico, verifica-se uma redução das concentrações ao longo do período central do dia, seguida de um novo aumento no fim da tarde e início da noite, padrão compatível com variações na intensidade das fontes de emissão e nas condições de dispersão atmosférica ao longo do dia.

Embora o formato do ciclo diário seja semelhante nos dois anos, a comparação direta indica que as concentrações de PM_{2,5} em 2025 são sistematicamente superiores às observadas em 2024, inclusive nos períodos de menor concentração. Esse comportamento evidencia a presença de um nível de fundo mais elevado em 2025, além de picos horários mais intensos, o que sugere maior aporte contínuo de partículas finas na atmosfera ao longo do dia.

No comportamento semanal, observa-se que em 2025 os valores permanecem elevados e relativamente estáveis ao longo de todos os dias da semana, com variações discretas entre dias úteis e finais de semana. Em contraste, 2024 apresenta concentrações menores e maior diferenciação entre os dias, com tendência a valores mais baixos no início e no meio da semana e elevação mais modesta nos finais de semana. Esse padrão reforça a ideia de que, em 2025, a contribuição de fontes ativas foi mais persistente e menos dependente de variações pontuais da rotina semanal.

A análise mensal evidencia de forma clara a diferença entre os anos. Em 2025, verifica-se um aumento progressivo das concentrações a partir do primeiro semestre, com valores máximos concentrados entre agosto e outubro, seguido de redução gradual nos meses posteriores. Já em 2024, embora haja crescimento em direção ao fim do inverno e início da primavera, as concentrações permanecem em patamares inferiores no gráfico agregado, com oscilações mais moderadas ao longo do ano. Esse contraste é coerente com o contexto das ocorrências: em 2024, a influência de fumaça transportada

e de incêndios em períodos específicos tende a gerar elevações episódicas, concentradas em janelas temporais mais curtas; em 2025, por sua vez, a ocorrência de queimadas nas proximidades da estação favorece uma contribuição local e contínua, especialmente no período seco, sustentando concentrações mais elevadas por semanas consecutivas.

De forma consolidada, os resultados indicam que, embora o $PM_{2,5}$ apresente padrão temporal semelhante nos dois anos, 2025 se caracteriza por concentrações mais altas, maior persistência ao longo do tempo e elevação do nível de fundo, enquanto 2024 apresenta valores mais baixos no agregado, compatíveis com a predominância de episódios pontuais, ainda que potencialmente intensos. Esse comportamento destaca a importância das fontes locais e da continuidade das emissões na definição dos níveis de $PM_{2,5}$ observados.

10. CONCLUSÕES

Os dados monitorados pela EAMQAr - Escola foram medidos diariamente, com acompanhamento da equipe de monitoramento. O período de medição compreendeu os dias **01/01/2025 a 31/12/2025**, registrando as médias horárias e diárias para os parâmetros supracitados.

Ao considerar o comportamento ao longo de todo o **ano de 2025**, observa-se que o clima atua como um dos principais moduladores da variabilidade sazonal e episódica dos poluentes atmosféricos, especialmente do material particulado. A temperatura média de 23,19°C, com extremos entre 13,03°C e 34,93°C, indica a presença de períodos mais quentes que tendem a aumentar a intensidade de processos fotoquímicos e favorecer a formação de aerossóis secundários, contribuindo para episódios de piora da qualidade do ar em determinados momentos do ano. Em contrapartida, fases mais amenas podem reduzir essas reações, mas ainda assim podem sustentar concentrações elevadas quando associadas a condições de menor dispersão atmosférica.

De maneira complementar, a umidade relativa média de 65,49%, variando de 15,35% a 99,90%, sugere que o ano foi marcado por alternância entre condições muito úmidas e muito secas, o que afeta diretamente tanto a formação quanto a permanência das partículas no ar. Em períodos mais úmidos, a elevada umidade favorece o crescimento higroscópico das partículas e pode aumentar a massa do material particulado medido, além de contribuir para a manutenção de aerossóis na atmosfera em situações de menor dispersão.

Já nos períodos secos, sobretudo quando a umidade se aproxima dos menores valores registrados, ocorre maior ressuspensão de poeira e de partículas depositadas no solo, elevando as concentrações de poluentes e aumentando a frequência de episódios críticos, especialmente em áreas urbanas e em regiões com tráfego e solo exposto.

Por fim, a precipitação anual acumulada de 1058,00 mm desempenha um papel decisivo no balanço anual de poluentes, funcionando como um mecanismo recorrente de remoção por lavagem atmosférica. Ao longo do ano, eventos de chuva tendem a reduzir as concentrações de material particulado de forma temporária, “reiniciando” o acúmulo de poluentes na atmosfera. No entanto, como a precipitação se distribui de forma irregular no tempo, o efeito líquido anual resulta de uma alternância entre períodos de redução (durante/após chuva) e períodos de aumento (intervalos secos).

Assim, o padrão anual observado é o de uma atmosfera com ciclos de acúmulo e remoção, controlados principalmente pela disponibilidade de chuva, pela ocorrência de fases secas e pelo aumento de temperatura, o que explica a variabilidade da qualidade do ar ao longo do ano e a tendência de concentrações mais elevadas em períodos mais quentes e secos, especialmente quando coincidem com baixa umidade e ausência de precipitação.

Após a análise dos dados apresentados neste relatório, pode-se observar que houve ultrapassagem dos limites estabelecidos pela Resolução Conama N° 506/2024, para os meses de maio, agosto e setembro.

Em relação ao aspecto de IQAr, a Estação da Escola apresentou 69,81% da classificação total como BOA, 29,29% da classificação total como MODERADA, 0,64% da classificação total como RUIM e 0,05% da classificação total como MUITO RUIM.

É importante ressaltar que as classificações MODERADA, RUIM no IQAr, a ultrapassagem da CONAMA N° 506/2024, assim como para outras análises de qualidade do ar no geral, podem ter recebido influência das queimadas em áreas próximas e pelo aumento do fluxo veicular na região, conforme relatado no **Capítulo 7**.

Quanto a disponibilidade de dados totais, obteve-se um percentual de 95,59%.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARYA, S.P., 1999, *Air Pollution Meteorology and Dispersion*, 310p. Oxford University Press.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 506, de 27 de junho de 2024. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação. Revoga os arts. 1º ao 8º, os arts. 12 a 14 e o Anexo I da Resolução Conama nº 491, de 19 de novembro de 2018; e os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 5, de 15 de junho de 1989. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&view=attonormativo&id=756

CAVALCANTE, Fernanda; MATOS, Willian; VASCONCELOS, Thalita. Vídeo: caminhão tomba, destrói carro, derruba motos e pega fogo no DF. *Metrópoles*, Brasília, 15 maio 2025. Disponível em: <https://www.metropoles.com/distrito-federal/caminhao-tanque-tomba-pega-fogo-e-atinge-carro-e-motos-no-df-video>. Acesso em: 3 jun. 2025.

CETESB. Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2019. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wpcontent/uploads/sites/29/2020/07/Relatório-de-Qualidade-do-Ar-2019.pdf>

EPA, Quality Assurance for Air Pollution Measurement Systems – Ambient Air Quality Program, v 2, Las Vegas, 2017.

FIOCRUZ. Rosa dos ventos. Disponível em: <http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=805&sid=3>.

INMET, 2021 – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <www.inmet.gov.br>.

RÁDIO E TELEVISÃO RECORD S.A. Vídeo: acidente grave na Fercal, no DF, deixa carreta em chamas e pelo menos uma morte. *R7*, Brasília, 15 maio 2025. Disponível em: <https://noticias.r7.com/brasil/video-acidente-grave-na-fercal-no-df-deixa-carreta-em-chamas-e-pelo-menos-um-obito-15052025/>. Acesso em: 3 jun. 2025.

Ministério do Meio Ambiente, MMA – Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar / Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos. – Brasília, DF: MMA, 136 p., 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/agenda-ambiental-urbana/qualidade-do-ar.html>.

NATIONAL WEATHER SERVICE. **Beaufort Wind Scale**. Disponível em: <https://www.weather.gov/mfl/beaufort>.

NUNES, João Paulo. Incêndio florestal devasta 5,86 % da Floresta Nacional de Brasília. *Metrópoles*, 10 set. 2025. Disponível em: <https://www.metropoles.com/distrito-federal/incendio-florestal-devasta-586-da-floresta-nacional-de-brasil>.

REDAÇÃO. Incêndio consome cerca de 220 hectares da Floresta de Brasília. *Brasil de Fato*, 9 set. 2025. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2025/09/09/incendio-consume-cerca-de-220-hectares-da-floresta-de-brasil>.

O TEMPO. **INMET emite alerta vermelho de baixa umidade com grande risco de incêndios em Brasília e Região até sexta-feira (3)**. *O Tempo*, Belo Horizonte, 3 out. 2025. Disponível em:

<https://www.otempo.com.br/tempo/2025/10/3/inmet-emite-alerta-vermelho-de-baixa-umidade-com-grande-risco-de-incendios-em-brasilia-e-regiao-ate-sexta-feira-3>

SEINFELD, John H. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change / John H. Seinfeld, Spyros N. Pandis.- 2nd ed., 1339 p., 2006.

THERMO SCIENTIFIC. User Manual. Disponível em:
<https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/EPM-TEOM1405-Manual.pdf>.

USEPA, Quality Assurance for Air Pollution Measurement Systems – Ambient Air Quality Program, v 2, Las Vegas, 2017.

12. EQUIPE TÉCNICA

Equipe técnica envolvida na execução do projeto:

- ✓ Andler Magno Vieira de Melo, Tecnólogo em Saneamento Ambiental, Mestre em Engenharia Ambiental - CREA-ES 027001/D. Diretor Técnico.
- ✓ Adrielle Luiza Vieira de Melo, Engenheira Química. Gerente de Projetos.
- ✓ Igor de Moraes Gomes, Engenheiro Ambiental. Coordenador de Projetos.
- ✓ Guilherme Oliveira Guimarães, Engenheiro Sanitarista e Ambiental. Coordenador de Operações.
- ✓ Vhictor Pereira Rodrigues, Técnico em Instrumentação Eletrônica e Controle de Processos. Especialista de Operações.
- ✓ Kevin da Silva Coelho, Engenheiro Sanitarista e Ambiental. Coordenador de Análise de Dados e Monitoramento.
- ✓ Ana Carolina Grillo de Vasconcelos, Engenheira Química. Analista de Projetos.
- ✓ João Vitor Santos de Sousa, Técnico Eletrotécnica. Operador da EAMQAr.

AIRES SERVIÇOS AMBIENTAIS LTDA

Rua Desembargador Sampaio, 386, Praia do Canto

Vitória, CEP: 29.055-250

contato@aires.com.br | www.aires.com.br