

Relatório Técnico
RT AIR 014-26

Janeiro 2026
Revisão 00

Relatório

Relatório de Qualidade do Ar da Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar em Sobradinho/DF – Estação CRAS, Informe de Dezembro de 2025

Relatório Técnico
RT AIR 014-26

Janeiro 2026
Revisão 00

Relatório

Relatório de Qualidade do Ar da Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar em Sobradinho/DF – Estação CRAS, Informe de Dezembro de 2025

Sumário

1.	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	3
2.	LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E PONTO DE MONITORAMENTO	4
3.	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL	6
4.	METODOLOGIA DE TRATAMENTO E VALIDAÇÃO DOS DADOS	8
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS METEOROLÓGICOS	13
6.	POLUENTES ATMOSFÉRICOS	19
7.	OCORRÊNCIAS IDENTIFICADAS	35
8.	DISPONIBILIDADE	37
9.	CONCLUSÕES	38
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
11.	EQUIPE TÉCNICA	40
	ANEXO A - CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO	41

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, subsidiar e auxiliar os órgãos competentes na elaboração de políticas públicas, apresentar uma base de dados coesas para auxílio na prevenção, mitigação e tratamento de doenças respiratórias, 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 do CRAS em Sobradinho/DF, para o período de **dezembro de 2025** e compara com os padrões legislados (Resolução Conama N° 506/2024). Os parâmetros monitorados na EAMQAr do CRAS são apresentados na **Tabela 1-1**:

Tabela 1-1: Parâmetros monitorados pela EAMQAr do CRAS.

Poluentes Atmosféricos	Meteorologia
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Velocidade do Vento (VV)
Partículas Inaláveis (PM ₁₀)	Direção do Vento (DV)
Partículas Respiráveis (PM _{2,5})	Temperatura Ambiente (T)
Ozônio Troposférico (O ₃)	Umidade Relativa (UR)
Óxidos de Nitrogênio (NO, NO ₂ e NO _x)	Pressão Atmosférica (PA)
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Radiação Solar (RS)
Monóxido de Carbono (CO)	Precipitação Pluviométrica (PP)

2. LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E PONTO DE MONITORAMENTO

A Estação do CRAS está localizada na DF-150, nº 17, em Sobradinho (Brasília/DF), ao norte da área urbana de Sobradinho. A região integra o eixo rodoviário que liga Brasília ao Entorno Norte e a regiões industriais do Distrito Federal.

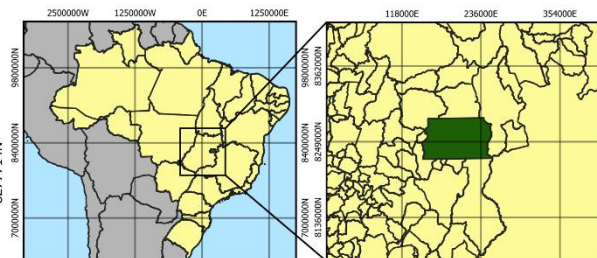
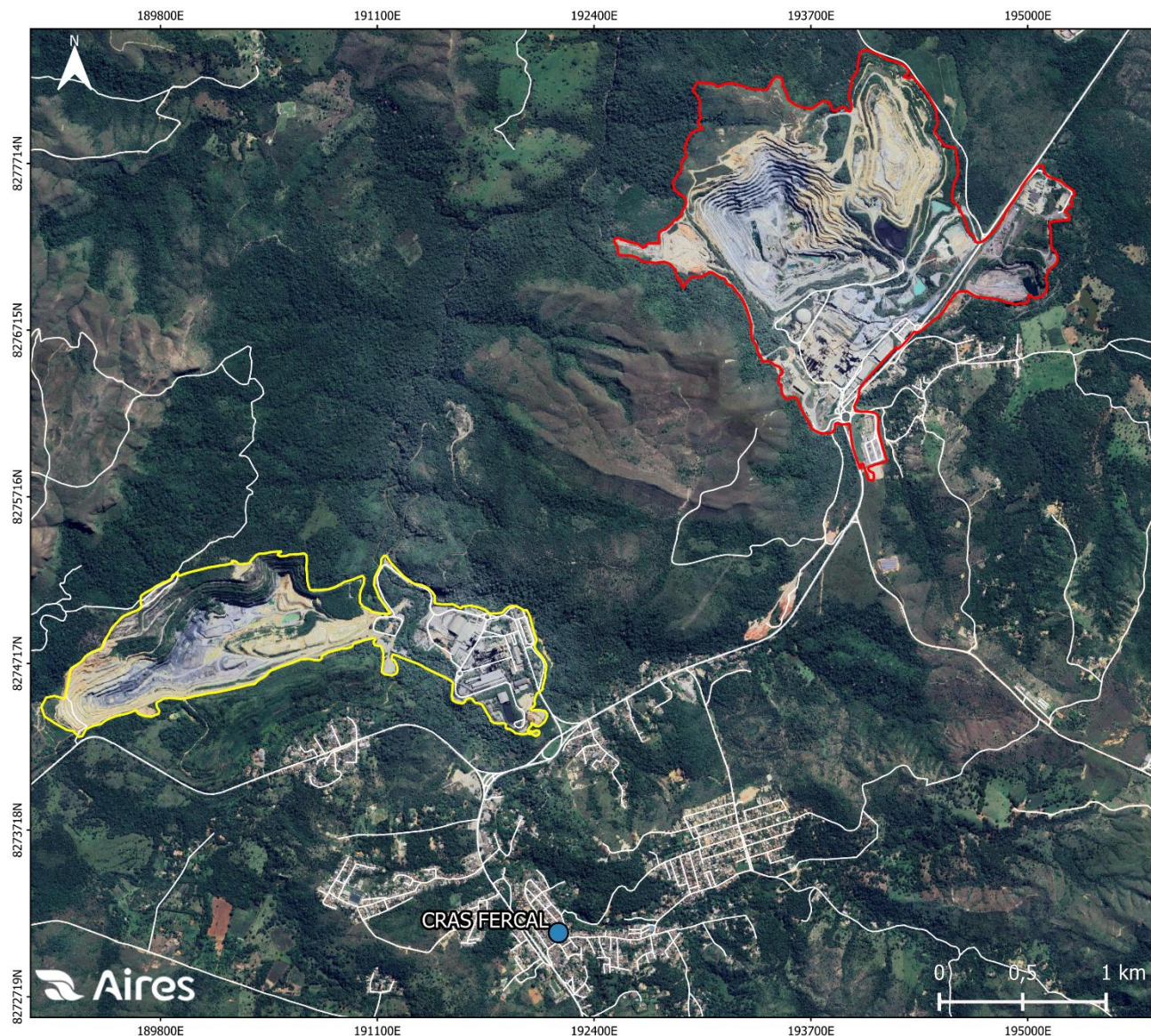
A localização da Estação CRAS é apresentada na **Tabela 2-1** e a geolocalização desta está disposta na **Figura 2-2**. Além disso, a **Figura 2-1** apresenta a EAMQAr do CRAS em Sobradinho/DF.

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

Estação Automática	Localização	Coordenadas UTM Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 23L	
		Longitude	Latitude
CRAS	DF-150, 17 - Sobradinho, Brasília - DF	192186.96 m E	8273104.82 m S



Figura 2-1: Estação CRAS.



Monitoramento EAMQAr CRAS, Fercal/DF

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

Legenda:

- Área de abrangência
- CIPLAN
- VOTORANTIM
- Estradas
- CRAS FERCAI



Projeção SIRGAS 2000 / UTM zone 23S.
Referências: IBGE, ESRI, Satellite 2025, Geofabrik.
Escala Numérica: 1:29391.
Data: 07/07/2025.

Autor(a): Ana Carolina Grillo de Vasconcelos, Analista de Projetos.

Figura 2-1: Localização Geográfica 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 Nacional 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
PTS	24 horas	-	-	-	-	240	-
	Anual ¹	-	-	-	-	80	-
PM ₁₀	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ²	40	35	30	20	15	-
PM _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	15	-
	Anual ²	20	17	15	10	5	-
SO ₂	24 horas	125	50	40	40	40	-
	Anual ²	40	30	20	20	20	-
NO ₂	1 hora ³	260	240	220	200	200	-
	Anual ²	60	50	45	40	10	-
O ₃	8 horas ⁴	140	130	120	100	100	-
CO	8 horas ⁴	-	-	-	-	-	9

Legenda:

- 1- Média geométrica anual.
- 2- Média aritmética anual.
- 3- Média horária.
- 4- Máxima média móvel obtida no dia.

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)	SO ₂ 24h (µg/m³)	NO ₂ 1h (µg/m³)	O ₃ 8h (µg/m³)	CO 8h (ppm)
Boa	0-40	0-15	0-45	0-40	0-200	0-100	0-9
Moderada	41-80	>15-50	>45-100	>40-50	>200-240	>100-130	>9-11
Ruim	81-120	>50-75	>100-150	>50-125	>240-320	>130-160	>11-13
Muito ruim	121-200	>75-125	>150-250	>125-800	>320-1130	>160-200	>13-15
Péssima	>200	>125	>250	>800	>1130	>200	>15

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.

1. 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.

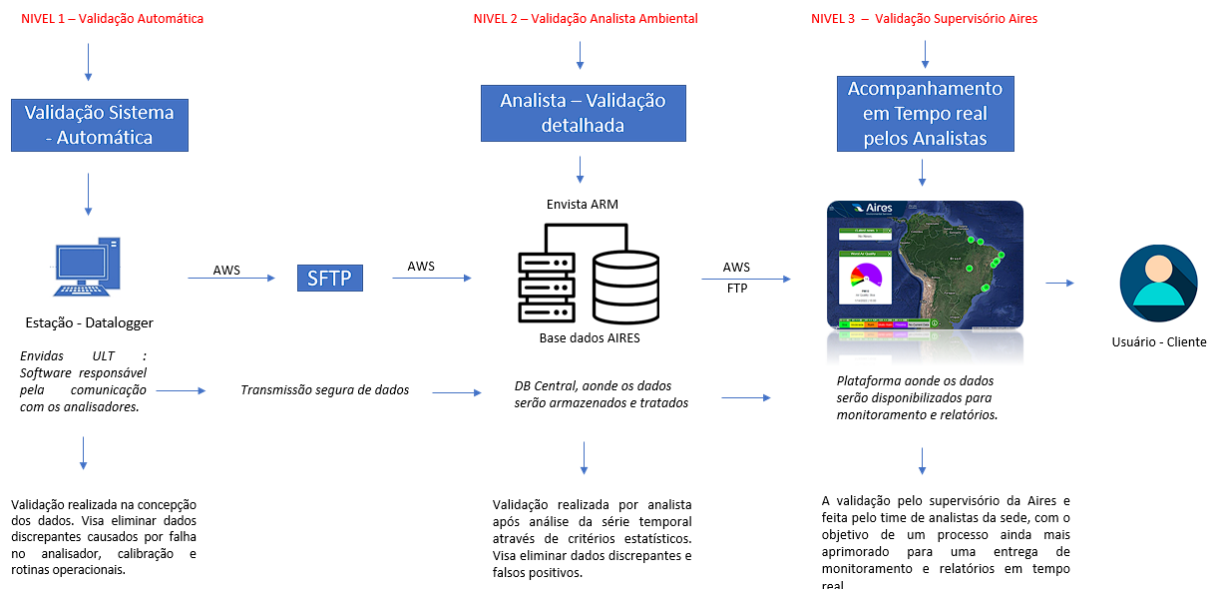


Figura 4.2-1: Fluxo de Transmissão de Dados.

Tabela 4.2-1: Tabela de flags estabelecidas.

Flag	Significado
InVld	Dado Invalido por Medição Negativa ou Suspeita
PwrFail	Motivos de Força Maior
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 29/12/2023, 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	Última calibração
Qualidade do Ar				
NO-NO ₂ -NO _x	42i	Thermo Fisher	Quimiluminescência	30/12/2025
CO	48i	Thermo Fisher	Absorção de Infravermelho não dispersivo	08/12/2025
SO ₂	43i	Thermo Fisher	Fluorescência Ultravioleta	22/12/2025
O ₃	49i	Thermo Fisher	Absorção de Luz Ultravioleta	31/12/2025
PTS	Teom 1405	Thermo Fisher	Microbalança de Elemento Cônico Oscilante	11/12/2025
PM _{2,5} - PM ₁₀	Teom 1405D	Thermo Fisher		11/12/2025
Calibrador Multi-Gas	146i	Thermo Fisher	NA	14/08/2025
Gerador Ar Zero	111	Thermo Fisher	NA	NA
Meteorologia				
Direção do Vento	CWT-SWD-C-360-RS485	CWT	Orientação da Veleta	20/10/2025
Velocidade do Vento	CWT-SWS-C-RS485	CWT	Anemômetro	20/10/2025
Radiação Solar	CWT-SI-RS485	CWT	Fotovoltaico	20/10/2025
Precipitação Pluviométrica	CWT-RG-S	CWT	Básculas	20/10/2025
Temperatura do Ar	CWT-BY	CWT	Sensor térmico, higrométrico, barométrico	20/10/2025
Umidade Relativa				
Pressão Atmosférica				

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS METEOROLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos parâmetros monitorados pela EAMQAr durante o mês de **dezembro de 2025**.

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.

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 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 na **Tabela 5.1-2** 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 para a EAMQAr.

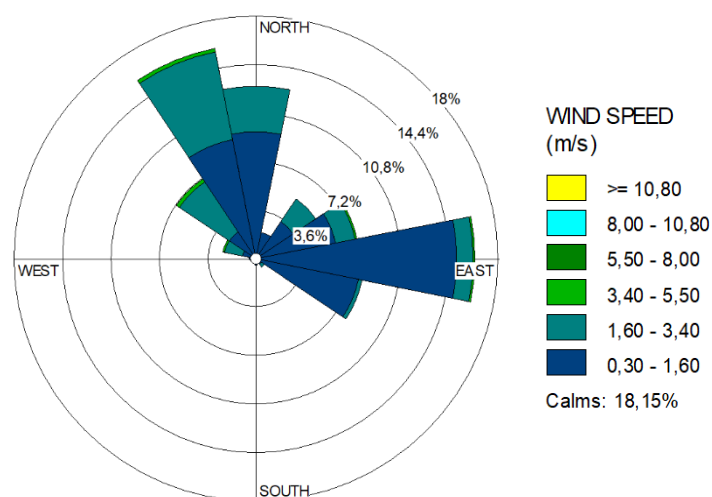


Figura 5.1-1: Rosa dos Ventos da EAMQAr.

Tabela 5.1-2: Distribuição da frequência de ventos 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	9,41	2,02	3,36	6,05	14,92	7,80	0,54	0,40	0,54	0,00	0,13	0,13	0,54	1,08	2,42	9,01	58,33
1,60 - 3,40	3,36	0,00	2,02	1,48	1,21	0,27	0,27	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	1,34	4,44	6,59	21,10
3,40 - 5,50	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,27	0,27	0,94
Subtotal	12,77	2,02	5,38	7,66	16,26	8,06	0,81	0,40	0,54	0,13	0,13	0,13	0,54	2,55	7,12	15,86	80,38
Calmaria (< 0,3 m/s)																	18,15
Faltantes																	1,48
Total																	100,00

Na EAMQAr, de acordo com a escala de Beaufort, as maiores concentrações de velocidade do vento estão associadas à categoria de "Bafagem". 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.

Na **Figura 5.1-2** a seguir, está apresentada a rosa dos ventos plotada na EAMQAr, referente ao mês de **dezembro de 2025**.

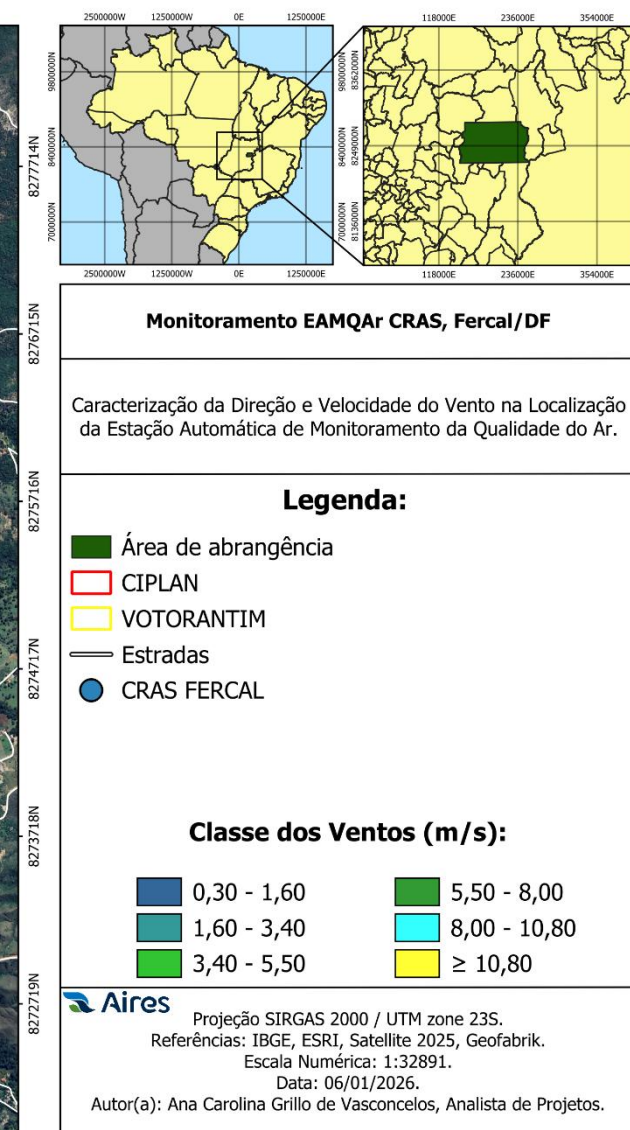
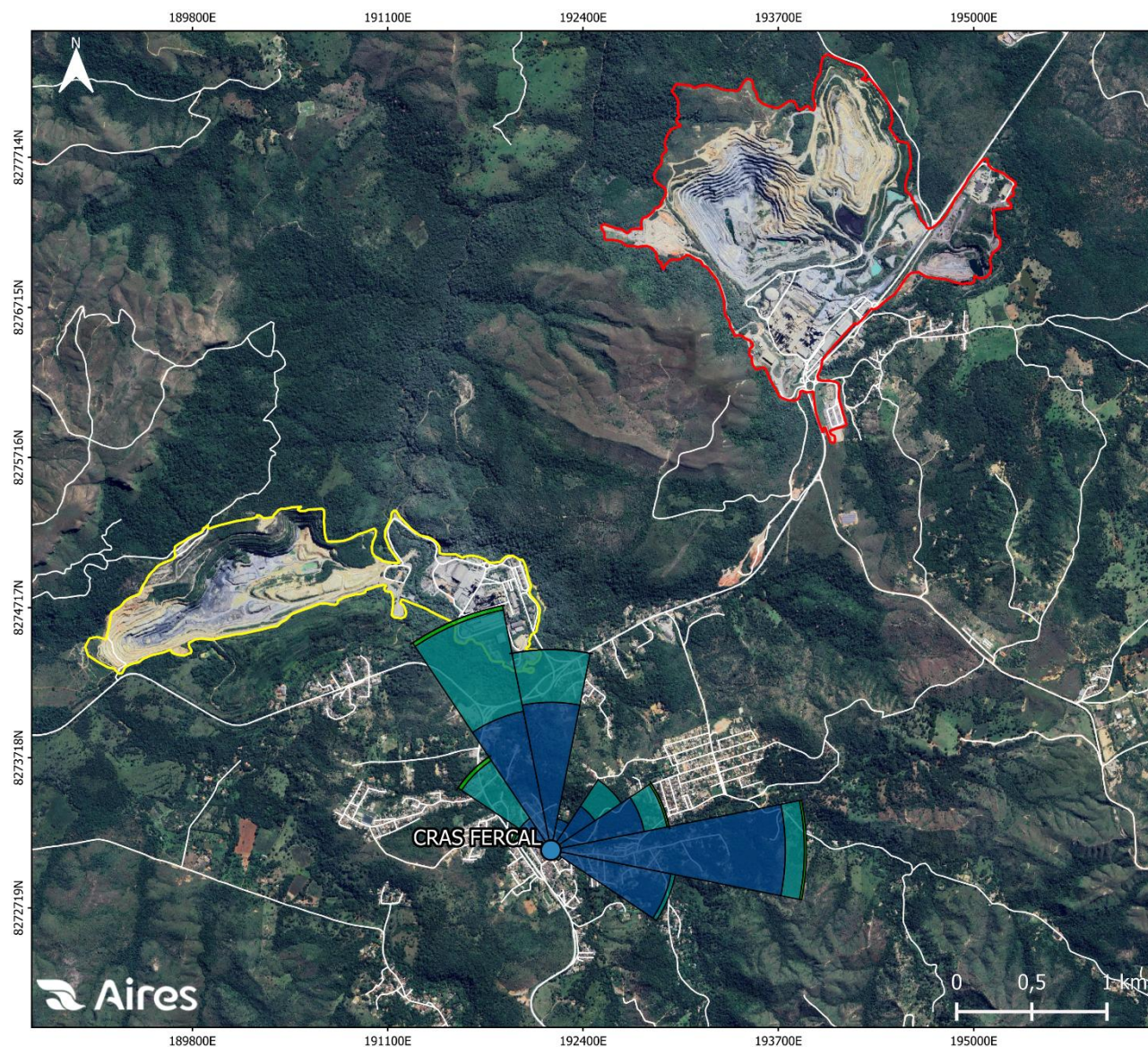
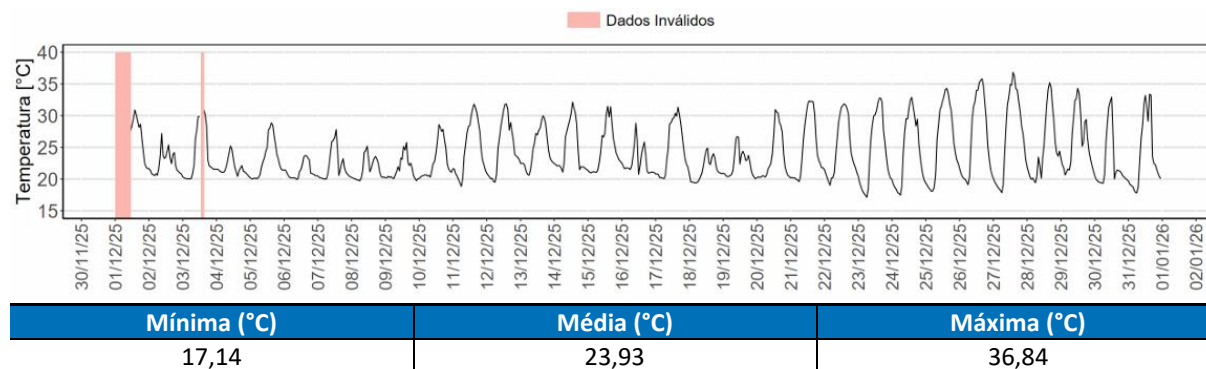


Figura 5.1-2: Localização do ponto e a rosa dos ventos referente ao mês de dezembro de 2025.

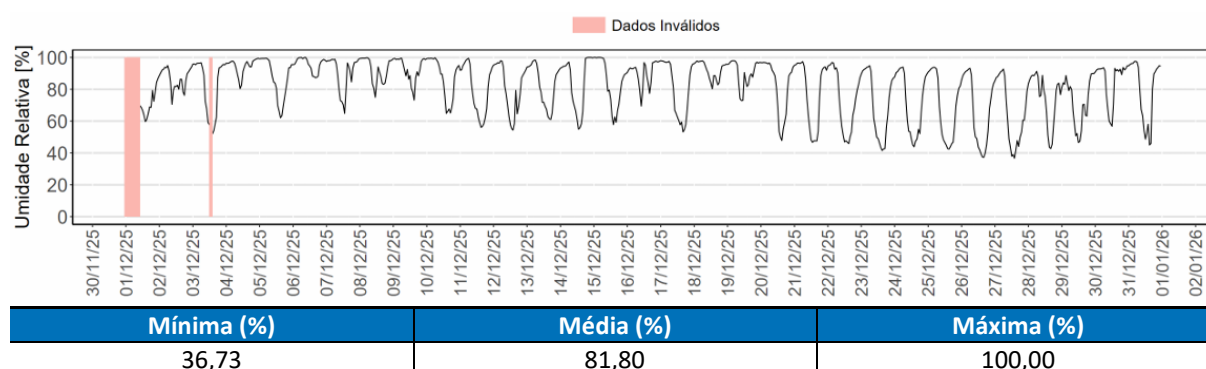
5.2. Gráficos de evolução horária com ocorrências

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**.

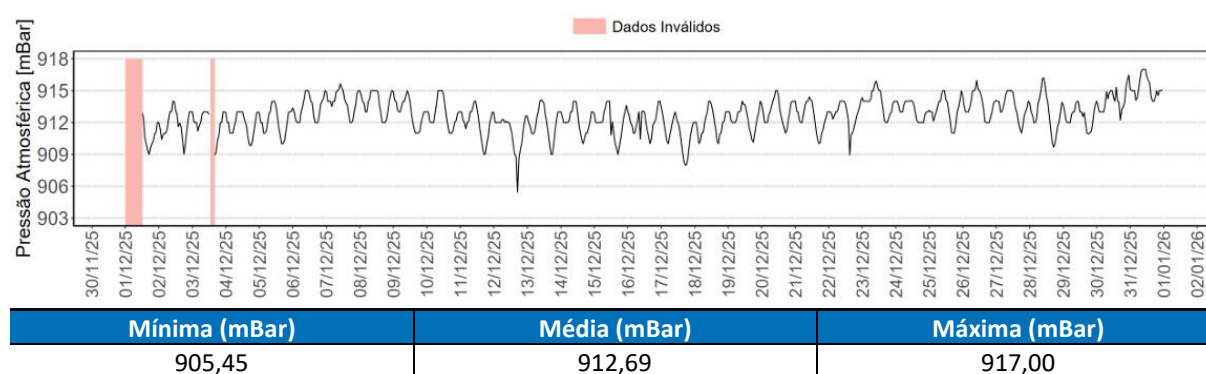
☐ Temperatura (T):



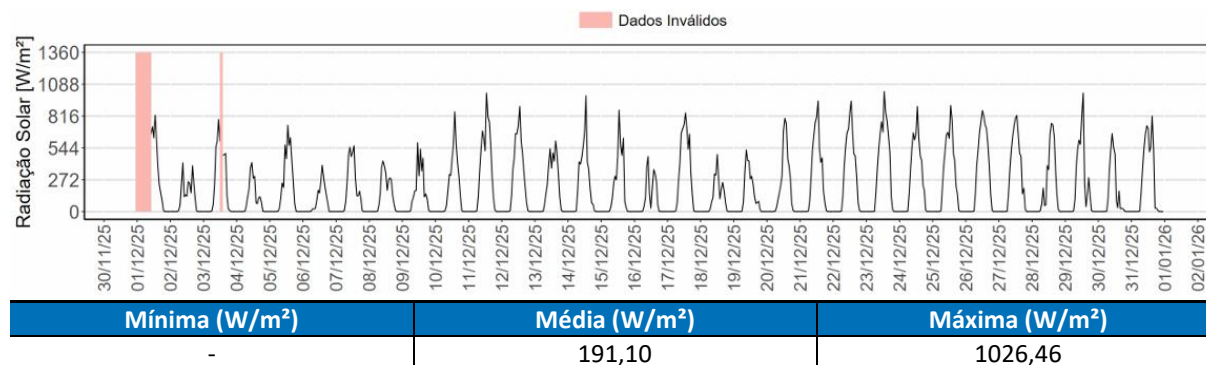
☐ Umidade Relativa (UR):



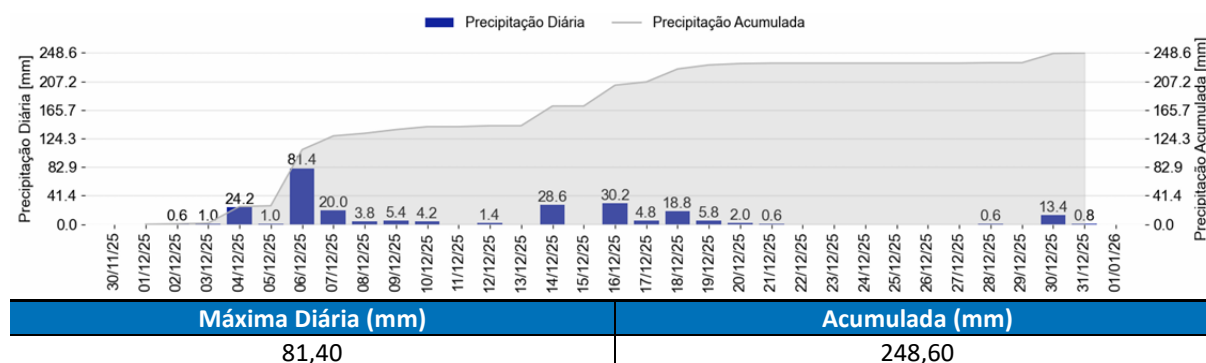
☐ Pressão Atmosférica (PA):



☑ Radiação Solar (RS):



☑ Precipitação Pluviométrica (PP):



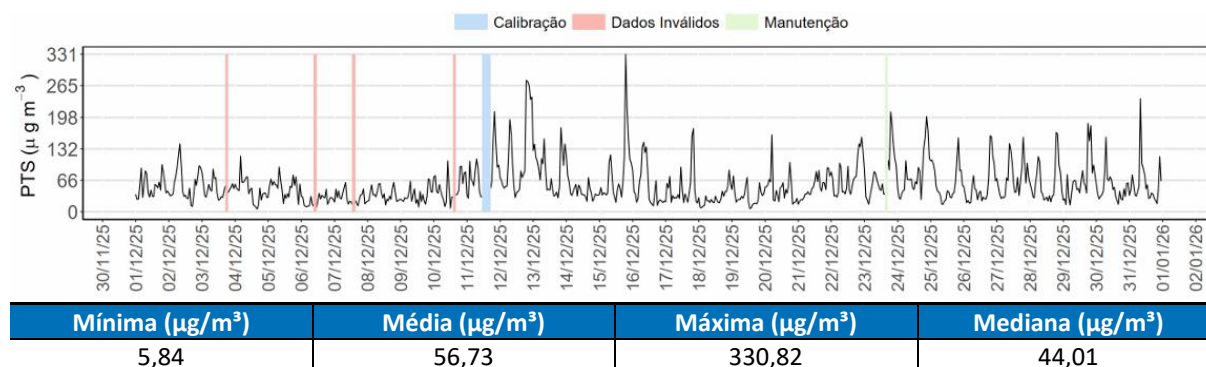
6. POLUENTES ATMOSFÉRICOS

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.

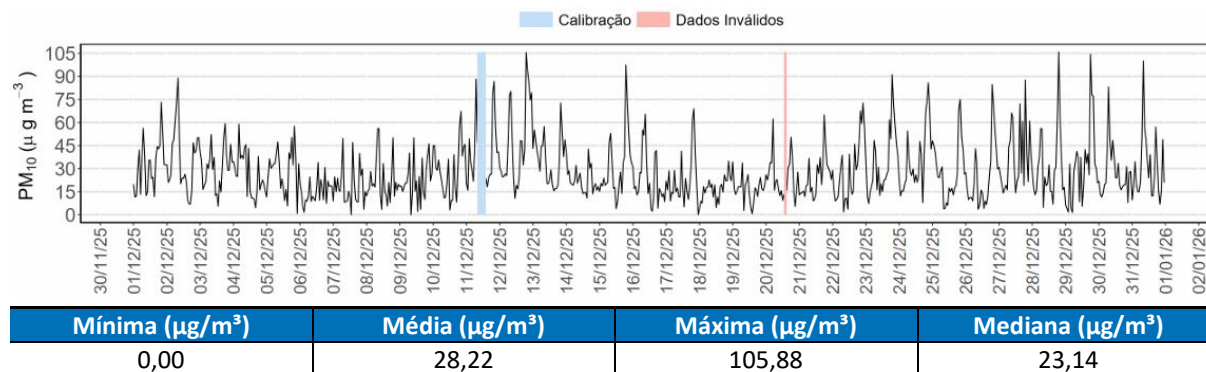
6.1. Gráficos de evolução horária com ocorrências

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**.

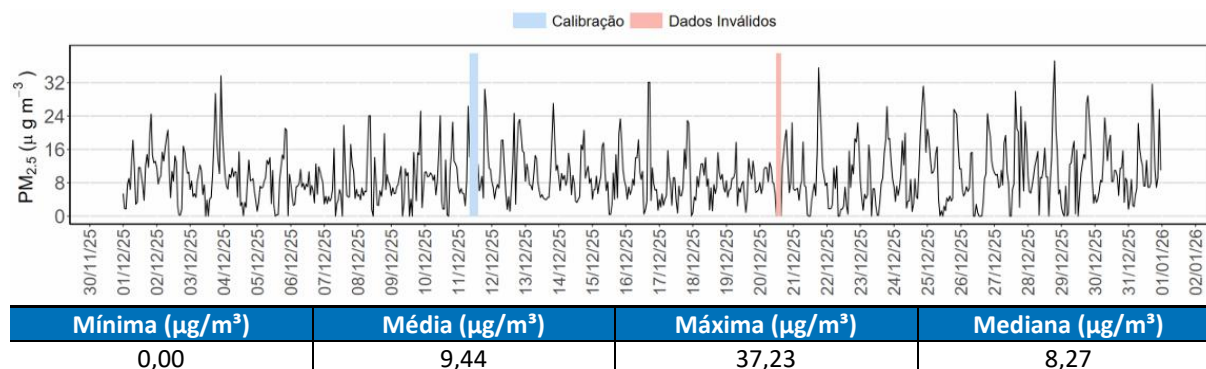
Partículas Totais em Suspensão (PTS):



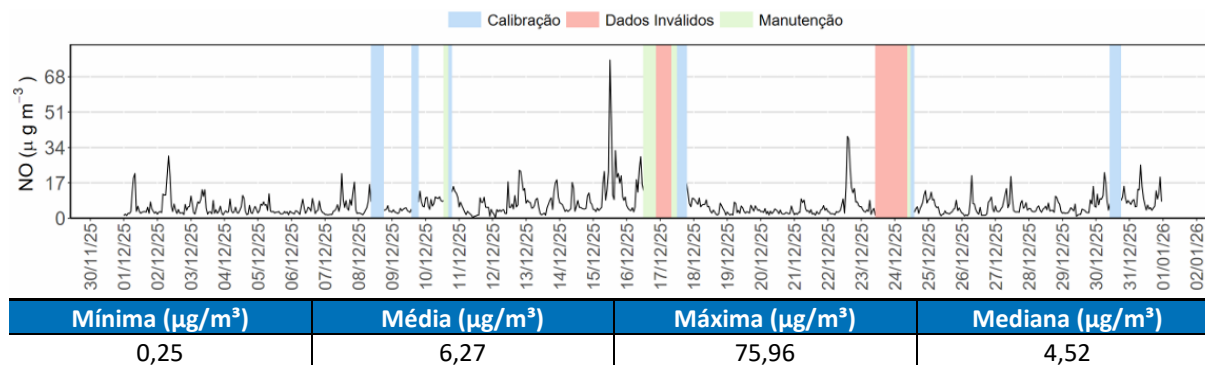
Partículas Inalável (PM₁₀):



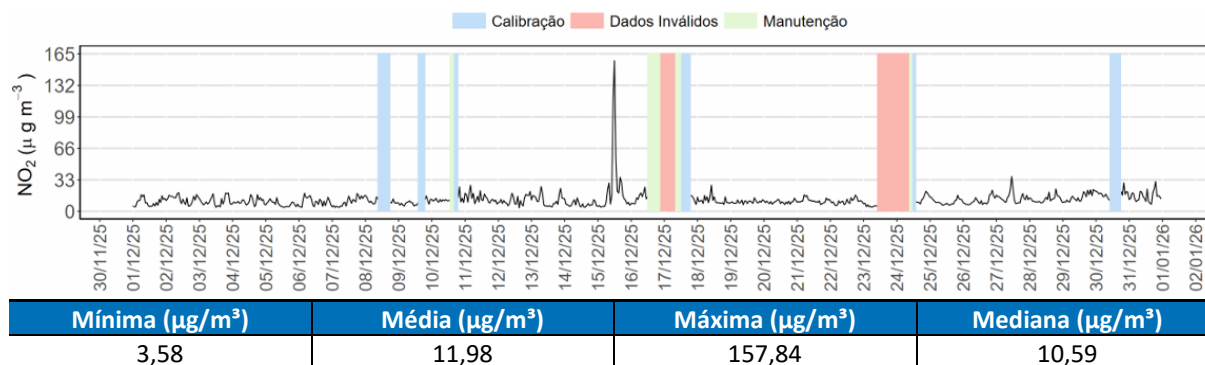
Partículas Respiráveis (PM_{2,5}):



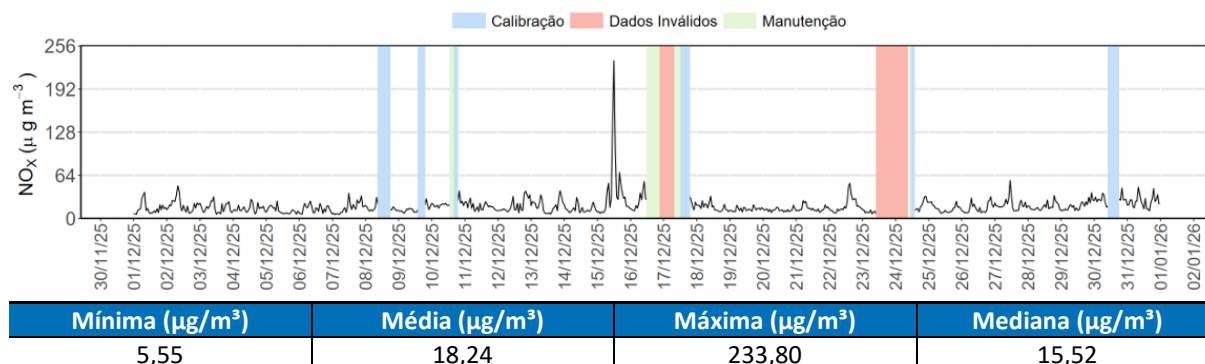
Óxido Nítrico (NO):



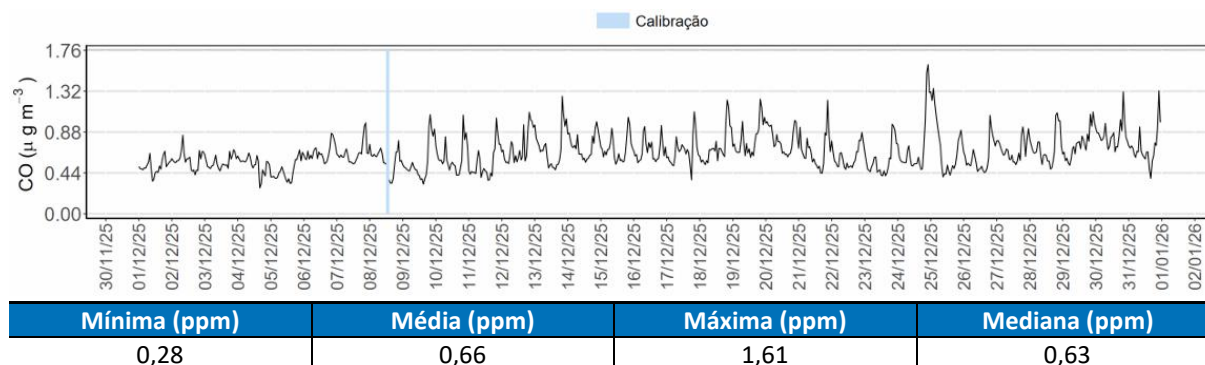
Dióxido de Nitrogênio (NO₂):



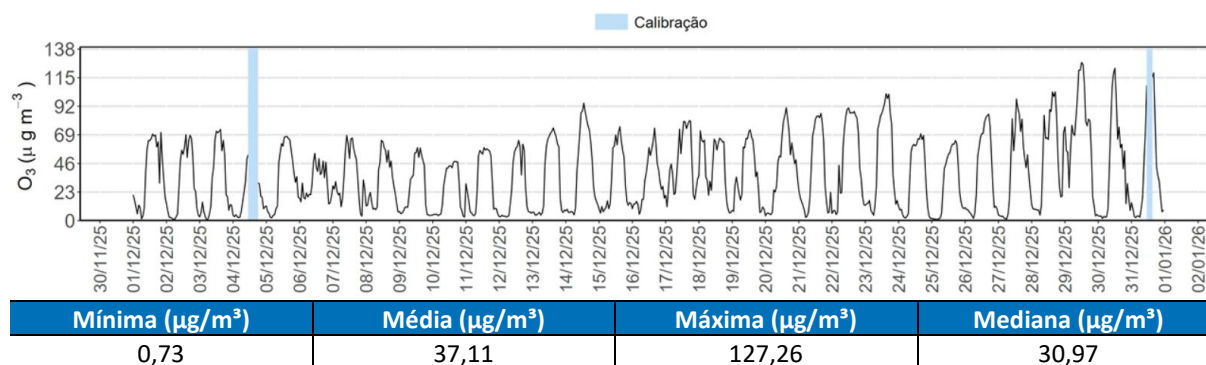
Óxidos de Nitrogênio (NO_x):



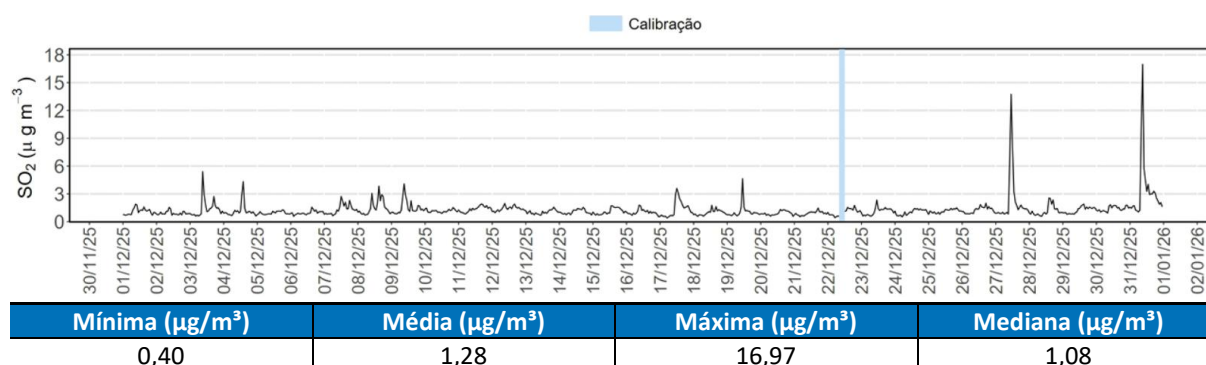
Monóxido de Carbono (CO):



📉 Ozônio Troposférico (O₃):



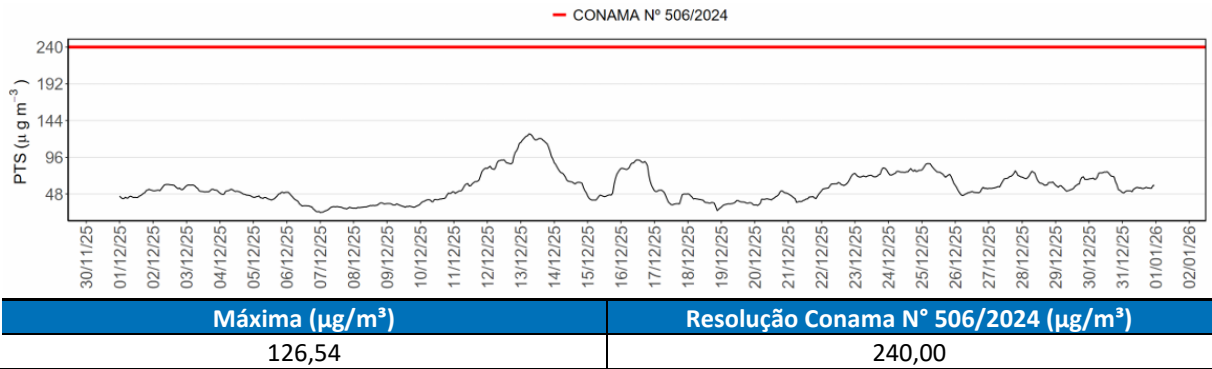
📉 Dióxido de Enxofre (SO₂):



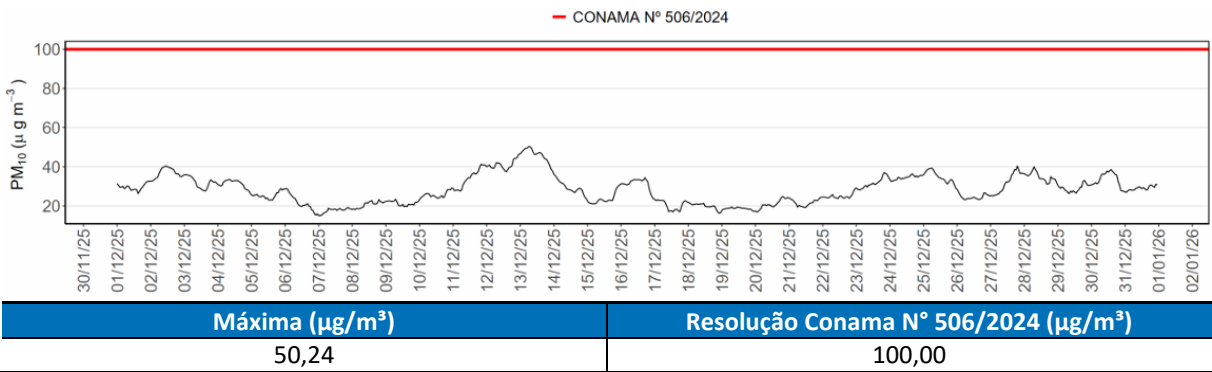
6.2. Comparação com a legislação aplicável

Nesta seção serão apresentados os gráficos gerados a partir das médias de concentração de cada um dos parâmetros monitorados (PTS, PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, CO, O₃ e SO₂) 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 período monitorado não houve ultrapassagem para os padrões de legislações vigentes, sendo este a Resolução Conama N° 506/2024.

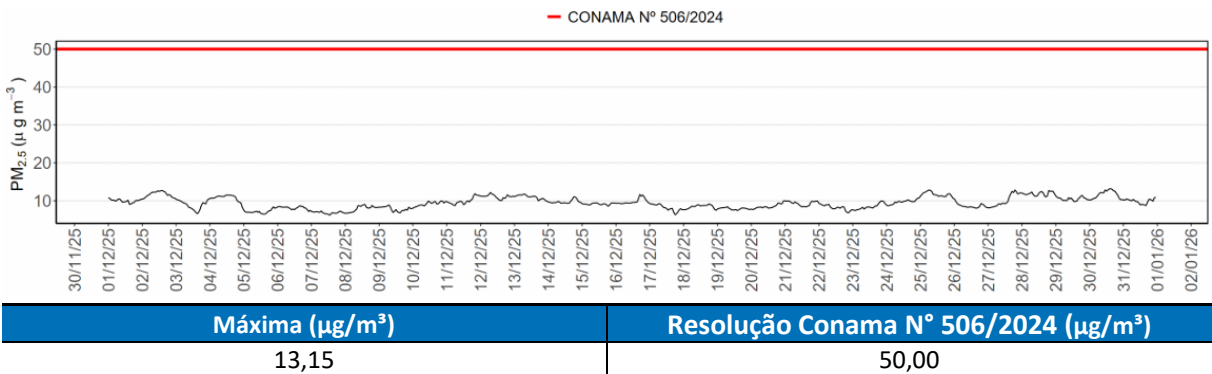
☑ Partículas Totais em Suspensão (PTS):

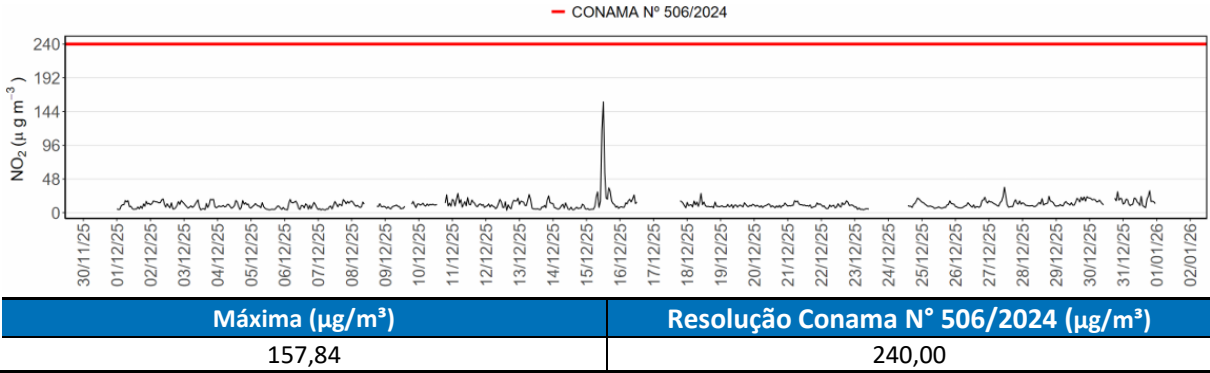
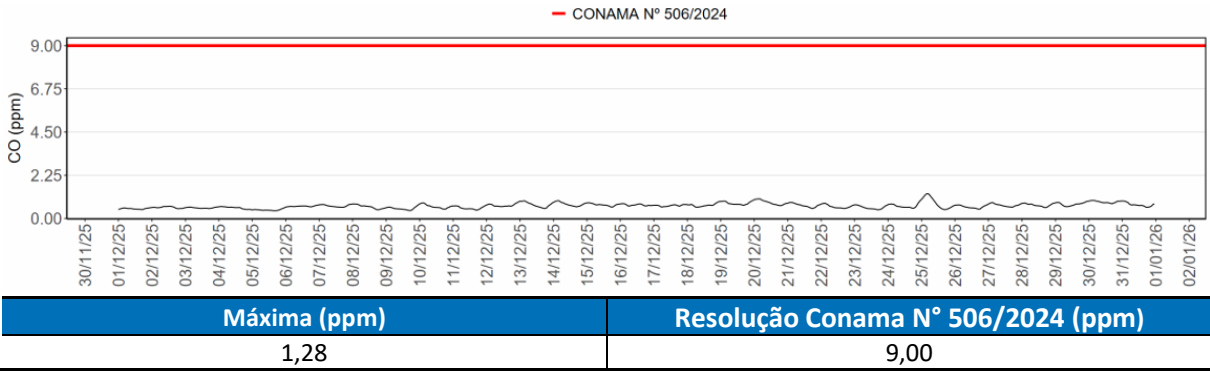
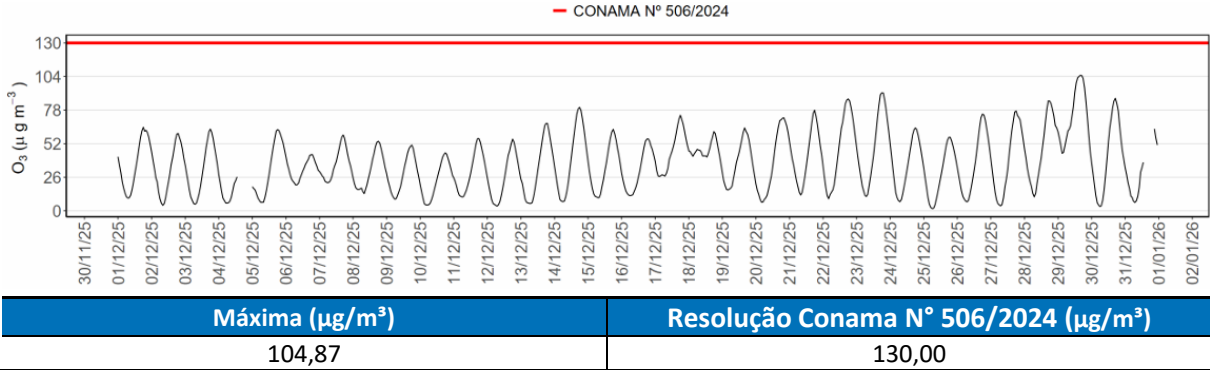
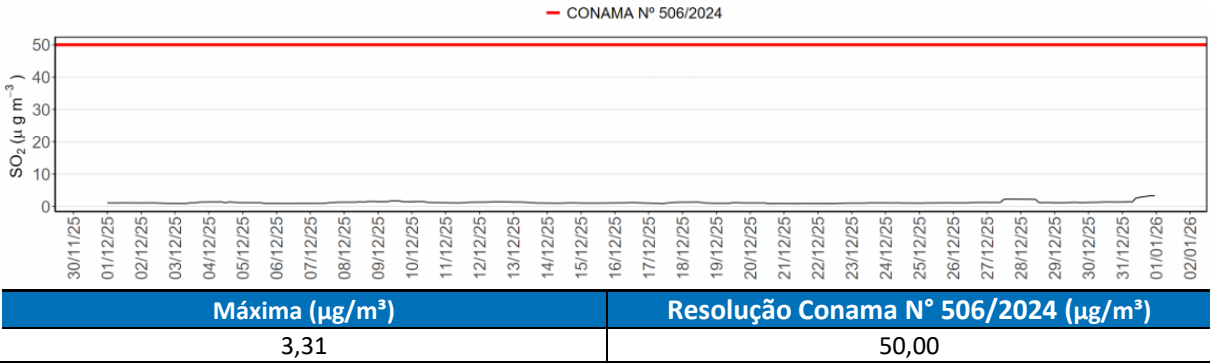


☑ Partículas Inalável (PM₁₀):



☑ Partículas Respiráveis (PM_{2,5}):



**Dióxido de Nitrogênio (NO₂):****Monóxido de Carbono (CO):****Ozônio Troposférico (O₃):****Dióxido de Enxofre (SO₂):**

6.3. Análise integrada QAr X Meteorologia

A **Figura 6.3-1** apresenta as concentrações dos poluentes em coordenadas polares 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. Essa análise 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 menores 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.

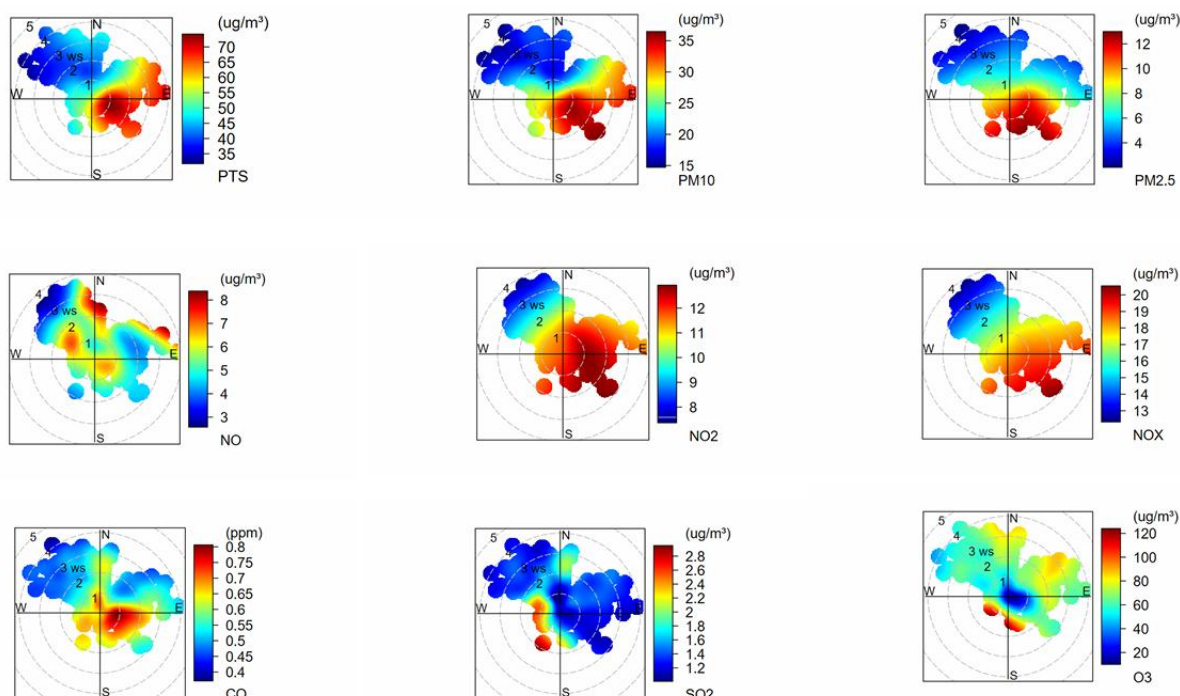


Figura 6.3-1: Gráfico PolarPlot dos parâmetros de qualidade do ar (PTS, PM₁₀, PM_{2,5}, CO, NO, NO₂, NO_x, SO₂ e O₃) da EAMQAr.

Com base nos resultados, a EAMQAr apresenta, para o PTS e PM₁₀, as maiores concentrações no centro, a sudoeste e leste do PolarPlot, associadas a baixas a moderadas velocidades do vento. O PM_{2,5}, por sua vez, apresenta as maiores concentrações no centro e sul do PolarPlot.

Para os NO₂ e NO_x, as maiores concentrações estão no centro, sul e do PolarPlot, já o NO, as maiores concentrações estão no centro, ao norte e leste do PolarPlot. Em todos os casos, os picos ocorrem sob regime de ventos fracos a moderados, sugerindo predominância de fontes próximas e/ou menor eficiência de dispersão.

Já o monóxido de carbono apresenta as maiores concentrações no centro e sudeste do PolarPlot, também associado a baixas e moderadas velocidades do vento. O dióxido de enxofre, apresenta as

maiores concentrações ao sudoeste do PolarPlot, igualmente sob ventos fracos a moderados, reforçando a hipótese de influência de emissões em proximidade da estação.

Por fim, para o ozônio, é notado que as maiores concentrações se encontram em pontos ao sul e sudoeste da estação sob baixas velocidades do vento, comportamento oposto ao observado para os óxidos de nitrogênio, consistente com a reação fotoquímica entre estes.

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. PTS, PM₁₀ e PM_{2,5}

O material particulado possui um comportamento característico. Este comportamento é caracterizado por concentrações mais baixas, no geral, das 00h até às 06h, concentrações crescentes das 06h até às 15h e com maior decréscimo a partir de 18h. 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 das concentrações de material particulado na EAMQAr (**Figura 6.4.1-1**), observa-se um aumento nas concentrações de material particulado nos horários de pico, por volta das 07h e às 19h. Esses picos são principalmente atribuídos ao aumento da atividade de tráfego veicular, que é mais intenso nesses horários, gerando maiores emissões de poluentes atmosféricos. Além disso, é possível notar que as concentrações permanecem mais elevadas durante o período noturno, um fenômeno que pode estar relacionado à inversão térmica. Nesse fenômeno, a camada de ar frio se mantém próxima ao solo, enquanto o ar quente fica acima. Isso restringe a circulação vertical do ar, dificultando a dispersão dos poluentes e, assim, aumentando suas concentrações próximas à superfície.

Em relação ao comportamento semanal, a análise dos dados mostra um aumento gradual nas concentrações de material particulado ao longo dos primeiros dias da semana, com picos atingindo os valores mais altos por volta da quarta-feira. Após esse pico, ocorre uma queda progressiva a partir de quinta-feira, com os valores diminuindo até o final de semana. Essa tendência pode ser explicada por fatores como o padrão de atividades humanas e a variação das condições climáticas ao longo da semana, que influenciam diretamente as emissões e a dispersão dos poluentes.

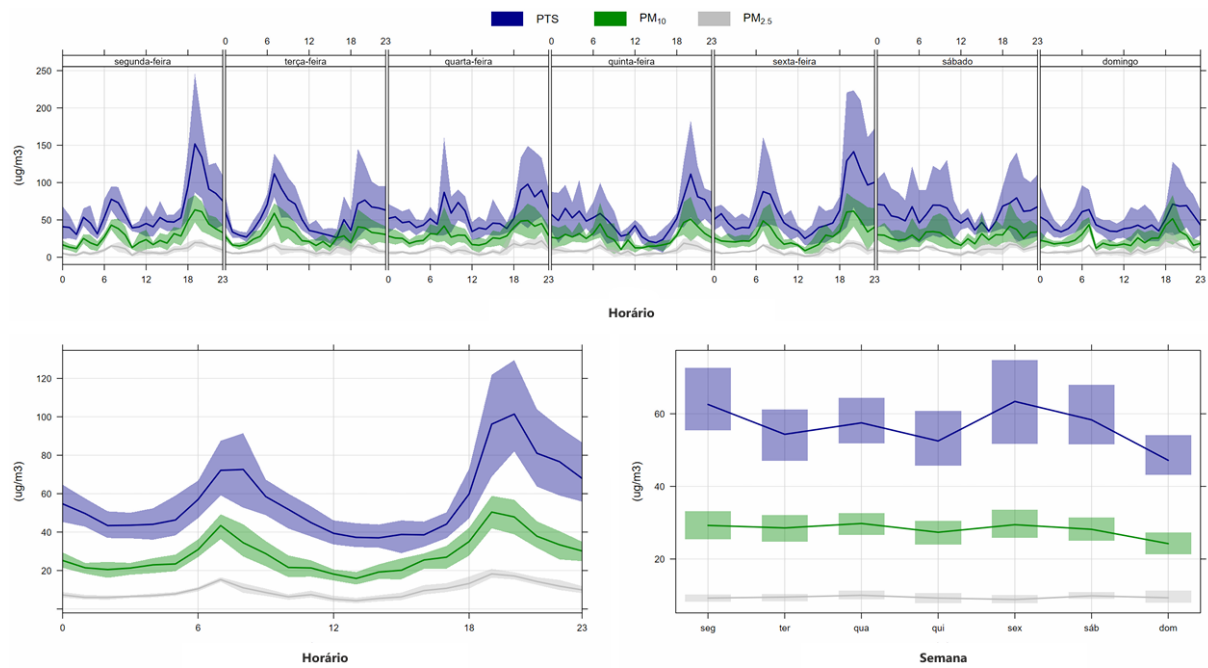


Figura 6.4.1-1: Evolução horária e semanal de PTS, PM₁₀ e PM_{2,5} da EAMQAr.

6.4.2. NO, NO₂ e NO_x

Os parâmetros NO, NO₂ e NO_x possuem um comportamento horário típico, sendo influenciado apenas pela atmosfera. Este comportamento é caracterizado por concentrações menores no começo do dia, entre 00h e 06:30h e concentrações maiores durante o final da manhã e à tarde. A partir das 18h, os valores voltam a aumentar. As variações deste comportamento podem ser ocasionadas por diversos fatores externos, dentre esses, a presença de alguma fonte emissora de combustão e fluxo veicular.

Ao analisar as concentrações horárias dos óxidos de nitrogênio (**Figura 6.4.2-1**), observa-se um pico significativo entre as 08h e as 19h, associado ao aumento do tráfego veicular na região. Durante esse período, as concentrações de NO, NO₂ e NO_x se mantêm mais elevadas, especialmente no período noturno e nas primeiras horas do dia. Esse comportamento pode ser explicado pela variabilidade de temperatura entre o dia e a noite, que influencia a dinâmica da atmosfera local. Especificamente, a dissipação da inversão térmica pela manhã permite que os poluentes, que estavam acumulados nas camadas mais baixas da atmosfera, ascendam, o que temporariamente aumenta a concentração de poluentes próximos à superfície.

Quanto ao comportamento semanal, observa-se um aumento acentuado nas concentrações na segunda-feira, seguido por uma redução gradual de terça-feira até quarta-feira. Após esse pico inicial, os valores continuam a diminuir levemente de quinta-feira até o final da semana. Em termos de dispersão dos dados, o boxplot (representado pelas caixas) indica uma maior variação nas concentrações no início da semana, com maior dispersão nos dados observados na segunda e terça-feira, enquanto as flutuações diminuem conforme a semana avança, mostrando uma estabilidade crescente entre quinta-feira e domingo. Esse padrão pode estar relacionado a uma diminuição na intensidade das atividades emissores de poluentes ao longo da semana, com maior atividade e emissão de poluentes no início da semana, seguidas de uma redução progressiva à medida que a semana se aproxima do fim. Isso reflete uma possível diminuição nas fontes de emissão, como o tráfego veicular e atividades industriais, que são mais frequentes no início da semana.

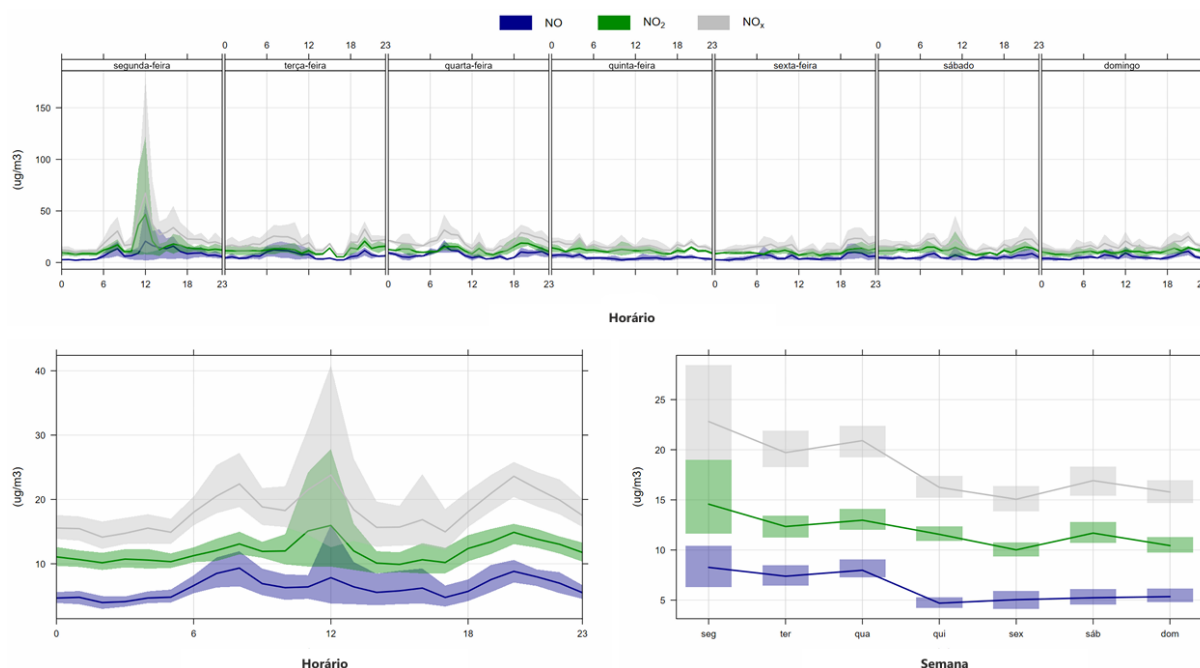


Figura 6.4.2-1: Evolução horária e semanal de NO, NO₂ e NO_x da EAMQAr.

6.4.3. SO₂

O parâmetro SO₂ possui um padrão diário que é amplamente influenciado por atividades antropogênicas e padrões meteorológicos. No geral, seu comportamento aumenta durante o início do dia devido a intensificação de atividades, alcançando medições mais elevadas durante o dia, com uma redução após diminuição das atividades industriais e do tráfego veicular.

Avaliando as concentrações do dióxido de enxofre (**Figura 6.4.3-1**), observa-se que a variação horária das concentrações é relativamente pequena, com um aumento mais perceptível a partir das 07h. Esse comportamento pode estar associado ao aumento das atividades humanas, como o tráfego e a queima de combustíveis, que geram emissões de SO₂, especialmente durante a manhã.

Quanto ao comportamento semanal, observa-se um pico acentuado de concentrações de SO₂ na quarta-feira, seguido por uma queda abrupta na quinta-feira, com um leve aumento nos dias seguintes, de sexta-feira a domingo. As concentrações evidenciam um aumento expressivo na quarta-feira, seguido por uma diminuição acentuada nas concentrações, com uma estabilização relativa nos dias seguintes, exceto por uma leve elevação no sábado.

Esse padrão indica que a quarta-feira apresenta um comportamento atípico, com flutuações significativas em relação aos outros dias da semana, que mostram valores mais regulares e estáveis. Isso sugere que, na quarta-feira, há uma concentração maior de fontes emissores de SO₂, enquanto no restante da semana a dispersão e a intensidade dessas fontes diminuem, resultando em níveis mais constantes.

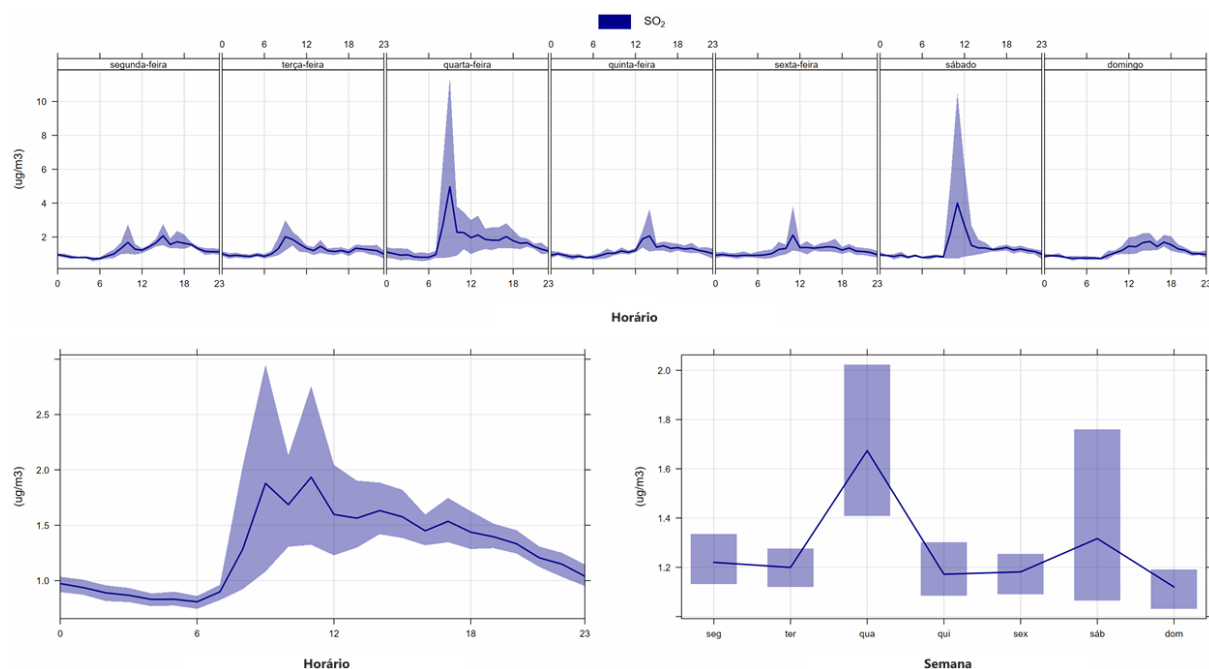


Figura 6.4.3-1: Evolução horária e semanal de SO₂ da EAMQAr.

6.4.4. O₃

Na análise dos resultados, é possível perceber o comportamento atmosférico é advindo de reações que ocorrem na troposfera terrestre envolvendo o ozônio (O₃). A partir da radiação solar, o oxigênio presente na atmosfera sofre a quebra da ligação entre os átomos, originando um radical livre, que em seguida liga-se com outra molécula de oxigênio, dando origem ao ozônio. O ozônio, por sua vez, reage com o monóxido de nitrogênio (NO) produzindo NO₂ e oxigênio. Esta reação, inerente da atmosfera, dá origem a comportamentos horários complementares entre os poluentes O₃ e NO₂, ou seja, à medida que a concentração do O₃ aumenta, a concentração de NO₂ tende a diminuir. O ozônio, por ser influenciado diretamente pela radiação solar, apresenta seus picos de valor nos horários de máxima radiação, que gira das 12h às 14h. Este valor decresce à medida que a radiação solar diminui. Este parâmetro também possui valores mais baixos no começo do dia, entre 00h e 06h, horários sem ou com baixa incidência solar (*Seinfeld*, 2006).

Por mais que normalmente o ozônio seja maior no período diurno, é possível ocorrer a geração de picos noturno, assim como a formação de picos secundários, o que foi documentado em diversos trabalhos como: REITEBUCH, et al., 2000; SALMOND e MCKENDRY, 2002, MAVRAKIS, et al., 2010; SOUSA, et al., 2011; KULKARNI, et al., 2013; KLEIN, et al., 2014. Essa correlação entre o aumento de ozônio durante a noite pode ocorrer devido aumento na velocidade do vento, o cisalhamento dele e o fluxo descendente de O₃. Também é frequente ocorrer um aumento na concentração do ozônio dentro das 3h após o pôr-do-sol, devido a mistura vertical e o transporte horizontal.

Avaliando as concentrações horárias do ozônio (**Figura 6.4.4-1**), é possível observar um notável aumento nas concentrações entre as 08h e as 17h, períodos com as maiores medições de radiação solar. Esse aumento está relacionado ao processo de formação do ozônio, que é intensificado pela radiação solar, particularmente durante o dia, quando a luz solar é mais intensa.

Quanto ao comportamento semanal, observa-se uma diminuição nas concentrações de ozônio de segunda-feira a quinta-feira, seguida de um aumento gradual até o domingo. Esse comportamento pode estar relacionado a variações nas fontes de emissão de precursores do ozônio e nas condições climáticas que favorecem sua formação, como o aumento da radiação solar nos finais de semana.

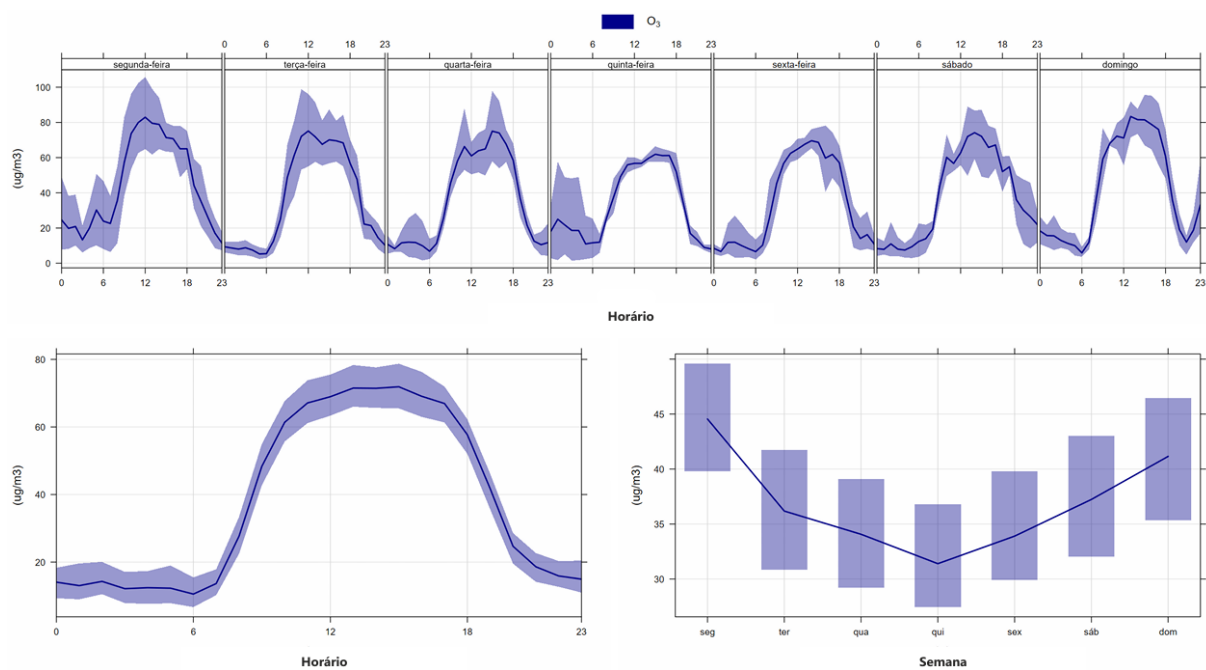


Figura 6.4.4-1: Evolução horária e semanal de O₃ da EAMQAr.

6.4.5.CO

O monóxido de carbono, assim como os outros poluentes, apresenta, no geral, maiores valores de concentração com o pico de movimentação veicular.

Analisando as concentrações de monóxido de carbono (**Figura 6.4.5-1**), é possível observar picos notáveis de concentração por volta das 07h e 20h. Esses picos estão associados ao aumento das atividades de tráfego veicular, uma das principais fontes de emissão de CO. Além disso, há uma persistência de valores mais elevados de CO no final da noite, o que pode ser explicado pela ocorrência de inversão térmica na região. Durante a noite, com a queda da temperatura e a baixa velocidade do vento, ocorre uma diminuição na dispersão do poluente, que tende a se acumular nas camadas mais próximas ao solo. A inversão térmica impede que a temperatura diminua com a altitude, fazendo com que o CO fique "preso" nas camadas mais baixas da atmosfera, sem a possibilidade de se dispersar verticalmente.

Quanto à variação semanal, observa-se uma leve oscilação nos primeiros dias da semana, com uma pequena queda nas concentrações de segunda-feira a quarta-feira. A partir de quinta-feira, as concentrações começam a aumentar gradualmente, atingindo seu pico no sábado, seguido por uma leve queda no domingo. Esse padrão sugere que a intensidade das emissões de CO aumenta ao longo da semana, com uma elevação nas concentrações observada principalmente no final de semana, possivelmente devido ao aumento do tráfego e outras fontes de emissão.

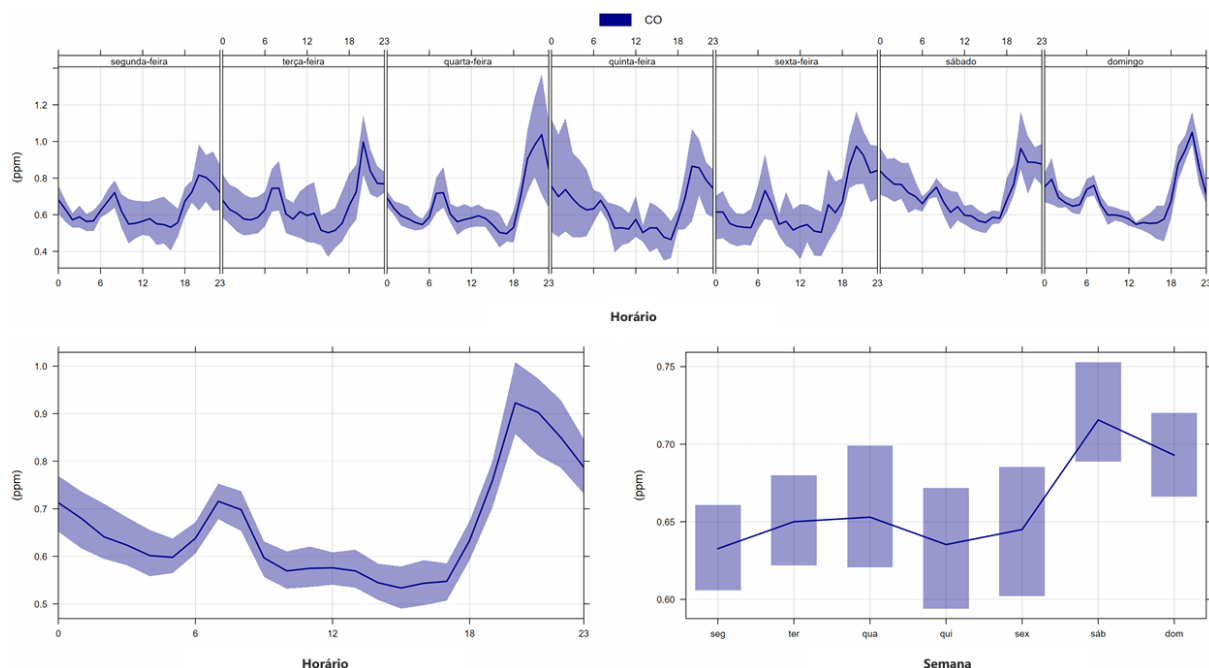


Figura 6.4.5-1: Evolução horária e semanal de CO da EAMQAr.

6.5. Cálculo do IQAr

Para o mês de **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. 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	CO	SO ₂	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	Total
BOA	100,00%	100,00%	100,00%	99,31%	97,58%	100,00%	99,47%
MODERADO	-	-	-	0,69%	2,42%	-	0,53%

A qualidade do ar classificada como "moderado" pode causar sintomas como tosse seca e cansaço em pessoas de grupos sensíveis. A população em geral não é afetada.

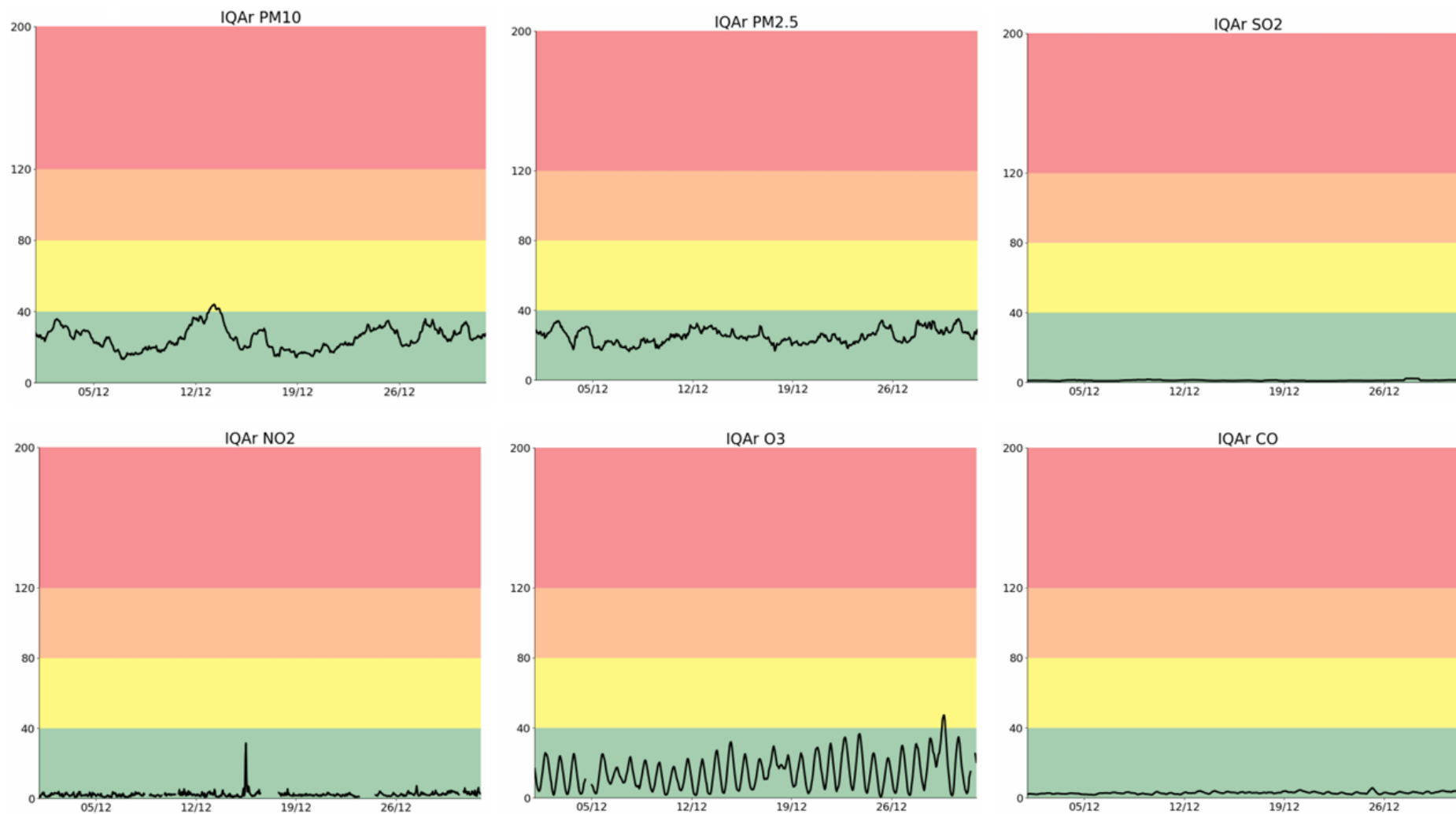


Figura 6.5-1: Gráfico de Índice de qualidade do ar (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, CO) da EAMQAr.

7. OCORRÊNCIAS IDENTIFICADAS

A **Tabela 7-1** apresenta as invalidações diárias ocorridas durante o mês de referência deste Relatório Técnico, para cada parâmetro monitorado na EAMQAr.

No mês de **dezembro**, a principal causa da perda de dados foi devido a algumas falhas de comunicação entre os sensores meteorológicos e o datalogger e ao parâmetro de NO-NO₂-NO_x.

Para os parâmetros meteorológicos partir de 04/11/2025, os sensores passaram a apresentar falhas na comunicação com o datalogger da Estação Meteorológica. O operador realizou uma série de verificações e testes nos sensores, nas conexões de comunicação e no software de armazenamento, identificando que o problema estava relacionado ao conversor USB. Em resposta a essa falha, foi efetuada a substituição do conversor USB por um modelo IP. Contudo, as falhas operacionais persistiram, ainda que com menor frequência. Diante disso, no dia 06/01/2025, foi realizada a substituição do fieldlogger, como medida corretiva e preventiva, visando mitigar recorrências e evitar perdas de dados futuros.

Já para o analisador de NO-NO₂-NO_x as principais perdas de dados estiveram associadas a calibrações, manutenções preventivas e travamento operacional. Em alguns momentos, o equipamento apresentou leituras incoerentes; nesses casos, foi realizada calibração imediatamente após a identificação da anomalia, de modo que não houve registro de dados inválidos por inconsistência, apenas invalidações correspondentes aos períodos de calibração e de estabilização do instrumento. Adicionalmente, em 16/12/2025, após a limpeza preventiva da câmara do equipamento, ocorreu um travamento entre 19h e 07h do dia 17/12/2025. Após a reinicialização, foi realizada verificação funcional e, na sequência, calibração, com o objetivo de confirmar o restabelecimento das condições adequadas de operação e medição.

Tabela 7-1: Invalidações Diárias dos parâmetros monitorados na EAMQAr.

Data	Horário	Parâmetros	Motivo da Invalidação
01/12/2025	00h às 09h	Meteorológicos	Ausência de dados devido a uma falha de comunicação com o Datalogger.
	10h	Precipitação Pluviométrica e Pressão Atmosférica	Dado invalidado devido à medição incoerente para o parâmetro considerando a série histórica.
03/12/2025	13h	Meteorológicos	Ausência de dados devido a uma falha de comunicação com o Datalogger.
	14h	Precipitação Pluviométrica e Pressão Atmosférica	Dado invalidado devido à medição incoerente para o parâmetro considerando a série histórica.
	18h	PTS	Dado Inválido devido medição de PM ₁₀ > PTS acima do limite permitido.
04/12/2025	12h às 17h	O ₃	Calibração do equipamento.
06/12/2025	10h	PTS	Dado Inválido devido medição de PM ₁₀ > PTS acima do limite permitido.
07/12/2025	14h	PTS	Dado Inválido devido medição de PM ₁₀ > PTS acima do limite permitido.
	19h		
08/12/2025	10h às 17h	NO-NO ₂ -NO _x	Calibração do equipamento.
	13h	CO	
09/12/2025	15h às 18h	NO-NO ₂ -NO _x	Calibração do equipamento.
10/12/2025	14h às 15h	NO-NO ₂ -NO _x	Manutenção do equipamento - Limpeza no equipamento.
	16h às 18h		Calibração do equipamento.
	15h	PTS	Dado Inválido devido medição de PM ₁₀ > PTS acima do limite permitido.
11/12/2025	09h às 13h	PM ₁₀ e PM _{2,5}	Calibração do equipamento

Data	Horário	Parâmetros	Motivo da Invalidação
	12h às 16h	PTS	
16/12/2025	12h às 18h	NO-NO ₂ -NO _x	Manutenção do equipamento - Limpeza da câmara do equipamento.
	19h às 23h		Dado invalidado devido a um travamento no equipamento.
17/12/2025	00h às 07h	NO-NO ₂ -NO _x	Dado invalidado devido a um travamento no equipamento.
	08h às 10h	NO-NO ₂ -NO _x	Manutenção do equipamento - Verificação no equipamento.
	11h às 17h		Calibração do equipamento.
20/12/2025	13h	PM _{2,5}	Dado Invalidado devido medição negativa além do limite permitido.
	14h	PM ₁₀ e PM _{2,5}	
22/12/2025	09h às 11h	SO ₂	Calibração do equipamento.
23/12/2025	11h às 23h	NO-NO ₂ -NO _x	Dado invalidado devido a um travamento no equipamento.
	16h	PTS	Manutenção do equipamento - Verificação da bomba de fluxo.
24/12/2025	00h à 09h	NO-NO ₂ -NO _x	Dado invalidado devido a um travamento no equipamento.
	10h		Manutenção do equipamento - Reinício do equipamento.
	11h às 13h		Calibração do equipamento.
30/12/2025	11h às 17h	NO-NO ₂ -NO _x	Calibração do equipamento.

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 de dados da EAMQAr.

Parâmetros	Dados Totais	Dados Inválidos	Manutenção	Calibração	Força Maior	Dados Válidos	Disponibilidade Real
PTS	744	4	1	5	0	734	98,66%
PM ₁₀	744	1	0	5	0	738	99,19%
PM _{2,5}	744	2	0	5	0	737	99,06%
CO	744	0	0	1	0	743	99,87%
NO	744	35	14	32	0	663	89,11%
NO ₂	744	35	14	32	0	663	89,11%
NOx	744	35	14	32	0	663	89,11%
O ₃	744	0	0	9	0	735	98,79%
SO ₂	744	0	0	3	0	741	99,60%
Direção do Vento	744	11	0	0	0	733	98,52%
Velocidade do Vento	744	11	0	0	0	733	98,52%
Temperatura	744	11	0	0	0	733	98,52%
Umidade Relativa	744	11	0	0	0	733	98,52%
Pressão	744	13	0	0	0	731	98,25%
Radiação Solar	744	11	0	0	0	733	98,52%
Precipitação	744	13	0	0	0	731	98,25%
Total	11904	193	43	124	0	11544	96,98%

9. CONCLUSÕES

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

Durante o período analisado, as condições climáticas registraram temperaturas variando entre 17,14°C e 23,93°C, e média de 36,84°C. A umidade relativa do ar oscilou entre 36,73% e 100,00%, apresentando um valor médio elevado de 81,80%. A elevação dos níveis de umidade relativa — inclusive dos valores mínimos — pode ser atribuída, principalmente, a dois fatores. Primeiramente, à localização da estação em uma área de vale, o que favorece o acúmulo de ar frio e úmido durante as noites, devido à inversão térmica e à menor circulação atmosférica. Em segundo lugar, destaca-se a relação inversa entre temperatura do ar e umidade relativa: à medida que a temperatura diminui, especialmente durante o período noturno e nas madrugadas, a capacidade do ar de reter vapor de água também diminui, resultando em maior umidade relativa.

Durante o mesmo período, registrou-se uma precipitação pluviométrica com um acumulado mensal de 248,60 mm. A precipitação, além de contribuir para a remoção de poluentes por processos úmidos, também favorece a ressuspensão de partículas em momentos de menor umidade relativa.

Essas condições climáticas influenciam diretamente a dispersão e o comportamento dos poluentes atmosféricos, especialmente o material particulado. O aumento da umidade relativa, particularmente durante a noite e nas madrugadas, em uma área de vale, facilita a formação e o crescimento de aerossóis secundários por processos higroscópicos. Esse fenômeno também favorece a aglomeração de partículas finas, dificultando a dispersão no ar. As altas temperaturas diurnas intensificam as reações fotoquímicas que geram precursores de aerossóis, enquanto as inversões térmicas noturnas reduzem a altura da camada de mistura, retraindo os poluentes próximos à superfície, o que dificulta a dispersão desses contaminantes.

Portanto, a combinação de uma precipitação pluviométrica significativa (248,60 mm), grande amplitude térmica e elevados valores de umidade relativa — ampliados pela localização da estação em uma área de vale e pela ocorrência de inversões térmicas noturnas — cria condições favoráveis para o acúmulo e a permanência de poluentes na atmosfera. Esses fatores resultam em um impacto negativo na qualidade do ar, dificultando sua renovação e contribuindo para a maior concentração de poluentes durante o período monitorado.

Após a análise dos dados apresentados neste relatório, pode-se observar que não houve ultrapassagem para os padrões de legislações vigentes, sendo este a Resolução Conama N° 506/2024.

Em relação ao aspecto de IQAr, a Estação do CRAS apresentou 99,47% da classificação total como BOA e 0.53% da classificação total como MODERADO.

Quanto a disponibilidade de dados totais, obteve-se um percentual de 96,98%.

10. 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=atonormativo&id=756

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>

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>.

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>.

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>.

U.S. EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems**. Ambient Air Quality Monitoring Program, vol. II, 2017.

11. 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

ANEXO A - CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO TEOM 1405

INFORMAÇÕES GERAIS

Solicitante: Votorantin - Ciplan
Número do certificado: CEAIR-842125
Endereço: Sobradinho - DF
Data de emissão: 02/01/2026

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CALIBRAÇÃO

Item de calibração: Monito de PTS
Marca/Modelo: TEOM 1405 Ambient Particulate
Método medição: Microbalança de precisão
Número Serial: 1405A211301010
Data da calibração: 11/12/2025
Hora início/Fim: 11:00/12:05
Estação: CRAS FERCAL-DF

DADOS DO PADRÃO UTILIZADO

Descrição	Serial	Data da Calibração	Validade da Calibração
TSI / 4045G	40451522002	12/11/2024	12/11/2025

TESTE DE VAZAMENTO

		Tolerância:		Status:	
Main flow (lpm)	0,01		0,15 lpm		OK
By pass flow (lpm)	0,02		0,6 lpm		OK

VERIFICAÇÃO DO FLUXO PRINCIPAL

				Status:	
Fluxo TEOM (lpm):	3,000	Fluxo Fluxômetro (lpm):	3,06		
Erro Percentual:	2,00%	Tolerância:	10%		OK
Previous Flow Adj Factor:	1,0164	Current Flow Adj Factor:	1,0200		
Valor Final de Fluxo:	Leitura no Equipamento:	3,000	Leitura no Fluxômetro:	3,000	

VERIFICAÇÃO DO FLUXO BYPASS

				Status:	
Fluxo TEOM (lpm):	13,67	Fluxo Flowmeter (lpm):	13,65		
Erro Percentual:	0,15%	Tolerância:	10%		OK
Previous Flow Adj Factor:	1,0299	Current Flow Adj Factor:	0,9985		
Valor Final de Fluxo:	Leitura no Equipamento:	13,670	Leitura no Fluxômetro:	13,67	

CALIBRAÇÃO MULTIPONTO

Calibração Main Flow

Leitura no Equipamento:	Leitura no Padrão:	Erro (%):	
			NA

Calibração Bypass Flow

Leitura no Equipamento:	Leitura no Padrão:	Erro (%):	
			NA

CALIBRAÇÃO DO MAIN FLOW

K0 Atual:	NA	K0 Audit:	NA	NA
STATUS PM 2,5:		EFETUADO AJUSTE:		NÃO

CONCLUSÃO Não foi necessário ajuste do fluxo, considerando a tolerância de 10%.

INCERTEZA - PRINCIPAL

Fluxo (lpm)	Incerteza Expandida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fluxo (lpm)	Incerteza Expandida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0,41 ($k=2$; $v_{\text{eff}} = \infty$)	1	0,46 ($k=2$; $v_{\text{eff}} = \infty$)
5	0,45 ($k=2$; $v_{\text{eff}} = \infty$)	5	0,50 ($k=2$; $v_{\text{eff}} = \infty$)
16,67	0,57 ($k=2$; $v_{\text{eff}} = \infty$)	16,67	0,62 ($k=2$; $v_{\text{eff}} = \infty$)
24,95	0,74 ($k=2$; $v_{\text{eff}} = \infty$)	24,95	0,79 ($k=2$; $v_{\text{eff}} = \infty$)

INCERTEZA - BYPASS

NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

- 1) A incerteza expandida U, que é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
- 2) As incertezas padrão da medição foram determinadas de acordo com a Norma n° NIT-DICLA-021 - Expressão da Incerteza de Medição por Laboratórios de Calibração - Inmetro, revisão 10 de julho/2020.
- 3) O K0 está considerado no cálculo de incerteza
- 4) Este certificado é válido somente para o item citado e só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita da Aires.
- 5) A incerteza expandida expressa em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se refere ao cálculo das incertezas combinadas dos equipamentos, fluxômetro e padrões de calibração.
- 6) Todos as atividades executadas foram realizadas conforme o procedimento interno IT AIR 04-15 e IT AIR 02-15 REV00

REALIZADO POR

João Vítor S. de Sousa

João Vítor Santos de Sousa
Técnico de operação

APROVADO POR

Vhictor Pereira Rodrigues
Coordenador de Operação

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO TEOM 1405

INFORMAÇÕES GERAIS

Solicitante: Votorantin - Ciplan
Número do certificado: CEAIR-842025
Endereço: Sobradinho - DF
Data de emissão: 02/01/2026

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CALIBRAÇÃO

Item de calibração: Monitor de PM10 e PM2,5
Marca/Modelo: Thermo Scientific TEOM 1405D
Método medição: Microbalança de Precisão
Número Serial: 1405A24711812
Data da calibração: 11/12/2025
Hora início/Fim: 09:05/10:58
Estação: CRAS FERCAL - DF

DADOS DO PADRÃO UTILIZADO

Descrição	Serial	Data da Calibração	Validade da Calibração
TSI / 4045G	40451522002	12/11/2024	12/11/2025
Filtro Padrão - TX40	NA	NA	NA

TESTE DE VAZAMENTO

PM 2.5 Flow	0,01	Tolerância:	0,15 lpm	Status:	OK
PM - Coarse Flow	0,02	Tolerância:	0,15 lpm	Status:	OK
By pass flow (lpm):	0,00	Tolerância:	0,6 lpm	Status:	OK

VERIFICAÇÃO DO FLUXO PRINCIPAL - PM 2.5

Fluxo TEOM (lpm):	3,000	Fluxo Fluxômetro (lpm):	3,01	
Erro Percentual:	0,33%	Tolerância:	10%	Status: OK
Previous Flow Adj Factor:	0,9791	Current Flow Adj Factor:	1,0033	
Valor Final de Fluxo:	Leitura no Equipamento	3,000	Leitura no Fluxômetro	3

VERIFICAÇÃO DO FLUXO BYPASS

Fluxo TEOM (lpm):	12,35	Fluxo Flowmeter (lpm):	12,3	
Erro Percentual:	0,40%	Tolerância:	10%	Status: OK
Previous Flow Adj Factor	1,1209	Current Flow Adj Factor:	0,9960	
Valor Final de Fluxo	Leitura no Equipamento:	12,000	Leitura no Fluxômetro:	12

VERIFICAÇÃO DO FLUXO COARSE

Fluxo TEOM (lpm):	1,67	Fluxo Flowmeter (lpm):	1,68	
Erro Percentual:	0,60%	Tolerância:	10%	Status: OK
Previous Flow Adj Factor:	0,9523	Current Flow Adj Factor:	1,0060	
Valor Final de Fluxo:	Leitura no Equipamento:	1,670	Leitura no Fluxômetro:	1,67

CALIBRAÇÃO MULTIPONTO

Calibração Main Flow

Leitura no Equipamento:	Leitura no Padrão:	Erro (%):	
			NA

Calibração Bypass Flow

Leitura no Equipamento:	Leitura no Padrão:	Erro (%):	
			NA

Calibração Coarse Flow

Leitura no Equipamento:	Leitura no Padrão:	Erro (%):	
			NA

CALIBRAÇÃO DO K0 PM-2.5

K0 Atual:	NA	K0 Audit:	NA	NA
-----------	----	-----------	----	----

CALIBRAÇÃO DO K0 PM-Coarse

K0 Atual:	NA	K0 Audit:	NA	NA
STATUS PM 2,5:		EFETUADO AJUSTE:	NÃO	
STATUS PM 10:		EFETUADO AJUSTE:	NÃO	

CONCLUSÃO

Não foi necessário ajuste do fluxo, considerando a tolerância de 10%.

INCERTEZA - PM_{2,5}

Fluxo (lpm)	Incerteza Expandida (µg/m ³)	Fluxo (lpm)	Incerteza Expandida (µg/m ³)
1	0,41 (k=2 ; veff = ∞)	1	0,46 (k=2 ; veff = ∞)
5	0,45 (k=2 ; veff = ∞)	5	0,50 (k=2 ; veff = ∞)
16,67	0,57 (k=2 ; veff = ∞)	16,67	0,62 (k=2 ; veff = ∞)
24,95	0,74 (k=2 ; veff = ∞)	24,95	0,79 (k=2 ; veff = ∞)

INCERTEZA - PM_{Coarse}

NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

- 1) A incerteza expandida U, que é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
- 2) As incertezas padrão da medição foram determinadas de acordo com a Norma nº NIT-DICLA-021 - Expressão da Incerteza de Medição por Laboratórios de Calibração - Inmetro, revisão 10 de julho/2020.
- 3) O K0 está considerado no cálculo de incerteza, tanto para o PM2.5 como para o PM Coarse
- 4) Este certificado é válido somente para o item citado e só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita da Aires.
- 5) A incerteza expandida expressa em µg/m³, se refere ao cálculo das incertezas combinadas dos equipamentos, fluxômetro e padrões de calibração.
- 6) Todos as atividades executadas foram realizadas conforme o procedimento interno IT AIR 04-15 e IT AIR 02-15 REV00

REALIZADO POR

João Vítor S. de Sousa

João Vítor Santos de Sousa
Técnico de Operação

APROVADO POR

Vhictor Pereira Rodrigues
Coordernador de Operação

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO ANALISADOR DE MONÓXIDO DE CARBONO

INFORMAÇÕES GERAIS

Solicitante:	Votorantin - Ciplan	Data de emissão:	02/01/2026
Número do certificado:	CEAIR-841925		
Endereço:	Sobradinho - DF		

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CALIBRAÇÃO

Item de calibração:	Analizador de CO	Data da calibração:	08/12/2025
Marca/Modelo:	Thermo Fisher 48i	Hora início / fim:	11:35/13:00
Método medição	Absorção de radiação infravermelha	Fundo de escala (ppm):	10
Número Serial:	1131400066		
Marca / Mod Calibrador:	Thermo/146i	Marca/mod. Gerador Ar zero:	Thermo Scientific - 111i
Número Serial:	CM14040022	Número Serial:	704619826
Cert. Calibração:	CEAIR 725025	Pressão Ar zero:	30 PSI
Data Calibração:	14/08/2025	Validade:	14/08/2026
Local:	CRAS FERCAL-DF		

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO ANALISADOR

Componentes medidos	Range de medição (ppm)		Menor limite inferior detectável (média 60s):	0,04	ppm
	Mínimo	Máximo			
CO	0	10	Desvio de zero (24 horas):	<0,1	ppm
			Desvio de span (range total):	± 1	%
			Linearidade (range total):	± 1	%
			Precisão:	0,1	ppm

PROCEDIMENTO APLICADO

Leitura da resposta do instrumento em comparação ao conjunto de calibração multicalibrador e gás padrão.

Procedimento realizado em observância à Norma NBR ISO/IEC 17025

GÁS PADRÃO UTILIZADO

Cilindro Nº:	68388	Concentração (ppm):	1450ppm
Certificado Nº:	202200426	Data de fabricação:	10/08/2022
Pressão:	1100 psi	Validade:	09/08/2027

VALOR DO COEFICIENTE E BKG

	DADOS INICIAIS		DADOS FINAIS
CO COEF	1.090	CO COEF	1.806
CO BKG (ppm)	0.020	CO BKG (ppm)	0.543

VERIFICAÇÃO ZERO / SPAN

ESCALA	LEITURA CALIBRADOR (ppm)	LEITURA INSTRUMENTO (ppm)	DIFERENÇA %
0%	0,00	0,31	3,14%
80%	8,00	4,83	31,70%

STATUS DA CALIBRAÇÃO

STATUS	Calibrado	AJUSTE EFETUADO	SIM
CONCLUSÃO	O analisador encontra-se em condições de utilização, em conformidade com os testes executados e apto a executar monitoramento contínuo de concentração de CO		

NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

1) Foi necessário ajuste no ZERO/SPAN, pois a diferença percentual foi maior que 2% fs, conforme procedimento adotado.

REALIZADO POR

João Vitor S. de Sousa

João Vitor Santos de Sousa
Técnico de Operação

APROVADO POR

Vhictor Pereira Rodrigues

Vhictor Pereira Rodrigues
Coordenador de Operação

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO ANALISADOR DE NOx

INFORMAÇÕES GERAIS

Solicitante:	Votorantin - Ciplan	Data de emissão:	02/01/2026
Número do certificado:	CEAIR-842425		
Endereço:	Sobradinho - DF		

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CALIBRAÇÃO

Item de calibração:	Analizador de NO, NO2 e NOx	Data da calibração:	31/12/2025
Marca/Modelo:	Thermo Fisher 42i	Hora início / fim:	16:35/17:15
Método medição	Quimioluminescência	Fundo de escala (ppm):	1
Número Serial:	1212452713		
Marca / Mod Calibrador:	ThermoFisher/146i	Marca/mod. Gerador Ar zero:	Thermo Scientific - 111i
Número Serial:	CM14040022	Número Serial:	704619826
Cert. Calibração:	CEAIR 725025	Pressão Ar zero:	30 PSI
Data Calibração:	14/08/2025	Validade:	14/08/2026
Local:	CRAS FERCAL-DF		

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO ANALISADOR

Componentes medidos	Range de medição (ppm)		Menor limite inferior detectável (média 60s)	0,4	ppb
	Mínimo	Máximo		<0,40	ppb
NO	0	1	Desvio de zero (24 horas)	± 2	%
NO2	0	1	Desvio de span (range total)	± 2	%
NOX	0	1	Linearidade (range total)	± 2	%

PROCEDIMENTO APLICADO

Leitura da resposta do instrumento em comparação ao conjunto de calibração multicalibrador e gás padrão.

Procedimento realizado em observância à Norma NBR ISO/IEC 17025

GÁS PADRÃO UTILIZADO

Cilindro Nº:	FF25137	Concentração (ppm):	44,97
Certificado Nº:	202232248	Data de fabricação:	02/06/2025
Pressão:	120Bar 1600PSI	Validade:	02/06/2026

VALOR DO COEFICIENTE E BKG

DADOS INICIAS		DADOS FINAIS	
NO COEF:	2.000	NO COEF:	1.004
NO BKG (ppb):	89.9	NO BKG (ppb):	48.6
NO2 COEF:	1.000	NO2 COEF:	1.000
NOX COEF:	0.962	NOX COEF:	0.996
NOX BKG (ppb):	86.3	NOX BKG (ppb):	47.5

VERIFICAÇÃO DE ZERO / SPAN - NO

ESCALA	LEITURA CALIBRADOR (ppm)	LEITURA INSTRUMENTO (ppm)	DIFERENÇA %
0%	0,000	0,001	0,11%
80%	0,800	0,796	0,40%

VERIFICAÇÃO ZERO / SPAN - NOX

ESCALA	LEITURA CALIBRADOR (ppm)	LEITURA INSTRUMENTO (ppm)	ERRO ESCALA COMPLETA %
0%	0,000	0,001	0,11%
80%	0,800	0,798	0,20%



Empresa Certificada:
Certification Standard
ISO9001:2015

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO ANALISADOR DE NOx

INFORMAÇÕES GERAIS

Solicitante: Votorantin - Ciplan

Número do certificado: CEAIR-842425

Data de emissão:

02/01/2026

STATUS DA CALIBRAÇÃO

STATUS: Calibrado

AJUSTE EFETUADO: Sim

CONCLUSÃO

O analisador encontra-se em condições de utilização, em conformidade com os testes executados e apto a executar monitoramento contínuo de concentração de NOx.

NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

1) Foi realizado ajuste no ZERO/SPAN, a fim de melhorar a precisão do equipamento, embora a diferença percentual tenha sido menor que 2% fs.

REALIZADO POR

João Vitor S. de Sousa

João Vitor Santos de Sousa
Técnico de Operação

APROVADO POR

Vhictor Pereira Rodrigues

Vhictor Pereira Rodrigues
Coordenador de Operações

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO ANALISADOR DE OZÔNIO

INFORMAÇÕES GERAIS

Solicitante: Votorantim e Ciplan
Número do certificado: CEAIR-842525 Data de emissão: 02/01/2026
Endereço: Sobradinho - DF

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CALIBRAÇÃO

Item de calibração: Analisador de Ozônio Data da calibração: 31/12/2025
Marca/Modelo: Thermo Fisher 49i Hora início / fim: 11:23/13:43
Método medição: Fotometria UV Fundo de escala (ppm): 1
Número Serial: 713021143
Marca / Mod Calibrador: Thermo Scientific - 146i Marca/mod. Gerador Ar zero: Thermo Scientific - 111i
Número Serial: CM14040022 Número Serial: 704619826
Cert. Calibração: CEAIR 725025 Pressão Ar zero: 30 PSI
Data Calibração: 14/08/2025 Validade: 14/08/2026
Local: Laboratório Aires

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO ANALISADOR

Componentes medidos	Range de medição (ppm)		Menor limite inferior detectável (média 60s)		
	Mínimo	Máximo			
O3	0	0,4	Desvio de zero (24 horas)	0,04	ppm
			Desvio de span (range total)	<0,1	ppm
			Linearidade (range total)	± 1	%
			Precisão	± 1	%
				0,1	ppm

PROCEDIMENTO APLICADO

Leitura da resposta do instrumento em comparação ao conjunto de calibração multicalibrador e gás padrão.

Procedimento realizado em observância à Norma NBR ISO/IEC 17025

GÁS PADRÃO UTILIZADO

Cilindro Nº: NA Concentração (ppm): NA
Certificado Nº: NA Data de fabricação: NA
Pressão: NA Validade: NA

DADOS DO COEFICIENTE E BKG

	DADOS INICIAS	DADOS FINAIS
O3 COEF	1,927	O3 COEF 1,592
O3 BKG (ppb)	0.4	O3 BKG (ppb) 0.3

VERIFICAÇÃO ZERO / SPAN

ESCALA	LEITURA CALBRADOR (ppb)	LEITURA INSTRUMENTO (ppm)	DIFERENÇA %
0%	0,00	0,0008	0,08%
80%	0,80	0,968	16,80%

STATUS DA CALIBRAÇÃO

STATUS: Calibrado AJUSTE EFETUADO: Sim
CONCLUSÃO: O analisador encontra-se em condições de utilização, em conformidade com os testes executados e apto a operar no monitoramento contínuo de concentração de O3.

NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

1) Foi necessário ajuste no ZERO/SPAN, pois a diferença percentual foi maior que 2% fs, conforme procedimento adotado.

REALIZADO POR

João Vitor S. de Sousa

João Vitor Santos de Sousa
Técnico de Operação

APROVADO POR



Vhictor Pereira Rodrigues
Coordenador de Operação

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO ANALISADOR DE DIÓXIDO DE ENXOFRE

INFORMAÇÕES GERAIS

Solicitante: Votorantin - Ciplan
Número do certificado: CEAIR-842225 Data de emissão: 02/01/2026
Endereço: Sobradinho - DF

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CALIBRAÇÃO

Item de calibração: Analisador de SO₂ Data da calibração: 22/12/2025
Marca/Modelo: Thermo Fisher 43i Hora início / fim: 08:10/10:30
Método medição: Fluorescência em UV Fundo de escala (ppm): 1
Número Serial: 721523330
Marca / Mod Calibrador: Thermo/146i Marca/mod. Gerador Ar zero: Thermo Scientific - 111i
Número Serial: CM14040022 Número Serial: 704619826
Cert. Calibração: CEAIR 725025 Pressão Ar zero: 30 PSI
Data Calibração: 14/08/2025 Validade: 14/08/2026
Local: CRAS FERCAL - DF

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO ANALISADOR

Componentes medidos	Range de medição (ppm)		Menor limite inferior detectável (média 60s):	0,04 ppm
	Mínimo	Máximo		
SO ₂	0	1	Desvio de zero (24 horas):	<0,1 ppm
			Desvio de span (range total):	± 1 %
			Linearidade (range total):	± 1 %
			Precisão:	0,1 ppm

PROCEDIMENTO APLICADO

Leitura da resposta do instrumento em comparação ao conjunto de calibração multicalibrador e gás padrão.

Procedimento realizado em observância à Norma NBR ISO/IEC 17025

GÁS PADRÃO UTILIZADO

Cilindro Nº: FF26488 Concentração (ppm): 14,9415
Certificado Nº: 202233195 Data de fabricação: 26/06/2025
Pressão: 137 Bar 2000 PSI Validade: 26/06/2026

VALOR DO COEFICIENTE E BKG

DADOS INICIAS		DADOS FINAIS	
SO ₂ COEF:	1,138	SO ₂ COEF:	1,138
SO ₂ BKG (ppb):	20,30	SO ₂ BKG (ppb):	20,30

VERIFICAÇÃO DE ZERO / SPAN

ESCALA	LEITURA CALIBRADOR (ppb)	LEITURA INSTRUMENTO (ppb)	DIFERENÇA %
0%	0,000	0,0001	0,01%
80%	0,800	0,797	0,3%

STATUS DA CALIBRAÇÃO

STATUS	APROVADO	AJUSTE EFETUADO	Sim
CONCLUSÃO	O analisador encontra-se em condições de utilização, em conformidade com os testes executados e apto a executar monitoramento contínuo de concentração de SO ₂ .		

NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

1) Não foi necessário ajuste, pois a diferença percentual foi menor que 2% fs, conforme procedimento adotado.

REALIZADO POR

João Vitor S. de Sousa

João Vitor Santos de Sousa
Técnico de Operação

APROVADO POR

Vhictor Pereira Rodrigues

Vhictor Pereira Rodrigues
Coordenador de Operação

CERTIFICADO DE SENSOR DE DIREÇÃO DO VENTO

INFORMAÇÕES GERAIS

Número do certificado: CEAIR 779625 Data de emissão: 21/10/2025
Endereço: DF-150, S/N - Sobradinho, Brasília - DF, 73001-043

DADOS DO CLIENTE

Solicitante: Votorantim
Endereço: DF-150, S/N - Sobradinho, Brasília - DF, 73001-043

CARACTERÍSTICAS DO SENSOR

Item de calibração: Sensor de direção do vento Marca: ComWinTop
Nº de série: CWTDV064 Modelo: CWT-SWD-C-360-RS485

DADOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Temperatura (°C): 21,1 Umidade (%): 72%
Data da calibração: 20/10/2025 Pressão (mmHg): 763
Local da calibração: Laboratório Aires - R. Desembargador Sampaio, 386 - Praia do Canto, Vitória - ES, CEP 29010-490

PROCEDIMENTO APLICADO

Leitura da resposta do sensor a partir de pontos fixos no padrão.

Procedimento realizado em observância à Norma ISO/IEC 17025

PADRÃO UTILIZADO

Código	Padrão	Calibração	Vencimento	Laboratório	Certificado	Rastreabilidade
RODA	Escala angular graduada	20/08/2024	20/08/2026	CTJ	D-8117/24	RBC - CAL 0477
106	Multímetro digital	06/03/2025	06/03/2026	SOCINTEC	RI 2946/25	RBC - CAL 0250

VALORES MEDIDOS

RESULTADOS

Padrão (°)	Leitura do conjunto (°)			Valor médio (°)	Erro (°)	Incerteza (°)	
	1	2	3				
0	1	0	1	1	1	0,61	(k=2,21 ; v _{eff} =13)
29	31	30	31	31	2	0,70	(k=2,37 ; v _{eff} =8)
60	60	61	60	60	0	0,55	(k=2,14 ; v _{eff} =19)
89	91	90	91	91	2	1,13	(k=2,87 ; v _{eff} =4)
121	121	122	121	121	0	1,13	(k=2,87 ; v _{eff} =4)
150	150	151	151	151	1	1,55	(k=3,31 ; v _{eff} =3)
179	179	179	180	179	0	0,55	(k=2,13 ; v _{eff} =20)
209	211	211	210	211	2	0,76	(k=2,43 ; v _{eff} =7)
240	242	242	241	241	1	0,56	(k=2,16 ; v _{eff} =17)
270	272	271	271	271	1	0,92	(k=2,65 ; v _{eff} =5)
300	300	301	301	301	1	0,64	(k=2,25 ; v _{eff} =11)
330	331	332	331	331	1	0,47	(k=2,03 ; v _{eff} =92)

NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

- 1) A incerteza expandida U, que é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
- 2) As incertezas padrão da medição foram determinadas de acordo com a Norma nº NIT-DICLA-021 - Expressão da Incerteza de Medição por Laboratórios de Calibração - Inmetro, revisão 10 de Julho/2020.
- 3) Este certificado é válido somente para o item citado e só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita da Aires.

REALIZADO POR


Gabriel Prates Loriato
Técnico de manutenção

APROVADO POR


Gilmar Assis
Coordenador Técnico

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DE SENSOR DE VELOCIDADE DO VENTO

INFORMAÇÕES GERAIS

Número do certificado: CEAIR 780025 Data de emissão: 21/10/2025
Endereço: DF-150, S/N - Sobradinho, Brasília - DF, 73001-043

DADOS DO CLIENTE

Solicitante: Votorantim
Endereço: DF-150, S/N - Sobradinho, Brasília - DF, 73001-043

CARACTERÍSTICAS DO SENSOR

Item de calibração: Sensor de velocidade do vento Marca: ComWinTop
Nº de série: CWTVV064 Modelo: CWT-SWS-C-RS485

DADOS DA CALIBRAÇÃO

Temperatura (°C): 21,1 Umidade (%): 72%
Data da calibração: 20/10/2025 Pressão (mmHg): 763
Local da calibração: Laboratório Aires - R. Desembargador Sampaio, 386 - Praia do Canto, Vitória - ES, CEP 29010-490

PROCEDIMENTO APLICADO

Comparação da resposta do conjunto sensor e motor a partir da rotação de motores não variáveis de 300 e 600 RPM, em triplicata.

Procedimento realizado em observância à Norma ISO/IEC 17025

PADRÃO UTILIZADO

Código	Padrão	Calibração	Vencimento	Laboratório	Certificado	Rastreabilidade
CL-3444	Tacômetro digital	12/04/2024	12/04/2026	CTJ	C-0359/24	RBC - CAL 0477
106	Multímetro digital	06/03/2025	06/03/2026	SOCINTEC	RI 2946/25	RBC - CAL 0250

VALORES INICIAIS MEDIDOS

RESULTADOS

Padrão (m/s)	Leitura do conjunto (m/s)			Valor médio (m/s)	Erro (m/s)	Incerteza (m/s)	
	1	2	3				
8,4	8,6	8,5	8,5	8,6	0,11	0,3	(k=2,00 ; v _{eff} =∞)
16,4	16,6	16,6	16,6	16,6	0,14	0,3	(k=2,00 ; v _{eff} =∞)

NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

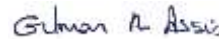
- 1) A incerteza expandida U, que é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
- 2) As incertezas padrão da medição foram determinadas de acordo com a Norma nº NIT-DICLA-021 - Expressão da Incerteza de Medição por Laboratórios de Calibração - Inmetro, revisão 10 de julho/2020.
- 3) Este certificado é válido somente para o item citado e só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita da Aires
- 4) Realizada a limpeza interna, externa ao sensor e nos rolamentos para remoção de poeira

REALIZADO POR



Gabriel Prates Loriato
Técnico de manutenção

APROVADO POR



Gilmar Assis
Coordenador técnico

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DE SENSOR DE RADIAÇÃO SOLAR

INFORMAÇÕES GERAIS

Número do certificado: CEAIR 779725 Data de emissão: 21/10/2025
Solicitante: Votorantim
Endereço: DF-150, S/N - Sobradinho, Brasília - DF, 73001-043

CARACTERÍSTICAS DO SENSOR

Item de calibração: Sensor de Radiação Solar Marca: ComWinTop
Modelo: CWT-SI-RS485 Serial: CWTRS039

DADOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Temperatura (°C): 21,1 Umidade (%): 72%
Data da calibração: 20/10/2025 Pressão (mmHg): 763,0
Local da calibração: Laboratório Aires - R. Desembargador Sampaio, 386 - Praia do Canto, Vitória - ES, CEP 29055-250

PROCEDIMENTOS APLICADOS

Comparação entre a resposta do sensor (lida em milivolts) e do padrão, quando submetidos a luz solar e ausência de luz, em um período de 24h.

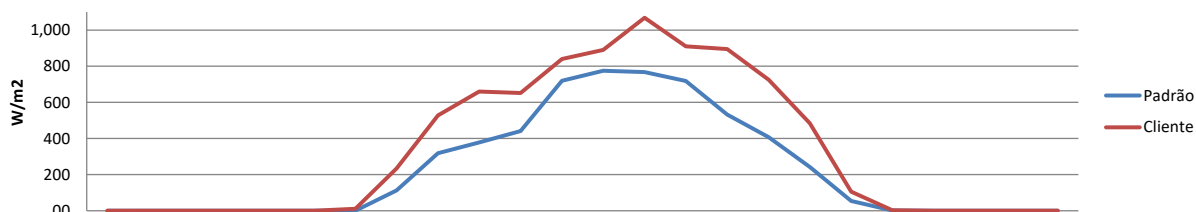
Procedimento realizado em observância à Norma ISO/IEC 17025

PADRÕES UTILIZADOS

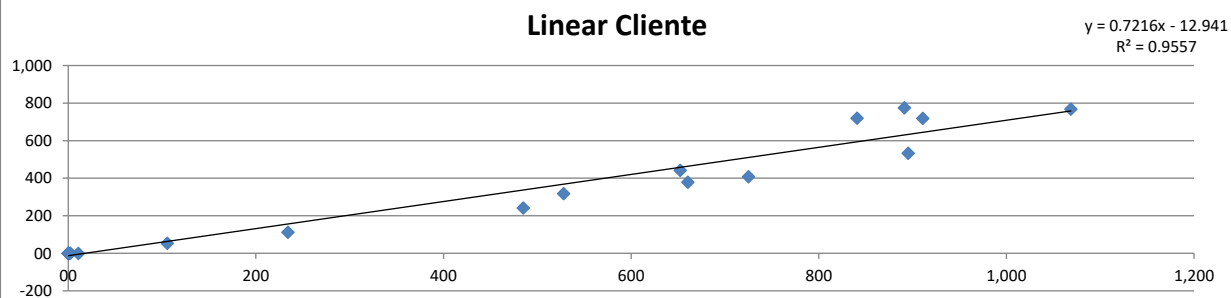
Código	Padrão	Calibração	Vencimento	Laboratório	Certificado	Rastreabilidade
094-2	Sensor de Radiação Solar Licor	23/02/2022	NA	Unimetro	29646/2022	N.A
106	Multímetro digital	06/03/2025	06/03/2026	SOCINTEC	RI 2946/25	RBC - CAL 0250

RESULTADOS

Padrão x Cliente



Linear Cliente



NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Para o monitoramento da radiação solar não é aplicado a medida de incerteza, uma vez que a calibração não é realizada em ambiente controlado. A calibração é realizada por meio de comparação entre os sensores que são expostos aos raios solares.

Os sensores foram igualmente instalados e configurados para registrar dados a cada 60 min em um mesmo local durante um período de 24h.

A correlação linear entre o sensor medido e o sensor padrão foi de 0,9557 O fator de correção é 0,68281 Sensibilidade 7,35 $\mu\text{V}/\text{Wm}^2$

REALIZADO POR



Gabriel Prates Loriato
Técnico de manutenção

APROVADO POR



Gilmar Assis
Coordenador Técnico

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DE SENSOR PLUVIOMÉTRICO

INFORMAÇÕES GERAIS

Número do certificado: CEAIR 779825 Data de emissão: 21/10/2025
Solicitante: Votorantim
Endereço: DF-150, S/N - Sobradinho, Brasília - DF, 73001-043

CARACTERÍSTICAS DO SENSOR

Item de calibração: Sensor de precipitação pluviométrica Marca: ComWinTop
Nº de série: CWTPP049 Modelo: CWT-RG-S

DADOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Temperatura (°C): 21,1 Umidade (%): 72%
Data da calibração: 20/10/2025 Pressão (mmHg): 763
Local da calibração: Laboratório Aires - R. Desembargador Sampaio, 386 - Praia do Canto, Vitória - ES, CEP 29010-490

PROCEDIMENTO APLICADO

Leitura da resposta do conjunto sensor, a partir de pontos fixos no padrão, em triplicata.

Procedimento realizado em observância à Norma ISO/IEC 17025

PADRÃO UTILIZADO

Código	Padrão	Calibração	Vencimento	Laboratório	Certificado	Rastreabilidade
PG-AIR0118	Pipeta Graudada	18/03/2025	18/03/2026	Medição	PG-AIR011818/03/25	RBC - CAL 0183

VOLUME DO PLUVIÔMETRO

Volume indicado (ml) por cada balsa D (direita) e E (esquerda)							Volume Médio (mL)		
Teste nº	1	2	3	4	5	6			
D	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,50	±	0,16 (k=2 ; v _{eff} = ∞)
E	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,50	±	0,16 (k=2 ; v _{eff} = ∞)

NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

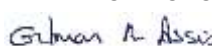
- 1) Cada basculada corresponde a aproximadamente 0,2 mm de precipitação pluviométrica na área coletora do instrumento.
- 2) Nos resultados, os números após o símbolo ± são os valores numéricos da incerteza expandida U, que é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
- 3) As incertezas padrão da medição foram determinadas de acordo com a Norma nº NIT-DICLA-021 - Expressão da Incerteza de Medição por Laboratórios de Calibração - Inmetro, revisão 10 de julho/2020.
- 4) Este certificado é válido somente para o item citado e só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita da Aires.

REALIZADO POR



Gabriel Prates Loriato
Técnico de manutenção

APROVADO POR



Gilmar Assis
Coordenador técnico

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE TEMPERATURA, UMIDADE E PRESSÃO ATMOSFÉRICA

INFORMAÇÕES GERAIS

Solicitante: Votorantim
Número do certificado: CEAIR 779925 Data de emissão: 21/10/2025
Endereço: DF-150, S/N - Sobradinho, Brasília - DF, 73001-043

CARACTERÍSTICAS DO SENSOR

Item de calibração: Sensor de temperatura, umidade e pressão atmosférica Marca: ComWinTop
Nº Série: CWTUR035 modelo: CWT-BY

DADOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Temperatura (°C): 21 Umidade (%): 72%
Data da calibração: 20/10/25 Pressão (mmHg): 763
Local da calibração: Laboratório Aires - R. Desembargador Sampaio, 386 - Praia do Canto, Vitória - ES, CEP 29010-490

PROCEDIMENTOS APLICADOS

Leitura da resposta do sensor a partir de pontos fixos no padrão. Procedimento realizado em observância à Norma ISO/IEC 17025

PADRÕES UTILIZADOS

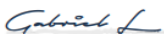
Código	Padrão	Calibração	Vencimento	Laboratório	Certificado	Rastreabilidade
106	Multímetro digital	06/03/2025	06/03/2026	SOCINTEC	RI 2946/25	RBC - CAL 0250
DT-625	TERMOHIGRÔMETRO	21/03/2025	21/03/2026	Medição	21121115721/03/25	RBC - CAL 0183
PC-507-1-4-C	Barômetro	21/02/2025	21/02/2026	Medição	P-1832/25	RBC - CAL 0477

TEMPERATURA

VALORES MEDIDOS

RESULTADOS

Padrão (°C)	Leitura do sensor (°C)			Valor médio (°C)	Erro (°C)	Incerteza (°C)	
	1	2	3				
10,3	9,9	9,8	10,2	10,0	-0,3	0,4	(k=3,31 ; veff=3)
30,5	30,2	29,9	30,1	30,1	-0,4	0,3	(k=2,87 ; veff=4)
50,5	50,0	49,8	50,2	50,0	-0,5	0,4	(k=3,31 ; veff=3)

VALORES MEDIDOS					RESULTADOS	
Padrão (%)	Valor medido 1 (%)	Valor medido 2 (%)	Valor médio (%)	Erro (%)	Incerteza (%)	
72	72,4	72,5	72,5	0,5	7	(k=2,00 ; v _{eff} =∞)
40	40,1	40,3	40,2	0,2	6	(k=2,00 ; v _{eff} =∞)
20	20,4	20,2	20,3	0,3	5	(k=2,00 ; v _{eff} =∞)
PRESSÃO ATMOSFÉRICA						
VALORES MEDIDOS				RESULTADOS		
Padrão (hPa)	Leitura do conjunto (hPa)			Valor médio (hPa)	Erro (hPa)	Incerteza (hPa)
	1	2	3	4		
800,4	801,0	802,0	801,0	802,0	801,5	1,13 (k=2,1 ; v _{eff} =38)
855,4	857,0	856,0	855,0	855,0	855,8	1,50 (k=2,3 ; v _{eff} =11)
910,4	910,0	911,0	912,0	911,0	911,0	1,34 (k=2,2 ; v _{eff} =16)
965,4	966,0	967,0	966,0	966,0	966,3	1,08 (k=2,0 ; v _{eff} =59)
1020,5	1021,0	1021,0	1021,0	1021,0	1.021,0	0,93 (k=2,0 ; v _{eff} =∞)
NOTAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS						
1) A incerteza declarada é a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com V _{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.						
2) As incertezas padrão da medição foram determinadas de acordo com a Norma nº NIT-DICLA-021 - Expressão da Incerteza de Medição por Laboratórios de Calibração - Inmetro, revisão 10 de julho/2020.						
3) Este certificado é válido somente para o item citado e só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita da Aires.						
REALIZADO POR				APROVADO POR		
						
Gabriel Prates Lariato				Gilmar Assis		
Técnico em Manutenção				Coordenador Técnico		