

**FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO
AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER
FEPAM**

**Rede Estadual de Monitoramento
Automático da Qualidade do Ar
Relatório 2018**

RIO GRANDE DO SUL

2019

*FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
HENRIQUE LUIS ROESSLER*

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

*SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL*

2019

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Marjorie Kauffmann

DIRETORIA TÉCNICA

Renato das Chagas e Silva

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

Glaucus Vinicius Biasetto Ribeiro

DIVISÃO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Márcio D'Avila Vargas

Equipe Técnica da Rede Ar do Sul

Estevão Segalla

Felipe Norte Pereira

Flávio Wiegand

Márcio D'Avila Vargas

Elaboração Técnica

Flávio Wiegand

Márcio D'Avila Vargas

SUMÁRIO

GLOSSÁRIO	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO	14
3 ANÁLISE DOS DADOS	15
3.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS PARA DISPERSÃO DE POLUENTES NA RMPA EM 2018	15
3.2 DADOS DO MONITORAMENTO	19
3.2.1 ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR	19
3.2.2 POLUENTES ATMOSFÉRICOS: CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL	20
3.2.3 POLUENTES ATMOSFÉRICOS: ÚLTIMOS CINCO ANOS	21
3.2.4 POLUENTES ATMOSFÉRICOS: CONCENTRAÇÃO MÁXIMA ANUAL	24
4 CONCLUSÕES	30
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

GLOSSÁRIO

%: percentual

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: micrograma por metro cúbico

μm : micrômetro

°C: Grau Celsius

AT: Arranca Toco

CO: Monóxido de carbono

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPTEC: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DEPREC: Departamento Estadual de Portos Rios e Canais

DSA: Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais

E: Leste

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

GOES-16: Geostationary Operational Environmental Satellite

h: Hora

hPa: Hectopascal

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IQAr: Índice de qualidade do ar

JT: Jardim Timbaúva

L: Local

Log: Logaritmo

m/s: Metro por segundo

mm: Milímetro

NO₂: Dióxido de nitrogênio

NO_x: Óxidos de nitrogênio

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

O₃: Ozônio

OMS: Organização Mundial da Saúde

P: Pressão

PI₁₀: Partículas inaláveis com diâmetro aerodinâmico menor que 10 micra

ppm: Partes por milhão

PROCONVE: Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

PROMOT: Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas e Veículos Similares

PU: Parque universitário

RG: Radiação solar global

RMPA: Região Metropolitana de Porto alegre

RS: Rio Grande do Sul

S: Sul

SE: Sudeste

SO₂: Dióxido de enxofre

T: Temperatura

UR: Umidade relativa do ar

UTC: Universal Time Coordinated

UVA: Radiação ultravioleta-A

V COMAR: V Comando Aéreo Regional

VE: Vila Ezequiel

VV: Velocidade do vento

W: Oeste

W/m²: Watt por metro quadrado

WHO: World Health Organization

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Temperaturas médias mensais registradas em 2018 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010. 16
- Figura 2:** Umidades Relativas médias mensais registradas em 2018 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010. 17
- Figura 3:** Precipitações acumuladas mensais registradas em 2018 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010. 17
- Figura 4:** Velocidades médias mensais do vento registradas em 2018 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010. 18
- Figura 5:** Pressões atmosféricas médias mensais registradas em 2018 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010. 18
- Figura 6:** Índices de qualidade e faixas de concentração correspondente por poluente. 19
- Figura 7:** Imagens do Satélite GOES-16 do dia 10/01/2018 no espectro do infravermelho, com realce de temperatura para salientar topos de nuvens. A estrela em vermelho corresponde à localização da Estação Charqueadas/AT. a) 10h local (12:00 UTC); b) 16h local (18:00 UTC). 27
- Figura 8:** a) Análise de superfície das 18 UTC do dia 10/01/2018, indicando isóbaras e *flags* de vento na superfície; b) Diagrama Skew T_Log P da radiossondagem do Aeroporto de Porto Alegre, do dia 10/01/2018 às 12UTC; c) Descargas elétricas atmosféricas registradas pelo Sistema STARNET no dia 10/01/2018. A estrela em vermelho corresponde à localização da Estação Charqueadas/AT. 27
- Figura 9:** a) Análise de superfície do dia 13/08/2018, às 9h local (12:00 UTC), indicando isóbaras e *flags* de vento na superfície; b) Imagem do satélite GOES-16, no espectro infravermelho, do dia 13/08/2018 às 9h local (12:00 UTC). c) Diagrama Skew T_Log P da radiossondagem do Aeroporto de Porto Alegre, do dia 13/08/2018 às 9h local (12UTC). A estrela em vermelho corresponde à localização da Estação Triunfo/Pólo Petroquímico. 28
- Figura 10:** a) Análise de superfície do dia 11/12//2018, às 9h local (12:00 UTC), indicando isóbaras e *flags* de vento na superfície; b) Imagem do satélite GOES-16, no espectro infravermelho, do dia 11/12//2018 às 9h local (12:00 UTC). c) Diagrama Skew T_Log P da radiossondagem do Aeroporto de Porto Alegre, do dia 11/12//2018 às 9h local (12UTC). A estrela em vermelho corresponde à localização da Estação Triunfo/Pólo Petroquímico. 29

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: IQAr registrado nas estações de monitoramento em 2018. 20**
- Tabela 2: Concentração média anual dos poluentes por estação em 2018. 21**
- Tabela 3: Concentração média anual de O3 nos últimos 5 anos. 22**
- Tabela 4: Concentração média anual de CO nos últimos 5 anos. 22**
- Tabela 5: Concentração média anual de SO2 nos últimos 5 anos. 23**
- Tabela 6: Concentração média anual de NO2 nos últimos 5 anos. 23**
- Tabela 7: Concentração média anual de PI10 nos últimos 5 anos. 24**
- Tabela 8: Concentração máxima anual dos poluentes por estação em 2018. 25**
- Tabela 9: Estação Charqueadas/AT: dias de ultrapassagens do padrão nos últimos anos. 25**

1 INTRODUÇÃO

A OMS (WHO, 2018) estima que cerca de 8 milhões de pessoas morrem a cada ano devido à exposição a partículas finas em ar poluído que penetram profundamente nos pulmões e no sistema cardiovascular, causando doenças como derrame, doenças cardíacas, câncer de pulmão, doenças pulmonares obstrutivas crônicas e infecções respiratórias, incluindo pneumonia. Destes, cerca de 4,2 milhões de mortes, em 2016, foi devido à poluição do ar ambiente (*outdoor*), e cerca de 3,8 milhões de mortes devido a poluição *indoor*, devido a fumaça de fogões e combustíveis sujos. Estima, ainda, que cerca de 91% da população mundial vive em locais onde a qualidade do ar excede os limites das diretrizes da OMS.

A origem dos poluentes atmosféricos pode ser tanto antrópica quanto de fontes naturais, e um efetivo controle para que a concentração destes poluentes no ar se mantenha em níveis seguros para a saúde pública e meio ambiente é uma tarefa difícil e muitas vezes ineficiente, principalmente nas grandes cidades e em zonas muito industrializadas, especialmente nos países em desenvolvimento onde as tecnologias de controle da poluição são pouco utilizadas e as leis de proteção ambiental são preteridas pela necessidade de desenvolvimento sócio-econômico. Ou seja, o desenvolvimento sustentável com efetiva proteção à saúde pública e ao meio ambiente ainda é um grande desafio para o mundo atual.

No Brasil as Resoluções CONAMA 008/90, 316/02, 382/06 e 436/11 norteiam os limites das emissões de várias atividades antrópicas, em especial aquelas que envolvem fornos de combustão de fontes fixas. Para fontes móveis, se destacam os programas PROCONVE, instituído pela Resolução CONAMA 018/86, e o PROMOT, instituído pela Resolução CONAMA 297/12, que estabeleceram prazos, limites de emissão de poluentes e melhora tecnológica para a frota veicular do país.

Quanto à qualidade do ar, as Resoluções CONAMA 005/89 e 491/18 são a base legal em nível nacional para a definição dos padrões de qualidade a serem adotados, bem como as metodologias de medição e demais ações de monitoramento pelos órgãos de controle.

Este relatório apresenta à sociedade os dados do monitoramento automático da qualidade do ar realizado pela FEPAM no Estado do Rio Grande do Sul durante o ano de 2018, para as estações de qualidade do ar em operação integrantes da rede Ar do Sul.

2 OBJETIVO

Este relatório tem por objetivo divulgar os dados do monitoramento automático da qualidade do ar realizado pela FEPAM através da rede Ar do Sul ao longo do ano de 2018.

3 ANÁLISE DOS DADOS

3.1 Condições Climáticas para Dispersão de Poluentes na RMPA em 2018

Da mesma forma que em relatórios anteriores, considerando que as estações de monitoramento da qualidade do ar estão localizadas na RMPA, as análises meteorológica e climática são baseadas nas observações registradas pela estação meteorológica A-801, do INMET, localizada em Porto Alegre, e também comparadas às normais climatológicas desta estação de 1961-1990 e 1981-2010.

O ano de 2018 pode ser considerado como um ano com temperaturas acima da média climatológica, principalmente durante o outono e primavera. Na Figura 1 é possível observar este comportamento, as curvas das temperaturas normais climatológicas de 1961-1990 e de 1981-2010 apresentam comportamentos semelhantes, enquanto que a curva do ano de 2018 apresenta anomalias positivas em abril e maio, além do período de setembro a dezembro. Durante o verão (janeiro a março) as temperaturas médias estiveram um pouco abaixo das normais citadas. No inverno houve oscilação, as anomalias foram negativas em junho e agosto, mas foi levemente positiva em julho.

A umidade relativa do ar esteve acima da média climatológica durante o ano inteiro. A Figura 2 ilustra o comportamento da umidade relativa do ar, médias mensais, onde se observa que os valores das normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010 apresentam-se semelhantes durante o ano inteiro, enquanto que a curva das médias mensais do ano 2018 apresenta valores superiores (em torno de 3 a 7%) às normais climatológicas durante o ano inteiro.

As precipitações próximas das médias climatológicas na maior parte do ano. A Figura 3 apresenta o comportamento das precipitações acumuladas mensais ocorridas no ano de 2018 e as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010. Mesmo se tratando de uma grandeza que costuma apresentar grande variabilidade, é possível observar na Figura 3 que a curva das precipitações acumuladas mensais de 2018 apresenta boa concordância com as curvas das séries normais climatológicas de 1981-2010 e 1961-1990. As precipitações são 30-40% maiores entre junho e novembro, em relação ao restante do ano. As anomalias positivas mais significativas foram durante o inverno (julho-setembro). O acumulado anual de 2018 ficou acima dos acumulados anuais das normais climatológicas.

A velocidade média mensal do vento em superfície no ano de 2018 esteve inferior às normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010 o ano inteiro. Na Figura 4 é possível observar que em 2018 as velocidades médias do vento estiveram entre 30 e 40% abaixo das normais climatológicas.

A Figura 5 apresenta as normais climatológicas das pressões atmosféricas de 1961-1990 e 1981-2010 e das pressões atmosféricas médias mensais registradas em 2018. As normais climatológicas 1981-2010 comportaram-se com valores 2-3 hPa abaixo das normais climatológicas de 1961-1990. O comportamento das médias mensais em 2018 esteve mais próximos das normais climatológicas de 1981-2010, com exceção nos meses de abril, maio junho e agosto, em que a pressão atmosférica média esteve bem próximo desta normal.

Os dados de radiação solar global foram comparados à média do período 2002-2017, em W/m^2 , haja vista que no Atlas de Normais Climatológicas exista apenas a variável ‘Insolação’, que corresponde ao número de horas com incidência de radiação solar na superfície. Considerando isso, a radiação solar no ano de 2018 esteve muito próxima da média mensal do período 2002-2017 de janeiro a setembro, e acima desta média entre setembro e dezembro.

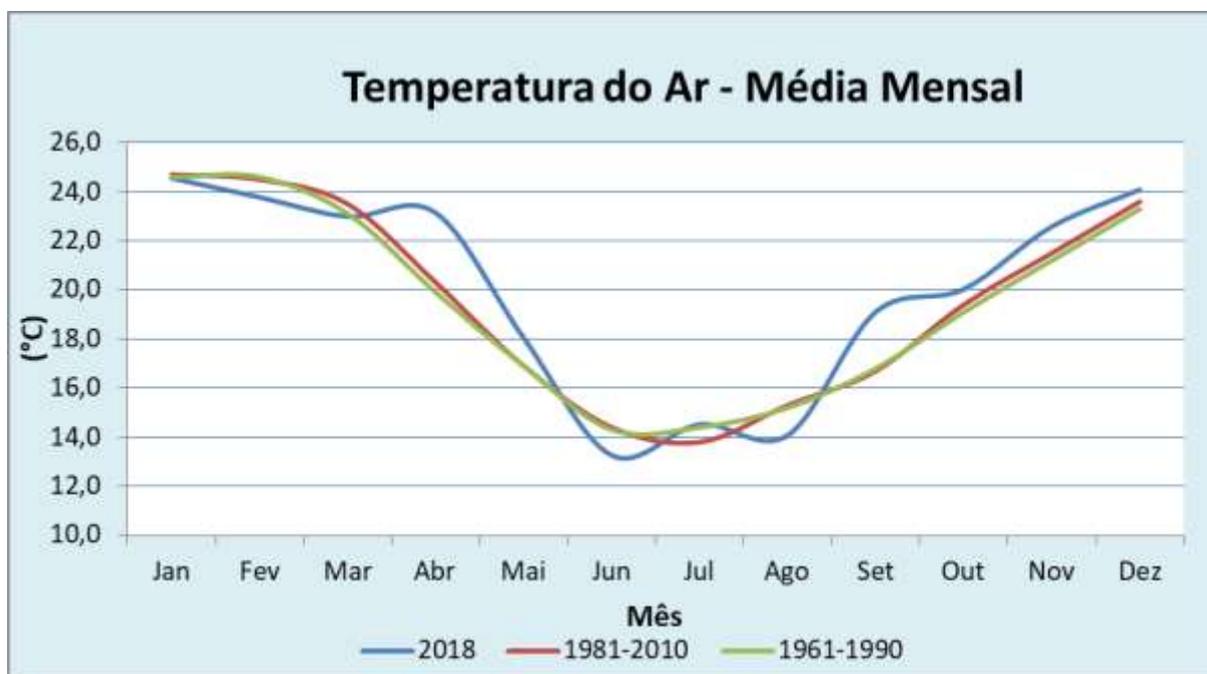


Figura 1: Temperaturas médias mensais registradas em 2018 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010.

Fonte: INMET.

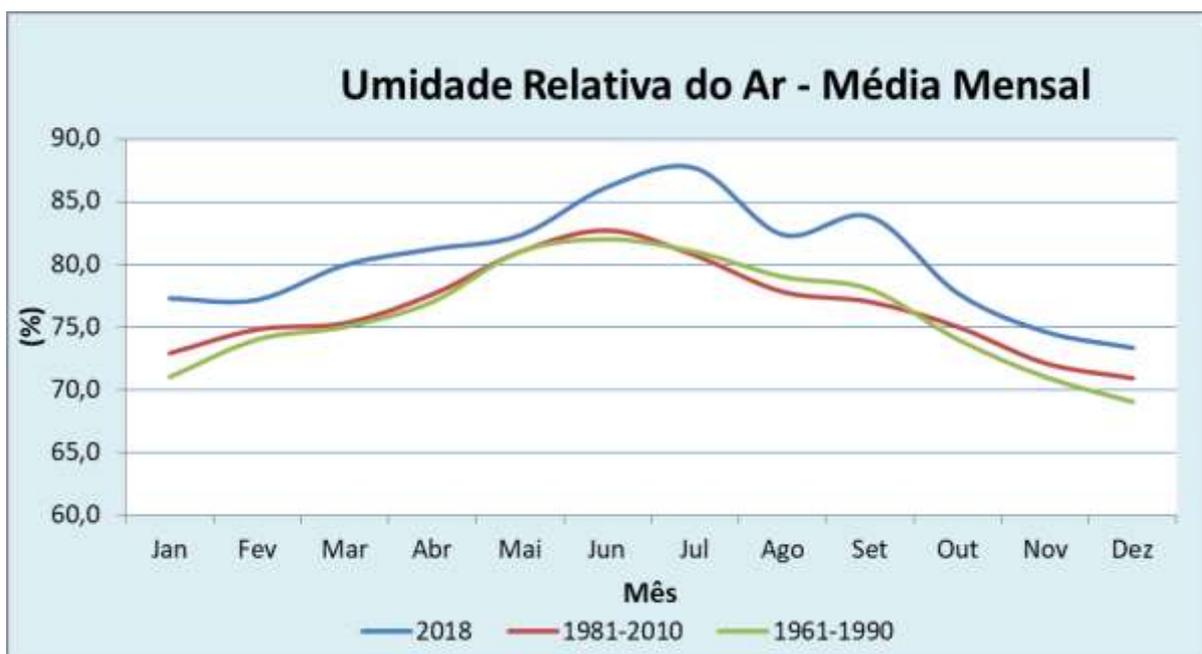


Figura 2: Umidades Relativas médias mensais registradas em 2018 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010.

Fonte: INMET.

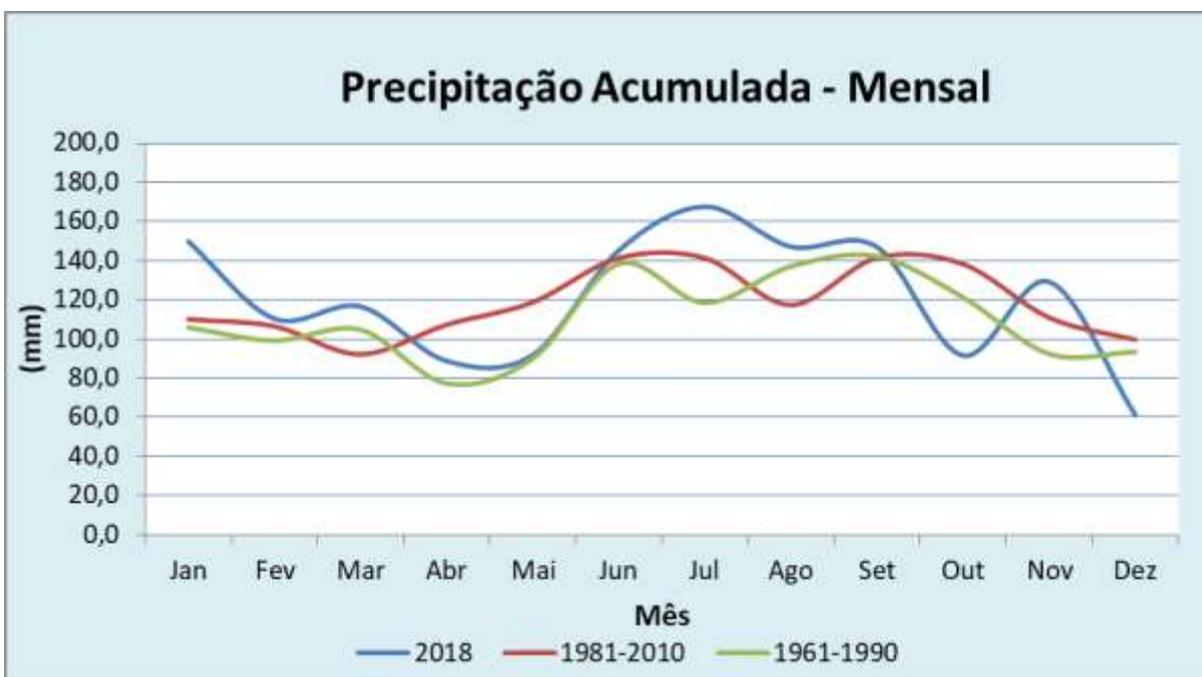


Figura 3: Precipitações acumuladas mensais registradas em 2018 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010.

Fonte: INMET.

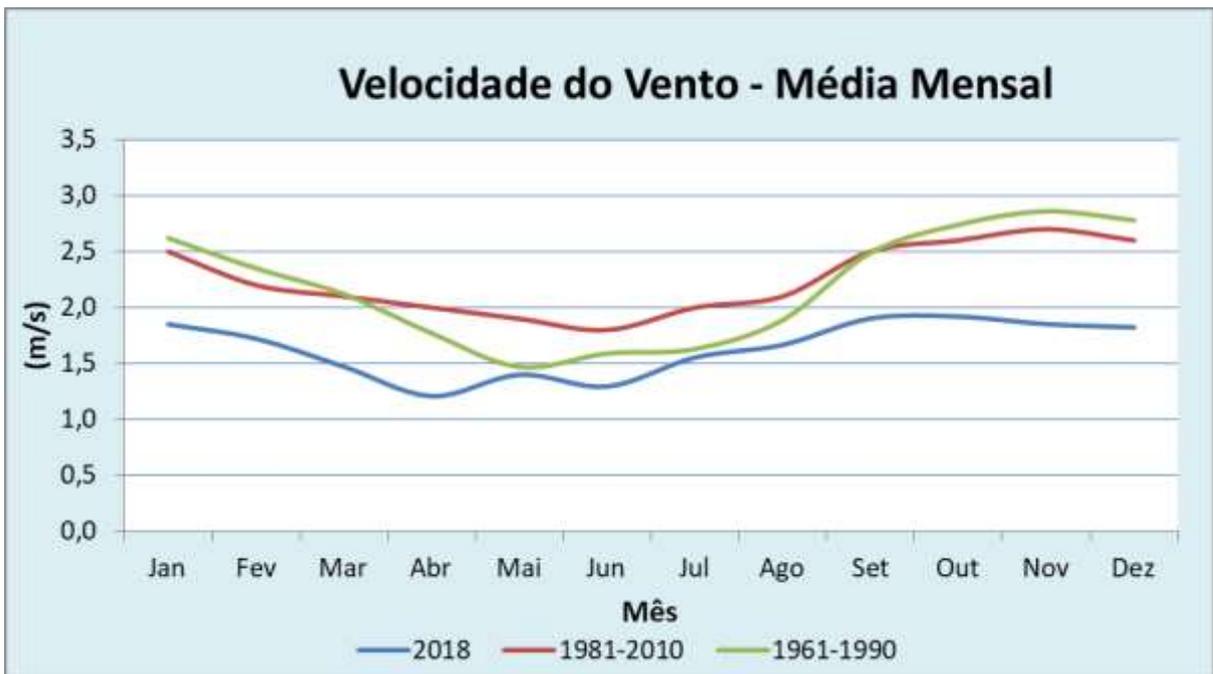


Figura 4: Velocidades médias mensais do vento registradas em 2018 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010.

Fonte: INMET.

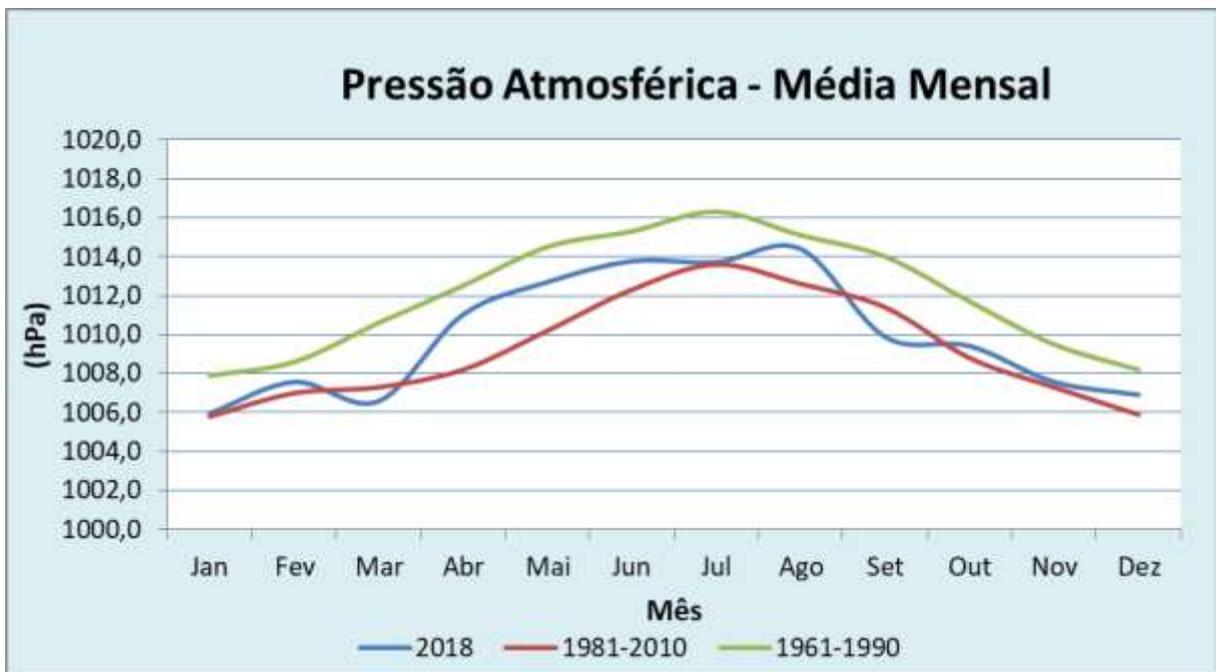


Figura 5: Pressões atmosféricas médias mensais registradas em 2018 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1981-2010.

Fonte: INMET.

3.2 Dados do Monitoramento

3.2.1 Índice de qualidade do ar

O índice de qualidade do ar (IQAr) é uma ferramenta matemática tipicamente utilizada pelas Redes de Monitoramento para informar de maneira fácil ao público o nível de qualidade do ar, sendo estabelecidas na FEPAM as seguintes categorias: “Boa”, “Regular”, “Inadequada”, “Má”, “Péssima” e “Crítica”, que são respectivamente associadas as cores: verde, amarelo, laranja, vermelho, roxo e preto.

Cada concentração de poluente medido corresponde a um índice de qualidade do ar, sendo que o valor mais elevado prevalece sobre os demais para classificação do ar e identificação do poluente mais crítico. Assim, cada índice corresponde a uma faixa de concentração que varia de um poluente para outro. A Figura 6 apresenta as faixas de equivalências de concentrações e índices de qualidade respectivos para os poluentes monitorados pela rede automática. Destaca-se que as faixas de concentração consideradas ainda se baseiam em valores da Resolução CONAMA 003/90, pois era a legislação vigente no ano de 2018. Somente em 19 de novembro de 2018 foi publicada a Resolução CONAMA 491, que revogou a Resolução CONAMA 003/90 estabelecendo novos valores para os padrões de qualidade do ar. Contudo, esta nova legislação somente passou a ser utilizada para referendar o IQAr na FEPAM em 2019.

ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR (IQAr)								
Qualidade	Índice	Níveis de Cautela sobre a Saúde	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	S02 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO (ppm)	O3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Boa	0-50	Seguro à Saúde	0-80	0-50	0-100	0-190	0-4,5	0-80
 Regular	51-100	Tolerável	81-240	51-150	101-365	191-320	4,6-9,0	81-160
 Inadequada	101-199	Insalubre para Grupos Sensíveis	241-374	151-249	366-799	321-1129	9,1-14,9	161-399
 Má	200-299	Muito Insalubre (Nível de Atenção)	375-624	250-419	800-1599	1130-2259	15,0-29,9	400-799
 Péssima	300-399	Perigoso (Nível de Alerta)	625-874	420-499	1600-2099	2260-2999	30,0-39,9	800-999
 Crítica	400 ou maior	Muito Perigoso (Nível de Emergência)	≥ 875	≥ 500	≥ 2100	≥ 3000	≥ 40	≥ 1000

Os índices, até a classificação REGULAR, atendem aos Padrões Primários de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03 de 28/06/1990.

Figura 6: Índices de qualidade e faixas de concentração correspondente por poluente.
Fonte: FEPAM.

A Tabela 1 mostra o número de dias no ano de 2018 em que cada estação de monitoramento atingiu determinada categoria do IQAr.

Tabela 1: IQAr registrado nas estações de monitoramento em 2018.

2018 (TOTAL)	Charqueadas	Triunfo (DEPREC)	Triunfo (Movel-Polo)	Canoas	Esteio	Gravataí	Guaíba	TOTAL (%)
Nº dias IQAr BOM	155	193	177	307	301	257	292	89,7
Nº dias IQAr REGULAR	50	0	16	11	11	38	64	10,1
Nº dias IQAr INADEQUADO	1	0	1	0	0	0	1	0,2
Nº dias IQAr Má	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Nº dias IQAr Péssimo	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Nº dias IQAr Crítico	0	0	0	0	0	0	0	0,0
TOTAL DE DIAS COM IQAr AVALIADO	206	193	194	318	312	295	357	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que em 2018, considerando o somatório das sete estações em operação na Rede Ar do Sul, tivemos 89,7% dos dias com qualidade do ar boa, 10,1% com qualidade regular e 0,2% com qualidade inadequada, conforme o IQAr. Não houve registros de qualidade “má” ou pior no ano de 2018.

É possível verificar que os registros de qualidade inadequada ocorreram nas estações de Charqueadas, Triunfo e Guaíba, todas com apenas um dia de qualidade inadequada. A análise destes registros mostra que todos os episódios de qualidade inadequada são decorrentes do poluente ozônio (O₃).

3.2.2 Poluentes Atmosféricos: concentração média anual

Na Tabela 2 são apresentadas, para o ano de 2018, as médias anuais de concentração dos poluentes ozônio (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e partículas inaláveis (PI10). Para obter a concentração média de cada poluente, os valores de concentração obtidos abaixo do limite de detecção do analisador foram considerados para efeito de cálculo como a metade do limite de detecção do respectivo equipamento. Na tabela, as células vazias indicam ausência do analisador na respectiva estação de monitoramento. Os dados em vermelho indicam que o valor médio calculado para o ano não atendeu o critério de representatividade anual (>50 % de dados), mas foram mantidos para registro e avaliação de tendência.

Tabela 2: Concentração média anual dos poluentes por estação em 2018.

ESTAÇÃO	O3	NO2	CO	PI10	SO2
	Média Horária Anual			Média Diária Anual	
	µg/m ³		ppm	µg/m ³	
Canoas/PU	11,2	15,8	0,27	20,8	12,3
Esteio/VE	12,0	16,1	0,5	16,9	9,2
Gravataí/JT	30,1	11,6	0,4	15,3	1,3
Triunfo/Polo Petroquímico	29,3	4,0	0,2	11,7	1,5
Triunfo/DEPREC		9,2			25,1
Charqueadas/AT	34,2	9,9	0,3	37,2	5,6
Guaíba/Parque 35	31,1	9,2	0,4	25,2	1,1
MÉDIA GERAL*	24,4	12,5	0,3	23,1	5,9
Padrão de Qualidade (Conama 03/90)	--	100	--	50	80 (primário) 40 (secundário)

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não serem representativos do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados mostram que a concentração dos poluentes PI10, NO2 e SO2 se mantiveram abaixo dos padrões de qualidade anual estabelecidos, conforme Resolução CONAMA 003/90. Não são estabelecidos padrões de qualidade anual para O3 e CO.

3.2.3 Poluentes Atmosféricos: últimos cinco anos

Os valores de concentração obtidos abaixo do limite de detecção do analisador foram considerados para efeito de cálculo da concentração média de cada poluente como a metade do limite de detecção do respectivo equipamento. Na tabela, as células vazias indicam ausência do analisador na respectiva estação de monitoramento ou que o mesmo não forneceu nenhum dado válido no período ou que o analisador esteve fora de operação por problemas técnicos. Os dados em vermelho indicam que o valor médio calculado para o ano não atendeu o critério de representatividade anual (>50 % de dados), mas foram mantidos para registro e avaliação de tendência.

3.2.3.1 – Ozônio (O3)

Tabela 3: Concentração média anual de O3 nos últimos 5 anos.

O3 - MÉDIA HORÁRIA ANUAL – $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
ESTAÇÃO	2014	2015	2016	2017	2018
Canoas/V COMAR		14,6	19,2		
Canoas/PU	25,6	28,4	21,5	18,9	11,2
Esteio/VE	23,7	23,7	20,6	14,5	12,0
Gravataí/JT		23,7	30,0	23,4	30,1
Triunfo/Polo Petroquímico			20,4	16,5	29,3
Charqueadas/AT	65,2	46,0	45,9	42,2	34,2
Guaíba/Parque 35	38,9	29,8	34,4	32,1	31,1
MÉDIA GERAL*	38,2	30,3	30,5	22,2	24,4

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não serem representativos do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que ao longo dos últimos anos há uma redução na concentração de O3 nas estações de Canoas/PU, Esteio/VE e Charqueadas/AT. Para as demais estações, há tendência dos valores se manterem relativamente no mesmo patamar, com aumento e redução pontual de um ano para outro, exceto para Triunfo/Polo Petroquímico em que se observa uma tendência a aumento da concentração do poluente.

3.2.3.2 – Monóxido de Carbono (CO)

Tabela 4: Concentração média anual de CO nos últimos 5 anos.

CO - MÉDIA HORÁRIA ANUAL - ppm					
ESTAÇÃO	2014	2015	2016	2017	2018
Canoas/PU	0,1	0,04	0,3	0,3	0,3
Esteio/VE	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Gravataí/JT	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
Triunfo/Polo Petroquímico			0,1	0,2	0,2
Charqueadas/AT	0,8	0,8	0,3	0,3	0,3
Guaíba/Parque 35	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
MÉDIA GERAL*	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não serem representativos do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados indicam que não houve alteração significativa dos teores médios de CO no ambiente nos últimos 5 anos.

3.2.3.3 – Dióxido de Enxofre (SO₂)

Tabela 5: Concentração média anual de SO₂ nos últimos 5 anos.

SO ₂ – MÉDIA DIÁRIA ANUAL - µg/m ³					
ESTAÇÃO	2014	2015	2016	2017	2018
Canoas/PU	1,3	0,7	11,7	7,6	12,3
Esteio/VE	5,1	1,5	10,1	17,1	9,2
Triunfo/DEPREC	15,6	19,7	5,7	16,2	25,1
Gravataí/JT	0,8	1,2	1,3	1,3	1,3
Triunfo/Polo Petroquímico			1,7	1,4	1,5
Charqueadas/AT	15,2	16,4	2,9	11,7	5,6
Guaíba/Parque 35	2,7	2,0	1,7	1,0	1,1
MÉDIA GERAL *	9,3	6,5	5,6	8,0	5,9

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não serem representativos do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A concentração média anual de SO₂ ao longo dos últimos 5 anos se manteve baixa, com variações positivas e negativas entre os anos, sem indicar uma tendência significativa de aumento ou redução.

3.2.3.4 – Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

Tabela 6: Concentração média anual de NO₂ nos últimos 5 anos.

NO ₂ – MÉDIA HORÁRIA ANUAL - µg/m ³					
ESTAÇÃO	2014	2015	2016	2017	2018
Canoas/PU		8,6	12,1	11,7	15,8
Esteio/VE	19,0	16,8	24,6	35,8	16,1
Triunfo/DEPREC	7,2	6,1	6,7	6,6	9,2
Gravataí/JT		5,4	9,1	5,9	11,6
Triunfo/Polo Petroquímico			6,0	6,8	4,0
Charqueadas/AT	12,0	10,1	8,6	9,9	9,9
Guaíba/Parque 35	12,8	13,1	10,5	10,1	9,2
MÉDIA GERAL *	12,7	9,8	11,9	14,8	12,5

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não serem representativos do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Comportamento similar ao SO₂ é observado para o poluente NO₂, onde há oscilações da concentração média anual ao longo dos últimos anos, sem indicar uma tendência significativa de aumento ou redução.

3.2.3.5 – Partículas Inaláveis (PI10)

Tabela 7: Concentração média anual de PI10 nos últimos 5 anos.

PI10 – MÉDIA DIÁRIA ANUAL – µg/m ³					
ESTAÇÃO	2014	2015	2016	2017	2018
Canoas/V COMAR	31,2	27,2	26,8	28,6	20,8
Canoas/PU	29,1	25,5	24,7	24,1	21,0
Esteio/VE		24,2	21,2	22,7	16,9
Gravataí/JT	16,3	14,6	16,9	17,4	15,3
Triunfo/Polo Petroquímico			13,8	13,2	11,7
Charqueadas/AT	28,8	27,1	29,8	26,6	37,2
Guaíba/Parque 35	28,2	25,1	25,0	35,3	25,2
MÉDIA GERAL*	24,7	22,4	23,5	24,0	22,7

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não serem representativos do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que os dados de PI10 se mantiveram praticamente constantes aos longos dos últimos 5 anos de monitoramento, embora no ano de 2018 tenha se observado uma redução deste parâmetro na maioria das estações, exceto Charqueadas/AT que registrou aumento significativo dos valores. Entretanto, não é possível afirmar tratar-se de uma tendência ou se decorre de fatos isolados ocorridos na região neste ano.

3.2.4 Poluentes Atmosféricos: concentração máxima anual

A Tabela 8 apresenta a concentração máxima anual obtida para cada poluente na respectiva Estação de Monitoramento. Conforme os valores apresentados, observa-se que os poluentes PI10, NO₂, SO₂ e CO não apresentaram em 2018 nenhum registro de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar em nenhuma das estações de monitoramento.

Tabela 8: Concentração máxima anual dos poluentes por estação em 2018.

ESTAÇÃO	O3	NO2	CO	PM10	SO2
	Máxima Horária Anual			Máxima Diária Anual	
	µg/m ³		ppm	µg/m ³	
Canoas/PU	61,1	188,2	3,5	127,2	28,8
Esteio/VE	67,7	147,5	3,5	82,7	25,1
Gravataí/JT	136,6	140,7	3,5	66,2	6,1
Triunfo/Polo Petroquímico	195,4	77,6	3,0	26,1	6,2
Charqueadas/AT	183,0	85,6	4,6	94,8	13,0
Guaíba/Parque 35	183,9	88,7	3,0	91,2	5,0
Triunfo/DEPREC		53,2			29,0
Padrão de Qualidade (Conama 03/90)	160	320 (primário) 190 (secundário)	35 / 9**	150	365 (primário) 100 (secundário)

* Valores em vermelho não representativos do ano.

** máxima média móvel de 8 horas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Somente para o poluente O3 verifica-se que houve ultrapassagem do padrão de qualidade. Registraram-se 1 (um) dia de ultrapassagem do padrão de O3 na estação de Charqueadas/AT (dia 10/01/2018), 1 (um) dia na estação Triunfo/Polo Petroquímico (dia 13/08/2018) e 1 (um) dia na estação Guaíba/Parque 35 (dia 11/12/2018). Destaca-se que a Resolução CONAMA 003/90 permite 1 (uma) ultrapassagem do padrão por ano em cada local de monitoramento.

Observa-se que na região de Charqueadas, onde se registrou nos anos anteriores os maiores impactos de poluição decorrente do ozônio, uma melhora na qualidade do ar para este poluente a partir de 2017 (Tabela 9).

Tabela 9: Estação Charqueadas/AT: dias de ultrapassagens do padrão nos últimos anos.

Ano	2014	2015	2016	2017	2018
Número de dias com ultrapassagens do padrão O3	48	22	12	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir são apresentadas as análises dos três episódios de ultrapassagens da máxima concentração média horária registrados nas estações de Charqueadas/AT, Triunfo/Polo Petroquímico e Guaíba/Parque 35.

- Episódio do dia 10/01/2018 em Charqueadas/AT:

A Estação Meteorológica mantida e operada pela Usina Termoelétrica Termochar estava desativada, então não há disponibilidade de dados meteorológicos desta estação para esta data. A Estação Meteorológica A-813, do INMET, que seria a estação mais representativa para a região da Estação Charqueadas/AT, também estava inoperante neste período. Então, para esta análise serão utilizados os dados da Estação Meteorológica do INMET instalada em Porto Alegre (A-801), distante (aproximadamente 45 km), resguardando-se as limitações devido a não representar completamente as condições meteorológicas da região de interesse, pois, apesar de estar sujeita ao mesmo regime de circulações sinóticas e de mesoescala, não está sujeita ao mesmo regime de circulações locais da região onde se localiza a Estação Charqueadas/AT.

A partir das 13h local (15 UTC) do dia 09/01 as concentrações médias horárias de ozônio estiveram acima de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e mantiveram-se em ascensão até as 13h local (15UTC) do dia 10/01, quando atingiram 183 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, depois se mantiveram oscilantes (mas predominantemente acima dos 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) até o dia seguinte.

Consultando os dados meteorológicos de superfície da Estação INMET de Porto Alegre observa-se que o vento esteve fraco de sudeste, por vezes calmaria. Houve bastante insolação durante o dia 09 e manhã do dia 10, mas nona parte da tarde deste dia houve aumento de nebulosidade e trovoadas às 16h local (18 UTC). A Imagem do satélite GOES-16 das 12 UTC, no espectro do infravermelho, revela uma área de instabilidade que se estendia do litoral de Santa Catarina em direção a noroeste, pelos Estados do Paraná e Mato Grosso do Sul (Figura 7a). A imagem das 16h local (18:00 UTC) apresenta um aumento da nebulosidade sobre a RMPA e região sudeste do Estado, com a presença de cumulonimbus, o que coincidiu com a precipitação com trovoadas ocorrida naquele dia e horário (Figura 7b). A análise de superfície (Figura 8a) indica um centro de alta pressão com 1025,4 hPa no oceano a leste do RS, uma linha de cavado cortando o Estado no sentido leste/oeste e ventos fracos. A análise da radiossondagem do Aeroporto Salgado Filho (Figura 8b) indica muita umidade desde a superfície até os níveis mais altos, e o registro de raios do sistema STORM-T (Figura 8c)

indicou muitas trovoadas no setor sudeste do Estado, estendendo-se até a área central, próximo da região onde se encontrava instalada a estação Charqueadas/AT.

Baseado nestas informações, é possível concluir que a alta concentração de poluentes precursores, associados a grande incidência de radiação solar e ventos fracos favoreceram a formação de ozônio troposférico entre os dias 9 e 10/01/2018. Há indícios de que a incidência de raios tenha contribuído com as altas concentrações de ozônio da região de Charqueadas.

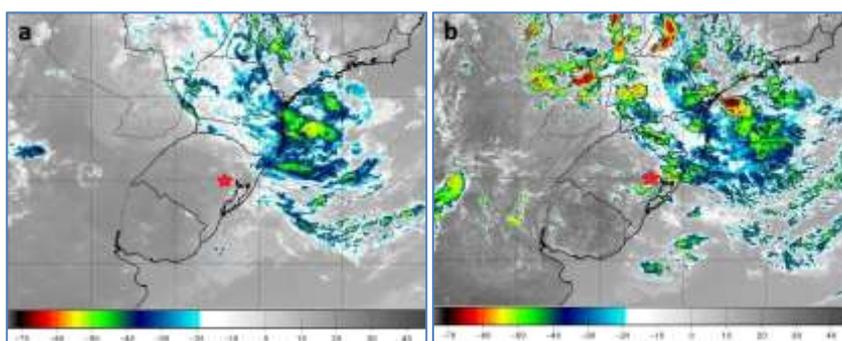


Figura 7: Imagens do Satélite GOES-16 do dia 10/01/2018 no espectro do infravermelho, com realce de temperatura para salientar topos de nuvens. A estrela em vermelho corresponde à localização da Estação Charqueadas/AT. a) 10h local (12:00 UTC); b) 16h local (18:00 UTC).

Fonte: modificado de INPE/CPTEC/DSA.

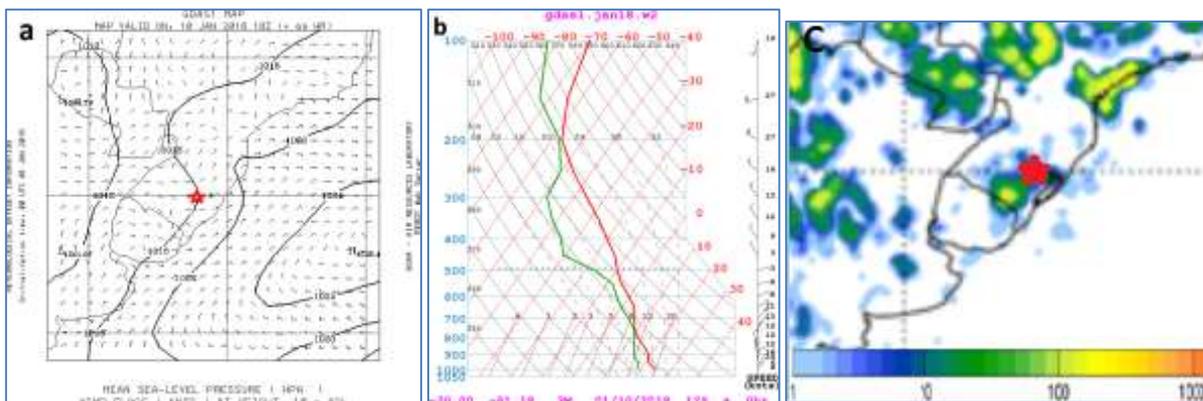


Figura 8: a) Análise de superfície das 18 UTC do dia 10/01/2018, indicando isóbaras e *flags* de vento na superfície; b) Diagrama Skew T_Log P da radiossondagem do Aeroporto de Porto Alegre, do dia 10/01/2018 às 12UTC; c) Descargas elétricas atmosféricas registradas pelo Sistema STARNET no dia 10/01/2018. A estrela em vermelho corresponde à localização da Estação Charqueadas/AT.

Fonte: modificado de NOAA/ARL (modelagem), INPE/CPTEC/DAS e STORM-T/IAG/USP, respectivamente.

- Episódio do dia 13/08/2018 em Triunfo/Polo Petroquímico:

Para esta análise são utilizados dados da Estação Meteorológica do INMET instalada em Porto Alegre (A-801), distante (aproximadamente 30 km) da Estação Triunfo/Pólo Petroquímico.

A partir das 09h local (12 UTC) do dia 13/08 as concentrações médias horárias de ozônio aumentaram para valores acima de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e mantiveram-se assim até as 11 h local (14UTC), quando atingiram $195,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, depois diminuíram gradativamente até o final da tarde do mesmo dia.

Consultando os dados meteorológicos de superfície da Estação INMET de Porto Alegre observa-se que o vento esteve fraco com direção variável, por vezes calmaria. Houve bastante insolação durante todo o dia. A análise de superfície (Figura 9a) indica um centro de alta pressão com 1023,0 hPa no oceano a sudeste do RS e ventos fracos de este/nordeste. A Imagem do satélite GOES-16 das 12 UTC, no espectro do infravermelho, revela que havia ausência de fenômenos sinóticos relevantes e pouca nebulosidade na região de entorno da Estação Triunfo/Pólo Petroquímico (Figura 9b). A análise da radiossondagem do Aeroporto Salgado Filho do dia 13/08 às 9h local (12:00 UTC) (Figura 9c) indica uma forte inversão térmica próximo à superfície.

Baseado nestas informações, é possível concluir que a alta concentração de poluentes precursores está associada a forte inversão térmica, grande incidência de radiação solar e ventos fracos favoreceram a formação de ozônio troposférico no dia 13/08/2018 na região de entorno da estação Triunfo/Pólo Petroquímico.

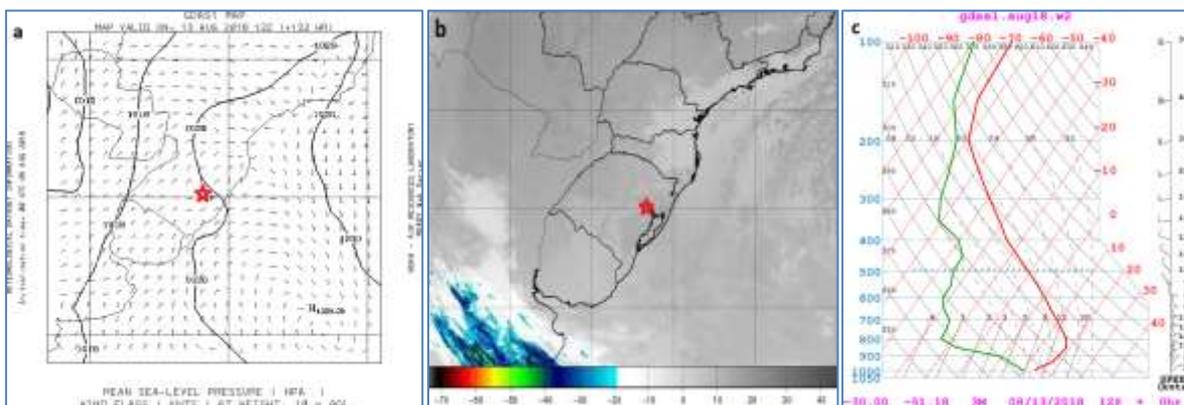


Figura 9: a) Análise de superfície do dia 13/08/2018, às 9h local (12:00 UTC), indicando isóbaras e flags de vento na superfície; b) Imagem do satélite GOES-16, no espectro infravermelho, do dia 13/08/2018 às 9h local (12:00 UTC). c) Diagrama Skew T_Log P da radiossondagem do Aeroporto de Porto Alegre, do dia 13/08/2018 às 9h local (12UTC). A estrela em vermelho corresponde à localização da Estação Triunfo/Pólo Petroquímico.

Fonte: modificado de NOAA/ARL (modelagem) e INPE/CPTEC/DAS, respectivamente.

- Episódio do dia 11/12/2018 em Guaíba/Parque 35:

Para esta análise são utilizados dados da Estação Meteorológica do INMET instalada em Porto Alegre (A-801), distante (aproximadamente 16 km) da Estação Guaíba/Parque 35

A partir do amanhecer do dia 11/12 as concentrações médias horárias de ozônio passaram a aumentar, sendo que às 11h local (14 UTC) elas já estavam $110,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e continuaram aumentando até as 14h local (17UTC), quando atingiram $183,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, depois diminuiram gradativamente pelo final da tarde e princípio da noite.

Consultando os dados meteorológicos de superfície da Estação INMET de Porto Alegre observa-se que o vento esteve fraco com uma leve tendência de este/nordeste, por vezes calmaria, e houve alta incidência de radiação solar. A análise de superfície (Figura 10a) indica o predomínio de uma massa de ar tropical sobre a Região Sul do Brasil, com um centro de alta pressão com 1022,8 hPa no litoral do Rio de Janeiro, e ventos fracos de norte/nordeste. A Imagem do satélite GOES-16 das 12 UTC, no espectro do infravermelho, ilustra uma área com forte instabilidade sobre o Uruguai, ausência de fenômenos sinóticos relevantes sobre o RS e pouca nebulosidade (Figura 10b). A análise da radiossondagem do Aeroporto Salgado Filho do dia 13/08 às 9h local (12:00 UTC), Figura 10c, ilustra uma inversão de subsidência próxima à superfície, indicando que a atmosfera estava estável.

Baseado nestas informações, é possível concluir que a alta concentração de poluentes precursores, associados a grande incidência de radiação solar, ventos fracos e estabilidade atmosférica favoreceram a formação de ozônio troposférico no dia 11/12//2018 na região de entorno da estação Guaíba/Parque 35.

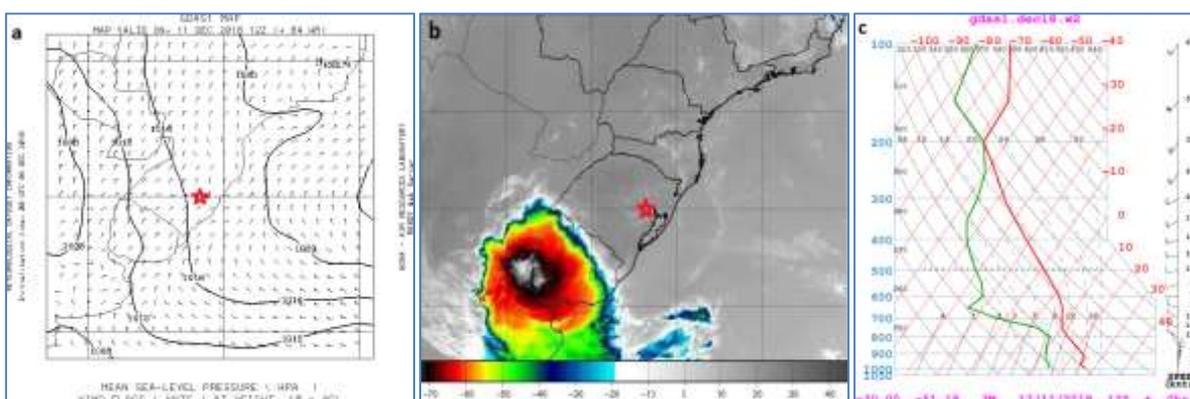


Figura 10: a) Análise de superfície do dia 11/12//2018, às 9h local (12:00 UTC), indicando isóbaras e flags de vento na superfície; b) Imagem do satélite GOES-16, no espectro infravermelho, do dia 11/12//2018 às 9h local (12:00 UTC). c) Diagrama Skew T_Log P da radiossondagem do Aeroporto de Porto Alegre, do dia 11/12//2018 às 9h local (12UTC). A estrela em vermelho corresponde à localização da Estação Triunfo/Pólo Petroquímico.

Fonte: modificado de NOAA/ARL (modelagem) e INPE/CPTEC/DAS, respectivamente.

4 CONCLUSÕES

Os dados de monitoramento da qualidade do ar obtidos ao longo do ano de 2018 mostraram que somente o poluente O₃ apresentou valores que ultrapassaram os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA 003/90. Não houve ultrapassagens dos padrões para os poluentes PI10, NO₂, CO e SO₂.

O poluente O₃ registrou três dias com valores acima dos padrões, sendo 1 (um) dia de ultrapassagem na estação de Charqueadas/AT, 1 (um) dia na estação Triunfo/Polo Petroquímico e 1 (um) dia na estação Guaíba/Parque 35. Destaca-se que a Resolução CONAMA 003/90 permitia 1 (uma) ultrapassagem do padrão por ano em cada local de monitoramento.

Considerando o somatório das sete estações de monitoramento analisadas, o IQAr de 2018 aponta que 89,7% dos dias apresentaram qualidade do ar boa, 10,1% qualidade regular e 0,2% qualidade inadequada. Não houve registro de qualidade “má” ou pior.

Em relação aos últimos cinco anos, as concentrações médias anuais dos poluentes CO, SO₂ e NO₂ não apresentaram alterações significativas. O mesmo ocorreu com o PI10 que se manteve praticamente constante ao longo destes últimos cinco anos de monitoramento, embora no ano de 2018 tenha se observado redução deste parâmetro na maioria das estações, exceto Charqueadas/AT que registrou aumento significativo dos valores. Para o O₃, houve redução de sua concentração nas estações de Canoas/PU, Esteio/VE e Charqueadas/AT e tendência dos valores se manterem relativamente no mesmo patamar para as demais estações, exceto para Triunfo/Polo Petroquímico em que se observa tendência de aumento.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 005, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 de agosto de 1989, Seção 1, p. 14713-14714.

_____. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre os Padrões de Qualidade do Ar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 de novembro de 2018, Seção 01, Página 155-156.

_____. Resolução nº 003, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre os Padrões de Qualidade do Ar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939.

_____. Resolução nº 008, de 06 de dezembro de 1990. Dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 de dezembro de 1990, Seção 1, página 25539.

_____. Resolução nº 382, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 de janeiro de 2007, Seção 1, páginas 131-137.

_____. Resolução nº 436, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2011.

_____. Resolução nº 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 92-95.

_____. Resolução nº 018, de 6 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 de junho de 1986, Seção 1, páginas 8792-8795.

_____. Resolução nº 297, de 26 de fevereiro de 2002. Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 de março de 2002, Seção 1, páginas 86-88.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER – FEPAM/RS. **Diagnóstico da Qualidade do Ar no Rio Grande do Sul no período de 2003 a 2012**. Porto Alegre, 2014. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/relatorio_anual_auto.asp?id=A.A&status=s>. Acesso em 04 jul. 2018.

_____. **Rede estadual de monitoramento automático da qualidade do ar - Relatório 2013 e 2014**. Porto Alegre, 2015. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/relatorio_anual_auto.asp?id=A.A&status=s>. Acesso em 04 jul. 2018.

_____. **Rede estadual de monitoramento automático da qualidade do ar - Relatório 2015**. Porto Alegre, 2016. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/relatorio_anual_auto.asp?id=A.A&status=s>. Acesso em 04 jul. 2018.

_____. **Rede estadual de monitoramento automático da qualidade do ar - Relatório 2016**. Porto Alegre, 2017. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/relatorio_anual_auto.asp?id=A.A&status=s>. Acesso em 04 jul. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, INMET. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 05/10/2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, INPE. Disponível em <<http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>> Acesso em 05/10/2019.

LABORATÓRIO STORM-T/IAG/USP. Disponível em <<http://www.zeus.iag.usp.br/index.php>> Acesso em 05/10/2019.

Morales, C.A., Neves, J.R, Anselmo, E. **Sferics Timing and Ranging Network - STARNET: Evaluation over South America, Proceedings of the 14th International Conference on Atmospheric Electricity - ICAE**, Rio de Janeiro, Brazil, 2011.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Air Resources Laboratory**. Disponível em <<http://www.arl.noaa.gov/>>. Acesso em 05/10/2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Ambient air pollution**. Disponível em <<http://www.who.int/airpollution/en/>>. Acesso em 31 Jul. 2018.