

BOLETIM   
ItabirAR

SETEMBRO | 2021

## SUMÁRIO

<b>01</b>	Introdução	<b>03</b>
<b>02</b>	Índice de Qualidade do Ar	<b>07</b>
<b>03</b>	Focos Mensais de Queimadas	<b>10</b>
<b>04</b>	Condições Meteorológicas	<b>15</b>
<b>05</b>	Análise dos Poluentes Monitorados - $MP_{10}$	<b>17</b>
<b>06</b>	Análise dos Poluentes Monitorados - $MP_{2,5}$	<b>18</b>
<b>07</b>	Análise dos Poluentes Monitorados - PTS	<b>25</b>
<b>08</b>	Informações Adicionais Smog fotoquímico e formação do ozônio	<b>26</b>

O boletim mensal informativo do monitoramento da qualidade do ar em Itabira é fruto de um projeto de extensão entre o Instituto de Ciências Puras e Aplicadas (ICPA) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) Campus Itabira e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente com o objetivo de tornar a análise da qualidade do ar, associada aos fatores meteorológicos, facilmente compreensível à população. Dessa forma, estes boletins, se propõem a auxiliar na efetividade da gestão da qualidade do ar na cidade, além de promover o acesso à informação em matéria ambiental e a melhoria da qualidade de vida da população em Itabira.



Este boletim contém o detalhamento mensal das condições atmosféricas observadas nos últimos 30 dias do mês de setembro de 2021 para o município de Itabira-MG. Todas as análises aqui contidas foram feitas a partir dos dados da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar de Itabira, mantida pela Vale S.A.

## Responsáveis

Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Itabira:

**Fernanda Paula Bicalho Pio**

## Responsáveis

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI):

**Ana Carolina Vasques Freitas**

**Tárik Silveira Cordeiro**

**Rose-Marie Belardi - Seção de Informações Adicionais**

# INTRODUÇÃO

A Resolução nº 491 de 2018 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define poluente atmosférico como “qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”.

Os poluentes podem ser classificados como primários ou secundários. Os primários são aqueles emitidos diretamente pelas fontes, enquanto os secundários são formados na atmosfera por meio de reações químicas entre os poluentes emitidos e/ou os constituintes naturalmente presentes na atmosfera. Já as fontes de poluição podem ser classificadas como fixas, móveis ou fugitivas. As fontes fixas, como as indústrias, liberam os poluentes a partir de um local específico, enquanto que as fontes móveis, como os veículos, estão em movimento. Finalmente, as fontes fugitivas são emissões não intencionais provenientes de vazamentos de tubulações e outras liberações involuntárias difíceis de controlar.

Cada local tem suas fontes particulares de poluição e, portanto, os poluentes a serem monitorados devem ser determinados em cada cidade a partir da realização de um inventário de emissões atmosféricas, que nada mais é do que um levantamento para identificar, caracterizar e quantificar as contribuições dos poluentes emitidos por cada uma das fontes emissoras.

A qualidade do ar pode mudar devido às condições meteorológicas, que podem promover uma maior ou menor diluição dos poluentes. Por isso, normalmente, no período de inverno, a qualidade do ar piora com relação a maior parte dos poluentes, pois as condições meteorológicas neste período não são favoráveis para a dispersão dos poluentes.

Itabira possui uma Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar, implementada e mantida pela Vale S.A. Esta rede é composta de 5 estações, sendo uma Estação Meteorológica (EM11). Cada uma das restantes é denominada de Estação Automática de Monitoramento do Ar (EAMA), conforme ilustração a seguir.

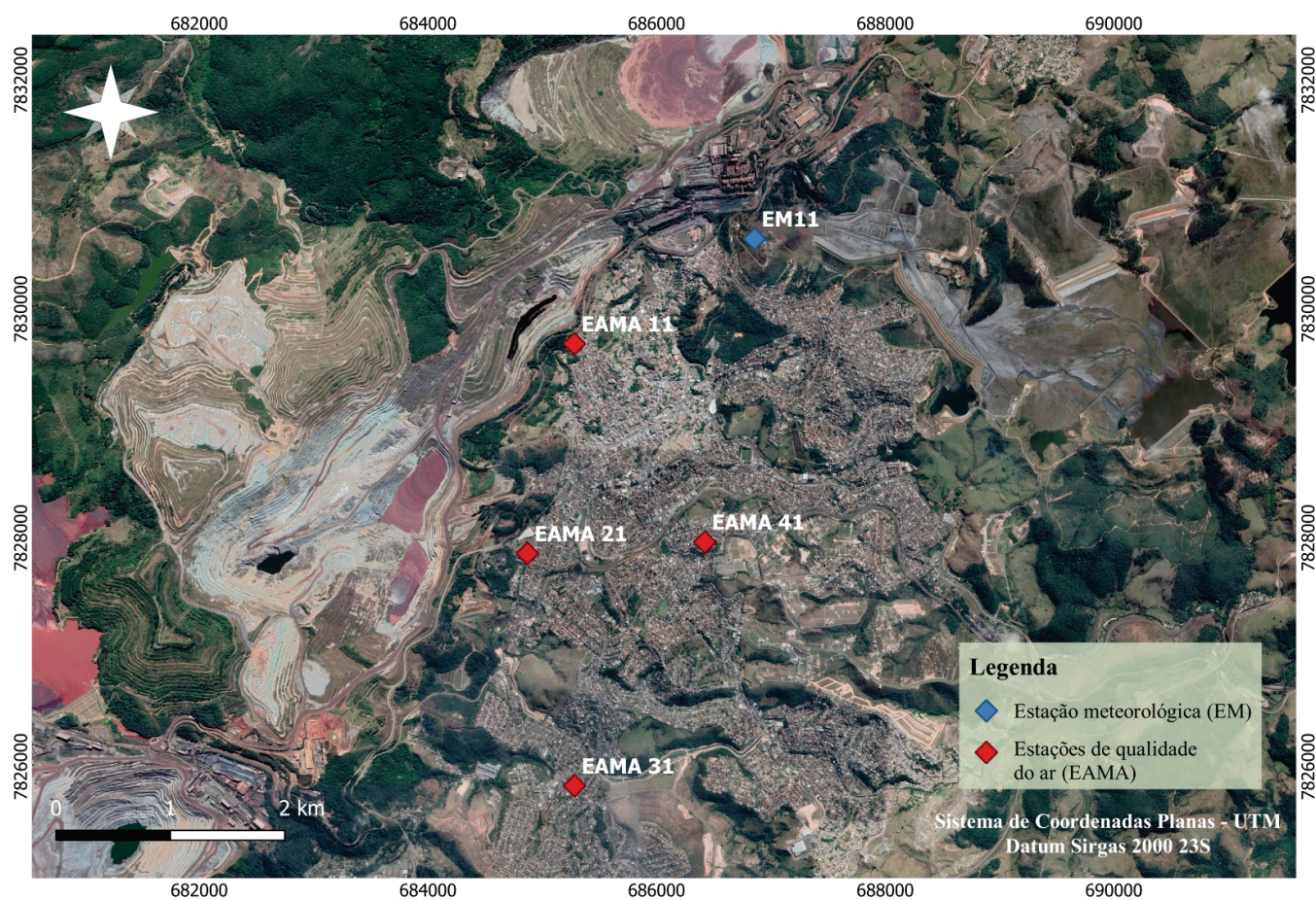
Figura 1. Estações Automáticas de Monitoramento do Ar (EAMA) em Itabira



Fonte: Autores deste trabalho.

A localização das estações é apresentada na Figura 2. O monitoramento é contínuo, com geração de médias horárias durante 24h por dia, por meio dos amostradores em tempo real da Rupprecht & Patashnick Série 1400a. Estes amostradores são aprovados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency - USEPA) para o monitoramento de material particulado.

**Figura 2.** Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar de Itabira.



Fonte: Autores deste trabalho.

Em Itabira são monitorados os seguintes poluentes:

- **PTS:** Partículas totais em suspensão que representam a soma de todo o material particulado com diâmetro inferior a 50  $\mu\text{m}$ ;
- **MP<sub>10</sub>:** Partículas inaláveis grossas com diâmetro aerodinâmico médio inferior a 10  $\mu\text{m}$ ;
- **MP<sub>2,5</sub>:** Partículas respiráveis finas com diâmetro aerodinâmico médio inferior a 2,5  $\mu\text{m}$ .

O material particulado é constituído de partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, entre outros (BRASIL, 2018). Ao ser inalado, esse material pode se acumular nas vias respiratórias e intensificar os problemas respiratórios, podendo este efeito ser ainda agravado dependendo da composição química do material inalado (FREITAS e SOLCI, 2009). No caso do material particulado com diâmetro aerodinâmico médio inferior a 2,5  $\mu\text{m}$  (MP<sub>2,5</sub>), devido à pequena dimensão destas partículas, elas podem penetrar profundamente no sistema respiratório e atingir os alvéolos pulmonares, sendo esta uma região do organismo onde os mecanismos de expulsão dos poluentes não são eficientes (FREITAS e SOLCI, 2009).

O tempo de permanência do material particulado no ar depende do diâmetro da partícula; quanto menor o diâmetro, maior o tempo de permanência. Assim, as partículas grossas visíveis a olho nu (com diâmetro médio acima de 100  $\mu\text{m}$ ) tendem a sedimentar rapidamente próximo a fonte emissora e, por isso, são denominadas de partículas sedimentáveis (PS). Estas partículas, de modo geral, não causam problemas para o sistema respiratório, pois não são inaláveis, mas causam incômodos constantes a população por conta da sujeira. Assim, deve-se ressaltar, que a rede de monitoramento de Itabira atualmente mede as partículas que estão em suspensão no ar (PTS, MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>), seguindo a Resolução CONAMA nº491 de 2018. Estas partículas são invisíveis a olho nu, mas causam a dispersão da luz, podendo este efeito ser visto na atmosfera em termos de redução da visibilidade. Quanto maior o diâmetro da partícula, maior será a dispersão da luz.

# ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR

O Índice de Qualidade do Ar (IQAr) consiste em uma equação matemática, definida pela Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, e representa um “valor utilizado para fins de comunicação e informação à população que relaciona as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde” (BRASIL, 2018). Este índice simplifica a interpretação dos dados de concentração dos poluentes atmosféricos monitorados e avalia a qualidade do ar em diferentes categorias, que são associadas aos seus efeitos sobre a saúde. A partir do cálculo do IQAr para cada poluente é atribuída uma classificação que compreende as seguintes categorias: Boa, Moderada, Ruim, Muito Ruim e Péssima; sendo cada uma delas relacionada a uma cor e uma faixa de valores, conforme a Figura 3. Embora o índice seja calculado para cada poluente, a classificação final é determinada pelo índice mais elevado, que representa a pior situação.

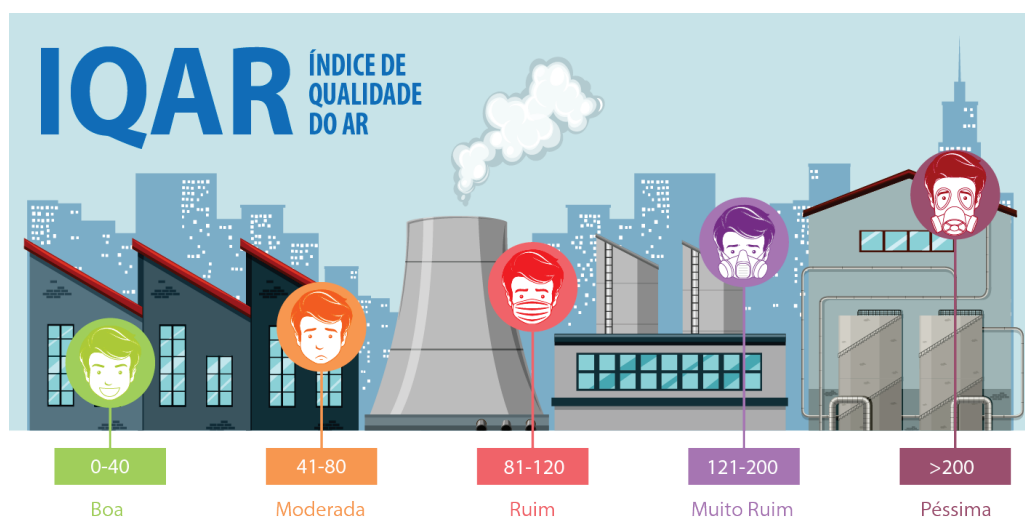


Figura 3. Classificação do Índice de Qualidade do Ar (IQAR).

Foram adotados neste boletim critérios de representatividade temporal utilizando a metodologia da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Isto é necessário, pois quando estes critérios não são atendidos significa que ocorreram falhas na medição, comprometendo, assim, a interpretação do resultado obtido a partir do cálculo do índice. No caso das médias diárias é necessário que se tenha 2/3 das médias horárias válidas no dia.



A seguir, apresenta-se um Quadro Resumo dos resultados para o IQAr final obtidos por meio do cálculo do índice a partir dos dois poluentes monitorados (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>) no mês de setembro de 2021. Este resumo apresenta, em termos percentuais, o número de períodos de 24 horas em que a qualidade do ar apresentou classificação “boa”, “moderada”, “ruim”, “muito ruim” ou “péssima”. No caso de falhas na medição, esta porcentagem é classificada no Quadro Resumo como “Sem representatividade mensal”, quando mais de uma estação não atender o critério de representatividade temporal em um ou mais parâmetros.

Quadro 1. Resumo de IQAr para o mês de setembro.

Quadro Resumo IQAR		
Índice	Qualidade	Resumo do Período (%)
0 - 40	N1 Boa	65,17
41 - 80	N2 Moderada	26,11
81 - 120	N3 Ruim	2,81
121 - 200	N4 Muito Ruim	0,03
> 200	N5 Péssima	0,0
Sem representatividade mensal		5,87

Ao analisar IQAr no mês de setembro, 0,03% dos registros revelaram a qualidade do ar classificada como **MUITO RUIM**, 2,81% como **RUIM**, 26,11% como **MODERADA**, 65,17% como **BOA** e 5,87% dos dados não tiveram representatividade para serem considerados nos cálculos.

O mês de setembro apresentou os piores resultados para a qualidade do ar em Itabira em relação aos boletins anteriores e esta realidade está condicionada às intensas ocorrências de queimadas, tanto na área urbana, quanto na área rural do município. O que se considera como agravante neste sentido foi a elevação da concentração do poluente MP<sub>2,5</sub>, uma vez que este é mais prejudicial à saúde do que o MP<sub>10</sub>, por ser de diâmetro menor.

Os possíveis efeitos à saúde, associados a cada categoria do índice, são descritos a seguir.

Quadro 2. Classificação da qualidade do ar e possíveis efeitos à saúde.

Qualidade	Índice	Possíveis Efeitos à Saúde
N1 Boa	0 - 40	-
N2 Moderada	41 - 80	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
N3 Ruim	81 - 120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 Muito Ruim	121 - 200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 Péssima	> 200	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

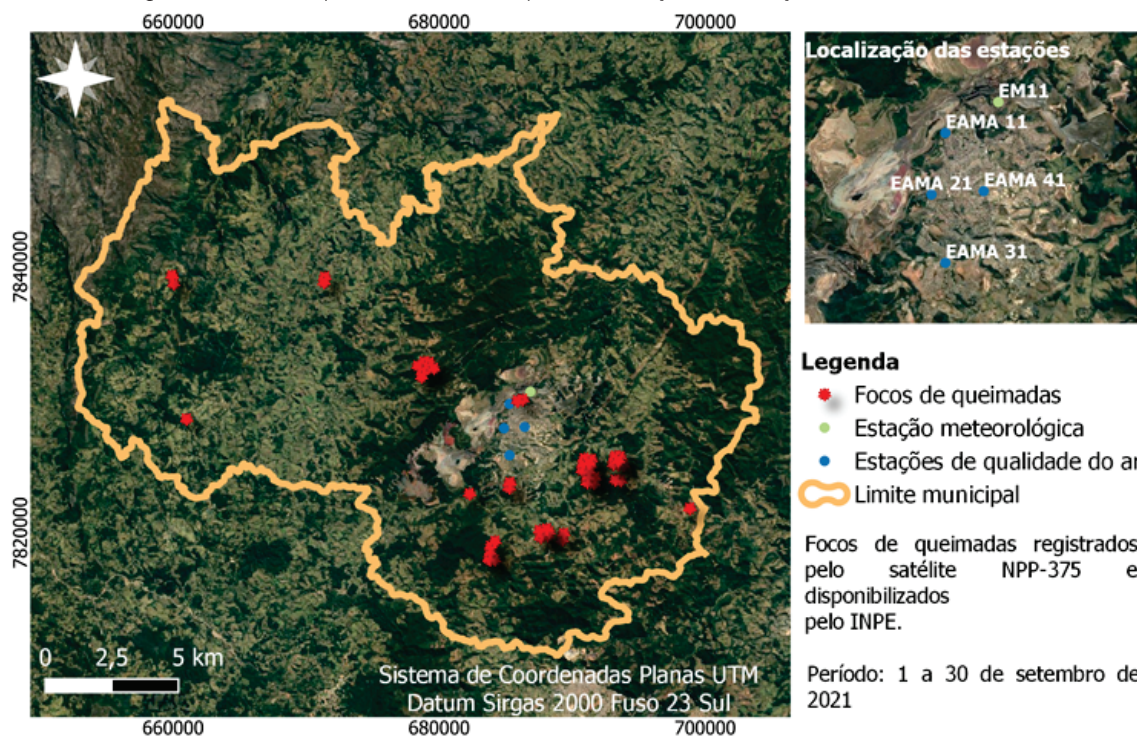
Fonte: Cetesb.

# FOCOS MENSAIS DE QUEIMADAS

De acordo com os dados do monitoramento de focos de queimadas do Programa Queimadas do INPE ([www.inpe.br/queimadas](http://www.inpe.br/queimadas)) no mês de setembro de 2021 houve a detecção de 53 focos de queimadas dentro da área do município sendo estes nos dias 5, 7, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 22 e 28 (Figura 4).

O Programa Queimadas do INPE utiliza cerca de 200 imagens por dia, recebidas de dez satélites diferentes. Contudo, para a finalidade deste boletim, foram utilizadas as imagens do satélite NPP-375.

Figura 4. Focos de queimadas no município e localização das estações de monitoramento.



Fonte: Autores deste trabalho.

O mês de setembro foi caracterizado por uma considerável ocorrência de queimadas nas áreas urbana e rural do município. O tempo seco, a baixa umidade relativa do ar e as ações criminosas de propagação de incêndios resultaram em extensas áreas queimadas e significativa deterioração da qualidade do ar na região.

A seguir, são apresentadas fotografias de incêndios florestais e queimadas na área urbana registradas neste período em Itabira.

Figura 5. Incêndio florestal registrado na Fazenda São Lourenço (antiga EPAMIG) no dia 5/09/2021.



Fonte: Autores deste trabalho.

Figura 6. Registro da fumaça decorrente do incêndio florestal que ocorreu na Fazenda São Lourenço observada na comunidade de Morro do Chapéu, cerca de 3,6 km da área queimada.



Fonte: Autores deste trabalho.

Figura 7. Queimada registrada no dia 10/09/2021 próximo ao Parque de Exposições Virgílio José Gazire.



Fonte: Autores deste trabalho.

Figura 8. Queimada registrada no dia 12/09/2021 próximo ao Parque de Exposições Virgílio José Gazire.



Fonte: Autores deste trabalho.

Além dos incêndios destacados nas figuras, no mês de setembro diversos outros focos foram observados diariamente na região. Pode-se citar registros de incêndios em áreas da empresa Vale S.A. próximo a Lagoa do Pontal no bairro Bela Vista, nos bairros Ribeira de Cima, Praia, Penha, Jardim dos Ipês, região próxima a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Laboreaux, dentre diversos outros locais. Um deles, que chamou a atenção dos moradores da área urbana, ocorreu na Unidade de Conservação de proteção integral do Parque Natural Municipal do Intelecto.

Figura 9. Área atingida pelas chamas no Parque Natural Municipal do Intelecto nos dias 14 e 15 de setembro de 2021.



Fonte: DeFato Online (2021).

Figura 10. Combate às chamas em áreas do Parque Natural Municipal do Intelecto nos dias 14 e 15 de setembro de 2021.

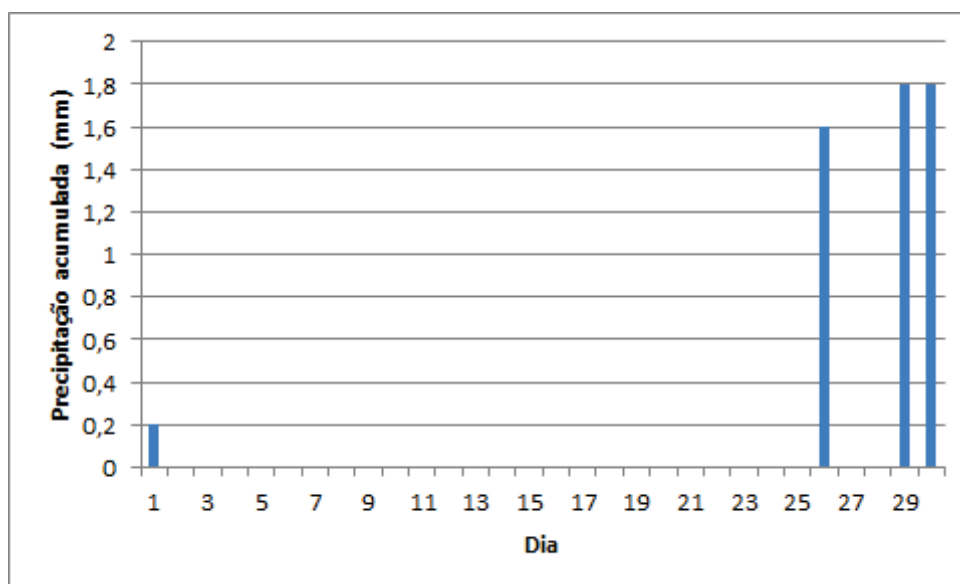


Fonte: DeFato Online (2021).

# CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

A Figura 11 apresenta a precipitação diária em Itabira para o mês de setembro por meio dos dados da estação meteorológica da rede de monitoramento da qualidade do ar (EM11). O total acumulado de chuva neste período foi de 5,4 mm. A temperatura média para o mês foi de 22,5 °C e a velocidade média do vento foi igual a 2,9 m/s.

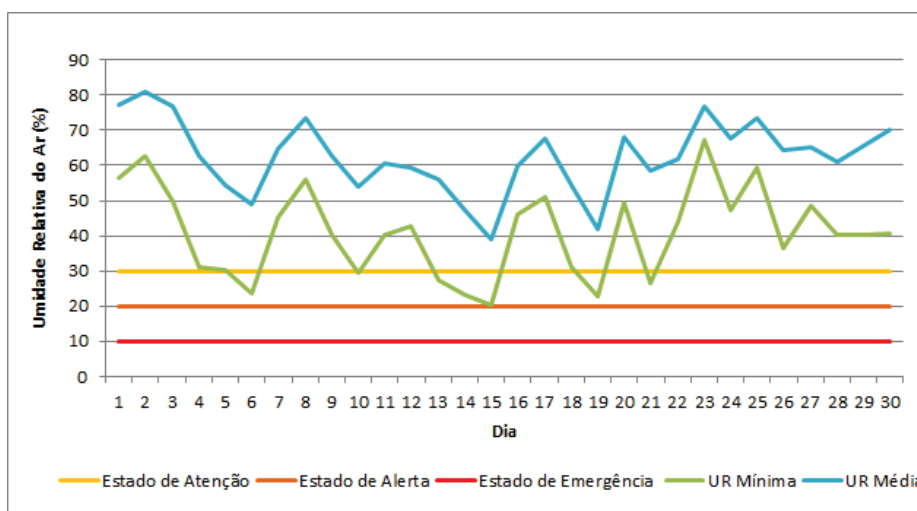
Figura 11. Precipitação diária (mm) em Itabira para o mês de setembro.



A umidade relativa do ar média foi de 62,6% e a variação diária está representada na Figura 12, onde se pode verificar que o menor valor da umidade relativa (UR) mínima diária em todo o período ocorreu no dia 15 (20,2%), valor correspondente ao Estado de Alerta (20%). Quanto menor o valor de umidade relativa, pior a qualidade do ar.



Figura 12. Umidade relativa (mm) em Itabira para o mês de setembro.

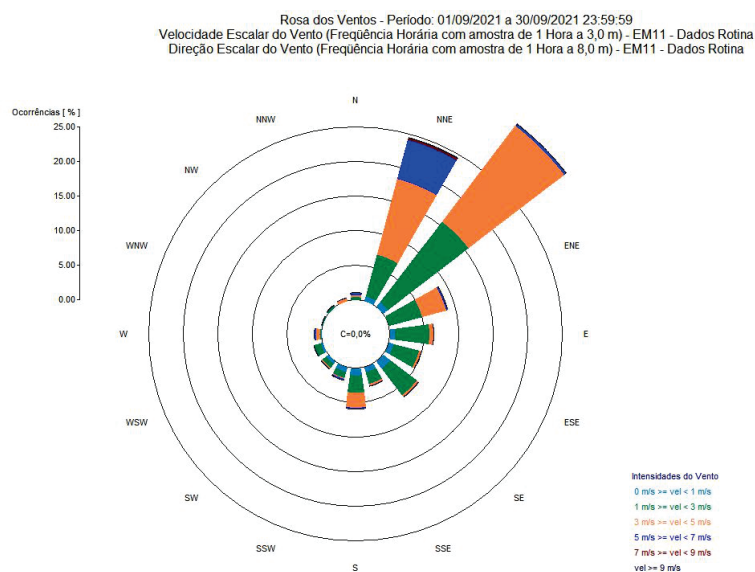


A partir dos dados horários de direção e velocidade escalar do vento, obtidos por meio da EM11, é possível obter o mapa da rosa dos ventos que apresenta a direção predominante do vento em Itabira para o mês de setembro (Figura 13).

No mapa de rosa dos ventos os pontos cardeais são: Norte (N), Sul (S), Leste (E), Oeste (W). Os pontos colaterais ficam entre os pontos cardeais e são: Nordeste (NE), entre o Norte e o Leste; Sudeste (SE), entre o Sul e o Leste; Sudoeste (SW), entre o Sul e o Oeste; Noroeste (NW), entre o Norte e o Oeste. Finalmente, os pontos subcolaterais estão entre os pontos cardeais e os pontos colaterais e são: NNE: nor-nordeste - entre o norte (N) e o nordeste (NE); ENE: léis-nordeste - entre o leste (E) e o nordeste (NE); ESE: léis-sudeste - entre o leste (E) e o sudeste (SE); SSE: sul-sudeste - entre o sul (S) e o sudeste (SE); SSW: sul-sudoeste - entre o sul (S) e o sudoeste (SW); WSW: oés-sudoeste - entre o oeste (W) e o sudoeste (SW); WNW: oés-noroeste - entre o oeste (W) e o noroeste (NW); NNW: nor-noroeste - entre o norte (N) e o noroeste (NW).

Conforme pode-se notar na Figura 13, as direções predominantes dos ventos neste período, foram de nordeste (principalmente) e nor-nordeste com velocidades entre as faixas de 0 a 1,0 m/s e 7,0 a 9,0 m/s. Para o mês de setembro, a estação meteorológica EM11 registrou velocidades horárias do vento variando entre 0,5 e 7,6 m/s.

Figura 13. Rosa dos ventos em Itabira para o mês de setembro.



## ANÁLISE DOS POLUENTES MONITORADOS - MP<sub>10</sub>

No mês de setembro de 2021, o parâmetro MP<sub>10</sub> apresentou maior registro na EAMA21, sendo o pico observado de 104,8 µg/m<sup>3</sup> no dia 15/09/2021. Já a menor concentração foi registrada na EAMA41, sendo igual a 10,3 µg/m<sup>3</sup> no dia 02/09/2021.

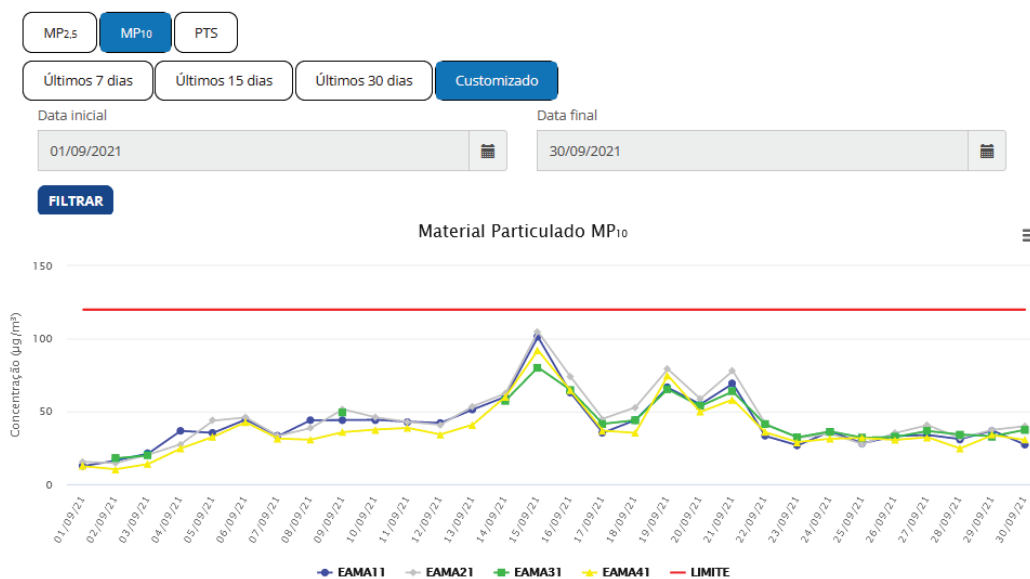
Todas as menores concentrações foram registradas no dia 02/09, com exceção da EAMA11, enquanto que as maiores foram observadas no dia 15/09. Cabe ressaltar que no dia 15/09 foi possível observar no município diversos focos de queimadas e incêndios florestais, inclusive na área urbana próxima às estações de monitoramento. Só neste dia, os satélites conseguiram detectar 13 focos de incêndio, de acordo com os dados do INPE, sendo a maioria dos pontos na área urbana ou próximos dela.

No Quadro 3 apresenta-se um resumo dos valores das medições para o parâmetro MP<sub>10</sub> no período analisado.

Quadro 3. Resumo das medições do parâmetro MP<sub>10</sub> para o mês de setembro de 2021.

Estação	Valor Limite PI-1 (µg/m <sup>3</sup> )	Mínimo		Máximo		Média Aritmética (µg/m <sup>3</sup> )
		Valor (µg/m <sup>3</sup> )	Data	Valor (µg/m <sup>3</sup> )	Data	
EAMA11	120	12,5	01/09/2021	101,2	15/09/2021	41,6
EAMA21		14,6	02/09/2021	104,8	15/09/2021	45,0
EAMA31		17,8	02/09/2021	80,3	15/09/2021	43,7
EAMA41		10,3	02/09/2021	92,1	15/09/2021	37,9

A concentração diária de MP<sub>10</sub> durante o mês de setembro é apresentada na Figura 14, onde pode-se verificar o pico no dia 15. A linha pontilhada representa o valor médio das quatro estações e a linha vermelha representa o padrão de qualidade do ar intermediário (PI-1) para a média de 24 horas, de acordo com a Resolução CONAMA n° 491 de 2018.

Figura 14. Concentração (µg/m<sup>3</sup>) do MP<sub>10</sub> para as 4 estações de monitoramento em Itabira no período de 1 a 30 de setembro de 2021.

## ANÁLISE DOS POLUENTES MONITORADOS - MP<sub>2,5</sub>

O parâmetro MP<sub>2,5</sub> apresentou valor máximo de 64,1 µg/m<sup>3</sup> no dia 15/09 na EAMA31, localizada no bairro João XXIII, e valor mínimo de 5,1 µg/m<sup>3</sup> na EAMA21, localizada no bairro Areão. No Quadro 4 apresenta-se um resumo dos valores das

medições para o parâmetro  $MP_{2,5}$  no período analisado. Pode-se notar que, assim como observado para o parâmetro  $MP_{10}$ , todas as maiores concentrações foram observadas no dia 15/09.

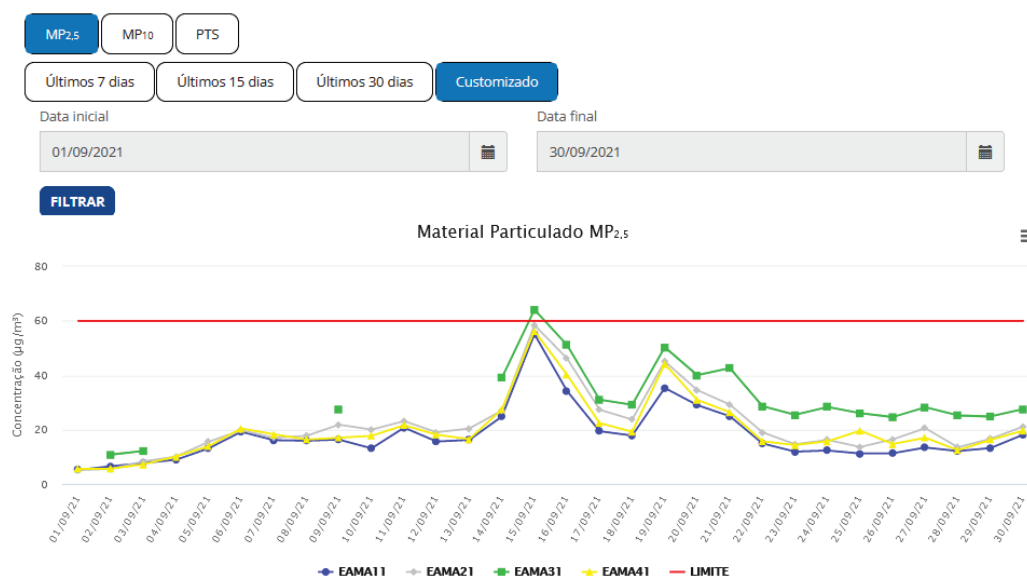
Quadro 4. Resumo das medições do parâmetro  $MP_{2,5}$  para o mês de setembro de 2021.

Estação	Valor Limite PI-1 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mínimo		Máximo		Média Aritmética ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Data	Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Data	
EAMA11	60	5,2	1/09/2021	55,1	15/09/2021	17,8
EAMA21		5,1	1/09/2021	58,4	15/09/2021	21,5
EAMA31		10,8	2/09/2021	64,1	15/09/2021	31,7
EAMA41		5,6	1 e 2/09/2021	56,3	15/09/2021	20,0

A média da concentração diária de  $MP_{2,5}$  durante o mês de setembro é apresentada na Figura 15. Considerando os valores do padrão intermediário 1 (PI-1) da Resolução do CONAMA nº 491 de 2018, houve extrapolação do valor no dia 15/09 na EAMA31 devido às intensas emissões atmosféricas provenientes das queimadas que ocorriam no município. Além disso, conforme mencionado anteriormente, neste dia a UR alcançou o valor correspondente ao Estado de Alerta, igual a 20% e, conforme esperado, não houve ocorrência de precipitação (Figuras 11 e 12). Por outro lado, no dia 01/09 houve ocorrência de garoa (0,2 mm/hr) e no dia 02/09 a UR média atingiu seu maior valor, por isso, nestes dias as concentrações do parâmetro  $MP_{2,5}$  foram as menores no período em todas as estações (Quadro 4).

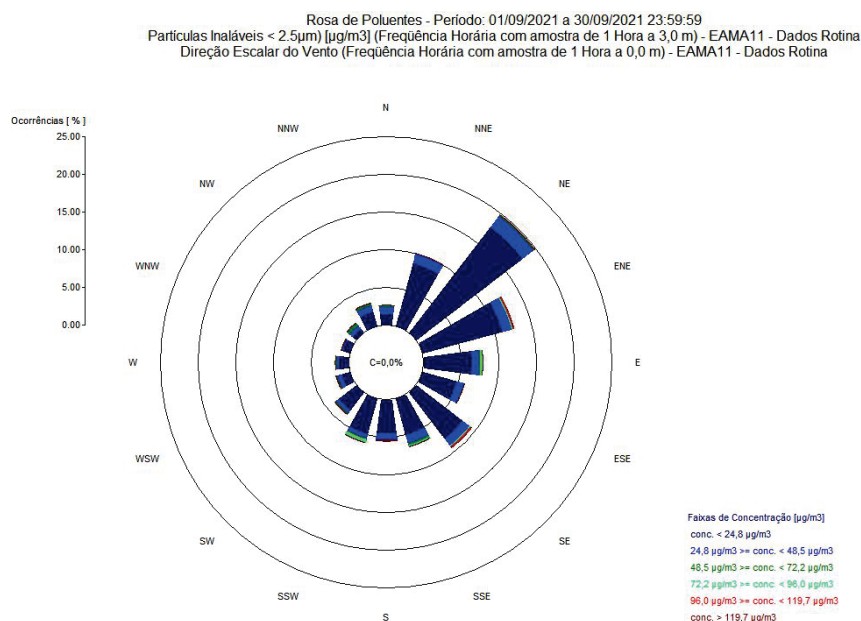
Segundo Souto, Freitas e Martins (2021), eventos de queimadas vêm se tornando frequentes em Minas Gerais. Os autores observaram significativas correlações negativas entre a precipitação e umidade relativa com os focos de calor em todo o Estado. Isto significa que quanto menor a UR, maior a ocorrência de focos de calor. Além disso, os autores identificaram que existe o potencial de maior ocorrência de queimadas e incêndios florestais em um clima futuro em todo o Estado de Minas Gerais. Assim, é necessário investir em medidas adicionais de controle e maior eficiência no monitoramento das queimadas.

Figura 15. Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) do  $\text{MP}_{2,5}$  para as 4 estações de monitoramento em Itabira no período de 1 a 30 de setembro de 2021.



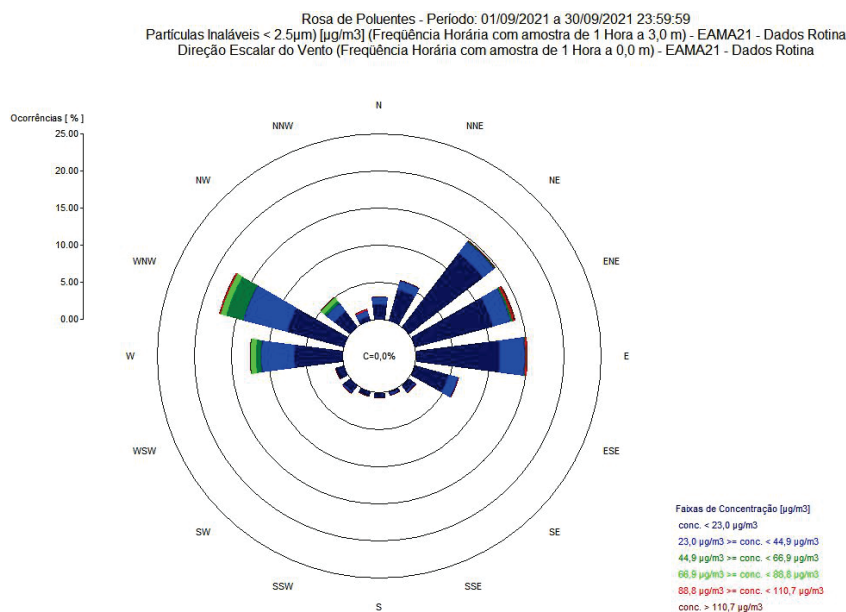
Nas figuras a seguir (Figs. 16 a 20) são apresentadas as rosas de poluentes para o parâmetro  $\text{MP}_{2,5}$  considerando os dados de direção e velocidade escalar do vento registrados em cada estação de monitoramento da qualidade do ar. Pode-se verificar na EAMA11 (Figura 16) que, em aproximadamente 42% do tempo, os ventos que atingem a estação são provenientes das direções lés-nordeste (ENE) a nor-nordeste (NNE), com predominância (em 20% do tempo) na direção nordeste (NE). Esta também foi a direção predominante dos ventos para o período, conforme indicado anteriormente na rosa dos ventos apresentada na Figura 13.

Figura 16. Rosa de poluentes para o MP<sub>2,5</sub> na EAMA11 em setembro.



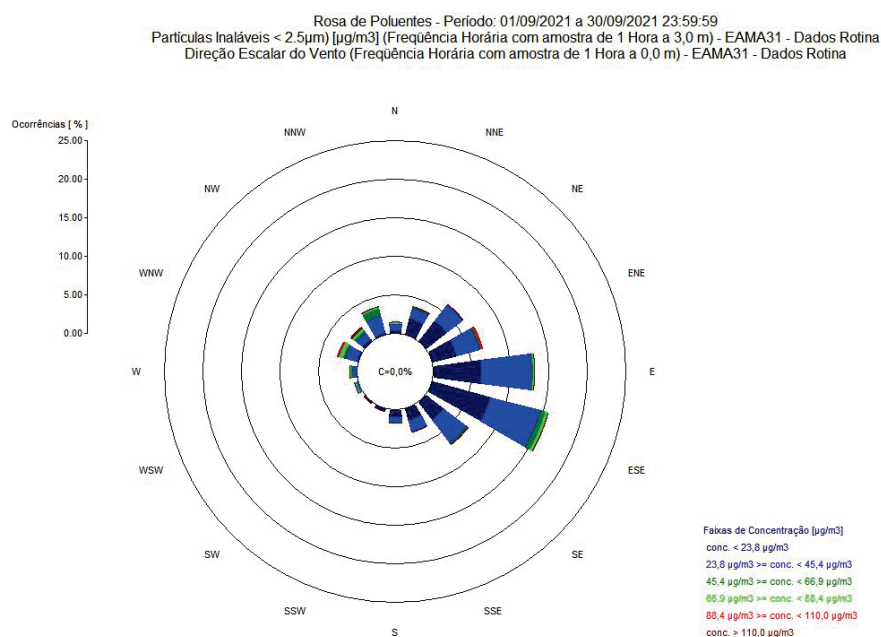
Na EAMA21 as maiores concentrações de MP<sub>2,5</sub>, com maiores frequências, estiveram associadas à direção oés-noroeste (WNW) em aproximadamente 17% do tempo. Esta direção corresponde a um vento vindo de uma parte do complexo minerador para a cidade. Porém, pode-se observar na Figura 17 que parte das concentrações também se mantiveram distribuídas, principalmente, entre as direções nordeste (NE), lés-nordeste (ENE) e leste (E) em aproximadamente 42% do tempo e oeste (W) em aproximadamente 12% do tempo.

Figura 17. Rosa de poluentes para o MP<sub>2,5</sub> na EAMA21 em setembro.



Pode-se verificar na EAMA31 (Figura 19) que, em aproximadamente 16% do tempo, os ventos que atingem a estação são provenientes da direção lés-sudeste (ESE). Altas concentrações do parâmetro MP<sub>2,5</sub> também foram registrados nas direções oés-noroeste (WNW) a nor-noroeste (NNW) em aproximadamente 8% do tempo (soma das três direções - WNW, NW, NNW) e nas direções lés-nordeste (ENE) e leste (E) em aproximadamente 20% do tempo (soma das duas direções - ENE e E).

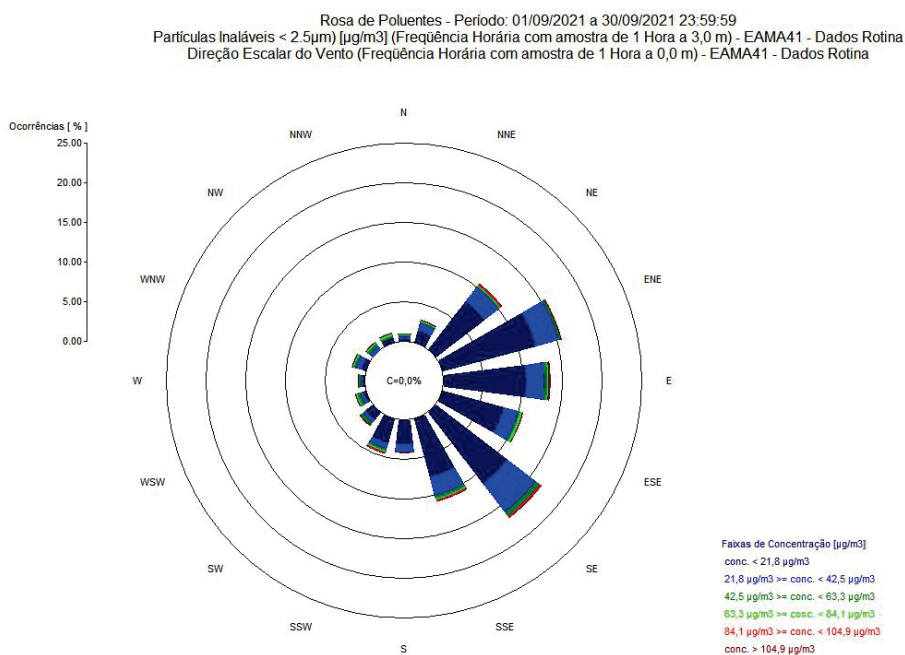
Figura 18. Rosa de poluentes para o MP<sub>2,5</sub> na EAMA31 em setembro.



Por fim, na estação EAMA41 as direções predominantes das maiores concentrações de MP<sub>2,5</sub> foram sudeste (SE), lés-nordeste (ENE), leste (E) e lés-sudeste (ESE).



Figura 19. Rosa de poluentes para o MP<sub>2,5</sub> na EAMA41 em setembro.



## ANÁLISE DOS POLUENTES MONITORADOS - PTS

O parâmetro PTS apresentou valor máximo de 189,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  no dia 21/09 na EAMA31, localizada no bairro João XXIII, e valor mínimo na EAMA41, localizada no bairro São Marcos de 12,7 no dia 02/09 (Quadro 5).

Quadro 5. Resumo das medições do parâmetro PTS para o mês de setembro de 2021.

Estação	Valor Limite PI-1 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mínimo		Máximo		Média Aritmética
		Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Data	Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Data	
EAMA11	240	22,0	01/09/2021	153,5	15/09/2021	70,0
EAMA21		26,9	02/09/2021	149,5	15/09/2021	70,1
EAMA31		20,1	03/09/2021	189,5	21/09/2021	88,2
EAMA41		12,7	02/09/2021	120,7	06/09/2021	53,7

Na Figura 21 são apresentadas as médias diárias para o parâmetro PTS registradas no período, sendo que todas atenderam ao valor padrão definido pela Resolução do CONAMA nº 491 de 2018. No dia 21/09 a pressão atmosférica registrou o seu menor valor no período (904,5 mb) e a velocidade do vento também atingiu o valor mínimo de 0,5 m/s. O parâmetro PTS corresponde uma fração grossa de partículas (diâmetro de até 50 micra), que tendem a se sedimentar próximo às fontes emissoras. Porém, devido a baixa pressão, a qual promove um movimento ascendente, essas partículas podem permanecer suspensas ou até serem ressuspensas, contribuindo para resultar no pico de concentração verificado neste dia.

Figura 20. Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) do PTS para as 4 estações de monitoramento em Itabira no período de 1 a 30 de setembro de 2021.



## INFORMAÇÕES ADICIONAIS

### Smog fotoquímico e formação do ozônio

O smog fotoquímico ocorre na troposfera onde há alto índice de poluição, por exemplo, em grandes centros urbanos, e causam na atmosfera uma diminuição na visibilidade (CETESB, 2021a). A troposfera é a camada mais baixa da atmosfera terrestre, região em que vivemos e onde ocorrem os fenômenos meteorológicos (Figura 21).

Figura 21. Camadas da atmosfera da Terra.



Fonte: Climatempo (2020).

A palavra smog vem do inglês e é composta pelas palavras smoke e fog que significam fumaça e neblina, respectivamente. O smog fotoquímico é formado através de várias reações químicas entre diversos poluentes atmosféricos quando condições climáticas são adequadas, isto é temperaturas moderadamente elevadas, presença de luz solar e de óxidos de nitrogênio (NOx), compostos orgânicos voláteis (COV), topografia favorável e falta de dispersão dos poluentes devido à uma condição de inversão térmica.

## Quais são e de onde vêm os compostos químicos que formam o Smog fotoquímico?

### 1) Compostos orgânicos voláteis (COVs)

Os compostos orgânicos voláteis são componentes químicos que apresentam alta pressão de vapor, isto é, se encontram no estado gasoso na atmosfera e podem ter origem biogênica ou antropogênica. Os COVs emitidos por fontes naturais são originados a partir de atividade metabólica de plantas, árvores, animais selvagens, incêndios naturais em florestas e processos de decomposição da matéria orgânica.

Por outro lado, os COVs emitidos por fontes antropogênicas são produzidos por combustão incompleta e perdas evaporativas de combustíveis em veículos de combustão interna, solventes em geral, emissões de gases em processos industriais, refino de petróleo, armazenagem e distribuição de petróleo e gás natural, aterros de resíduos (ALBUQUERQUE, 2007). Eles também podem ser encontrados em repelentes, produtos de limpeza, maquiagem, cosméticos, pesticidas, roupas lavadas a seco, tintas, móveis, carpetes, cola, etc.

Os COVs encontrados em perfumes, cosméticos ou os liberados por plantas ou animais não são necessariamente danosos à saúde humana, porém, outros podem causar sérios danos, a curto ou longo prazo, devido à sua alta toxicidade e efeito cancerígeno (ECYCLE, 2021a).

Muitos COVs são poluentes atmosféricos e a grande maioria deles não possuem gosto, cheiro ou cor. Segundo Albuquerque (2007), tolueno, xileno, hexano, etilbenzeno e trimetilbenzeno são os COVs encontrados em maior concentração na atmosfera e são emitidos por veículos quando ocorre a queima do combustível no motor, sendo que eles podem ser encontrados até no interior dos veículos (ALMEIDA, 2007).

As emissões provindas de veículos motorizados são consideradas as principais fontes de emissão de COVs em atmosferas urbanas, resultantes da combustão incompleta de combustíveis e das perdas evaporativas destes. A composição química e quantidade emitida de COVs estão relacionadas à composição dos combustíveis e ao tipo de emissão.

## 2) Óxidos de nitrogênio (NOx)

Os óxidos de nitrogênio, que são: NO (óxido nítrico) e NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio) são produzidos sempre que um combustível é queimado na presença de ar. Vale ressaltar que o ar atmosférico é constituído por uma mistura de diversos gases, sendo o oxigênio e o nitrogênio os gases mais abundantes com uma concentração de 78% e 21%, respectivamente. Por esta razão, sempre que há uma combustão na presença de ar, os óxidos de nitrogênio são formados. Processos de combustão tendem a emitir baixas concentrações de NO<sub>2</sub> em relação aos valores de NO, mas ao entrar em contato com o oxigênio do ar, as moléculas de NO logo se oxidam, formando NO<sub>2</sub> (ECYCLE, 2021b).

O gás NO é incolor, porém quando oxidado em NO<sub>2</sub> fica com uma coloração marrom avermelhada, a qual confere a cor característica do smog fotoquímico, como pode ser observado na Figura 22.

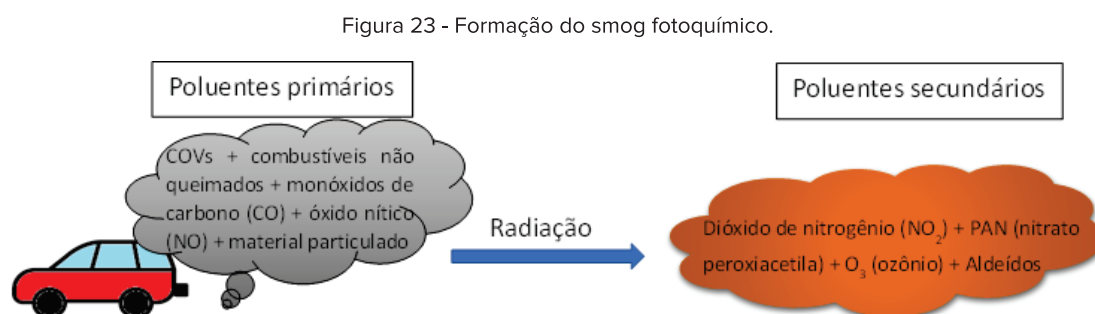
Figura 22 - Névoa fotoquímica.



Fonte: [WALDHOLZ, 2018](#).

## Formação do Smog fotoquímico

O smog fotoquímico se forma quando os compostos químicos emitidos pelos veículos (poluentes primários), após a combustão, reagem fotoquimicamente (sob a presença da luz), produzindo outros poluentes (poluentes secundários), tais como PAN, aldeídos e o ozônio troposférico, entre outras substâncias altamente prejudiciais à saúde (Figura 23). Os poluentes secundários ocorrem em locais mais distantes em relação a onde são emitidos os poluentes primários.



Fonte: Autora desta seção.

A concentração mais elevada de smog fotoquímico ocorre por volta das 10h e 12h, quando o índice de luminosidade é maior e mais intenso. Por outro lado, o dióxido de nitrogênio, quando em contato com vapor d'água na atmosfera, gera ácido nítrico causando chuva ácida (ECYCLE, 2021b).

## Efeitos dos poluentes na saúde humana, flora e materiais

Os primeiros episódios mundiais que alertavam para os impactos da poluição ambiental na saúde ocorreram em Londres em meados do século passado. A neblina londrina ocorrida em 1952, constituída por elevada concentração de poluentes atmosféricos, foi responsável por mais de 4000 mortes, e estima-se que o número de mortes neste período aumentou mais de três vezes em relação à taxa normal (BRUNEKREEF e HOLGATE, 2002; PIMENTA, 2010). Na Bélgica nos anos 30 e nos Estados Unidos houve um grande aumento nas concentrações de óxidos sulfúricos e material particulado, o que combinado com as condições meteorológicas desfavoráveis resultaram em um aumento significativo da mortalidade diária de pessoas com condições respiratórias ou cardíacas pré-existentes.

Quando os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis são liberados, devido a queima incompleta e evaporação de combustíveis e solventes, eles sofrem reações químicas na presença de luz solar, formando ozônio e outros compostos químicos chamados de “Oxidantes fotoquímicos”. O ozônio é utilizado como parâmetro indicador da presença destes oxidantes fotoquímicos na atmosfera. Tais poluentes formam o “smog fotoquímico”, conforme mencionado anteriormente. A seguir são descritos os efeitos na saúde humana, flora e materiais dos poluentes primários e secundários envolvidos na formação do smog fotoquímico.

### Poluentes primários

#### Monóxido de carbono (CO):

O monóxido de carbono é um gás incolor, inodoro, sem sabor, inflamável e muito perigoso. Ele é liberado no meio ambiente por fontes naturais (atividade vulcânica, descargas elétricas e emissão de gás natural) ou por fontes antrópicas, resultado da combustão incompleta de combustíveis fósseis (queima de lenha, carvão vegetal e mineral; gasolina; querosene; óleo diesel, etc). A combustão incompleta ocorre quando não há oxigênio suficiente para consumir todos os combustíveis. As fontes emissoras antrópicas emitem aproximadamente 60% do monóxido de carbono presente na troposfera.

A intoxicação por monóxido de carbono ocorre por via respiratória podendo ser fatal dependendo da concentração inalada. A toxicidade do monóxido de carbono é devido a grande afinidade do gás com a hemoglobina contida nos glóbulos vermelhos do sangue que transportam oxigênio (O<sub>2</sub>) para todos os órgãos do corpo. O monóxido de carbono então se liga com a hemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio nos tecidos, provocando a morte por asfixia (ECYCLE, 2021c).

#### Compostos Orgânicos Voláteis (COVs):

Como mencionado anteriormente, os COVs podem ser de origem biogênica ou antropogênica, porém, aqui iremos abordar somente os COVs que são os combustíveis não queimados e os formados na combustão de combustíveis fósseis, pois são eles os precursores do smog fotoquímico.

Os COVs atuam como precursores de poluentes secundários e podem causar sérios danos à saúde humana. Uma das maiores fontes antropogênicas destes poluentes, em áreas urbanas, são as emissões veiculares.

Nas análises químicas desses COVs presentes em diversas metrópoles no mundo foram encontrados os seguintes compostos: benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos, propano, n-butano, isopentano, isobutano, etano, etileno e acetileno, m,p-xileno, n-pentano, buteno, 1,2,4-trimetilbenzeno, etanol, metanol e propan-2-ol, en.

Dentre esses COVs, o benzeno, por exemplo, é um composto carcinogênico que causa leucemia. Nos últimos anos, foi observado o aumento da incidência de leucemia infantil em áreas urbanas da China. Já o tolueno afeta o sistema nervoso, e em concentrações elevadas, as habilidades intelectuais, psicomotoras e neuromusculares ficam prejudicadas. Trabalhadores expostos frequentemente ao tolueno apresentam um menor desempenho em testes neurocomportamentais, perda de audição e redução da capacidade visual. Também é atribuído ao tolueno às irritações no trato respiratório, problemas de reprodução e riscos de abortos espontâneos (VILLA, 2014).

### Poluentes secundários

#### Nitrato de peroxiacetila (PAN):

O nitrato de peroxiacetila causa intensa irritação dos olhos e pulmões, mutação genética em algumas bactérias, e prejudica o crescimento de plantas, por interferir no processo de fotossíntese (de ANDRADE et al., 2002). Ele também é um oxidante mais estável que o ozônio.

#### Aldeídos:

Veículos que utilizam álcool como combustível emitem mais aldeídos que os veículos a gasolina e geram, através da combustão incompleta desses combustíveis, produtos como o formaldeído e o acetaldeído (de ANDRADE et al., 2002).

O formaldeído, mais conhecido como formol, tem um odor irritante quando em contato com a pele, podendo provocar irritações, dermatites alérgicas e urticária, enquanto o contato com os olhos pode provocar sérios danos, como edema nas pálpebras e membrana conjuntiva, opacificação da córnea e perda da visão.



Quando inalado, o formaldeído provoca irritação em todo o trato respiratório e em maiores concentrações provoca sérios danos, tais como pneumonia, bronquite, edema pulmonar, algumas vezes resultando em morte. O formaldeído é um agente mutagênico, cancerígeno e teratogênico.

O acetaldeído é menos irritante e tóxico que o formaldeído, mas, mesmo assim, ele é um potente embriotóxico, teratogênico e mutagênico. Em altas concentrações pode causar necrose, bronquite, danos no tecido gorduroso do fígado, edema pulmonar e morte.

### Dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>):

#### Efeitos na saúde humana

O dióxido de nitrogênio tem propriedades anestésicas, porém, a exposição de longa duração provoca sérios danos à saúde. O dióxido de nitrogênio aumenta a sensibilidade à asma e à bronquite, principalmente em crianças e idosos com problemas respiratórios, causando danos severos aos pulmões, semelhantes aos provocados pelo enfisema pulmonar, sendo que a exposição contínua pode causar diminuição permanente das funções pulmonares. De acordo com pesquisadores da Universidade da Califórnia, ele pode causar síndrome de morte súbita em recém-nascidos.

#### Efeitos na fauna e materiais

Ao ser oxidado na atmosfera, ou em contato com a água, o óxido de nitrogênio produz o ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), e causa chuva ácida. Esta, ao cair na superfície, altera a composição química do solo, geralmente o empobrecendo. A chuva ácida também altera a acidez das águas, podendo matar a fauna e flora aquática, atinge as cadeias alimentares, destrói florestas e lavouras, corrói estruturas metálicas, monumentos históricos e prédios (ECYCLE, 2021b).

Figura 24 - Efeito da chuva ácida, na vegetação, estátua e no rio.



Fonte: Mundo Educação (2021).

### Ozônio troposférico (O<sub>3</sub>): Efeitos na saúde humana

Embora o ozônio seja benéfico na estratosfera, onde ele age como uma camada protetora contra efeitos danosos da radiação ultravioleta, na troposfera, também chamado de 'camada de ozônio no lugar errado' ele produz efeitos tóxicos, devido ao seu alto poder oxidativo e, por isso, é muito tóxico à fauna e flora (CETESB, 2021b).

Para os seres humanos e outros animais, o ozônio pode provocar irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuir a capacidade pulmonar, intensificar problemas cardiovasculares, além de aumentar a mortalidade infantil por causas respiratórias em dias e locais com altos níveis de poluição (ECYCLE, 2021d).

Vários estudos mostraram que pessoas com DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica) ou asma, mas, principalmente crianças, os idosos e pessoas com condições pré-existent, como problemas cardíacos crônicos ou problemas respiratórios crônicos, são mais suscetíveis à poluição atmosférica. Durante as estações quentes nos países temperados, foi observado um aumento no número de admissões hospitalares quando havia uma concentração de poluição elevada, especialmente o ozônio (PIMENTA, 2010).

Segundo McConnell et al. (2002), crianças que passam mais tempo em ambientes externos praticando esportes absorvem uma concentração mais elevada de ozônio, causando sintomas asmáticos até em crianças sem histórico prévio. Esse estudo foi bastante criticado, pois a prática de esportes seria a forma mais adequada para melhorar a qualidade de vida dos asmáticos (RAHERISON; FILEUL, 2002).

Durante a realização de exercícios aeróbicos exigimos mais do nosso corpo fazendo os músculos, coração e pulmões trabalhar mais para executar a prática esportiva desejada, com isso, inalamos uma maior quantidade de ar, o que facilita a entrada de poluentes pelas vias aéreas. Por exemplo, realizar 30 min de corrida próximo a vias de tráfego intenso equivale ao consumo de 10 cigarros/dia.

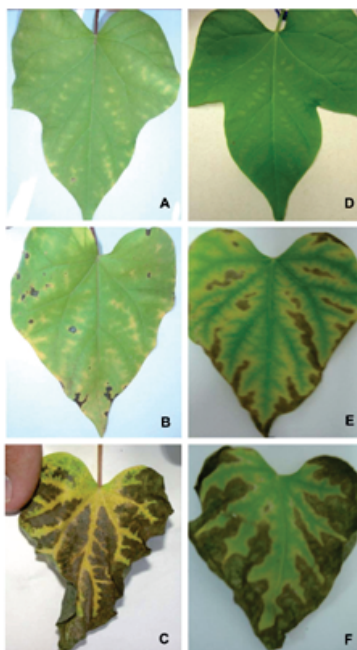
A American Heart Association recomenda que exercícios intensos na presença de ar com qualidade insatisfatória sejam evitados, pois os poluentes provocam a redução da função pulmonar e vascular, tanto em indivíduos asmáticos como em saudáveis, provavelmente devido a stress oxidativo sistêmico e nas vias aéreas (MARTINS et al., 2002).

A severidade dos sintomas depende da quantidade de ozônio inalado, assim como a sensibilidade do indivíduo, isto é, doenças previamente existentes, da idade, do sexo e de fatores genéticos.

### Efeitos na Fauna

O ozônio troposférico afeta a fotossíntese, causando problemas no crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo causar a perda de produtividade de uma cultura devido à perda da biomassa, e deixando a planta mais suscetível ao ataque de pragas (Figura 25). Estudos realizados na região do Mediterrâneo mostraram que o ozônio troposférico afeta diferentes culturas de alto valor econômico, como o trigo, o milho, a uva e o tomate (PLANTACONSCIÊNCIA, 2020).

Figura 25 - Necrose nas folhas de Ipomoea nil submetidas a fumigação por ozônio em câmaras fechadas.



Fonte: FERREIRA et al., 2012.

## Considerações finais

Os limites aceitáveis de emissão de poluentes pelos veículos têm se tornado cada vez mais rigorosos e hoje os carros são bem menos poluentes que os carros mais antigos, pois a indústria automotiva desenvolveu tecnologias ao longo dos anos para ajudar a reduzir as emissões nocivas produzida pelos veículos. Na década de 70, catalisadores foram desenvolvidos para converter poluentes em emissões não tão prejudiciais, como oxidar o monóxido de carbono em dióxido de carbono (infelizmente, o dióxido de carbono é um dos gases responsáveis pelo aquecimento global, porém não é nocivo quanto o monóxido de carbono para a saúde), e catalisadores para reduzir os gases NOx em nitrogênio (o que está presente no ar) (ALMEIDA, 2007).

Atualmente, carros híbridos e elétricos vêm sendo desenvolvidos, que usam uma energia limpa, livre de poluentes e dióxido de carbono, visando diminuir a quantidade de poluentes na atmosfera e conter o aquecimento global.

Recentemente foram publicadas a RESOLUÇÃO N° 490, DE 16 DE NOVEMBRO DE 2018 e a RESOLUÇÃO N° 492, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2018 listando as novas exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores pesados e leves, respectivamente. Essas resoluções visam a redução da poluição do ar nos centros urbanos do país e a economia de combustível. Estes avanços promovem a melhoria da qualidade dos combustíveis automotivos e viabilizam a introdução de tecnologias de controle da poluição (BRASIL, 2018b,c).

Autoria desta seção: Rose-Marie Belardi (Possui graduação, mestrado, doutorado e pós-doutorado em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente é Professora da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. L. de. 2007. Compostos orgânicos voláteis na atmosfera urbana da região metropolitana de São Paulo. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/266356>>

BRASIL. Resolução Nº 491 de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar.

BRASIL. 2018b. Resolução Nº 490 de 16 de novembro de 2018. Estabelece a Fase PROCONVE P8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE.

BRASIL. 2018c. Resolução Nº 492 de 20 de dezembro de 2018. Estabelece as Fases PROCONVE L7 e PROCONVE L8 para veículos automotores leves novos de uso rodoviário.

BRUNEKREEF, B.; HOLGATE, S. 2002. Air Pollution and health. The Lancet, v. 360, p. 1233 – 1242.

CETESB. 2021a. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>

CETESB. 2021a. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/solo/biomonitoramento/ozonio-troposferico/>>

CLIMATEMPO. 2020. Disponível em:

<<https://www.climatempo.com.br/noticia/2020/05/15/novos-dados-explicam-misterio-da-atmosfera-dos-gigantes-gasosos-3575>>.

DE ANDRADE M.V.A.S.; PINHEIRO H.L.C.; DE PAULA PEREIRA P.A.; DE ANDRADE J.B. 2002. Compostos carbonílicos atmosféricos: fontes, reatividade, níveis de concentração e efeitos toxicológicos, Quim. Nova, Vol. 25, No. 6B, 1117-1131.

DeFato Online. Itabira em Chamas: novos focos de incêndio assustam população. Disponível em: <<https://defatoonline.com.br/itabira-em-chamas-novos-focos-de-incendio-assustam-populacao/>>.

ECYCLE. 2021a. Disponível em:

<<https://www.ecycle.com.br/voc-compostos-organicos-volateis/>>

ECYCLE. 2021b. Disponível em:

<<https://www.ecycle.com.br/oxidos-de-nitrogenio/>>

ECYCLE. 2021c. Disponível em:

<<https://www.ecycle.com.br/monoxido-de-carbono/>>

ECYCLE. 2021d. Disponível em:

<<https://www.ecycle.com.br/ozonio/#Ozonio-troposferico>>

**PLANTACONSCIÊNCIA. 2020.**Série Estresse em Plantas – Parte IV: O ozônio e seus efeitos nas plantas. Disponível em: <<https://www.plantaconsciencia.com/post/s%C3%A9rie-estresse-em-plantas-parte-iv-o-oz%C3%B4nio-e-seus-efeitos-nas-plantas>>.

**PIMENTA M.A. 2010.** Ozônio troposférico – os efeitos na saúde e no meio ambiente e diretrizes para a região metropolitana de Belo Horizonte, Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

**RAHERISON C; FILEUL, L. 2002.** Asthma in exercising children exposed to ozone. Correspondence. The Lancet, 360: 411.

**SOUTO, C. A.; FREITAS, A. C. V.; MARTINS, G.** Influência das Condições Meteorológicas Atuais e Futuras na Ocorrência de Queimadas e Incêndios Florestais no Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.], v. 14, n. 5, p. 2755-2770, set. 2021. ISSN 1984-2295. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/249490/39492>>. Acesso em: 24 out. 2021. doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p2755-2770>.

**VILLA, J. Jr. 2014.** Compostos orgânicos voláteis: transformações e efeitos nocivos. Revista Acadêmica, ano 1, n.2 abril-junho. ISSN 2357-8173

**WALDHOLZ, R. 2018.** Smothered by smog, activists are urging Poland to reconsider coal. Disponível em: <<https://www.pri.org/people/rachel-waldholz>>.

FERREIRA M.L., ESPOSITO J.B.N., DOMINGOS M., SOUZA S.R 2012. Critical analysis of the potential of Ipomoea nil 'Scarlet O'Hara' for ozone biomonitoring in the sub-tropics, Journal of Environmental Monitoring, 14(7):1959-67.

FREITAS, Adriana de Marques; SOLCI, Maria Cristina. Caracterização do MP10 e MP2,5 e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de Londrina. Química Nova, [S.L.], v. 32, n. 7, p. 1750-1754, 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422009000700013>.

INPE. Queimadas. BD Queimadas. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>>.

INMET. Monitoramento de Precipitação. Anomalia de Precipitação. Disponível em: <<https://clima.inmet.gov.br/>>.

\_\_\_\_\_. Boletim Agroclimatológico / Instituto Nacional de Meteorologia. – v.56 n.07 – (2021) – Brasília: Inmet, 2021.

\_\_\_\_\_. Prognóstico Climático de Inverno. Disponível em: <[https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/PROGN%3%93STICO-CLIM%3%81TICO-DE-INVERNO\\_2021-3.pdf#page=1&zoom=auto,-100,669](https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/PROGN%3%93STICO-CLIM%3%81TICO-DE-INVERNO_2021-3.pdf#page=1&zoom=auto,-100,669)>.

\_\_\_\_\_. Nota Conjunta INMET / INPE / CENSIPAM. Disponível em: <[https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/FINAL\\_NOTA\\_Emerge%CC%82ncia\\_Hi%CC%81drica\\_FINAL1.pdf#page=1&zoom=auto,-99,842](https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/FINAL_NOTA_Emerge%CC%82ncia_Hi%CC%81drica_FINAL1.pdf#page=1&zoom=auto,-99,842)>.

\_\_\_\_\_. Novo Relatório Climático do IPCC apresenta Avaliação do Clima no Mundo. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/noticias/novo-relat%3%B3rio-clim%3%A1tico-do-ipcc-apresenta-avalia%3%A7%3%A3o-do-estado-clima-no-mundo>>.

MARTINS L.M, LATORRE M. R.D. DE O., CARDOSO M.R.A., GONÇALVES F.L.T., SALDIVA P.H.N., FERREIRA A.L. 2002. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil, Rev. Saúde Pública, 36 (1). Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000100014>>.

MCCONNELL, R. BERHANE, K. GILLILAND, F. LONDON, S. ISLAM, T. GAUDERMAN, W. AVOL, E. MARGOLIS, H. PETERS, J. 2002. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. The Lancet, 359: 386391.

MUNDO EDUCAÇÃO. 2021. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/oxidoss-chuva-acida.htm>>.

OMM. WMO: New climate report is a clarion call for urgent action. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-new-climate-report-clarion-call-urgent-action>>.