

BOLETIM   
**ItabirAR**

NOVEMBRO | 2021

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 novembro 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**

**Janaína Pinto** - Seção de Informações Adicionais

## SUMÁRIO

<b>01</b>	Introdução	<b>5</b>
<b>02</b>	Índice de Qualidade do Ar	<b>9</b>
<b>03</b>	Condições Meteorológicas	<b>12</b>
<b>04</b>	Análise dos Poluentes Monitorados - $MP_{2,5}$	<b>14</b>
<b>05</b>	Análise dos Poluentes Monitorados - $MP_{10}$	<b>20</b>
<b>06</b>	Análise dos Poluentes Monitorados - PTS	<b>21</b>
<b>07</b>	Informações Adicionais Emissões Veiculares	<b>22</b>
<b>08</b>	Referências	<b>28</b>

# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Estações Automáticas de Monitoramento do Ar (EAMA) em Itabira	6
<b>Figura 2</b>	Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar de Itabira	7
<b>Figura 3</b>	Classificação do Índice de Qualidade do Ar (IQAR)	9
<b>Figura 4</b>	Precipitação diária (mm) em Itabira para o mês de outubro	12
<b>Figura 5</b>	Umidade relativa (mm) em Itabira para o mês de outubro	13
<b>Figura 6</b>	Rosa dos ventos em Itabira para o mês de outubro	14
<b>Figura 7</b>	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 31 de novembro de 2021	15
<b>Figura 8</b>	Rosa de poluentes para o $\text{MP}_{2,5}$ na EAMA11 em novembro	16
<b>Figura 9</b>	Rosa de poluentes para o $\text{MP}_{2,5}$ na EAMA21 em novembro	17
<b>Figura 10</b>	Rosa de poluentes para o $\text{MP}_{2,5}$ na EAMA31 em novembro	18
<b>Figura 11</b>	Rosa de poluentes para o $\text{MP}_{2,5}$ na EAMA41 em novembro	19
<b>Figura 12</b>	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) do $\text{MP}_{10}$ para as 4 estações de monitoramento em Itabira no período de 1 a 31 de novembro de 2021	20
<b>Figura 13</b>	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) do PTS para as 4 estações de monitoramento em Itabira no período de 1 a 31 de novembro de 2021	21
<b>Figura 14</b>	Tipos de emissões veiculares	22
<b>Figura 15</b>	Contribuição relativa de cada categoria de veículos as emissões de poluentes	25
<b>Figura 16</b>	Efeitos dos Principais Poluentes Atmosféricos do Transporte	26



# LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	Quadro resumo de IQAr _____	<b>10</b>
<b>Quadro 2</b>	Classificação da qualidade do ar e possíveis efeitos à saúde _____	<b>11</b>
<b>Quadro 3</b>	Resumo das medições do parâmetro MP <sub>2,5</sub> para o mês de novembro de 2021 _____	<b>14</b>
<b>Quadro 4</b>	Resumo das medições do parâmetro MP <sub>10</sub> para o mês de novembro de 2021 _____	<b>20</b>
<b>Quadro 5</b>	Resumo das medições do parâmetro PTS para o mês de novembro de 2021 _____	<b>21</b>
<b>Quadro 6</b>	Descrição dos tipos de emissões veiculares _____	<b>24</b>

# 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.

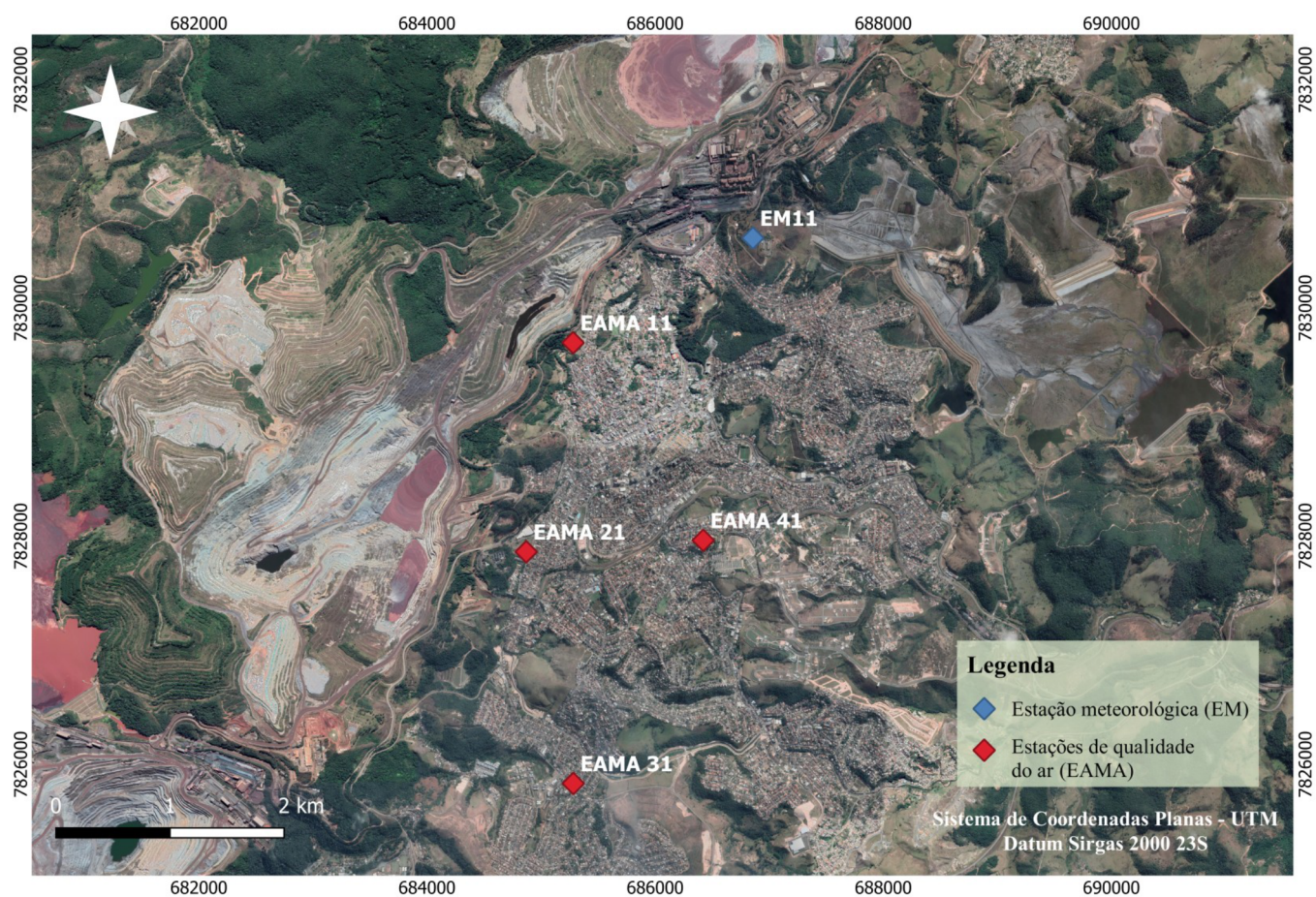
Figura 1. Estações Automáticas de Monitoramento do Ar (EAMA) em Itabira



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.

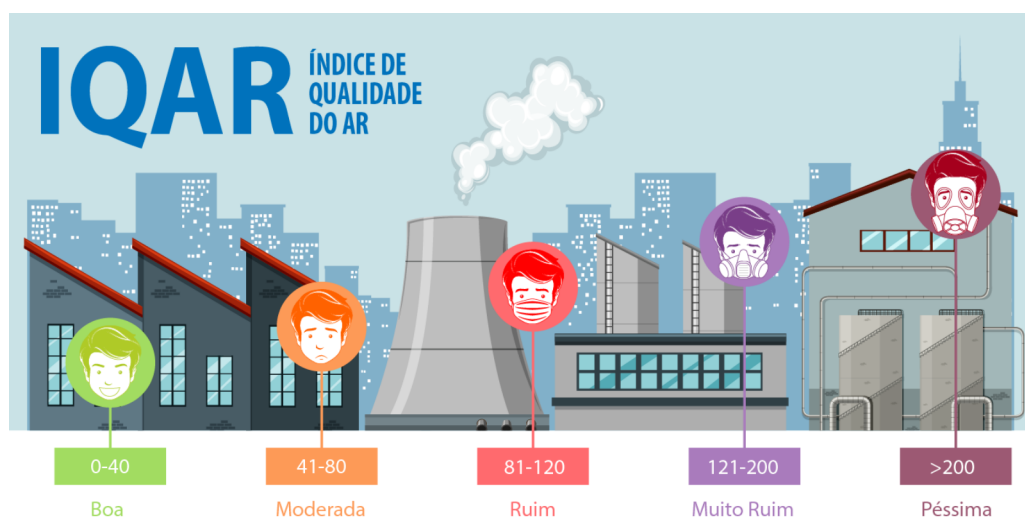


Figura 3. Classificação do Índice de Qualidade do Ar (IQAR).

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 novembro 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.

Sendo assim, durante o mês de novembro 82,27% das concentrações de poluentes indicaram uma qualidade do ar **BOA**, 0,18% **MODERADA**, e 17,55% dos dados não tiveram representatividade mensal.

Quadro 1. Quadro resumo de IQAR.

Quadro Resumo IQAR		
Índice	Qualidade	Resumo do Período (%)
0 - 40	N1 Boa	82,27
41 - 80	N2 Moderada	0,18
81 - 120	N3 Ruim	0,0
121 - 200	N4 Muito Ruim	0,0
> 200	N5 Péssima	0,0
Sem representatividade mensal		17,55

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
<b>N1 Boa</b>	<b>0 - 40</b>	-
<b>N2 Moderada</b>	<b>41 - 80</b>	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.
<b>N3 Ruim</b>	<b>81 - 120</b>	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.
<b>N4 Muito Ruim</b>	<b>121 - 200</b>	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).
<b>N5 Péssima</b>	<b>&gt; 200</b>	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

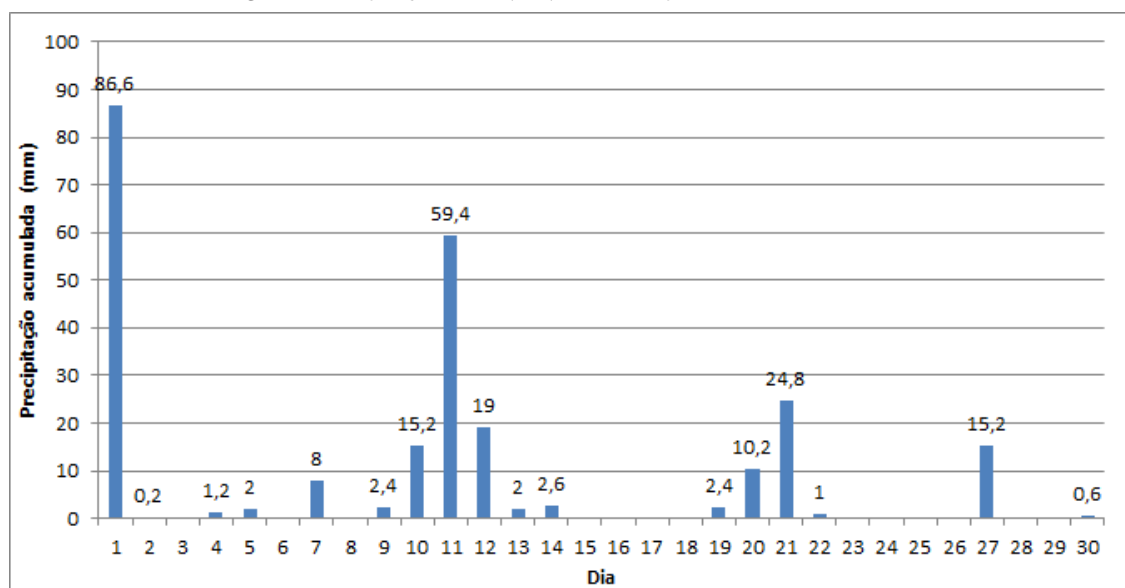
Fonte: Cetesb.



# CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

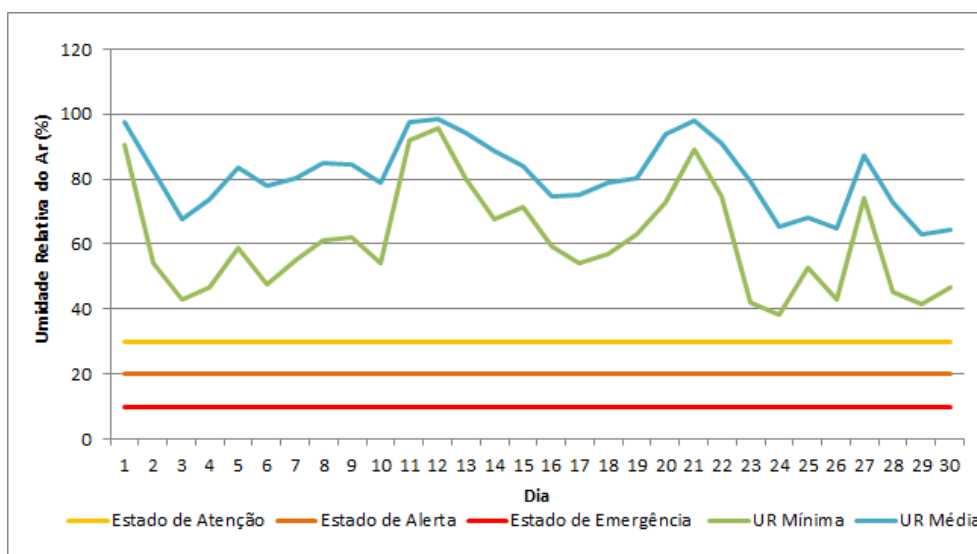
A Figura 4 apresenta a precipitação diária em Itabira para o mês de novembro por meio dos dados da estação meteorológica da rede de monitoramento da qualidade do ar (EM11). O total acumulado de chuva neste período foi de 252,8 mm. A temperatura média para o mês foi de 21,1°C e a velocidade média do vento foi igual a 2,4 m/s.

Figura 4. Precipitação diária (mm) em Itabira para o mês de novembro.



A umidade relativa do ar média foi de 81% e a variação diária está representada na Figura 5, onde se pode verificar que o menor valor da umidade relativa (UR) mínima diária em todo o período ocorreu no dia 24/11 (38,2%), valor fora das faixas críticas consideradas pela Organização Mundial da Saúde. Salienta-se que, quanto menor o valor de umidade relativa, pior a qualidade do ar.

Figura 5. Umidade relativa (mm) em Itabira para o mês de novembro.

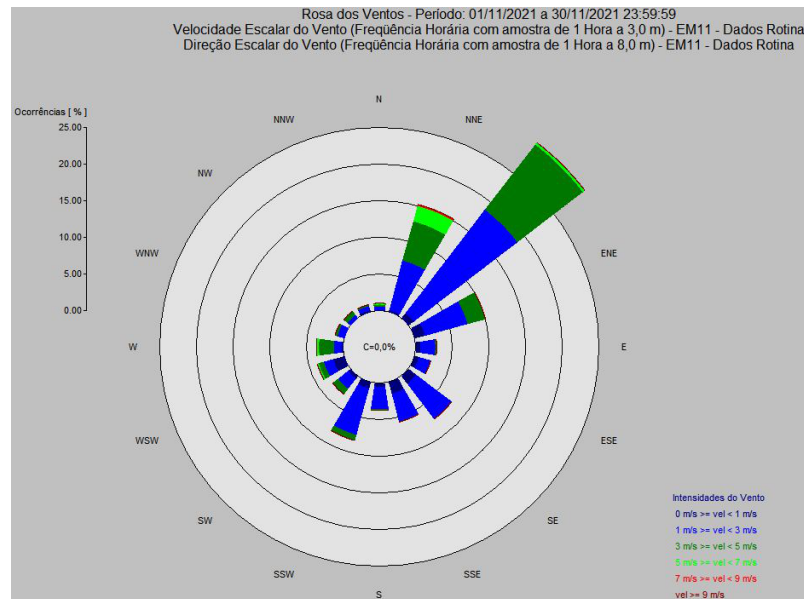


A partir dos dados horários de direção e velocidade escalar do vento, obtidos por meio da EM11, é possível obter o mapa da rosa dos ventos que apresenta a direção predominante do vento em Itabira para o mês de novembro (Figura 6).

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: lés-nordeste - entre o leste (E) e o nordeste (NE); ESE: lés-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 6, as direções predominantes dos ventos neste período, foram de nordeste (principalmente), nor-nordeste e lés-nordeste. Para o mês de novembro, a estação meteorológica EM11 registrou velocidades horárias do vento variando entre 0,4 e 7,3 m/s.

Figura 6. Rosa dos ventos em Itabira para o mês de novembro.



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

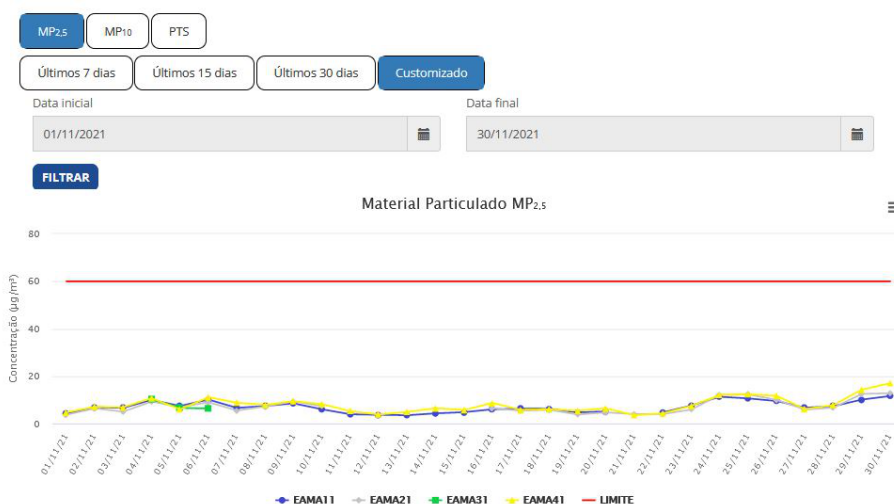
O parâmetro MP<sub>2,5</sub> apresentou valor máximo de 17,0 µg/m<sup>3</sup> no dia 30/11 na EAMA41 e valor mínimo de 3,5 µg/m<sup>3</sup>, nas estações EAMA11 (13/11) e EAMA41 (21/11). No Quadro 3 apresenta-se um resumo dos valores das medições para o parâmetro MP<sub>2,5</sub> no período analisado.

Quadro 3. Resumo das medições do parâmetro MP<sub>2,5</sub> para o mês de novembro 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 Chacrinha	60	3,5	13/11	11,6	30/11	6,9
EAMA21 Areão		3,7	01/11; 12/11	12,8	30/11	7,1
EAMA31 João XXIII		6,3	06/11	10,3	04/11	7,7
EAMA41 PREMEN		3,5	21/11	17,0	30/11	7,9

A média da concentração diária de MP<sub>2,5</sub> durante o mês de novembro é apresentada na Figura 7. As concentrações se mantiveram abaixo de 20 µg/m<sup>3</sup> em todas as estações, uma vez que neste período a umidade relativa se manteve elevada e houve precipitação em 57% dos dias deste mês.

Figura 7. Concentração (µg/m<sup>3</sup>) do MP<sub>2,5</sub> para as 4 estações de monitoramento em Itabira no período de 1 a 31 de novembro de 2021.



Nas figuras a seguir (Figs. 8 a 11) são apresentadas as rosas de poluentes para o parâmetro MP<sub>2,5</sub> considerando os dados de direção e velocidade escalar do vento registrados em cada estação de monitoramento da qualidade do ar. Pode-se verificar que as maiores concentrações de MP<sub>2,5</sub> durante o mês de novembro estiveram associadas principalmente às direções de leste (E) a sul-sudoeste (SSW) na EAMA11, de sudeste (SE) a oeste (W) na EAMA21, sul-sudoeste (SSW) na EAMA31 e lé-s-sudeste (ESE) e de sul-sudeste (SSE) a sudoeste (SW) na EAMA41.



Figura 8. Rosa de poluentes para o MP<sub>2,5</sub> na EAMA11 em novembro.

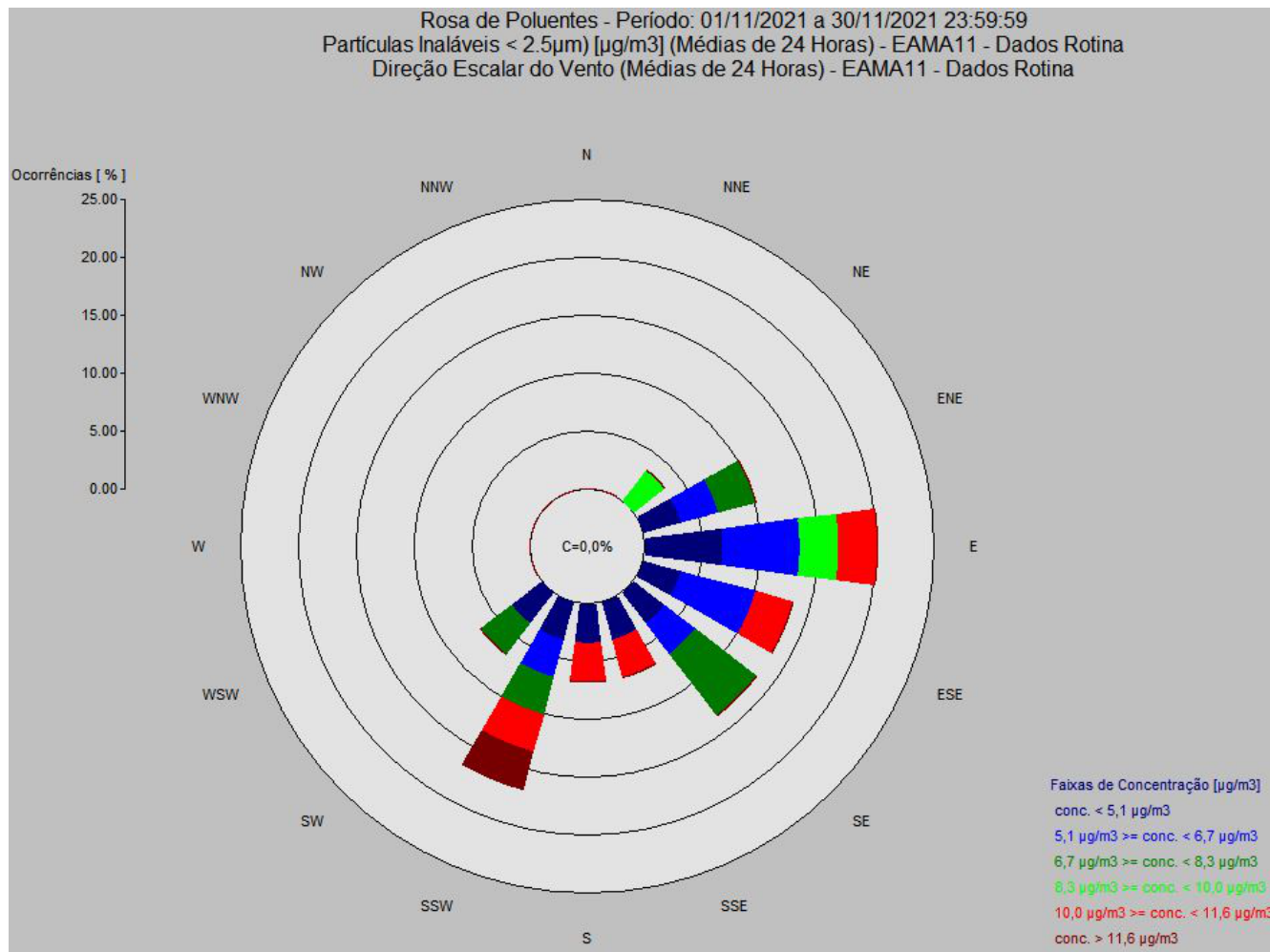


Figura 9. Rosa de poluentes para o MP<sub>2,5</sub> na EAMA21 em novembro.

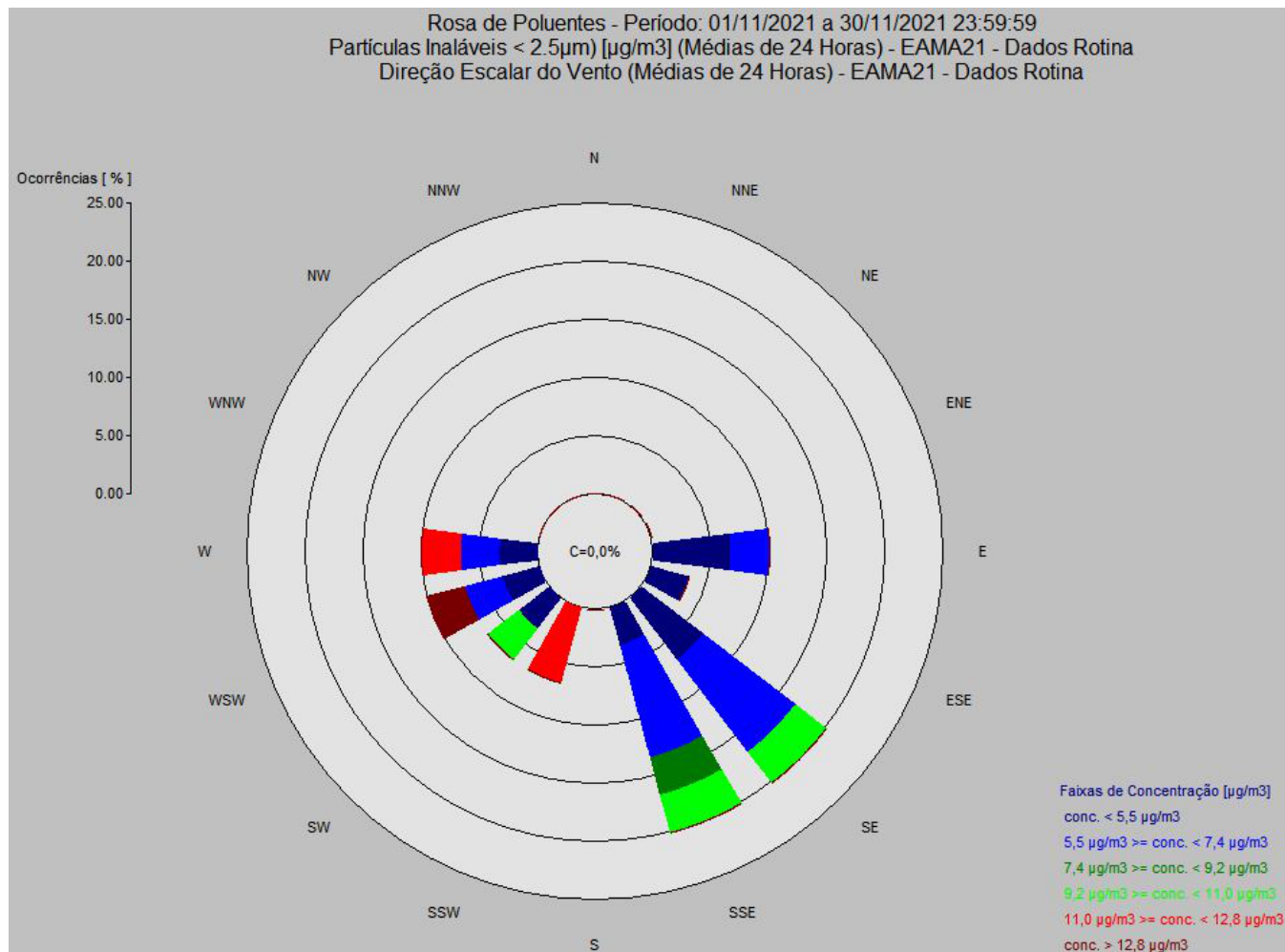


Figura 10. Rosa de poluentes para o MP<sub>2.5</sub> na EAMA31 em novembro.

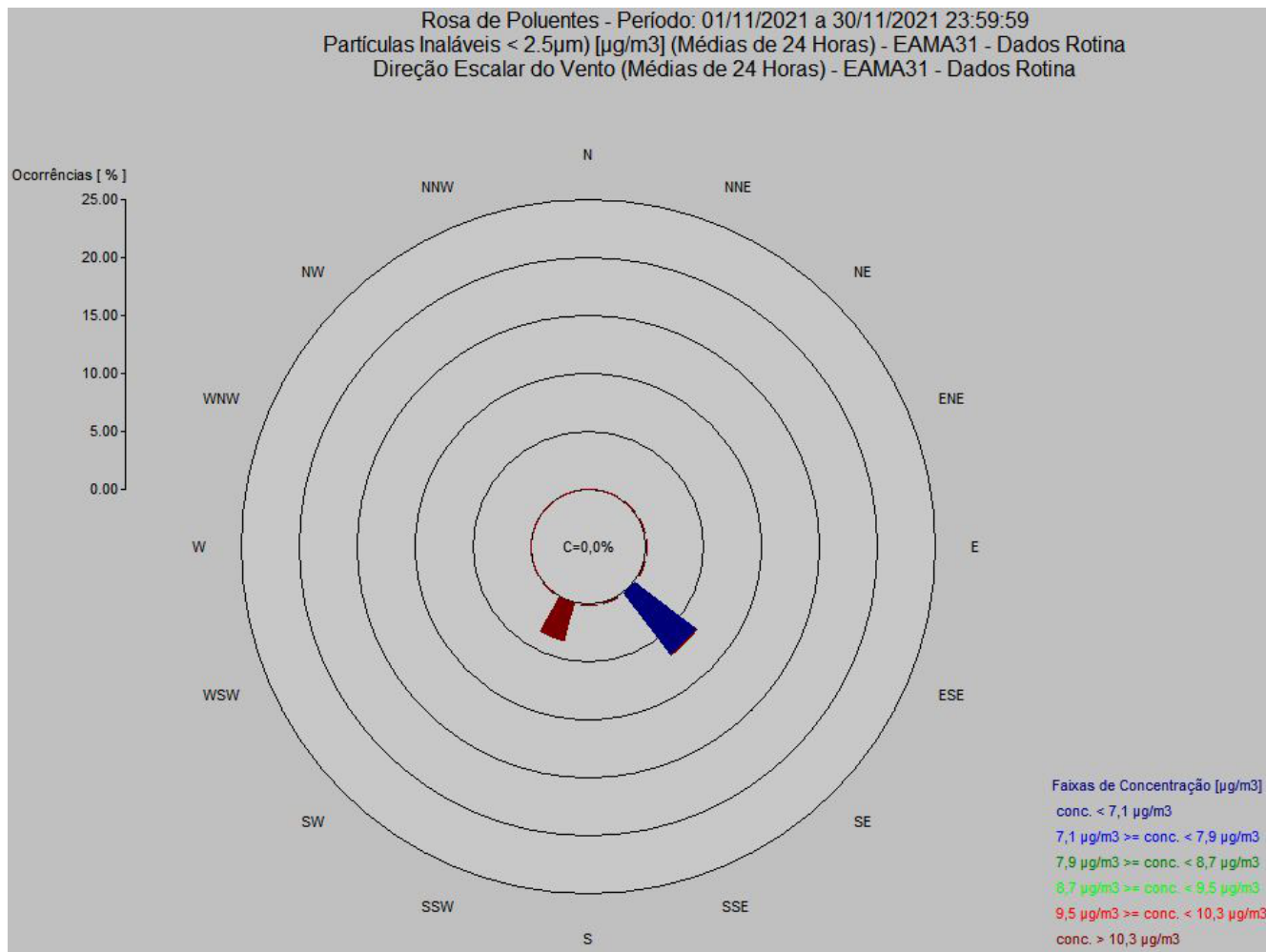
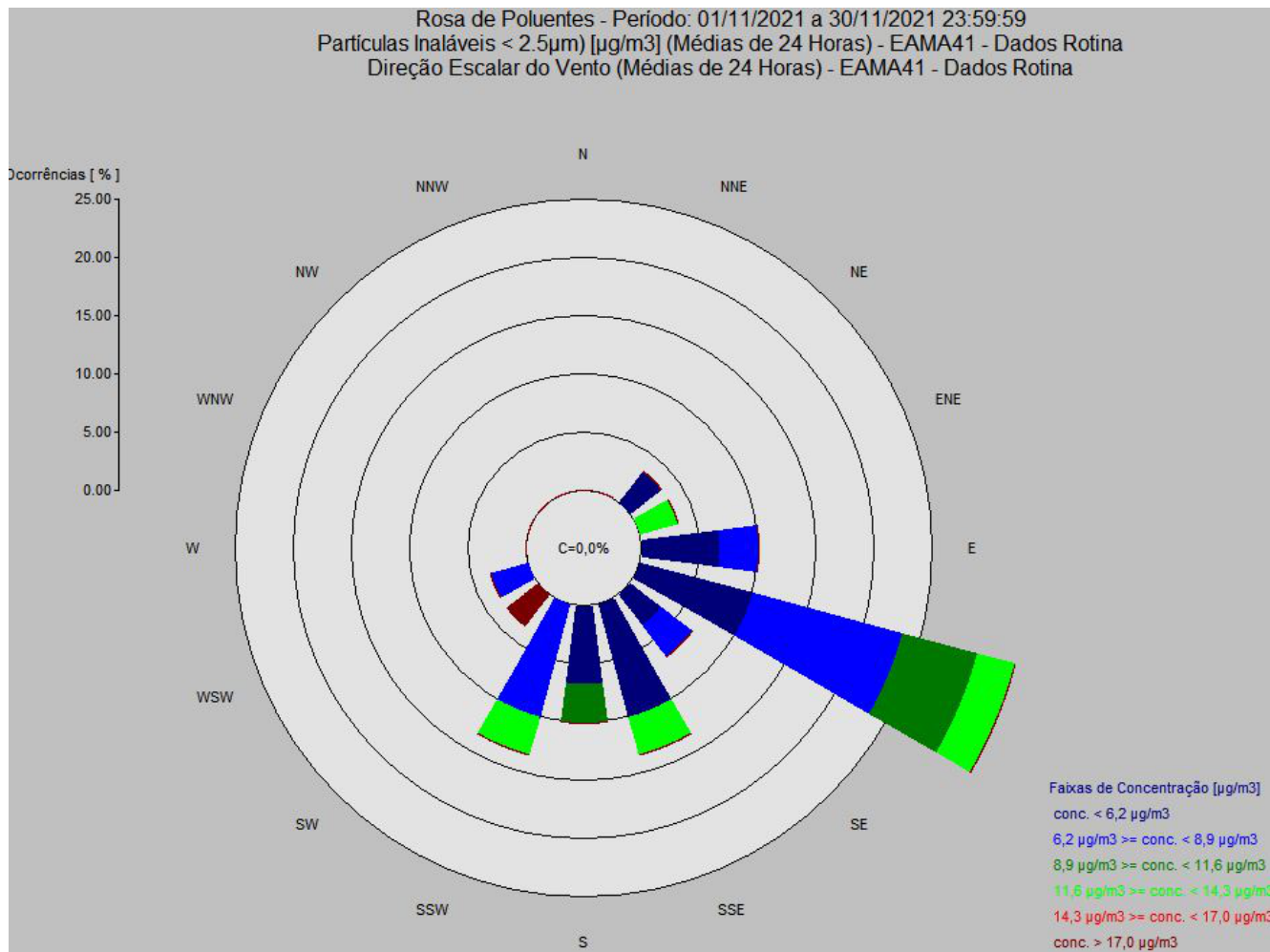


Figura 11. Rosa de poluentes para o MP<sub>2,5</sub> na EAMA41 em novembro.





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

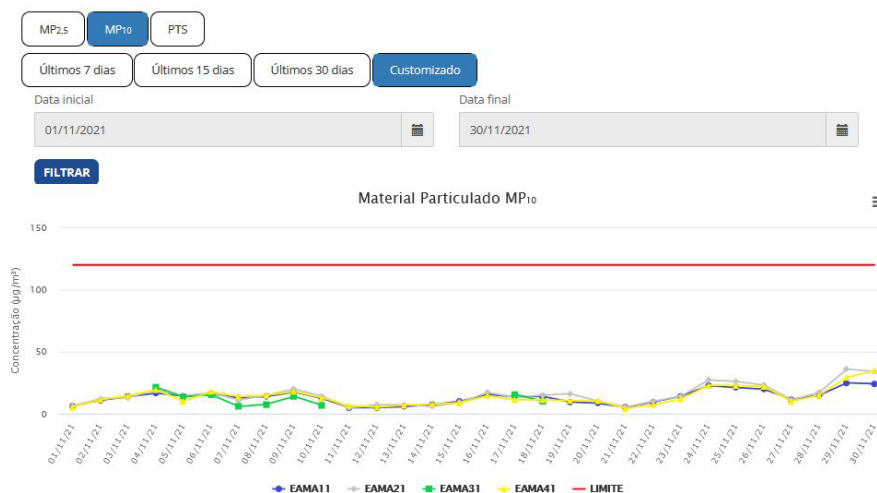
No mês de novembro de 2021, o parâmetro MP<sub>10</sub> apresentou maior registro na EAMA21, sendo o pico observado de 36,0 µg/m<sup>3</sup> no dia 29/11. Já a menor concentração para o período foi registrada na EAMA41, sendo igual a 4,3 µg/m<sup>3</sup> no dia 21/11.

Quadro 4. Resumo das medições do parâmetro MP<sub>10</sub> para o mês de novembro 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 Chacrinha	120	4,9	12/11	24,9	29/11	13,2
EAMA21 Areão		4,8	11/11	36,0	29/11	15,1
EAMA31 João XXIII		5,8	07/11	21,4	04/11	13,0
EAMA41 PREMEN		4,3	21/11	34,7	30/11	13,7

A concentração diária de MP<sub>10</sub> durante o mês de novembro é apresentada na Figura 12. As concentrações se mantiveram abaixo de 50 µg/m<sup>3</sup> em todas as estações, uma vez que, conforme mencionado anteriormente, as condições meteorológicas foram favoráveis à deposição destes poluentes.

Figura 12. Concentração (µg/m<sup>3</sup>) do MP<sub>10</sub> para as 4 estações de monitoramento em Itabira no período de 1 a 31 de novembro de 2021.



## ANÁLISE DOS POLUENTES MONITORADOS - PTS

O parâmetro PTS apresentou valor máximo de 92,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  no dia 29/11 na EAMA31, localizada no bairro João XXIII, e valor mínimo de 3,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na EAMA11, localizada no bairro Vila Paciência, no dia 12/11 (Quadro 5).

Quadro 5. Resumo das medições do parâmetro PTS para o mês de novembro 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 Chacrinha	240	3,4	12/11	58,1	29/11	23,5
EAMA21 Areão		6,6	21/11	80,0	29/11	28,9
EAMA31 João XXIII		6,8	21/11	92,2	29/11	38,9
EAMA41 PREMEN		3,9	11/11	76,4	29/11	23,2

Na Figura 13 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.

Figura 13. Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) do PTS para as 4 estações de monitoramento em Itabira no período de 1 a 31 de novembro de 2021.



# INFORMAÇÕES ADICIONAIS

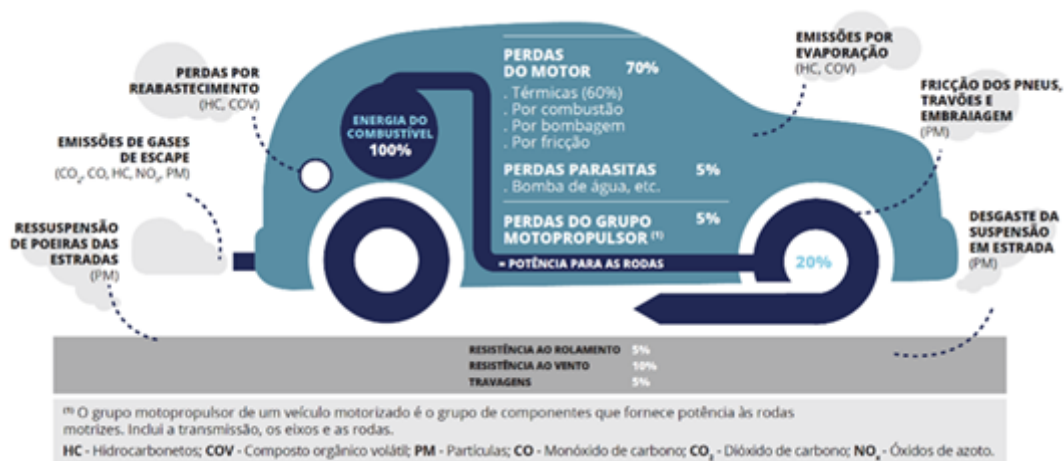
## Emissões Veiculares

Nas áreas urbanas, a principal fonte de poluição do ar são as fontes veiculares, principalmente devido à queima de combustíveis como o etanol, o gasohol (mistura de gasolina e etanol) e o diesel. A queima parcial dos combustíveis fósseis gera emissão de poluentes e os efeitos nocivos ao meio ambiente e à saúde dependem da concentração de poluentes aos quais os seres humanos estão expostos.

Segundo dados do Ministério da Infraestrutura, a frota nacional brasileira de veículos rodoviários era de, aproximadamente, 107 milhões de veículos em 2020. Dentre estes, 54% correspondem aos automóveis, 27% são motocicletas, 18% são caminhões de diferentes tamanhos e 1% são ônibus. A frota da região Sudeste corresponde a 48% da frota nacional e o Estado de Minas Gerais representa 23% da frota da região Sudeste. A cidade de Itabira possui 64.476 veículos, sendo que 58% são automóveis, 23% são motocicletas, 17% correspondem aos caminhões e 2% são ônibus (Ministério da Infraestrutura, 2021).

Os veículos rodoviários emitem diferentes poluentes em maior ou menor quantidade, como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), aldeídos (RCHO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e o material particulado (MP). O ozônio (O<sub>3</sub>), um poluente secundário, é resultado de reações químicas complexas que acontecem entre o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e os compostos orgânicos voláteis (COV) na presença de radiação solar. As partículas emitidas por veículos podem originar-se das emissões de escape (exaustão) e não-escape (não exaustão). A figura 14 ilustra os tipos de emissões veiculares.

Figura 14. Tipos de emissões veiculares.



\*Legenda: Embraiagem é Embreagem em português de Portugal; Travões são travas e freio; "Parasitas" são outros componentes dos veículos.  
Fonte: Adaptado de EEA Report – Explaining road of transport emissions – a non-technical guide (2016).

As emissões de não exaustão incluem partículas geradas por frenagem e desgaste de pneus, abrasão de superfícies das vias, desgaste e abrasão de outros componentes veiculares como a embreagem e a ressuspensão de partículas nas superfícies das vias (HETEM; ANDRADE, 2016). Reixes e Hausberg (2009) estimam que, aproximadamente, 90% das emissões derivadas de tráfego em rodovias sejam derivadas de emissões de não exaustão. O Quadro 6 apresenta a descrição dos tipos de emissões veiculares.

Quadro 6. Descrição dos tipos de emissões veiculares.

### Emissões por exaustão

Oriundas diretamente dos escapamentos dos veículos, provenientes do processo de queima dos combustíveis, como gasolina, diesel, gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural veicular (GNV) em motores de combustão interna. Esse tipo de emissão ocorre quando a mistura de ar/combustível é queimada por uma faísca (motores por ignição) ou pode inflamar-se espontaneamente quando comprimida (motores por compressão).

### Emissões evaporativas

Correspondem às emissões de hidrocarbonetos voláteis que emanam dos sistemas de combustível (tanques, sistemas de injeção e linhas de combustível) dos automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina e etanol hidratado. As emissões por evaporação dos veículos a diesel são consideradas insignificantes devido à presença de hidrocarbonetos mais pesados e a pressão de vapor relativamente baixa de combustível para motores do ciclo diesel.

### Emissões por desgastes de freios, pneus e das pistas

Provenientes de processos mecânicos de abrasão e não dos processos de combustão. As partículas são produzidas como resultado da interação entre os pneus de um veículo e a superfície da via, e também quando os freios são aplicados para desacelerar o veículo.

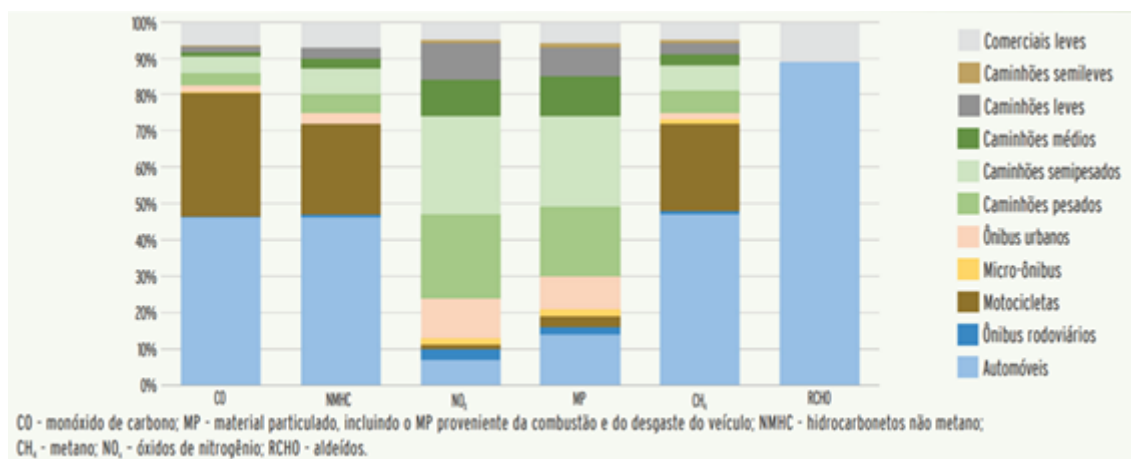
### Emissões por ressuspensão

Originam-se a partir do material solto presente na via de tráfego (carga de superfície). Em vias não pavimentadas, a própria composição da via já se comporta como a carga de superfície, passível de ser ressuspensa para atmosfera. Já nas vias pavimentadas, a carga de superfície é abastecida por derramamento de material trazido de vias não pavimentadas, áreas de armazenamento de materiais, ou alimentada por outras fontes poluidoras.

Fonte: Adaptado de USEPA (2011).

A contribuição de cada categoria de veículo, combinado ao tipo de combustível, é diferente em termos de emissões atmosféricas. Em torno de 47% da emissão de CO, por exemplo, corresponde às emissões provenientes dos automóveis e 33% são oriundos das motocicletas, semelhante ao que ocorre com os hidrocarbonetos não metanos (NMHC) (47% das emissões de NMHC são atribuídas aos automóveis e 23% às motocicletas). No caso do MP, os responsáveis pelas maiores emissões de poluentes são os automóveis (14%), os ônibus (urbano, micro-ônibus, rodoviário) (12%), caminhões pesados (19%), caminhões semipesados (23%) e caminhões médios (11%). No caso do NOx, os caminhões são os responsáveis pela maior parte das emissões, sendo 23% atribuídos aos caminhões pesados, 24% aos caminhões semipesados, 10% aos caminhões médios e leves. Já a maioria das emissões de CH<sub>4</sub> está associada aos automóveis (48%) e às motocicletas (23%). Os aldeídos (RCHO) são provenientes dos automóveis (89%) e veículos comerciais leves (11%) (CNT, 2021). A figura 15 ilustra essa contribuição relativa das categorias de veículos nas emissões de poluentes.

Figura 15. Contribuição relativa de cada categoria de veículos nas emissões de poluentes.



Fonte: CNT, 2021.

O crescimento da frota, associado ao consumo de combustível, aumenta as emissões veiculares e, conseqüentemente, deteriora a qualidade do ar das cidades. Além disso, as tecnologias existentes dos motores à combustão, a queima incompleta do combustível e os ciclos de condução realizados pelos motoristas também colaboram para o aumento das emissões veiculares. Os efeitos causados à saúde são, predominantemente, relacionados aos sistemas respiratórios e cardiovasculares e a sensibilidade está associada às condições individuais de saúde e faixa etária, embora toda a população seja afetada (POPE III et al., 2002; IEMA, 2013; NASCIMENTO, 2017). As partículas finas, devido ao seu tamanho diminuto, podem atingir os alvéolos pulmonares. Já as partículas grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório (CETESB, 2015), causando diferentes doenças na população atingida. A figura 16 mostra um resumo dos efeitos dos principais poluentes atmosféricos do transporte na saúde das pessoas e no meio ambiente.



Figura 16. Efeitos dos Principais Poluentes Atmosféricos do Transporte.

Poluentes	Principais fontes	Características	Efeitos	
			Saúde humana	Meio ambiente
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Resultado da queima de combustíveis e de processos industriais.	Gás incolor, inodoro e tóxico.	Provoca confusão mental, prejuízo dos reflexos, inconsciência, paralisia das funções cerebrais.	Causam o aquecimento global por serem gases de efeito estufa.
Metano (CH <sub>4</sub> )	Resultado da queima de combustíveis, além de atividades agrícolas, pecuária, aterros sanitários e processos industriais.	Gás tóxico, incolor, inodoro. Explosivo ao adicionar a água.	Causa asfixia ao ser inalado. Causa ainda paralisia cardíaca, inconsciência e danos no sistema nervoso central.	
Monóxido de carbono (CO)	Resultado da queima de combustíveis e de processos industriais.	Gás incolor, inodoro e tóxico.	Diminui a capacidade do sangue para transportar oxigênio. Em grandes quantidades, pode levar à morte.	Participam de reações químicas na atmosfera, contribuindo para a formação do poluente ozônio (O <sub>3</sub> ) e, indiretamente, para o aquecimento global.
Aldeídos (RCHO)	Resultado da queima de combustíveis sobretudo de motores a etanol e de processos industriais.	Composto por aldeídos, cetonas e outros hidrocarbonetos leves.	Causa irritação das mucosas, vômitos e perda de consciência. Aumenta a sensibilidade da pele. Causa lesões no estômago, fígado e trato gastrointestinal.	
Óxidos de nitrogênio (NO <sub>x</sub> )	Formados por fontes naturais (ex: ações bacterianas e descargas elétricas) e por meio da queima de biomassa e combustíveis fósseis.	Entre os dióxidos de nitrogênio mais conhecidos, estão o dióxido nítrico (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO <sub>2</sub> ) e o dióxido nítrico (N <sub>2</sub> O). O NO é um gás incolor, inodoro e encontrado também no organismo humano. O NO <sub>2</sub> é um gás de cor castanho avermelhada, tóxico e irritante. O N <sub>2</sub> O é um gás incolor, inodoro e conhecido como gás do riso.	O NO <sub>2</sub> provoca irritação nos pulmões. É capaz de provocar infecções respiratórias quando em contato constante.	Na atmosfera, o NO reage com outras substâncias, como o oxigênio, formando o NO <sub>2</sub> , que, em contato com a umidade do ar, forma ácidos causadores da chuva ácida. O N <sub>2</sub> O faz parte dos gases de efeito estufa, que causam o aquecimento global.
Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> )	Formado por fontes naturais (ex: vulcões) e por meio da queima de combustíveis e de processos industriais.	Gás denso, incolor, não-inflamável e altamente tóxico.	Provoca irritação e aumento na produção de muco, desconforto na respiração e agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares.	Em contato com a umidade do ar, forma ácidos causadores da chuva ácida. Além disso, contribui para a formação de material particulado (MP), outro tipo de poluente atmosférico.
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Poluente secundário, resultado de reações químicas em presença da radiação solar. Os hidrocarbonetos não metano (HNM) são precursores do ozônio troposférico.	Gás azulado à temperatura ambiente, instável, altamente reativo e oxidante.	Provoca problemas respiratórios, irritação nos olhos, nariz e garganta.	Causa destruição de bioma e afeta o desenvolvimento de plantas e animais, devido a sua natureza corrosiva.
Material particulado (MP)	Resultado da queima incompleta de combustíveis e de seus aditivos, de processos industriais e do desgaste de pneus e freios.	Material escuro, composto de partículas de diferentes dimensões. Sua ocorrência está relacionada à queima do diesel.	Causa irritação no nariz e na garganta. Está relacionado a doenças respiratórias e, em casos mais graves, ao câncer de pulmão.	Altera o pH, os níveis de pigmentação e a fotossíntese das plantas.

<sup>a</sup> Processos industriais: processos químicos ou mecânicos que fazem parte da fabricação de um ou vários itens, usualmente em grande escala.

Fonte: CNT, 2021.

Os impactos negativos na qualidade do ar das cidades, em função do crescimento da frota, levaram o governo nacional a desenvolver diferentes ações que contribuíssem para minimizá-los. Os programas nacionais como o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), criado por meio da Resolução CONAMA no 18 /1986 (BRASIL, 1986), que definiu os primeiros limites de emissão para veículos leves; o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) instituído pela Resolução no 05/1989 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 1989); e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Similares (PROMOT), criado por meio da Resolução CONAMA no 297/2002 (BRASIL, 2002), são exemplos de ações tomadas para reduzir as emissões veiculares e melhorar a qualidade do ar, principalmente nas cidades. Os limites máximos de emissões veiculares permitidos são estabelecidos por meio de diretrizes, prazos, padrões legais de emissão admissíveis para diferentes categorias de veículos nacionais e importados.

Em função da diversidade da frota de veículos, do uso de diferentes tipos de combustíveis, das variadas tecnologias para controle das emissões e dos impactos dos veículos rodoviários na qualidade do ar das cidades, é preciso a contribuição de todos na elaboração de planos de ação que minimizem os impactos negativos das emissões veiculares. Os planos passam pela implantação de programas como o PROCONVE, aumento do uso de biocombustíveis, desenvolvimento do sistema de transporte público baseado em fontes de energia limpa e pelo incentivo ao transporte ativo (a pé e por bicicletas).

BRASIL. Resolução nº. 18 de 06 de maio de 1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. Brasília: CONAMA, 1986.

BRASIL. Resolução nº. 05 de 15 de junho de 1989 do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR. Brasília: CONAMA, 1989.

BRASIL. Resolução nº. 297 de 26 de fevereiro de 2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos. Brasília: CONAMA, 2002.

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

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Emissões veiculares do Estado de São Paulo - 2015. AMBIENTE, S. D. M. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 1: 214 p. 2016.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. Boletim Ambiental. Novembro, 2021. Disponível em <<http://cmsdespoluir.cnt.org.br/Documents/Site%20Novo/Boletins/Boletim%20Ambiental%20Outubro%202021.pdf>. Acesso em Nov.2021.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). EEA Report – Explaining road of transport emissions – a non-technical guide (2016). Disponível em <<https://www.eea.europa.eu/pt/pressroom/infografia/emissoes-e-eficiencia-dos-veiculos/view>. Acesso em Nov. 2021.

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)..

HETEM, I. G. ; ANDRADE, M. F. . Characterization of Fine Particulate Matter Emitted from the Resuspension of Road and Pavement Dust in the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil. Atmosphere , v. 7, p. 31, 2016.

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo. Relatório Anual de Qualidade do Ar RMGV – Ano 2013. Disponível em <[http://www.meioambiente.es.gov.br/download/Relat%C3%B3rio\\_Anual\\_de\\_Qualidade\\_do\\_Ar\\_2013.pdf](http://www.meioambiente.es.gov.br/download/Relat%C3%B3rio_Anual_de_Qualidade_do_Ar_2013.pdf)>. Acesso em julho 2017.

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

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. 2021. Frota de Veículos – 2020. Disponível em <>. Acesso em Nov. 2021.

NASCIMENTO, A. P.; SANTOS, J. M.; MILL, J. G.; SOUZA, J. B. de; JÚNIOR, N. C. R.; REISEN, V. A. Associação entre concentração de partículas finas na atmosfera e doenças respiratórias agudas em crianças. Revista de Saúde Pública, v. 51, p. 1-10, 2017.

POPE III, C. A.; BURNETT, R. T.; THUN, M. J.; CALLE, E. E.; KREWSKI, D.; ITO, K.; THURSTON, G. D. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. Journal of the American Medical Association, v. 287, p. 1132-1141, 2002.

REXEIS, M.; HAUSBERGER, S. Trend of vehicle emission levels until 2020 – Prognosis based on current vehicle measurements and future emission legislation. Atmospheric Environment, Kidlington, Elsevier, v.43, n.31, oct., p.4689-4698, 2009.

RIBEIRO, L. M. et al. Briófitas como Bioindicadores da Qualidade do Ar no Parque Nacional Serra dos Órgãos, Teresópolis, RJ, Brasil. In: 6º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade (20 a 23 de junho 2017).

SANTOS, Rosiane Kátia dos. et al. Líquens utilizados como bioindicadores da qualidade do ar do município minerador de Itabira. Research, Society and Development, v. 7, n. 12, p. 01-18, e4712480, 2018.

USEPA – UNITES STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I: stationary Point and Area Sources, AP42, Fifth Edition. Chapter 13: Miscellaneous Sources. 13.2.1 Paved Roads, Research Triangle Park, NC. January 2011. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0201.pdf>> Acesso em junho de 2017.