

CONCENTRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO E CARBONO ELEMENTAR  
NO MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL FINO (MP<sub>2,5</sub>) NA ATMOSFERA DA  
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO



Governo do Estado de São Paulo  
Tarcísio de Freitas - Governador do Estado de São Paulo

Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística  
Natália Resende - Secretária de Estado

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
Thomaz Miazaki de Toledo - Diretor-Presidente

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Diretoria de Gestão Corporativa

Liv Nakashima Costa - Diretora

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental

Adriano Rafael Arrepi de Queiroz - Diretor

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

Carolina Fiorillo Mariani - Diretora

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental

Mayla Matsuzaki Fukushima - Diretora



**SÃO PAULO**  
GOVERNO DO ESTADO  
SÃO PAULO SÃO TODOS

CONCENTRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO E CARBONO  
ELEMENTAR NO MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL FINO (MP<sub>2,5</sub>)  
NA ATMOSFERA DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA  
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

## Dados Internacionais de Catalogação

(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

**C418c**      **CETESB (São Paulo)**  
Concentrações de carbono orgânico e carbono elementar no material particulado inalável fino (MP 2,5) na atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo [recurso eletrônico] / CETESB ; Elaboração Cristiane F. Fernandes Lopes ; Equipe de trabalho Daniele P.R. de Carvalho ... [et al.]. -- São Paulo : CETESB, 2023.  
1 arquivo de texto (41 p.) : il. color., PDF ; 4 MB

Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>.  
ISBN 978-65-5577-078-0

1. Ar - qualidade - controle 2. Ar - poluição 3. Carbono 4. Material particulado 5. São Paulo (RMSP) I. Título.

CDD (21.ed. Esp.) 363.739 263 816 1      CDU (2.ed. Port.) 502.175:614.71/.72 (815.6)  
628.53 816 1      614.71:547-3 (815.6)

Catálogo na fonte: Hilda Andriani - CRB 8.1861  
Margot Terada - CRB 8.4422

Direitos reservados de distribuição e comercialização.  
Permitida a reprodução desde que citada a fonte.

© CETESB 2023.  
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345  
Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900

## Ficha Técnica

### **Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental**

Carolina Fiorillo Mariani

### **Departamento de Qualidade Ambiental**

Maria Helena R. B. Martins

### **Divisão de Qualidade do Ar**

Maria Lúcia Gonçalves Guardani

Setor de Amostragem e Análise do Ar

Cristiane F. Fernandes Lopes

### **Elaboração**

Cristiane F. Fernandes Lopes (**Coordenação Técnica**)

### **Equipe de Trabalho**

Daniele P. R. de Carvalho

Giacomo C. Grizzo Cuoco

Graziela Mônaco Locchi

Jesuíno Romano

Maria Cristina N. de Oliveira

Nelson Álamo Filho

Sheila de Castro

Viviane A. de Oliveira Ferreira

### **Capa**

Vera Severo

### **Produção Editorial e Distribuição**

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros

São Paulo - SP - Brasil - 05459-900

Telefone: +55 11 3133.3000

<http://www.cetesb.sp.gov.br>

### **© CETESB 2023**

Direitos reservados de distribuição

É permitida a reprodução total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte.



## Resumo

O material carbonáceo em ambientes urbanos e remotos é um dos mais importantes componentes do material particulado com diâmetro aerodinâmico de corte de  $2,5 \mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{2,5}$ ) e está relacionado com o impacto do aerossol na saúde, visibilidade e clima. A fração carbonácea do material particulado consiste em carbono elementar (C.E.) e carbono em uma variedade de compostos orgânicos (C.Org).

Os aerossóis de carbono orgânico formam-se durante a combustão incompleta, que representa a principal fonte primária de emissão. Também podem ser formados por meio de reações fotoquímicas entre compostos orgânicos voláteis e espécies oxidativas na atmosfera e subsequente conversão gás-partícula sendo denominado carbono orgânico secundário.

O carbono elementar tem uma estrutura similar ao grafite e é emitido diretamente para a atmosfera em processos de combustão, desta forma, possui apenas fontes primárias de emissão.

Os teores de carbonos orgânico e elementar, nas partículas inaláveis finas ( $\text{MP}_{2,5}$ ), foram medidos nas estações de Cerqueira César, Santo Amaro, Osasco, São Caetano do Sul e Santo André – Capuava, pertencentes a rede de avaliação da qualidade do ar da CETESB, nos anos de 2020 e 2021. As amostragens foram realizadas a cada seis dias durante 24 horas.

Foram realizadas análises de evolução das médias anuais, análises utilizando *boxplot*, correlação de dados diários obtidos entre as frações de carbono e com  $\text{MP}_{2,5}$ , razão entre C.Org e C.E., análise de médias mensais, variações de acordo com as estações do ano e comparação com dados de outras localidades.

Os resultados mostraram que as médias anuais de carbono orgânico foram maiores que as de carbono elementar, em todas as estações e que a porcentagem média de carbono total representa, no período monitorado, de 45 a 65% do material particulado fino ( $\text{MP}_{2,5}$ ) na RMSP. Em relação ao comportamento sazonal do C.Org e C.E. observou-se um aumento das concentrações de carbono orgânico nos meses de inverno e início da primavera enquanto o carbono elementar apresenta menor variação sazonal, com maior valor no mês de julho. As maiores razões C.Org/C.E. foram observadas na primavera, seguida do inverno, outono e as menores razões obtidas no verão.

Palavras chaves: Partículas Inaláveis Finas,  $\text{MP}_{2,5}$ , Carbono Orgânico, Carbono Elementar, Poluição do Ar, Qualidade do Ar, RMSP





## Listas de Ilustrações e Tabelas

### MAPA

Mapa 1 - Localização dos pontos de amostragem .....	14
---	----

### FIGURA

Figura 1 – Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de Cerqueira César.....	15
Figura 2 - Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de Santo Amaro.....	15
Figura 3 - Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de Santo André - Capuava. .....	16
Figura 4 - Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de São Caetano do Sul. ..	16
Figura 5 - Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de Osasco.....	17
Figura 6 - Analisador Termo-óptico de Carbono .....	19
Figura 7 - Termograma utilizando protocolo IMPROVE.....	19

### GRÁFICO

Gráfico 1 – Perfil das concentrações médias anuais de MP <sub>2,5</sub> , carbono orgânico e carbono elementar por estação. ....	20
Gráfico 2 – Porcentagem de Carbono total no MP <sub>2,5</sub> por estação. ....	21
Gráfico 3 – Diagrama de distribuição (Boxplot) dos dados de COrg. e C.E. por estação. ....	22
Gráfico 4 - Cerqueira César - Correlação entre MP <sub>2,5</sub> e carbono orgânico e MP <sub>2,5</sub> e carbono elementar no período de 2020 e 2021. ....	23
Gráfico 5 - Santo Amaro - Correlação entre MP <sub>2,5</sub> e carbono orgânico e MP <sub>2,5</sub> e carbono elementar no período de 2020 e 2021. ....	23
Gráfico 6 – São Caetano do Sul - Correlação entre MP <sub>2,5</sub> e carbono orgânico e MP <sub>2,5</sub> e carbono elementar no período de 2020 e 2021. ....	23
Gráfico 7 – Santo André – Capuava - Correlação entre MP <sub>2,5</sub> e carbono orgânico e MP <sub>2,5</sub> e carbono elementar no período de 2020 e 2021. ....	24
Gráfico 8 – Osasco - Correlação entre MP <sub>2,5</sub> e carbono orgânico e MP <sub>2,5</sub> e carbono elementar no período de 2020 e 2021.....	24
Gráfico 9 – Correlação entre carbono orgânico e elementar. ....	25
Gráfico 10 - Perfil das médias mensais de C.Org. e C.E., por estação, no período monitorado.....	27

### TABELA

Tabela 1 - Concentrações médias anuais de MP <sub>2,5</sub> , carbono orgânico, elementar e total. ....	20
Tabela 2 - Porcentagem de carbono orgânico (C. Org.), elementar (C.E,) e total (C.T.) no MP <sub>2,5</sub> , por estação.....	21

<b>Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) do MP<sub>2,5</sub> e frações de carbono .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabela 4 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) – 2020/2021 .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabela 5 - Razões médias de C.Org./C.E. e o desvio padrão obtido por estação do ano (2020/2021) .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabela 6 - Concentrações médias de C.Org, C.E. e C.T. obtidas em diferentes locais. ....</b>	<b>28</b>

## Lista de Abreviaturas e Siglas

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
C. E.	carbono elementar
C.Org.	carbono orgânico
COV	compostos orgânicos voláteis
C.T.	carbono total
HPA	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
MP	Material Particulado
N	número de dias com representação diária dos dados
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo

## Lista de Símbolos

°C	graus Celsius
MP <sub>2,5</sub>	partículas inaláveis finas
CO <sub>2</sub>	dióxido de carbono
CH <sub>4</sub>	metano
CuO	óxido de cobre
He	hélio
O <sub>2</sub>	oxigênio
µg	micrograma
µm	micrometro
µg/m <sup>3</sup>	micrograma por metro cúbico
L/min	litros por minuto
mm	milímetros
MnO <sub>2</sub>	óxido de manganês
cm <sup>2</sup>	centímetro quadrado
r	coeficiente de correlação

## Sumário

<b>1 Introdução .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Objetivo .....</b>	<b>13</b>
<b>3 Toxicidade.....</b>	<b>13</b>
<b>4 Amostragem e Análise.....</b>	<b>14</b>
<i>4.1 Coleta de Amostras.....</i>	<i>14</i>
4.1.2 Amostragem .....	17
4.1.3 Período e Duração da Amostragem.....	17
<i>4.2. Metodologia de Análise .....</i>	<i>18</i>
4.2.1. Gravimetria .....	18
4.2.2. Análise do material carbonáceo do aerossol .....	18
<b>5 Resultados e Discussão.....</b>	<b>20</b>
<b>6 Comparação com dados ambientais de outros locais .....</b>	<b>28</b>
<b>7 Conclusões .....</b>	<b>29</b>
<b>Referências .....</b>	<b>30</b>
<b>Apêndice .....</b>	<b>32</b>



## 1 Introdução

O material carbonáceo em ambientes urbanos e remotos é um dos mais importantes componentes do material particulado com diâmetro aerodinâmico de corte de 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{2,5}$ ) e está relacionado com o impacto do aerossol na saúde, visibilidade e clima. A fração carbonácea do material particulado consiste em carbono elementar (C.E.) e carbono em um variedade de compostos orgânicos (C.Org).

Os aerossóis de carbono orgânico formam-se durante a combustão incompleta, que representa a principal fonte primária de emissão. Também podem ser formados por meio de reações fotoquímicas entre compostos orgânicos voláteis e espécies oxidativas na atmosfera e subsequente conversão gás-partícula, sendo denominado carbono orgânico secundário (SAMARA, 2014).

O carbono elementar tem estrutura similar ao grafite e é emitido diretamente para a atmosfera em processos de combustão (WANG, 2019) e desta forma, possui apenas fontes primárias de emissão.

No primeiro levantamento e estudo do material carbonáceo na Região Metropolitana de São Paulo, realizado pela CETESB, em 1986/87, constatou-se que o material carbonáceo era o principal componente do  $\text{MP}_{2,5}$  (CETESB, 1988). Estudo recente, realizado na atmosfera de São Paulo (Cerqueira César) avaliou a evolução do teor de material carbonáceo no  $\text{MP}_{2,5}$  de 2009 a 2016. Este estudo revelou que o  $\text{MP}_{2,5}$  apresentou uma tendência de queda ao longo dos anos, mas as concentrações de carbono mantiveram-se num patamar mais constante. (CETESB, 2021)

## 2 Objetivo

O objetivo deste estudo é avaliar as concentrações e o comportamento do material carbonáceo na fração fina do material particulado ( $\text{MP}_{2,5}$ ), na atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo, nas estações de Cerqueira César, Santo Amaro, Osasco, São Caetano do Sul e Santo André – Capuava, pertencentes a rede de avaliação da qualidade do ar da CETESB, em 2020 e 2021.

## 3 Toxicidade

A determinação do teor de material carbonáceo nas partículas inaláveis é importante do ponto de vista toxicológico. Em áreas urbanas, o carbono elementar é emitido principalmente por veículos a diesel (ESTADOS UNIDOS, 2002). A capacidade de adsorção destas partículas pode contribuir para que gases tóxicos a elas associados sejam levados aos pulmões podendo, ainda, atuar como catalisador na conversão de gases a aerossóis (WHO, 2005). Estudos recentes sugerem que a exposição à fumaça de diesel, que além de ser cancerígena, pode agravar a reação do corpo a alérgenos comuns, provocando um aumento significativo na resposta imunológica (IARC, 2012; SILVERMAN, 2018).

De maneira geral, os perfis de emissão de compostos orgânicos gasosos são diferentes para veículos a diesel e veículos do ciclo Otto (ignição por centelhamento). Os do ciclo Otto emitem mais hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e alcanos de baixo peso molecular. Os alcanos mais pesados ( $>\text{C}_{10}$ ) e os HPAs de elevado peso molecular são mais característicos das emissões de veículos a diesel. Alguns destes compostos que ficam adsorvidos no material particulado são carcinogênicos, a exemplo de alguns HPAs (ESTADOS UNIDOS, 2002).

## 4 Amostragem e Análise

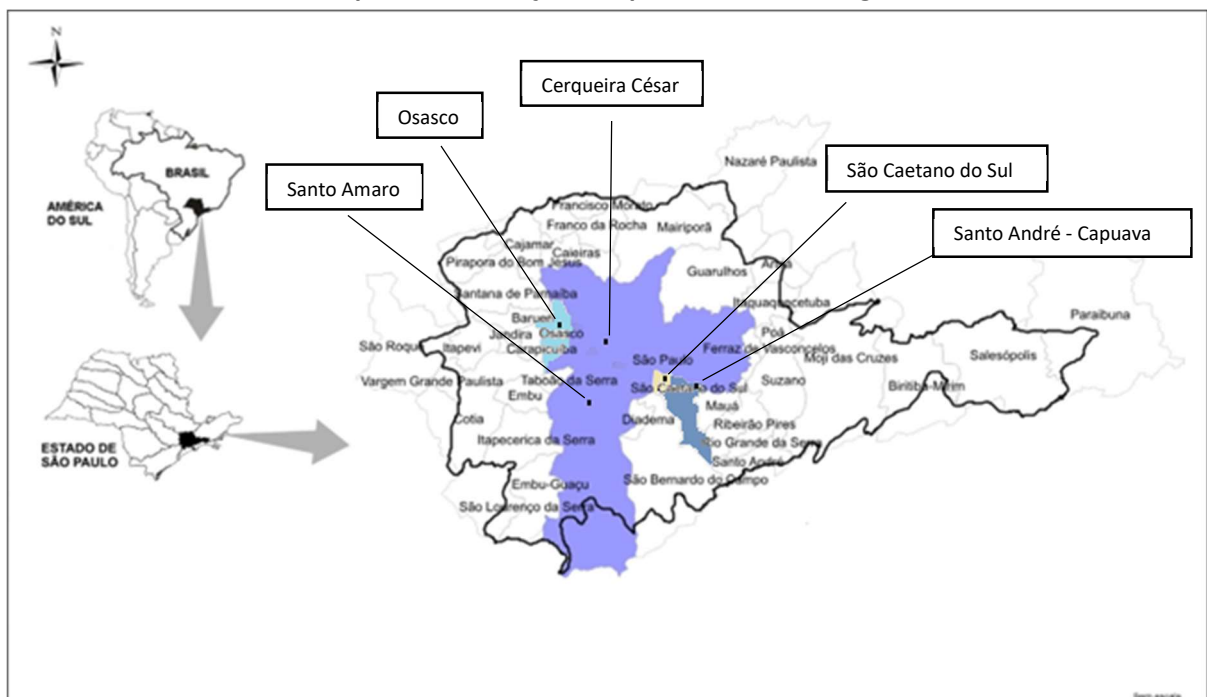
### 4.1 Coleta de Amostras

#### 4.1.1 Local de Amostragem

A localização dos pontos de amostragem na Região Metropolitana de São Paulo é apresentada no **Mapa 1**.

As concentrações de poluentes observados em uma determinada estação de amostragem dependem de uma série de fatores relativos à localização desta estação e das fontes de emissão que a influenciam. A escala espacial de representatividade da estação define a área de abrangência em que os níveis de concentração e os valores medidos na estação podem ser considerados similares (CETESB, 2014)

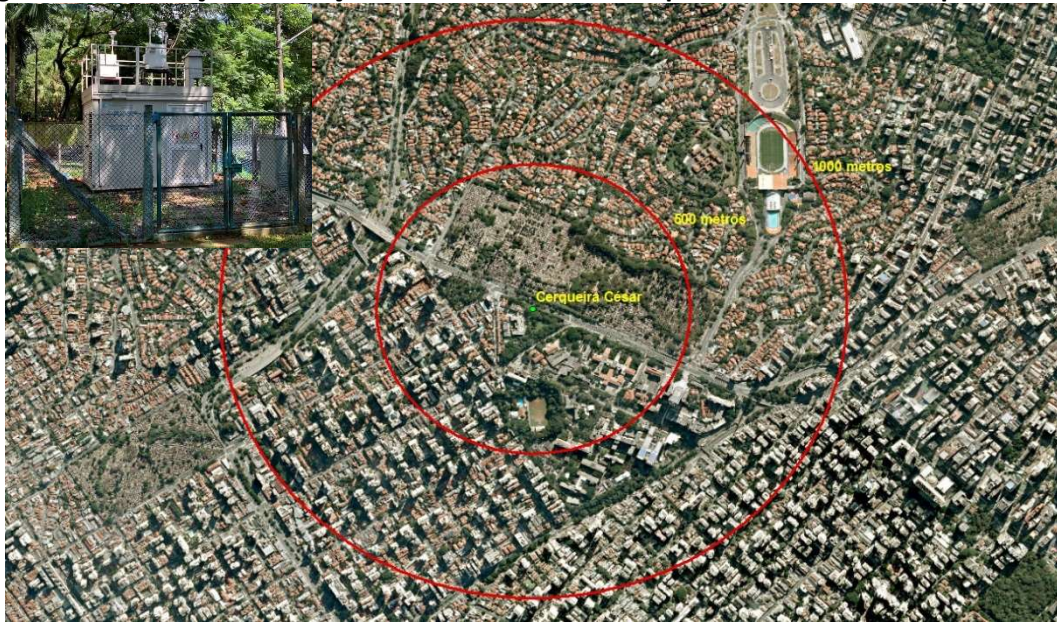
**Mapa 1 – Localização dos pontos de amostragem**



A estação **CERQUEIRA CÉSAR (Figura 1)** está instalada na Faculdade de Saúde Pública, localizada na zona oeste de São Paulo, em uma das partes mais altas da cidade – espigão da Av. Paulista. A estação está a cerca de 7 metros da Av. Dr. Arnaldo, que possui tráfego intenso tanto de veículos leves como pesados (ônibus) sendo considerada uma estação de **microescala**. Essa escala espacial caracteriza-se pela estação estar localizada próxima às fontes de emissão, neste caso as vias de tráfego, abrangendo áreas de dimensões de poucos metros a 100 metros (CETESB, 2014). As fontes móveis mais importantes no entorno concentram-se em poucas vias de tráfego (CETESB, 2004).

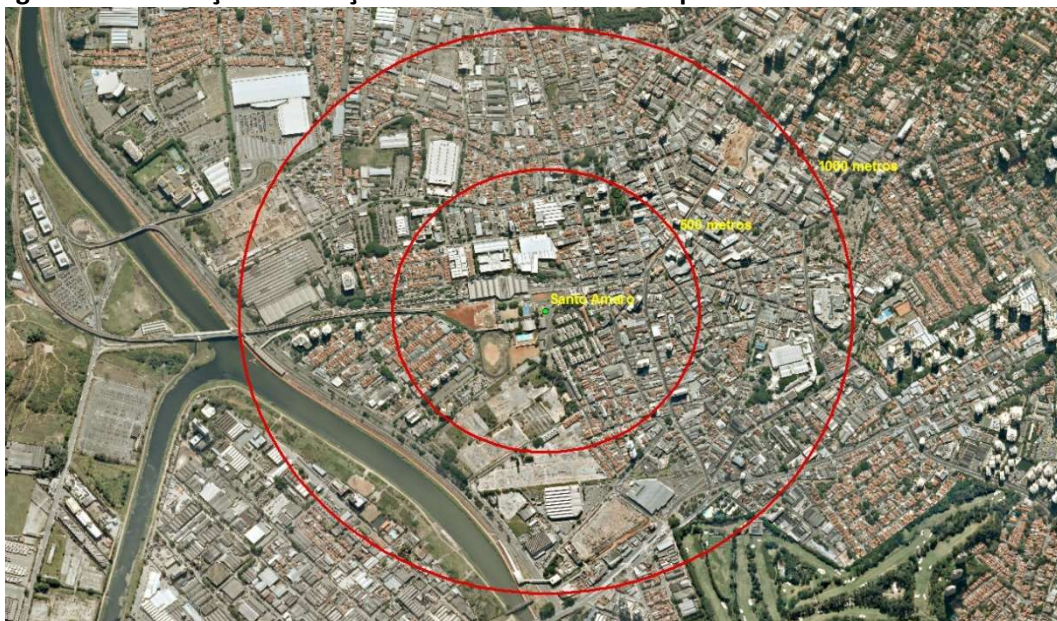


**Figura 1 – Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de Cerqueira César.**



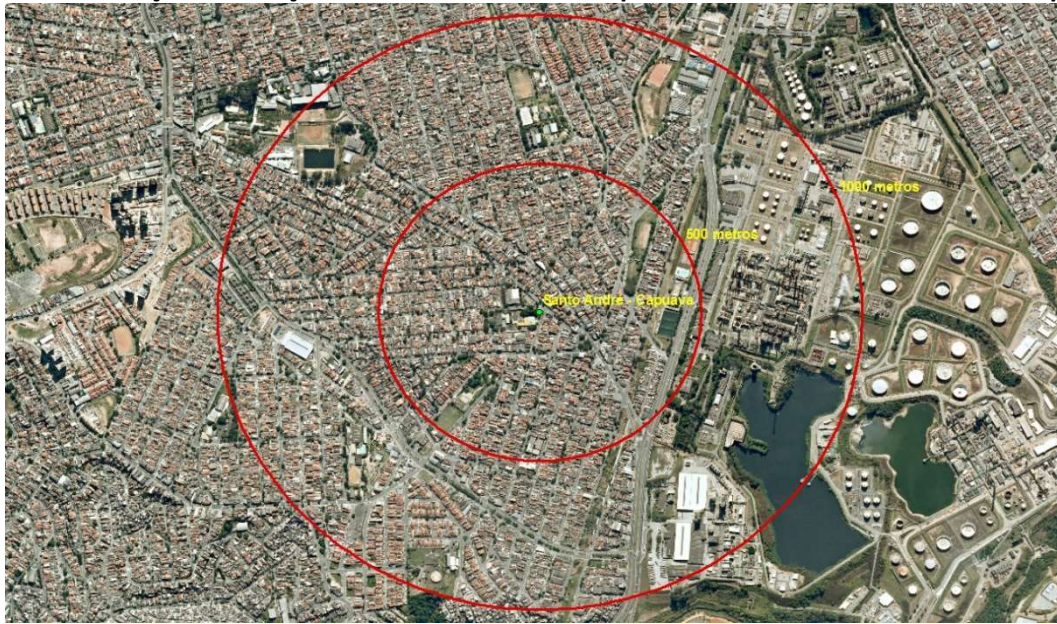
A estação **Santo Amaro (Figura 2)** está instalada no centro de Educacional e Esportivo Joerg Brudner, situado na Av. Padre José Maria, nº 555, localizado no bairro de Santo Amaro, zona sul de São Paulo – coordenadas UTM (Sirgas 2000): 23K 325596 – 7382927. A estação é classificada como representativa de **média escala**, abrangendo área com atividade uniforme entre 100 e 500 metros (CETESB, 2014). Este ponto de coleta está a cerca de 100 m do Terminal de Ônibus de Santo Amaro e sofre influência de emissões provenientes dos veículos nas vias próximas à estação.

**Figura 2 - Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de Santo Amaro.**



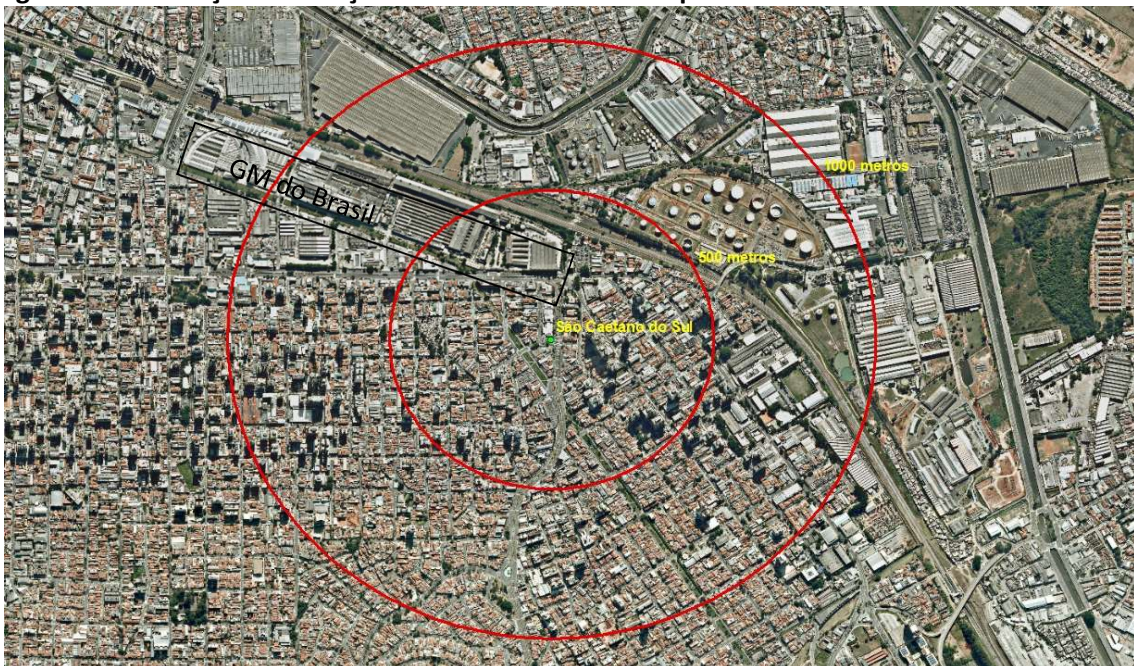
A estação **Santo André – Capuava (Figura 3)**, localiza-se no terreno do Posto de Puericultura do Alto de Capuava, à rua Manágua, nº 2 – coordenadas UTM (Sirgas 2000): 23K 347853 – 7384857, e é classificada como representativa de **escala bairro**, abrangendo área com atividade uniforme entre 501 e 4.000 metros (CETESB, 2014). Este ponto de coleta está a cerca de 500 m de distância do Polo Petroquímico, na divisa entre Santo André e Mauá, no Parque Capuava, composto por indústrias que atuam na extensa cadeia produtiva do setor. A estação também sofre influência de emissões provenientes dos veículos nas vias próximas à estação.

**Figura 3 - Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de Santo André - Capuava.**



A estação **São Caetano do Sul** (Figura 4), localiza-se no terreno do Hospital Municipal de Emergência Albert Sabin, na Av. Presidente Kennedy, nº 700, Bairro Santa Paula – coordenadas UTM (Sirgas 2000): 23K 341225 – 7387152, município de São Caetano do Sul. Este ponto de coleta está a cerca de 150 m de distância da Av. Goiás que possui tráfego intenso tanto de veículos leves como pesados e é classificada como representativa de **média escala**, abrangendo área com atividade uniforme entre 100 e 500 metros (CETESB, 2014). A estação também sofre influência de emissões de fontes fixas localizadas em seu entorno.

**Figura 4 - Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de São Caetano do Sul.**



A estação **Osasco** (Figura 5), localiza-se na esquina da Av. Dos Autonomistas com a Rua São Maurício no Bairro Vila Quitaúna, coordenadas UTM (Sirgas 2000): 23K 317045 – 7397028, no município de Osasco. As avenidas mais próximas, e fontes lineares de emissão a causar impacto nessa área de avaliação são: Av. dos Autonomistas que está a cerca de 20 metros e que se estende de sudeste até

aproximadamente 400 metros da estação, quando faz uma curva à esquerda passando em frente da estação. A outra fonte linear representativa é o Viaduto Pres. Tancredo de Almeida Neves e a Avenida Getúlio Vargas, se estendendo na direção norte-sul (CETESB, 2006). Ambas possuem tráfego intenso tanto de veículos leves como pesados sendo considerada uma estação de **microescala**.

**Figura 5 - Localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de Osasco.**



#### 4.1.2 Amostragem

Os equipamentos utilizados foram amostradores de material particulado na atmosfera da Thermo Fischer Scientific, Partisol 2000i, designado como equipamento de referência pela Agência Ambiental dos EUA para medições de partículas de  $MP_{2,5}$  (método de referência da U.S.EPA RFPS-1298-126). Neste sistema, o ar é aspirado através de uma entrada especialmente projetada, que permite a passagem somente das partículas inaláveis ( $\leq 10 \mu m$ ) e posteriormente passa por um impactador de partículas VSCC® (Very Sharp Cut Cyclone), fabricado pela BGI Incorporated, que seleciona somente as partículas inaláveis finas com tamanho igual ou inferior a  $2,5 \mu m$ .

O equipamento foi calibrado utilizando-se um medidor de vazão do *tipo tubo Venturi*.

As amostras foram coletadas simultaneamente em filtros de teflon® e quartzo de 47 mm de diâmetro, com vazão de amostragem de 16,7 L/min. A concentração foi calculada a partir da massa de amostra coletada, determinada gravimetricamente, e do volume de ar amostrado, obtido a partir da vazão média de amostragem. As amostras obtidas em filtros de quartzo, após a coleta foram transportadas ao laboratório e armazenadas em geladeira a 4°C.

#### 4.1.3 Período e Duração da Amostragem

O período de amostragem foi de 12/01/2020 a 14/12/2021. A altura de captação das amostras foi cerca de 3,5 metros acima do nível do solo. As amostragens foram realizadas a cada seis dias por períodos de 24 horas, totalizando, em média, 50 amostras por ano, por estação.

Em função da pandemia de COVID-19, as estações Santo Amaro e São Caetano do Sul não operaram no período de abril e maio de 2020.

## 4.2. Metodologia de Análise

### 4.2.1. Gravimetria

A massa das partículas coletadas em filtros de teflon® foi determinada por pesagem em microbalança, marca Mettler Toledo, modelo MX 5. Os filtros utilizados foram condicionados para pesagem, antes e depois da amostragem, em câmara com umidade relativa controlada (< 40%), evitando-se assim alterações de umidade que poderiam interferir nas pesagens. As cargas eletrostáticas, outra possível fonte de interferência na operação de pesagem, foram neutralizadas por uma fonte radioativa de amerício (Am-241).

### 4.2.2. Análise do material carbonáceo do aerossol

Para a análise das amostras foi utilizado o analisador termo óptico Sunset, operando com protocolo de análise IMPROVE.

Para determinação dos teores de carbono, o filtro é retirado da geladeira e mantido na sala de análise para equilíbrio com a temperatura ambiente (22°C). Na primeira etapa, uma fração de 1,0 cm<sup>2</sup> ou 1,5 cm<sup>2</sup> do filtro é introduzida no forno da amostra, sob um fluxo de hélio puro (isento de O<sub>2</sub>), e submetida a 4 etapas crescentes de temperatura (140°C, 280°C, 480°C e 580°C). Nessa fase, todo o carbono orgânico (C.Org), e os carbonatos, se presentes, são volatilizados e removidos do filtro. Ainda nessa primeira fase, a conversão pirolítica do C.Org é monitorada durante toda a análise através da transmitância de luz laser. Os C.Orgs vaporizados em cada temperatura da primeira fase são imediatamente oxidados a dióxido de carbono no forno de oxidação contendo MnO<sub>2</sub>. Um fluxo de gás He com o CO<sub>2</sub> oxidado é conduzido ao metanizador, que reduz o CO<sub>2</sub> para CH<sub>4</sub> e em seguida alcança o detector de ionização de chama.

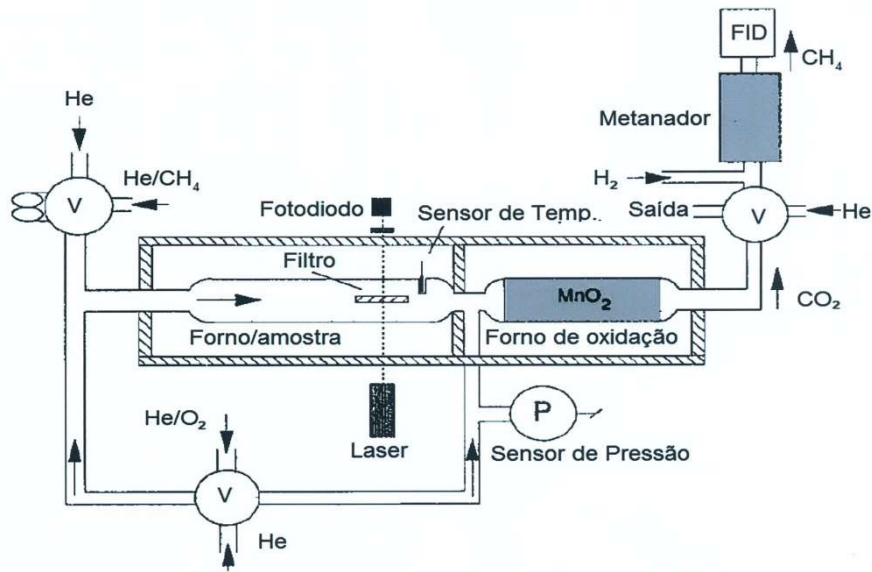
Na segunda fase, o forno é mantido a 580°C, o He puro no forno é substituído por uma mistura de 2% de O<sub>2</sub> em He e a amostra é aquecida novamente em 2 etapas (740°C e 840°C). Durante essa fase, tanto o Carbono Elementar (C.E.) originalmente presente na amostra, como o produzido piroliticamente, são analisados. O carbono liberado da amostra na segunda etapa da análise é oxidado a CO<sub>2</sub>, pela presença de O<sub>2</sub>, e como na primeira fase é transformado em CH<sub>4</sub> e medido no detector de ionização de chama.

Com o intuito de corrigir o erro produzido pela pirólise de C.Org. na primeira parte da análise, o escurecimento do filtro é monitorado através da transmitância de luz laser. O monitoramento da luz transmitida através do filtro permite separar o C.E. gerado piroliticamente do existente originalmente na amostra. O momento da análise em que o valor do laser iguala o sinal inicial é o ponto de separação entre o C.E. e o C.E. originado da pirólise.

Após a evolução de todo o carbono da amostra, é injetado um volume conhecido de mistura de gás padrão com 5% de metano em He. Com base na resposta do detector de ionização de chama e na transmissão do laser, as quantidades de C.Org e C.E. são determinadas (KARANASIOU, 2015).

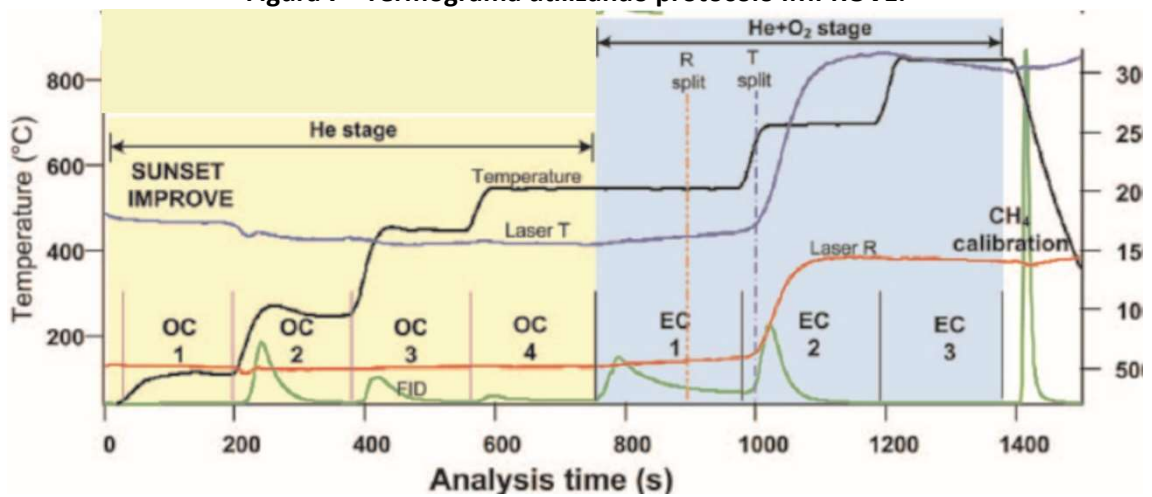
A **Figura 6** ilustra o funcionamento do analisador Sunset Laboratory.

Figura 6 - Analisador Termo-óptico de Carbono



A Figura 7 mostra o termograma de uma amostra de MP<sub>2,5</sub>, usando o protocolo IMPROVE.

Figura 7 - Termograma utilizando protocolo IMPROVE.



## 5 Resultados e Discussão

Os resultados das análises das amostras coletadas nas estações Cerqueira César, Santo Amaro, Santo André – Capuava, São Caetano do Sul e Osasco, em 2020 e 2021, foram avaliados em termos das concentrações médias anuais de  $MP_{2,5}$  e de carbono e das relações entre as frações de carbono orgânico, elementar e carbono total (C.T.).

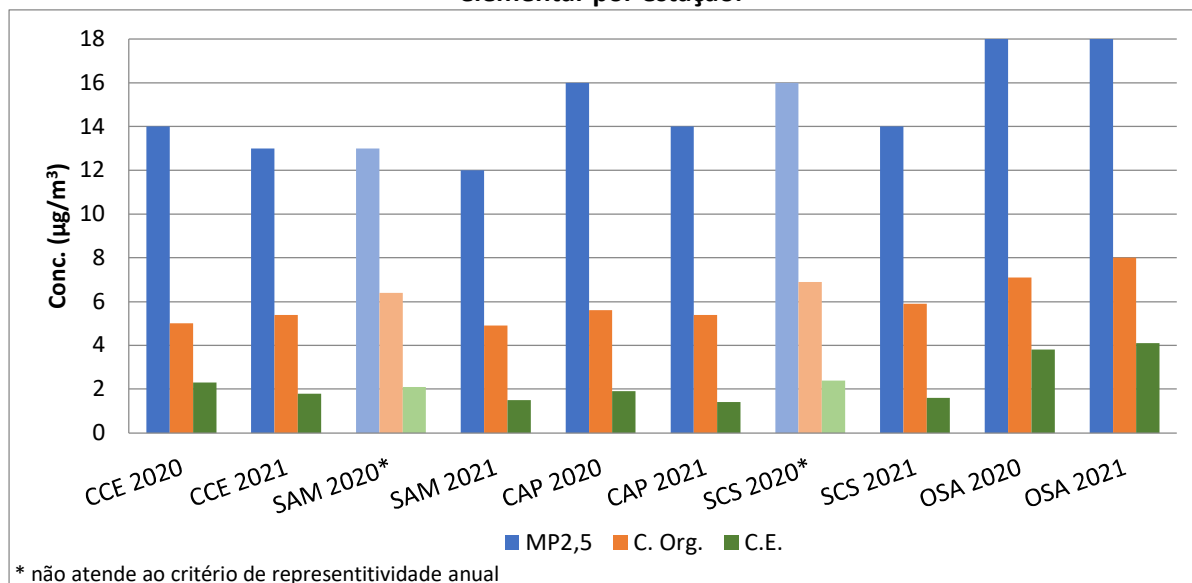
Os resultados das concentrações médias anuais de  $MP_{2,5}$  e das diferentes frações de material carbonáceo, encontrados no presente estudo, são apresentados na **Tabela 1** e os perfis de concentração no **Gráfico 1**. As estações Santo Amaro e São Caetano do Sul não atenderam ao critério de representatividade anual dos dados, em 2020, que consiste em metade das amostras válidas para o quadrimestre.

**Tabela 1 - Concentrações médias anuais de  $MP_{2,5}$ , carbono orgânico, elementar e total.**

Estação	Ano	Nº (nº de dados)	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
			$MP_{2,5}$	C. Org.	C.E.	C.T.
Cerqueira César	2020	50	14	5,0	2,3	7,3
	2021	54	13	5,4	1,8	7,2
Santo Amaro	2020*	37	13	6,4	2,1	8,5
	2021	47	12	4,9	1,5	6,4
Santo André - Capuava	2020	45	16	5,6	1,9	7,5
	2021	52	14	5,4	1,4	6,8
S. Caetano do Sul	2020*	37	16	6,9	2,4	9,3
	2021	51	14	5,9	1,6	7,5
Osasco	2020	45	18	7,1	3,8	10,9
	2021	47	18	8,0	4,1	12,1

\* não atende ao critério de representatividade anual dos dados

**Gráfico 1 – Perfil das concentrações médias anuais de  $MP_{2,5}$ , carbono orgânico e carbono elementar por estação.**



\* não atende ao critério de representatividade anual

Observa-se, na Tabela 1, que as médias anuais de carbono orgânico foram maiores que as de carbono elementar, em todas as estações e que as maiores concentrações médias anuais, tanto de MP<sub>2,5</sub> quanto de carbonos, foram obtidas na estação Osasco.

Em relação ao carbono elementar, os maiores valores observados na estação Osasco ocorreram, provavelmente, devido a esta ser uma estação de micro escala, com tráfego intenso tanto de veículos leves como pesados. Por outro lado, a estação Santo André - Capuava foi que a que apresentou os menores valores de C.E. influenciada também por sua localização de escala de bairro.

Entretanto para melhor entendimento das variações de carbono em relação ao material particulado a **Tabela 2** e o **Gráfico 2** apresentam as porcentagens de carbono total (C.T.) e de suas frações no MP<sub>2,5</sub>, obtidas na RMSP.

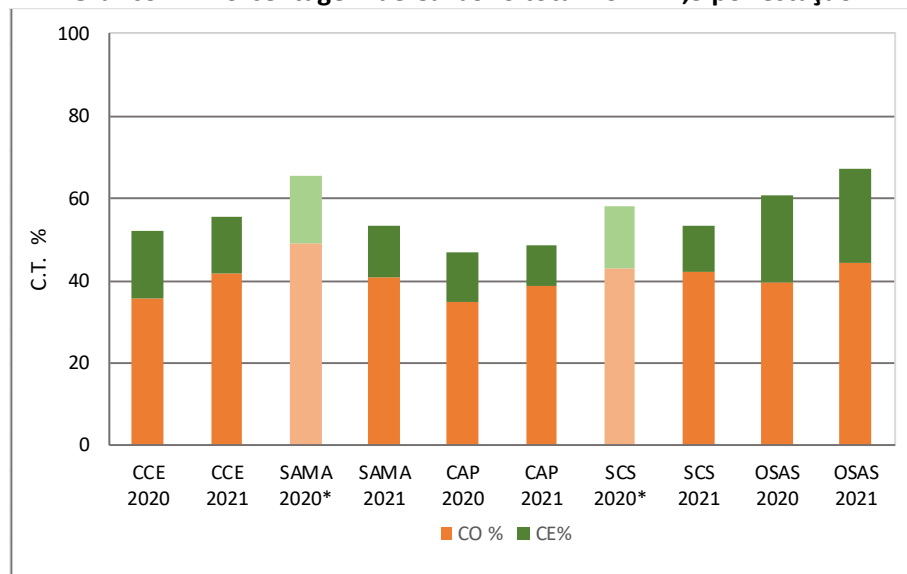
Em relação às porcentagens de carbono total (C.T.) no MP<sub>2,5</sub> observa-se que este representa de 45 a 65% do material particulado fino na RMSP. Os maiores valores foram observados em Osasco seguido da estação Santo Amaro, São Caetano do Sul, Cerqueira César e Santo André- Capuava.

**Tabela 2 - Porcentagem de carbono orgânico (C. Org.), elementar (C.E.) e total (C.T.) no MP<sub>2,5</sub>, por estação.**

Estação	Ano	C.Org. (%)	C.E. (%)	C.T. (%)
Cerqueira César	2020	35,7	16,4	52,1
	2021	41,5	13,8	55,4
Santo Amaro	2020*	49,2	16,2	65,4
	2021	40,8	12,5	53,3
Santo André - Capuava	2020	35,0	11,9	46,9
	2021	38,6	10,0	48,6
S. Caetano do Sul	2020*	43,1	15,0	58,1
	2021	42,1	11,4	53,6
Osasco	2020	39,4	21,1	60,6
	2021	44,4	22,8	67,2

\* Não atende ao critério de representatividade anual dos dados

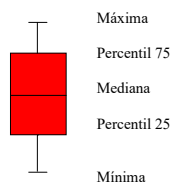
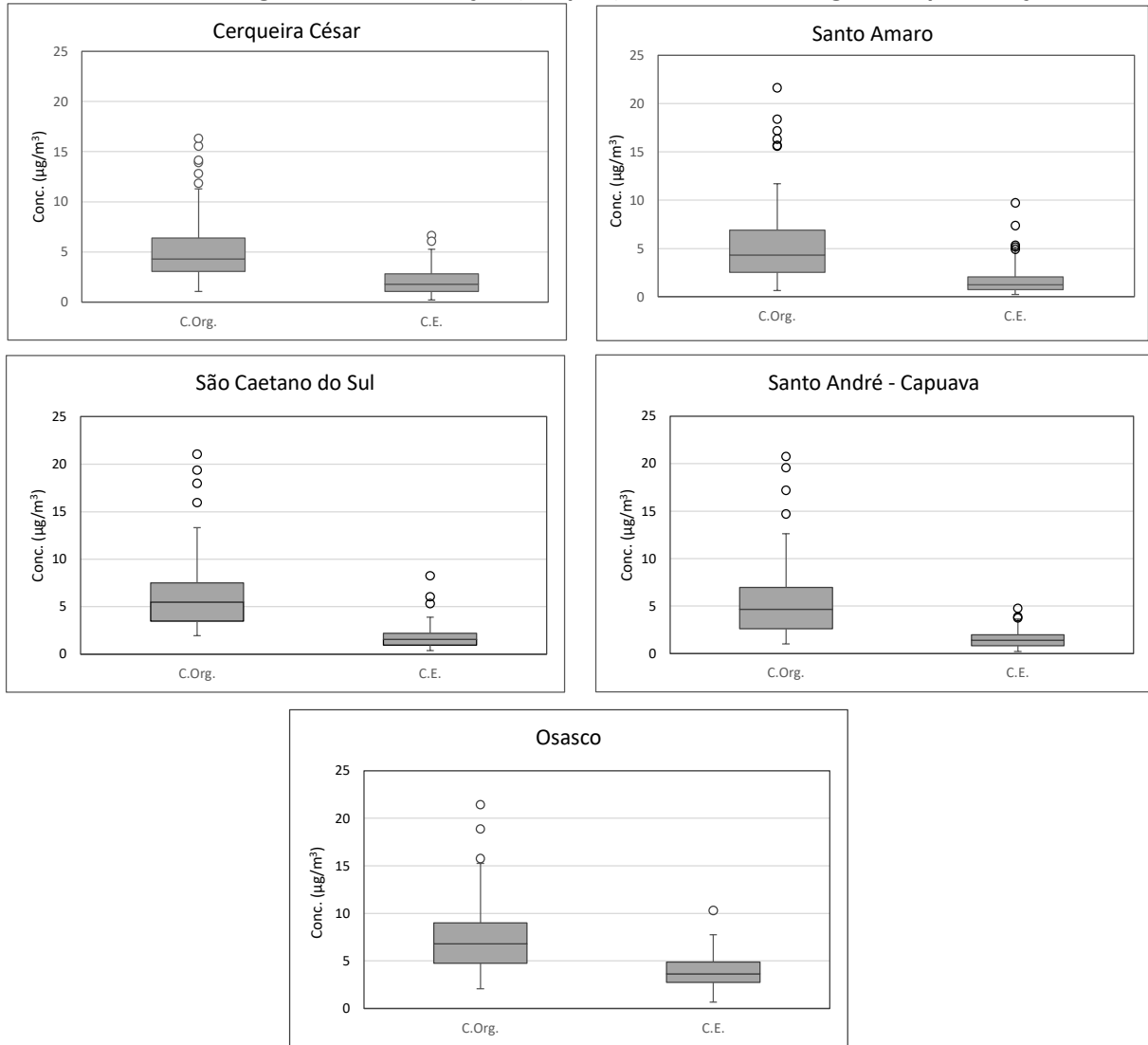
**Gráfico 2 – Porcentagem de Carbono total no MP<sub>2,5</sub> por estação.**



\* Não atende ao critério de representatividade anual dos dados

O **Gráfico 3** é um boxplot, diagrama que fornece uma análise visual da posição, dispersão, simetria e valores discrepantes (outliers) do conjunto de dados. Nele são apresentadas a distribuição dos dados de carbono orgânico e elementar medidos, por estação, considerando os dois anos de monitoramento.

**Gráfico 3 – Diagrama de distribuição (Boxplot) dos dados de C.Org. e C.E. por estação.**



Fonte: CETESB (2023)

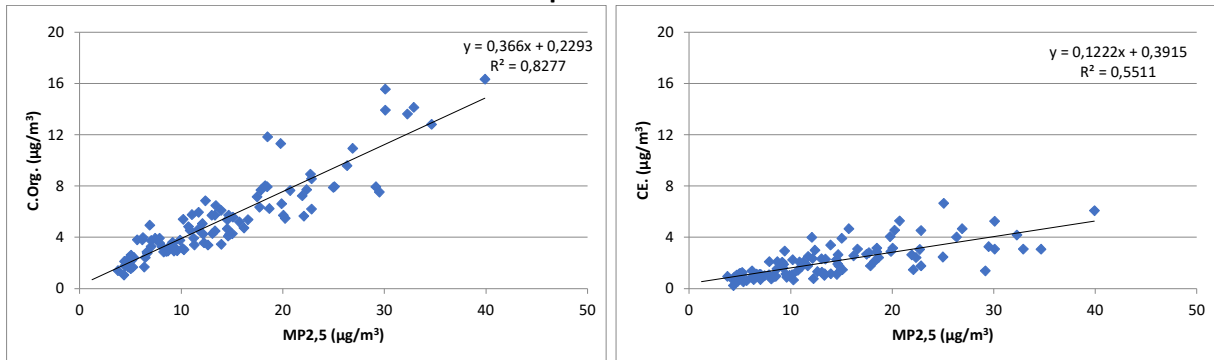
Observa-se, no **Gráfico 3**, que a variabilidade do carbono orgânico é maior que a do carbono elementar nas cinco estações analisadas, além de apresentar uma amplitude maior e maior presença de valores discrepantes. Dentre as estações, o carbono elementar apresentou maior variabilidade nas estações de microescala, Osasco e Cerqueira César.



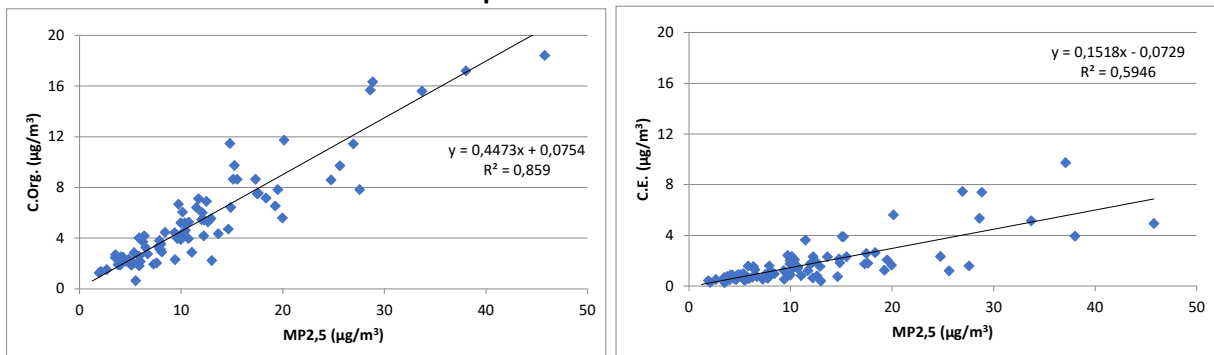
A identificação das origens do material particulado na atmosfera é uma informação importante para direcionar o controle das suas emissões. A análise dos teores de material carbonáceo em relação ao material particulado auxilia na identificação de sua possível origem. Os **Gráfico 4 a 8**, apresentam as correlações entre os parâmetros  $MP_{2,5}$  e as frações de C.Org. e C.E., considerando os dois anos de monitoramento, para as estações Cerqueira César, Santo Amaro, São Caetano do Sul, S. André – Capuava e Osasco, respectivamente.

Analisaram-se também as correlações de Pearson (MUKAKA, 2012), obtidas das regressões lineares (**Tabela 3**), com o intuito de facilitar um melhor entendimento do comportamento do MP.

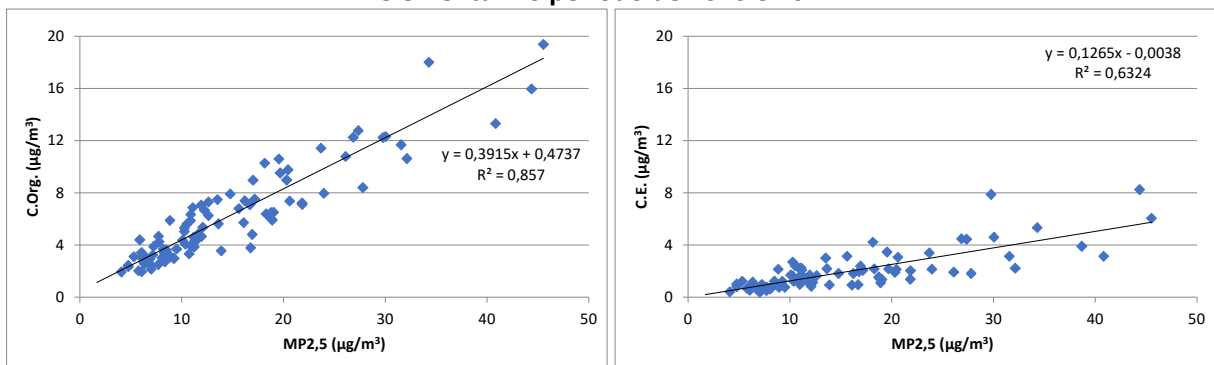
**Gráfico 4 - Cerqueira César - Correlação entre  $MP_{2,5}$  e carbono orgânico e  $MP_{2,5}$  e carbono elementar no período de 2020 e 2021.**



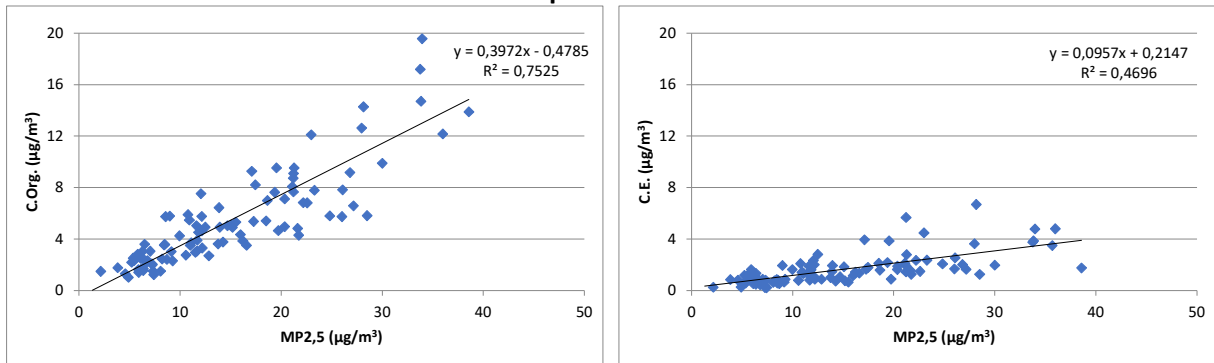
**Gráfico 5 - Santo Amaro - Correlação entre  $MP_{2,5}$  e carbono orgânico e  $MP_{2,5}$  e carbono elementar no período de 2020 e 2021.**



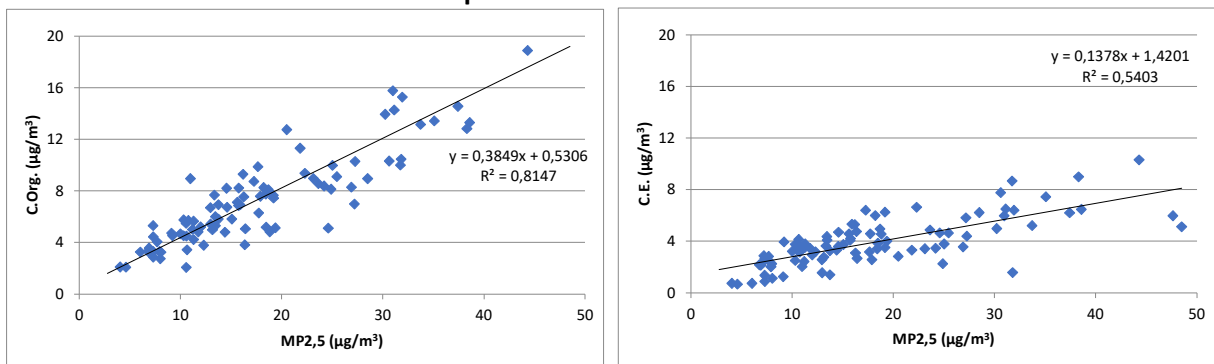
**Gráfico 6 – São Caetano do Sul - Correlação entre  $MP_{2,5}$  e carbono orgânico e  $MP_{2,5}$  e carbono elementar no período de 2020 e 2021.**



**Gráfico 7 – Santo André – Capuava - Correlação entre MP<sub>2,5</sub> e carbono orgânico e MP<sub>2,5</sub> e carbono elementar no período de 2020 e 2021.**



**Gráfico 8 – Osasco - Correlação entre MP<sub>2,5</sub> e carbono orgânico e MP<sub>2,5</sub> e carbono elementar no período de 2020 e 2021.**



Observa-se, na Tabela 3, que as correlações entre MP<sub>2,5</sub> e carbono orgânico mostraram-se muito fortes em todas as estações, tanto em 2020 quanto em 2021, melhores que as correlações com carbono elementar que apresentaram valores inferiores.

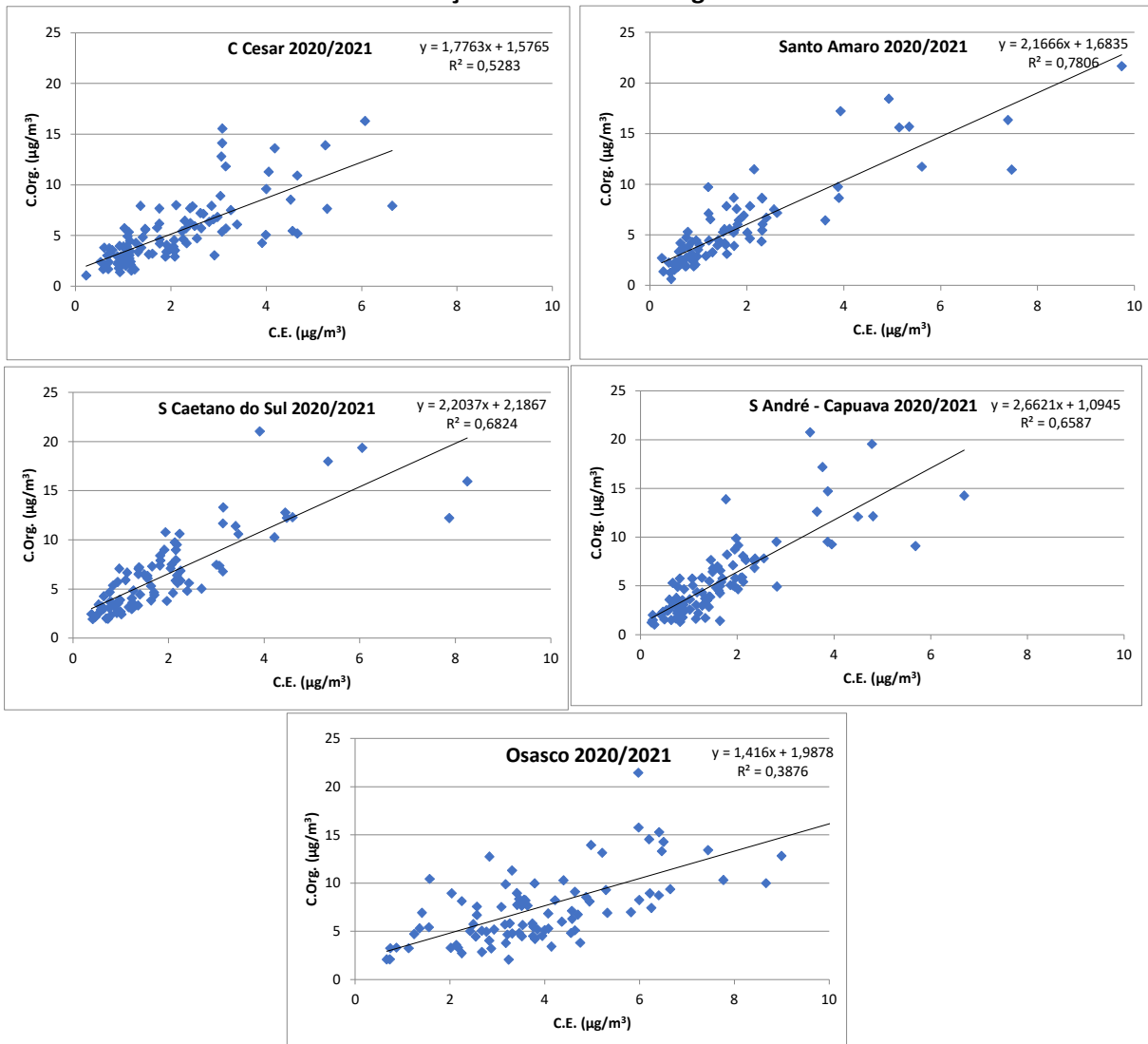
**Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) do MP<sub>2,5</sub> e frações de carbono**

Variáveis	Coeficiente de Correlação									
	C. César		S. Amaro		S Caetano		S André		Osasco	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
MP <sub>2,5</sub> x C.O.	0,94	0,92	0,94	0,93	0,94	0,91	0,86	0,88	0,90	0,94
MP <sub>2,5</sub> x C.E.	0,70	0,81	0,81	0,75	0,84	0,78	0,68	0,72	0,72	0,77

Outra análise importante é a correlação entre o carbono orgânico e elementar. Segundo estudos recentes (WANG, 2019; QI, 2018), a correlação entre C.Org. e C.E. pode contribuir para diferenciar as fontes, se a correlação for significativa pode indicar que as fontes de poluição são similares.

O **Gráfico 9** apresenta a correlação entre carbono orgânico e elementar, por estação, para os dois anos de monitoramento.

**Gráfico 9 – Correlação entre carbono orgânico e elementar.**



Na **Tabela 4**, são apresentados os coeficientes de correlação de Pearson obtidos das correlações de carbono orgânico e carbono elementar para cada estação nos dois anos de monitoramento.

**Tabela 4 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) – 2020/2021**

Variáveis	Coeficiente de Correlação				
	C. César	S. Amaro	S Caetano	S André	Osasco
C.O. x C.E.	0,73	0,88	0,83	0,81	0,62

Observa-se forte correlação entre carbono orgânico e elementar nas estações Santo Amaro, São Caetano do Sul e Santo André – Capuava, indicando que as fontes de poluição de ambos são similares. Nas estações Cerqueira César e Osasco, estações de microescala, as correlações foram menores, sendo apenas moderada em Osasco. As estações de microescala são diretamente influenciadas pelas emissões veiculares, por estarem a poucos metros das vias, sendo que esta proximidade com as fontes de emissão pode implicar que o ar coletado seja menos homogêneo, refletindo no resultado observado. Desta forma, o comportamento diferenciado observado nestas estações pode ser

resultado das emissões provenientes dos veículos que utilizam diferentes tipos de combustíveis, como etanol, gasolina e diesel (SAMARA, 2014), bem como das condições do tráfego.

De fato, medições realizadas com dinamômetros de chassi revelaram que a relação C.Org./C.E. nas partículas liberadas pelo sistema de escape dos veículos depende de vários fatores, como idade do veículo, o tipo de combustível, as condições de direção e a tecnologia de controle de emissões (Robert, 2007a; Robert, 2007b).

Apesar de também ser de microescala, a estação Cerqueira César, apresentou melhor correlação ( $r = 0,73$ ) que a estação Osasco. A estação Cerqueira César está localizada na Zona de Máxima Restrição de Circulação (ZMRC), onde somente os caminhões cadastrados e autorizados podem transitar nos horários de restrição (2ª a 6ª feira das 5 às 21h e aos sábados das 10 às 14h), contando possivelmente com uma frota com menor diversidade.

As concentrações de  $MP_{2,5}$  e, conseqüentemente, o material carbonáceo, tendem a ser maiores nos períodos de inverno em função das condições meteorológicas, que na RMSP se caracterizam pela diminuição da precipitação e ocorrência de períodos de grande estabilidade atmosférica, proporcionando com isso condições desfavoráveis à dispersão dos poluentes (CETESB, 2018).

No **Gráfico 6**, são apresentadas as médias mensais de C.Org e C.E nas diferentes estações monitoradas, no período 2020/2021. Observa-se um aumento das concentrações de carbono orgânico nos meses de inverno e início da primavera enquanto o carbono elementar apresenta menor variação sazonal, com maior valor no mês de julho.

A análise das razões obtidas entre carbono orgânico e elementar nas diferentes estações do ano, também pode auxiliar na interpretação dos resultados.

A **Tabela 5**, apresenta as razões médias entre carbono orgânico e carbono elementar obtidas em 2020/2021, para as diferentes estações monitoradas, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.

**Tabela 5 - Razões médias de C.Org./C.E. e o desvio padrão obtido por estação do ano (2020/2021)**

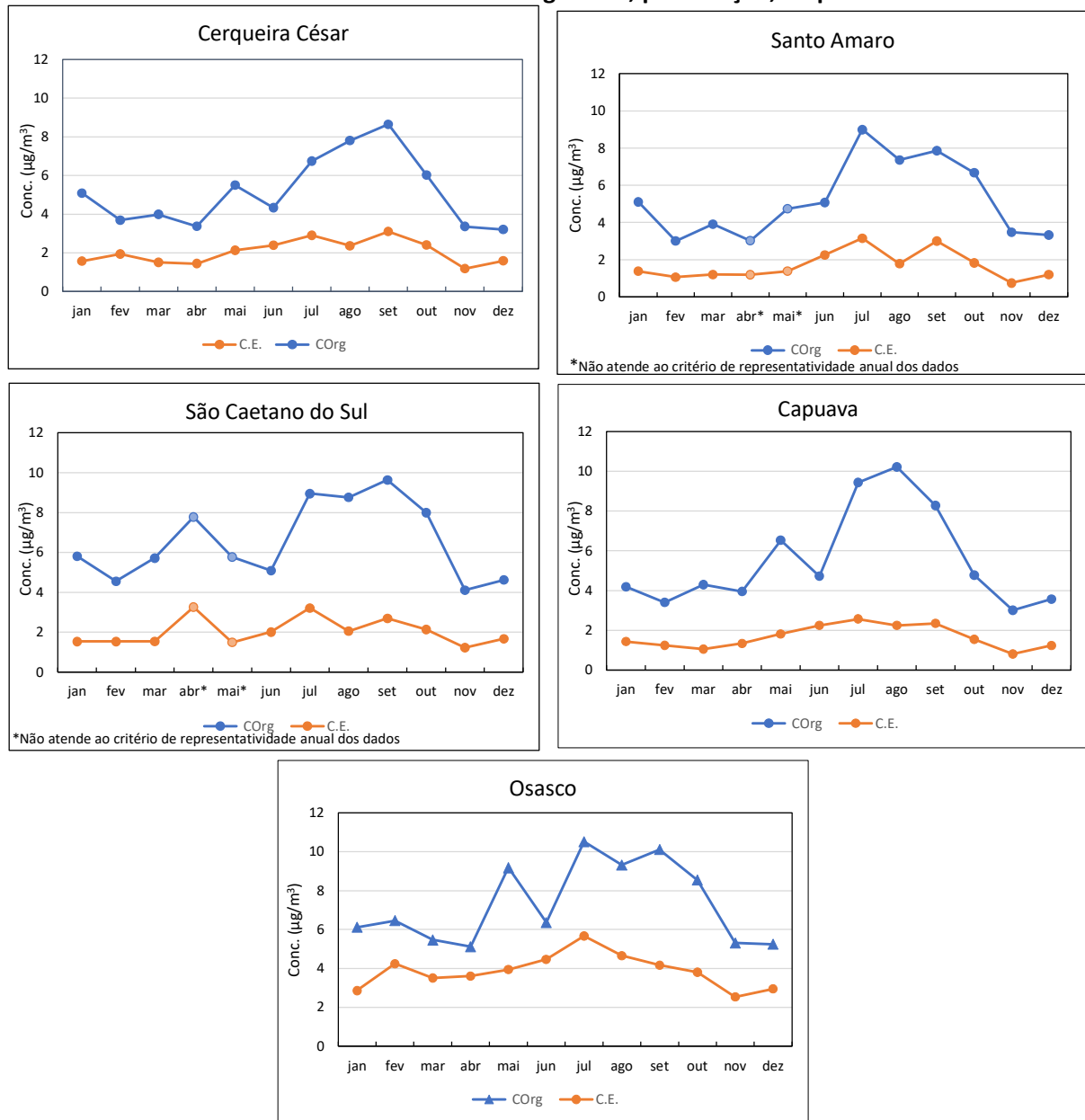
ESTAÇÃO	Razao C.Org./C.E.			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Cerqueira Cesar	2,53 ± 1,17	2,74 ± 0,90	2,85 ± 1,29	3,10 ± 1,08
Santo Amaro	3,25 ± 1,22	*	3,36 ± 1,25	4,30 ± 1,87
São Caetano do Sul	3,61 ± 1,17	*	3,65 ± 1,26	4,92 ± 1,22
Santo Andre - Capuava	3,12 ± 1,52	3,67 ± 1,24	3,74 ± 1,25	3,81 ± 1,31
Osasco	2,01 ± 1,10	2,00 ± 0,94	1,98 ± 1,31	2,41 ± 0,87

\* sem representatividade

Conforme observado na **Tabela 5**, as concentrações de C.Org. e C.E. variam de acordo com as estações do ano, o que é coerente com a literatura (WANG, 2019; GU, 2010). Em todas as estações monitoradas, as maiores razões C.Org./C.E. foram observadas na primavera, seguida do inverno, outono e as menores razões obtidas no verão.

Segundo a literatura (BEGUM, 2012) a razão C.Org./C.E. varia com a temperatura, assim, nos meses de verão, mais quentes, as razões são menores uma vez que as concentrações de compostos semivoláteis podem permanecer na fase gasosa, deixando de contribuir para a concentração do carbono orgânico no particulado, levando a uma correlação mais baixa em relação às demais estações do ano (**Tabela 5**).

**Gráfico 10 - Perfil das médias mensais de C.Org. e C.E., por estação, no período monitorado.**



Fonte: CETESB (2023)

Razões maiores, como a observada na primavera, podem indicar contribuições diferentes de C.Org. no aerossol, provenientes tanto de carbonos orgânicos primários como secundários, gerados por reações fotoquímicas dos compostos orgânicos voláteis (COV), mais comuns neste período do ano, o que está de acordo com a literatura (GU, 2010; SAMARA, 2014).

Observa-se, na **Tabela 5**, que as menores razões, independente da sazonalidade, foram observadas na estação Osasco seguida de Cerqueira César. Menores razões C.Org./C.E. em geral, são observadas em estações de microescala, com prevalência de C.E. que está associado principalmente à processos de combustão. O aumento na razão C.Org./C.E. ocorre com o distanciamento da via devido a formação de compostos orgânicos secundários. (LONATI, 2007; PIO, 2011; SAMARA, 2014).

## 6 Comparação com dados ambientais de outros locais

A **Tabela 6**, traz uma comparação dos resultados de C.Org, C.E. e razão C.Org./C.E. obtidos neste estudo com valores encontrados em áreas urbanas de algumas cidades ao redor do mundo, em que pese a comparação dos resultados ser complexa uma vez que foram utilizadas diferentes condições, como métodos de amostragem e análise, limites de detecção e diferentes períodos de monitoramento, bem como locais de amostragem com características distintas. Os teores de C.Org e C.E. obtidos na RMSP foram da mesma ordem de grandeza dos que os observados em outras cidades, com exceção da China, Itália e Grécia, no caso do carbono orgânico.

**Tabela 6 - Concentrações médias de C.Org, C.E. e C.T. obtidas em diferentes locais.**

LOCAL / ANO	C.Org ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C.E. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C.Org./C.E.	REFERÊNCIAS
S. Paulo, C.César – 2020/2021	5,2	2,1	2,8	estudo atual
S. Paulo, Santo Amaro – 2020/2021	5,6	1,8	3,6	estudo atual
RMSP, S. Caetano do Sul – 2020/2021	6,4	1,9	3,8	estudo atual
RMSP, Santo André – 2020/2021	5,5	1,7	3,6	estudo atual
RMSP, Osasco – 2020/2021	7,6	3,9	2,1	estudo atual
S. Paulo, C.César – 2009-2016	5,7	4,3	1,3	CETESB, 2021
Itália, Milão – 2002/2003	9,2	1,4	6,5	(LONATI, 2007)
Holanda, Amsterdam - jan-fev 2006	6,7	1,7	4,7	(VIANA, 2007)
Holanda, Amsterdam - jul-ago 2005	3,9	1,9	2,8	
Bélgica, Ghent - jan-fev 2005	5,4	1,2	4,4	(VIANA, 2007)
Bélgica, Ghent - jun-jul 2004	2,7	0,8	3,5	
Espanha, Barcelona - nov-dez 2005	6,9	2,6	3,1	(VIANA, 2007)
Espanha, Barcelona - jul-ago 2004	3,6	1,5	2,6	
Espanha, Bailen (industrial) - jun/2005- jun/2006	5,4	3,1	2,0	(PIO, 2011)
Portugal, Porto - 2004	4,3	2,2	2,0	(PIO, 2011)
EUA, Baltimore - 2002	5,7	1,1	5,2	(PARK, 2002)
Inglaterra, Marylebone Road – 2002/2004	4,5	3,4	1,3	(JONES, 2005)
Inglaterra, Belfast-Centro – 2002/2004	2,5	1,1	2,3	(JONES, 2005)
Grécia, Atenas - 2008-2013	2,0	0,5	4,7	(PARASKEVOPOULOU, 2014)
China, Pequim- 2016/2017	11,0	3,4	3,5	(DONGSHENG,2019)
China, Tianjin - 2016 /2017	12,0	3,1	4,3	(DONGSHENG,2019)

## 7 Conclusões

Do estudo das medições de carbono orgânico e elementar no  $MP_{2,5}$  realizado na atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo, nas estações de Cerqueira César, Santo Amaro, Osasco, São Caetano do Sul e Santo André – Capuava, em 2020 e 2021, pode-se concluir que:

- as médias anuais de carbono orgânico foram maiores que as de carbono elementar, em todas as estações e as maiores concentrações médias anuais, tanto de  $MP_{2,5}$  quanto de material carbonáceo, foram obtidas na estação Osasco;
- a porcentagem média de carbono total representa, no período monitorado, de 45 a 65% do material particulado fino ( $MP_{2,5}$ ) na RMSP.
- em relação ao comportamento sazonal do C.Org e C.E. observou-se um aumento das concentrações de carbono orgânico nos meses de inverno e início da primavera enquanto o carbono elementar apresenta menor variação sazonal, com maior valor no mês de julho;
- as correlações entre  $MP_{2,5}$  e carbono orgânico mostraram-se muito fortes, em todas as estações, maiores que as correlação entre  $MP_{2,5}$  e carbono elementar.
- há forte correlação entre carbono orgânico e elementar nas estações Santo Amaro, São Caetano do Sul e Santo André – Capuava, indicando que as fontes de poluição de ambos são similares. Nas estações Cerqueira César e Osasco, estações de microescala, as correlações foram menores, sendo apenas moderada em Osasco. Esse comportamento diferenciado observado nestas estações pode ser resultado das emissões provenientes dos veículos que utilizam diferentes tipos de combustíveis, como etanol, gasolina e diesel, bem como das condições do tráfego.
- maiores razões C.Org/C.E. foram observadas na primavera, seguida do inverno, outono e as menores razões obtidas no verão;
- Os valores de C.Org e C.E., na RMSP, foram, de maneira geral, da mesma ordem de grandeza dos obtidos em cidades dos EUA e da União Europeia.

## Referências

Begum, B.A., Hossain, A., Nahar, N., Markwitz, A. and Hopke, P.K. Organic and Black Carbon in PM<sub>2.5</sub> at an Urban Site at Dhaka, Bangladesh. **Aerosol Air Qual. Res.** 12: 1062-1072 (2012).

<https://doi.org/10.4209/aaqr.2012.05.0138>

CETESB. **Teores de Material Particulado Carbonáceo na Atmosfera da Grande São Paulo**. São Paulo, 1988.

CETESB - **Modelo Receptor - Estudo de Caracterização de Aerossóis na Região Metropolitana de São Paulo - Cerqueira César**. São Paulo, 2003 Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>

CETESB. **Caracterização das Redes Automáticas de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP, Cerqueira Cesar**. São Paulo, 2004 Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>

CETESB. **Classificação da representatividade espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar**. São Paulo, 2014 Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>

CETESB. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2018**. São Paulo, 2019 Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>

CETESB. **Evolução das concentrações de Carbono Orgânico e Carbono Elementar no MP<sub>2,5</sub> na atmosfera de São Paulo (Cerqueira César)**. São Paulo, 2021 Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>

Debra T Silverman, Diesel Exhaust and Lung Cancer—Aftermath of Becoming an IARC Group 1 Carcinogen, **American Journal of Epidemiology**, Volume 187, Issue 6, June 2018, Pages 1149–115, <https://doi.org/10.1093/aje/kwy036>

Dongsheng J., Meng G., Willy Maenhaut, J., Cheng W., Linjun C., Wenkang G., Yang S., Jiaren S., Jinyuan X., Lili W., Yuesi W., The carbonaceous aerosol levels still remain a challenge in the Beijing-Tianjin-Hebei region of China: Insights from continuous high temporal resolution measurements in multiple cities, **Environment International**, 126, 171-183 (2019) <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.034>.

Gu, J., Bai, Z., Liu, A., Wu, L., Xie, Y., Li, W., Dong, H. and Zhang, X. Characterization of Atmospheric Organic Carbon and Element Carbon of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> at Tianjin, China. **Aerosol Air Qual. Research** 10: 167-176, (2010) <https://doi.org/10.4209/aaqr.2009.12.0080>

IARC. International Agency for Research on Cancer. Diesel engine exhaust carcinogenic, 2012 Disponível em: [https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr213\\_E.pdf](https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr213_E.pdf)

Jones, A.M., Harrison, R.M. Interpretation of particulate elemental and organic carbon concentrations at rural, urban and kerbside sites. **Atmospheric Environment** 39, 7114-7126 (2005)

Lonati, G., Ozgen, S., Giugliano, M.. Primary and secondary carbonaceous species in PM<sub>2.5</sub> samples in Milan (Italy), **Atmospheric Environment**, Volume 41 (22), 4599-4610 (2007) <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.03.046C:\Users\002636\Downloads\j.atmosenv.2007.03.04620201027-5145-ao20v0-libre.pdf>

Karanasiou, A. & Minguillón, M. & Viana, M. & Alastuey, A. & Putaud, J. & Maenhaut, W. & Panteliadis, P. & Močnik, G. & Favez, O. & Kuhlbusch, T.A.J.. Thermal-optical analysis for the measurement of elemental carbon (EC) and organic carbon (OC) in ambient air a literature review. **Atmos. Meas Tech. Discuss.** 8. 9649-9712 (2015)

Mukaka MM. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Med J.**, 24(3):69-71 (2012)



- Paraskevopoulou, D., Liakakou, E., Gerasopoulos, E., Theodosi, C., and Mihalopoulos, N.: Long-term characterization of organic and elemental carbon in the PM<sub>2.5</sub> fraction: the case of Athens, Greece, **Atmos. Chem. Phys.**, 14, 13313–13325, <https://doi.org/10.5194/acp-14-13313-2014> (2014)
- Park, S. S., Harrison, D., Pancras, J. P., and Ondov, J. M. (2005), Highly time-resolved organic and elemental carbon measurements at the Baltimore Supersite in 2002, **J. Geophys. Res.**, 110, D07S06
- Pio, C. & Cerqueira, M. & Harrison, R. & Nunes, T. & Mirante, F. & Alves, C. & Oliveira, C. & Verdona, A. M. & Artíñano, B & Matos, M. OC/EC Ratio Observations in Europe: Re-thinking the Approach for Apportionment between Primary and Secondary Organic Carbon. **Atmospheric Environment**. 45. 6121-6132 (2011). [10.1016/j.atmosenv.2011.08.045](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.08.045).
- Qi M, Jiang L, Liu Y, Xiong Q, Sun C, Li X, Zhao W, Yang X. Analysis of the Characteristics and Sources of Carbonaceous Aerosols in PM<sub>2.5</sub> in the Beijing, Tianjin, and Langfang Region, China. **Int J Environ Res Public Health**. Jul 13;15(7):1483 (2018)
- Robert, M.A., Kleeman, M.J., Jakober, C.A.. Size and composition distributions of particulate matter emissions: part 2-heavy duty diesel vehicles. **Journal of Air & Waste Management Association** 57, 1429e1438 (2007a)
- Robert, M.A., VanBergen, S., Kleeman, M.J., Jakober, C.A. Size and composition distributions of particulate matter emissions: part 1-light duty gasoline vehicles. **Journal of Air & Waste Management Association** 57, 1414e1428 (2007b)
- Samara, C., Voutsas, D., Kouras, A. et al. Organic and elemental carbon associated to PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> at urban sites of northern Greece. **Environ Sci Pollut Res** 21, 1769–1785 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2052-8>
- UNITED STATES. EPA. Environmental Protection Agency  
<http://views.cira.colostate.edu/fed/SiteBrowser/Default.aspx>, Acesso em 02/2020
- UNITED STATES. EPA. - Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust-EPA/600/8-90/057F – May 2002
- Viana, M., Maenhaut, W., ten Brink H.M., , Chi X., Weijers, E., Querol, X., Alastuey, A., Mikuška, P., Večeřa, Z.. Comparative analysis of organic and elemental carbon concentrations in carbonaceous aerosols in three European cities, **Atmospheric Environment**, 41 (28), 5972-5983 (2007). <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.03.035>.
- Wang, J.; Yu, A.; Yang, L.; Fang, C. Research on Organic Carbon and Elemental Carbon Distribution Characteristics and Their Influence on Fine Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) in Changchun City. **Environments** , 6, 21 (2019).
- WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air Quality Guidelines, Summary of Risk Assessment – Global Update, 2005.

## Apêndice

Data da Amostragem	Cerqueira César				Data da Amostragem	Cerqueira César			
	MP2,5 (µg/m³)	C. Org. (µg/m³)	C.E. (µg/m³)	C.T. (µg/m³)		MP2,5 (µg/m³)	C. Org. (µg/m³)	C.E. (µg/m³)	C.T. (µg/m³)
12/01/2020	7	3,3	1,1	4,4	12/01/2021	13	5,7	2,3	8,0
18/01/2020	4	1,8	0,9	2,7	24/01/2021	13	5,7	1,0	6,8
24/01/2020	5	2,2	0,9	3,1	30/01/2021	18	11,8	3,2	15,0
05/02/2020	9	2,9	2,1	5,0	05/02/2021	6	3,8	1,4	5,2
11/02/2020	5	1,5	1,2	2,7	11/02/2021	12	5,9	2,5	8,4
17/02/2020	17	5,4	3,1	8,5	17/02/2021	14	6,1	3,4	9,5
23/02/2020	6	1,7	0,7	2,4	01/03/2021	13	6,5	2,3	8,8
29/02/2020	5	2,1	1,2	3,3	07/03/2021	7	4,9	1,1	6,0
06/03/2020	9	2,9	1,0	3,8	13/03/2021	15	5,4	1,1	6,5
12/03/2020	15	4,1	1,9	6,0	19/03/2021	12	4,6	1,8	6,4
18/03/2020	16	4,7	2,5	7,3	25/03/2021	9	3,1	1,5	4,7
24/03/2020	5	1,7	1,2	2,9	28/03/2021	10	3,8	1,0	4,8
23/04/2020	14	3,5	1,1	4,6	31/03/2021	5	2,2	1,0	3,3
29/04/2020	18	6,3	2,8	9,1	01/04/2021	10	3,0	0,7	3,7
05/05/2020	20	6,6	2,9	9,5	06/04/2021	9	2,9	1,9	4,8
11/05/2020	17	7,2	2,7	9,8	12/04/2021	9	3,6	2,0	5,6
17/05/2020	25	7,9	2,5	10,3	18/04/2021	5	2,4	0,7	3,1
23/05/2020	6	2,4	0,9	3,3	24/04/2021	7	2,8	1,1	3,9
29/05/2020	26	9,6	4,0	13,6	30/04/2021	5	2,4	1,2	3,6
04/06/2020	11	3,4	1,9	5,3	06/05/2021	30	7,5	3,3	10,8
10/06/2020	12	5,1	4,0	9,1	12/05/2021	7	2,8	1,0	3,8
16/06/2020	9	3,2	1,6	4,8	18/05/2021	10	3,0	0,9	3,8
22/06/2020	21	7,6	5,3	12,9	24/05/2021	9	3,5	2,1	5,6
04/07/2020	15	4,7	2,3	6,9	30/05/2021	13	4,5	1,1	5,6
10/07/2020	20	5,7	3,2	8,9	05/06/2021	19	6,2	2,4	8,7
16/07/2020	11	3,9	2,1	6,0	11/06/2021	10	5,4	2,2	7,6
22/07/2020	25	7,9	6,6	14,6	17/06/2021	5	1,7	0,6	2,3
28/07/2020	16	5,2	4,7	9,9	23/06/2021	5	2,0	1,0	3,1
03/08/2020	22	5,6	1,5	7,1	05/07/2021	13	3,4	1,3	4,7
09/08/2020	29	7,9	1,4	9,3	11/07/2021	33	14,1	3,1	17,2
15/08/2020	18	8,0	2,1	10,1	17/07/2021	11	5,8	1,7	7,5
27/08/2020	15	4,3	3,9	8,2	23/07/2021	35	12,8	3,1	15,9
02/09/2020	15	5,6	1,5	7,0	29/07/2021	8	3,9	1,1	5,0
08/09/2020	23	6,2	1,8	7,9	04/08/2021	8	3,3	0,7	4,0
14/09/2020	32	13,6	4,2	17,8	10/08/2021	30	13,9	5,2	19,2
26/09/2020	23	8,6	4,5	13,1	16/08/2021	22	7,7	2,4	10,1
02/10/2020	40	16,3	6,1	22,4	22/08/2021	30	15,6	3,1	18,6
08/10/2020	15	5,7	2,6	8,4	28/08/2021	6	4,0	0,9	4,9
14/10/2020	22	7,2	2,6	9,9	03/09/2021	20	11,3	4,1	15,4
20/10/2020	20	5,5	4,6	10,0	09/09/2021	18	7,9	2,9	10,8
26/10/2020	10	3,1	1,1	4,2	15/09/2021	11	4,8	1,4	6,2
01/11/2020	4	1,1	0,2	1,3	21/09/2021	27	10,9	4,7	15,6
07/11/2020	12	3,6	0,8	4,3	27/09/2021	23	8,9	3,0	12,0
13/11/2020	15	4,2	1,8	6,0	03/10/2021	18	7,7	1,8	9,4
19/11/2020	4	1,4	0,9	2,3	09/10/2021	8	3,0	1,0	3,9
25/11/2020	12	6,8	3,0	9,8	15/10/2021	11	4,5	2,1	6,6
01/12/2020	8	3,5	2,1	5,6	21/10/2021	8	2,8	1,0	3,8
07/12/2020	7	3,7	0,7	4,5	27/10/2021	13	4,3	1,3	5,6
13/12/2020	5	2,6	1,1	3,7	02/11/2021	4	2,1	0,6	2,7
17/12/2020	9	3,0	2,9	6,0	08/11/2021	7	3,9	1,0	4,9
					14/11/2021	6	3,8	0,6	4,4
					20/11/2021	5	2,4	0,5	2,9
					26/11/2021	12	4,2	2,3	6,6
					02/12/2021	10	3,1	1,1	4,2

Data da Amostragem	Santo Amaro				Data da Amostragem	Santo Amaro			
	MP2,5 (µg/m³)	C. Org. (µg/m³)	C.E. (µg/m³)	C.T. (µg/m³)		MP2,5 (µg/m³)	C. Org. (µg/m³)	C.E. (µg/m³)	C.T. (µg/m³)
18/01/2020	5,5	0,6	0,8	4,0	05/01/2021	9,7	6,7	4,4	9,1
24/01/2020	3,5	2,5	1,3	3,2	12/01/2021	10,4	5,2	3,2	6,9
30/01/2020	5,8	4,0	2,9	5,6	24/01/2021	12,6	5,3	1,5	6,1
05/02/2020	6,5	3,3	2,4	4,6	30/01/2021	14,8	11,5	4,0	13,6
11/02/2020	4,0	2,0	0,9	2,5	05/02/2021	4,0	1,9	1,4	2,6
23/02/2020	7,3	1,9	1,0	2,5	11/02/2021	9,6	4,0	1,9	5,0
29/02/2020	3,8	1,9	1,4	2,7	17/02/2021	10,0	3,9	3,2	5,6
06/03/2020	7,6	2,1	1,8	3,0	23/02/2021	10,0	5,2	3,7	7,2
12/03/2020	13,6	4,3	4,3	6,7	01/03/2021	10,7	5,3	2,8	6,8
18/03/2020	14,9	6,4	3,4	8,3	07/03/2021	6,2	3,7	1,3	4,4
10/06/2020	11,5	6,4	6,8	10,0	13/03/2021	14,6	4,7	1,4	5,5
16/06/2020	10,7	4,0	2,7	5,4	19/03/2021	8,0	3,5	1,9	4,5
22/06/2020	28,8	16,3	13,9	23,7	25/03/2021	5,4	2,9	1,8	3,8
04/07/2020	18,3	7,2	5,0	9,8	31/03/2021	4,8	2,3	1,7	3,2
10/07/2020	17,5	7,5	4,9	10,1	06/04/2021	7,9	3,1	3,0	4,7
16/07/2020	12,9	5,5	3,0	7,1	12/04/2021	10,4	4,6	3,9	6,7
22/07/2020	37,1	21,7	18,5	31,4	18/04/2021	4,7	2,2	1,2	2,8
28/07/2020	20,1	11,7	10,6	17,3	30/04/2021	4,6	2,2	1,0	2,7
03/08/2020	17,6	7,6	3,5	9,3	06/05/2021	24,8	8,6	4,4	10,9
09/08/2020	25,6	9,7	2,3	10,9	12/05/2021	4,5	2,2	1,1	2,8
15/08/2020	15,5	8,6	4,4	11,0	18/05/2021	7,9	3,1	1,6	4,0
27/08/2020	10,1	6,1	4,4	8,4	24/05/2021	12,2	5,4	4,5	7,8
02/09/2020	12,2	4,2	1,2	4,8	30/05/2021	10,0	4,3	1,7	5,2
08/09/2020	19,2	6,5	2,4	7,8	11/06/2021	8,1	2,9	2,2	4,1
14/09/2020	28,6	15,7	10,0	21,0	17/06/2021	2,7	1,5	1,0	2,0
20/09/2020	13,0	2,2	0,7	2,6	23/06/2021	5,1	1,9	1,8	2,8
02/10/2020	33,7	15,6	9,4	20,8	29/06/2021	4,1	2,5	1,7	3,4
08/10/2020	12,1	6,0	3,4	7,8	05/07/2021	11,0	2,9	1,6	3,7
14/10/2020	17,3	8,6	3,3	10,4	11/07/2021	45,8	18,4	9,5	23,4
20/10/2020	19,5	7,8	3,9	9,9	17/07/2021	10,3	4,5	2,7	5,9
26/10/2020	7,8	3,8	1,5	4,6	23/07/2021	27,6	7,8	3,1	9,4
01/11/2020	2,1	1,4	0,5	1,6	29/07/2021	6,7	2,7	1,5	3,5
07/11/2020	8,4	4,5	1,8	5,4	04/08/2021	5,9	1,8	1,1	2,4
13/11/2020	11,7	7,1	2,3	8,3	16/08/2021	20,0	5,6	3,2	7,2
25/11/2020	12,0	5,5	3,3	7,2	22/08/2021	38,0	17,2	7,4	21,1
01/12/2020	6,4	4,2	2,9	5,7	28/08/2021	9,4	2,3	1,0	2,8
07/12/2020	4,3	2,5	1,6	3,4	03/09/2021	15,2	9,7	7,2	13,6
					09/09/2021	15,1	8,7	7,3	12,6
					15/09/2021	9,3	4,4	2,3	5,7
					27/09/2021	26,9	11,4	14,1	18,9
					03/10/2021	12,5	6,9	3,6	8,8
					09/10/2021	5,8	2,6	1,2	3,2
					21/10/2021	5,3	2,0	1,2	2,6
					02/11/2021	1,9	1,3	0,8	1,7
					08/11/2021	6,0	2,1	1,1	2,8
					14/11/2021	7,7	3,3	1,1	3,9
					20/11/2021	3,5	2,7	0,5	3,0

Data da Amostragem	São Caetano do Sul				Data da Amostragem	São Caetano do Sul			
	MP2,5 (µg/m³)	C. Org. (µg/m³)	C.E. (µg/m³)	C.T. (µg/m³)		MP2,5 (µg/m³)	C. Org. (µg/m³)	C.E. (µg/m³)	C.T. (µg/m³)
12/01/2020	8	4,7	0,8	5,4	06/01/2021	11	5,6	2,4	8,0
24/01/2020	5	3,1	1,2	4,3	12/01/2021	19	5,9	1,1	7,0
30/01/2020	9	5,9	2,1	8,0	24/01/2021	16	5,7	0,9	6,7
05/02/2020	10	4,4	1,7	6,1	30/01/2021	20	9,8	2,1	11,9
11/02/2020	5	2,3	0,8	3,1	05/02/2021	6	3,2	1,2	4,3
17/02/2020	19	6,5	1,5	8,0	11/02/2021	12	4,5	1,4	5,9
23/02/2020	8	2,5	0,5	3,0	17/02/2021	14	5,6	2,2	7,8
12/03/2020	17	4,8	2,4	7,2	23/02/2021	14	7,5	3,0	10,5
18/03/2020	22	7,1	2,0	9,2	01/03/2021	13	7,3	1,7	8,9
04/06/2020	17	3,8	2,0	5,8	07/03/2021	11	6,3	1,6	7,9
16/06/2020	11	3,3	1,4	4,7	13/03/2021	17	7,1	1,0	8,0
22/06/2020	44	16,0	8,3	24,2	19/03/2021	12	4,9	1,3	6,1
28/06/2020	4	1,9	0,4	2,4	31/03/2021	6	2,6	0,9	3,5
04/07/2020	27	12,3	4,5	16,7	06/04/2021	8	3,6	1,2	4,9
10/07/2020	21	7,4	3,1	10,4	12/04/2021	11	4,6	2,1	6,7
22/07/2020	30	12,2	7,9	20,1	18/04/2021	7	2,9	0,6	3,5
28/07/2020	18	10,3	4,2	14,5	24/04/2021	6	3,2	0,9	4,1
03/08/2020	19	6,5	1,4	7,9	30/04/2021	6	2,0	0,7	2,7
15/08/2020	15	7,9	1,8	9,7	06/05/2021	28	8,4	1,8	10,2
27/08/2020	20	9,0	1,9	10,9	12/05/2021	9	3,0	1,2	4,2
02/09/2020	12	4,7	1,7	6,4	18/05/2021	11	3,9	1,0	4,9
08/09/2020	22	7,2	1,4	8,6	24/05/2021	11	6,9	2,2	9,1
14/09/2020	34	18,0	5,3	23,3	30/05/2021	12	6,7	1,1	7,8
20/09/2020	6	3,4	0,5	4,0	05/06/2021	17	9,0	2,2	11,1
26/09/2020	27	12,8	4,4	17,2	11/06/2021	11	3,8	1,6	5,5
02/10/2020	46	19,4	6,1	25,4	17/06/2021	6	2,0	0,7	2,7
08/10/2020	16	7,4	1,8	9,2	23/06/2021	7	3,2	0,6	3,8
14/10/2020	26	10,8	1,9	12,7	29/06/2021	6	2,7	1,0	3,7
20/10/2020	24	8,0	2,2	10,1	05/07/2021	14	3,6	0,9	4,5
26/10/2020	10	4,1	1,2	5,3	11/07/2021	41	13,3	3,1	16,5
07/11/2020	12	5,4	0,8	6,2	17/07/2021	17	7,5	2,1	9,6
13/11/2020	18	6,4	2,2	8,6	23/07/2021	32	10,6	2,2	12,9
19/11/2020	5	2,4	1,0	3,5	29/07/2021	8	3,4	0,9	4,3
25/11/2020	16	6,8	3,1	9,9	04/08/2021	8	4,3	0,6	4,9
01/12/2020	11	5,9	2,3	8,1	10/08/2021	30	12,3	4,6	16,9
07/12/2020	7	3,9	1,0	4,9	16/08/2021	19	6,1	1,6	7,6
19/12/2020	10	5,0	2,7	7,7	22/08/2021	39	21,0	3,9	25,0
					28/08/2021	6	3,0	0,6	3,6
					03/09/2021	20	10,6	3,5	14,1
					09/09/2021	20	9,5	2,2	11,7
					15/09/2021	12	7,1	1,4	8,4
					21/09/2021	24	11,4	3,4	14,8
					27/09/2021	32	11,7	3,1	14,8
					09/10/2021	8	3,7	0,8	4,5
					21/10/2021	8	2,7	0,9	3,7
					02/11/2021	7	2,2	0,5	2,6
					08/11/2021	9	3,1	0,8	3,8
					14/11/2021	8	3,0	0,6	3,7
					20/11/2021	7	2,5	0,4	2,8
					26/11/2021	10	5,3	1,6	6,9
					02/12/2021	10	3,7	0,8	4,5






Data da Amostragem	Santo André - Capuava				Data da Amostragem	Santo André - Capuava			
	MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. Org. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C.E. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C.T. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. Org. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C.E. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C.T. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
12/01/2020	11	2,8	0,8	3,6	06/01/2021	11	5,9	2,1	8,0
18/01/2020	6	1,4	1,6	3,1	12/01/2021	22	4,8	1,6	6,4
24/01/2020	6	1,7	1,3	3,1	24/01/2021	16	5,3	0,7	6,0
30/01/2020	6	2,8	1,4	4,3	30/01/2021	21	8,7	2,0	10,7
05/02/2020	12	4,9	2,8	7,7	05/02/2021	7	1,3	0,2	1,5
11/02/2020	5	1,3	0,8	2,1	11/02/2021	12	3,9	1,4	5,3
17/02/2020	22	4,3	1,3	5,6	17/02/2021	12	4,5	1,6	6,1
23/02/2020	6	1,6	0,5	2,1	23/02/2021	12	7,5	2,4	9,9
29/02/2020	6	1,7	0,7	2,4	01/03/2021	14	6,4	1,5	7,9
06/03/2020	7	1,5	0,8	2,3	07/03/2021	9	5,8	0,8	6,6
12/03/2020	17	3,5	1,4	4,9	13/03/2021	15	4,9	0,8	5,7
18/03/2020	23	6,8	1,5	8,3	19/03/2021	16	4,4	1,2	5,5
23/04/2020	16	3,9	1,4	5,3	25/03/2021	12	3,1	0,8	3,9
29/04/2020	22	6,8	2,4	9,2	31/03/2021	5	2,3	0,8	3,1
05/05/2020	19	5,4	2,1	7,6	06/04/2021	6	3,1	1,2	4,2
11/05/2020	19	7,6	2,2	9,8	12/04/2021	14	4,9	1,9	6,9
17/05/2020	27	6,6	1,7	8,2	18/04/2021	7	3,6	0,7	4,4
23/05/2020	7	3,1	0,9	4,0	24/04/2021	8	3,5	0,9	4,4
29/05/2020	34	14,7	3,9	18,6	30/04/2021	4	1,8	0,9	2,7
04/06/2020	11	3,7	1,3	5,0	06/05/2021	27	9,2	2,0	11,2
10/06/2020	21	9,1	5,7	14,7	12/05/2021	11	3,5	1,4	4,8
22/06/2020	28	14,3	6,7	20,9	18/05/2021	14	3,6	1,0	4,7
28/06/2020	2	1,5	0,3	1,7	24/05/2021	9	5,8	2,0	7,8
04/07/2020	21	8,1	2,1	10,1	30/05/2021	12	5,8	1,1	6,8
10/07/2020	21	9,5	2,8	12,3	11/06/2021	12	3,0	1,3	4,3
22/07/2020	23	12,1	4,5	16,5	17/06/2021	8	1,5	0,6	2,1
28/07/2020	17	9,3	4,0	13,2	23/06/2021	5	2,2	1,2	3,4
15/08/2020	17	8,2	1,8	9,9	29/06/2021	6	2,5	0,9	3,4
27/08/2020	25	5,8	2,1	7,8	05/07/2021	12	3,3	0,9	4,2
02/09/2020	20	4,7	0,9	5,5	11/07/2021	39	13,9	1,8	15,6
14/09/2020	34	17,2	3,8	20,9	23/07/2021	30	9,9	2,0	11,9
20/09/2020	7	2,3	0,5	2,7	04/08/2021	21	7,7	1,5	9,1
26/09/2020	28	12,6	3,6	16,2	10/08/2021	34	19,6	4,8	24,3
02/10/2020	36	12,2	4,8	16,9	16/08/2021	19	7,0	1,6	8,6
08/10/2020	15	5,1	1,9	6,9	22/08/2021	36	20,8	3,5	24,3
14/10/2020	29	5,8	1,3	7,0	28/08/2021	6	2,5	0,5	3,1
20/10/2020	26	5,8	1,7	7,4	03/09/2021	20	9,5	3,9	13,4
26/10/2020	9	2,3	0,9	3,1	09/09/2021	20	7,1	1,9	9,0
01/11/2020	5	1,0	0,3	1,3	15/09/2021	17	5,4	1,7	7,0
07/11/2020	14	3,8	0,7	4,4	21/09/2021	23	7,8	2,4	10,2
13/11/2020	20	5,0	1,6	6,6	27/09/2021	26	7,8	2,5	10,4
19/11/2020	6	1,6	1,1	2,7	03/10/2021	15	5,1	1,1	6,1
01/12/2020	12	5,1	1,9	6,9	09/10/2021	7	2,2	0,8	2,9
07/12/2020	6	2,6	1,0	3,5	15/10/2021	10	4,3	1,6	5,9
13/12/2020	5	2,5	0,6	3,0	21/10/2021	9	2,4	0,6	3,0
17/12/2020	12	4,7	2,0	6,6	27/10/2021	13	2,7	0,9	3,6
					02/11/2021	7	2,1	0,4	2,5
					08/11/2021	8	2,5	0,8	3,2
					14/11/2021	8	3,6	0,6	4,2
					20/11/2021	7	2,0	0,3	2,3
					26/11/2021	11	5,5	1,4	6,9
					02/12/2021	9	3,0	0,7	3,7

Data da Amostragem	Osasco				Data da Amostragem	Osasco			
	MP2,5 (µg/m³)	C. Org. (µg/m³)	C.E. (µg/m³)	C.T. (µg/m³)		MP2,5 (µg/m³)	C. Org. (µg/m³)	C.E. (µg/m³)	C.T. (µg/m³)
18/01/2020	8	2,7	2,2	5,0	12/01/2021	15	6,7	4,7	11,4
24/01/2020	7	2,9	2,7	5,5	24/01/2021	14	6,9	1,4	8,3
05/02/2020	11	4,5	3,5	8,0	30/01/2021	22	11,3	3,3	14,6
17/02/2020	18	8,3	6,0	14,2	11/02/2021	16	7,1	4,6	11,7
23/02/2020	8	3,3	1,1	4,4	17/02/2021	17	8,7	6,4	15,1
29/02/2020	8	4,0	2,8	6,9	23/02/2021	16	9,3	5,3	14,6
06/03/2020	11	4,2	3,8	8,0	07/03/2021	11	8,9	2,0	11,0
12/03/2020	18	5,2	3,8	9,0	13/03/2021	19	7,7	3,5	11,2
18/03/2020	19	5,1	4,0	9,1	19/03/2021	16	6,9	5,3	12,2
24/03/2020	11	2,1	3,2	5,3	25/03/2021	11	5,5	3,8	9,2
11/05/2020	27	10,3	4,4	14,7	28/03/2021	13	6,7	2,6	9,3
17/05/2020	25	8,1	2,2	10,4	31/03/2021	7	3,6	2,1	5,7
23/05/2020	7	3,3	0,9	4,2	03/04/2021	10	4,5	3,8	8,3
29/05/2020	39	13,3	6,5	19,8	06/04/2021	18	6,3	4,6	10,9
10/06/2020	19	7,4	6,2	13,7	12/04/2021	14	5,8	3,3	9,1
16/06/2020	16	3,8	4,7	8,6	24/04/2021	7	4,4	2,5	7,0
22/06/2020	31	10,3	7,8	18,1	30/04/2021	9	4,5	3,9	8,5
28/06/2020	4	2,1	0,7	2,8	06/05/2021	31	14,3	6,5	20,8
04/07/2020	25	9,1	4,6	13,7	18/05/2021	13	6,0	4,4	10,1
10/07/2020	27	7,0	5,8	12,8	24/05/2021	15	8,2	3,6	11,8
16/07/2020	25	5,1	4,6	9,7	30/05/2021	18	9,9	3,2	13,1
22/07/2020	38	12,8	9,0	21,8	05/06/2021	31	15,8	6,0	21,8
28/07/2020	32	10,0	8,7	18,7	11/06/2021	14	4,8	3,3	8,1
03/08/2020	24	8,4	3,5	11,8	17/06/2021	7	3,2	2,9	6,1
09/08/2020	32	10,4	1,6	12,0	23/06/2021	11	3,4	4,1	7,6
15/08/2020	23	9,0	3,4	12,4	05/07/2021	19	4,8	4,6	9,4
27/08/2020	22	9,4	6,6	16,0	11/07/2021	49	26,2	5,1	31,3
02/09/2020	16	5,1	2,7	7,7	23/07/2021	37	14,6	6,2	20,8
08/09/2020	27	8,3	3,6	11,8	29/07/2021	11	5,0	2,4	7,4
14/09/2020	21	12,8	2,8	15,6	04/08/2021	12	3,8	3,2	7,0
20/09/2020	6	3,3	0,7	4,0	10/08/2021	44	18,9	10,3	29,2
26/09/2020	30	13,9	5,0	18,9	16/08/2021	29	9,0	6,2	15,2
02/10/2020	48	21,4	6,0	27,4	28/08/2021	10	5,8	2,5	8,3
08/10/2020	18	7,7	3,4	11,2	03/09/2021	32	15,3	6,4	21,7
14/10/2020	25	10,0	3,8	13,8	15/09/2021	15	5,8	3,7	9,6
20/10/2020	24	8,6	4,9	13,4	21/09/2021	35	13,4	7,4	20,9
26/10/2020	13	5,0	2,8	7,7	27/09/2021	34	13,2	5,2	18,4
01/11/2020	5	2,1	0,7	2,8	03/10/2021	18	7,6	2,6	10,2
07/11/2020	13	5,4	1,6	7,0	09/10/2021	12	5,2	2,9	8,1
13/11/2020	13	7,7	3,6	11,3	15/10/2021	16	8,2	4,2	12,4
19/11/2020	7	3,3	2,2	5,5	21/10/2021	12	4,8	3,5	8,3
25/11/2020	19	8,1	4,9	13,0	27/10/2021	16	6,9	4,1	10,9
01/12/2020	11	5,7	3,2	8,9	08/11/2021	11	5,7	3,5	9,2
07/12/2020	10	4,7	3,2	7,9	14/11/2021	9	4,7	1,2	6,0
13/12/2020	7	5,3	1,4	6,7	20/11/2021	8	3,3	2,0	5,3
					26/11/2021	16	7,5	3,1	10,6
					02/12/2021	13	5,3	4,1	9,4



Secretaria de  **SÃO PAULO**  
**Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística** GOVERNO DO ESTADO

Acompanhe as redes sociais da CETESB:

-  Site: [cetesb.sp.gov.br](http://cetesb.sp.gov.br)
-  Facebook: [facebook.com/cetesbsp](https://facebook.com/cetesbsp)
-  LinkedIn: [linkedin.com/company/cetesb](https://linkedin.com/company/cetesb)
-  Instagram: [instagram.com/cetesbsp](https://instagram.com/cetesbsp)
-  SoundCloud: [soundcloud.com/cetesbsp](https://soundcloud.com/cetesbsp)