

**X-025 - DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE MATERIAL PARTICULADO E POLUENTES INORGÂNICOS EM UM TRECHO URBANO SOB INTENSO TRÁFEGO DE VEÍCULOS NA CIDADE DE FORTALEZA – CEARÁ**

**Rodrigo Martins de Lima<sup>(1)</sup>**

Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Ceará. Mestrando em Tecnologia e Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

**Rita Sannara Bandeira do Nascimento Lara do Nascimento Lopes<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Tecnologia em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

**Lara do Nascimento Lopes<sup>(3)</sup>**

Graduanda em Tecnologia em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

**Mona Lisa Moura de Oliveira<sup>(4)</sup>**

Graduada em Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará. Mestra em Engenharia Química pela Universidade Federal do Ceará. Doutora em Engenharia Mecânica pelo Instituto Superior Técnico- Lisboa.

**Rinaldo dos Santos Araújo<sup>(5)</sup>**

Técnico em Química pela Escola Técnica Federal do Ceará. Graduado em Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Doutor em Química pela Universidade Federal do Ceará.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Meduza, 301, Apto. 201 – Porto das Dunas - Aquiraz - Ceará - CEP: 61700-000 - Brasil - Tel: +55 (85) 8754-4194 - e-mail: [rodriguml@gmail.com](mailto:rodriguml@gmail.com).

## RESUMO

Nos últimos anos tem havido uma grande preocupação com os problemas de poluição do ar causada pelas diversas atividades antrópicas, sobretudo associadas ao lançamento de compostos poluentes em concentrações e quantidades que podem causar danos ambientais e risco à saúde das pessoas e demais seres vivos. As várias substâncias poluentes no ar são lançadas de fontes naturais e antropogênicas, que incluem as atividades industriais, geração de energia, escapamento veicular, refino de petróleo, queimadas, entre outras. Dentre os compostos poluentes destacam-se o material particulado ( $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$ , PTS, fumaça e *black carbon*); o monóxido e dióxido de carbono; os óxidos de nitrogênio; o dióxido de enxofre; o ozônio troposférico; os compostos orgânicos voláteis, os hidrocarbonetos, as bifenilas policloradas; os metais pesados; entre outros compostos. Nesse cenário o presente estudo realizou um estudo de monitoramento da qualidade do ar em um trecho urbano de intenso fluxo veicular na cidade de Fortaleza. Para tanto, foram monitorados os parâmetros de:  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$  e PTS, usando amostradores de grande volume (Hivol); fumaça e *black carbon* em amostradores de pequeno volume e gases inorgânicos como  $SO_2$ ,  $NO_2$  e  $NH_3$  usando amostrador de três gases simultâneos (Trigás). Os resultados mostraram os seguintes valores médios:  $PM_{2,5}$  de 26,5  $\mu g/m^3$ ,  $PM_{10}$  de 31,0  $\mu g/m^3$ , PTS de 72,2  $\mu g/m^3$ , fumaça de 8,7  $\mu g/m^3$ , *black carbon* de 0,51  $\mu g/m^3$ ,  $SO_2$  de 0,5  $\mu g/m^3$ ,  $NO_2$  de 14,0  $\mu g/m^3$  e  $NH_3$  de 1,1  $\mu g/m^3$ , os quais indicam que a qualidade do ar encontra-se boa no sítio estudado, conforme os limites estabelecidos pela legislação brasileira.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluição atmosférica. Material particulado. Gases inorgânicos. Qualidade do ar.

## INTRODUÇÃO

Os problemas de poluição do ar têm sido alvos de grande preocupação e estudos da comunidade científica, sobretudo nos grandes centros urbanos, culminados pelas crescentes emissões ao longo dos últimos anos (MASIOL *et al.*, 2014).

O desenvolvimento urbano e industrial está associado diretamente ao aumento das concentrações de poluentes na atmosfera, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis, causando danos ao meio ambiente e à saúde da população. (QUEIROZ; JACOMINO; MENEZES, 2007).

Os compostos poluentes particulados presentes na atmosfera podem se apresentar como gases ou particulados e são classificados considerando o tamanho de suas partículas, como poeiras névoa, fumaça vapor e sprays, com medidas entre 0,01  $\mu\text{m}$  e mais de 100  $\mu\text{m}$  (VESILIND; MORGAN, 2011). Entre os gases são exemplos: o monóxido e dióxido de carbono ( $\text{CO}$  e  $\text{CO}_2$ ), os óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ), os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ), os Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs), os Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPAs), as Bifenilas policloradas (PCB) e os metais pesados (OHURA *et al.* 2013; LIU *et al.* 2012; BLOCK *et al.* 2012; LI *et al.* 2013).

Esses poluentes ocorrem naturalmente na atmosfera podendo ser originados a partir de emissões vulcânicas, descargas elétricas e decomposição biológica, podem ainda sofrer transformações físicas e químicas (SCHIRMER; LISBOA, 2008). As principais fontes de poluição antrópica envolvem a queima de biomassa e de combustíveis fósseis, atrelados ao tráfego de veículos e atividades industriais, principalmente nos grandes centros urbanos (VADREVU; GIGLIO; JUSTICE, 2013).

Diante da problemática, o presente estudo objetiva avaliar a qualidade do ar em um trecho urbano da cidade de Fortaleza – Ceará. A região estudada apresenta intensa circulação de veículos (passeio, carga e transporte coletivo) e elevado adensamento populacional (residências, comércios e instituições de ensino), e está localizada em uma das principais avenidas do município, considerando o fluxo veicular. As concentrações detectadas foram comparadas com os padrões estabelecidos pela legislação vigente no Brasil relacionados a Resolução CONAMA 03/1990 (BRASIL, 1990) e o Decreto Estadual 59113/2013 de São Paulo (SÃO PAULO, 2013).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O sítio de amostragem está localizado na estação meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza (IFCE) com latitude 03°44'40''S e longitude 38°32'07''W (Figura 1). O local está situado em uma das principais avenidas da capital cearense, onde diariamente trafegam mais de 43 mil veículos (GONÇALVES, 2015). Trata-se de uma região de elevada urbanização, com intenso tráfego de veículos leves e pesados (ônibus e caminhões), possuindo em seu entorno diversos estabelecimentos comerciais, residências, escolas e faculdades.

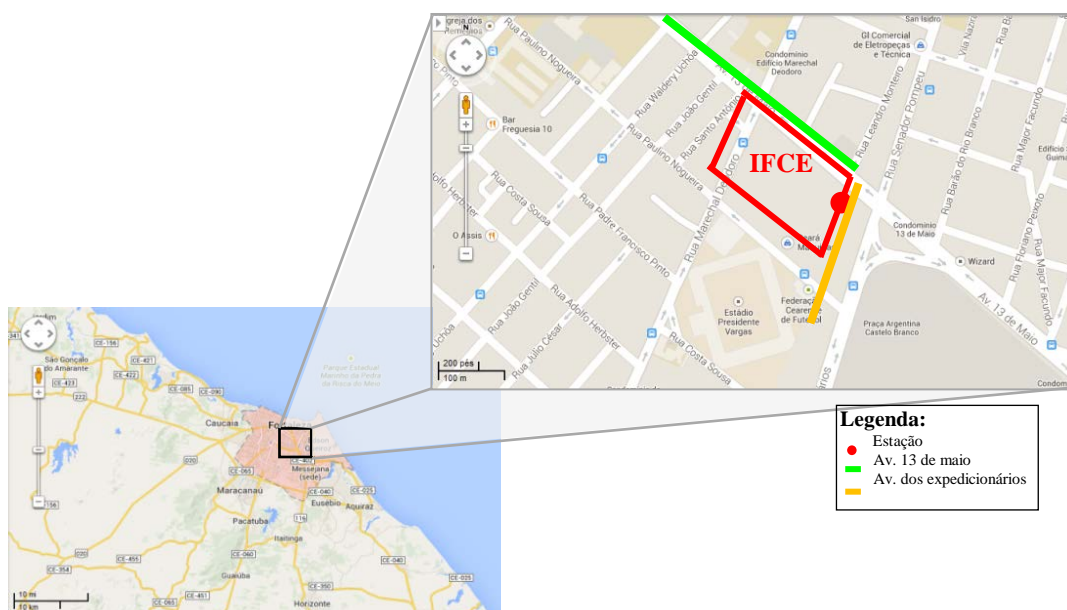


Figura 1 - Localização do ponto de amostragem.

## Amostragem

As amostragens foram realizadas em conformidade com a legislação brasileira vigente, usando como base a Resolução CONAMA 003/1990, sendo feito um monitoramento inicial não contínuo entre abril e maio de 2014 com duração de 24 horas e início às 06:00 h, garantindo assim, maior representatividade das coletas, tendo em vista os picos de engarrafamento ocorridos no início da manhã e ao final da tarde.

O material particulado foi coletado utilizando amostradores de grande volume (Hivol) da marca Echotech, modelo HVS 3000, com *inlets* (cabeças) para seleção dos particulados PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> e PTS à vazão de 68,7 m<sup>3</sup>/hora. Foram utilizados filtros de fibra de vidro da marca Sartorius Stedim, 52 g/m<sup>2</sup> de gramatura e dimensões de 203 mm de largura e 254 mm de comprimento. Para a amostragem de fumaça preta utilizou-se o equipamento OPSOMS da Energética com funil de captação a uma altura de 2,0 metros do solo e vazão nominal de 2,0 L/min, sendo utilizado na coleta papel filtro de celulose da J Prolab, 80 g/m<sup>2</sup> de gramatura e 5,5 cm de diâmetro (equivalente ao Whatman n° 1). Todos os filtros ficaram condicionados por um período de 24 horas antes da pesagem inicial e após a amostragem em um dessecador com umidade controlada a 20% até massa constante.

Para os poluentes inorgânicos, as coletas foram realizadas utilizando um amostrador Trigás da Energética com capacidade de amostragem de até três gases simultaneamente. O Trigás é dotado de uma bomba à vácuo para o borbulhamento do ar em frascos borbulhadores com capacidade de 125 mL, os quais contêm soluções absorvedoras específicas para cada poluente, conforme as normas de referência. O frasco para a amostragem de SO<sub>2</sub> foi mantido em poço frio do equipamento (em torno de 10 °C) para a conservação da amostra durante a coleta.

A aquisição dos parâmetros meteorológicos de temperatura, umidade relativa e precipitação foram realizadas simultaneamente utilizando uma estação meteorológica da marca Instrutemp modelo ITWH1080.

## Determinação das concentrações dos poluentes.

Para a determinação das concentrações dos particulados foram realizadas análises gravimétricas sendo os filtros foram pesados antes e após 24 horas da amostragem em balança analítica da marca Shimadzu modelo AUW220D com precisão de ± 0,01 mg. Os procedimentos foram realizados conforme a NBR 9547/1997 (ABNT, 1997). As concentrações dos particulados PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> e PTS foram calculadas levando em consideração a razão entre a massa de PM e o volume amostrado, conforme Equação 1:

$$C_{PM} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{mf - mi}{V} \times 10^6$$

Onde: C<sub>PM</sub> é a concentração do material particulado em μg/m<sup>3</sup>; mf é a massa final do filtro (g); mi é a massa inicial do filtro (g); V é o volume amostrado (m<sup>3</sup>) e 10<sup>6</sup> é o fator de conversão de gramas para microgramas.

A determinação da concentração de fumaça foi realizada utilizando a NBR 10736/1989 (ABNT, 1989), sendo observado o índice de obscurecimento do filtro em um refletômetro Smoke Stain Refletometer da Diffusion System, modelo M43. Considera-se o índice de obscurecimento (I), calculado pela diferença entre a refletância do filtro não exposto (100%) e refletância do filtro após amostragem de 24 horas (I = 100 – R), onde R é a refletância do filtro exposto. A partir desse índice, obtém-se a concentração superficial e então pode-se calcular a concentração de fumaça, conforme Equação 2:

$$C_{FN} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{(S \times A)}{V}$$

Onde: C<sub>FN</sub> é a concentração de fumaça negra em μg/m<sup>3</sup>; S é a concentração superficial de fumaça em μg/cm<sup>2</sup>; A é a área da mancha no filtro (cm<sup>2</sup>) e V é o volume amostrado (m<sup>3</sup>).

O *black carbon* foi calculado conforme Ramires (2013), considerando a refletância do filtro, a área exposta e o volume amostrado, conforme Equação 3:

$$BC (\mu\text{g}/\text{m}^3) = (81,95 - (71,83 \times \log(R))) + (14,43 \times \log(R)^2) \times \frac{A}{V}$$

Onde: BC é a concentração de *black carbon* em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; R é a refletância (%); A é a área da porção enegrecida do filtro ( $\text{cm}^2$ ) e V o volume de ar amostrado ( $\text{m}^3$ ).

A determinação de  $\text{SO}_2$  foi realizada pelo método da pararrosanilina segundo US-EPA EQS-0775-002 (EPA, 1975) e NBR 9546/1986 (ABNT, 1986), onde o ar é absorvido em solução de tetracloromercurato de potássio e a pararrosanilina é o agente colorimétrico. O  $\text{NO}_2$  foi determinado pelo método do arsenito de sódio baseado na US-EPA EQN-1277-026 (EPA, 1977), o qual usa uma solução absorvedora contendo hidróxido de sódio e arsenito de sódio e o dihidroclorito N-(1-naftil)-etilenodiamina (NEDA) como reagente colorimétrico. Para a  $\text{NH}_3$  empregou-se o método do indofenol (APHA, 1989), onde o poluente é absorvido em uma solução de ácido sulfúrico e após reações com fenol e hipoclorito de sódio, produz indofenol, que é a espécie colorimétrica. Todas as amostras foram analisadas em espectrofotômetro ultravioleta-visível Evolution 60S da Thermo Scientific.

## RESULTADOS

A partir das análises realizadas os valores encontrados de material particulado variaram entre 15,9 e 40,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para o  $\text{PM}_{2,5}$ ; 20,3 e 31,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para o  $\text{PM}_{10}$ ; 39,63 e 90,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PTS; 4,6 e 12,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para fumaça e 0,5 a 1,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para o *black carbon*, conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1 - Concentrações dos materiais particulados:  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  e PTS, fumaça e *black carbon* durante o período de amostragem nos meses de abril e maio de 2014.**

Poluente	Estatísticas					
	N	$\bar{X}$	s	CV	Valor máximo	Valor mínimo
$\text{PM}_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8	26,5	7,6	0,29	40,9	15,9
$\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8	31,0	7,7	0,25	31,1	20,3
PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8	72,2	16,4	0,23	90,6	39,4
Fumaça ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8	8,7	0,39	0,38	12,8	4,6
<i>Black carbon</i> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8	0,51	0,32	0,32	1,2	0,5

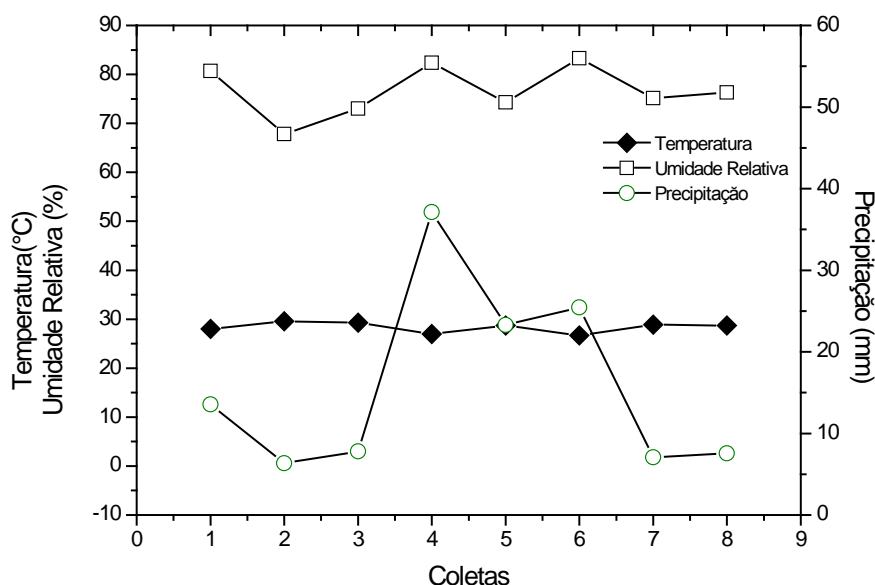
N: Número de amostras;  $\bar{X}$ : média; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

A média das concentrações encontradas não excederam aos padrões primários e secundários estabelecidos pela Resolução CONAMA 003/1990 para  $\text{PM}_{10}$  (150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), PTS (240 e 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e fumaça negra (150 e 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e nem o Padrão Intermediário 1 (MI1) preconizado pelo Decreto Estadual SP N° 59113/2013 para  $\text{PM}_{2,5}$  (60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),  $\text{PM}_{10}$  (120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e fumaça (120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), em coletas de 24 horas, indicando boa qualidade do ar no trecho estudado.

Entretanto, vale lembrar, que tais compostos podem ser prejudiciais à saúde das pessoas, principalmente as partículas inaláveis finas ( $\text{PM}_{2,5}$ ) podem atingir os alvéolos pulmonares, sendo bastante donosas (LEUNG *et al.* 2014). As partículas de fumaça e *black carbon* por apresentarem tamanhos médios ainda menores, podem também penetrar no trato respiratório, além disso, estão associadas à absorção da energia solar, elevando a temperatura do ambiente (SEINFELD; PANDIS 2006) e, sobretudo, ao escapamento veicular (MAHMOUD *et al.* 2008).

Os menores valores de material particulados foram verificados nas amostragens ocorridas nos fins de semana, onde o fluxo veicular é reduzido, indicando a relação entre o tráfego de veículos e os particulados, sobretudo aqueles movidos à Diesel. Estudo realizado por Maioli (2011) também apresentou comportamento semelhante, relatando a redução dos particulados com a diminuição da circulação de veículos durante os fins de semana.

Em relação aos dados meteorológicos (Figura 2), as temperaturas médias apresentaram pouca variação, entre 26,7 e 29,6 °C, a umidade relativa manteve-se entre 67 e 85%. As precipitações registradas nos dias de amostragem não tiveram influência direta na concentração dos particulados. As amostragens em questão foram realizadas no período chuvoso, com elevação dos eventos de precipitação e, as constantes chuvas ocorridas nos dias que antecederam as coletas, podem ter influenciado nas concentrações de partículas presentes no ar, diminuindo-as.



**Figura 2 - Dados meteorológicos de temperatura média, umidade relativa e precipitação nas amostragens.**

Em geral, foi observado ainda grande frequência de ventos acima de 2,5 m/s. A ocorrência de ventos fortes configura-se como um fator preponderante para dispersão dos poluentes. Muitos estudos tem relacionado a existência de ventos com velocidades acima de 2,5 m/s com a diminuição das concentrações de material particulado, óxidos de nitrogênio, entre outros (XU *et al.*, 2015; TORRES; MARTINS, 2005; JONES; HARRISON; BAKER, 2010).

Considerando os poluentes inorgânicos foram encontradas quantidades de SO<sub>2</sub> entre 0,0 e 3,0 µg/m<sup>3</sup>; 10,4 a 18,4 µg/m<sup>3</sup> para o NO<sub>2</sub> e de 0,0 a 4,7 µg/m<sup>3</sup> para a NH<sub>3</sub>, conforme amostra a Tabela 2.

**Tabela 1 - Concentrações dos gases inorgânicos: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> durante o período de amostragem nos meses de abril e maio de 2014.**

Poluente	Estatísticas					
	N	$\bar{x}$	s	CV	Valor Máximo	Valor mínimo
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	8	0,5	1,0	2,0	3,0	0,0
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	8	14,0	2,7	0,2	18,4	10,4
NH <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	8	1,1	1,6	1,43	4,7	0,0

N: Número de amostras;  $\bar{x}$ : média; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

A média das concentrações encontradas ficaram bem abaixo dos padrões primários e secundários da Resolução CONAMA 003/1990 para SO<sub>2</sub> em 24 h (365 e 100 µg/m<sup>3</sup>) e NO<sub>2</sub> em 1 h (320 e 190 µg/m<sup>3</sup>) e ao padrão Intermediário 1 (MI1) preconizado pelo Decreto Estadual SP Nº 59113/2013 para SO<sub>2</sub> em 24 h (60 µg/m<sup>3</sup>) e NO<sub>2</sub> em 1 h (260 µg/m<sup>3</sup>), indicando também boa qualidade do ar no trecho estudado, considerando as referidas legislações para os poluentes citados.



Os valores de referência para  $\text{NH}_3$  não são abrangidos pela legislação brasileira, entretanto, esta molécula configura-se como um importante poluente em estudos atmosféricos, principalmente quando se considera que desde 2011 os veículos novos a Diesel passaram a utilizar a tecnologia SCR (redução catalítica seletiva) para redução das concentrações das emissões de  $\text{NO}_x$  podem introduzir concentrações adicionais de amônia (amônia *slip*) no ambiente, resultante de reações incompletas do  $\text{NH}_3$  em excesso com o  $\text{NO}_x$  (GIL, 2013).

As baixas concentrações de  $\text{SO}_2$  encontradas podem estar relacionadas à redução, de forma gradual, de combustível Diesel com teor de enxofre, passando de 500 ppm (S500) para 50 ppm (S50). A partir de 2013, o Diesel S50 passou a ser substituído pelo S10 (10 ppm de enxofre), em torno de cinquenta vezes menos enxofre quando comparado ao usado inicialmente (CETESB, 2014).

## CONCLUSÕES

Os valores das concentrações dos poluentes:  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{PM}_{10}$ , PTS, fumaça,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{NH}_3$  não excederam aos valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/1999 e Decreto SP Nº 59113/2013. O período amostral em questão ocorreu durante o início da chuvoso no Estado do Ceará, dessa forma, as precipitações (média de 21,5 mm) durante as amostragem podem ter provocado declínios nas concentrações desses poluentes. Além disso, os fortes ventos na região, também podem ter contribuído para dispersão de tais compostos.

Na região estudada, a principal fonte de poluentes é principalmente oriunda das emissões veiculares de carros, ônibus e vans que circulam no local, fato este evidenciado pelas concentrações menores de todos os poluentes encontradas nos fins de semana, quando o fluxo veicular é reduzido. Estudos mais detalhados podem indicar as principais fontes de emissão e correlacionar as concentrações dos poluentes com variáveis ambientais, os efeitos da sazonalidade e o seu comportamento em relação a outros componentes. Além disso, ampliação da área pesquisada para outros pontos da cidade é importante para uma melhor caracterização dos poluentes e sua dispersão, contribuindo para tomada de medidas que visem a redução dos impactos das emissões atmosféricas sobre o meio ambiente e a saúde das pessoas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10736: Material particulado em suspensão na atmosfera - Determinação da concentração de fumaça pelo método da refletância da luz. Rio de Janeiro, 1989.
2. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9546: Dióxido de enxofre no ar ambiente - determinação da concentração pelo método da pararrosanilina. Rio de Janeiro, 1986.
3. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9547: Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume. Rio de Janeiro, 1997.
4. APHA. American Public Health Association. Methods of air sampling and analysis. 3. ed. James P. Lodge Jr (Edit.). New York: Intersociety Committee; Chelsea: Lewis Publishers. 1989.
5. EPA. United States Environmental Protection Agency. **Sodium arsenite method for determination of nitrogen in the atmosphere**. EPA designated equivalent method nº. EQN-1277-026. Research Triangle Park, 1977.
6. BLOCK, M. L.; ELDER, A.; AUTEN, R. L.; BILBO, S. D.; CHEN, H.; CHEN, J.; CORY-SLECHTA, D. A.; COSTA, D.; DIAZ-SANCHEZ, D.; DORMAN, D. C.; GOLD, D. R.; GRAY, K.; JENG, H. A.; KAUFMAN, J. D.; KLEINMAN, M. T.; KIRSHNER, A.; LAWLER, C.; MILLER, D. S.; NADADUR, S. S.; RITZ, B.; SEMMENS, E. O.; TONELLI, L. H.; VERONESI, B.; WRIGHT, R. O.; WRIGHT, R. J. The outdoor air pollution and brain health workshop. *Neurotoxicology*, v. 33, n. 5, p. 972-984, 2012.
7. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 003, de 28 de junho de 1990. Estabelece padrões de qualidade do ar para concentração de poluentes atmosféricos, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Poder Executivo, de 28 ago. 1990.
8. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade do ar no estado de São Paulo 2013. São Paulo: CETESB, 2014. 110 p.
9. EPA. United States Environmental Protection Agency. Pararosaniline method for the determination of sulfur dioxide in the atmosphere - technicon II automated analysis system. Epa designated equivalent method nº. EQS-0775-002. Research Triangle Park, 1975.

10. GONÇALVES, L. Aguanambi é a avenida com maior movimento de veículos em Fortaleza. Diário do Nordeste, Fortaleza, 21/02/2015. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/aguanambi-e-a-avenida-com-maior-movimento-de-veiculos-em-fortaleza-1.1226375>>. Acesso em: 21 fev. 2015.
11. JONES, A. M.; HARRISON, R. M. BAKER, J. The wind speed dependence of the concentrations of airborne particulate matter and NO<sub>x</sub>. Atmospheric Environment, v. 44, p. 1682-1690, 2010.
12. LEUNG, P. Y.; WAN, H. T.; BILLAH, M. B.; CAO, J. J.; HO, K. F.; WONG, C. K. C. Chemical and biological characterization of air particulate matter 2.5, collected from five cities in China. Environmental Pollution, v. 194, p. 188-195, 2014.
13. LI, Z.; FENG, X.; LI, G.; BI, X.; ZHU, J.; QIN, H.; DAI, Z.; LIU, J.; LI, Q.; SUN, G. Distributions, sources and pollution status of 17 trace metal/metalloids in the street dust of a heavily industrialized city of central China. Environmental Pollution, v. 182, n. 51, p. 408-416, 2013.
14. LIU, W.; HSIEH, H.; CHEN, S.; CHG, J. S.; LIN, N.; CHANG, C.; WANG, J. Diagnosis of air quality through observation and modeling of volatile organic compounds (VOCs) as pollution tracers. Atmospheric Environment, v. 55, n. 9, p. 56-63, 2012.
15. MAHMOUD, K. F.; ALFARO, S. C.; FAVEZ, O.; WAHAB, M. M. A.; SCIARE, J. Origin of black carbon concentration peaks in Cairo (Egypt). Atmospheric Research, v. 89, p. 161-169, 2008.
16. MAIOLI, B. G. Quantificação e caracterização do material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>) na região metropolitana da Grande Vitória-ES. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.
17. MASIOL, M.; AGOSTINELLI, C.; FORMENTON, G.; TARABOTTI, E.; PAVONI, B. Thirteen years of air pollution hourly monitoring in a large city: Potential sources, trends, cycles and effects of car-free days. Science of the Total Environment, v. 494-495, p. 84-96, 2014.
18. OHURA, T.; HORII, Y.; KOJIMA, M.; KAMIYA, Y. Diurnal variability of chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air, Japan. Atmospheric Environment, v. 81, n. 13, p. 84-91, 2013.
19. QUEIROZ, P. G. M.; JACOMINO, V. M. F.; MENEZES, M. A. B. C.; Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de Sete Lagoas, Minas Gerais. Química Nova, v. 30, n. 5, p. 1233-1239, 2007.
20. SÃO PAULO. Decreto Estadual Nº. 59.113, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo. Poder Executivo, de 24 abr. 2013.
21. SCHIRMER, W. N.; LISBOA, H. M. Química da atmosfera: constituintes naturais, poluentes e suas reações. Tecno-Lógica, v. 12, p. 37-46, 2008.
22. SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006. 1225 p.
23. TORRES, F. T. P.; MARTINS, L. A. Fatores que influenciam na concentração do material particulado inalável na cidade de Juiz de Fora (MG). Caminhos de Geografia, v. 4, n. 16, p. 23-39, 2005.
24. VANDREVU, K. P.; GIGLIO, L.; JUSTICE, C. Satellite based analysis of fire-carbon monoxide relationships from forest and agricultural residue burning (2003-2011). Atmospheric Environment, v. 64, n. 21, p. 179-191, 2013.
25. VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 438 p.
26. XU, J.; YAN, F.; XIE, Y.; WANG, F.; WU, J.; FU, Q. Impact of meteorological conditions on a nine-day particulate matter pollution event observed in December 2013, Shanghai, China. Particuology, in press, 11 p. 2015.