

X-029 - AVALIAÇÃO DO TEOR DE BTEX NA ATMOSFERA URBANA DA CIDADE DE FORTALEZA-CEARÁ

Paulo Henrique Ferreira de Brito⁽¹⁾

Tecnologia em Processos Químicos pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Antônio Hermes de Sousa Castro⁽²⁾

Tecnologia em Processos Químicos pelo Instituto Federal (IFCE). Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental

Rodrigo Martins de Lima⁽³⁾

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestrando em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Mona Lisa Moura de Oliveira⁽⁴⁾

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

Rinaldo dos Santos Araújo⁽⁵⁾

Técnico em Químicas 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 e Doutor em Química pela Universidade Federal do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Bernardo Manuel, 8500- Fortaleza - CE - CEP: 60741-600 - Brasil - Tel: (85) 98381054 - e-mail: paulohenriquebr@hotmail.com.

RESUMO

No Brasil, a poluição atmosférica é crescente, uma vez que diversas cidades apresentam índices alarmantes de poluentes do ar, os quais segundo a Organização Mundial da Saúde estão fortemente associados a doenças respiratórias, como alergias, asma e câncer pulmonar. Com base nestas considerações, neste trabalho foram avaliadas as concentrações de compostos aromáticos tipo BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) em um trecho urbano da cidade de Fortaleza. As coletas ocorreram durante um período de 14 h e foram empregadas bombas de sucção com vazões ajustadas de 0,5 L.min⁻¹ acopladas a cartuchos de carvão ativado para capturas dos compostos aromáticos. Os resultados obtidos no monitoramento mostraram níveis de BTEX entre 5 e 28 µg.m⁻³. O benzeno esteve presente em 93% das amostras com níveis superiores a 5 µg.m⁻³. De modo geral, as concentrações encontradas de benzeno são preocupantes em função do mesmo apresentar um elevado potencial carcinogênico.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Atmosférica, Compostos BTEX, Benzeno, Doenças respiratórias.

INTRODUÇÃO

Devido ao grande número de veículos automotores nos grandes centros urbanos, a contaminação do ar vem atingindo níveis alarmantes, que muitas vezes chegam a comprometer a saúde humana. Cada vez mais são desenvolvidos estudos relacionados a qualidade do ar em regiões com elevado grau de urbanização.

No Brasil, a poluição atmosférica vem ganhando força no campo da pesquisa. A Organização Mundial de Saúde - OMS publicou, em 2014, a perda precoce de cerca 7 milhões de vidas no mundo pela poluição do ar em 2012, dos quais 3,6 milhões devido à poluição do ar externa e 3,4 milhões devido à poluição intradomiciliar, o que significa que uma em cada oito mortes no mundo está relacionada à exposição ao ar contaminado (WHO, 2014). Assim, a poluição do ar se torna a principal causa de morte por complicações cardiorrespiratórias relacionadas ao meio ambiente. O ar passa a ser líder ambiental para riscos em saúde, o que pede medidas emergenciais de controle efetivo da poluição.

Os hidrocarbonetos aromáticos abrangem vários tipos de poluentes, dentre eles os compostos orgânicos voláteis (COV). Tais compostos merecem uma atenção especial devido aos seus inúmeros efeitos deletérios a saúde humana (LAN e MINH, 2013). Geralmente, os COV são classificados tomando como base as suas propriedades físico-químicas como, por exemplo, o ponto de ebulição e a pressão de vapor (KRÓL *et al.*, 2010).

Os BTEX possuem como característica, do ponto de vista estrutural, a presença de um núcleo aromático. São compostos de baixa polaridade tornando-os insolúveis em água. Em condições ambientes são líquidos, porém, muito voláteis (SOUSA, 2011 e ALLINGER *et al.* 1978).

A presença dos BTEX na atmosfera representa um grande risco não somente pelo alto grau de toxicidade desses compostos, mas também pelo fato dos mesmos serem potenciais formadores de poluentes secundários com o mesmo nível de toxicidade. O fenômeno que demonstra a formação destes poluentes secundários com a maior clareza e é mundialmente estudado e referenciado na comunidade científica recebe o nome de smog (smoke + fog, ou seja, fumaça + neblina) fotoquímica.

Moléculas aromáticas voláteis como o benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (compostos BTEX) quando presentes em áreas urbanas constituem um dos principais problemas para a qualidade de vida humana, não só pela sua contribuição significativa na formação de oxidantes, como ozônio e nitrato peroxiacetilo (PAN), mas também por seus efeitos adversos sobre a saúde humana.

A legislação Brasileira estabelece parâmetros de qualidade do ar apenas para espécies representadas pelas partículas totais em suspensão (tamanho aerodinâmico menor que 100 μm , PTS), partículas inaláveis (tamanho aerodinâmico de 10 μm , MP10), fumaça, monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂) e ozônio (O₃).

Substâncias como os compostos orgânicos voláteis (COV) e os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA) são negligenciados, o que é realmente muito preocupante. Notadamente, compostos orgânicos voláteis, que incluem os aldeídos, cetonas e compostos BTEX são altamente reativos, possuem elevado caráter tóxico e podem participar ainda de inúmeras reações na atmosfera.

Neste contexto esta pesquisa objetiva caracterizar (a presença de compostos como o benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) em um trecho urbano da Avenida 13 de maio, Fortaleza-Ceará, visando contribuir na elaboração de um inventário de emissões atmosféricas e auxiliar na implementação de estratégias de monitoramento e controle da poluição do ar no município.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo do monitoramento de compostos BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e o,m,p-Xilenos) foi realizado em um sítio do Instituto Federal do Ceará (IFCE), localizado na cidade de Fortaleza - CE, Brasil, com localização cartográfica de latitude 03°43.566'S e longitude 038°32.371'O. A área é circundada por avenidas com um elevado fluxo de carros como a Avenida Treze de Maio, a Avenida dos Expedicionários, a Rua Paulino Nogueira e a Rua Marechal Deodoro. A Figura 1 apresenta a imagem retirada por satélite da localização do ambiente amostrado, onde se pode observar as avenidas, ruas e empreendimentos nas proximidades do local de estudo.

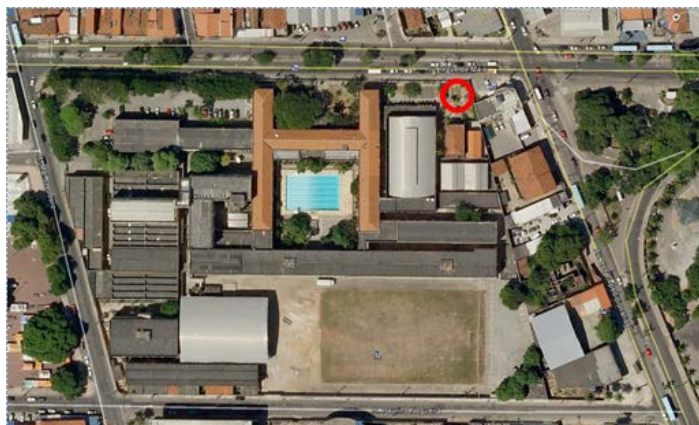


Figura 1 – Fotografia do ponto de amostragem no trecho urbano de Fortaleza. (Fonte: Google Maps, 2013)

ESTUDOS EM LABORATÓRIO

Os compostos BTEX foram identificados e quantificados em fase gasosa. A coleta desse material foi realizada com uma bomba AirLite modelo XR5000 da SKC® (Figura 2) inicialmente calibrada a uma vazão de 1,5 L.min⁻¹ e tendo como acessório um sistema regulador de pressão para ajuste a baixas vazões. Todo o aparato interligado fornece um fluxo final de 0,50 ± 0,02 L.min⁻¹. O volume total de ar foi registrado em gasômetro calibrado LAO G0,6.

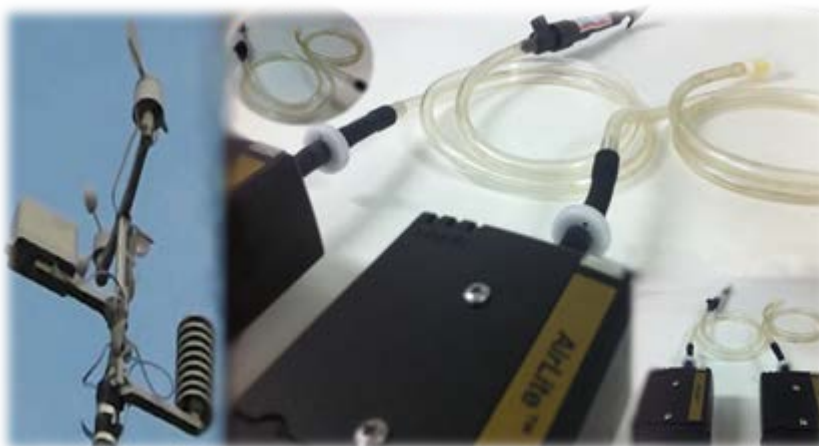


Figura 2 - Aparato experimental utilizado na coleta dos compostos aromáticos (BTEX).

Ao sistema de coleta anexou-se um adaptador porta-tubos fornecido pela SKC, que em seguida foi acoplado a tubos padrões em vidro (Figura 3) contendo carvão ativado (meio adsorvente). Os tubos Anasorb 100/50 da SKC são preenchidos com 150 mg de carvão ativado da casca do coco com elevada área superficial (100 mg na seção principal e 50 mg na seção controle)

Os cartuchos Anasorb foram recolhidos e transportados ao laboratório para posterior eluição e análise. A extração dos derivados aromáticos foi realizada por contato das 150 mg de carvão adsorvente com 1 mL de dissulfeto de carbono 99,9% sob agitação magnética em vial de 2 mL durante 30 min, conforme descrito no Método 1501 da NIOSH (NIOSH, 2003). Ao fim do tempo de contato o solvente foi filtrado através de uma membrana de PTFE (22 mm; 0,45 µm). O extrato foi recolhido em vial limpo de 2 mL e levado para a análise por cromatografia gasosa.



Figura 3 - Cartuchos Anasorb contendo 150 mg de carvão ativado da casca do coco.

A concentração dos compostos aromáticos foi determinada por cromatografia gasosa utilizando um cromatógrafo gasoso Perkin Elmer (modelo Clarus 500) com detector de ionização por chama (GC/FID) em uma coluna capilar BP624 (Cianopropilfenil polisiloxano, 30 m, 0,53 mm, 3 µm). As condições cromatográficas para todos os procedimentos foram: injetor a 200°C, detector a 200°C, temperatura inicial do

forno de 35°C por 10 min, seguido de um aumento de 35°C até 225°C a 20°C.min⁻¹ com permanência de 1 min. O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio (1,0 mL.min⁻¹) e o volume de injeção foi de 1 µL.

Uma curva de calibração contendo as concentrações de 5, 10, 25, 50 e 100 µg.mL⁻¹ dos compostos BTEX foi gerada a partir do padrão analítico HC BTEX/MTBE Mix (2000 µg/mL em metanol de benzeno, tolueno, etilbenzeno, metil-terc-butil éter e o,m,p-xilenos). O solvente utilizado em todas as determinações dos BTEX foi uma mistura de dissulfeto de carbono e metanol na proporção de 2:3 v/v. O cromatograma típico da análise está apresentado na Figura 4.

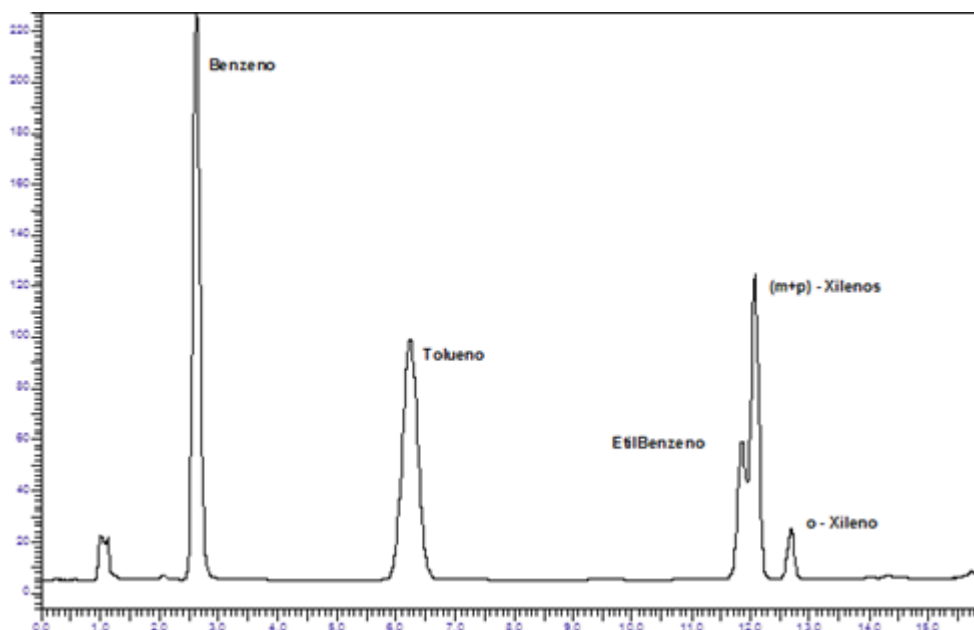


Figura 4 - Cromatograma típico da amostra padrão dos compostos BTEX

RESULTADOS

A Figura 5 mostra o gráfico concentrações dos compostos BTEX no período de 14 de outubro de 2013 a 12 de janeiro de 2014 no ponto de amostragem da Av. 13 de Maio.

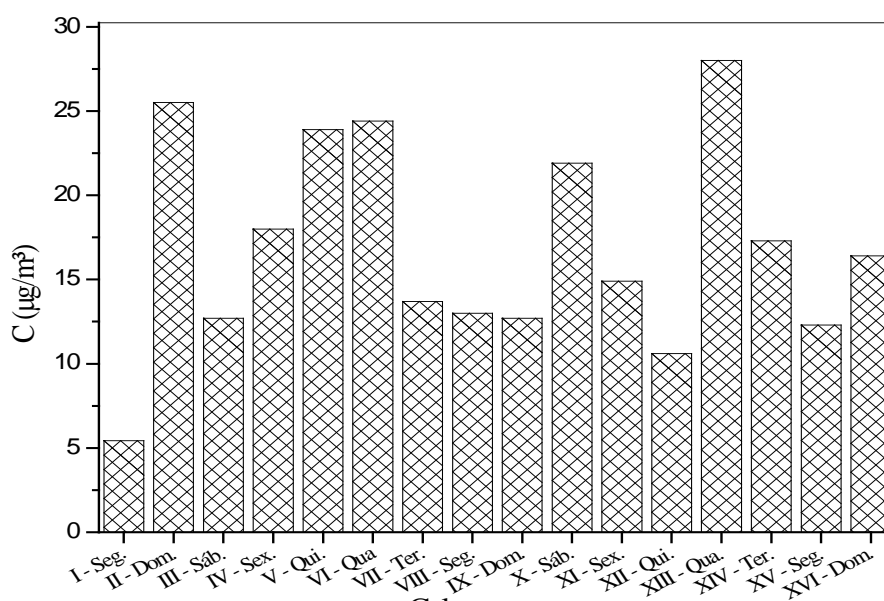


Figura 5 - Concentração dos compostos BTEX totais no trecho selecionado.

Os níveis de compostos BTEX totais observados no trecho estudo durante a pesquisa variaram entre 5 e 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ com média aritmética de 16,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estando esta média, próxima a diversos valores relatados na literatura. Godoi *et al.* (2010) relataram concentrações médias de BTEX de 15,7; 15,2 e 18,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em três pontos de área urbana e intenso fluxo veicular (cerca de 20.000 a 36.000 veículos) na Cidade de Curitiba-PR no período de 28 de junho a 16 de agosto de 2008.

Na *et al.*, (2003) observaram concentrações médias de 11,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ BTEX na Cidade de Seul na Coréia em uma tipicamente urbana, próximo ao centro comercial. Gee e Sollars (1998) encontraram concentrações médias de BTEX de 15,2 e 17,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nos centros urbanos das Cidades de São Paulo e Santiago do Chile próximo a áreas de trânsito intenso. Grosjean *et al.*, (1999) observaram concentrações médias de BTEX de 11,6; 15,4 e 24,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em três pontos de área urbana na Cidade de Porto Alegre -RS.

A Tabela 1 apresenta as estatísticas básicas para o monitoramento dos compostos BTEX no trecho estudado.

Tabela 1 - Valores médios, mínimos e máximos das concentrações dos compostos BTEX no período de 14 de outubro de 2013 a 12 de janeiro de 2014 no trecho selecionado.

C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão
Benzeno	15,4	3,61	8,06	3,24
Tolueno	5,71	0,57	2,96	1,29
Etilbenzeno	4,04	0,41	1,55	0,89
(<i>m+p</i>)-Xilenos	4,05	0,34	1,71	0,89
<i>o</i> -Xileno	4,81	0,51	2,66	1,21

Conforme a Tabela 1 os valores encontrados para as concentrações de benzeno (3,61 a 15,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com média de 8,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) são similares aos observados por Corrêa *et al.* (2003) que encontraram um valor médio de 9,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na Av. Presidente Vargas no Rio de Janeiro. Em volta Redonda também no Rio de Janeiro, Gioda (2000) encontrou valores médios de 20,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e Godoi *et al.* (2010) relataram uma concentração média de benzeno de 4,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em uma área de trânsito intenso e vegetação densa no centro de Curitiba-PR. Os autores destacaram a capacidade das folhas das plantas em reter os compostos aromáticos.

Ho *et al.*, (2002), por sua vez, encontraram valores de 4,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de benzeno em Hong-Kong, China. Caselli *et al.*, (2010), em um extenso estudo na Cidade de Bari, Itália, encontraram para o tolueno, etilbenzeno, (*m+p*) xilenos e *o*-xileno concentrações médias de 2,96; 1,55; 1,71 e 2,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, as quais são cerca de 2 a 5 vezes inferiores as relatadas por Martins *et al.*, (2007) em estudos no Bairro da Tijuca no Rio de Janeiro e 5 a 8 vezes menores que as encontradas por Corrêa *et al.*, (2003) no Rio de Janeiro.

A Tabela 2 mostra a distribuição percentual (ocorrência) dos BTEX no trecho selecionado durante o período do estudo

Tabela 2 - Distribuição dos compostos BTEX monitorados em cada amostra.

Coleta	Benzeno%	Tolueno %	Etilbenzeno%	(m+p)-Xilenos %	o-Xileno %
1	66,3	10,5	7,54	6,25	9,38
2	34,6	15,1	15,8	15,8	18,6
3	46,0	13,5	15,1	11,2	14,2
4	47,4	20,6	8,7	10,5	12,9
5	59,1	15,0	6,43	8,35	11,1
6	62,9	13,1	5,57	7,33	11,1
7	43,7	20,5	3,78	9,44	22,6
8	39,8	18,8	9,85	14,0	17,6
9	50,8	21,5	7,71	9,68	10,5
10	41,8	20,6	8,78	11,2	17,6
11	49,9	20,8	7,49	8,33	13,7
12	57,5	6,60	6,13	5,44	24,1
13	42,7	20,4	9,81	9,92	17,1
14	37,3	19,8	10,1	11,1	21,6
15	52,3	20,5	9,91	7,76	9,71
16	45,7	16,8	10,4	9,30	17,6
Média	48,6	17,1	8,9	9,7	15,6

Na Tabela 2 observa-se que o benzeno (entre 34,6 e 66,3%, média de 48,6%) é o hidrocarboneto predominante nas emissões de compostos BTEX na área em estudo durante o período de monitoramento. Para o tolueno, etilbenzeno, (m+p) xilenos e o-xileno as ocorrências médias encontradas foram de 17,1; 8,9; 9,7 e 15,6 %. Notadamente, os níveis de benzeno encontrados ultrapassaram em 15 das 16 amostras coletadas o nível de $5\mu\text{g.m}^{-3}$ estabelecido pela ação diretiva 2000/69/EC da União Europeia para as emissões de benzeno e monóxido de carbono. Desse modo, torna-se impactante do ponto de vista da saúde pública a presença de benzeno na atmosfera devido ao seu alto potencial carcinogênico.

Do ponto de vista meteorológico, as temperaturas médias variaram entre 28,1 e 30,4 °C, as umidades relativas médias situaram-se entre 57,7 e 71,4% e as precipitações médias estiveram entre 0 e 0,36 mm, sendo este valor obtido somente no último dia de coleta, já no mês de janeiro, quando se iniciam as primeiras chuvas que caracterizam o período chuvoso na Cidade de Fortaleza. Para a velocidade média dos ventos os valores variaram entre 3,34 a $5,59\text{m.s}^{-1}$. Em geral, os resultados obtidos para as concentrações de compostos BTEX apresentaram baixas correlações com os parâmetros meteorológicos, haja visto os valores de R^2 de 0,079 em relação temperatura, de 0,021 em relação a umidade relativa, de 0,086 em relação a precipitação pluviométrica e de 0,066 em relação a velocidade dos ventos.

CONCLUSÕES

Os níveis de BTEX observados ao longo da pesquisa variaram entre 5 e $28\mu\text{g.m}^{-3}$ com média aritmética de $16,9\mu\text{g.m}^{-3}$. O benzeno com ocorrência média de 48,6 % foi o hidrocarboneto predominante nas emissões de compostos BTEX. Para o tolueno, etilbenzeno, (m+p) xilenos e o-xileno as ocorrências médias encontradas foram de 17,1; 8,9; 9,7 e 15,6 %, respectivamente. Os níveis elevados apresentados para o benzeno são preocupantes devido ao fato deste composto apresentar um elevado potencial carcinogênico. Neste caso os valores ultrapassaram em 93% das amostras coletadas o nível de $5\mu\text{g.m}^{-3}$ estabelecido pela ação diretiva 2000/69/EC da União Europeia para as emissões de benzeno e monóxido de carbono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLINGER, N. L.; CAVA M. P.; JONGH, D. C.; JOHNSON, C. R.; LEBEL, N. A.; STEVENS, C.L. Química Orgânica, **Ed. Guanabara**: Rio de Janeiro, v16 p 964, 1978.
2. CASELLI, M.; DE GENNARO, G.; MARZOCCA, A.; TRIZIO, L.; TUTINO, M. Assessment of the impact of the vehicular traffic on BTEX concentration in ring roads in urban areas of Bari (Italy). **Chemosphere**, v. 81, n. 3, p. 306 - 311, 2010.
3. CORREA, S. M, MARTINS, E. M, ARBILLA, G. Formaldehyde and acetaldehyde in a high traffic street of Rio de Janeiro, Brazil. **Atmos. Environ.**, v. 37, p 23-29, 2003.
4. GEE, I.L., SOLLARS, C. J. Ambient air levels of volatile organic compounds in Latin American and Asian cities. **Chemosphere**, v. 36, n.11, p. 2497-2506, 1998.
5. GROSJEAN, D, GROSJEAN, E., MOREIRA, L. F. Speciated ambient carbonyls in Rio de Janeiro, Brazil. **Environ. Sci. Technol.**, v. 36, p. 1389-1395, 2002.
6. GROSJEAN, E., RASMUSSEN, R.A., GROSJEAN, D. Toxic air contaminants in Porto Alegre, Brazil. **Environ. Sci. Technol.**, v. 33, p. 1970-1978, 1999.
7. HO, K.F., LEE, S.C., LOUIE, P.K.K., ZOU, S. C. Seasonal variation of carbonyl compound concentrations in urban area of Hong Kong. **Atmos. Environ.**, v. 36, p 1259-1265, 2002.
8. LAN, T.T.N., MINH, P.A. BTEX pollution caused by motorcycles in the megacity of HoChiMinh. **J Environ Sci-China** 25, pp. 348-356, 2013
9. MARTINS, E. M., ARBILLA, G., BAUERFELDT, G. F., DE PAULA, M. Atmospheric levels of aldehydes and BTEX and their relationship with vehicular fleet changes in Rio de Janeiro urban area. **Chemosphere**, v. 67, p. 2096-2103, 2007.
10. SOUSA, F. W.; CARACAS, I. B.; NASCIMENTO, R. F.; CAVALCANTE, R. M. Exposure and cancer risk assessment for formaldehyde and acetaldehyde in the hospitals, Fortaleza-Brazil. **Building and Environment**, v. 46, p. 2115-2120, 2011.
11. World Health Organization - Air Quality Guidelines for Europe (2nd ed). **WHO**, Denmark, 2000.
12. World Health Organization 7 million premature death annually linked to air pollution. **WHO**, Geneva, 2014.