

X-008 - CONCENTRAÇÃO DE BTEX NO AR INTERIOR DE UMA ACADEMIA DE GINÁSTICA DO RIO DE JANEIRO: (ESTUDO DE CASO)**Mônica D. Monteiro⁽¹⁾**

Bióloga pela Universidade Santa Úrsula e Tecnóloga em gestão ambiental pelo CEFET/RJ. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

Bárbara Prêstes⁽²⁾

Bacharel em Química pela universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Especialista em Espectrometria de massas no laboratório de Ecofisiologia e toxicologia de cianobactérias no Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Eduardo M. Martins⁽³⁾

Químico pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre em Físico-Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor em Físico-Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Júlio D. N. Fortes⁽⁴⁾

Engenheiro Elétrico pela Universidade Federal Fluminense. Mestre em Engenharia Civil pela University of Minnesota. Doutor em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública

Endereço⁽³⁾: e-mail: edmmartins@gmail.com

RESUMO

Muitos locais onde as atividades físicas são realizadas nas academias de ginásticas, são salas pequenas e fechadas com sistema de climatização artificial, freqüentados por um grande número de alunos, realizando seus exercícios, e profissionais auxiliando as atividades. Com isso, há a transpiração desses indivíduos, uma freqüente rotina de limpeza do piso e dos equipamentos, com pequenos intervalos, possibilitando a alterações da qualidade do ar *indoor*. O presente trabalho mostra as tendências de variações nos valores das concentrações dos poluentes atmosféricos BTEX em um ambiente *indoor*, especificamente na sala de *spinning* de uma academia de ginástica do Rio de Janeiro. Para o monitoramento da qualidade do ar foram utilizados cartuchos de carvão ativado SKC, acoplado a uma bomba KNF com vazão de 11 min. Para a extração de cada amostra foi feita a análise cromatográfica com cromatógrafo a gás modelo 6890 acoplado a um espectrômetro de massa modelo 5973 da marca Agilent. Foram analisadas 34 amostras coletadas nas salas de *spinning* durante as aulas com atividades aeróbicas, o que intensificava a respiração dos indivíduos, possibilitando uma maior inalação destes COVs. Em contrapartida, também foram coletadas 5 amostras *outdoor*, 4 delas pareadas *indoor/ outdoor* para uma análise comparativa das concentrações destes poluentes. **Dentre os compostos orgânicos voláteis analisados**, o tolueno é dos BTEX o mais abundante obtido neste trabalho, representando 81% destes COVs *indoor*. Todas as amostras medidas em pares *indoor/outdoor* tiveram concentrações maiores no interior, exceto para o benzeno no dia 3/12/2010. Simples atividades usualmente realizadas pelo homem, como a inserção de piso emborrachado, manutenção do sistema de climatização artificial, e limpeza podem alterar o ar *indoor*. As conclusões alcançadas após as medições das concentrações de BTEX foram de que o ar *indoor* estava mais poluído do que o *outdoor*. Este monitoramento da qualidade do ar *indoor* ainda é escasso no Brasil. Alguns esforços tem sido feito em relação a ambientes confinados como a Portaria nº3523 do Ministério da Saúde, regulamentando o controle dos ambientes climatizados e a Resolução nº9 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, além da Resolução CONAMA nº3 estabelecendo padrões de qualidade do ar para alguns compostos químicos, porém muitos compostos químicos ainda não são legislados ou não possuem a devida atenção, não sendo suficientes para contemplar a complexidade do assunto.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição do ar *indoor*. COV. BTEX. Academia de Ginástica. Sala de *Spinning*.

INTRODUÇÃO

Os impactos provocados pela poluição atmosférica afetam diretamente a saúde humana e ambiental, principalmente no espaço urbano aonde há uma concentração de atividades comprometedoras da qualidade do ar. Entretanto constatou-se que a qualidade de ar em ambientes fechados muitas vezes é pior do que os ambientes abertos.

São várias as fontes de poluição em ambientes fechados (*indoor*) presentes cotidianamente, em diversos estabelecimentos. Estas fontes estão relacionadas às atividades realizadas em cada localidade. Entre as substâncias encontradas no ambiente *indoor*, os COVs são comumente observados, constituindo uma variedade de substâncias odoríferas e tóxicas de hidrocarbonetos. Dentre estes, os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) passaram a ser um dos mais abundantes compostos orgânicos voláteis em áreas urbanas.

Com isso, pode-se observar diversos efeitos causados à saúde pela poluição do ar como doenças cardiovasculares e respiratórias; irritação dos olhos, nariz e garganta; pneumoconioses; redução do rendimento de pessoas expostas em atividades esportivas e no trabalho; câncer de pulmão; e o agravamento de doenças já existentes. Estas características se agravam em ambientes *indoors* com a pouca ventilação e sistemas de climatização artificial, dependendo das características do estabelecimento e das atividades realizadas, a emissão e a tipologia dos poluentes irá variar.

Locais como academias de ginástica são muito comuns no Estado do Rio de Janeiro, principalmente na região metropolitana, onde há um incentivo de se obter um estilo de vida mais saudável. Praticar exercícios em academias de ginástica, especificamente em salas de *spinning* é um hábito incorporado cada vez mais pela sociedade moderna. Centenas de academias possuem este tipo de sala para a prática aeróbica de *spinning* afim de evitar o sedentarismo e freqüentes problemas de saúde diagnosticados pela medicina. Estes estabelecimentos são na sua maioria ambientes selados e com sistema de climatização artificial, são freqüentados por um grande número de indivíduos fazendo o uso de bicicletas ergométricas, realizando atividades físicas em pequenas salas, especialmente em horários específicos e épocas do ano. Esses ambientes sofrem a interferência dos pisos emborrachados, equipamentos, lubrificantes, além de procedimentos de limpeza, dos sistemas de climatização e ventilação, modificando a qualidade do ar destes locais. Estes sistemas, muitas vezes, são insuficientes ou inadequados para que se mantenha uma qualidade de ar *indoor* com índices que não comprometam a saúde das pessoas.

O presente trabalho possui estudos de investigação a fatores que podem interferir na saúde e conforto em uma sala de *spinning* de uma academia de ginástica no Rio de Janeiro, estabelecendo suas vinculações às fontes, em função das características do ambiente relacionados à qualidade do ar. Entre os objetivos específicos, além de avaliar as concentrações destes compostos orgânicos voláteis, foi investigada a determinação de possíveis relações das concentrações do ar no ambiente interno com o ambiente externo, a interferência dos procedimentos de limpeza da sala.

Este trabalho foi realizado em 2 etapas. Na primeira realizou-se a coleta e o preparo das amostras, realizados na sala de *spinning* durante as aulas. E, na segunda com a extração e procedimentos cromatográficos das amostras para a investigação das concentrações de BTEX.

Dos estudos realizados, concluiu-se que a qualidade do ar *indoor* está mais poluída e portanto mais prejudicial a saúde do que *outdoor*, necessitando este local de uma maior atenção e adequação do estabelecimento, proporcionando a melhora do ambiente e minimizando a exposição dos alunos e profissionais a contaminantes atmosféricos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo foi selecionada por logística uma academia de pequeno porte, lotada na zona sul da Cidade do Rio de Janeiro em uma via com intensa circulação de pessoas e veículos. Está posicionada no 2º e 3º andares de um prédio, sendo que a sala de *spinning* encontra-se no 3º pavimento, e suas dimensões aproximadas são de 2,60m de altura, 2,70m de largura e 5,60m de comprimento.

O estudo ocorreu durante as aulas de *spinning*, realizadas no período noturno em função do maior número de pessoas, atendendo a aproximadamente 10 alunos por aula, além do professor, técnicos e servidores. A sala é fechada e climatizada, por dois condicionadores de ar. O procedimento de limpeza da sala geralmente é feito a cada uma hora entre as aulas. As amostras foram coletadas entre julho de 2010 e dezembro de 2010 com um total de 34 amostras.

Posteriormente foram feitas as 2 etapas da pesquisa, descritas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA: METODOLOGIA DE COLETA DAS AMOSTRAS

Foram realizadas 42 amostras utilizando uma bomba amostradora de baixo volume da marca KNF. O tempo de coleta das amostras foi de 3 horas a 3 horas e 30 minutos. O volume total de ar amostrado variou entre 180L e 210L. A vazão da bomba foi inicialmente de $0,6\text{L min}^{-1}$, para as primeiras 7 amostras, e, posteriormente modificada para $1,0\text{L min}^{-1}$ para as demais coletas. A vazão da bomba foi modificada após testes preliminares de modo que o volume de ar amostrado fosse maior para evitar problemas analíticos, como trabalhar muito próximo aos limites de detecção dos equipamentos cromatográficos.

O ar que é puxado com o auxílio da bomba amostradora é passado através de um cartucho de carvão ativo de leito duplo da marca SKC. A massa de carvão no leito principal é de 100 mg e no leito de segurança de 50 mg. O conjunto utilizado na coleta das amostras está mostrado na Figura 1.



Figura 1: Equipamento utilizado na coleta dos compostos monoaromáticos.

SEGUNDA ETAPA: EXTRAÇÃO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

Para a extração de cada amostra, foi rompido cada cartucho de carvão ativado afim de que se possa retirar o mesmo quantitativamente do leito principal e de segurança para *vials* de 2ml. Estes *vials* foram mantidos numa placa de Petri com gelo, buscando evitar a volatilização dos compostos mais leves.

Foram adicionados aos *vials* 25 μL de uma solução, 50 $\mu\text{g mL}$ de *aaa* – Trifluortolueno e 1 – cloro – 4 – fluorbenzeno em diclorometano (DCM), utilizados como padrão interno e recuperação. O *aaa* – Trifluortolueno na concentração de $1.25\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ é utilizado como padrão interno e o 1-cloro-4-fluorbenzeno é usado como padrão de recuperação, auxiliando a eficiência da extração, indicando possíveis perdas.

Foram adicionados 1 mL de diclorometano nos ensaios, posteriormente colocados em banho de ultrassom por 15 minutos. Em seguida, foram levados a repouso para a deposição do carvão suspenso na solução. O sobrenadante presente foi transferido para outro *vial* e levado para a injeção no cromatógrafo.

As análises foram realizadas através do cromatógrafo a gás modelo 6890 acoplado a um espectrômetro de massa modelo 5973 da marca Agilent, sendo utilizado o método US EPA 8260 adaptado.

Utilizou-se a coluna capilar da marca RESTEK, modelo RTX VRX de 20 m de comprimento e $0,28\text{ }\mu\text{m} \times 1\text{ }\mu\text{m}$. O modo da injeção realizada foi o *splitless*, sem divisão de fluxo. O gás de arraste utilizado foi o hélio (HE), com o volume de injeção de 1 μl e temperatura do injetor de 250°C com rampa de aquecimento de 40°C em isoterma por 3 minutos, seguido de rampa de aquecimento de $12^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até 162°C , e por fim uma rampa de aquecimento de $40^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até 230°C , em isoterma por 4 minutos.

O *software* utilizado foi o fornecido pelo fabricante do equipamento *Chemstation*, ao qual quantificou a curva de calibração.

RESULTADOS

O estudo de caso da academia a qual foi designado um codinome fictício de Academia “Alfa” afim de resguardar a sua privacidade, possui as características mencionadas acima, , intensificando a exposição dos indivíduos freqüentadores e trabalhadores a poluentes do ar *indoor*.

Neste trabalho foram coletadas 42 amostras de cartuchos de carvão ativado para a determinação da concentração de BTEX, no período de 14/07/2010 a 3/12/2010 no horário de 17: 45h às 21:15hs. Do total de amostras 3 foram perdidas durante o processo de extração. O total de amostras validadas neste trabalho foram 39, sendo 34 coletadas no interior da sala de *spinning* e 5 amostras na avenida aonde está localizada a academia “Alfa”.

As amostras 30,31, 33 e 34 foram realizadas pareadas *indoor/ outdoor* respectivamente com as 35, 36, 37 e 39. A Tabela 1 mostra as concentrações individuais datadas para os diferentes BTEX *indoor* para as 34 amostras realizadas na sala de *spinning* da academia “Alfa”. Todos os BTEX foram encontrados em todas os dias de coleta exceto o o-xileno no dia 29/07/2010 que foi observado porem não foi possível realizar a sua quantificação devido a sua baixa concentração.

Tabela 1 : Concentração de BTEX *indoor* em $\mu\text{g m}^{-3}$, determinadas para os diferentes dias de amostragem

Data	Amostras	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p- xileno	o-xileno
14/7/2010	1	1,75	5,83	4,81	6,57	1,94
19/7/2010	2	3,42	15,55	10,27	16,01	4,25
20/7/2010	3	2,59	16,2	7,87	11,11	2,68
22/7/2010	4	1,20	5,18	0,46	1,38	0,46
27/7/2010	5	1,38	4,25	1,11	2,4	0,83
28/7/2010	6	1,38	4,16	1,01	2,31	0,64
29/7/2010	7	1,01	1,57	0,64	0,27	ND
5/8/2010	8	1,2	3,05	0,37	1,2	0,46
11/8/2010	9	0,8	2,09	0,28	0,9	0,33
12/8/2010	10	0,28	0,42	0,09	0,38	0,19
16/8/2010	11	0,33	0,47	0,09	0,28	0,14
18/8/2010	12	0,42	0,57	0,09	0,33	0,14
19/8/2010	13	0,47	2,66	0,19	0,14	0,14
25/8/2010	14	1,42	3,19	0,47	1,33	0,42
6/10/2010	15	2,66	9,57	1,80	2,28	1
7/10/2010	16	2,28	9,38	1,57	1,8	0,9
8/10/2010	17	2,42	19,8	2,66	2,38	1,04
13/10/2010	18	2,95	22,76	3,23	2,85	1,19
14/10/2010	19	4,61	27,52	4,04	4,57	2,19
15/10/2010	20	5,71	28,80	4,71	4,9	2,57
20/10/2010	21	1,23	274,90	4,28	3,14	1,42
21/10/2010	22	1,61	242,61	5,00	3,52	2,23
22/10/2010	23	3,47	191,76	5,85	4,61	2,04
27/10/2010	24	3,66	138,47	5,47	4,66	2,57
28/10/2010	25	3,38	75,76	3,90	3,71	1,66
3/11/2010	26	3,28	90,19	4,47	4,04	1,9
11/11/2010	27	2,52	64,28	4,76	3,71	1,71
12/11/2010	28	3,71	45,61	4,00	3,76	1,76
17/11/2010	29	5,14	52,04	6,28	5,9	2,71
24/11/2010	30	4,66	53,57	7	5,38	2,85
25/11/2010	31	3,52	47,76	6,14	5,28	2,57
26/11/2010	32	3,71	52,85	6,52	6,09	2,9
1/12/2010	33	3,47	49,52	5,95	5,57	2,8
3/12/2010	34	2,38	93,57	4,33	3,38	1,52

A Tabela 2 apresenta as amostras das 5 coletas com as concentrações individuais datadas de BTEX *outdoor*, realizadas na avenida aonde se encontra a academia “Alfa”. Comparando as amostras coletadas simultaneamente no ambiente externo e interno as maiores concentrações foram observadas no interior da sala de *spinning* do que no ambiente externo.

Tabela 2 : Concentração de BTEX *outdoor* em $\mu\text{g m}^{-3}$, determinadas para os diferentes dias de amostragem.

Data	Amostras	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m.p- xileno	o -xileno
24/11/2010	35	1,47	26,42	1,14	1,42	0,66
25/11/2010	36	1,28	8,95	1,47	1,66	0,95
1/12/2010	37	2,61	8,33	2,19	2,23	0,9
2/12/2010	38	4	31,9	4,14	6,04	2,28
3/12/2010	39	2,66	9,57	1,8	2,28	1

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios dos BTEX individuais *indoor*, o desvio padrão, os valores máximos e mínimos.. O tolueno foi o composto que apresentou a maior concentração média assim como o mais alto desvio padrão entre todos os BTEX.

Tabela 3 : Valores médios de BTEX individuais em $\mu\text{g m}^{-3}$, desvio padrão, valores máximos e mínimos *indoor*.

<i>Indoor</i>	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p- xileno	o- xileno
média	2,47	48,7	3,52	3,71	1,53
Desvio padrão	1,44	68,53	2,68	3,18	1,06
mínimo	0,28	0,42	0,09	0,14	ND
máximo	5,71	274,9	10,27	16,01	4,25

Na Figura 2 é apresentada a distribuição das concentrações médias *indoor* dos BTEX na sala de *spinning* da academia “Alfa”. Assim como em outros trabalhos da revisão da literatura, o tolueno apresentou o maior percentual com 81%, decrescendo para o m,p xileno e etilbenzeno com 6%, benzeno com 4% e o o-xileno com a menor concentração de 3%.

O tolueno é o BTEX encontrado com nas mais altas concentrações tanto para ambientes externos como para ambientes internos. O valor de 81% do total dos BTEX encontrados nesse trabalho é devido ao fato de concentrações muito altas de BTEX terem sido encontradas entre os dias 20/10/2011 e 28/10/2010. As concentrações encontradas nesses dias influenciaram no comportamento global dos BTEX. Essas altas concentrações medidas nesses dias foram devidas a atividades de manutenção que foram realizadas na sala onde a coleta foi feita.

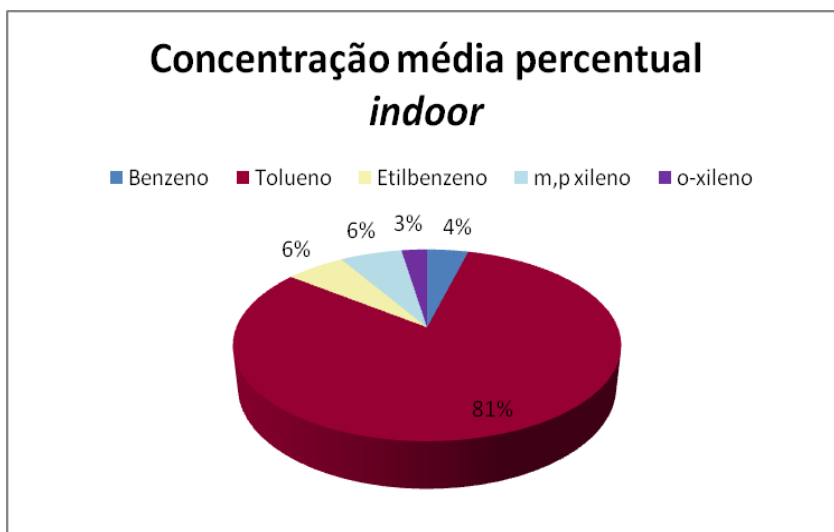


Figura 2 : Distribuição percentual média dos BTEX das concentrações *indoor* da sala de *spinning* da academia “Alfa”.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- a) a poluição do ar *indoor* é um problema merecedor de maior atenção, em função da exposição dos frequentadores, principalmente dos profissionais que permanecem cotidianamente por maior tempo neste estabelecimento, possibilitando prejuízos à saúde. Na academia de ginástica, especialmente na sala de *spinning*, local onde se deveria ter um ambiente saudável, constatou-se a presença de contaminantes, o que demonstra a necessidade de maiores estudos para futuras adequações do recinto.
- b) dentre os compostos orgânicos voláteis analisados, o tolueno é o BTEX mais abundante obtido neste trabalho, representando 81% em ambiente *indoor*. Sendo esse valor influenciado por dias onde ocorreu uma manutenção na sala de *spinning* e nesses dias altas concentrações de tolueno foram obtidas.
- c) todas as amostras medidas em pares *indoor/ outdoor* tiveram concentrações maiores no interior, exceto para o benzeno no dia 3/12/2010 onde a concentração no ambiente externo foi sutilmente maior que a medida no ambiente interno, também observada uma elevação na concentração média *outdoor* deste COV, sendo o terceiro composto químico em abundância, provavelmente em função da intensa quantidade de fontes móveis de poluição *outdoor* com a vaporização de gasolina e a sua combustão incompleta. O benzeno, composto extremamente tóxico, foi observado em todas as amostras *indoor* e *outdoor*.

Estas constatações intensificam a necessidade de maiores estudos nos estabelecimentos *indoor*, assim como as já detectadas nas “síndromes dos edifícios doentes”, demonstrando que a qualidade do ar *indoor* é pior que *outdoor*, seja pela influência das atividades e procedimentos realizados nestes locais, seja pela falta de manutenção e adequação dos sistemas de climatização artificial.

Simple atividades usualmente realizadas pelo homem, como a inserção de piso emborrachado na sala de *spinning* da academia “Alfa”, mostraram uma provável interferência na qualidade do ar *indoor*, a de maior representatividade, com uma intensa elevação na concentração do tolueno, decaindo no decorrer dos dias posteriores a esse procedimento.

Alguns compostos químicos, etilbenzeno, m,p, o- xileno, tiveram comportamentos parecidos antes da realização da manutenção do sistema de climatização artificial, o que sugere este como um possível facilitador da contaminação na sala de *spinning* da academia “Alfa”, sendo observada uma melhora da IQA após procedimentos de adequação deste equipamento.

Como nestes ambientes o procedimento de limpeza é constante, esta é possivelmente uma importante fonte de contaminação *indoor*, em função da volatilização destas substâncias utilizadas nestas atividades, aonde o tolueno sugere elevada interferência.

Para a melhora do IQA na sala de *spinning* da Academia “Alfa”, recomenda-se a manutenção e revisão permanente do sistema de climatização artificial, de acordo com a legislação vigente e a necessidade apresentada pelo equipamento; adequar os condicionadores de ar com o dimensionamento do local, para que seja eficiente a circulação e a troca de ar; no período entre as aulas e durante as atividades de limpeza, abrir portas e janelas para melhorar a troca do ar *indoor*; aumentar o espaçamento entre as bicicletas ergométricas, de forma a limitar a quantidade de indivíduos neste local.

O monitoramento contínuo dos poluentes do ar em ambientes públicos *indoor* deve fazer parte do cotidiano do homem. Alguns esforços tem sido feito em relação a ambientes confinados como a Portaria nº 3523 do Ministério da Saúde, regulamentando o controle dos ambientes climatizados e a Resolução nº 9 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, além da Resolução CONAMA nº 3 estabelecendo padrões de qualidade do ar para alguns compostos químicos, porém muitos compostos químicos ainda não são legislados ou não possuem a devida atenção, não sendo suficientes para contemplar a complexidade do assunto.

Os ambientes confinados devem ser uma das prioridades em função da exposição dos indivíduos nestes locais a níveis mais elevados *indoor* que *outdoor*, com alta toxicidade, potenciais carcinogênicos, entre outras doenças relacionadas ao comportamento de poluentes químicos no organismo humano.

A realização deste estudo visa analisar a exposição humana a compostos químicos prejudiciais à saúde. Espera-se com isso, atender ao princípio da prevenção, rumo à redução de exposição e riscos aos indivíduos

freqüentadores das academias de ginástica, inclusive aos profissionais em exercício, fazendo-se necessário um monitoramento destes compostos químicos, buscando evitar a incidência de efeitos tóxicos a saúde, propiciando um ambiente de trabalho e lazer mais saudável, assim como uma melhor qualidade de vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRICKUS, L.S.R.; AQUINO NETO, F. R. A qualidade do ar de interiores e a química. *Química Nova*, v.22, n 1, 1998.
2. GUO, H. et al. Source characterization of BTEX in indoor microenvironment in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, v.37, n.1, . 73- 82, 2003.
3. LIU, J.; MU et al. Atmospheric levels of BTEX compounds during the 2008 Olympic Games in the Urban Area of Beijin. *Science of the total Environment*, v. 408, p. 109- 116, 2009.
4. MACHADO, M. C. S. Estudo de Hidrocarbonetos Aromáticos Voláteis Precursores de Ozônio na Troposfera: Uma Visão Teórico-Experimental. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química da UFRJ. 2002.
5. MARTINS, E. M.; ARBILLA, G. ; MACHADO, M. C. S. ; ALMEIDA, J. C. S. Volatile aromatics compounds in a light-duty vehicle tunnel in Rio de Janeiro, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 78, p. 304-307, 2007.
6. SHARMAN, J. E. Clinicians prescribing exercise: is air pollution a hazard?. *Medical Journal of Australia*, Austrália, v.182, n. 12, p. 606- 607, 2005.