

X-016 - INFLUÊNCIA DO VENTO SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE MP₁₀ E PTS NA CIDADE DE LIMEIRA-SP

Francielle Fernandes

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental - Faculdade de Tecnologia (FT), UNICAMP.

Ariane Fernanda E. de Souza

Tecnóloga em Saneamento Ambiental - Faculdade de Tecnologia (FT), UNICAMP. Mestranda em Tecnologia para o Ambiente - FT/UNICAMP.

Simone Andréa Pozza

Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio Grande; Mestrado, Doutorado e Pós Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos, Profª Drª na FT/UNICAMP.

Endereço: Rua Paschoal Marmo, 1888 - Jd. Nova Itália - Limeira, SP - CEP:13484-33- Tel: (19) 2113-3466 – e-mail: simone.pozza@ft.unicamp.br

RESUMO

O desmatamento, as queimadas e o excesso de veículos, têm contribuído significativamente para a poluição do ar e para a degradação do meio ambiente, prejudicando a qualidade de vida dos seres vivos. O MP₁₀ e as PTS são encontrados diariamente na atmosfera e necessitam de monitoramento, pois estão relacionados com danos à saúde e a estética do meio em que vivemos. Contudo, as variáveis meteorológicas são capazes de influenciar na dispersão destes poluentes, podendo melhorar a qualidade do ar. O objetivo do trabalho foi correlacionar as concentrações de ambas às frações de Material Particulado (MP) com a velocidade do vento, pelo método de Pearson. Para calcular a concentração das partículas utilizaram-se dois Amostradores de Grande Volume (AGV), um para cada tamanho de partícula, onde foram realizadas coletas semanais em intervalos de 6 dias, foi feita análise gravimétrica para obter a concentração final.

PALAVRAS-CHAVE: MP₁₀, PTS, Velocidade do vento, Poluição Atmosférica.

INTRODUÇÃO

Com as grandes mudanças no sistema global, houve um crescimento populacional e industrial, bem como aumento de veículos automotores, que favoreceram a poluição atmosférica, afetando tanto a saúde da população e animais, como construções das cidades.

Além dos gases presentes na atmosfera, destacam-se também as partículas suspensas no ar, constituídas de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera devido ao seu pequeno tamanho (BRAGA et al., 2007 apud PATERAKI et al., 2010).

Um poluente atmosférico pode ser considerado como qualquer forma de matéria ou energia com concentração ou características fora dos níveis estabelecidos em legislação, que tornam o ar impuro, nocivo ou ofensivo à saúde, afetando o bem estar público, materiais, fauna e flora, interferindo nas atividades da população, bem como no seu conforto (CETESB, 2013).

Em razão dos diferentes diâmetros de MP, quanto menor o diâmetro da partícula, mais facilmente conseguirá atingir o sistema respiratório, dependendo da gravidade, poderá levar a morte, contudo, as partículas maiores, como as PTS, estão relacionadas com a estética do ambiente.

Estudos epidemiológicos (HARRISON e YIN, 2000; ANDERSON et al, 2001; ROHR e WYZGA, 2012) relataram associação entre indicadores de saúde e resultados de MP. Estes resultados levaram a preocupações sobre aerossóis atmosféricos, a agência ambiental dos Estados Unidos (US EPA) recomendou uma preocupação com o MP₁₀ (USEPA, 2003).

Fazer o monitoramento da qualidade do ar é muito importante, pois é possível avaliar as concentrações do poluente, informar a população e órgãos públicos responsáveis quanto a níveis críticos, além de fazer

prognósticos para determinado mês do ano. Existem diversos equipamentos que fazem medições para os mais específicos poluentes, com resultados precisos em frações de segundos (POZZA e SANTOS, 2011).

As variáveis meteorológicas possuem grande influência na qualidade do ar, pois auxiliam na dispersão dos poluentes. Existem diversos softwares matemáticos capazes de fazer correlações lineares, sendo possível verificar o grau de influência das variáveis com a concentração do poluente.

As coletas foram realizadas a cada 6 dias em períodos de 24 horas, com filtros de fibra de vidro utilizando a técnica gravimétrica e os equipamentos AGV. Os dados de pluviosidade foram obtidos na estação meteorológica instalada no mesmo local. Na parte estatística foi utilizado o software Action, através da correlação de Pearson verificou-se a influência da pluviosidade e da velocidade do vento na concentração de MP_{10} e PTS.

QUALIDADE DO AR

Deve-se conhecer e monitorar a qualidade do ar, pois com estes dados é possível verificar as características de um poluente, analisando o período do ano em que as concentrações são altas ou baixas e, futuramente, prever episódios críticos, por meio de um banco de dados.

A qualidade do ar pode ser influenciada não somente pela proximidade das fontes poluidoras, mas também por fatores meteorológicos, por meios de transportes (fluxo de carros, ônibus e caminhões) e transformações químicas (SEINFELD e PANDIS, 1998, apud JUNENG et al., 2011; DEMUZERE et al., 2009, apud JUNENG et al., 2011).

A Resolução 03/90 do CONAMA estabelece os padrões para sete poluentes, faz parte deste grupo o material particulado inalável (MP_{10}) e as PTS, os padrões visam especificar o nível máximo permitido para os poluentes atmosféricos, sendo que a máxima concentração de um poluente é em relação da função de um período médio de tempo (BRAGA et al., 2002).

Para uma amostragem de 24 horas, a concentração máxima permitida para padrão primário de ambas as partículas é de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a concentração do padrão secundário para o MP_{10} é de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e PTS de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme a Resolução CONAMA 03 (BRASIL, 1990).

MATERIAL PARTICULADO

Conforme QUEROL et al. (2004), o material particulado é uma mistura de diversas substâncias no estado líquido ou sólido junto com a poeira suspensas no ar, podendo apresentar diferentes graus de toxicidade, diâmetros e origens (naturais ou antropogênicas).

Determinar o tamanho da partícula é característica importante, pois quanto menor for o seu tamanho maior será a sua dispersão, além de poder indicar o local de sua deposição no sistema respiratório (BRUNO, 2005).

MP_{10}

Conforme PARK et al (2012), o MP_{10} é um poluente primário no ar e pode ser gerado em diferentes fontes. Pode ser de origem natural, como os sedimentos; e antropogênica, como as poeiras de estradas, escapamentos de veículos, emissões industriais de diversas características. Entretanto, os equipamentos de monitoramento não são capazes de determinar as origens das partículas, estes servem apenas para quantificar a concentração do MP (RODRIGUEZ et al., 2004).

Os níveis elevados de partículas de MP_{10} têm sido associados com efeitos negativos significativos sobre a saúde humana (ANEJA et al., 2012).

Os efeitos do MP_{10} na saúde humana podem ser diversos, dependendo da suscetibilidade de cada indivíduo. Os efeitos de curto prazo incluem irritação nos olhos, no nariz e na garganta, além de inflamações respiratórias, infecções como a pneumonia. Outros sintomas que podem ocorrer ao longo do dia, devido a uma exposição por um período de tempo maior são dores de cabeça, náuseas e reações alérgicas. Também podem provocar

efeitos mais graves à saúde como doenças respiratórias crônicas como a bronquite, câncer de pulmão e doenças cardíacas, danos no cérebro, no fígado e rins (THE EUROPEAN ENVIRONMENT, 2010).

PTS

As PTS, assim como o MP_{10} , são caracterizadas como material líquido ou sólido que ficam suspensos no ar ou em um fluxo gasoso, onde, estas podem ser influenciadas pelas condições meteorológicas e topográficas (ROJANO et al., 2008).

Estas partículas são definidas como aquelas que possuem o diâmetro aerodinâmico menor que 50 μm . Uma parte destas partículas é inalável e podem causar danos a saúde e outra parte pode afetar a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade (CETESB, 2013).

As PTS podem ser oriundas de diversas fontes, sendo elas naturais e antropogênicas. Quando emitidas por fontes naturais são derivadas pólen, aerossol marinho, erupções vulcânicas e do solo, já de fontes antropogênicas de veículos automotores, processos industriais, poeira de rua ressuspensa, entre outros (BRAIT e ANOTONIOSI, 2010; FEPAM, 2013).

A influência do vento, assim como a chuva podem prejudicar as propriedades naturais das PTS, podendo interferir na vegetação, nas condições de saúde dos seres vivos, na paisagem do ambiente, entre outros (ROJANO et al., 2008).

Para a determinação da concentração das PTS, usualmente é utilizado o método gravimétrico. Este método consiste na pesagem do filtro antes e após a amostragem, isto é feito devido ao pequeno volume de partícula coletas junto com um grande volume de ar (ECHEVERRÍA et al., 2005).

VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

As variáveis meteorológicas, como a pluviosidade, velocidade de vento, umidade e temperatura, exercem influência nas concentrações do MP, pois podem favorecer na dispersão do poluente (SALDANHA, 2005 apud BRUM, 2010).

É importante ressaltar que cada região possui suas características climáticas, esta correlação se comporta de formas diferentes em cada uma delas, desse modo, por exemplo, em uma região o vento pode ser favorável à dispersão dos poluentes, mas em outra pode contribuir com a ressuspensão do particulado, aumentando a sua concentração (DIAGNÓSTICO AMBIENTAL, 2009).

Segundo CHOI et al. (2008), geralmente estações secas e com pouco vento, as concentrações tendem a ser elevadas, é nesse período que se observa problemas respiratórios mais frequentes, ao contrário quando se tem estações chuvosas ou com ventos significativos, os níveis de MP_{10} tendem a diminuir.

No estudo de SALVADOR et al. (2011) foi possível comprovar a facilidade de dispersão do MP_{10} , poeiras oriundas da África, em períodos de grande movimentação das massas de vento, foram encontradas em Madrid, na Espanha em frações consideráveis.

O estudo de AKYUS E ÇABUK (2009) feito na Turquia revelou que as condições de vento foram os que mais influenciaram nas concentrações de MP_{10} .

Na Polônia, os eventos de poluição do ar e o aumento da concentração de MP_{10} foram associados com as condições meteorológicas desfavoráveis, isto é, temperatura muito baixa, baixa velocidade do vento e inversões da camada de superfície (REZLER et al, 2011).

VARDOULAKIS e KASSOMENOS (2008) verificaram em Atenas, correlações negativas entre MP_{10} com a velocidade do vento e precipitação em todas as estações de coleta estudadas.

PACOTES ESTATÍSTICOS

Existem muitos pacotes estatísticos capazes de correlacionar duas variáveis independentes que se relacionam em um determinado tempo. O software Action é um pacote estatístico, que pode ser usado em conjunto com o Excel, é fácil de usar, além de possuir diversas funções. Neste software, para fazer uma correlação é possível escolher o método que deseja utilizar, ele dispõe de métodos paramétricos e o não-paramétricos (PORTAL ACTION, 2013).

De modo geral, os métodos paramétricos são mais tradicionais, levam em consideração todas as suposições restritivas, exigindo que as populações sejam normalmente distribuídas. Já os métodos não-paramétricos levam em consideração poucas suposições das distribuições originais, pressupondo que as informações sejam corretas. Comparado com o paramétrico, podem ser realizados de modo mais rápido para pequenas amostras (PAGANO e GAUVREAU, 2006).

CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON

A correlação linear de Person, representada por “r”, faz parte dos métodos paramétricos, e avalia a correlação entre duas variáveis contínuas. Os valores variam de -1,00 a +1,00, que indica o quão próximos da reta estão os valores (correlação perfeita ou moderada) ou quanto estão dispersos (correlação fraca ou ausência de relacionamento) (STEVENSON, 2001).

Quanto mais próximo os valores de r, calculado pela Equação 1 estiverem destes limites, maior será o grau de correlação. Os sinais negativos e positivos indicam que esta correlação é positiva (quando a variável x cresce, a y também cresce) ou negativa (quando a variável x cresce, a y decresce), se $r = 0$, não existe correlação linear entre as variáveis (PAGANO e GAUVREAU, 2006).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2)(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2)}}$$

equação (1)

MATERIAIS E MÉTODOS

LOCAL DE ESTUDO

A cidade de Limeira localizada no Estado de São Paulo possui coordenada de Latitude sul 22° e Longitude oeste 47°, com altitude média de 567 metros, o clima predominante é o subtropical, característico pelo inverno seco e verão com índices pluviométricos consideráveis (EMBRAPA, 2013). A cidade possui 276.022 habitantes (IBGE, 2013), abrangendo uma área de 581 Km², com densidade demográfica de 475,08 hab/Km² (Figura 1).



Figura 1: Localização de Limeira dentro do estado de São Paulo.

Fonte: Encontra SP, 2013.

ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM

A estação de amostragem onde foi realizado o estudo está situada na Faculdade de Tecnologia (FT) - UNICAMP em Limeira, próximo à rodovia SP- 147 Dep. Laércio Corte, que liga Limeira a Piracicaba. Quanto a sua localização geográfica apresenta: Altitude 634 m, Latitude sul: 22°33'45'' e Longitude oeste: 47°25'21''.

Neste local estão instalados os equipamentos utilizados, os Amostradores de Grande Volume para MP₁₀ (AGV-MP₁₀) e para PTS (AGV-PTS), Figura 2 e Figura 3, respectivamente, além de um anemômetro (instrumento capaz de medir a velocidade do vento), pluviômetro (medir chuva) e termômetro (medir temperatura e umidade).



Figura 2: Amostrador de Grande Volume (AGV-MP₁₀)
Fonte: Acervo pessoal.



Figura 3: Amostrador de Grande Volume (AGV- PTS)
Fonte: Acervo pessoal.

AMOSTRAGEM

As coletas de MP_{10} e PTS foram realizadas em ciclos de 24 horas, a cada 6 dias. A escolha do regime de operação se deu com base nas recomendações da NBR 9547 (ABNT, 1986) e NBR 13412 (ABNT, 1995), que sugere que a vazão média de operação dos equipamentos seja mantida a mais constante possível durante o procedimento de amostragem.

Os filtros de fibra de vidro ficaram no dessecador 24 horas antes e 24 horas após a amostragem para evitar umidade, com intuito de não comprometer os resultados finais. Foram submetidos à análise gravimétrica, isto é, foram pesados antes e depois da coleta em balança analítica Sartorius, com precisão de pelo menos 0,1 mg.

Foi utilizado filtro de fibra de vidro de dimensões $20 \times 25 \text{ cm}^2$, considerado como um padrão, pois apresenta características essenciais para um bom funcionamento de coleta, como por exemplo, sua eficiência é superior a 99,9%, possui baixa reação com o material corrosivo, é resistente a temperaturas até 540°C e também é resistente a tensões, não se rompendo facilmente com o manuseio (ENERGÉTICA, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas análises mensais de novembro de 2010 a julho de 2012 das amostras de PTS e MP_{10} , relacionando-as com a velocidade de vento (Figura 4).

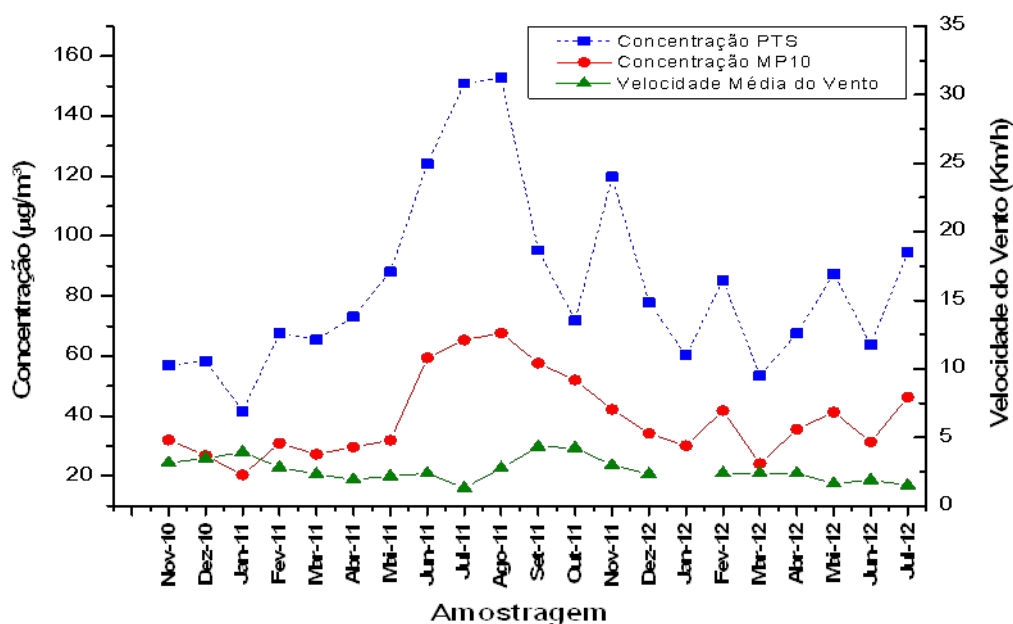


Figura 4: Concentração mensal de PTS/ MP_{10} em relação a velocidade de vento.

Observando a Figura 4, pode-se perceber que a velocidade de vento tem relação com dispersão de partículas. Quando a velocidade de vento é menor as concentrações de poluentes aumentam, sendo assim, quando a velocidade do vento aumenta as partículas tendem a diminuir.

Primeiramente foi feito o tratamento dos dados, através do gráfico box-plot das concentrações foram retirados os outliers, os valores discrepantes que poderiam comprometer os resultados finais, em seguida realizou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk, foi considerado 95% como nível de confiança, ou seja, p-valor menor que 0,005 não segue uma distribuição normal. O p-valor do PTS e MP_{10} foram 0,430009 e 0,107124, respectivamente, portanto, os valores utilizados para fazer as correlações são confiáveis.

Desse modo, foi possível fazer a correlação de Pearson entre as variáveis estudadas com as concentrações de PTS e MP_{10} (Tabela 1).

Tabela 1: Correlação de Pearson entre PTS e MP₁₀ com a velocidade de vento.

	Velocidade de vento
PTS	-0,20509129
MP ₁₀	-0,2467797

Conforme a Tabela 1, a velocidade de vento contribuiu favoravelmente para a dispersão dos poluentes, embora as correlações sejam fracas, houve maior correlação com o MP₁₀ em relação ao PTS. Em ambos foram negativas, isto é, quanto maior a variável, menor a concentração do particulado e vice-versa.

CONCLUSÃO

As concentrações de PTS e MP₁₀ encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação CONAMA 03/90. A sazonalidade está relacionada com as concentrações de poluentes, no inverno, onde a umidade relativa do ar é mais baixa as concentrações tendem a ser maiores, o que ocorre não ocorre no verão.

Em relação à estatística, houve fraca influência da velocidade de vento na dispersão de poluentes, desse modo, é possível que outras variáveis meteorológicas tenham contribuído para a redução dos particulados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 1986, NBR 9547. Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume – método de ensaio, São Paulo, 1986.
2. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 1995 NBR 13412. Material Particulado em Suspensão na Atmosfera – Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas – método de ensaio, São Paulo, 1995.
3. AKYUS, M.; ÇABUK, H. Meteorological variations of PM_{2.5}/PM₁₀ concentrations and particle-associated polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment of Zonguldak, Turkey. *Journal of Hazardous Materials*. Vol.170, pp. 13–21, 2009.
4. ANDERSON, H. R.; BREMNER, S. A.; ATKINSON, R. W.; HARRISON, R.M.; WALTERS, S. Particulate matter and daily mortality and hospital admissions in the west midlands conurbation of the United Kingdom associations with fine and coarse particles, black smoke and sulphate. *Occupational and Environmental Medicine*. Vol. 58, pp. 504-510, 2001.
5. ANEJA, V.P.; ISHERWOOD, A.; MORGAN, P. Characterization of particulate matter (PM₁₀) related to surface coal mining operations in Appalachia. *Atmospheric Environment*. Vol. 54, pp. 496-501, 2012.
6. BRAGA, B. et al. Introdução à Engenharia Ambiental, 2ª edição, São Paulo: Prentice Hall, p.318, 2002.
7. BRAIT, C. H.; ANTONIOSI, N. R. F. Desenvolvimento e Aplicação do Sistema Passivo de Coleta de Poluentes Atmosféricos para Monitoramento de Cd, Cr, Pb, Cu, Fe, Mn, Zn e Partículas Totais. *Química Nova*, Vol. 3, No 1. p. 7-13, 2010.
8. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). RESOLUÇÃO 003. Brasília, 5 p. 1990.
9. BRUM, D. R. Estudo da composição química do material particulado fino (MP_{2,5}) em Porto Alegre e Belo Horizonte. 2010. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. 2010.
10. BRUNO, R. L. Material Particulado Atmosférico na Cidade de São Carlos – SP: Quantificação e identificação de fontes. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Química - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, pp.188. 2005.
11. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 20/03/2013.
12. CHOI, Y.S.; HO, C.H.; CHEN, D.; NOH, Y.H.; SONG, C.K. Spectral analysis of weekly variation in PM₁₀ mass concentration and meteorological conditions over China. *Atmospheric Environment*. Vol. 42, pp. 655–666, 2008.
13. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL. Disponível em: http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento_ambiental/Porto/Porto%20S%C3%A3o%20sebasti%C3%A3o%20amplia%C3%A7%C3%A3o/Pdf/Cap_5.1_Diagn_Meio_Fisico.pdf. Acesso em: 20/03/13.

14. ECHEVERRÍA, R. S.; ALVAREZ, H. B.; ALVAREZ, P. S.; AYALA, R. S.; JIMÉNEZ, A. A.; KAHL, J. D. W. Determinación de partículas suspendidas totales durante cinco cruceros de investigación en La plataforma continental del Golfo de México. *INGENIERÍA Investigación y Tecnología VIII*. p. 71-83, 2007
15. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>> Acesso em: 22/03/2013.
16. ENERGÉTICA. Disponível em: <<http://www.energetica.ind.br>> Acesso em 22/03/2013.
17. ENCONTRA SP – Sobre Limeira. Disponível em: <<http://www.encontralimeirasp.com.br/limeira/>>. Acesso em 23/09/2012.
18. FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler/RS – Qualidade Ambiental. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluentes.asp>>. Acesso em 11/03/ 2013.
19. HARRISON, R.M; YIN, J. Particulate matter in the atmosphere which particle properties are important for its effects on health. *Science of the Total Environment*. Vol. 249, pp. 85-101, 2000.
20. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 22/03/2013.
21. JUNENG, L.; LATIF, M. T.; TANGANG, F. Factors influencing the variations of PM10 aerosol dust in Klang Valley, Malaysia during the summer. *Atmospheric Environment*. Vol. 45, pp. 4370-4378, 2011.
22. PAGANO, M.; GAUVREAU, K. *Princípios de Bioestatística*. 2º ed. Thomson. São Paulo. 506 p. 2006.
23. PARK, D.; YOON, M. O. Y.; PARK, E.; LEE, K. Source identification of PM10 pollution in subway passenger cabins using positive matrix factorization. *Atmospheric Environment*. Vol. 49, pp. 180-185, 2012.
24. PATERAKI, S.; ASIMAKOPOULOS, D. N.; MAGGOS T; VASILAKOS, C. Particulate matter levels in a suburban Mediterranean area: Analysis of a 53-month long experimental campaign. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 182, pp. 801-811, 2010.
25. PORTAL ACTION. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br>. Acesso em: 22/03/2013.
26. POZZA, S. A.; SANTOS, C. Monitoramento e Caracterização Ambiental. Coleção UAB-UFSCar, Engenharia Ambiental e Monitoramento Ambiental, 97 p., 2011.
27. QUEROL, X.; ALASTUEY, A.; VIANA, M. M.; RODRIGUEZ, ARTINÁNO, S. B.; SALVADOR,P.; SANTOS, S. G.; R. FERNANDEZ PATIER,F.; RUIZ, C. R.; ROSA, J.; CAMPA, A. S.; MENENDEZ, M.; GIL, J.I. Speciation and origin of PM10 and PM2.5 in Spain. *Aerosol Science*. Vol. 35, pp. 1151–1172, 2004.
28. REZLER, K.J.; REIZER, M.; OUDINET, J. P. Determination and analysis of PM10 source apportionment during episodes of air pollution in Central Eastern European urban areas: The case of wintertime 2006. *Atmospheric Environment*. Vol.45, pp. 6557-6566, 2011.
29. ROHR, A.C.; WYZGA, R.E. Attributing health effects to individual particulate matter constituents. *Atmospheric Environment*. Vol.62, pp.130-152, 2012.
30. ROJANO, R., PÉREZ, J., GALINDO, A., MENDOZA, Y., SOTO, D., TONCEL, E. Determination of the optimum point of sampling, for the evaluation of the concentrations of Total Suspended Particles (TSP) in a semiurban Colombian area. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia* 31(3): 201-212, 2008.
31. RODRÍGUEZ, S.; QUEROL, X.; ALASTUEY, A.; VIANA, M-M.; ALARCÓN, M.; MANTILLA, E.; RUIZ, C. R. Comparative PM10–PM2.5 source contribution study at rural, urban and industrial sites during PM episodes in Eastern Spain. *Science of the Total Environment*. Vol. 328, pp. 95–113, 2004.
32. SALVADOR, P.; ARTINANO, B.; VIANA, M.M.; QUEROL X., ALASTUEY, A.; FERNANDEZ, I. G.; ALONSO, R. Spatial and temporal variations in PM10 and PM2.5 across Madrid metropolitan area in 1999-2008. *Procedia Environmental Sciences*. Vol. 4 pp. 198–208, 2011.
33. STEVENSON, W. J. *Estatística Aplicada à Administração*. Editora Harbra. São Paulo. 495 p. 2001.
34. THE EUROPEAN ENVIRONMENT — state and outlook. European Environment Agency, p. 46, 2010.
35. USEPA. Air Criteria for Particulate Matter. National Center of Environmental Assessment-RPT Office of Research and Development. Vol. 1. 2003.
36. VARDOLAKIS, S.; KASSOMENOS, P. Sources and factors affecting PM10 levels in two European cities: Implications for local air quality management. *Atmospheric Environment*. Vol. 42, pp. 3949–3963, 2008.