

X-059 - ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE PARTÍCULA ATMOSFÉRICA

Dayana Milena Agudelo-Castañeda

Engenheira Ambiental e Sanitária pela Universidad De La Salle (Bogotá, Colômbia). Mestre em Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS). Doutoranda Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da UFRGS (CEPSRM/UFRGS)

Felipe Norte Pereira

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Engenheiro de Qualidade do Ar da Fundação de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM-RS)

Maurício Andrades Paixão

Bolsista IC. Estudante de graduação em Engenharia Ambiental/UFRGS

Daniela Osório Migliavacca

Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). Msc. em Engenharia Elétrica pela PUC. Doutora em Ecologia pela UFRGS. Professora da Universidade FEEVALE e Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Silvia Beatriz Alves Rolim

Geóloga pela UFRGS. Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Doutora em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas. Professora Associada da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pesquisadora do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia.

Elba Calesso Teixeira⁽¹⁾

Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). Mestre em Metalurgia Extrativa pela UFRGS. Doutora em Geoquímica pela Institut National Polytechnique de Lorraine, França. Pós Doutorado no PPGEM/UFRGS em Geoquímica Ambiental. Pesquisador da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler, Brasil

Endereço⁽¹⁾: Atividades de Projetos de Pesquisa. Fundação de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler, RS. Rua Carlos Chagas, 55/802 - Centro - Porto Alegre - RS - CEP: 90030-020- Brasil - Tel: +55 (51) 3288-9408 - e-mail: gerpro.pesquisa@fepam.rs.gov

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo estudar o modo de distribuição do tamanho de partículas atmosféricas <10 µm, <2.5 µm e <1.0 µm na Região Metropolitana de Porto Alegre. O equipamento empregado foi o analisador de partículas suspensas no ar modelo MP101M da Environnement S.A. com módulo CPM acoplado. Foram determinadas as concentrações diárias e horárias e estes dados foram correlacionados com os parâmetros meteorológicos como velocidade e direção do vento, temperatura, umidade relativa e radiação solar. Os resultados obtidos para a concentração diária do número de partículas por volume (Nbr/L) mostraram que a área de estudo apresenta maior número de partículas finas (1,0-2,5 µm) e ultrafinas (< 1,0 µm), com concentrações de 23,7 Nbr/L e 14,9 Nbr/L, respectivamente. As partículas grossas (2,5- 10 µm) apresentam uma concentração média diária de 6,99 Nbr/L.

A concentração horária do número de partículas apresentou picos nas primeiras horas do dia (7:00-10:00), devido ao aumento do fluxo de tráfego (rush hours) e à noite com valores de picos mais elevados as 19:00h. Os resultados preliminares do presente estudo mostram uma influência das variáveis meteorológicas, principalmente para as partículas finas e ultrafinas.

PALAVRAS-CHAVE: Partículas atmosféricas, distribuição de tamanho de partículas.

INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um dos principais problemas enfrentados nas grandes cidades (Gaffney e Marley, 2009), ameaçando de forma direta a qualidade de vida da população. Dentre os fatores geradores de poluição do ar, destaca-se a emissão de poluentes de veículos automotores (Colville et al., 2000), que são a principal fonte de material particulado nas áreas urbanas (Bathmanabhan e Saragur, 2010). Informações sobre a concentração em massa das partículas podem ser um bom indicador para gerar uma alerta de poluição, porém a distribuição do

tamanho e da natureza destas partículas são também parâmetros importantes para a determinação do seu potencial impacto à saúde humana (Renard et al., 2010).

A maioria das redes de qualidade do ar utiliza sistemas de amostragem automáticos para coletar as partículas em filtros, que logo são analisadas em laboratório com várias técnicas a fim de determinar suas propriedades físicas. Este método não é relevante para alertar em tempo real à população. O distribuidor de tamanho de partícula pode ser utilizado para tal efeito, devido a capacidade de determinação contínua e em tempo real da concentração e distribuição do tamanho das partículas atmosféricas.

Existem alguns trabalhos relativos sobre medidas de partículas ultrafinas e distribuição de tamanho de partículas dentre os quais citam-se alguns Shi et al (1999); Westerdahl et al. (2005), Hagler et al. (2009), Knibbs et al. (2009), Renard et al. (2010), Chen et al. (2010).

No presente estudo, foi analisada a distribuição de partículas atmosféricas de acordo com os tamanhos PR1, PR2,5 e PR10. Essa classificação permite separar o material particulado em faixas de tamanho de acordo com o diâmetro das partículas. O PR1 é denotado para partículas com diâmetro de $<1\mu\text{m}$; o PR2,5 é assim chamado para partículas com diâmetro entre $1\text{--}2,5\mu\text{m}$; e o PR10 está para partículas com diâmetro entre $2,5\text{--}10\mu\text{m}$. A análise da distribuição em faixas de tamanho se dá devido à inviabilidade de se calcular tamanhos exatos, uma vez que na natureza não existe um comportamento padrão: podem ocorrer infinitos tamanhos entre um e outro tamanho específico, por exemplo. Por isso, a análise é feita como em uma “peneira”, subdividindo o material particulado em faixas de tamanho que são classificadas conforme indicado anteriormente.

O presente trabalho analisou os modos de distribuição de tamanho de partículas atmosféricas para as faixas PR1, PR 2,5 e PR10 para os meses de agosto, setembro e outubro de 2010 obtidas utilizando o MP101M com CPM acoplado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O local de estudo é Sapucaia do Sul, localizado na região Metropolitana de Porto Alegre – RMPA - situada na região centro-leste do Estado do Rio Grande do Sul. Está delimitada pelos paralelos 28°S e 31°S e os meridianos 50°W e 54°W. A região RMPA é formada por 31 municípios e constitui o eixo mais urbanizado do Estado. Esta região sofre influência de diferentes fontes: estacionárias e móveis. Próximo ao local de amostragem existe uma intensa frota de veículos a gasolina e a diesel, como por exemplo, o eixo inferior da BR-116, onde o fluxo é de aproximadamente 150 mil veículos/dia, o leva a uma grande emissão de poluentes veicular. Estas fontes móveis geram partículas finas e ultrafinas, que através de estudo da distribuição de tamanho de partículas pode-se melhor avaliar a origem do material particulado gerado pelos veículos a diesel e gasolina. O equipamento encontra-se localizado na estação de Sapucaia do Sul, na RMPA, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Localização da Estação de Sapucaia do Sul na Região Metropolitana de Porto Alegre, RS

O equipamento utilizado para análise de material particulado foi o MP101M com módulo CPM, da Environnement S.A. O MP101M com módulo CPM (Environment S.A) é um analisador automático de concentração de partículas com base na medição da quantidade de radiação absorvida por uma amostra quando exposta a uma fonte radioativa. Na figura 2 pode ser visualizada a estrutura do MP101M. A determinação da concentração ocorre a partir do princípio de absorção de radiação beta de baixa energia por colisão com elétrons, cujo número é proporcional à densidade. Desta forma, a absorção é função apenas da massa do material irradiado, que consiste em uma fonte de ^{14}C emissora de radiação beta de baixa energia e um detector Geiger-Müller. A massa é calculada a partir da diferença da absorção da radiação antes e depois da deposição de partículas. As medidas são organizadas em períodos e ciclos, sendo que no presente trabalho, os ciclos são de 24h e os períodos de 15 minutos. O banco de dados foi montado a partir dos dados brutos registrados no aparelho de amostragem. Foram realizadas médias horárias de concentração do PM10 ($<10\mu\text{m}$) nos períodos. A taxa de fluxo foi controlada e mantida constante ($1\text{ m}^3\text{h}^{-1}$) na cabeça do amostrador.



(1) reference gauge, (3) source holder, (4) fitting, (5) capstan, (6) disengageable pinch roller, (7) take-up reel, (8) Geiger-Müller tube detector, (9) pressure assembly, (10) pay-out reel.

Figura 2. Estrutura interna do analisador MP101M (Fonte: ENVIRONNEMENT, 2010)

O módulo CPM é acoplado na parte superior do MP101M sendo responsável pela análise da distribuição do tamanho de particulados, baseando-se na intensidade de espalhamento de um feixe de laser por partículas atmosféricas, aplicando o princípio do espalhamento Mie (ENVIRONNEMENT, 2010). Seu princípio consiste em um laser (635 nm) que incide sobre a amostra, sendo espalhado em várias direções. Um fotodiodo, situado em torno de 15° do laser incidente, mede a intensidade da radiação espalhada. Neste ângulo, a intensidade da luz dispersa independe da natureza das partículas, sendo função do seu tamanho (Renard et al., 2010). O módulo mede essa intensidade e classifica o material particulado nas faixas de tamanho PR1, PR2,5 e PR10 em tempo real. A Figura 3 mostra o esquema representativo de funcionamento do módulo CPM.

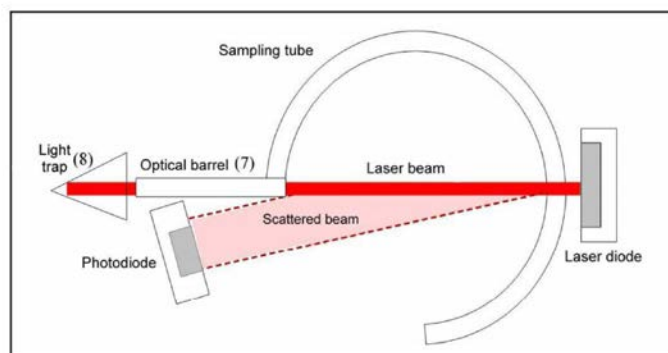


Figura 3. Esquema representativo do funcionamento do módulo CPM (Fonte: ENVIRONNEMENT, 2010)

Os dados meteorológicos como temperatura do ar, umidade relativa, radiação, velocidade e direção do vento foram obtidos da estação meteorológica em Canoas (FEPAM).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 1 mostra as concentrações médias diárias para o período de estudo. A maior concentração corresponde ao mês de agosto para todos os tamanhos e a menor no mês de outubro, para Sapucaia. O presente trabalho, por estar na sua fase inicial, apresenta poucos dados, porém sugere-se que a concentração mais alta apresentada em agosto devido à influência do inverno, onde há presença de inversão térmica dificultando a dispersão de poluentes.

A figura 4 mostra a distribuição de tamanho de partículas para o período estudado. O comportamento diário da área de estudo apresenta maior número de partículas finas (1-2,5 μm) e ultrafinas (<1 μm), com concentrações de 23,7 Nbr/L e 14,9 Nbr/L, respectivamente. As partículas grossas (2,5-10 μm) apresentam uma concentração média diária de 7,0 Nbr/L. Também os resultados mostram que os dias de menores concentrações correspondem aos finais de semana e feriados. Isto concorda com o estudo de Yli-Tuomi et al. (2005), no qual eles explicam que em ambientes com alto fluxo veicular (rodovias, auto-estradas), o 91% do total das partículas tinham um diâmetro menor de 56 nm, assim como maiores concentrações em número nas partículas ultrafinas, demonstrando que o tráfego de veículos é um importante emissor das partículas neste tamanho. Chen et al. (2010) também concluíram que as concentrações de partículas ultrafinas também estão relacionadas com as emissões dos veículos.

Tabela 1. Concentrações médias diárias para os meses de Agosto, Setembro e Outubro (Nbr/L)

	Ago	Set	Out
PR1	19,47	11,48	14,67
PR2,5	30,72	18,51	23,32
PR10	8,82	6,00	6,57

A figura 5 apresenta os resultados do número de partículas, em médias horárias, para PR1, PR 2,5 e PR10. A partir das 7h o número de partículas aumenta até atingir um pico às 09h. Nos horários das 7h até as 10h, correspondente ao início do fluxo veicular matinal, junto com uma superfície pouco aquecida, ajuda na acumulação de partículas na atmosfera. Às 19:00 h (período noturno) é mostrado um pico do número de partículas maior do que o do horário diurno, sendo atribuído a pouca turbulência devido a menor intensidade de radiação solar, dificultando a dispersão das partículas.

Os dados observados estão de acordo com os obtidos por Hagler et al. (2009), onde foi verificado uma maior influência de tráfego veicular em partículas finas e ultrafinas nos horários de rush.

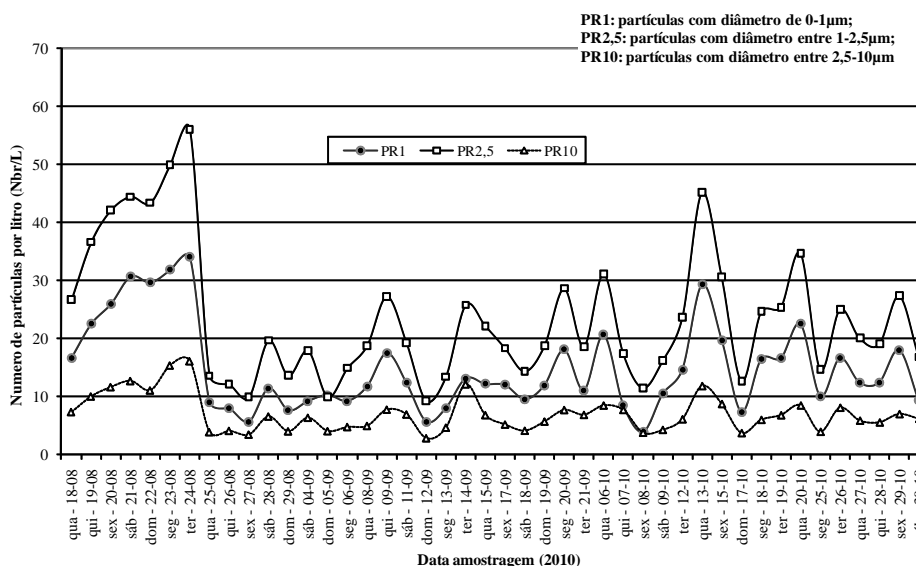


Figura 4. Distribuição da concentração média diária do número de partículas atmosféricas

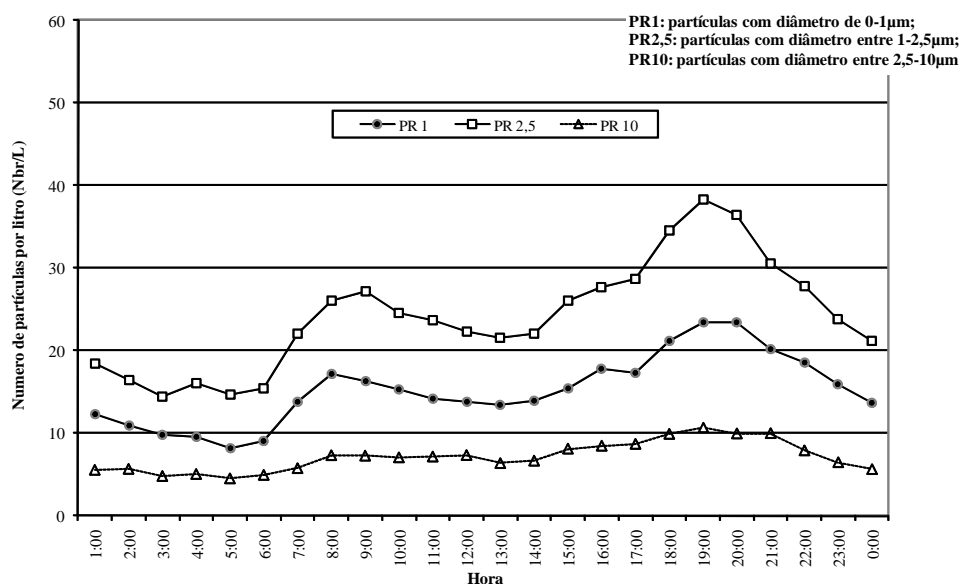


Figura 5. Distribuição da concentração média horária do número de partículas atmosféricas

A tabela 2 mostra os coeficientes de correlação entre o número de partículas por litro para cada faixa de tamanho e os dados meteorológicos (velocidade, temperatura ambiente, umidade e radiação solar). Estes resultados revelam que existe uma leve correlação negativa entre a umidade atmosférica e o tamanho das partículas. Possivelmente pelo fato que as partículas atmosféricas são susceptíveis de ser removidas pela sua dissolução nas gotículas de água presentes no ar (Baird, 2004). Também se observa que a velocidade do vento não apresenta uma influência direta na concentração do número de partículas atmosféricas. Ao contrário, a temperatura ambiente apresentou uma leve correlação em todos os tamanhos de partícula, possivelmente, porque a temperatura influi em processos de formação via nucleação de partículas secundárias, como as ultrafinas (Yli-Tuomi, et al. 2005; Morawska et al. 2008). Os resultados mostram uma leve influência da radiação, a qual é devida à atividade fotoquímica que leva a um aumento na concentração das partículas ultrafinas e finas (Park et al., 2008).

O presente trabalho encontra-se em fase inicial, não podendo ter uma conclusão dos dados. Diante disso, os resultados mostram que poderá existir uma influência da temperatura e da umidade, assim como em algum grau da radiação atmosférica, principalmente para as partículas finas e ultrafinas.

Tabela 2 Coeficientes de correlação entre velocidade do vento, temperatura, umidade relativa, radiação e as frações de tamanho de partículas – concentração média 24 horas.

	V (m/s)	T (°C)	Umidade (%)	Radiação (w/m ²)
PR1	-0,25	0,41	-0,62	0,36
PR2,5	-0,21	0,45	-0,60	0,31
PR10	-0,12	0,48	-0,55	0,18

Correlações marcadas são significantes à $p < 0,05$.

A tabela 3 mostra os valores de concentração do número de partículas por volume nas diferentes frações de tamanho em função da direção do vento. De acordo com os resultados observados, as direções do vento de NNE, ENE, E, S, SW e NNW, não aconteceram. Conforme análises estatísticas, as direções predominantes do vento foram norte (N, NE) e sudeste (SE, SSE, ESE), e as menos freqüentes do oeste (WSW, SSW, W, WNW, NW), com freqüências de 39%, 43% e 18%, respectivamente. A tabela 3 demonstra a influência das fontes veiculares no número de partículas, obtendo valores médios de número de partículas similares para as todas as direções predominantes, pelo fato da localização da estação de monitoramento. A estação encontra-se

próxima de duas rodovias com alto tráfego veicular, a BR116 e a RS 118, localizadas ao sudeste e norte da mesma.

Os maiores valores médios foram obtidos para a direção oeste (WSW, SSW, W), com frequências menores, demonstrando uma possível acumulação da poluição gerada pelas ruas rodovias quando o vento vem desde esta direção, como pode ser observado na Figura 1. A tabela 4 resume estes resultados.

Tabela 3. Concentração média de tamanho de partículas em função da direção do vento

		PR1	PR2,5	PR10
Direção vento	Frequência	(Nbr/L)	(Nbr/L)	(Nbr/L)
N	16	12,76	20,48	6,58
NNE	-	-	-	-
NE	1	29,71	43,43	11,04
ENE	-	-	-	-
E	-	-	-	-
ESE	6	20,18	31,20	8,55
SE	9	15,92	24,77	6,76
SSE	4	9,37	15,28	4,32
S	-			
SSW	1	34,11	56,12	16,12
SW	-	-	-	-
WSW	4	12,77	21,35	6,45
W	1	16,48	24,67	5,94
WNW	1	8,56	17,43	7,66
NW	1	9,27	16,84	6,13
NNW	-	-	-	-

Tabela 4. Resumo resultados do número de partículas em função da direção do vento para os quadrantes Norte, Sudeste e Oeste

	Frequência (%)	PR1 (Nbr/L)	PR2,5 (Nbr/L)	PR10 (Nbr/L)
Norte	39%	42,47	63,91	17,62
Sudeste	43%	45,47	71,24	19,62
Oeste	18%	81,19	136,41	42,30

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A concentração diária mostra que a área de estudo apresenta maior número de partículas finas (1-2,5 μm) e ultrafinas (<1 μm), com valores de 23,70 Nbr/L e 14,89 Nbr/L, respectivamente. Já as partículas grossas (2,5-10 μm) apresentam uma média diária de 6,99 Nbr/L.

Os resultados mostram que os dias de menores concentrações correspondem aos finais de semana e feriados. A concentração média horária do número de partículas apresentou picos nos horários de maior fluxo veicular, aumentando principalmente às 7h no começo do tráfego e a incidência da radiação solar, sendo a sua concentração maior no pico de tráfego no horário noturno.

Os valores médios horários para PR1,0, PR2,5 e PR10 foram de 15,20, 24,17 e 7,15 Nbr/L, respectivamente.

Os resultados preliminares da pesquisa mostram que poderá existir uma influência da temperatura e da umidade, assim como em algum grau da radiação atmosférica, principalmente para as partículas finas e ultrafinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAIRD, C.; Environmental Chemistry, 2nd Edition. W.H. Freeman and Company, New York. USA. 652p. 2004.
2. BATHMANABHAN, S.; SARAGUR, S.N.; Analysis and interpretation of particulate matter - PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁ emissions from the heterogeneous traffic near an urban roadway. Atmospheric Pollution Research 1, 184-194, 2010.
3. CHEN, S.; TSAI, C.; CHOU, C.; ROAM, G.; CHENG, S.; WANG, Y.; Ultrafine particles at three different sampling locations in Taiwan. Atmospheric Environment 44, 533-540, 2010.
4. COLVILE, R. N.; HUTCHINSON, E. J.; MINDELL, J. S.; Warren, R. F., The transport sector as a source of air pollution. Atmospheric Environment 35, 1537-1565, 2001.
5. ENVIRONNEMENT. MP101M. Suspended particulate beta gauge monitor. Technical Manual. 2010.
6. GAFFNEY, J. S.; MARLEY, N.A. The impacts of combustion emissions on air quality and climate – From coal to biofuels and beyond. Atmospheric Environment 43, 23-36, 2009.
7. HAGLER, G.S.W.; BALDAUF, R.W.; THOMAS, E.D.; LONG, T.R.; SNOWC, R.F.; KINSEY, J.S.; OUDEJANS, L.; GULLETT, B.K. Ultrafine particles near a major roadway in Raleigh, North Carolina: Downwind attenuation and correlation with traffic-related pollutants. Atmospheric Environment, 1 – 6, 2009.
8. INPE-CPTEC. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2008, < <http://www.cptec.br/clima> >
9. KNIBBS. L.D.; DEAR, R.J.; MORAWSKA, L.; Mengersen, K.L.; On-road ultrafine particle concentration in the M5 East road tunnel, Sydney, Austrália. Atmospheric Environment 43, 3510-3519, 2009.
10. Morawska, L. ; Ristovski, Z.; Jayaratne, E.R.; Keogh, D.U.; Ling, X., Ambient nano and ultrafine particles from motor vehicle emissions: Characteristics, ambient processing and implications on human exposure. Atmospheric Environment 42 , 8113-8138. 2008
11. PARK, K.; PARK, J.Y.; KWAK, J.; CHO, G.N., KIM, J.; Seasonal and diurnal variations of ultrafine particle concentration in urban Gwangju, Korea: Observation of ultrafine particle events . Atmospheric Environment 42, 788-799, 2008.
12. RENARD, J-B.; THAURY, C.; MINEAU, J-L.; GAUBICHER, B.; Small-angle light scattering by airborne particulates: Environnement S.S. continuous particulate monitor. Measurement Sciences and Technology 21, 1-10, 2010.
13. YLI-TUOMI, T.; AARNIO, P.; PIRJOLA, L.; MÄKELÄ, T.; HILLAMOD, R.; JANTUNENA, M.; Emissions of fine particles, NO_x, and CO from on-road vehicles in Finland. Atmospheric Environment 39 , 6696-6706, 2005
14. SHI, J.P.; HARRISON, R. M.; BREAR, F.; Particle size distribution from a modern heavy duty diesel engine. The Science of the Total Environment 235, 305-317. 1999. STULL, R.B.; An introduction to boundary layer meteorology. Kluwer Academic Publishers. 670p. U.S.A., 1997.
15. WESTERDAHL, D.; FRUINA, S.; SAXB, T.; FINEC, P.; SIOUTAS, C.; Mobile platform measurements of ultrafine particles and associated pollutant concentrations on freeways and residential streets in Los Angeles. Atmospheric Environment 39, 3597-3610, 2005.