

X-004 – ESTUDO DE MATERIAL PARTICULADO NA ATMOSFERA DA CIDADE DE GUARULHOS (S.P.) ATRAVÉS DE ÁGUA DE CHUVA

Maria Lúcia Pereira Antunes⁽¹⁾

Física pelo Instituto de Física da USP – S.P. Mestre em Física Nuclear pelo Instituto de Física da USP/SP. Doutora em Ciências pelo Instituto de Física da USP. Professora Assistente Doutora do curso de graduação em Engenharia Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UNESP de Sorocaba.

Gustavo Nobrega Barbosa⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela UNESP de Sorocaba

Rosana Astolfo

Mestre em Geociências pela Universidade de São Paulo USP/SP. Especialista em laboratório do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - IAG - USP/S.P.

Sandro Donnini Mancini⁽¹⁾

Engenheiro dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Mestre e Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos. Livre-Docente em Materiais e Reciclagem pela UNESP. Professor Adjunto da UNESP/Sorocaba e dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental e Ciências dos Materiais da UNESP.

Endereço⁽¹⁾: Av. Três de Março, 511 – Alto da Boa Vista - Sorocaba – SP - CEP: 18087-180 - Brasil - Tel: (15) 3238-3409 ramal 3460 - e-mail: malu@sorocaba.unesp.br

RESUMO

A grande emissão de poluentes atmosféricos aliada à dificuldade de sua dispersão faz com que a qualidade de vida em algumas cidades do Brasil se deteriore cada vez mais. A contribuição das diferentes fontes dessa poluição pode ser investigada através da análise da composição química da água de chuva da região. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo coletar e analisar a composição química da água de chuva da cidade de Guarulhos, cidade muito próxima à capital de São Paulo. Apresentando resultados de pH, condutividade elétrica e da concentração dos íons majoritários presentes na água de chuva, permitindo que se identifique as principais fontes geradoras de poluição nessa região. O pH médio da água de chuva de Guarulhos, foi de 5,2 (MPV 4,9), valor que caracteriza as chuvas da região como no limite de não ácidas. As maiores concentrações foram observadas para o ânion NO_3^- e para o cátion NH_4^+ . A análise de fatores da composição da água de chuva identificou a poeira de solo, emissão veicular, aerossol marinho e emissão industrial como sendo as principais fontes emissoras de material particulado na região.

PALAVRAS-CHAVE: Material Particulado, Deposição úmida, Chuva ácida.

INTRODUÇÃO

A poluição do ar pode ser definida como uma mudança que ocorre na composição do ar ou em suas propriedades (1). Essas mudanças podem tornar o ar nocivo ao bem estar público, à fauna, a flora e aos materiais.

Em áreas urbanas, além dos componentes naturais presentes na troposfera, são lançados gases e material particulado (aerossóis), que sob algumas condições meteorológicas, sofrem reações, formando poluentes adicionais aos já emitidos, contribuindo para o agravamento da poluição de certas regiões (2).

O excesso de poluentes na atmosfera traz efeitos danosos que podem ser classificados em estéticos, irritantes e tóxicos (1). Os efeitos estéticos estão relacionados aos sentidos visuais e olfativos, como exemplo temos a fumaça preta liberada pelos caminhões e odores exalados por certas indústrias. Quanto aos efeitos irritantes os mais comuns são irritações nos olhos e mucosas respiratórias. Já os efeitos tóxicos podem ser altamente perigosos possibilitando o óbito de indivíduos. Em geral ocorrem quando o indivíduo entra em contato com altas quantidades de gases tóxicos em um curto período de tempo ou baixas quantidades em um período prolongado.

Além disso, outra preocupação existente é a de que os constituintes nocivos da atmosfera, por meio da precipitação das chuvas, podem influenciar aquíferos, mananciais, solo, biota e materiais expostos a essa deposição.

No Estado de São Paulo, os poluentes considerados chave para a avaliação da qualidade do ar são monitorados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Esses parâmetros analisados são: SO₂; CO; O₃; NO₂; partículas totais em suspensão e inaláveis e fumaça.

Uma forma alternativa de se caracterizar a composição química do material particulado presente na atmosfera é através da análise da composição da água de chuva. Isso porque no momento de precipitação, a chuva dissolve o material particulado presente na atmosfera, agindo como se estivesse lavando o ar atmosférico (3).

Em países europeus e norte americanos, existem programas de monitoramento envolvendo um ou mais países, obtendo avaliações tanto espaciais quanto temporais constante de composição química de água da chuva e seus efeitos em diferentes ecossistemas. Já no Brasil, ao contrário dos países do hemisfério norte, os estudos realizados com água de chuva ocorrem por iniciativas isoladas de pesquisadores e por períodos limitados (4).

Buscando contribuir com informações sobre a poluição atmosférica da cidade de Guarulhos, este trabalho tem como objetivo coletar e analisar a composição química da água de chuva da cidade de Guarulhos, cidade muito próxima à capital de São Paulo. Apresentando resultados de pH, condutividade elétrica e da concentração dos íons majoritários presentes na água de chuva, permitindo que se identifique as principais fontes geradoras de poluição nessa região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Região de Estudo – O município de Guarulhos (Figura 1) localiza-se a apenas 17 quilômetros da capital do Estado de São Paulo, Brasil. É o segundo município mais populoso do estado, apresentando uma população superior a 1 milhão e duzentos mil habitantes. Possui um dos mais complexos parques industriais do Estado de São Paulo, com mais de 4.000 indústrias. A cidade apresenta clima tropical úmido, com temperatura média anual de 19°C, umidade relativa do ar com média anual de 81,1%. A precipitação anual é de 1.470mm e o período de maior ocorrência de chuvas ocorre entre os meses de janeiro e fevereiro. Foi escolhido como ponto de coleta, uma região da cidade localizada próxima as grandes vias e estradas que conectam a região à capital.



Figura 1: Localização do município de Guarulhos.

A metodologia de amostragem se caracterizou pela coleta de água de chuva, obtidas com um coletor tipo “bulk” (coletor de deposição total). A amostragem foi realizada predominantemente durante o verão 2010/2011 (dezembro de 2010 a março de 2011), perfazendo um total de 24 amostras. Após cada coleta, o coletor era

lavado três vezes com água destilada e deionizada. Em menos de 12 horas após o término dos eventos de precipitação, as amostras de água de chuva foram acondicionadas em frascos de polietileno de 50 mL (Nalgon) e o volume de chuva foi registrado para posterior cálculo das concentrações médias ponderadas pelo volume (MPV).

Metodologia de análise – Após a coleta, foram realizadas medidas do pH e condutividade das amostras, utilizando-se um equipamento de leitura direta (YSI, modelo YSI85 e YSIpH100). A composição química das amostras de água de chuva coletadas foram analisadas por cromatografia iônica, junto ao Laboratório de Análise dos Processos Atmosféricos (Lapat) do Departamento de Ciências Atmosféricas do IAG/USP, onde foi utilizado um cromatógrafo iônico Metrohm modelo 850 Professional IC, com detecção condutométrica. Foram quantificados através dessa técnica os teores: dos ânions: Cl^- , F^- , NO_3^- e SO_4^{2-} e dos cátions: Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . Conhecida a composição química da água de chuva, puderam ser identificadas as principais fontes geradoras desses poluentes através da análise de Fatores (AF), utilizando-se o software SPSS 11.0 para o tratamento de dados.

RESULTADOS

Através da campanha de amostragem e sua análise, foi possível obter uma série temporal de verão da precipitação no município de Guarulhos no ano de 2010/2011. Uma comparação entre o volume médio de precipitação no período (5) e a precipitação coletada é apresentada na figura 2. Esse período foi bastante atípico, apresentando um verão menos chuvoso do que a média dos outros anos. A média mensal foi de 117,05mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso.

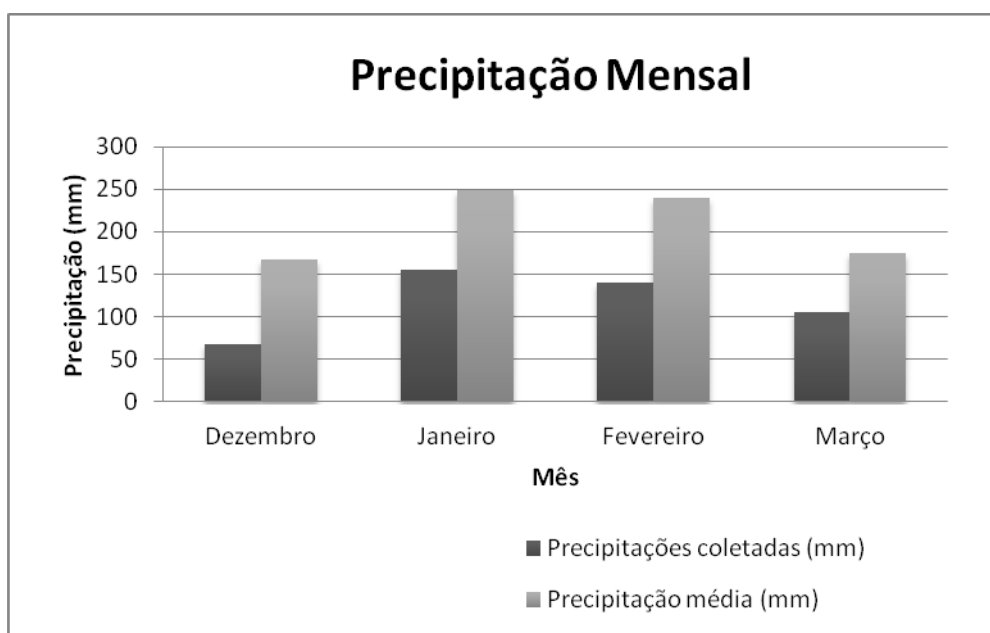


Figura 2: Comparativo entre a precipitação mensal coletada (mm) e a precipitação média mensal da cidade.

O valor de pH médio para o período foi de $5,2 \pm 0,6$ e a média ponderada pelo volume de 4,9. A caracterização de chuva ácida se dá pelo equilíbrio entre água pura e dióxido de carbono, e considera-se chuva ácida precipitações cujo valor do pH seja menor que 5 e chuva alcalina valores superior a 6 (6). Das 24 amostras coletadas, doze amostras apresentaram valores de pH maiores ou igual a 6, dez amostras apresentaram valores inferiores a 5 e duas amostras foram identificadas com pH entre 5 e 6 (Figura 3). Como o valor de pH medido para a região de Guarulhos é muito próximo de 5, pode-se caracterizar a chuva da região como não ácida. Isso mostra que a região se encontra no limite da situação de chuva não ácida e se deve dar atenção a esse fato.

As medidas de condutividade elétrica das amostras foram sempre inferiores ao limiar de medida, apenas cinco amostras apresentaram valores significativos entre 0,01mS e 0,03mS, valores considerados muito baixo.

A tabela 1 apresenta as concentrações dos cátions e ânions inorgânicos medidos no período por cromatografia iônica.

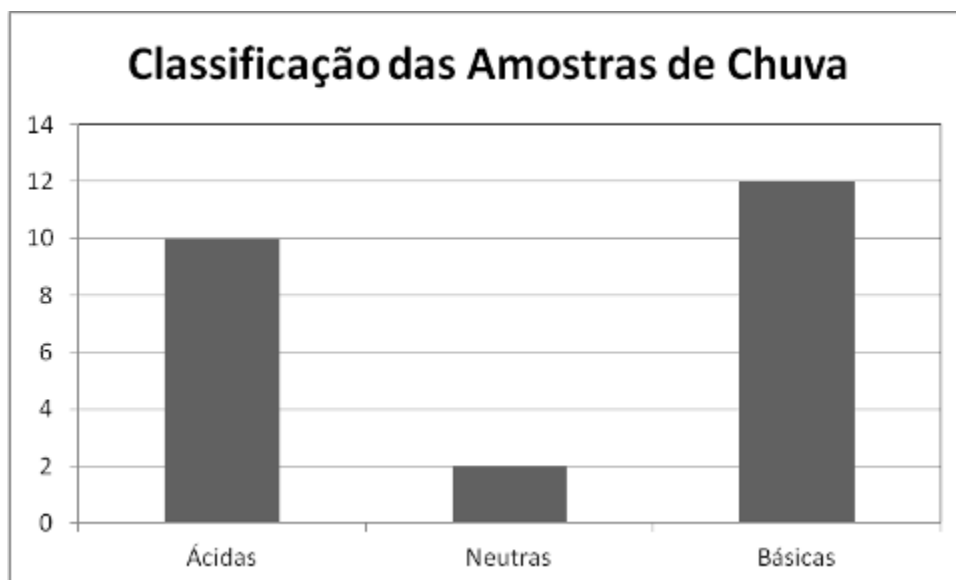


Figura 3: Classificação das amostras de água de chuva quanto ao seu pH (chuva ácida (pH<5), chuva neutra (pH=5) e chuva Básica (pH>5))

Tabela 1 – Composição química das águas de chuva coletadas na cidade de Guarulhos, em 2010/2011.

Parâmetro	VMP ¹ (μmol/L)	Mínimo	Máximo	VMP ¹ (μeq/L)
Ca ²⁺	15,9	3,3	6,3	7,9
Na ⁺	9,9	2,6	31	9,9
K ⁺	5,2	1,3	16,8	5,2
Mg ²⁺	7,1	1,3	20,0	3,5
NH ₄ ⁺	25,1	1,1	83,0	25,1
Cl ⁻	7,0	1,3	29,7	7,0
F ⁻	1,1	0,4	4,4	1,1
NO ₃ ⁻	26	4,4	114	26
SO ₄ ²⁻	12,6	2,9	38,1	6,3

As maiores concentrações foram encontradas para o ânion NO₃⁻ e para os cátions NH₄⁺. Para os cátions medidos, os valores médios ponderados (em μmol/L) indicam a seguinte tendência: NH₄⁺ > Ca²⁺ > Na⁺ > Mg²⁺ > K⁺. Para os ânions inorgânicos a tendência é: NO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻ > F⁻. A alta concentração de NH₄⁺ pode justificar o valor de pH da chuva da região, uma vez que altas concentrações desse cátion estão relacionadas à neutralização da acidez das chuvas (7).

Nota-se um alto teor de Ca²⁺ e considerável teor de Mg²⁺. Estes são compostos que podem ser provenientes da construção civil (8). Além disso, o Ca²⁺ é um dos elementos responsável pela regularização do pH, o que ajuda a explicar a grande quantidade de chuvas com pH neutro.

Comparando-se as concentrações de potássio medida nas precipitações em Guarulhos com Ibiúna (cidade agrícola) (8), nota-se que essa concentração é inferior, uma vez que sua origem esta associada geralmente a

queima de biomassa e insumos agrícolas como NPK. Já as concentrações de NH_4^+ são semelhantes as cidades de Bragança Paulista e Piracicaba (9).

O SO_4^{2-} e NO_3^- tem como principais fontes emissoras os automóveis e processos de combustão incompleta. As concentrações obtidas em Guarulhos para NO_3^- é superior as medidas de outras cidades do interior do estado e a concentração SO_4^{2-} é inferior a cidade de Campinas (9).

A concentração de Na^+ medidas em Guarulhos são superiores as cidades de Campinas e Piracicaba. Em geral, Na^+ e Cl^- tem como fonte principal os aerossóis marinhos (10). Esse resultado demonstra que a influência marinha em Guarulhos é relevante quando comparada com essas cidades, até mesmo devido a sua localização.

Para identificar as principais fontes geradoras de poluição, foi feita também a análise de fatores (AF) das concentrações obtidas a partir das amostras de água de chuva coletadas. Para essa análise foram utilizados 9 variáveis (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , F^- , Cl^- , NO_3^- e SO_4^{2+}) e 20 observações. O melhor ajuste foi obtido com 3 fatores que explicaram 82% da variabilidade da amostra. A tabela 2 apresenta o resultado dessa análise de fatores.

Tabela 2 – Pesos e comunalidades obtidas na AF para as amostras de água de chuva coletadas na cidade de Guarulhos

Elemento Químico	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Comunalidades
F^-	0,441			0,722
Ca^{2+}	0,814			0,937
Mg^{2+}	0,861			0,953
SO_4^{2+}	0,785			0,937
NO_3^-	0,726		0,650	0,912
Cl^-		0,808		0,947
Na^+	0,439	0,790		0,835
NH_4^+			0,855	0,950
K^+				0,945

O primeiro fator apresentou altos pesos para Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , NO_3^- e SO_4^{2+} . Estes elementos podem ser associados a influência de constituintes do solo, em especial a resuspensão de partículas do solo. Também apresenta NO_3^- e SO_4^{2+} , relacionados a influência antropogênica veicular (11). O fator 2 está associado aos elementos Cl^- e Na^+ , que identificam a contribuição marinha. O fator 3 apresenta alto peso para NH_4^+ associado a NO_3^- . Em áreas urbanas e industrializadas a água de chuva tem contribuição na dissolução de partículas de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e NH_4NO_3 (4), sendo assim, esta componente parece representar bem essa influência.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O pH médio da água de chuva de Guarulhos, foi de 5,2 (MPV 4,9), valor que caracteriza as chuvas da região como no limite de não ácidas, indicando que se deve dar atenção a esse fato. A alta concentração de NH_4^+ pode justificar o valor de pH da chuva da região, uma vez que altas concentrações desse cátion estão relacionadas à neutralização da acidez das chuvas

As maiores concentrações foram encontradas para o ânion NO_3^- e para o cátions NH_4^+ , elementos relacionados à ação antropogênica como combustão incompleta e processos industriais.

A análise de fatores da composição da água de chuva identificou as fontes geradoras do poluente material particulado na região, destacando-se, entre elas, as fontes de poeira de solo, veicular, aerossol marinho e industrial como fontes de deposição de material particulado na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRANCO, Samuel Murgel; MURGEL, Eduardo. **Poluição do Ar**. 2ª edição São Paulo: Moderna, 2004. 112 p.
2. SEINFELD, J.H. e PANDIS, S.N. Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change. New York: Wiley, 1998.
3. BERNER, E.K. e BERNER, R.A. Global Environment: Water, Air and Geochemical Cycles, Prentice Hall: New Jersey, 1996.
4. LEAL, T.F.M., FONTENELE, A.P.G., PEDROTTI, J.J., FORNARO, A. Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. Química Nova, vol. 27, nº 6, 855-861, 2004.
5. WEATHER. Guarulhos, Brazil: Precipitation – Rain, 2011. Disponível em: <Http:WWW.weatherbase.com/weatherall.ph3.guarulhos-São-Paulo-Brazil>. Acesso em 21/11/2011.
6. FORNARO, A. Chuva Ácida em São Paulo: Caracterização Química das Atmosferas Integradas e Sequenciais de Deposição Úmida. Dissertação de mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de química, 1991.
7. ANTUNES, M.L.P., ANTUNES, R.H., ASTOLFO, R., FORNARO, A. Composição Química da água da Chuva e deposição atmosférica na cidade de Sorocaba (S.P.). 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2011. Anais. Porto Alegre, RS. 2011.
8. CONCEIÇÃO, F.T., SARDINHA, D.S., NAVARRO, G.R.B., ANTUNES, M.L.P., ANGELUCCI, V.A. Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual na bacia do Alto Sorocaba (S.P.). Química Nova. V.34, p.610-616, 2011.
9. LARA, L. B. L. S., ARTAXO, P., MARTINELLI, L. A., VICTORIA, R. L., CAMARGO, P. B., KRUSCHE, A., AYRES, G. P., FERRAZ, E. S. B. & BALLESTER, M. V. - Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba river basin, southeast Brazil. Atmospheric Environment. v.35, p. 4937-4945, 2001.
10. MOREIRA-NORDEMAN, L. M., GIRARD, P., RE POPPI, N. 1997. Química da precipitação atmosférica na cidade de Campo Grande – MS. Revista Brasileira de Geofísica, 15(1):35-44, 1997.
11. FONTENELE, A.P. G, PEDROTTI, J.J., FORNARO. A. Avaliação de metais e íons majoritários em águas de chuva na cidade de São Paulo. Química Nova, vol. 32, Nº4, 839-844, 2009.