



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá  
Brasil

Tenório, André Mincov; Costa, Wilson  
Um estudo da deposição de íons e matéria orgânica por meio das precipitações pluviométricas  
Acta Scientiarum. Technology, vol. 33, núm. 4, 2011, pp. 457-463  
Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226533004>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Um estudo da deposição de íons e matéria orgânica por meio das precipitações pluviométricas

André Mincov Tenório e Wilson Costa\*

Departamento de Química, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Campus de Uvaranas, Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: wcosta@uepg.br

**RESUMO.** Excetuando a água, os compostos minoritários na atmosfera são  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  dentre outros, que estão sendo aí dispostos por serem subprodutos do metabolismo dos seres vivos ou por resultar das atividades humanas. Íons comuns da água dos oceanos ou solo como o  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  podem ser dispostos na atmosfera através dos ventos. Todos esses compostos, ou ainda produtos de reações que ocorrem entre eles podem ser incorporados as chuvas, com consequente deposição na superfície do planeta. O presente trabalho, tem objetivo avaliar o aporte dos íons  $\text{H}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , e também de matéria orgânica, em amostras de água da chuva, que ocorreram no período de março a maio de 2007, num local da região urbana da cidade de Ponta Grossa, Estado do Paraná, com objetivo quantificar este aporte e os relacionar com a precipitação pluviométrica ocorrida. Os resultados demonstraram que as concentrações dos íons sofrem oscilações que dependem da precipitação, que os valores obtidos para a concentração de cada espécie, tende a decrescer quando as precipitações ocorrem por dias seguidos e que o menor valor encontrado para o pH foi de 4,9 e isto, foi associado a deposição de  $\text{HNO}_3$ .

**Palavras-chave:** chuva, composição iônica, poluição do ar.

**ABSTRACT.** Study of the ion and organic matter depositons through pluviometric precipitations. Excepted water, in the atmosphere, the minority compounds are  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , among others, that are being disposed because they become sub products of the life metabolism or result of the humans activities. Common ions of the ocean water or soil like  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  may be disposed in the atmosphere through the wind. All of theses compounds, or still reactions product that occurs can be incorporated in the rain, and deposited on planet surface. The purpose of present work, is evaluate the depositions of  $\text{H}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and also organic matter, through rain water sample that were collected from March to May 2007 at urban region the Ponta Grossa city, Paraná State, haven like a purpose to measure their deposition and to relate with the pluviometric precipitation happened. The results showed oscillations that depends of the precipitation, also these values for the individual species concentration declines when the precipitations occurs day after day and the lowest pH was 4.9, associate the  $\text{HNO}_3$  deposition.

**Keywords:** rain, ionic composition, air pollution.

## Introdução

A atmosfera terrestre deve ser vista como um grande 'cobertor' do planeta. Ela protege a Terra e todas as suas formas de vida de um ambiente muito hostil que é o espaço cósmico, que contém radiações extremamente energéticas. Ela é o compartimento de deposição e acumulação de gases (e de particulados) como o  $\text{CO}_2$  e o  $\text{O}_2$ , produtos dos processos respiratório e fotossintético de plantas terrestres e aquáticas, macro e micrófitas, e de compostos nitrogenados essenciais à vida na Terra, fabricados por organismos (bactérias e plantas) a partir de  $\text{N}_2$  atmosférico. Ela também se constitui

em um componente fundamental do Ciclo Hidrológico, pois age como um gigantesco condensador que transporta água dos oceanos aos continentes (MOZETO, 2001).

Geralmente, a atmosfera é descrita em termos de camadas como troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera. A partir da superfície, a troposfera é a primeira, se estendendo até a tropopausa, numa altitude que varia, chegando a 18 km nos trópicos, 12 km em latitudes médias e 6 a 8 km nos pólos. Contém 85 a 90% da massa da atmosfera, e é onde acontece a maior parte das reações químicas envolvendo as espécies presentes

na atmosfera, bem como nela residem os principais mecanismos de remoção de substâncias e processos climáticos e meteorológicos (MARTINS et al., 2003).

A porção gasosa do ar é composta de aproximadamente 78% de nitrogênio ( $N_2$ ) e 21% de oxigênio ( $O_2$ ). O restante (1%) é formado por uma infinidade de gases minoritários tais como dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), ozônio ( $O_3$ ) e os gases nobres (ROCHA et al., 2004). Todos estes gases, ainda que minoritários, têm uma função muito importante na atmosfera (JARDIM, 2001), e alguns deles, quando depositados por meio das chuvas, após terem sofrido transformações na atmosfera, podem causar danos de ordem variável.

Dos compostos minoritários de nitrogênio, aqueles que sofrem deposição direta ou indireta são os óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ), ácido nítrico ( $HNO_3$ ) e amônia ( $NH_3$ ). Os óxidos de nitrogênio são produzidos principalmente quando um combustível é queimado em presença de ar com uma chama quente (BAIRD, 2002) e, participando de uma série de reações, que produzem o ácido nítrico. Para a amônia, as principais fontes incluem a decomposição enzimática da uréia proveniente de urina excremento de animais, emissão pelo solo, queima de biomassa e produção e aplicação de fertilizantes. Ela exerce, a importante função de neutralizar ácidos responsáveis pela chuva ácida (MARTINS et al., 2003), se depositando na superfície do planeta na forma de nitrato, sulfato ou cloreto de amônio.

Para o enxofre, compostos reduzidos como  $H_2S$ , são liberados na degradação anaeróbica de matéria orgânica, erupções vulcânicas, solo, atividades industriais. Já o dimetil sulfeto, é liberado por certas algas marinhas. Queima de biomassa, árvores e outras espécies de plantas são as principais fontes de sulfeto de carbonila (COS). O dissulfeto de carbono é um gás produzido na atmosfera pelo ataque de radicais OH $\cdot$  ao sulfeto de carbonila e atividades industriais, como a indústria de celulose. O dióxido de enxofre é produzido principalmente na queima de combustíveis fósseis. Estes compostos reduzidos são oxidados e a seguir convertidos em ácido sulfúrico (MARTINS et al., 2003).

Íons de origem marinha, tais como  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  e  $K^+$  podem ser transferidos pelas tempestades oceânicas na forma de "spray". Sedimentos finos, normalmente originados em vastas regiões desérticas, são transportados a grandes distâncias, constituindo-se em fontes minerais terrestres de  $Ca^{2+}$  e Si (CARVALHO JUNIOR, 2004). Os íons  $Ca^{2+}$  também podem ser oriundos das atividades da construção civil (LEAL et al.,

2004). Compostos orgânicos podem estar presentes na atmosfera como fuligem, formada a partir da queima incompleta de combustíveis a base de carbono, como carvão, petróleo, gasolina e óleo diesel (BAIRD, 2002), como compostos carbonílicos resultantes da fotooxidação de hidrocarbonetos (ANDRADE et al., 2002), além de hidrocarbonetos poliaromáticos, ácidos graxos, ácidos dicarboxílicos, ftalatos, dentre outros (XINHUI et al., 2008).

Então, a composição química da água da chuva é uma combinação da composição química das gotículas que formam as nuvens e das substâncias que se incorporam às gotas de chuva durante a precipitação. Sendo assim, a água da chuva, de certa forma, retrata as características da massa de ar, no que diz respeito ao conteúdo de partículas e gases solúveis em água, através da qual atravessam as gotas de chuva durante a precipitação (SOUZA et al., 2006).

Considerando, que o número de compostos presentes nas precipitações pluviométricas é muito variável, que esta composição não reflete apenas as condições locais, mas também aquelas presentes no trajeto das massas de ar, o presente trabalho, tem por objetivo avaliar o aporte dos íons  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , H $^+$  (pH) e condutividade e matéria orgânica através da determinação da DQO e DBO, nas precipitações ocorridas no período de março a maio de 2007, num local da região urbana da cidade de Ponta Grossa, Estado do Paraná.

## Material e métodos

A amostragem foi realizada para todas as chuvas, entre os meses de março a maio de 2007, com a captação de dois litros de água por chuva, perfazendo um total de 10 amostras.

O ponto selecionado aleatoriamente para amostragem foi registrado por um aparelho GPS – Global System Position. A partir das coordenadas levantadas confeccionou-se o mapa apresentado na Figura 1. O qual apresenta a exata localização do ponto de coleta na cidade de Ponta Grossa, Estado do Paraná.

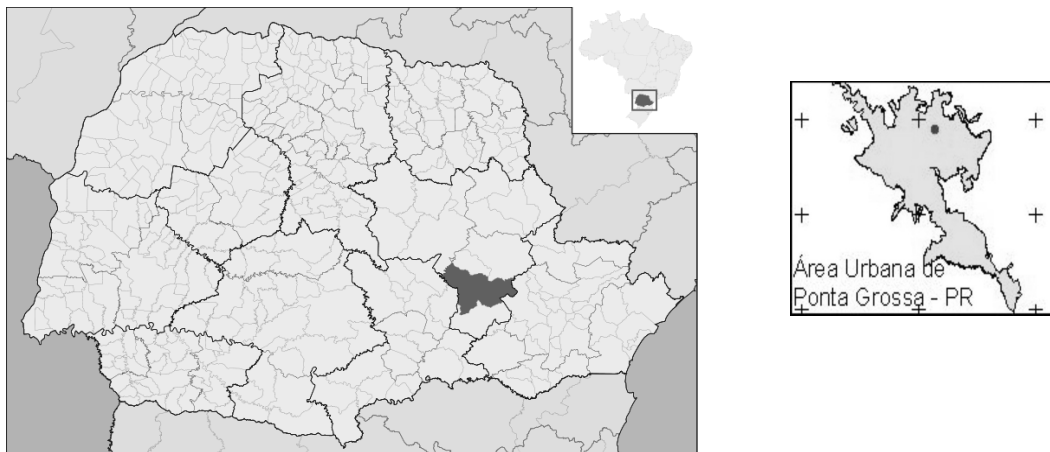
Os parâmetros analisados foram:

### Concentração hidrogeniônica ( $H^+$ ), por meio da determinação do pH

Por potenciometria direta utilizando-se de um pHmetro HORIBA M-7 (APHA et al., 1995).

### Condutividade

Determinada por condutimetria, utilizando o condutivímetro LUTRON CD-4301 (APHA et al., 1995).



**Figura 1.** Localização do ponto de coleta da água da chuva ocorrida no período de março maio de 2007, na cidade de Ponta Grossa, Estado do Paraná.

#### **Cloreto**

Foi determinado por argentimetria direta (APHA et al., 1995), utilizando  $\text{AgNO}_3$  numa concentração próxima a  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ . O ponto final foi avaliado com solução de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

#### **Sódio e Potássio**

Determinado por espectroscopia de emissão pela chama (APHA et al., 1995), utilizando o equipamento CORNING-EEL SCIENTIFIC INSTRUMENTS.

#### **Cálcio e Magnésio**

Determinou-se a concentração desses íons, através de titulação complexométrica com EDTA (ácido etilenodiaminotetraacético) (APHA et al., 1995).

#### **Nitrato**

Após filtração e acidificação da amostra com  $\text{HCl}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$ , a concentração de  $\text{NO}_3^-$ , foi determinada por espectrofotometria de absorção na região do ultravioleta, com leitura realizada em  $220 \text{ nm}$  e descontado a absorção ocorrida no comprimento de onda de  $275 \text{ nm}$  (APHA et al., 1995), utilizando-se um Espectrofotômetro UV/Vis METROLAB 1700.

#### **Amônio**

Foi determinado por colorimetria por comparação descrita por Macedo (2001), no qual utilizou-se reagente de Nessler e tartarato de sódio e potássio como indicador; a solução utilizada para a titulação foi de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

#### **Sulfato**

Para a determinação da concentração de  $\text{SO}_4^{2-}$ , utilizou-se o método turbidimétrico (APHA et al., 1995), utilizando-se um espectrofotômetro – PERKIN-ELMER.

#### **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).**

Foi determinado por titulometria (iodometria indireta) utilizando o método do Winckler modificado pela azida sódica e como titulante o  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (APHA et al., 1995).

#### **Demanda Química por oxigênio (DQO).**

Foi determinado através da permanganimetria; a amostra foi colocada sob aquecimento com permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) em meio ácido durante um determinado tempo, em seguida foi adicionado oxalato de sódio ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) com posterior titulação da mistura com a solução de  $\text{KMnO}_4$  (APHA et al., 1995). A DQO (Demanda Química de Oxigênio) é denominada de "oxigênio consumido", quando o oxidante é o permanganato (VALENTE et al., 1997).

#### **Resultados e discussão**

A Tabela 1 apresenta todos os resultados das análises realizadas nas amostras das 10 chuvas ocorridas no período de Março a Maio de 2007. Dos parâmetros,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$  estão em  $\mu\text{mol L}^{-1}$ , DQO, DBO em  $\text{mg L}^{-1}$  e Condutividade (C) em  $\mu\text{S}$ .

Também estão presentes os valores do pH, da relação DQO/DBO e o desvio aproximado para cada análise.

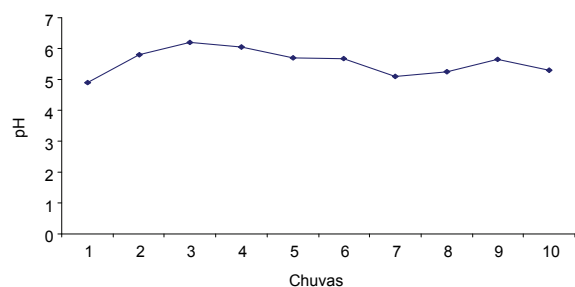
A Figura 2 apresenta os valores de pH para todas as amostras de águas de chuva do período.

O valor médio do pH das chuvas ocorridas no período analisado, foi de 5,56, que corresponde a uma concentração de íons  $\text{H}^+$  considerada no limite, para caracterização da chuva como ácida, pois segundo BAIRD, (2002), ela se enquadra como tal, quando a concentração de  $\text{H}^+$ , corresponde a um pH menor que 5,6.

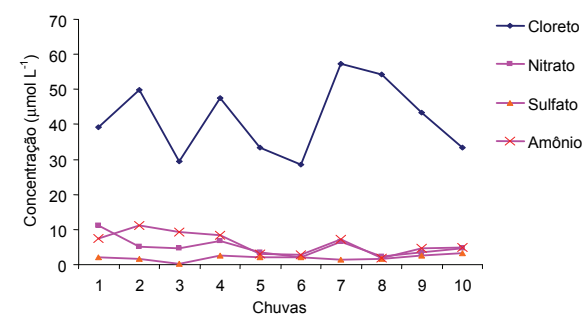
**Tabela 1.** Valores dos diversos parâmetros estudados nas águas pluviométricas.

Dia	n°	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	DQO	DBO	$\frac{DQO}{DBO}$	C
12/3	1	4,90 (-07)	44,12 (+13,3)	19,21 (+8,1)	20,0 (+5,0)	15,0 (+7,5)	39,12 (-2,5)	11,05 (+6,1)	2,05 (+0,1)	7,37 (+1,3)	5,43 (+2,5)	5,21 (+3,0)	1,04 (-0,4)	19,5 (+5,1)
25/3	2	5,80 (+0,2)	57,77 (+26,9)	34,40 (+23,3)	25,0 (+10,0)	20,0 (+12,5)	49,91 (+8,3)	5,04 (+0,1)	1,58 (-0,3)	11,1 (+5,1)	2,43 (-0,6)	1,99 (-0,3)	1,22 (-0,2)	28,5 (+14,1)
8/4	3	6,20 (+0,6)	39,12 (+8,3)	16,16 (+5,0)	25,0 (+10,0)	10,0 (+2,5)	29,34 (+12,3)	4,75 (-0,2)	0,26 (-1,7)	9,37 (+3,3)	2,39 (-0,6)	1,90 (-0,3)	1,26 (-0,1)	11,5 (-2,9)
24/4	4	6,04 (+0,5)	42,45 (+11,6)	18,73 (+7,6)	20,0 (+5,0)	15,0 (+7,5)	47,62 (+6,0)	6,70 (+1,7)	2,44 (+0,5)	8,24 (2,2)	4,69 (+1,7)	3,55 (+1,3)	1,32 (-0,1)	17,4 (+3,0)
25/4	5	5,70 (+0,1)	20,80 (-10,0)	10,60 (-0,5)	10,0 (-5,0)	5,0 (-2,5)	33,33 (-8,3)	3,57 (-1,4)	2,18 (+0,3)	2,95 (-3,1)	2,06 (-0,9)	1,54 (-0,7)	1,33 (-0,1)	8,2 (-6,2)
26/4	6	5,67 (+0,1)	14,68 (-16,2)	0,00 (-11,1)	0,0 (-15,0)	0 (-7,5)	28,57 (-13,0)	2,08 (-2,9)	1,99 (+0,1)	2,76 (-3,3)	0,75 (-2,2)	0,43 (-1,8)	1,75 (+0,4)	5,3 (-9,1)
8/5	7	5,09 (-0,5)	19,13 (-11,7)	9,00 (-2,1)	10,0 (-5,0)	5,0 (-2,5)	57,14 (+15,6)	6,45 (+1,5)	1,38 (+0,5)	7,09 (+1,1)	6,88 (+3,9)	4,29 (+2,1)	1,61 (+0,2)	18,5 (+4,1)
18/5	8	5,25 (-0,3)	21,97 (-8,9)	1,03 (-10,1)	15,0 (0,0)	5,0 (-2,5)	54,15 (+12,6)	2,21 (-2,8)	1,67 (-0,3)	1,85 (-4,2)	1,79 (-1,2)	1,11 (-1,1)	1,62 (+0,2)	13,3 (-1,1)
20/5	9	5,64 (+0,1)	20,70 (-10,2)	1,03 (-10,1)	15,0 (0,0)	0 (-7,5)	43,38 (+1,79)	3,53 (-1,5)	2,44 (+0,5)	4,69 (-1,4)	1,90 (-1,1)	1,30 (-0,9)	1,46 (+0,1)	11,7 (-2,7)
21/5	10	5,30 (-0,3)	27,79 (-3,1)	1,03 (-10,1)	10,0 (-5,0)	0 (-7,5)	33,33 (-8,3)	4,53 (-0,5)	3,21 (+1,3)	4,94 (-1,4)	1,47 (-1,5)	1,11 (-1,1)	1,32 (-0,1)	10,3 (-4,1)

Por meio das concentrações Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pode-se especular se o H<sup>+</sup> tem sua origem no HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ou HNO<sub>3</sub> e se a NH<sub>3</sub> está ou não neutralizando os íons H<sup>+</sup>, impedindo um aporte ainda maior deste íon.

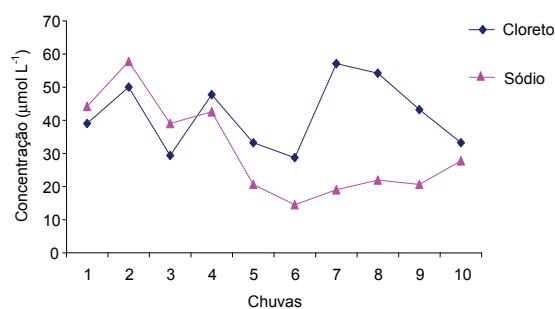
**Figura 2.** Valores de pH das amostras de água das chuvas.

Na Figura 3, estão apresentadas as variações das concentrações dos íons que interferem diretamente nas concentrações de H<sup>+</sup> nas amostras de água de chuva, sendo eles cloreto, nitrato, sulfato e amônio.

**Figura 3.** Concentração dos íons cloreto, nitrato, sulfato e amônio nas amostras das águas da chuva.

Analisando a Figura 3, observa-se que o aporte de cloreto é maior do que dos outros três íons (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), fato este que pode ser explicado, pois existe muito cloreto na atmosfera na forma de sal, principalmente cloretos de sódio e potássio (NaCl e KCl) que provêm das correntes de massa de ar que os trazem dos oceanos mas, ele pode também ser oriundo de um ácido, isto é o HCl. A Figura 4 ilustra a comparação dos valores das concentrações de cloreto (Cl<sup>-</sup>) e de sódio (Na<sup>+</sup>), para desta forma indicar a possível origem dos íons cloreto que são depositados.

**Figura 4.** Concentrações dos íons cloreto e sódio nas amostras da água das chuvas.

Analisando a Figura 4, observa-se que a concentração de sódio, quando acompanha a concentração de cloreto, evidencia uma maior parte dos íons Cl<sup>-</sup> na forma salina. Quando a concentração de sódio é muito menor, e não acompanha a de cloreto, este está predominantemente na forma ácida. Os pontos 7 e 8 são os que apresentam maior diferença de concentração entre os dois íons, sendo os íons cloreto depositados, predominantemente na forma ácida.

Como visto, a amônia pode reagir com as espécies ácidas presentes na atmosfera, formando

sais como o sulfato, cloreto, nitrato e até carbonato de amônio, reduzindo a deposição de  $H^+$  via  $HCl$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$  ou  $H_2CO_3$ . Analisando o gráfico de pH (Figura 2) e aquele que nos dá as concentrações de  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$  e  $NH_4^+$  (Figura 3), podemos observar que o primeiro valor de pH na Figura 2 é o menor dentre todas as 10 amostras analisadas ( $pH = 4,9$ ), e analisando a Figura 3, nota-se que a concentração de nitrato é mais alta que a concentração de amônio, evidenciando o aporte de nitrato também na forma não neutralizada ( $HNO_3$ ) durante a precipitação, o que causa uma queda significativa no pH da amostra desta água de chuva.

Já os pontos 7, 8 e 10 apresentam concentrações de  $H^+$  que correspondem a valores de pH's de 5,09; 5,25 e 5,3, respectivamente. Esses valores são justificados pela presença de ácidos não neutralizados, pois as concentrações de amônia, determinadas via  $NH_4^+$ , não são significativamente alta ao ponto de neutralizar completamente os ácidos durante a precipitação, sendo o  $HCl$  e, principalmente  $HNO_3$ , os responsáveis por estes valores de pH e conseqüente aporte de  $H^+$ .

Nota-se então, que nas amostras analisadas, o  $HNO_3$  foi o principal responsável pelo aporte de  $H^+$  pois, os baixos valores de pH observados durante as precipitações, geralmente coincidem com aumentos nas concentrações de  $NO_3^-$  (oriundo de  $HNO_3$ ), e um aumento no pH das amostras de água das chuvas coincide com a diminuição da concentração deste íon, fato este, pode ser observado por meio da relação entre as Figuras 2 e 3. Já para o íon  $SO_4^{2-}$ , se observa certa constância nos resultados das análises, obtendo-se uma média foi de  $1,92 \mu mol L^{-1}$ , com um desvio padrão de 0,71.

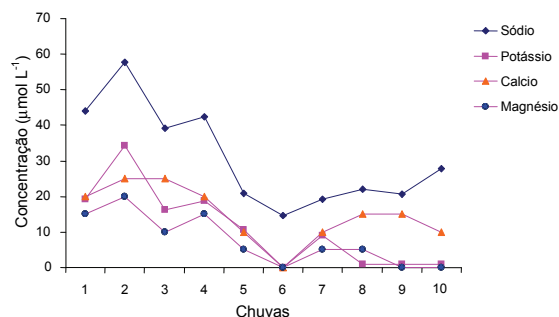
As amostras 2, 3 e 4 apresentaram concentrações de  $H^+$ , que conferem os valores mais altos de pH e, analisando as concentrações dos íons na Figura 3, observa-se que as concentrações de amônio são maiores que a dos íons nitrato e sulfato, o que evidencia a neutralização de  $HNO_3$  e  $H_2SO_4$ , com conseqüente redução no aporte de  $H^+$ . O excesso de amônio faz com que o ácido carbônico, naturalmente presente na atmosfera devido à presença de  $CO_2$ , também seja em parte neutralizado, elevando o pH a valores maiores do que 5,6. O íon cloreto, segundo a Figura 3, está predominantemente na forma salina nesses pontos.

As amostras 5, 6 e 9 possuem concentrações de íons  $H^+$ , que torna o pH mais próximos ao valor considerado "normal" para as águas das chuvas ( $pH = 5,6$ ) e nota-se pela Figura 3, que nesses pontos,

temos baixas concentrações de  $NO_3^-$ , prevalecendo o pH de aproximadamente 5,6.

### Sódio, Potássio, Magnésio, Cálcio

A Figura 5 apresenta as concentrações e dos íons  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$  nas amostras de chuvas analisadas.



**Figura 5.** Resultados para análises de sódio, potássio, cálcio e magnésio das amostras de água das chuvas.

Estes íons provêm principalmente de fontes naturais. Analisando a Figura 5, observa-se que a deposição de sódio é maior do que a dos outros íons, o que evidencia emissões provenientes dos oceanos. Outra observação é a interdependência geralmente observada entre os depósitos dos íons  $Na^+$ , com os de  $K^+$  e  $Mg^{2+}$ , que também estão presentes na água do mar.

Como já citado, os íons  $Ca^{2+}$ , chegam à atmosfera por meio dos ventos, na forma de pequenas partículas de solo e rochas, sendo associados a ressuspensão de poeira, assim como às atividades da construção civil. Neste trabalho, como pode ser observado na Tabela 1, ocorre um aumento nas concentrações deste íon (amostras 2 e 8) após as precipitações que apresentaram os menores valores de pH (amostras 1 e 7). Esta maior concentração de  $H^+$  das amostras 1 e 7 pode estar associada a um aumento da concentração de  $Ca^{2+}$  na precipitação subsequente, pelo incremento da solubilização de compostos de cálcio, que podem ser então arrastados para atmosfera, retornando à superfície na precipitação seguinte. Para  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Na^+$ , é difícil fazer tal relação, já que a transferência destes íons para a atmosfera é predominantemente através das tempestades oceânicas e os materiais utilizados na construção civil, principalmente os aglomerantes, apresentam estes íons em baixa concentração.

### Matéria Orgânica

A matéria orgânica depositada foi avaliada em termos de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em todas as 10 amostras de chuvas e expressas na Figura 6.

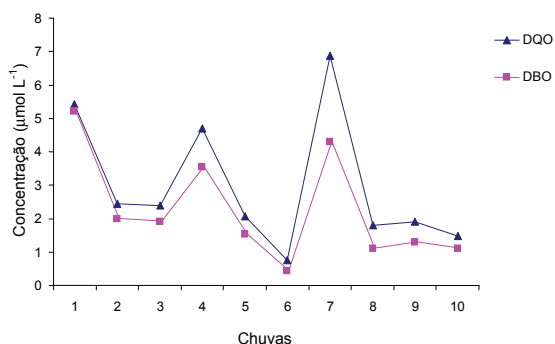


Figura 6. DQO e DBO das amostras de água das chuvas.

Analisando a Figura 6 observa-se que o maior aporte de matéria orgânica ocorreu nas amostras 1, 4 e 7, cujas chuvas ocorreram após um período de “seca”. Este fato é de grande importância, pois ocorre uma acumulação de matéria orgânica na atmosfera e, quando ocorre a precipitação, todo este material acumulado precipita junto, aumentando a DQO e a DBO.

Para a amostra 6, se observa os menores valores de DQO e DBO, sendo isto explicado, porque esta amostra se refere a terceira chuva de uma sequência (dias 24, 25 e 26 de abril) e como isso também é observado para os íons (Tabela 1), conclui-se que nas precipitações que se sucedem, a última, é sempre aquela em que o aporte de íons e matéria orgânica é menor.

Com relação à avaliação da sua biodegradabilidade, isto pode ser feita por meio da relação DQO/DBO. Se ela for menor do que 2,5, a matéria orgânica é biodegradável. Observando a Tabela 1, pode-se concluir que os compostos orgânicos depositados são biodegradáveis.

### Condutividade

A condutividade foi calculada para todas as amostras coletadas no período de análise, e os resultados estão expressos na Figura 7.

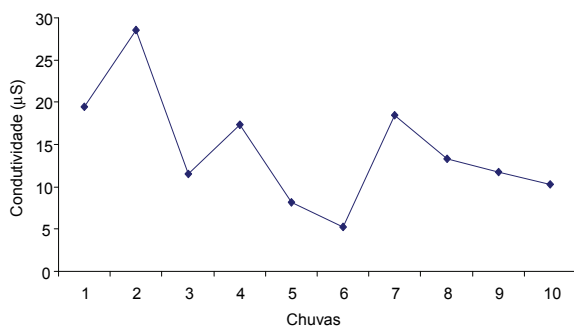


Figura 7. Análise da condutividade para as amostras de chuva no período de análise.

A Condutividade é a medida da concentração de íons presentes, neste caso, os íons  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,

$\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{H}^+$  que foram determinados.

Ao analisar a Figura 7 e a Tabela 1 nota-se que a condutividade aumenta com a elevação média da concentração dos íons citados, sendo as amostras 1, 2, 4 e 7 aquelas com maior condutividade, ou seja, as que depositam maior quantidade de íons.

De acordo com a Tabela 1, percebe-se que estes quatro valores de alta condutividade são referentes às primeiras chuvas ou chuvas isoladas e, assim que se atinge um período mais longo de precipitações, a condutividade diminui, como o observado para a amostra de menor condutividade, a 6, pois esta amostra é a terceira de uma sequência.

### Conclusão

Nas análises realizadas, em relação aos íons, observou-se que dentre os ânions, o aporte de  $\text{Cl}^-$  foi superior ao de  $\text{NO}_3^-$ , que por sua vez foi superior ao de  $\text{SO}_4^{2-}$ . Com relação ao fornecimento de  $\text{H}^+$ , o  $\text{HNO}_3^-$  teve uma maior contribuição devido à concentração de  $\text{NO}_3^-$  ser mais elevada quando comparado com  $\text{SO}_4^{2-}$ , de modo que o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  não contribui significativamente pelo fornecimento de  $\text{H}^+$ . O  $\text{Cl}^-$  possui concentração elevada, porém, sua fonte natural, os oceanos, contribui com emissões de  $\text{Cl}^-$  na forma salina. Observou-se também, certa predominância de  $\text{NH}_4^+$ , que foi gerada possivelmente através da reação da amônia com os íons  $\text{H}^+$ . Íons como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  são depositados, porém não causam danos à saúde e ao meio ambiente. Os teores de matéria orgânica presentes na atmosfera dependem diretamente do tempo de acumulação. Já relação DQO/DBO mostrou que a matéria orgânica é de fácil degradação.

### Referências

- APHA-American Public Health Association; AWWA-American Water Work Association; WEF-Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19th ed. Washington, D. C., 1995.
- ANDRADE, M. V. A. S.; PINHEIRO, H. L. C.; PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. Compostos carbonílicos atmosféricos: fontes, reatividade, níveis de concentração e efeitos toxicológicos. **Química Nova**, v. 25, n. 6B, p. 1117-1131, 2002.
- BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- CARVALHO JUNIOR, V. N. Deposição atmosférica e composição química da chuva. **Revista Tecnologia**, v. 25, n. 2, p. 61-71, 2004.

- JARDIM, W. F. A evolução da atmosfera terrestre. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 1, p. 5-8, 2001.
- LEAL, T. F. M.; FONTENELE, A. P. G.; PEDROTTI, J. Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 855-861, 2004.
- MACEDO, J. A. B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 2001.
- MOZETO, A. A. Química Atmosférica: a química sobre nossas cabeças. **Cadernos temáticos de Química Nova na Escola**, n. 1, p. 41-49, 2001.
- MATINS, C. R.; PEREIRA, P. A. P.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre. **Cadernos temáticos de Química Nova na Escola**, n. 5, p. 28-41, 2003.
- ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- SOUZA, P. A.; MELLO, W. Z.; MALDONADO, J. Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 471-476, 2006.
- VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Contribuição da cidade de Botucatu - SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. **Eclética Química**, v. 22, p. 31-48, 1997.
- XINHUI, B.; SIMONEIT, B. R. T.; SHENG, G.; MA, S.; FU, J. Composition and major sources of organic compounds in urban aerosols. **Atmospheric Research**, v. 88, n. 3-4, p. 256-265, 2008.

*Received on June 29, 2009.*

*Accepted on March 9, 2010.*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.