

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

ESTUDO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DA ÁGUA
DE CHUVA COLETADA NA UFAM EM MANAUS

Bolsista: Karenn Silveira Fernandes, CNPq

MANAUS

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO PARCIAL
PIBIC – 161/2011
ESTUDO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DA ÁGUA
DE CHUVA COLETADA NA UFAM EM MANAUS

Bolsista: Karenn Silveira Fernandes, CNPq
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cristine de Mello Dias Machado

MANAUS
2012

RESUMO

A concentração da população em grandes conglomerados urbanos aumenta constantemente e, com isso, o homem vem modificando, poluindo e degradando o meio em que vive. Uma das formas de se conhecer, medir e avaliar as modificações que estão ocorrendo na atmosfera é pela análise da deposição úmida, ou, água de chuva. A determinação de parâmetros físico-químicos, metais e íons dissolvidos nessa água, podem ajudar a entender o que está ocorrendo na atmosfera que nos cerca. O objetivo deste projeto é avaliar as características químicas da água da chuva coletada no campus da UFAM em Manaus. Por meio de coleta direta, com o auxílio de um coletor de polipropileno, instalado em um lugar aberto e ventilado, coletou-se a água da chuva após cada evento no período entre fevereiro e maio de 2012, em um total de nove amostras coletadas. Grande parte das amostras analisadas tiveram o pH variando em torno de 3,9 e 5,6, caracterizando a presença de chuvas ácidas na região, tendo em vista que qualquer valor abaixo de 5,6 de pH é considerado como tal. Analisou-se a concentração de Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} dissolvidos na água. Os resultados apresentaram como majoritários os íons NO_3^- , NH_4^+ e Ca^{2+} com 29,83; 16,86 e 11,02 $\mu\text{mol/L}$ de média ponderada pelo volume (MPV), respectivamente. Os metais analisados foram o Cr, Cu, Ni e Pb. O cobre foi o mais abundante com uma concentração de 7,2 ppb de MPV e o de menor concentração foi o chumbo com 0,6 ppb de MPV. A principal fonte de nitrato na atmosfera é a queima de combustíveis fósseis, uma vez que este íon é resultado da oxidação de óxidos de nitrogênio emitidos por processos de combustão. O cobre presente na atmosfera está associado ao material particulado emitido, principalmente, por atividades que requerem altas temperaturas como indústrias de fundição, de queima de resíduos, queima de combustíveis fósseis e o desgaste de peças automotivas. Logo, a elevada concentração desses elementos na atmosfera trazem fortes indícios da influência antropogênica no meio, o que pode afetar o ambiente como um todo pela mobilidade das substâncias químicas pelos compartimentos do ecossistema, podendo trazer implicações no modo de vida de todo o planeta.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3. MÉTODOS UTILIZADOS.....	7
3.1. Limpeza de materiais.....	7
3.2. Coleta, armazenamento e preparo das amostras.....	7
3.3. pH e condutividade.....	7
3.4. Íons.....	7
3.5. Metais-traço.....	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	8
5. CONCLUSÕES.....	11
6.PERSPECTIVAS FUTURAS.....	11
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da industrialização e urbanização houve um aumento significativo das emissões de poluentes atmosféricos responsáveis por eventos de poluição ambiental, como por exemplo, chuvas ácidas, que provocam desequilíbrio nos ecossistemas (MIGLIAVACCA, 2005; FONTENELE, 2009). A determinação das propriedades químicas da água de chuva como pH e íons dissolvidos pode fornecer indícios sobre as características da atmosfera e auxiliar a compreender os possíveis efeitos, maléficos ou benéficos, de sua deposição no ambiente, quer seja no solo, plantas e/ou corpos d'água, afetando direta ou indiretamente o bem estar da população e de todo o ecossistema.

O estudo das características químicas e físico-químicas da água da chuva deste projeto incluiu a determinação dos seguintes parâmetros: potencial de hidrogênio (pH), condutividade elétrica, metais de nível traço (Cr, Pb, Ni e Cu), cátions (NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+}) e ânions (Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-}). A partir da avaliação dos dados obtidos discutiu-se a relação entre esses parâmetros e as características da atmosfera, bem como os efeitos da deposição úmida no ambiente local.

A área de estudo, o Campus Senador Arthur Virgílio Filho, localizado na zona leste da área urbana da cidade de Manaus, possui uma área verde com cerca de 6,7 milhões Km^2 sendo considerada a terceira maior do mundo e a primeira do Brasil em perímetro urbano (UFAM, 2012). As fontes potenciais de emissões de poluentes nas proximidades são as vias de tráfego intenso e parte do distrito industrial.

Deste modo, para conhecer sobre a química da atmosfera da região e inferir sobre a qualidade do ar na área de estudo citada, será determinada a composição e a variação das concentrações dos constituintes químicos presentes na atmosfera, feito de modo indireto pela análise da deposição úmida.

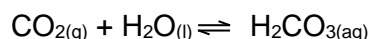
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É cada vez mais comum a concentração da população em grandes aglomerados urbanos, resultando na criação e/ou ampliação de parques industriais e na queima crescente de combustíveis fósseis, quer seja pelos automóveis e/ou indústrias. Cria-se então uma atmosfera peculiar, com concentrações de poluentes atmosféricos (SO₂, NO_x, compostos orgânicos voláteis (COVs) e aerossóis), nas grandes áreas urbanas, podendo provocar danos à saúde e ao meio ambiente que as cercam (MARQUES, 2010; MIGLIAVACCA, 2005). Uma das formas de avaliar essa atmosfera peculiar, ou seja, o nível de poluição do ar é a partir da análise química da deposição úmida, ou simplesmente, água da chuva.

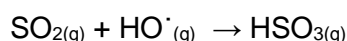
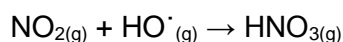
Os constituintes químicos de gases e partículas atmosféricas são incorporados às gotículas de água suspensas que serão depositadas nas mais diversas superfícies (ARTAXO, 2005). Dessa forma, as águas provenientes da precipitação pluviométrica atuam na ciclagem de material no ecossistema, transportando nutrientes e poluentes entre seus compartimentos (solo, água, ar e biota). Esse material pode modificar não só o ambiente local onde são emitidos, mas também mudar o ecossistema de locais distantes da fonte de emissão devido ao transporte pelas correntes de ar (BAIRD, 2002).

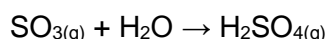
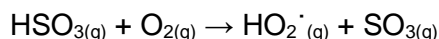
Segundo Felten (2008) a composição da chuva varia com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de emissores de poluentes em potencial. Mas de uma forma geral, a água da chuva não é totalmente pura, as principais espécies químicas nela encontrada são: sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), cloro (Cl⁻), sulfato (SO₄²⁻), amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻). (MIGLIAVACCA, 2005). Sua presença e concentrações podem ser facilmente determinados pelo uso da cromatografia iônica ou de troca iônica.

Naturalmente, as águas de precipitação pluviométrica são levemente ácidas, com pH aproximadamente igual a 5,6, devido principalmente a ocorrência natural de CO₂ na atmosfera, formando ácido carbônico em equilíbrio com a água (ROCHA et al., 2004; MOURA, 2009):

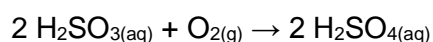
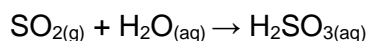


O aumento de acidez da água da chuva está relacionado à emissão de outros óxidos, principalmente aos óxidos de enxofre e nitrogênio na atmosfera, que formam ácidos mais fortes que o carbônico (ROCHA et al., 2004; MOURA, 2009):

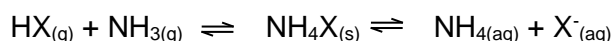




Algumas vezes, gotículas de água na atmosfera, dissolvem o dióxido de enxofre gasoso, formando ácido sulfuroso, que ao reagir com o oxigênio, produz ácido sulfúrico (ROCHA et al., 2004):



Se os ácidos nítrico e sulfúrico acarretam o aumento da acidez na chuva ao liberar íons hidrogênio, a amônia contribui de forma contrária. Ela é importante por ser o único composto com propriedades básicas existente em quantidade significativa na atmosfera, capaz de neutralizar parte dos ácidos atmosféricos gerados pela oxidação do SO_2 e do NO_x . A reação descreve a equação geral desse processo de neutralização, onde X é qualquer ânion associado ao próton H^+ (ROCHA et al., 2004):



A intensidade da condição ácida ou básica do meio é expressa pela determinação do potencial de hidrogênio, ou, concentração molar de íons H^+ , que pode ser facilmente medido com o auxílio de um pHmetro (medidor de pH). Outro parâmetro importante para a avaliação da água de chuva é a condutividade, cujo valor expressa a capacidade que alguma solução tem de conduzir corrente elétrica e é proporcional à concentração dos íons dissolvidos em tal solução, cuja análise pode ser feita utilizando um condutivímetro digital.

A presença de metais potencialmente tóxicos como o cobre, chumbo entre outros, deve ser sempre monitorada. Embora alguns em pequenas concentrações, sejam essenciais para o funcionamento de funções vitais, a níveis maiores de concentrações, são altamente tóxicos para os sistemas ambientais e, devido à sua bioacumulação, podem contaminar toda a cadeia alimentar (MILANI, 2004).

Esses elementos podem estar presentes nos ambientes aquáticos, terrestres e atmosféricos, e são encontrados em concentrações muito pequenas, associados a outros elementos químicos. A busca desses metais nas águas das chuvas pode ser um meio de determinar as suas concentrações em ambientes atmosféricos, pois os metais na atmosfera são absorvidos pela água da chuva, que vão para o solo, onde são absorvidos pela flora e/ou transportados para os rios (MILANI, 2004). As concentrações desses metais podem ser determinadas com o uso da técnica espectrométrica de absorção atômica tendo como atomizador um forno de grafite, devido à sua maior sensibilidade a níveis de metais traço.

3. MÉTODOS UTILIZADOS

3.1. Limpeza de materiais

Todas as vidrarias e o coletor utilizado foram lavados com água corrente, detergente neutro e escova; seguido de enxágue abundante com água deionizada; imersão por cinco dias em ácido nítrico (HNO_3) 2 mol.L^{-1} ; 5 enxágues com água deionizada; seguido de secagem em capela de fluxo laminar. O material foi guardado em sacos plásticos até o momento do uso. A limpeza do material foi feita também entre as coletas, obedecendo a mesma metodologia, exceto pela imersão para uma rinsagem cuidadosa em ácido nítrico.

3.2. Coleta, armazenamento e preparo das amostras

Foram coletadas nove amostras no setor norte do Campus Senador Arthur Virgílio Filho, atrás do bloco de Química situado no Instituto de Ciências Exatas. As amostras foram coletadas manualmente, não ultrapassando o período total de 24 horas por coleta, em frascos de polietileno devidamente limpos com um funil adaptado, em uma área sem cobertura vegetal. Após a coleta a amostra foi dividida em três alíquotas para a realização das análises químicas e acondicionadas em congelador para preservação. Cada alíquota foi filtrada a vácuo com um filtro de fibra de vidro de $0,7 \mu\text{m}$ de poro antes das análises.

3.3. pH e condutividade

A medida de pH foi realizada em pHmetro digital (Quimis Q400AS) com eletrodo de prata/cloreto de prata, devidamente calibrado com soluções padrões certificadas (Quimis) de pH 4,01 e 6,86, com agitação magnética constante. Testou-se a resposta do aparelho frente a uma solução de baixa força iônica, solução padronizada de HCl $0,01\text{M}$, e determinou-se um erro de 7% para correção do valor de pH das amostras. A condutividade foi medida num condutivímetro digital modelo CD-850 (Instrutherm) devidamente calibrado.

3.4. Íons

Os íons (NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-}) foram analisados no Laboratório de Geoquímica da UFAM, em um cromatógrafo iônico modelo ICS 900/DIONEX com detector condutimétrico. Para ânions utilizou-se uma coluna de policarbonato (DIONEX) e como eluente solução de $\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$ de sódio e regenerante: H_2SO_4 . Para cátions foi utilizada uma coluna de polidivinilbenzeno (DIONEX), eluente: ácido metanosulfônico e regenerante: tetra metil hidróxido de amônio. Soluções padrões certificadas foram utilizadas para construção da curva analítica.

3.5. Metais-traço

A concentração dos metais-traço (Cu, Cr, Ni e Pb) foi feita através da técnica de espectrometria de absorção atômica com forno de grafite, no laboratório de bioprospecção do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em um espectrômetro Perkin Elmer, SIMA 6000. Soluções padrões certificadas (Perkin Elmer, Merck) foram usadas para a construção da curva analítica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão descritos os valores da média aritmética com o seu desvio padrão, valores de mediana, máximo e mínimo e a média ponderada pelo volume (MPV), para pH, condutividade e concentrações dos íons e metais determinados. O uso da MPV para representação das concentrações iônicas em águas de chuva é importante por limitar a influência de concentrações muito altas que ocorrem em chuvas de pouco volume e intensidade, assim como efeitos de diluição em chuvas muito intensas (MARQUES et al., 2010). Por isso, será sempre este o valor utilizado para discussões e observações neste trabalho. O volume mínimo de amostra, utilizado neste trabalho, para a realização de pelo menos a primeira análise, pH e condutividade, é de 50 mL. As amostras com volume inferior foram descartadas.

	Média ± SD	Mediana	Máximo	Mínimo	MPV
pH	5,20 ± 0,59	5,33	6,83	3,96	5,11
Condutividade	13,57 ± 4,23	14,45	21,00	6,70	12,72
Cl ⁻	8,74 ± 2,00	9,43	11,06	5,74	9,06
NO ₂ ⁻	0,84 ± 0,39	0,68	1,42	0,42	0,60
NO ₃ ⁻	26,52 ± 13,10	28,38	44,31	6,87	29,83
PO ₄ ³⁻	3,84 ± 1,15	3,66	5,57	2,29	3,56
SO ₄ ²⁻	5,44 ± 2,64	6,49	8,36	1,49	5,80
NH ₄ ⁺	11,99 ± 8,12	8,79	24,18	3,00	16,86
K ⁺	6,06 ± 1,88	6,91	8,03	3,24	5,24
Mg ²⁺	2,50 ± 1,11	2,77	3,88	0,84	2,07
Ca ²⁺	19,93 ± 15,29	11,52	42,87	5,41	11,02
Cr	0,74 ± 0,12	0,70	1,10	0,40	0,89
Cu	4,16 ± 0,12	1,90	11,80	1,70	7,23
Ni	0,90 ± 0,22	1,10	1,10	0,40	0,92
Pb	0,52 ± 0,16	0,20	1,80	0,00	0,58

Tabela 1: Valores de pH, condutividade (μS), concentração de íons ($\mu\text{mol/L}$) e metais ($\mu\text{g/L}$)
Fonte: O Autor

Os valores de pH tiveram como MPV o valor de 5,11, caracterizando a ocorrência de chuva ácida no local amostrado. O valor mais alto de pH obtido, 6,83, amostra 7, foi proveniente de um evento chuvoso após uma forte ventania, A ação do vento na ressuspensão da poeira do solo, rica em íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , provavelmente contribuiu para aumentar o valor de pH nessa amostra. A condutividade associada a essa medida (16,5 μS), reafirmando a elevada concentração de íons dissolvidos em tal solução.

O valor menor determinado para o pH, (3,96), amostra 9, foi proveniente de uma chuva bem fina e demorada. Portanto, um parâmetro importante na variabilidade da composição química de águas de chuva é a intensidade de chuva. Pois, chuvas fracas em geral apresentam tamanho de gotas menores, possibilitando menor velocidade de queda e

maior tempo de residência na atmosfera, incorporando mais gases e partículas durante sua trajetória, o que pode ser facilmente observado pelo alto valor de condutividade (MARQUES et al., 2010). Este fato indica a presença de gases e/ou partículas de caráter ácido suspensas na atmosfera da região.

Os valores obtidos para pH foram consistentes quando comparados com outros trabalhos na região (MOURA, 2009; HONÓRIO, 2010). O valor medido por esses autores, na cidade de Manaus, variou entre, 3,4 e 6,6, bastante próximos dos observados neste trabalho, demonstrando e reafirmando a característica ácida das chuvas na região em questão.

Analisou-se a presença de cátions e ânions, por cromatografia iônica, em três amostras, 2, 3 e 7, das águas de chuva coletadas no período entre fevereiro e maio do corrente ano. Os íons predominantes foram: NO_3^- , 29,83 $\mu\text{mol/L}$, NH_4^+ , 16,86 $\mu\text{mol/L}$ e Ca^{2+} com 11,02 $\mu\text{mol/L}$.

O nitrato apresentou concentração elevada na região (29,83 $\mu\text{mol/L}$) quando comparado com outros estudos feitos em diferentes estados do país. Em São Paulo, o valor determinado foi de 20,1 $\mu\text{mol/L}$, e em Cuiabá, mediu-se o valor de 3,9 $\mu\text{mol/L}$ (FONTENELLE, 2009; MARQUES, 2010). A alta concentração do nitrato pode ser entendida se for observado a direção dos ventos na maioria das datas de amostragem (tabela 2), que foram predominantemente da região sudeste da cidade (INMET, 2012), uma área onde há fluxo intenso de veículos pesados como carretas e caminhões, como na Avenida Buriti, uma das principais avenidas do Distrito Industrial. Como o NO_3^- é um produto da oxidação do NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$) emitido pelo processo de combustão de combustíveis fósseis (MARQUES, 2010), se explica, portanto, a elevada concentração desse íon e o baixo valor determinado para o pH, atribuído à presença de HNO_3 . Este fato ilustra a importância da contribuição da queima de combustíveis pela frota veicular e/ou indústrias, para o aumento da acidez da água da chuva em áreas urbanas.

Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	média
Data	5/3	9/3	9/3	15/3	24/4	26/4	8/5	24/5	30/5	-
Hora	12h	09h	12h	12h	12h	15h	12h	16h	13h	-
Direção vento (graus)	323	271	275	85	227	276	157	83	117	202

Tabela 2: Dados meteorológicos

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

O íon amônio, segundo íon mais abundante nas amostras, é originalmente emitido como amônia (NH_3) na atmosfera, e é provavelmente originado de fontes biogênicas como a volatilização de esgotos domésticos não tratados da cidade que são despejados nos igarapés que cortam o município (FONTENELLE, 2009). O íon amônio na água de chuva pode ser proveniente também da dissolução de sais de amônio presentes nas partículas

suspensas no ar. Esses sais são formados, por exemplo, por reação de neutralização de ácidos (HNO_3 , H_2SO_4 , HCl , entre outros) pelo gás NH_3 .

A majoritariedade dos íons cálcio pode estar associada à ressuspensão de poeira do solo e à solubilização de partículas provenientes de atividades da construção civil, tendo em vista, a ocorrência de obras nos arredores do local amostrado e também em todo o campus.

A determinação dos metais como níquel, cromo, cobre e chumbo, em cinco amostras de chuva (1, 2, 3, 4 e 7) coletadas entre fevereiro e maio do corrente ano, apresentou concentração desses elementos em níveis traços, $\mu\text{g/L}$ ou ppb. O cobre foi o mais abundante entre aqueles determinados, tendo como MPV o valor de 7,2 ppb, e o chumbo o de menor presença na atmosfera, tendo como MPV o valor de 0,6 ppb.

A emissão atmosférica desses metais está relacionada a processos como a queima de combustíveis fósseis, desgaste de peças de veículos, incineração de resíduos, fundições, produção de aço e metais não-ferrosos, indústrias de cimento e de pigmentos. Sendo importante observar que o chumbo geralmente se apresenta predominantemente na fração fina do material particulado ($d < 2,5 \mu\text{m}$), que corresponde as partículas que atingem as regiões mais profundas do trato respiratório, acarretando em problemas respiratórios (FONTENELLE, 2009).

Em comparação com outros estudos sobre a determinação de metais em águas de chuva no Brasil, pode-se observar que a concentração de cobre (7,2 ppb) na atmosfera da região, está maior do que o restante do país. Na cidade de São Paulo determinou-se a concentração de Cu de 2,64 ppb, no Rio Grande do Sul, em Candiota sob influência de termelétrica a carvão, a quantidade média de cobre foi de 1,95 ppb, enquanto que na cidade de Porto Alegre a concentração média de cobre foi de 2,76 ppb (FONTENELLE, 2009; MIGLIAVACCA, 2005).

Analisou-se também, a presença de ferro e zinco nas amostras, mas, após análise espectroscópica do ácido nítrico utilizado para lavagem das vidrarias e coletor, de acordo com a metodologia de limpeza estabelecida, observou-se que grande parte da concentração nas amostras determinada pelo aparelho provinha de tal ácido. Logo, devido à dificuldade em quantificar a concentração desses metais nas amostras de água de chuva os valores encontrados foram descartados.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste projeto permitiu caracterizar quimicamente a água de chuva coletada no Campus Universitário Arthur Virgílio Filho, Manaus/AM, a partir dos resultados de parâmetros físico-químicos e da determinação da concentração dos constituintes inorgânicos majoritários.

Os resultados de pH da água da chuva revelaram a ocorrência de chuvas ácidas na região, com valores que variaram entre 3,96 e 6,83 na maioria das amostras. O volume das amostras coletadas mostrou influência significativa da intensidade das chuvas no valor de pH. No entanto, considera-se necessário obter maior número de dados para afirmar tal correlação.

Para as amostras analisadas, os íons NO_3^- , NH_4^+ e Ca^{2+} foram majoritários, tendo como média ponderada pelo volume os valores de 29,83; 16,86 e 11,02 $\mu\text{mol/L}$, respectivamente. A concentração elevada desses íons, em relação aos demais, demonstra como o homem pode influenciar e/ou modificar o meio em que vive, tendo em vista que em ambientes urbanos tais íons são provenientes principalmente de fontes antropogênicas, como a queima de combustíveis fósseis, lixo doméstico entre outros.

Em relação à presença de metais Cr, Cu, Ni e Pb na atmosfera, observou-se predominância do cobre com 7,2 ppb de MPV, que em comparação com estudos de outras grandes cidades do país, apresentou uma elevada concentração nas águas de chuva da região.

De maneira geral, a intensidade da chuva e a direção do vento influenciaram os parâmetros analisados neste estudo, ressaltando a necessidade de considerar esses fatores na interpretação dos dados.

6. PERSPECTIVAS FUTURAS

A continuidade deste trabalho prevê a coleta de maior número de amostras de água de chuva, no período entre agosto de 2012 e maio de 2013, de forma a possibilitar uma melhor caracterização química da deposição úmida e da atmosfera da região em diferentes períodos do ano. A partir de então pretende-se inferir sobre as fontes dessas substâncias e sobre os possíveis efeitos da sua deposição no ecossistema local.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTAXO, P., et al. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p.185-196, 2005.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002, 622 p.

FELTEN, C. K. Análise quantitativa e qualitativa de água pluvial armazenada em cisternas para uso não potável. Foz do Iguaçu, 2008. Disponível em: <<http://www.udc.edu.br/monografia/monoamb28.pdf>>. Acesso em: 14 março 2012.

FONTENELE, A. P.; PEDROTTI, J. J.; FORNARO, A. Avaliação de metais traços e íons majoritários em águas de chuva na cidade de São Paulo. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 839-844, 2009.

HONÓRIO, B.A.D.; HORBE, A.M.C.; SEYLER, P. Chemical composition of rainwater in western Amazonia—Brazil. **Atmospheric Research**, v. 98, p. 416-425, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf,14/06>. Acesso em: 14 março 2012.

MARQUES, R., et al. Composição química de águas de chuva em áreas tropicais continentais, Cuiabá-MT: aplicação do sistema clima urbano (S.C.U.). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 20, p. 63-75, 2010.

MIGLIAVACCA, D. M.; TEIXEIRA, E. C.; MACHADO, A. C. M.. Composição química da precipitação atmosférica no sul do Brasil: estudo preliminar. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 371-379, 2005.

MOURA, D.C.G.; TEIXEIRA, S.M.L.; VALLE, C. M. Caracterização da Composição Química de águas de chuva na área urbana de Manaus/AM. In. CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 4, 2009. Anais... Belém: IF-AM, 2009. 10 p. p. 2-3.

MILANI, L. F. H.; NIENCHESKI, M. R.; Minimização da contaminação na determinação de metais traços em águas naturais. Disponível em: <http://www.semengo.furg.br/2004/25_2004.pdf> Acesso em: 08 março 2012.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre, Bookman, 154p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS (UFAM). Disponível em:
<<http://portal.ufam.edu.br/index.php/component/content/article/17-ufam-hoje/92-propaganda3>>. Acesso em: 18 abril 2011.