

Ano 7, Vol XII, Número 1, Jun-Jul, 2014, Pág. 113-126.

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA CIDADE DE HUMAITÁ/AM

José dos Santos Torres Filho¹; José Martins Gomes¹; Merlotti Fabiano¹; Jorge
Almeida de Menezes¹ & José Maurício da Cunha¹.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar as concentrações de nitrato, pH e condutividade elétrica das precipitações pluviométricas ocorridas na cidade de Humaitá/AM. As amostras foram coletadas em recipientes apropriados de polietileno em um período de 24 horas e armazenadas até no máximo 48 horas após a coleta. As análises de potencial Hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica foram feitas *in loco*, já as concentrações de nitrato (NO_3^-) foram medidas por espectrofotometria, por meio do espectrofotômetro digital modelo Model Nova 1600 UV, utilizando a curva padrão da solução de nitrato. Os resultados encontrados foram tratados por meio de planilha eletrônica. A condutividade elétrica das amostras de precipitação apresentaram variação média de $8,47 \mu\text{Scm}^{-1}$ em janeiro, a $19,18 \mu\text{Scm}^{-1}$, em junho respectivamente. E o pH variou entre 6,26 e 7,43 em janeiro, 5,06 e 7,12 em fevereiro, 5,37 e 6,94 em março, 5,06 e 6,77 em abril, 5,17 e 6,62 em maio, 4,78 e 6,68 em junho. A concentração média de nitrato foi de 0,466 mg/L, em fevereiro e 0,578 mg/L em junho respectivamente. No mês de junho o pH é mais baixo em relação aos outros meses e a concentração de nitrato em junho foi maior em relação a fevereiro, fato que podemos inferir que o aumento da acidez no mês de junho não está relacionado com a concentração de nitrato.

Palavras-chave: Nitrato, Precipitação, Espectrofotometria.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the concentrations of nitrate, pH and electrical conductivity of rainfall occurred in the city of Humaitá/AM/Brazil. The samples were collected in appropriate containers of polyethylene in a 24 hour period and stored up within 48 hours after collection. Analyses of potential hydrogenionic (pH) and electrical conductivity were made in situ, since the concentrations of nitrate (NO_3^-) were measured by spectrophotometry through digital spectrophotometer model 1600 New Model UV, using the standard curve of nitrate solution. The results were examined using a spreadsheet. The electrical conductivity of the samples showed an average rainfall of $8.47 \mu\text{Scm}^{-1}$ variation in January to $19.18 \mu\text{Scm}^{-1}$, respectively in June. And the pH ranged between 6.26 and 7.43 in January, 5.06 in February and 7.12, 5.37 and 6.94 in March, 5.06 and 6.77 in April, 5.17 and 6.62 in May, 4.78 in June and 6.68. The average nitrate concentration was 0.466 mg/L in February and 0.578 mg/L respectively in June. In June the pH is lower compared to other months and nitrate concentration in June was higher than in February, the fact that we can infer that the increased acidity in the month of June is not related to the concentration of nitrate.

Key words: Nitrate, Rainfall, Spectrophotometry.

1. INTRODUÇÃO

O aumento indiscriminado das emissões de gases e partículas poluentes na atmosfera tem despertado à comunidade científica a questões ambientais, buscando

respostas às alterações ocorridas no planeta terra. Um exemplo mais conhecido do ar atmosférico é o smog (fumaça), que está presente em muitas partes do mundo, e tem como origem mais comum as contaminações do ar atmosférico provenientes de processos industriais e da intensa frota de veículos, esta última considerada como a principal fonte de poluentes atmosféricos (FONTENELE et al., 2009). Além dos processos industriais e da queima de combustíveis, destacam-se também as queimadas nas florestas (e/ou plantações) e a suspensão de material particulado do solo (FORNARO, 2006), principais fontes de emissão de gases e partículas de aerossóis durante o período seco nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil (ANDREAE et al., 1994; ANDREAE et al., 2001; LIOUSSE et al., 2004), alterando a qualidade de vida na região.

Consta como uma das principais características da atmosfera terrestre é que ela é um ambiente oxidante natural, devido à alta concentração de oxigênio diatômico (O_2) (BAIRD, 2002). Quase todos os gases liberados no ar, sejam elas de origem natural e/ou antropogênica, são totalmente oxidados e seus produtos finais, ao longo do tempo, são depositados na superfície da terra, seja por meio de deposição seca (sedimentação gravitacional) ou por deposição úmida, correspondente às precipitações de gotas de água que se incorporam às partículas e gases poluentes da atmosfera (SINGH et al., 2007).

Uma das formas de remoção úmida de muitos poluentes suspenso no ar é devido às precipitações pluviométricas (SMITH, 1872), e é através dessas que conseguimos retirar informações relevantes para o controle e monitoramento da poluição atmosférica. É nesse sentido que torna-se possível obter estudos concretos sobre as diversas espécies de gases presentes na atmosfera terrestre, dentre elas, gases como dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de nitrogênio (NO), monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3), etc. Muitas dessas partículas têm um tempo de resistência muito grande na atmosfera, podendo atingir até a ordem de alguns dias (SEINFELD e PANDIS, 1998; PAULIQUEVIS et al., 2007). Essas partículas são, muitas vezes, transportados para à superfície por processos turbulentos (WESELY e HICKS, 2000). Sendo que as partículas grossas são usualmente fuligem ou de natureza inorgânica (de composição similar ao solo), enquanto as finas são predominantemente fuligem, sulfato, bissulfato e nitrato (BAIRD, 2002).

Um dos problemas ambientais mais graves na presença desses gases, e que muitas regiões do mundo estão sofrendo atualmente, diz respeito às precipitações pluviométricas ácidas (SMITH, 1872), que conduz a prejuízos econômicos, não somente para a agricultura, mas também na corrosão de edificações, monumentos históricos, dentre outras. O potencial Hidrogeniônico (pH) da chuva não poluída é cerca de 5,6, sendo considerada precipitação pluviométrica ácida que obtiver pH inferior a 5,6 (BAIRD, 2002).

Por anos 60, a precipitação pluviométrica ácida não era vista ainda como um agravante às florestas mundiais. A primeira proeminência foi detectada nos Sudetos, uma cadeia de montanhas entre a Polônia e a Tchecoslováquia (atual República Tcheca e Eslováquia), relevante na produção de madeira. Alguns pinheiros apresentavam ramos muito finos e outros estavam morrendo. Em meados dos anos 70 houve acentuado agravamento desses problemas. Constatou-se que morriam lotes inteiros de árvores, enquanto outros sequer chegavam a se desenvolver (BAINES, 1992; ÓDEN, 1967). Em 1979 foram iniciados estudos sobre a composição iônica e acidificação das precipitações pluviométricas na Bahia (RIBEIRO FILHO, 1979).

No Brasil a precipitação pluviométrica ácida surge no pólo petroquímico de Cubatão (São Paulo), que produz poluentes que são levados ao litoral norte (Ubatuba e Caraguatatuba) desencadeando sérios danos à Mata Atlântica onde árvores morrem e as plantas acabam seriamente queimadas ou secando. Na cidade de São Paulo, a precipitação pluviométrica ácida danifica monumentos, estátuas e construções que ficam deterioradas pela acidez (TARIFA, 1991).

As precipitações pluviométricas normais dissolvem o dióxido de carbono (CO_2) existente na atmosfera, estabelecendo um equilíbrio químico entre o gás carbônico (CO_2), a água (H_2O) e o ácido carbônico (H_2CO_3). Como o próprio nome indica, o último composto faz com que a água das precipitações pluviométricas seja normalmente ácida, o que é indicada pelo seu índice pH menor que 5,6. Contudo a presença de componentes estranhos na atmosfera (principalmente óxidos de nitrogênio (N) e de enxofre(S)) pode ocasionar a dissolução desses compostos na água pluviais, que passarão a conter quantidade por vezes acentuada de ácido nítrico (HNO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). Essa presença leva o pH das águas pluviais a valores muito baixos, caracterizando mais um aspecto nocivo da poluição atmosférica (TOLENTINO et al., 1999).

Os dois ácidos predominantes na chuva ácida são o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3). De modo geral, a precipitação pluviométrica ácida precipita-se segundo a direção do vento em um local distante da fonte dos poluentes primários, isto é, dióxido de enxofre (SO_2), e óxidos de nitrogênio (NO_x). Os ácidos são gerados durante o transporte da massa de ar que contém os poluentes. Deste modo, a precipitação pluviométrica ácida é um problema de poluição que não respeitam estados nem fronteiras nacionais em razão do deslocamento de longa distância que sofrem com frequência os poluentes atmosféricos (BAIRD, 2002).

As espécies contendo enxofre (S) originam-se do dióxido de enxofre (SO_2) produzido tanto por fontes naturais como pela poluição, que se oxidam em um intervalo de horas ou dias para formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) e sulfatos no ar. O ácido sulfúrico (H_2SO_4) é transportado no ar não como um gás, mas como um aerossol de gotículas finas, devido a sua enorme afinidade com as moléculas de água. Como o ácido nítrico (HNO_3) apresenta muito maior pressão de vapor que o ácido sulfúrico (H_2SO_4), ocorre menos condensação de ácido nítrico (HNO_3) que de ácido sulfúrico (H_2SO_4) sobre as partículas preexistentes (BAIRD, 2002).

O objetivo deste trabalho foi analisar as concentrações de nitrato (NO_3^-), pH e condutividade elétrica das precipitações pluviométricas ocorridas na cidade de Humaitá/AM, a fim de verificar a ocorrência de precipitações pluviométricas ácidas na região.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no município de Humaitá que localiza-se ao sul do Estado do Amazonas à margem esquerda do rio Madeira, afluente da margem direita do Rio Amazonas, dista cerca de 200 km de Porto Velho e 580 km de Manaus (linha reta) pela Rodovia BR-319 e está situado na zona fisiográfica do Rio Madeira. Limita-se com os municípios de Manicoré ao norte e ao leste, Tapauá e Canutama a oeste e Estado de Rondônia ao sul. A sede do município tem como coordenadas geográficas de centro $7^\circ 30'24''$ S e $63^\circ 04'56''$ W, apresenta relevo aproximado do tipo “tabuleiro”, com desníveis muito pequenos e bordos levemente convexos (BRAUN et al., 1959).

O clima da região, segundo a classificação de Koppen é do tipo tropical chuvoso (chuvas do tipo monção), sendo que a precipitação anual varia de 2250 a 2750 mm anualmente, sendo que o período chuvoso inicia-se em novembro e prolonga-se até maio normalmente, e ainda apresenta um período seco de pequena duração (junho a outubro). A temperatura média anual varia de 24°C a 26°C, a umidade relativa do ar é bastante elevada, varia de 85 a 90% e a altitude média é de 90 metros acima do nível do mar (CARVALHO, 1986).

2.2. PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

Foram utilizados na coleta das precipitações pluviométricas coletores manuais de polietileno encaixado em um suporte de metal com no mínimo dois metros de altura, disponível na área urbana da cidade de Humaitá/AM, sendo retirado um dia após a ocorrência da precipitação pluviométrica. Os recipientes utilizados para coleta das amostras foram previamente lavados com água destilada e enxágue com água deionizada.

2.3. PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

2.3.1. MEDIDAS DE POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH) E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

As amostras de água das precipitações pluviométricas destinadas às medidas de pH e condutividade elétrica foram encaminhadas ao Laboratório de Biologia e Química do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas, nos quais foram medidas em no máximo 24 horas após a amostragem.

As análises de potencial Hidrogeniônico (pH) foram feitas *in loco* com um pHmetro de bancada (Analítica – PH1110B), calibrado com soluções tampão com pH 4,00 e 7,00. A condutividade elétrica foi feita *in loco* com um condutivímetro de bancada (Analítica – PH1110B) calibrado com solução padrão.

2.3.2. ANÁLISES ESPECTROFOTOMÉTRICAS

As análises de ânions foram feitas no Laboratório de Biologia e Química do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas. As concentrações dos ânions nitrato (NO_3^-) foram medidas por espectrofotometria, por meio do espectrofotômetro digital modelo Model Nova 1600 UV, utilizando solução padrão de nitrato através de um espectrofotômetro digital (Model Nova 1600 UV). Sendo que a curva analítica foi montada com padrões de nitrato (NO_3^-) tendendo linearmente em função da concentração (BRITO, 2009; SOUSA, 2005).

É importante ressaltar que a espectrofotometria é o método de análise óptico mais usado nas investigações biológicas e físico-químicas. O espectrofotômetro é um instrumento que permite comparar a radiação absorvida por uma solução que contém uma quantidade desconhecida de soluto, e uma quantidade conhecida da mesma substância. Todas as substâncias podem absorver energia radiante, mesmo o vidro que parece completamente transparente absorve comprimentos de ondas que pertencem ao espectro visível. A absorção das radiações ultravioletas, visíveis e infravermelhas depende das estruturas das moléculas, e é característica para cada substância química, no caso do nitrato que é de 415 nm (GOMES et al., 2007).

2.3.3. SOLUÇÕES E REAGENTES

As soluções utilizadas para análises foram preparadas com água deionizada. Foram utilizados reagentes de grau analítico em PA (Padrão de Análise). As soluções foram preparadas instantes antes do uso de cada análise com os seguintes reagentes: Nitrato de Cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), Salicilato de sódio ($\text{N}_7\text{H}_5\text{NaO}_3$), Ácido Sulfúrico (H_2SO_4), Hidróxido de Sódio (NaOH), Tartarato de sódio e potássio ($\text{KNaC}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), Clorofórmio (CHCl_3). A vidraria e os recipientes para armazenagem de soluções foram lavados com detergentes neutros, água destilada e enxágue com água deionizada (BRITO, 2009).

2.3.3.1. SOLUÇÃO DE SALICILATO DE SÓDIO (5%)

Foi dissolvido 0,5 g de salicilato de sódio ($\text{N}_7\text{H}_5\text{NaO}_3$) em água deionizada e completou-se para 1 L (BRITO, 2009).

2.3.3.2. SOLUÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO

A solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) foi utilizada conforme padrão de análise (BRITO, 2009).

2.3.3.3. SOLUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO E TARTARATO DUPLO DE SÓDIO E POTÁSSIO

Foi dissolvido 400g de Hidróxido de sódio (NaOH) e 60g de Tartarato duplo de Sódio e Potássio ($KNaC_4O_6 \cdot 4H_2O$) e diluiu-se para 1L. Como precipita muito, em cada análise verificou-se se o pH ficava em torno de 7 (BRITO, 2009).

2.3.3.4. SOLUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO

Foi realizada solução de hidróxido de sódio (NaOH) de 6N (padrão de normalidade), ou seja foi utilizado 60 g de NaOH para 1 L de água deionizada (BRITO, 2009).

2.3.3.5. SOLUÇÃO PADRÃO DE NITROGÊNIO NITRATO (0,05 g/L)

Diluiu-se 5 mL da solução Estoque de Nitrogênio Nitrato (Dissolveu-se 0,722 g de Nitrato de Potássio em água deionizada e completou-se para 1 L de água deionizada e adicionou-se 1 mL de clorofórmio para a conservação/ 0,1g/L) para 100mL de água deionizada (BRITO, 2009).

2.3.4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.3.4.1. NITRATO

Foi adicionado 10 mL da amostra em um Becker de vidro, adicionou-se 1 gota de NaOH para alcalinizar ligeiramente a amostra, por seguinte foi adicionado 1 mL da solução de salicilato de sódio ($N_7H_5NaO_3$). Evaporou-se na chapa a 100-150°C, sendo que quando evaporou teve que esperar esfriar o resíduo restante. Depois de frio, adicionou-se 2 mL de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) dentro da capela, além de 15 mL de água deionizada e 15 mL de solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) e Tartarato de

sódio e potássio ($\text{KNaC}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Esperou-se esfriar e realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 415 nm (BRITO, 2009).

2.3.5. CURVA PADRÃO DE NITRATO

Da solução padrão de nitrato tomou-se alíquotas de 0, 1, 2, 5 e 10 mL em provetas de 10 mL, completando-se o volume com água deionizada. Estas provetas contendo 0, 0,5, 1, 2,5 e 5 mg/L respectivamente. Construiu-se a curva que possui tendência linear e calcularam-se as concentrações através da equação linear $Y = a+bX$ obtida, considerando Y como absorbância e X como teores de nitrato (mg/L), e os coeficientes a e b encontrados por regressão linear.

2.3. ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE ÂNIONS

Os resultados encontrados foram tratados por meio de planilha eletrônica para a obtenção da concentração do nitrato (NO_3^-). Os coeficientes de determinação (R^2) das curvas de calibração foram satisfatórios para o desenvolvimento das análises químicas de nitrato, assim como as equações geradas (Tabela 01).

Tabela 01: Coeficiente de determinação (R^2) das curvas de calibração e equações obtidas.

Mês	Coeficiente de determinação (R^2)	Equação
Fevereiro	0,9973	$Y = 0,1351X - 0,0349$
Junho	0,9994	$Y = 0,0997X + 0,0504$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. VARIAÇÃO DO PH E DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Os valores médios, mínimos e máximos do pH e da condutividade elétrica das precipitações pluviométricas foram calculados para seis períodos de amostragem: janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho conforme mostrado na tabela 02.

Tabela 02: Valores médios, máximos e mínimos do pH e da condutividade elétrica.

Mês		pH	Condutividade elétrica (μScm^{-1})
Janeiro	Média	6,79	8,47
	Mínimo	6,26	4,28
	Máximo	7,43	11,71
Fevereiro	Média	6,29	10,99
	Mínimo	5,06	2,18
	Máximo	7,12	15,02
Março	Média	6,19	9,83
	Mínimo	5,37	3,40
	Máximo	6,94	14,05
Abril	Média	6,07	12,04
	Mínimo	5,06	5,91
	Máximo	6,77	18,27
Maio	Média	6,11	13,09
	Mínimo	5,17	2,99
	Máximo	6,62	27,03
Junho	Média	5,64	19,18
	Mínimo	4,78	8,02
	Máximo	6,68	37,9

A condutividade elétrica das amostras de precipitação apresentou média de 8,47 μScm^{-1} em janeiro, 10,99 μScm^{-1} em fevereiro, 9,83 μScm^{-1} em março, 12,04 μScm^{-1} em abril, 13,09 μScm^{-1} em maio, 19,18 μScm^{-1} em junho. E o pH das amostras da precipitação em Humaitá/AM variou entre 6,26 e 7,43 em janeiro, 5,06 e 7,12 em fevereiro, 5,37 e 6,94 em março, 5,06 e 6,77 em abril, 5,17 e 6,62 em maio, 4,78 e 6,68 em junho.

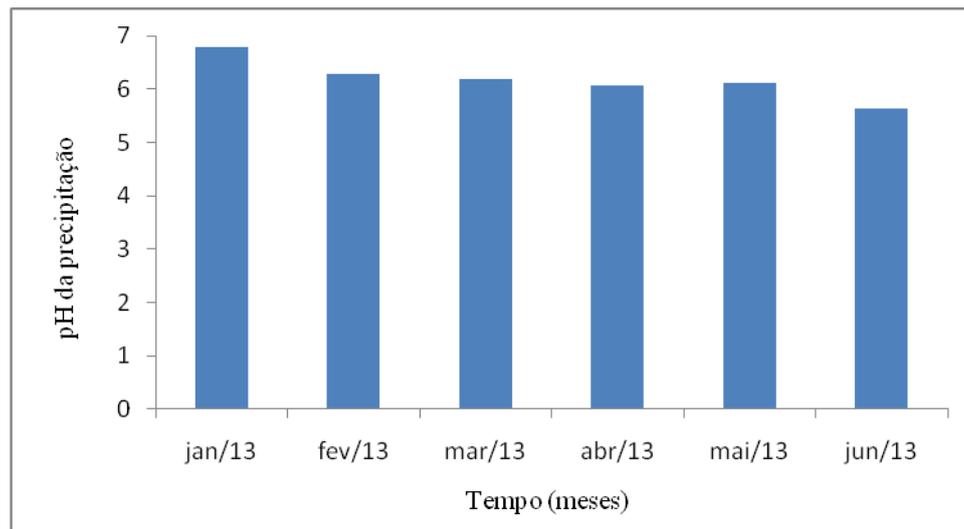


Figura 01: Variação de pH de janeiro/2013 a junho/2013.

Podemos observar a partir do gráfico da figura 01 que o valor de pH em junho foi inferior a todos os outros meses analisados, nos quais estudos feitos por Kauffman et al. (1994) no cerrado brasileiro, atribuem esses valores de pH em junho às queimadas que ocorrem principalmente no final do período chuvoso (novembro a maio) e no início do período seco (junho a outubro), indicando assim maior índice de acidez da precipitação pluviométrica em relação aos outros períodos analisados.

Os valores de pH encontrados são decorrentes das concentrações de espécies químicas presentes nas precipitações pluviométricas devido as queimadas das florestas, plantações e da suspensão de material particulado do solo (FORNARO, 2006), principais fontes de emissão de gases e partículas de aerossóis durante o período seco nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil (ANDREAE et al., 1994; ANDREAE et al., 2001; LIOUSSE et al., 2004;).

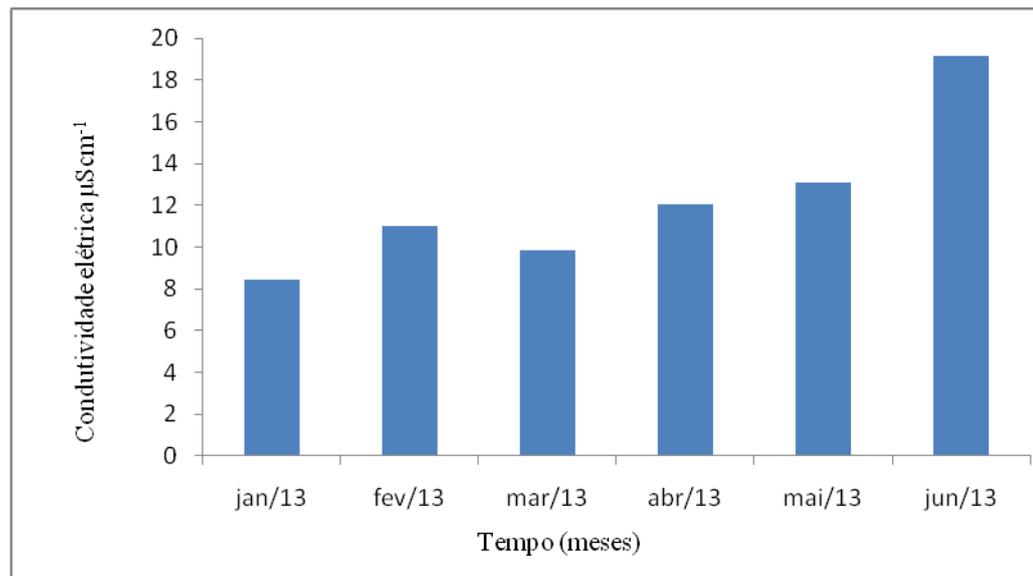


Figura 02: Variação de condutividade elétrica de janeiro/2013 a junho/2013.

Mediante o gráfico da figura 02 podemos afirmar que o período de junho diferenciou bastante em relação aos outros períodos analisados, viu-se que os valores de condutividade elétrica encontrados de janeiro a maio indicaram que os sais dissolvidos na água das precipitações pluviométricas tinham características básicas e junho apresentou valor de condutividade elevado em relação aos outros períodos, para Kauffman et al. (1994) as queimadas provocam aumento das concentrações químicas como Ca e Mg, que estão vinculados a liberação de óxidos nas cinzas, aumentando os valores de condutividade elétrica, fato que podemos inferir que tais resultados podem está relacionados a isso.

3.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

As concentrações médias aritméticas dos ânions nitrato (NO_3^-) das precipitações pluviométricas foram calculadas separadamente para dois períodos de amostragem: fevereiro e junho conforme tabela 03.

Tabela 03: Valores médios, máximos das concentrações de nitrato.

Mês	Concentração de nitrato (mg/L)	
Fevereiro	Média	0,466
	Mínimo	0,265
	Máximo	0,625
	Média	0,578

Junho	Mínimo	0,074
	Máximo	0,834

Podemos verificar que em fevereiro a concentração média de nitrato foi de 0,466 mg/L e 0,578 mg/L em junho. Podemos asseverar que ocorreu um aumento de 20% em junho em relação a fevereiro, é relevante ressaltar que íons nitrato formam ácido nítrico, que pode ter sido responsável pela maior acidez em junho, sendo este proveniente da oxidação de óxidos de nitrogênio (NO_x), que pode ser resultante também da ressuspensão de material particulado do solo, principalmente no período seco, e junho está bem perto do início do período seco. As precipitações pluviométricas em Humaitá/AM apresentaram concentrações de nitrato baixas comparadas a outros locais do Brasil estudadas por Pelicho et al. (2006).

O pH variou de acordo com a condutividade elétrica praticamente, e verificou-se que os valores encontrados de nitrato estão relacionados com esses valores. No mês de junho comparado aos outros meses viu-se que a condutividade elétrica é mais alta que os outros períodos, o pH é mais baixo em relação aos outros meses e a concentração de nitrato é maior em relação a fevereiro.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto os resultados obtidos estão coerentes, pois o pH varia de acordo com a condutividade elétrica praticamente, e verificou-se que os valores encontrados de nitrato estão relacionados também. No mês de junho comparado aos outros meses viu-se que a condutividade elétrica é mais alta que os outros períodos, o pH é mais baixo em relação aos outros meses e a concentração de nitrato é maior em relação a fevereiro, fato que podemos inferir que o aumento da acidez no mês de junho não está relacionado com a concentração de nitrato, sendo que as amostragens estão dentro dos padrões regionais, porém precisam ser feitos mais estudos.

5. REFERÊNCIAS

ANDREAE, M. O.; ANDERSON, B. E.; BLAKE, D. R.; BRADSHAW, J. D.; COLINS, J. E.; GREGORY, G. L.; SACHSE, G. W.; SHIPHAN, M. C. Influence of plumes from biomass on atmospheric chemistry over the equatorial and tropical South Atlantic during CITE 3. *Journal of Geophysical Research*, v. 99, n. D6, p. 12793-12808, 1994.

ANDREAE, M. O.; ARTAXO, P.; FISCHER, H.; FREITAS, S. R.; GRÉGOIRE, J. M.; HANSEL, A.; HOOR, P.; KORMANN, R.; KREJCI, R.; LANGE, L.; LELIEVELD, J.; LINDINGER, W.; LONGO, K.; PETERS, W.; REUS, M.; SCHEEREN, B.; SILVA DIAS, M. A. F.; STROM, J.; VAN VELTHOVEN, P. F. J.; WILLIAMS, J. Transport of biomass burning smoke to the upper troposphere by deep convection in the equatorial region. *Geophysical Research Letters*, v. 28, n. 6, p. 951-954, 2001.

BAINES, J. *Chuva Ácida*. São Paulo: Scipione, 1992.

BAIRD, C. *Química Ambiental*; Tradução de Maria A. Lobo Recio, Luiz Carlos M. Carrera. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, p. 124-137, 2002.

BRAUN, E.H. G.; RAMOS, J. R. A. Estudo agroecológico dos campos Puciarí-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia) *Revista Brasileira de Geografia*, v. 21, p. 443-497, 1959.

BRITO, J.R. *Manual de análises de água*. Fortaleza: Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, p. 22-32, 2009.

CARVALHO, A. M. *Caracterização física, química e mineralógica dos solos do município de Humaitá-AM*. 166 f. Tese Livre Docência Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu, 1986.

FONTENELE, A. P. G.; FEDROTTI, 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.

FORNARO, A. Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil? *Revista USP*, São Paulo, n. 70, p. 78-87, 2006.

GOMES, R. S., LINO, A. M., BANHARA JÚNIOR, J. L. *Determinação de Solo por Espectrofotometria UV-VIS*. Curitiba: Universidade Paranaense, 2007.

KAUFFMAN, D.; CUMMINGS, D.; WARD, D. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. *Journal of Ecology*. Oxford, v. 82, n. 3, p. 519-531, 1994.

LIOUSSE, C.; CACHIER, H.; GRÉGOIRE, J. M.; PENNER, J.; LAVOUÉ, D.; HOBBS, P.; SCHOLLES, M.; BARBOSA, P.; ANDREAE, M. O.; ARTAXO, P. Deriving global quantitative estimates for spatial and temporal distributions of biomass burning emissions. In: GRANIER, C.; ARTAXO P.; REEVES, C. (eds). *Emissions of trace gases and aerosols into the atmosphere*. London: Kluwer Academic Publishers, 2004.

ÓDEN, S. The Acidity problem: on outline. *New Scientist*, v. 158, n. 2154, p. 21-36, 1976.

PAULIQUEVIS, T.; LARA, L. L.; ANTUNES, M. L. ARTAXO, P. Aerosol and precipitation chemistry in a remote site in Central Amazonia: the role of biogenic contribution. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, v. 7, p. 11465–1509, 2007.

PELICHIO, A. F.; MARTINS, L. D.; NOMI, S. N.; SOLCI, M. C. Integrated and sequential bulk and wet-only samplings of atmospheric precipitation in Londrina, South Brazil (1998-2002). *Atmospheric Environment*, v. 40, p. 6827-6835, 2006.

RIBEIRO FILHO. Comportamento do sódio, cálcio, potássio e magnésio nas precipitações atmosféricas na Bacia de Paraguaçu-Bahia. *Revista Brasileira de Geofísica*, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 16-17, 1979.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. atmospheric chemistry and physics, from Air Pollution to Climate Change. Willey Interscience, p. 1326, 1998.

SINGH, K. P.; SINGH, V. K.; MALIK, A.; SHARMA, N.; MURTHY, R. C.; KUMAR, R. Hydrochemistry of wet Atmospheric precipitation over an urban area in Northern Indo – Gangetic Plain. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 131, p. 237–254, 2007.

SMITH, R. A. Air and rain. The beginnings of a chemical climatology. London: Longmans, Green, and Co, 1872.

SOUSA, R. Espectrofotometria no UV – Vis. Departamento de Química, Universidade Federal de Juiz de Fora, p. 4, 2005.

TARIFA, J. R. A acidez da chuva na cidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Climatologia) – São Paulo: Laboratório de Climatologia e Biogeografia, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 1991.

TOLENTINO, M.; ROCHA, R-FILHO; SILVA, R. O azul do planeta Terra: um retrato da atmosfera terrestre. São Paulo: Editora Moderna Ltda, 1999.

WESELY, M. L.; HICKS, B. B. A review of the current status of knowledge on dry deposition. *Atmospheric Environmet*, v. 34, p. 226–2282, 2000.

Recebido 14/12/2013. Aceito 2/1/2014.

Contato:

¹Universidade Federal do Amazonas/Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente/Campus Vale do Rio Madeira. Rua 29 de Agosto, 786, Humaitá, AM. CEP: 69800-000. E-mail: nitratossulfato@gmail.com