

**FACULDADE REDENTOR  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**LÍVIA GOULART FULGENCIO**

**ANÁLISE DO NÍVEL DE ACIDIFICAÇÃO E DA CONDUTIVIDADE  
ELÉTRICA DA ÁGUA DA CHUVA DO MUNICÍPIO DE ITAPERUNA,  
RJ**

Itaperuna, RJ

2009

LÍVIA GOULART FULGENCIO

**ANÁLISE DO NÍVEL DE ACIDIFICAÇÃO E DA CONDUTIVIDADE  
ELÉTRICA DA ÁGUA DA CHUVA DO MUNICÍPIO DE ITAPERUNA,  
RJ**

**Orientador(a):** Prof<sup>a</sup>. Fernanda de Souza Silva

Trabalho de Conclusão de Curso no formato de Artigo apresentado à Faculdade Redentor como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, área de concentração em Ciências Ambientais

Itaperuna, RJ

2009

F963a Fulgêncio, Livia Goulart

Análise do nível de acidificação e da condutividade elétrica da água da chuva do município de Itaperuna, RJ./ Livia Goulart Fulgêncio. – Itaperuna: Faculdade Redentor, 2009.

30 p.

Orientador: Fernanda de Souza Silva

Monografia apresentada à Faculdade Redentor como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Referências Bibliográficas: p. 25-30

1. Ciências Biológicas – Monografia 2. Chuvas ácidas 3. Condutividade elétrica 4. Chuvas – Itaperuna (RJ) I. Título

CDD 551.5781

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço,

À Deus pelas bênçãos concedidas;

À minha Orientadora Prof<sup>a</sup>. Fernanda de Souza Silva pelo direcionamento, pela dedicação, paciência e acima de tudo pela amizade construída durante esse trajeto;

À Co-Orientadora, Prof<sup>a</sup>. Vanessa Tortelli e ao Prof. Rafael Pereira pela revisão do trabalho e principalmente pelas dicas que, com certeza, ajudaram a enriquecer o trabalho;

Aos outros queridos Professores do curso de Ciências Biológicas e aos colegas de turma, em especial à Valéria e Keity, que não mediram esforços para me auxiliar nas coletas das chuvas, sem as quais esse trabalho se tornaria impossível. Obrigada pela amizade e pelo companheirismo;

À minha família e aos meus amigos pelo carinho, apoio e incentivo de sempre;

Enfim, obrigada a todos que direta ou indiretamente colaboraram para conclusão desse trabalho!

## SUMÁRIO

	Pag.
RESUMO	
ABSTRACT	
1.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	1
1.1.A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	1
1.2.A CHUVA ÁCIDA	3
1.3.PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA	4
RESUMO DO ARTIGO	6
ABSTRACT DO ARTIGO	7
1.INTODUÇÃO	8
2.MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1.ÁREA DE ESTUDO	10
2.2.METODOLOGIA	10
2.2.1.Dados Climatológicos	10
2.2.2.Coleta das Amostras	11
2.2.3. Instrumentos e Procedimentos	11
2.2.4.Análise Estatística	12
3.RESULTADOS	13
3.1.A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA CIDADE DE ITAPERUNA	13
3.2.O pH DA ÁGUA DA CHUVA	15
3.3.A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DA CHUVA	16
3.4.CORRELAÇÃO ENTRE O pH E A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	16
3.5.CORRELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE PLUVIMÉTRICO E O pH	17
3.6.A DIREÇÃO DOS VENTOS	18
4. DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25
REFERÊNCIAS GERAIS	28

## LISTA DE TABELAS

		<b>Pag.</b>
<b>Tabela 1</b>	Índice Pluviométrico dos meses de coleta de chuva	<b>14</b>
<b>Tabela 2</b>	Direção do Vento em cada evento chuvoso	<b>18</b>

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Pag.</b>
<b>Figura 1</b>	Mapa do Estado do Rio de Janeiro em destaque o município de Itaperuna	<b>10</b>
<b>Figura 2</b>	Foto de satélite do perímetro urbano de Itaperuna. Pontos de coleta destacados	<b>11</b>
<b>Figura 3</b>	Foto do coletor instalado na Faculdade Redentor	<b>12</b>
<b>Figura 4</b>	Índices pluviométricos mensais entre os anos de 1998 a 2008	<b>13</b>
<b>Figura 5</b>	Índice pluviométrico dos anos de 1998 a 2008	<b>14</b>
<b>Figura 6</b>	Média±Desvio padrão do pH das chuvas de Nov/ 2008 a Jun/2009	<b>15</b>
<b>Figura 7</b>	Média±Desvio padrão da Condutividade das chuvas de Nov/2008 a Jun/ 2009.	<b>16</b>
<b>Figura 8</b>	Correlação entre os valores médios do pH e da Condutividade Elétrica	<b>17</b>
<b>Figura 9</b>	pH e índice pluviométrico nos meses de Novembro/2008 a Junho/2009	<b>17</b>
<b>Figura 10</b>	Imagem de satélite com a rosa do ventos sobre o município de Itaperuna	<b>22</b>

## RESUMO

A partir da revolução industrial, a poluição atmosférica foi se tornando universal em todas as nações industrializadas e o rápido e intenso processo da interferência do homem nos ecossistemas têm criado inúmeros problemas ambientais, entre eles, a chuva ácida. O termo “chuva ácida” corresponde a precipitação de componentes ácidos que conferem pH inferior a 5,0 para a água, podendo estar na forma de chuva, neve ou neblina e está associada principalmente a presença de  $\text{NO}_x$  (Óxidos de Azoto) e  $\text{SO}_2$  (Dióxidos de Enxofre) provenientes dos processos de combustão, especialmente de combustíveis fósseis, que na presença da radiação solar, sofrem reações com a água da chuva, formando  $\text{HNO}_3$  (Ácido Nítrico) e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Ácido Sulfúrico), diminuindo o pH da água de acordo com os níveis de poluição. O impacto das chuvas ácidas provoca a deterioração dos ambientes naturais, das águas, dos solos e vegetação; dos materiais empregados nas construções civis, monumentos antigos, entre outros.

Em geral, para a caracterização química da deposição úmida atmosférica são priorizadas as medidas de pH, condutividade elétrica e concentrações de  $\text{SO}_4^{2-}$  (Íon Sulfato) e de  $\text{NO}_3^-$  (Íon Nitrato). O pH é usado para indicar a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água e a condutividade elétrica (K) da água corresponde ao valor aproximado de Sais Dissolvidos Totais (TDS) podendo indicar a magnitude da concentração iônica. Ambos ajudam nas detecções de fontes poluidoras.

Nesse contexto, a presente pesquisa visa contribuir com os estudos sobre poluição atmosférica e suas conseqüências, analisando-se o comportamento da chuva em Itaperuna-RJ, o nível de acidificação e a condutividade elétrica da água das chuvas no município a fim de colaborar com a detecção e o gerenciamento de fontes poluidoras dessa região. Para isso foram feitas análises dos dados climatológicos da estação meteorológica do INMET e foram feitas coletas da água da chuva de Novembro/2008 a Junho/2009 através de amostradores de polipropileno instalados em três bairros do município (Aeroporto, Cehab e Cidade Nova) para análise em laboratório do pH e da condutividade elétrica. Foram encontrados durante os anos de 1998 a Junho/2009 uma média pluviométrica anual de 1140 mm, os valores de pH encontrados nos meses de amostragem variaram entre 5,8 e 7,7 e condutividade entre 0,4 e 6,84  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A direção do vento encontrada na maioria dos eventos chuvosos (47%) foi a direção SE (sudeste), também encontrada no evento chuvoso mais ácido. Esses valores indicam que o local de estudo é uma área ainda não impactada com chuvas ácidas e que a água das chuvas apresenta poucos sais dissolvidos. No entanto é necessário que estudos como esse continuem a ser feitos, visando um monitoramento das características da precipitação tanto de Itaperuna como da região, já que nestes locais existem poucos dados a esse respeito.

**Palavras chave:** 1.Chuva Ácida 2.pH 3.Condutividade Elétrica 4.Índice Pluviométrico 5.Poluição Atmosférica

# ANALYSIS THE ACIDIFICATION LEVEL AND THE ELECTRIC CONDUCTIVITY OF RAIN WATER IN THE CITY OF ITAPERUNA, RJ

## ABSTRACT

Since the industrial revolution, with the great amount of pollutants emitted for the industries, the atmospheric pollution started to be a problem in all the industrialized nations and the interference of man in this ecosystem created several environmental problems, between them, the acid rain. The "acid rain" is a precipitation with pH inferior then 5,0, being able to be in the form of rain, snow or fog and are mainly associated by the presence of NO<sub>x</sub> (Nitric oxides) and SO<sub>2</sub> (Sulphur Dioxides) proceeding from the combustion processes, especially of fossil fuel, that in the presence of the solar radiation, reacts with the water suffer from rain, forming HNO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Ácido Sulfúrico), diminishing pH of the water according to the pollution levels. The impact of acid rains provokes the deterioration of natural environments, waters, soil and vegetation, of the materials used in the civil constructions, old monuments, among others.

In general, for the chemical characterization of the atmospheric humid deposition are prioritized, the measures of pH conductivity, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Sulphur Ion) and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrate Ion). pH (potential hidrogeniônico) is used to indicate the condition of acidity, neutrality or alkalinity of the water and the electric conductivity (k) of the water corresponds to the Total Dissolved Salts approximated value, being able to indicate the magnitude of the ionic concentration. Both help in the detection of polluting sources.

In this context, the present research, aiming at to contribute with the studies on atmospheric pollution and its consequences, approaches the analysis of the behavior of rain in Itaperuna/RJ, as well its pH and its electric conductivity in order to collaborate with the detention and the management of polluting sources of the city. For that, analyses of the climatologic data of the meteorological station of the INMET and collections of the rain water had been made from November/2008 to June/2009 through collectors of polypropylene in three neighborhoods of the city (Aeroporto, Cehab and Cidade Nova) for laboratory analysis of pH and the electric conductivity. During the years of 1998 to June/2009 had been found a annual pluviometric average of 1140 mm. Values of pH between 5,8 and 7,7 and conductivity between 0,4 and 6,84 µS/cm had been found in the sampling months. The direction of the wind found in the majority of the rain events (47%) was the direction SE (Southeastern), also found in the more acid rain event. These values indicate that the study place isn't impacted by the acid rains and the rain water presents few salt dissolved. However it's necessary that studies such as this continue to be done, aiming at a monitoring of the characteristics of the precipitation of Itaperuna as much as the region, because there is a few data about this subject in these places.

**Key Words:** 1. Acid Rain 2. pH 3. Electric Conductivity 4. Pluviometric Index 5. Atmospheric Pollution



# 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 1.1. A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A atmosfera terrestre representa uma delgada capa ao redor da terra, não apresenta limite superior definido e sua densidade tende a diminuir com a altura em relação ao solo (MELO, 2007). É composta de 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases, além de vapor d'água, pólen, microorganismos e partículas sólidas e líquidas, transportadas pelo vento, podendo ser provenientes de materiais do solo, da vegetação, do mar ou de atividades antrópicas, como indústrias ou escapamento de automóveis (VAREJÃO-SILVA, 2006).

A região da atmosfera mais próxima à superfície da terra é chamada troposfera, sendo esta uma camada de ar estreita e densa que contém praticamente toda a massa gasosa da atmosfera (75%), além de quase todo vapor d'água e aerossóis. É a zona na qual ocorrem a maioria dos fenômenos atmosféricos e onde a manifestação dos problemas ambientais globais - chuva ácida e aquecimento global - têm sua origem e alcança sua maior extensão, devido ao nível de intervenção humana a que está submetida (PIRES, 2005).

A intervenção humana, iniciou-se durante a revolução industrial na Inglaterra no meio do século XVIII, aumenta a cada ano e é responsável pelo aumento da poluição do ar. Por volta de 1925, a poluição atmosférica tinha se tornado universal em todas as nações industrializadas, havendo um reconhecimento de que a situação era intolerável (AIR RESOURCES BOARD, 2004).

A partir de meados da década de 70, os efeitos da utilização desenfreada de combustíveis fósseis tornaram-se mais evidentes, com o surgimento dos problemas de abastecimento gerados pelas crises do petróleo (anos 73 e 79), e de poluição local, nos grandes centros urbanos, provocada pela emissão de poluentes (MMA, LIMA/COPPE/UFRJ, FEEMA, 2002). Devido a isso, a poluição atmosférica começou a ser alvo de muitos estudos científicos e neste momento verifica-se como o homem é capaz de intervir no meio natural, alterando inclusive a composição atmosférica local (MARQUES, 2006b).

O conceito de poluição atmosférica inclui atividades humanas e/ou atividades naturais que levam à deterioração da qualidade original da atmosfera, ou seja, poluição atmosférica é a introdução direta ou indireta de materiais na atmosfera em quantidades que afetam sua qualidade e composição, resultando em efeitos negativos para o bem estar humano, aos fatores bióticos e abióticos, aos ecossistemas, aos materiais, aos recursos naturais e à

utilização do meio ambiente, sendo considerado um poluente atmosférico qualquer substância sólida, líquida ou gasosa que afeta prejudicialmente o meio ambiente após mudanças químicas na atmosfera ou pela ação sinérgica com outras substâncias (BRETSCHEIDER e KURFÜRST, 1987 *apud* PIRES, 2005).

Assim, de acordo com CONAMA (1990), poluente atmosférico é:

“... qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou característica em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade, e às atividades normais da comunidade”.

Esses poluentes atmosféricos, oriundos da consolidação das edificações, de parques industriais, do uso de veículos automotores, queima de combustíveis fósseis e as queimadas urbanas cria uma situação peculiar na atmosfera das cidades (MME, 2003; MARQUES, 2006b). Todos esses problemas, oriundos do rápido e intenso processo de interferência do homem nos ecossistemas, têm criado inúmeros problemas ambientais, como a chuva ácida e o efeito estufa (CUNHA & SILVA, 2002).

O nível de poluição ou da qualidade do ar é medida pela quantificação das substâncias poluentes presentes no mesmo (AMARAL & PIUBELLI, 2003). Dentre os compostos com capacidade de contaminação da atmosfera, destacam-se o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NOx), os óxidos de enxofre (SOx) e alguns particulados, como a poeira (BRAGA *et. al.* 2005).

Os principais problemas ligados à emissão de poluentes atmosféricos são o efeito estufa e a chuva ácida (LOUREIRO, 2005). O efeito estufa é um fenômeno causado pelo acúmulo de gases e nuvens na atmosfera, que provoca o aquecimento da superfície do planeta, pelo bloqueio de parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre. Alguns gases de efeito estufa ocorrem naturalmente na atmosfera, como o vapor d'água (H<sub>2</sub>O), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e o ozônio (O<sub>3</sub>). Esses gases atuam como uma cobertura natural, mantendo a temperatura da Terra propícia ao desenvolvimento das diferentes formas de vida. Como os gases de efeito estufa provocam um bloqueio maior, a Terra se aquece mais do que o habitual, causando uma série de problemas climáticos. O problema não está na existência dos gases de efeito estufa, mas no aumento das concentrações dos mesmos na atmosfera. (BAIRD, 2002, MANAHAN, 2000 e STERN *et al* 1984 *apud* LOUREIRO, 2005).

## 1.2. A CHUVA ÁCIDA

O termo “chuva ácida” corresponde a precipitação de componentes ácidos que conferem pH inferior a 5,0 para a água, podendo estar na forma de chuva, neve ou neblina (GALLOWAY *et al.*, 1982 *apud* MARQUES, 2006b).

Dentre as conseqüências das chuvas ácidas, pode-se destacar a deterioração dos ambientes naturais, das águas, dos solos e vegetação; dos materiais empregados nas construções civis, monumentos antigos, perdas de produtividade na agricultura provenientes da acidificação do solo e acidificação das águas voltadas para o abastecimento humano, entre outros (MIRLEAN *et al.* 2000).

Os primeiros relatos de indicação de chuva ácida foram obtidos de amostras de gelo de 1990, na Groelândia, com a presença de sulfatos e nitratos. Dados da literatura demonstram que um dos primeiros a utilizar o termo “chuva ácida” foi o químico e climatologista inglês Robert Angus Smith, em 1872, para descrever a precipitação ácida logo após a Revolução Industrial em Manchester (PROGRAMA EDUCAR, on line). Um problema de destaque no Brasil aconteceu na cidade de Cubatão/SP, ameaçada pelos constantes escorregamentos observados nas encostas da Serra do Mar. Esses escorregamentos são provenientes do intenso desmatamento ocorrido na região, decorrentes da chuva ácida, que se dá principalmente devido à ação dos poluentes emitidos no próprio centro industrial da cidade (BRAGA *et. al.*, 2005).

A acidificação das chuvas é um problema ambiental bem conhecido em muitas partes do mundo, em particular nas regiões de maior concentração industrial e está associada principalmente a presença de  $\text{NO}_x$  (Oxidos de Azoto) e  $\text{SO}_2$  (Dioxidos de Enxofre) provindos dos processos de combustão, especialmente de combustíveis fósseis. Na presença da radiação solar, esse gases reagem com a água da chuva e ocasionam a formação de  $\text{HNO}_3$  (Ácido Nítrico) e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Ácido Sulfúrico), que diminuem o pH da água de acordo com os níveis de poluição.

O problema da acidificação da chuva está se tornando uma das maiores preocupações dos grandes centros urbanos e industriais em regiões da Europa, Estados Unidos e Canadá, podendo existir em qualquer parte do mundo, como já ocorre em algumas regiões do Brasil (MELO, 2007). No Brasil já foram encontradas ocorrências de chuvas com pH médio em torno de 4,7, tanto em áreas urbanizadas como Niterói no Estado do Rio de Janeiro, quanto em áreas onde esse processo ainda é pouco acentuado, como na Amazônia, por exemplo, onde foram coletados valores de pH entre 4,5 e 4,7 com valores bem próximos daqueles coletados

em São Paulo e no Rio de Janeiro (JESUS, 1996). Também já foram relatadas chuvas ácidas na região de Santa Catarina, nos municípios de Tubarão, Criciúma e Florianópolis, regiões sob alta influência de olarias e indústrias locais (LISBOA *et al.* 2005).

As chuvas ácidas podem ocorrer em locais distantes das fontes poluidoras, pois as nuvens conseguem viajar quilômetros (MELO, 2007). O vento é capaz de levar os poluentes, que acabam precipitando em locais distantes, como por exemplo ocorre em Cubatão/SP, onde o Pólo Petroquímico emite toneladas de SO<sub>2</sub> na atmosfera por ano, fazendo com que a chuva que cai em cidades não industrializadas, a mais de 100 km de distância, muitas vezes seja ácida por causa dessas indústrias. O SO<sub>2</sub> produzido pela queima do carvão na Termoelétrica da Candiota no Rio Grande do Sul chega até o Uruguai, prejudicando o meio ambiente também daquele país. Esta é a chamada poluição trans-fronteiriça, isto é, ultrapassa as fronteiras de um país (POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E CHUVA ÁCIDA, on line). Na localidade de Ilha Grande, onde foram encontradas chuvas com pH variando entre 4,34 e 6,30, também se mostrou sujeita à influência de poluentes atmosféricos gerados nos grandes centros urbanos e industriais dos estados do Rio de Janeiro e, possivelmente, de São Paulo (SOUZA *et al.*, 2006).

As deposições atmosféricas constituem um dos principais mecanismos da ciclagem e redistribuição dos vários elementos químicos sobre a superfície do planeta, exercendo, portanto, um papel fundamental nos processos biogeoquímicos continentais e costeiros. O conhecimento quantitativo e qualitativo das deposições atmosféricas é relevante para o entendimento dos ciclos biogeoquímicos de elementos e da influência das atividades antrópicas nestes processos (SOUZA *et al.* 2006). Neste contexto, o estudo da composição química da precipitação pluviométrica é importante na quantificação dos processos biogeoquímicos nos ecossistemas naturais, dado que os fluxos hídricos no ambiente são dependentes da distribuição espacotemporal das chuvas (JÚNIOR, 2004) .

Por isso o conhecimento da qualidade do ar de uma região, assim como os impactos decorrentes de sua deterioração, de forma a evitar danos a meio ambiente e permitir o gerenciamento das fontes poluidoras é muito importante (SAXENA *et al.*, 1996; KULSHRESTHA *et al.*, 1996; *apud* TRESMONDI *et al.* 2005).

### **1.3. PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA**

Os parâmetros químicos da água indicam a presença de substâncias nela dissolvidas e caracterizam a origem, natureza e o grau de contaminação dos poluentes que por ventura

estejam presentes na água. Esses parâmetros descrevem a história da água antes do ponto de coleta da amostra e são determinados por meio de análise química, seguindo métodos adequados e padronizados para cada substância (MELO, 2007).

Em geral, para a caracterização química da deposição úmida atmosférica são priorizadas as medidas de pH, condutividade,  $\text{SO}_4^{2-}$  (Íon Sulfato) e  $\text{NO}_3^-$  (Íon Nitrato). Pesquisas mais detalhadas abrangem,  $\text{Cl}^-$  (Íon Cloreto),  $\text{NH}_4^+$  (Amônio),  $\text{Na}^+$  (Íon Sódio),  $\text{K}^+$  (Íon Potássio),  $\text{Ca}^{2+}$  (Íon Cálcio) e  $\text{Mg}^{2+}$  (Íon Magnésio) e, eventualmente, metais pesados e espécies orgânicas como ácidos carboxílicos (LEAL *et al.*, 2004).

O pH (potencial hidrogeniônico) é usado para indicar a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, ou seja, é o modo de expressar através de escala antilogarítmica a concentração de íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) presente nessa solução. Quando o pH é baixo (condições ácidas) existe corrosividade, quando o pH é alto (condições básicas) pode provocar incrustações, e quando os valores de pH estão muito afastados da neutralidade podem afetar toda a vida aquática, inclusive os microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (MELO, 2007).

A condutividade elétrica (K) da água corresponde ao valor aproximado de sais dissolvidos totais (TDS). Ela pode indicar a magnitude da concentração iônica e ajudar nas detecções de fontes poluidoras (LISBOA *et al.* 2005).

A maior parte das substâncias que provocam a condutividade elétrica, também eleva o pH da água de chuva, ocorrendo uma redução proporcional entre estas duas variáveis com o decorrer dos primeiros milímetros da precipitação (MELO, 2007). Quando o pH e a condutividade aumentam conjuntamente, isto significa que os sais dissolvidos têm característica básica, ou seja, acabam por neutralizar a solução. E quando o pH diminui e a concentração dos sais dissolvidos aumenta, isto indica que eles possuem característica ácida (MIRLEAN *et al.* 2000).

Visando contribuir com os estudos sobre poluição atmosférica e suas conseqüências, este trabalho propõe a realização de um estudo sobre as características pluviométricas de Itaperuna-RJ e a análise do nível de acidificação e da condutividade elétrica da água das chuvas no município durante os meses de novembro de 2008 a junho de 2009, a fim de gerar dados que sejam somados às pesquisas anteriores e colaborem para o gerenciamento de fontes poluidoras dessa região.

## ANÁLISE DO NÍVEL DE ACIDIFICAÇÃO E DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DA CHUVA NO MUNICÍPIO DE ITAPERUNA, RJ

*Lívia Goulart Fulgencio<sup>1</sup>, Fernanda de Souza Siva<sup>2</sup>, Vanessa Tortelli<sup>3</sup>*

- 1- Graduanda do Curso de Ciências Biológicas pela Faculdade Redentor (Itaperuna/RJ) Rua Thomaz Teixeira dos Santos, 148 Cidade Nova  
Cep: 283000-000
- 2- Bacharel em Ciências Biológicas, Mestre em Química Biológica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- 3- Bacharel em Ciências Biológicas, Mestre em Ciências Fisiológicas-Fisiologia Animal Comparada pela Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, RS, Brasil.

### RESUMO

A partir da revolução industrial, com a grande quantidade de poluentes emitidos pelas indústrias, a poluição atmosférica passou a ser um problema em todas as nações industrializadas e a interferência do homem nesse ecossistema criou inúmeros problemas ambientais, entre eles, a chuva ácida, que é a precipitação com pH inferior a 5,0. Nesse contexto, a presente pesquisa, visando contribuir com os estudos sobre poluição atmosférica e suas conseqüências, aborda a análise do comportamento da chuva em Itaperuna-RJ, assim como seu pH e sua condutividade elétrica a fim de colaborar com a detecção e o gerenciamento de fontes poluidoras do município. Para isso foram feitas análises dos dados climatológicos da estação meteorológica do INMET e coletas da água da chuva de Novembro/2008 a Junho/2009 através de amostradores de polipropileno em três bairros do município (Aeroporto, Cehab e Cidade Nova) para análise em laboratório do pH e da condutividade elétrica. Foram encontrados durante os anos de 1998 a Junho/2009 uma média pluviométrica anual de 1140 mm, os valores de pH encontrados nos meses de amostragem variaram entre 5,8 e 7,7 e condutividade entre 0,4 e 6,84  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A direção do vento encontrada na maioria dos eventos chuvosos (47%) foi a direção SE (sudeste), também encontrada no evento chuvoso mais ácido. Esses valores indicam que o local de estudo é uma área ainda não impactada com chuvas ácidas e que a água das chuvas apresenta poucos sais dissolvidos. No entanto é necessário que estudos como esse continuem a ser feitos, visando um monitoramento das características da precipitação tanto de Itaperuna como da região.

**Palavras chave:** 1.Chuva Ácida 2.pH 3.Condutividade Elétrica 4.Índice Pluviométrico 5.Poluição Atmosférica

## **ANALYSIS OF THE ACIDIFICATION LEVEL AND THE ELECTRIC CONDUCTIVITY OF RAIN WATER IN THE CITY OF ITAPERUNA, RJ**

### **ABSTRACT**

Since the industrial revolution, with the great amount of pollutants emitted for the industries, the atmospheric pollution started to be a problem in all the industrialized nations and the interference of the man in this ecosystem created several environmental problems, between them, the acid rain, that is the precipitation with pH inferior then 5,0. In this context, the present research, aiming at to contribute with the studies on atmospheric pollution and its consequences, approaches the analysis of the behavior of rain in Itaperuna/RJ, as well its pH and its electric conductivity in order to collaborate with the detention and the management of polluting sources of the city. For that, analyses of the climatologic data of the meteorological station of the INMET and collections of the water of the rain had been made from November/2008 to June/2009 through collectors of polypropylene in three neighborhoods of the city (Aeroporto, Cehab and Cidade Nova) for laboratory analysis of pH and the electric conductivity. During the years of 1998 to June/2009 had been found a annual pluviometric average of 1140 mm. Values of pH between 5,8 and 7,7 and conductivity between 0,4 and 6,84  $\mu\text{S}/\text{cm}$  had been found in the sampling months. The direction of the wind found in the majority of the rain events (47%) was the direction SE (Southeastern), also found in the more acid rain event. These values indicate that the study place isn't an impacted by the acid rains and the rain water presents few salt dissolved. However is necessary that studies as this continue to be done, aiming at a monitoring of the characteristics of the precipitation of Itaperuna as much as the region.

**Key Words:** 1. Acid Rain 2. pH 3. Electric Conductivity 4. Pluviometric Index 5. Atmospheric Pollution

## 1. INTRODUÇÃO

A atmosfera terrestre é composta por uma série de elementos (VAREJÃO-SILVA, 2006). Na região da atmosfera, chamada troposfera, ocorre a manifestação da maioria dos problemas ambientais globais, como a chuva ácida e aquecimento global, devido ao nível de intervenção humana a que está submetida (PIRES, 2005). Essa intervenção, iniciou-se durante a revolução industrial, na Inglaterra no meio do século XVIII, aumenta a cada ano e é responsável pelo aumento da poluição do ar (AIR RESOURCES BOARD, 2004).

O conceito de poluição atmosférica inclui atividades humanas e/ou atividades naturais que levam à deterioração da qualidade original da atmosfera (BRETSCHNEIDER e KURFÜRST, 1987 *apud* PIRES, 2005). De acordo com CONAMA (1990a), poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia que esteja com a concentração em desacordo com os níveis estabelecidos, e que possam tornar o ar impróprio.

O nível de poluição ou da qualidade do ar é medido pela quantificação das substâncias poluentes presentes no mesmo (AMARAL & PIUBELLI, 2003). Dentre os compostos com capacidade de contaminação da atmosfera se destacam o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), os óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) e alguns particulados, como a poeira (BRAGA *et. al.*, 2005).

Os principais problemas ligados à emissão de poluentes atmosféricos são o efeito estufa e a chuva ácida (LOUREIRO, 2005).

O termo “chuva ácida” corresponde a precipitação de componentes ácidos que conferem pH inferior a 5,0 para a água (GALLOWAY *et al.*, 1982 *apud* MARQUES, 2006b). As chuvas ácidas podem levar à deterioração dos ambientes naturais, das águas, dos solos e vegetação; dos materiais empregados nas construções civis, monumentos antigos, perdas de produtividade na agricultura provenientes da acidificação do solo e acidificação das águas voltadas para o abastecimento humano, entre outros (MIRLEN *et al.* 2000).

A chuva ácida já é um problema ambiental bem conhecido em muitas partes do mundo, em particular nas regiões de maior concentração industrial e está associada principalmente a presença de NO<sub>x</sub> (óxidos de azoto) e SO<sub>2</sub> (dióxidos de enxofre), que na presença da radiação solar, reagem com a água da chuva e formam HNO<sub>3</sub> (ácido nítrico) e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico), que diminuem o pH da água da chuva. Elas podem ocorrer em locais distantes das fontes poluidoras, pois as nuvens conseguem se deslocar por quilômetros pela ação dos ventos (MELO, 2007).



As deposições atmosféricas constituem um dos principais mecanismos da ciclagem e redistribuição dos vários elementos químicos sobre a superfície do planeta (SOUZA *et al.* 2006). Por isso o conhecimento da qualidade do ar de uma região, assim como os impactos decorrentes de sua deterioração é muito importante (SAXENA *et. al.*, 1996; KULSHRESTHA *et al.*, 1996; apud TRESMONDI *et al.* 2005).

Para esse conhecimento, são analisados os parâmetros químicos da água, que indicam a presença de substâncias nela dissolvidas e caracterizam a origem, natureza e o grau de contaminação dos poluentes que por ventura estejam nela presentes (MELO, 2007). Os principais parâmetros químicos analisados são as medidas de pH, condutividade, concentração de  $\text{SO}_4^{2-}$  (Íon Sulfato) e de  $\text{NO}_3^-$  (Íon Nitrato) (LEAL *et al.*, 2004).

O pH é usado para indicar a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (MELO, 2007). A condutividade elétrica (K) da água corresponde ao valor aproximado de sais dissolvidos totais (TDS) (LISBOA *et al.* 2005). Quando o pH e a condutividade aumentam conjuntamente, isto significa que os sais dissolvidos têm característica básica e quando o pH diminui e a concentração dos sais dissolvidos aumenta, isto indica que eles possuem característica ácida (MIRLEAN *et al.* 2000).

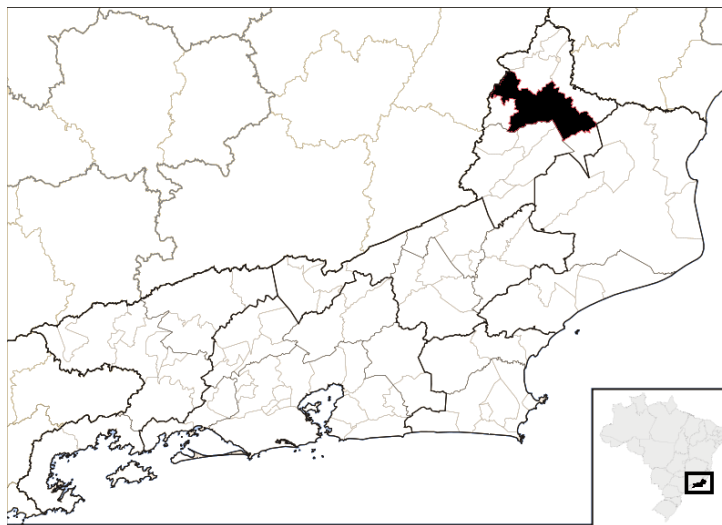
Poucos são os estudos que caracterizam a qualidade do ar da região Noroeste Fluminense e a suas características interferem nas das chuvas, afetando de forma bastante significativa tanto os meios bióticos como abióticos. Sabendo-se que há um aumento acentuado da industrialização tanto do mundo quanto dessa região, levando a uma crescente emissão de poluentes para a atmosfera, é importante que se façam estudos a este respeito para gerar dados e contribuir para o entendimento dos efeitos da poluição a nível local.

Sendo assim, o presente trabalho propõe-se a estudar o nível de acidificação e a condutividade elétrica das chuvas no município de Itaperuna/RJ, fazendo uma análise de dados climatológicos desse local durante os anos de 1998 a Junho/2009, verificando se há ou não ocorrência de chuva ácida nas amostras coletadas durante novembro de 2008 a junho de 2009 nos bairros Cehab, Aeroporto e Cidade Nova do município e analisando a condutividade elétrica da água nessas amostras.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Itaperuna, que está situado na região Noroeste do estado do Rio de Janeiro, a 316 Km de distância da capital, com uma área de 1.106 Km<sup>2</sup> e uma população de 92.852 habitantes. Itaperuna encontra-se a 108 metros acima do nível do mar e está localizada a latitude de 21° 12' 18" S e longitude de 41° 53' 16" W. Segundo a classificação de Köppen possui um clima Aw caracterizado com verão quente úmido e com inverno seco.



**Figura 1-** Mapa do Estado do Rio de Janeiro em destaque o município de Itaperuna.

### 2.2. METODOLOGIA

#### 2.2.1. Dados Climatológicos

A análise da chuva e do seu comportamento no município foram obtidos através dos dados climatológicos disponibilizados pelos sites do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (<http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/convencionais.php>) e do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC ([www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)).

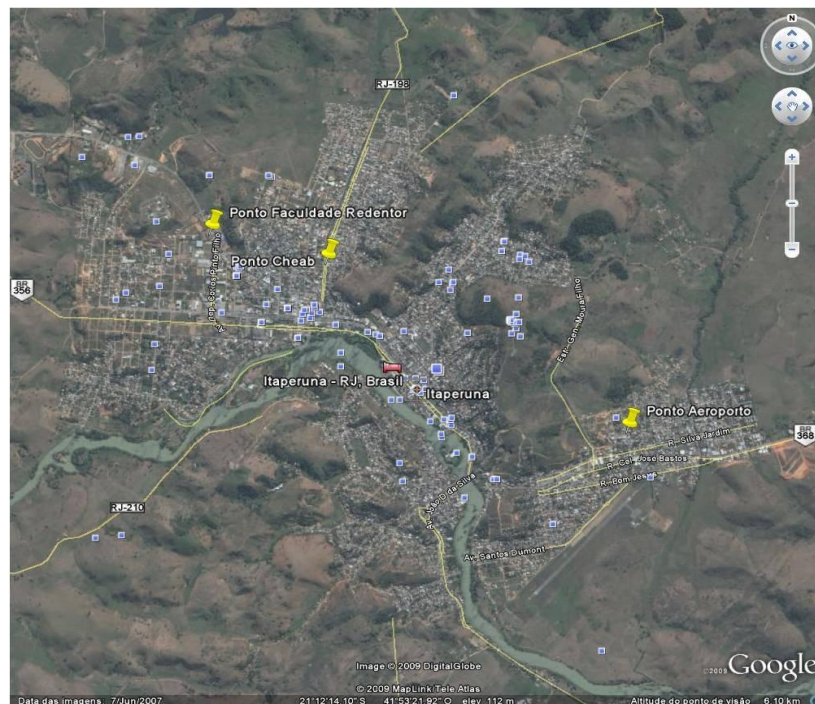
O site do INMET disponibiliza diariamente os dados de todas as características climatológicas que a sua estação meteorológica convencional, presente no município desde 1961, fornece. Nesse site se encontram os dados dos últimos 90 dias e dele foram retirados os dados de direção do vento e volume de precipitação de cada evento chuvoso. No site do CPTEC estão presentes os dados climatológicos mais antigos fornecidos pela estação

meteorológica do INMET, dele foram retirados os dados de volume de precipitação dos anos de 1998 a 2008.

### 2.2.2. Coleta das Amostras

A água da chuva (deposição total) foi coletada entre o período de novembro de 2008 à junho de 2009. Foram distribuídos três pontos de coleta dentro do perímetro urbano nos bairros Aeroporto, Cehab e Cidade Nova. No bairro Cidade Nova o coletor foi instalado na Faculdade Redentor e nos bairros Cehab e Aeroporto os coletores foram instalados em residências. Todos os coletores se encontravam em locais abertos, longe de qualquer obstáculo que pudesse contaminar as amostras.

Os pontos de coleta se encontravam em áreas densamente povoadas e com intenso tráfego de automóveis. Eles podem ser visualizados na figura a seguir.



**Figura 2-** Foto de satélite do perímetro urbano de Itaperuna com os pontos de coleta marcados em amarelo.

### 2.2.3. Instrumentos e Procedimentos

A água foi coletada após o término do evento de precipitação ou no dia seguinte. As amostras eram transferidas para um recipiente de polipropileno lavado com H<sub>2</sub>O mili-q para evitar contaminação. As amostras eram levadas ao laboratório da Faculdade Redentor onde permaneciam sob refrigeração a (4 °C) para posterior análise do pH e da condutividade.

Para as coletas, foram utilizados três coletores com abertura constituída de um funil de polipropileno com diâmetro de 25 cm, conectados por uma mangueira de silicone inerte ligada a um frasco de polipropileno com capacidade para 5,6 litros, vedado com fita de PVC (figura 3). Antes de ser usado, o sistema foi previamente lavado com solução de HCL 15% e com água deionizada, para evitar contaminação.



**Figura 3-** Foto do coletor instalado na Faculdade Redentor.

As análises foram feitas quando o volume de chuva foi igual ou superior a 4 milímetros pois quantidades inferiores a essa eram insuficientes para a análise nos equipamentos utilizados.

O pH foi analisado no pH-metro Tecnoyon de bancada (Eletrodo MPA 210), sendo o mesmo calibrado anteriormente a cada medição. A ocorrência de chuva ácida foi considerada quando o pH encontrado era inferior a 5,0 (GALLOWAY *et al.*, 1982 *apud* MARQUES, 2006b). A condutividade foi analisada através de um condutivímetro Tecnoyon de bancada (Eletrodo MCA-150), também calibrado antes de cada medição.

#### **2.2.4. Análise Estatística**

Os dados climatológicos de temperatura, como a direção do vento e o volume total de chuva, foram apresentados de forma descritiva. Os dados referentes ao pH e a condutividade elétrica da água coletada das chuvas foi apresentado como média±desvio padrão (DP).

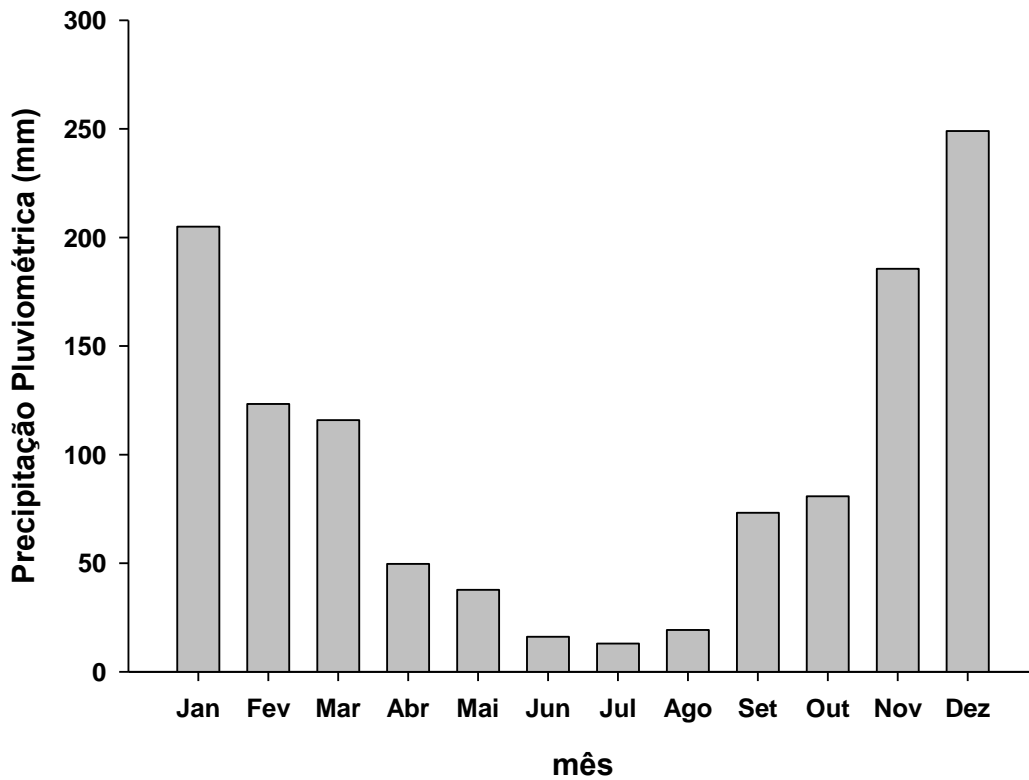
Os procedimentos estatísticos e a tabulação dos dados foram realizados no programa EXCEL (Windows®) e no programa SigmaPlot 10.0.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA CIDADE DE ITAPERUNA

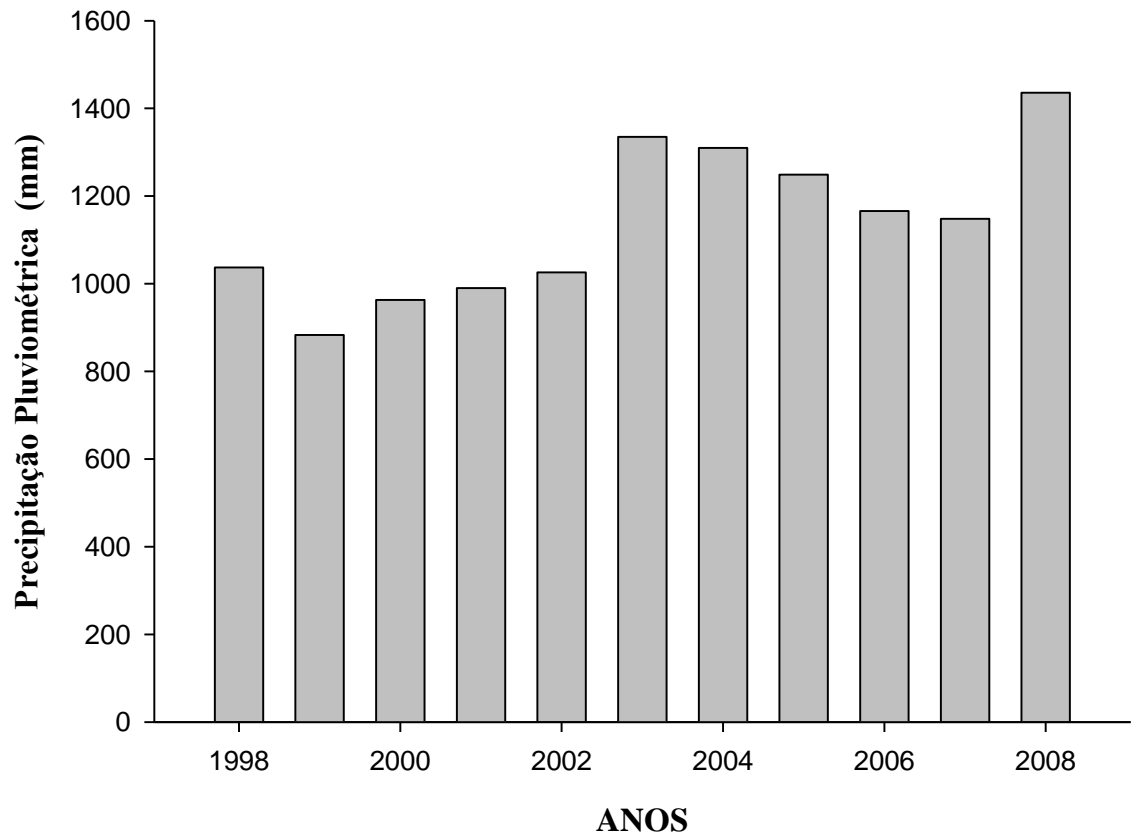
Para o período de registro de 1998 a Junho de 2009, a média anual de precipitação encontrada foi de 1140 milímetros.

Através dos dados de precipitação desse período foi possível traçar um gráfico que caracteriza o comportamento da chuva na cidade, demonstrando que Itaperuna apresenta verão úmido e inverno seco, visto que as precipitações pluviométricas ocorrem com maior concentração entre os meses de novembro a março, como pode ser observado para os valores mensais de precipitações (mm) entre os anos de 1998 a Junho/2009 (Figura 4).



**Figura 4** - Índices pluviométricos mensais entre os anos de 1998 a 2008. (Fonte: Estação climatológica do INMET no município de Itaperuna-RJ).

Com os índices pluviométricos anuais foi possível observar que o comportamento das precipitações no decorrer dos anos apresenta variações, o que pode ser explicado pela influência de fenômenos climatológicos, como o El Niño e La Niña, que ocorrem comumente, como pode ser observado na figura 5.



**Figura 5** – Índice pluviométrico dos anos de 1998 a 2008.

O índice pluviométrico do período de estudo, representado pela soma do volume mensal de chuva, apresentou grande variação entre os meses de coleta, como pode ser observado na tabela 1. O maior valor foi observado no mês de Dezembro (406 mmH<sub>2</sub>O) e o menor valor no mês de Maio (4 mmH<sub>2</sub>O).

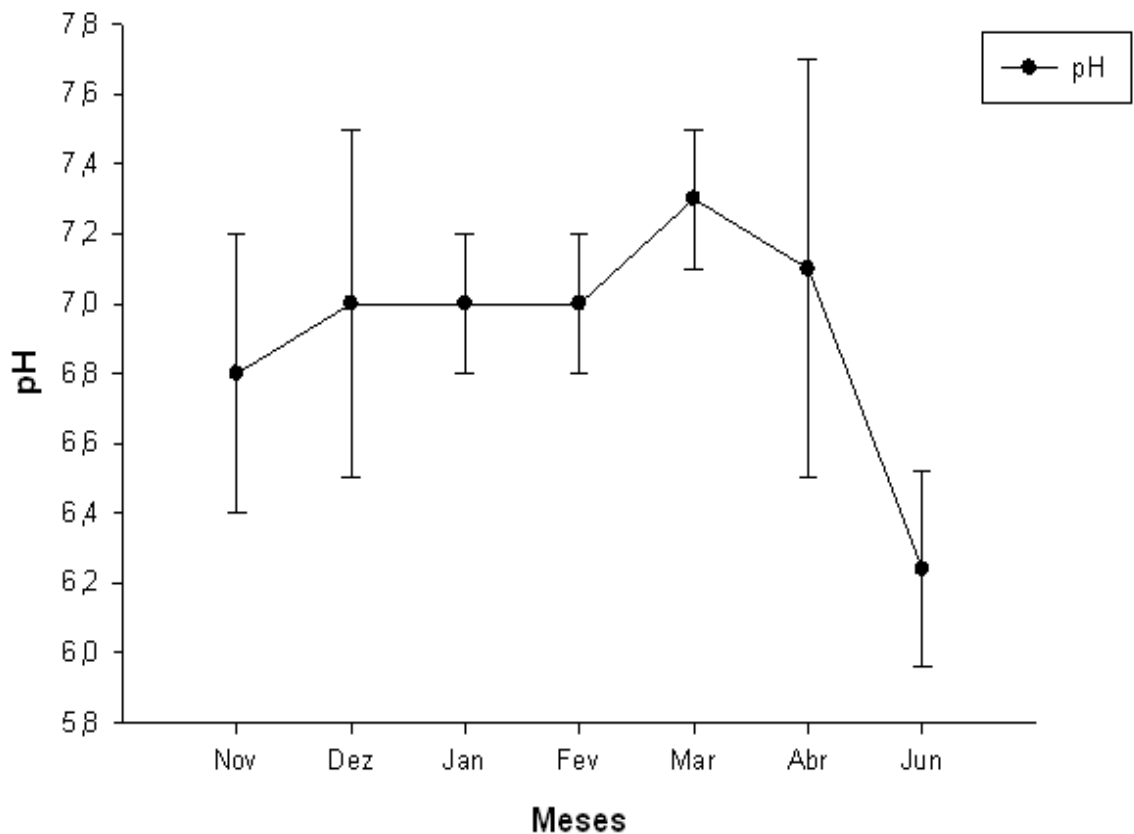
Tabela 1: Índice Pluviométrico dos meses de coleta de chuva.

Mês	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
IP (mmH <sub>2</sub> O)	286	406	377	176	201	80	4	78

Observa-se que correram dois momentos distintos durante a amostragem desse estudo, podendo ser caracterizados como um momento “chuvoso” (meses de novembro de 2008 a março de 2009), e um momento “seco” (meses de abril a junho de 2009).

### 3.2. O pH DA ÁGUA DA CHUVA

Durante a análise dos resultados verificou-se que ocorreram chuvas com pH entre 5,8 e 7,7 o que não caracteriza a chuva ácida (i.e. pH menor ou igual a 5,0). A figura 6 apresenta os valores de média e desvio padrão dos valores do pH obtidos nas águas das chuvas entre os meses de Novembro de 2008 a Junho de 2009 (maio não apresentou chuva com volume maior que 4 mm, impossibilitando a análise de amostras desse mês).

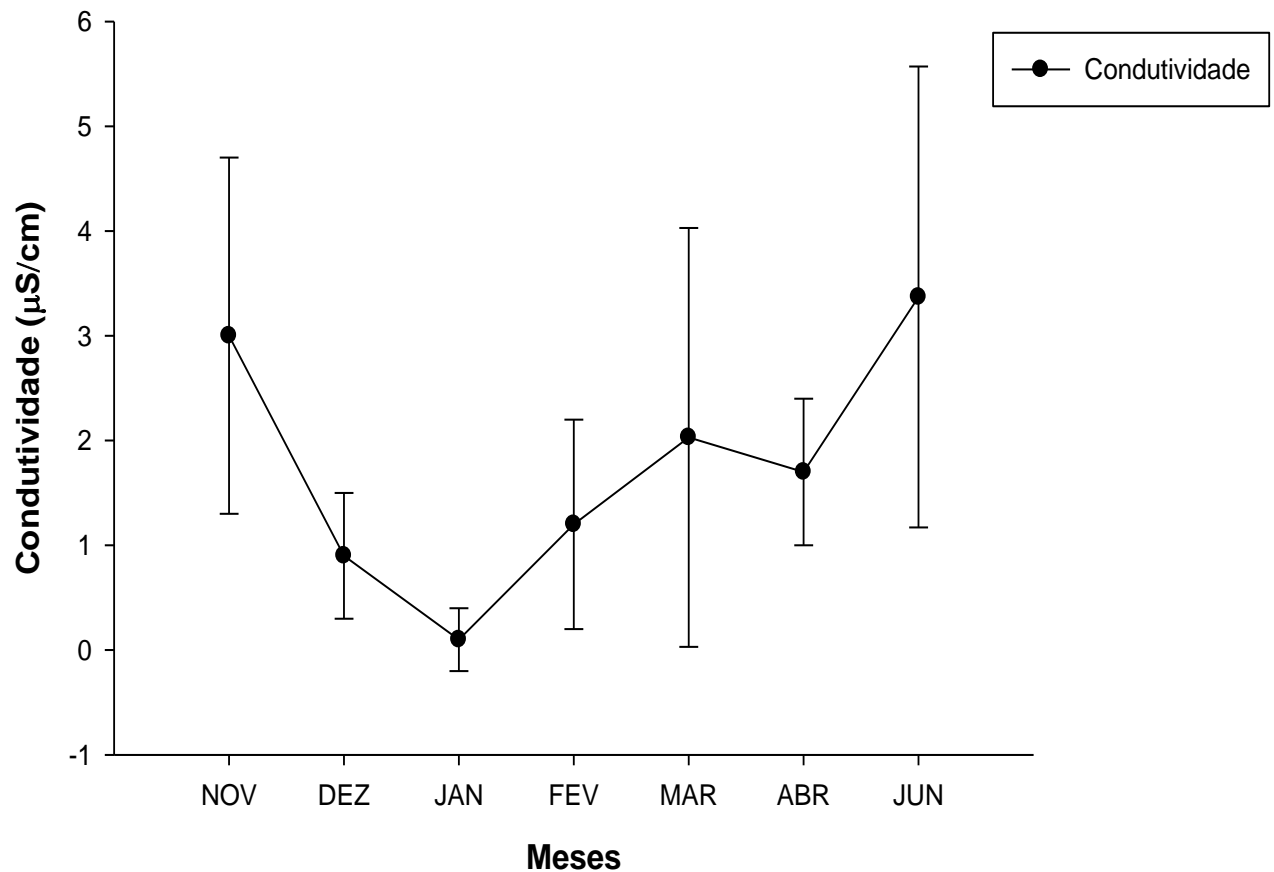


**Figura 6** - Média±Desvio padrão dos valores de pH das águas de chuvas nos meses de Novembro de 2008 a Junho de 2009.

Durante o período chuvoso totalizou-se 61 amostras em 71 dias de chuva. Para estas 61 amostras coletadas, os resultados de pH variaram entre 5,8 e 7,7. Esses resultados mostram que houve elevação nos valores de pH no final da estação chuvosa (março). Durante o período “seco”, de abril a junho de 2009, totalizou-se 11 dias de chuva e foram coletados apenas 9 eventos, sendo 6 em abril, 0 em maio e 3 em junho, que apresentaram pH entre 5,9 a 7,7.

### 3.3. A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DA CHUVA

Os resultados encontrados indicam que ocorreram chuvas com condutividade elétrica variando entre 0,4 e 6,84  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A figura 7 apresenta os valores de média $\pm$ desvio padrão dos valores de condutividade elétrica obtidos nas águas das chuvas durante os meses de coleta.

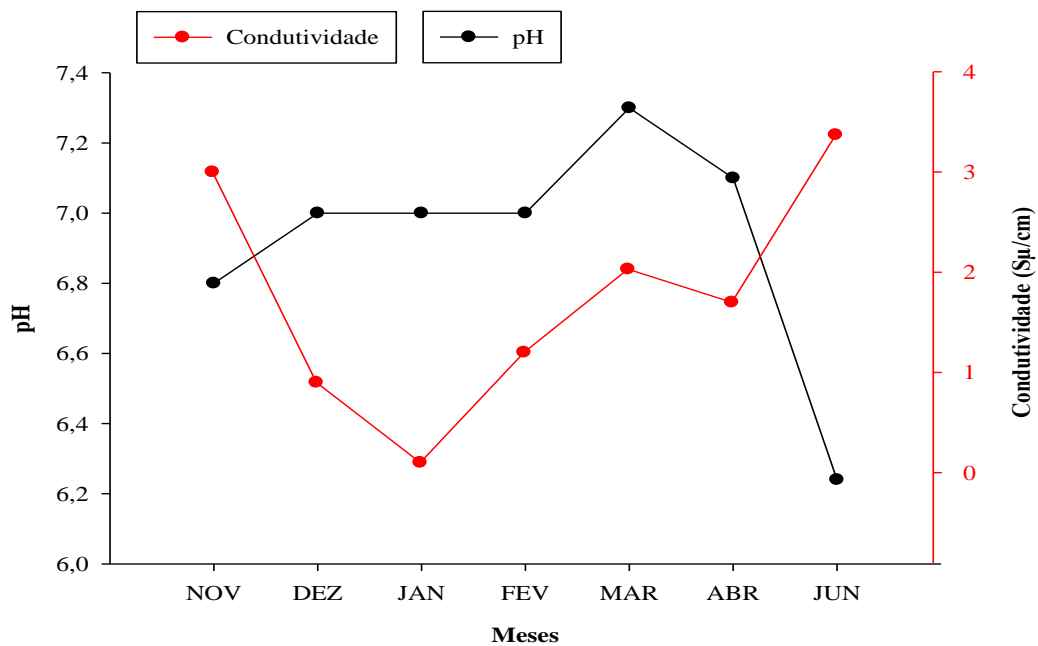


**Figura 7** - Média $\pm$ Desvio padrão dos valores da Condutividade Elétrica das águas de chuvas nos meses de Novembro de 2008 a Junho de 2009.

### 3.4. CORRELAÇÃO ENTRE O pH E A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DA CHUVA

A correlação existente entre essas duas variáveis nas amostras analisadas foi inversa, ou seja, quando o pH aumentou a condutividade diminuiu, e quando o pH diminuiu (meses de abril a junho), a condutividade aumentou.

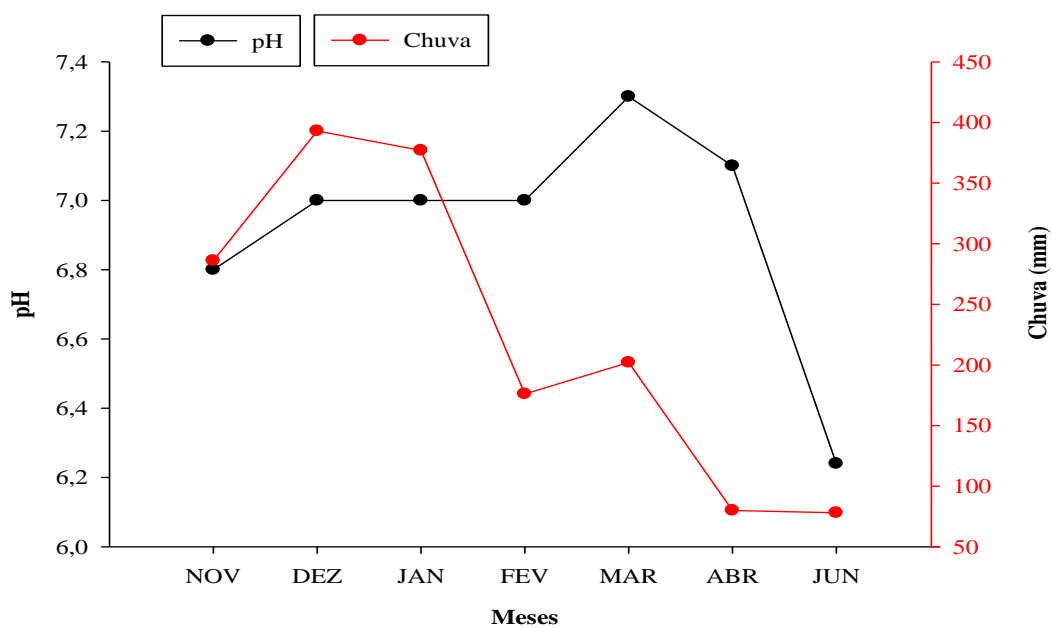




**Figura 8** – Correlação entre os valores médios do pH e da Condutividade Elétrica das águas de chuvas nos meses de Novembro de 2008 a Junho de 2009.

### 3.5. CORRELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO E O pH DAS CHUVAS

Nos meses que vieram logo após os períodos de estiagem, como o mês de novembro, verificou-se a ocorrência de menores valores de pH. O oposto foi observado nos meses que vieram após os períodos chuvosos, como o mês de março, onde foi encontrada maior média de pH (figura 9).



**Figura 9** – Comportamento do pH e do índice pluviométrico nos meses de Novembro de 2008 a Junho de 2009.

### 3.6. A DIREÇÃO DOS VENTOS

Sabendo-se da influência dos ventos, também foi analisada a sua direção em cada dia de chuva. A maioria delas, 47%, ocorreu quando os ventos vinham da direção SE (Sudeste) e em segundo lugar da direção E (Este), 18%. Em seguida vieram os eventos da direção SW (Sudoeste), 12,5%, S (Sul), 8,3%, W (Oeste), 6,9%, NE (Nordeste), 4,1% e N e NW (Norte e Noroeste) com 1,3 % cada um, segundo dados do INMET.

**Tabela 2:** Direção do Vento em cada evento chuvoso, obtidos na Estação Climatológica do INMET no município de Itaperuna.

<b>Dia/Mês</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>
1			S	SE		SE		
2						SE		SE
3		SW	SE					
4		SW	NW			SE		
5	SE		SE			E		
6			SE	E				
7	N		SE		SW			
8						SW		
9	SE							
10				E				
11	SE			SE				
12		SE						SE
13		SE		S				SE
14		S		SE	NE			
15	E	SE	SW		E	S		
16		SE			E			
17		W						
18	SE	W						
19		W	W		SE			
20			W	E				
21								
22	SE	SE	SW					
23	E		SW		SE			
24	S	SE			SE			
25	SE	NE			SE	NE		
26		SW	E					
27		SW	SE					
28	SE	E	E					SE
29	SE	E						
30	SE				S			
31		E						

Legenda: S=Sul; SE=Sudeste; E=Este; N= Norte; NE= Nordeste; NW= Noroeste; W=Oeste; SW=Sudoeste

O pH mais ácido foi encontrado quando o vento da chuva era de direção SE (5,8) em novembro de 2008, e o evento mais básico foi quando o vento era de direção W (Oeste) em dezembro de 2009 e SW (Sudoeste) em abril de 2009 (7,7).

#### 4. DISCUSSÃO

As chuvas ácidas podem acarretar danos à vegetação, aos solos, à água, à saúde e aos materiais, e a longo prazo, grandes impactos ao meio ambiente, sendo portanto importante o seu entendimento e o conhecimento de sua incidência em diferentes regiões. É descrito na literatura a incidência de chuva ácida em São Paulo (LEAL *et al.* 2004), Rio de Janeiro (DE MELLO, 2001 *apud* MARQUES, 2006a), Salvador (CAMPOS *et al.* 1998), Rio Grande – RS (MIRLEAN *et al.*, 2000) entre outros.

Tendo em vista o critério para caracterização de chuva ácida, pH menor ou igual a 5,0, e que o menor valor de pH observado neste estudo foi de 5,8, entende-se que a região estudada não apresentou chuva ácida no período de amostragem.

Os resultados mostram um intervalo de pH entre 5,8 e 7,7 nas amostras estudadas, com aumento gradual do pH no período chuvoso e diminuição no período seco. Intervalos de pH parecidos foram encontrado por exemplo por COELHO *et al.* (2004) (5,7 a 7,3) e por MELO (2007) (5,18 a 7,79) para as cidades de Goiânia (GO) e Natal (RN) respectivamente, sendo que nos estudos de COELHO *et al.* (2004) o comportamento do pH da água da chuva de Goiânia (GO) foi similar ao do presente estudo, onde ocorreu um aumento do pH no período chuvoso. Em Natal, Melo (2007) observou intervalos semelhantes de pH ao analisar a variação da qualidade da água da chuva ao longo da precipitação.

A condutividade elétrica do presente estudo apresentou valores que variaram entre 0,4 e 6,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo que o maior valor foi encontrado no mês de novembro, mês que sucedeu períodos com pouca chuva e havia uma maior concentração de partículas na atmosfera. De uma forma geral, esse intervalo de condutividade representa uma baixa concentração de íons.

DELAGE *et al.* (2006), por exemplo, encontrou em seus estudos da deposição úmida de Juiz de Fora/MG, valores de condutividade altos, variando de 1,80 a 69,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que indicam grande presença de íons, provavelmente responsáveis pela ocorrência de chuva ácida (pH médio de 4,57) na cidade. SOUZA *et al.* (2006) encontrou condutividade variando entre 12,6 a 222  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em Ilha Grande/RJ, onde também foi encontrada chuva ligeiramente ácida (pH=4,34, com média de 5,22).

MIRLEAN *et al.* (2000) em seus estudos na região de Rio Grande-RS encontrou valores que variaram de 4 a 39  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que significa uma variação de totais de sais dissolvidos (TDS) de 2 a 20 mg/l e as médias mensais variaram com máxima de 14,91  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em novembro e mínima de 5,90  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em janeiro.

Observando-se a condutividade elétrica correlacionada com o pH das amostras de chuva, e sabendo-se que o comportamento entre eles foi inverso na maioria dos meses de amostragem, constata-se que os sais dissolvidos nas chuvas apresentaram característica ácida pois quando o pH diminuiu a condutividade aumentou e quando a condutividade aumentou o pH diminuiu. As chuvas lavam a atmosfera, fazendo com que o pH apresente valores mais básicos e a condutividade elétrica diminua à medida que aumentam os eventos chuvosos pois constituintes como partículas, sais ácidos e compostos de  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_x$  são removidos, conforme descrito por Mirlean *et al.* (2000) em estudo realizado em Rio Grande/RS. Outros estudos sobre a condutividade elétrica da água da chuva, relacionada com o seu pH, foram realizados em Cuiabá/MT por MARQUES (2006a) e em São Paulo/SP por LEAL *et al.* (2004) obtendo resultados semelhantes.

Alguns estudos exploram a relação entre o índice pluviométrico e o pH do próximo evento chuvoso (MARQUES, 2006a em Cuiabá/MT; COELHO *et al.* 2004 em Goiânia/GO; MIRLEAN *et al.*, 2000 em Rio Grande/RS; TRESMONDI *et al.* 2005 em Paulínea/SP). No presente estudo, foi observado o aumento do valor do pH no final do período “chuvoso”, mês de março ( $7,3 \pm 0,2$ ), o que parece estar relacionado ao volume de chuva dos meses precedentes. Esse fato também explica a ocorrência do menor valor do pH em todo o período de coleta ter sido obtido no mês de novembro (5,8), o qual sucede o período “seco”.

Percebe-se que no mês de novembro, o pH apresentou-se baixo ( $6,8^1 \pm 0,4$ ), pois houve precipitação menor comparada aos meses seguintes e o ar estava sobrecarregado de poluentes devido a um longo período prévio de estiagem. Já a partir do segundo mês de avaliação o pH se elevou, provavelmente em virtude da intensidade da precipitação, já que esta faz uma “lavagem” na atmosfera.

COELHO *et al.* (2004), em resultados obtidos em Goiânia/GO, demonstrou variações de pH durante os meses de amostragem devido a existência de períodos sem chuvas, permitindo a concentrações de poluentes que levam a uma diminuição do pH no primeiro mês. A “lavagem” da atmosfera fez com que o pH dos meses subsequentes aumentassem e ficassem praticamente estáveis. TRESMONDI *et al.* (2005), também ressalta na discussão dos

---

<sup>1</sup> O valor apresentado representa a média mensal do pH.

seus resultados, que é provável que o menor valor de pH encontrado em seus estudos em Paulínea/SP (4,59) se devam ao período de estiagem, favorecendo o acúmulo de poluentes na atmosfera.

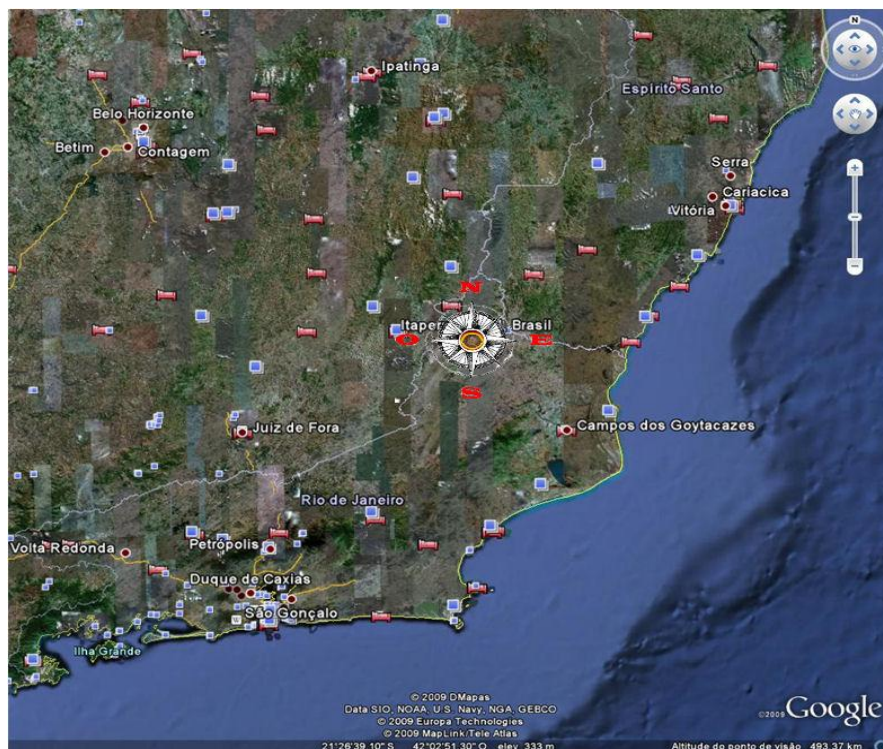
Nos meses que representam a estação seca (abril a junho), observa-se que o pH voltou a cair em junho ( $6,2 \pm 0,3$ ), pois durante esse período com pouca chuva os poluentes se acumulam e precipitam em maior concentração. Já MARQUES (2006a), em seus estudos para Cuiabá/MT, quando estudou suas amostras com relação ao número de dias anteriores sem chuva, não observou influência na acidificação indicando que em Cuiabá, mesmo com a ausência de chuvas, há uma tendência dos poluentes dispersados neutralizarem a acidez atmosférica, uma vez que grande parte dos valores mais ácidos foi encontrada quando choveu na véspera, ou no mesmo dia.

Comparando os resultados obtidos neste trabalho realizado na cidade de Itaperuna/RJ com os estudos citados anteriormente, percebe-se que as chuvas em Itaperuna/RJ, apesar de apresentarem íons ácidos, sua concentração é baixa, podendo-se considerar que as precipitações que ocorreram no período de amostragem desse estudo foram relativamente limpas. Comparando-se ainda os resultados desse trabalho com os resultados obtidos por EMERENCIANO (2006) para Itaperuna/RJ, evidencia-se uma tendência de queda de pH nos meses que sucedem períodos com pouca ou nenhuma chuva, uma vez que foi encontrado durante seu período de estudo (maio a outubro de 2006) a menor média de pH (5,5) no mês de outubro, final da estação seca de Itaperuna. EMERENCIANO (2006) encontrou valores mais ácidos (5,3 a 6,9) que os encontrados nesse trabalho (5,8 a 7,7), visto que suas análises foram feitas em estação seca, onde os poluentes que se encontram acumulados na atmosfera precipitam com as poucas chuvas que ocorreram durante esses meses em Itaperuna e região. EMERENCIANO (2006) também sugeriu em seu trabalho que os valores mais ácidos encontrados em suas análises, poderiam estar relacionados com o elevado índice de queimadas que ocorreram na região durante seu período de estudo, porém, como ressaltado por MARQUES (2006b), se faz necessário conhecer melhor quais são as características dos poluentes emitidos pelas queimadas, pois eles podem acidificar ainda mais ou neutralizar a acidez existente na atmosfera.

Em grande parte do planeta, as pequenas cidades, especialmente as áreas rurais, apresentam níveis de contaminação e poluição atmosférica muito baixos, não comprometendo a qualidade da água das chuvas (MELO, 2007). Itaperuna, ainda não apresenta um alto potencial de geração de poluição atmosférica. No Brasil esse fato já ocorre, por exemplo, no

Rio de Janeiro-Baía de Sepetiba, RJ (pH = 4,5), Niterói, RJ (pH = 4,3 a 5,3), São Paulo, SP (pH = 3,8 a 4.6), São José dos Campos, SP (pH = 4,0 a 4,8), Ubatuba, SP (pH = 4,50), Belém, PA (pH = 3,77 a 5,38) (PEDLOWSKI *et al*, 1990; MELLO E MOTTA, 1987; SILVA FILHO *et al*, 1987; HAAG, 1985; SANTOS E SOUZA, 1987 *apud* CUNHA & SILVA, 2002). Todavia, sabe-se que os poluentes podem contaminar regiões muito distantes de seu local de origem pois são carregados pelas correntes atmosféricas, sendo assim, as chuvas ácidas podem ocorrer em locais distantes das fontes poluidoras, conforme destaca MELO (2007). Neste caso, deve-se levar em consideração a influência dos ventos nos estudos de chuva ácida.

Nesse sentido, foi possível observar em Itaperuna que a maioria das chuvas aconteceram quanto a direção de vento era SE (Sudeste), que são ventos que podem ter tido origem no Litoral do Estado do Rio de Janeiro, passando por Campos dos Goytacazes e região, como pode ser observado na figura 10, onde uma rosa dos ventos foi sobreposta ao município de Itaperuna para facilitar a visualização das direções do vento que atingem o município. Observa-se assim, que chuva mais ácida também foi proveniente de um dia de vento de direção SE, podendo-se sugerir que atividades antrópicas, principalmente as queimadas de cana de açúcar, típicas dessa região, podem ter sido responsáveis pela ligeira acidificação dessas chuvas que atingiram Itaperuna nesse período.



**Figura 10** – Imagem de satélite com a rosa do ventos sobre o município de Itaperuna.

Observando-se a figura acima, percebe-se que as direções de vento W e SW (oeste e sudoeste) indicam que os ventos são oriundos do interior do Brasil, mais especificamente do Estado de Minas Gerais, e esses ventos foram encontrados em dias onde a chuva apresentou caráter mais básico, sugerindo-se que as partículas vindas dessa região com o vento podem não apresentar características ácidas.

A importância do levantamento das características climatológicas, do nível de acidificação e da condutividade elétrica da água da chuva se dá pela sua relevância em relação à detecção de fontes poluidoras e principalmente pela escassez de estudos deste tipo na região Noroeste Fluminense.

## 5. CONCLUSÃO

Durante os meses de estudo, não foi encontrada nenhuma evidência de chuva ácida no município de Itaperuna/RJ e a condutividade elétrica encontrada foi baixa. As chuvas tendem a fazer uma limpeza na atmosfera, sendo assim, as chuvas que antecederam períodos de seca apresentaram os menores valores de pH e os maiores valores de condutividade, evidenciando que existem emissões de poluentes com características ácidas na região, no entanto, esse poluentes não conferem preocupação para maiores danos ambientais. A maioria dos ventos que atingiram Itaperuna apresentaram direção SE, sendo necessário que estudos mais detalhados sejam feitos para que se saiba a real influência dos ventos vindos dessa direção nas características das chuvas de Itaperuna. Em vista disso, é importante ressaltar que estudos como este devem ser realizados com frequência, visando um monitoramento das características atmosféricas e um gerenciamento de futuras fontes de poluentes da região, principalmente pelo fato de existir uma imensa escassez de estudos deste tipo na região Norte e Noroeste Fluminense.



## REFERÊNCIAS

AMARAL, D. M.; PIUBELI, F. A. A poluição atmosférica interferindo na qualidade de vida da sociedade. **X Simpósio de Engenharia de Produção**, 2003.

AIR RESOURCES BOARD, 2004. **California's Air Quality History Key Events**. Disponível em [www.arb.ca.gov/ba/omb](http://www.arb.ca.gov/ba/omb) , acessado em 10 de novembro de 2008.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2a ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CAMPOS, V. P.; COSTA, A. C. A.; TAVARES, T. M. **Comparação de dois tipos de amostragem de chuva: deposição total e deposição apenas úmida em área costeira tropical**. Química Nova, v.21, n.4, p.418-423, jul/ago. 1998.

COELHO, E. E.; PEREIRA, L. A.; NOZAKI, N. K. S. **Análise da Acidez da Chuva no Município de Goiânia (GO)**. Disponível em <http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/artigo001.pdf> . Acessado em 10 de novembro de 2008.

CONAMA (1990a), **Resolução CONAMA nº 03, Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no – PRONAR –** Data da Legislação: 28/06/90 – Publicação DOU: 22/08/90.

CUNHA, H. W. A.; SILVA, A. C. da; Caracterização sócio-ambiental do rio Mearim na cidade de Arari – MA. **Rev. Ecosistema** Vol. 27, n.1,2 jan. – dez. 2002.

DELAGE, D.T., SOUZA, C.F., MATOS, M.A.C., MATOS, R.C. **Composição Iônica Majoritária de Águas de Chuva na Cidade de Juiz de Fora, MG**. 2006

EMERENCIANO, E.S. – 2006. **Nível de acidificação das chuvas no município de Itaperuna – RJ**. Artigo apresentado para obtenção de Título de Bacharel em Ciências Biológicas, Itaperuna-2007.

LEAL, T. F. M.; FONTENELE I, A. P. G.; PEDROTTI I, J.J.; FORNARO II A. **Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo.** Quím. Nova vol.27 no.6 São Paulo Nov./Dec. 2004.

LISBOA, H.M.; MARTINS, R.F.; HAAS, F.; MARQUEZ, C. **Qualidade da Água da Chuva da Região de Santa Catarina.** IXV Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2005

LOUREIRO, L.N. **Panorâmica sobre Emissões Atmosféricas Estudo de Caso: Avaliação do Inventário de Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro para Fontes Móveis** [Rio de Janeiro] 2005 VIII, 153 p. (COPPE/UFRJ, M.Sc., Planejamento Energético, 2005)

MARQUES, R. **Ensaio Preliminares para o Monitoramento da Acidez da Chuva em Cuiabá-MT.** CAMINHOS DE GEOGRAFIA - Revista *on line*. 2006a. V. 21(17); 225 – 236p. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acessado em 11 de agosto de 2008.

MARQUES, R. **A poluição atmosférica em Cuiabá – MT: água de chuva, deposição seca e material particulado inalável.** Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso, 2006b, 113p.

MELO, L R C. **Variação da Qualidade da Água de Chuva no Início da Precipitação.** Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 92p. Natal, 2007

MIRLEAN, N; VANZ, A; BAISCH, P. **Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande, RS.** Quím. Nova v.23 n.5 São Paulo set./oct. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n5/3046.pdf>> Acessado em: 11 de Agosto de 2008.

PIRES, D. O. **Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro.** 2005, 194p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

SOUZA, P.A.; MELLO, W.Z.; MALDONADO, J. EVANGELISTA, H. **Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ.** Quím. Nova vol.29 no.3 São Paulo May/June 2006

TRESMONDI, A. C. C. L.; TOMAZ, E; KRUSCHE, A. V. **Avaliação do pH e composição iônica das águas de chuva em Paulínia-SP.** Eng. Ambient. – Espírito Santo do Pinhal, v.2, n.1, p. 070-084, jan/dez 2005. Disponível em: <[www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=68&article=31&mode=pdf](http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=68&article=31&mode=pdf)> Acessado em: 11 de Agosto de 2008.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia.** Versão Digital 2. Recife/PE, 2006. 404 p.

## REFERÊNCIAS GERAIS

AMARAL, D. M.; PIUBELI, F. A. A poluição atmosférica interferindo na qualidade de vida da sociedade. **X Simpósio de Engenharia de Produção**, 2003.

AIR RESOURCES BOARD, 2004. **California's Air Quality History Key Events**. Disponível em [www.arb.ca.gov/ba/omb](http://www.arb.ca.gov/ba/omb) , acessado em 10 de novembro de 2008.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2a ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CAMPOS, V. P.; COSTA, A. C. A.; TAVARES, T. M. **Comparação de dois tipos de amostragem de chuva: deposição total e deposição apenas úmida em área costeira tropical**. Química Nova, v.21, n.4, p.418-423, jul/ago. 1998.

COELHO, E. E.; PEREIRA, L. A.; NOZAKI, N. K. S. **Análise da Acidez da Chuva no Município de Goiânia (GO)**. Disponível em <http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/artigo001.pdf> . Acessado em 10 de novembro de 2008.

CONAMA (1990a), **Resolução CONAMA nº 03, Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no – PRONAR –** Data da Legislação: 28/06/90 – Publicação DOU: 22/08/90.

CUNHA, H. W. A.; SILVA, A. C. da; Caracterização sócio-ambiental do rio Mearim na cidade de Arari – MA. **Rev. Ecosistema** Vol. 27, n.1,2 jan. – dez. 2002.

DELAGE, D.T., SOUZA, C.F., MATOS, M.A.C., MATOS, R.C. **Composição Iônica Majoritária de Águas de Chuva na Cidade de Juiz de Fora, MG**. 2006

EMERENCIANO, E.S. – 2006. **Nível de acidificação das chuvas no município de Itaperuna – RJ**. Artigo apresentado para obtenção de Título de Bacharel em Ciências Biológicas, Itaperuna-2007.

JESUS, E. F. R. A. **Importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica.** *Sitientibus*, Feira de Santana, n.14, p. 143-153, 1996.

JÚNIOR, V.N.C. **Deposição Atmosférica e Composição Química da Água de Chuva.** *Rev. Tecnol.*, Fortaleza, v. 25, n. 2, p. 61-71, dez. 2004.

LEAL, T. F. M.; FONTENELE I, A. P. G.; PEDROTTI I, J.J.; FORNARO II A. **Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo.** *Quím. Nova* vol.27 no.6 São Paulo Nov./Dec. 2004.

LISBOA, H.M.; MARTINS, R.F.; HAAS, F.; MARQUEZ, C. **Qualidade da Água da Chuva da Região de Santa Catarina.** IXV Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2005

LOUREIRO, L.N. **Panorâmica sobre Emissões Atmosféricas Estudo de Caso: Avaliação do Inventário de Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro para Fontes Móveis** [Rio de Janeiro] 2005 VIII, 153 p. (COPPE/UFRJ, M.Sc., Planejamento Energético, 2005)

MARQUES, R. **Ensaio Preliminares para o Monitoramento da Acidez da Chuva em Cuiabá-MT.** *CAMINHOS DE GEOGRAFIA - Revista on line.* 2006a. V. 21(17); 225 – 236p. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acessado em 11 de agosto de 2008.

MARQUES, R. **A poluição atmosférica em Cuiabá – MT: água de chuva, deposição seca e material particulado inalável.** Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso, 2006b, 113p.

MELO, L R C. **Variação da Qualidade da Água de Chuva no Início da Precipitação.** Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 92p. Natal, 2007

MIRLEAN, N; VANZ, A; BAISCH, P. **Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande, RS.** Quim. Nova v.23 n.5 São Paulo set./oct. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n5/3046.pdf>> Acessado em: 11 de Agosto de 2008.

MMA, LIMA/COPPE/UFRJ, FEEMA, 2002, **Avaliação do Programa de Inspeção e Manutenção de veículos em uso do Rio de Janeiro.**

MME, 2003, **Balanco Energético Nacional 2003.** Disponível em: [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br), acessada em 10 de novembro de 2008.

PIRES, D. O. **Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro.** 2005, 194p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

**Poluição Atmosférica & Chuva ácida.** Disponível em: [http://www.usp.br/qambiental/chuva\\_acidafront.html](http://www.usp.br/qambiental/chuva_acidafront.html). Acessada em 7 de junho de 2009.

**PROGRAMA EDUCAR. Chuva Ácida.** Disponível em <http://educar.sc.usp.br/quimapoio/chuvaacida.html>, acessada em 11 de março de 2009.

SOUZA, P.A.; MELLO, W.Z.; MALDONADO, J. EVANGELISTA, H. **Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ.** Quím. Nova vol.29 no.3 São Paulo May/June 2006

TRESMONDI, A. C. C. L.; TOMAZ, E; KRUSCHE, A. V. **Avaliação do pH e composição iônica das águas de chuva em Paulínia-SP.** Eng. Ambient. – Espírito Santo do Pinhal, v.2, n.1, p. 070-084, jan/dez 2005. Disponível em: <[www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=68&article=31&mode=pdf](http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=68&article=31&mode=pdf)> Acessado em: 11 de Agosto de 2008.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia.** Versão Digital 2. Recife/PE, 2006. 404 p.