

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA DEPOSIÇÃO
PLUVIOMÉTRICA SECA E TOTAL NA CIDADE DE CAMPOS
DOS GOYTACAZES - RJ**

ANDRÉ SUETH ASSUMPÇÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

JULHO 2009

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA DEPOSIÇÃO
PLUVIOMÉTRICA SECA E TOTAL NA CIDADE DE CAMPOS
DOS GOYTACAZES - RJ**

ANDRÉ SUETH ASSUMPÇÃO

“Monografia apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas - Ênfase em Ciências Ambientais”.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho

Co-orientador: M.Sc. Marcelo dos Santos Maciel

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

JULHO 2009

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA DEPOSIÇÃO
PLUVIOMÉTRICA SECA E TOTAL NA CIDADE DE CAMPOS
DOS GOYTACAZES - RJ**

ANDRÉ SUETH ASSUMPÇÃO

“Monografia apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas - Ênfase em Ciências Ambientais”.

Aprovada em _____ / _____ / _____

Comissão Examinadora:

Dr^a. Cristina Maria Magalhães de Souza (Ciências Biológicas) – UFRJ

M.Sc. Wanderson Primo de Souza (Biociências e Biotecnologia) – UENF

Orientador: Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho (Geociências) – UFF

**“Dedico aos meus pais Josmar e
Lígia, meu irmão Vitor e a todos os
meus amigos”**

AGRADECIMENTOS

Ao orientador, Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho, por todo o apoio, amizade, confiança no meu trabalho e pelos momentos de descontrações.

Ao Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Norte Fluminense pelo apoio logístico e uso da infra-estrutura.

Aos técnicos e funcionários do LCA e UENF, ao Dr. Carlos Eduardo Rezende (UENF), além da equipe de trabalho da UFF, Andréa Rocha da Silva, William Zamboni de Mello, Emmanoel Vieira da Silva Filho, Bastiaan Adriaan Knoppers que, de certa forma, contribuíram para conclusão deste trabalho.

Aos meus pais Lígia e Josmar, meu irmão Vitor, tios e primos por todos os anos de dedicação, amor, caráter, apoio e confiança depositados em mim.

Aos amigos que contribuíram, diretamente, para conclusão deste trabalho, oferecendo ajuda fundamental nas várias etapas do seu desenvolvimento, Elis, Marcell, Felipp, Caio, Felipe, Marcelo Maciel, Esther Roberto Olímpio, Lígia (minha mãe), Bernardeth (tia).

Ao amigo Marcelo Maciel (Alcinha) pelos ensinamentos, parceria e auxílio durante todo o projeto.

A amiga Elis, não só durante a monografia, mas durante toda a graduação, pela paciência, pelos ensinamentos, pelos momentos de descontração e pela grande amizade.

A maior super-heroína que já existiu (minha mãe Lígia), uma verdadeira guerreira que trabalha dia e noite e ainda encontra tempo para estudar, cuidar dos filhos e para ajudar a quem for preciso, sempre com toda a paciência e dedicação; e ainda faz a sua caminhada matinal!

E a tantos outros amigos que contribuíram indiretamente, proporcionando momentos incríveis de alegria e diversão durante meu período de graduação, os quais guardarei para sempre na memória, Marcell, Felipe Paranhos (Perê), Felipe (Milhouse), Felipp, Caio (Nego), Renato (Tur), Renatinho, Fred, Tigrão, Jomar, Diogo (Ninja), Pitter, Pedrinho, Rafael Magliano, Luís Parafina, Bernardo, Vitão, Vinícius Sardinha, Xandinho, Leon, Eduardo, Braulinho, Pedro Higino, Léo, Fortu, Ana Paula, Dammiani, Aline Kloh, Aline Vita, Monique Vilaça, Yonnara, Juliana Padrão, Giovanna, Flavinha, Lynna, Suelen, Camila (Chuchu), entre outros.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. Introdução.....	11
1.1 Apresentação.....	11
1.2 Atmosfera	12
1.2.1. Constituintes gasosos e o ciclo hidrológico	12
1.2.2 Precipitação e os Metais Pesados.....	15
1.2.3 Chuva Ácida e Suas Consequências.....	16
2. Justificativa.....	19
3. Objetivos:	
. Geral	20
. Específicos	20
4. Área de Estudo.....	21
5. Materiais e Métodos	23
6. Resultados.....	26
7 Discussão.....	32
8. Conclusão.....	34
9. Referências Bibliográficas.....	35

Lista de Figuras

Figura 1: Vista da Lagoa de Cima (à Esquerda) e zona urbana de Campos dos Goytacazes (à Direita). Cenas extraídas de GoogleEarth. (Lagoa de Cima, cobertura Satélite Landsat5 e Campos, transição deste para Satélite Ikonos).....22

Figura 2: Uma breve descrição da metodologia adotada durante a execução do trabalho.....24

Figura 3: Regime de pluviosidade ($\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$) de Campos durante o estudo.....26

Lista de Tabelas

Tabela 1: Composição da atmosfera.....	13
Tabela 2: Parâmetros físico-químicos da Deposição Total durante os períodos seco e chuvoso.....	27
Tabela 3: Parâmetros físico-químicos da Deposição Seca Atmosférica durante os períodos seco e chuvoso.....	28
Tabela 4: Parâmetros fotométricos da Deposição Total durante os períodos seco e chuvoso nos diferentes comprimentos de onda (λ).....	28
Tabela 5: Parâmetros fotométricos da Deposição Seca durante os períodos seco e chuvoso nos diferentes comprimentos de onda (λ).....	29
Tabela 6: Concentração dos cátions Al, Ca, K, Mg e Na ($\mu\text{g.g}^{-1}$) na Deposição Total durante os períodos seco e chuvoso na UENF e Lagoa de Cima.....	29
Tabela 7: Concentração dos cátions Al, Ca, K, Mg e Na ($\mu\text{g.g}^{-1}$) na Deposição Seca Atmosférica durante os períodos seco e chuvoso na UENF e Lagoa de Cima.....	30
Tabela 8: Concentração de COD (mg.L^{-1}) na Deposição Total e Deposição Seca Atmosférica durante o período seco de 2007 na UENF e Lagoa de Cima.....	31

Resumo

A deposição atmosférica é uma importante etapa na transferência da atmosfera para a superfície da Terra, de elementos essenciais e não essenciais dentro dos ciclos biogeoquímicos. A cada dia, a caracterização quantitativa e qualitativa da atmosfera ganha mais importância pela indicação de sinais antrópicos na sua constituição. O presente estudo pretende avaliar a possível influência antrópica com coletores de água de chuva instalados no espaço urbano (UENF) e rural (Lagoa de Cima) de Campos dos Goytacazes-RJ, durante dois momentos da variação pluviométrica (período seco, PS; período chuvoso, PC), através das medidas de pH, condutividade e concentração de material particulado em suspensão (MPS). As amostras de água de chuva eram coletadas em um intervalo de sete dias e classificadas de acordo com a ocorrência de chuva- Deposição Total (DT), e sem ocorrência de chuva denominada de Deposição Seca (DS). Durante o trabalho; foi identificada uma significativa variabilidade nos parâmetros físico-químicos, principalmente na Lagoa de Cima, que pode ser explicada pela incidência de ventos NE com grande intensidade, que geram ressuspensão dos solos do entorno da Lagoa, e estes são predominantemente cobertos por pastagens e produção da cana-de-açúcar. Outro aspecto relevante é a ocorrência de insetos e detritos de aves que foi observada nos coletores na Lagoa de Cima e em eventos menos frequentes na UENF. O PS apresentou, de forma geral, valores de pH mais ácidos e concentrações de MPS mais elevadas, possivelmente atribuídos à influência das queimadas provenientes da cultura de cana-de-açúcar. Dessa forma, torna-se necessária a continuidade desses estudos para melhores inferências quanto à dinâmica e qualidade atmosférica local.

Abstract

The atmospheric deposition is an important step in the transfer of the atmosphere to the Earth's surface, of essential and non essential within the biogeochemical cycles. Each day the quantitative and qualitative characterization of the atmosphere gets more important by its indication of anthropogenic signals in its constitution. This study aims to assess the possible anthropogenic influence with collectors of rainwater installed in urban areas (UENF) and rural (Lagoa de Cima) from Campos dos Goytacazes-RJ, for two moments of the rainfall variation (dry period, PS; rainy season, PC), through measures of pH, conductivity and concentration of particulate matter in suspension (MPS). Samples of rainwater were collected at an interval of seven days and classified according to the occurrence of rain-total deposition (TD), and no occurrence of rain called Dry Deposition (DS). During the work was identified a significant variability in physical and chemical parameters, especially in Lagoa de Cima, that can be explained by the incidence of NE winds with great intensity, which cause resuspension of soils around the lagoon, which are mostly covered by pasture and sugar cane production. Another relevant aspect is the occurrence of insects and poultry litter which were observed in traps in Lagoa de Cima and in on less frequent events in UENF. The PS has, in general, more acidic pH values and higher concentrations of MPS, possibly attributed to the influence of fire from the cultivation of sugar cane. Thus, it is necessary to continue these studies to better inferences about the dynamics and local air quality.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação:

O estudo de variação da composição atmosférica contribui para a compreensão e análise dos efeitos das emissões antrópicas sobre a Terra. Nos últimos anos, os problemas ambientais têm crescido assustadoramente. Vários ramos das ciências buscam estudar os problemas decorrentes da relação entre o homem e a superfície terrestre, assunto de cuja importância vem crescendo cada dia.

A análise química de água pluvial assume um importante papel, uma vez que a precipitação úmida constitui um excelente meio de remoção de poluentes da atmosfera. Das variadas interações que ocorrem na atmosfera, temos a acidez das águas naturais e as diversas partículas de origem antropogênicas que têm função essencial na composição final da precipitação. (JÚNIOR, 2004).

O presente trabalho tem suporte prático-teórico embasado nos estudos das composições químicas da precipitação pluviométrica e caracteriza a influência antrópica sobre o espaço urbano e rural de Campos dos Goytacazes durante dois momentos da variação pluviométrica, através das medidas de pH, condutividade e concentração de material particulado em suspensão (MPS) e faz parte do Projeto POLCAMAR: O impacto de poluentes da monocultura da cana-de-açúcar em estuários e águas costeiras do NE – E do Brasil: Transporte, Destino e Estratégias de Gerenciamento Sustentável (Proc. 590002/2005-8). CER e recebe auxílio financeiro do CNPq (Proc. 306188/2004-0; 4788454/2004-8 e 420050/2005-8).

1.2 Atmosfera

1.2.1 Constituintes Gasosos e o Ciclo Hidrológico

A atmosfera é caracterizada como uma mistura de gases na qual estão presentes partículas sólidas e líquidas em suspensão. A proporção dos constituintes gasosos principais (N_2 , O_2 , Ar, Ne, He, Kr, H_2 , Xe, Rn) são praticamente constantes, tanto temporal quanto espacialmente. Dessa forma, os componentes variáveis assumem importante papel no balanço de energia da atmosfera e na formação de nuvens e das precipitações (DINGMAN, 1993).

A interação da umidade atmosférica com os gases e as partículas em suspensão no ar é um processo comum, mesmo em ambientes não poluídos. A acidez das águas naturais é o aspecto mais importante a ser considerado; porém, esta reação é apenas uma dentre as mais variadas interações que ocorrem na atmosfera. Os materiais particulados em suspensão na atmosfera (de origem natural ou antropogênica) têm um papel fundamental na composição final da precipitação (WILBY, 1997). Em especial os aerossóis (partículas finas com diâmetro $< 1\mu m$) que facilitam a condensação do vapor d'água e a formação das chuvas. A experiência tem mostrado que o vapor d'água contido no ar pode ser resfriado a altos graus de supersaturação sem a formação de gotas. Isto se deve ao fato de o ar, no ponto de orvalho, conter menos do que 4% de moléculas de água, reduzindo para próximo de zero a chance de formação de uma gotícula estável (10^{-4} mm de diâmetro, $H \times 10^8$ moléculas) através de colisões aleatórias. Assim, a ocorrência da condensação próxima ao ponto de orvalho depende de partículas maiores do que 10^{-4} mm para as quais são atraídas as moléculas de água via ligações de hidrogênio. Nas condições naturais, o ar contém milhares dessas partículas por centímetro cúbico, as quais são denominadas Núcleos de Condensação de Nuvens. Quando o ponto de orvalho é atingido e as condições termodinâmicas permitem, estas superfícies fornecem os locais em que ocorre condensação (JÚNIOR, 2004). Quando ocorre esta precipitação hídrica, há o movimento

tanto de solutos como de partículas em suspensão para a superfície terrestre (WILBY, 1997).

Segundo JÚNIOR (2004-artigo), dados sobre a composição atmosférica (tabela 1) são importantes, pois afetam diretamente o balanço de energia da atmosfera e a formação das nuvens e da precipitação.

Tabela 1: Composição da atmosfera

Constituintes Permanentes	Percentagem em volume	Constituintes Variáveis	Percentagem em volume
Nitrogênio (N ₂)	78,084	Vapor d`água	<4
Oxigênio (O ₂)	20,946	Água (líquida e sólida)	<1
Argônio (Ar)	0,934	Dióxido de carbono (CO ₂)	0,0345
Neon (Ne)	0,001818	Metano (CH ₄)	0,00017
Hélio (He)	0,000114	Dióxido de enxofre (SO ₂)	<0,0001
Criptônio (Kr)	0,000114	Óxido nitroso (N ₂ O)	0,0000304
Hidrogênio (H ₂)	0,000050	Monóxido de carbono (CO)	0,00002
Xenônio (Xe)	0,0000087	Poeiras (cinzas,solo,sais)	<0,00001
Radônio (Rn)	6 x 10 ⁻¹⁸	Ozônio (O ₃)	<0,000007
		Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	<0,000002
		Amônia (NH ₄)	Traços

Fonte: DINGMAN, 1993

As concentrações médias de dióxido de carbono (CO₂) têm aumentado globalmente a uma taxa de 0,001% em volume, por ano, devido à queima de combustíveis fósseis, manufatura de cimento e desmatamento. As concentrações de metano aumentam em 0,000002% em volume, por ano, devido à cultura de arroz por inundação, animais e outras causas. As concentrações de óxido nitroso (N₂O) na estratosfera estão aumentando 0,0000003 em percentagem por volume ao ano. Devido ao uso de fertilizantes e queima de combustíveis fósseis, a concentração de NO₂ tem crescido a uma taxa de 0,000001% em volume ao ano (JÚNIOR, 2004).

A presença de aerossóis está intrinsecamente ligada ao sistema climático e ao ciclo hidrológico. O efeito dos aerossóis sobre o clima diz respeito à diminuição das temperaturas globais devido à reflexão da luz solar pelos mesmos. Dependendo da sua composição, estes podem absorver a radiação solar na atmosfera, resfriando ainda mais a superfície da Terra, mas aquecendo a própria atmosfera no processo. Estes efeitos dos aerossóis no perfil de temperatura, juntamente com o seu papel na formação dos núcleos de condensação, têm impacto significativo no ciclo hidrológico. Esses impactos

são reforçados por variações na fração de terra coberta por nuvens, nas propriedades físico-químicas das nuvens e nas modificações das características iônicas da precipitação bruta. Alguns autores concordam que a avaliação deste “feedback” é particularmente difícil, visto que os aerossóis têm composições, concentrações e formas muito diversas, variando desde poeira do deserto à poluição urbana. O estudo da distribuição e composição dos aerossóis numa escala global exige o uso de satélites, redes de monitoramento em terra e experimentos de campo. As tendências de incremento na concentração de aerossóis e mudanças na sua composição química, influenciadas pela industrialização e expansão populacional, podem adversamente afetar o clima da Terra e a disponibilidade dos recursos hídricos (JÚNIOR, 2004).

A maioria dos aerossóis é considerada regional por natureza devido principalmente ao seu tempo de vida curto, à distribuição regional das fontes e à variabilidade das suas propriedades. Condições meteorológicas sazonais determinam as distâncias de transporte a partir das fontes, assim como a distribuição vertical na atmosfera. Camadas elevadas de aerossóis podem ser transportadas por ventos fortes, como, por exemplo, da África ou Ásia para a América e da América para a Europa. À medida que os aerossóis são transportados, suas propriedades são modificadas por deposição seca e úmida, processos físicos no interior das nuvens e reações químicas na atmosfera (KAUFMAN, 2002).

Íons de origem marinha, tais como Cl^- , Na^+ , Mg^+ , SO_4^- e K^+ , podem ser transferidos pelas tempestades oceânicas na forma de “spray”. Sedimentos finos, normalmente originados de vastas regiões desérticas, são transportados a grandes distâncias, constituindo-se em fontes de minerais terrestres com Ca e Si. Vulcões em erupção lançam grande quantidade de poeira e gases na atmosfera. As interações entre biosfera e atmosfera também exercem forte controle na química atmosférica, já que os organismos vivos atuam fortemente nas trocas gasosas de C, S, e N (JÚNIOR, 2004).

A transferência direta de compostos químicos, juntamente com a precipitação, é apenas um dos mecanismos de deposição atmosférica. Nuvens e neblina normalmente contêm alta concentração de solutos e a deposição acontece quando há condensação nas superfícies expostas, tais como a

vegetação e o solo. A presença de umidade não é, entretanto, pré-requisito para a deposição atmosférica de compostos químicos, pois a deposição seca de poeira e de gases é um fenômeno que ocorre naturalmente pela ação da gravidade ou pelo impacto resultante da ação do vento (JÚNIOR, 2004).

Na agenda atual dos debates sobre redução da emissão de poluentes, está o mercúrio, principalmente, devido aos potenciais prejuízos à saúde humana. A bioacumulação do metilmercúrio na cadeia alimentar é a principal preocupação quanto à deposição deste elemento na biosfera. O mercúrio interage, se transforma e é transportado na atmosfera numa faixa larga de intervalos de tempo, fazendo com que a modelagem atmosférica global seja útil para a compreensão do ciclo deste elemento (DASTOOR *et al.*, 2002). Além deste, outros elementos traço merecem atenção por também causarem danos ao ambiente e à saúde humana.

1.2.2 A Precipitação e os Metais Pesados

A deposição atmosférica pelas chuvas é uma importante etapa na transferência de elementos essenciais e não essenciais da atmosfera para a superfície da Terra, dentro dos ciclos biogeoquímicos, constituindo um dos principais mecanismos da ciclagem e redistribuição dos vários elementos (SOUZA *et al.*, 2006). O excesso de metais pesados presentes na precipitação pluviométrica contaminará os ecossistemas, que funcionam como uma via de transferência destes metais à população humana, podendo gerar, inclusive, problemas de ordem sanitária e desequilíbrio ecológico, afetando ainda a produtividade e a estrutura das comunidades vegetais e animais (PENNA-FRANCA *et al.*, 1982).

Os metais têm efeitos tóxicos e podem expressar-se de forma aguda ou crônica. Dentre os mecanismos de toxicidade dos metais, estão incluídas as interações com sistemas enzimáticos, membranas celulares e efeitos específicos sobre certos órgãos das comunidades biológicas e sobre o metabolismo celular em geral (GOYER, 1986). Metais como o alumínio, por exemplo, em grandes quantidades, podem causar mal de Alzheimer, que é

uma doença cerebral degenerativa de etiologia desconhecida caracterizada pela presença de um grande número de estruturas neurofibrilares e placas senis em certas regiões do cérebro (PERL, 1988). O alumínio é um elemento neurotóxico que, a longo prazo, pode causar encefalopatia grave em pacientes que sofrem diálise renal, podendo levar a distúrbios neurológicos. Metais como cobre são altamente tóxicos para espécies marinhas, em especial os crustáceos, pois interfere nas funções nervosas e impede o crescimento do exoesqueleto (PETERSON & ESTES, 2001). Altas concentrações de metal podem causar o extermínio de espécies intolerantes, levando a uma redução severa dessas espécies e trazendo, como consequência, um significativo efeito na diversidade e na estrutura trófica da comunidade biológica. (PETERSON, 1986).

1.2.3 Chuva Ácida e Suas Conseqüências

Substâncias emitidas para a atmosfera podem retornar quimicamente transformadas à superfície, via processos de deposição seca ou úmida. A deposição úmida ocorre através de chuva, orvalho, neblina e neve. O interesse científico na deposição úmida tem aumentado em decorrência dos prejuízos ecológicos e econômicos ocorridos na natureza, tais como: danos reais às florestas, à flora, fauna aquática e aos materiais de construção. O valor do pH da chuva ácida se encontra na faixa de 4,5 – 5,6, considerando-se o conteúdo natural de CO₂ da atmosfera e a contribuição dos compostos de enxofre. As mais importantes substâncias ácidas inorgânicas na atmosfera são o H₂SO₄ e HNO₃. Dos ácidos orgânicos, os presentes em maior quantidade são o ácido fórmico e o ácido acético. (USP, 2009).

A presença de ácido orgânico na atmosfera é um importante aspecto a ser investigado dentre as várias alterações de caráter global ocorridas nos últimos anos, pois, de uma maneira geral, estes ácidos podem agir de forma significativa na deposição ácida (SANHUESA et al., 1991; CHEBBI; CARLIER, 1996). No material particulado, os compostos orgânicos, principalmente na

fração fina e ultra-fina, podem atuar como núcleo de condensação de nuvem, com o potencial de afetar o clima, acidificar ecossistemas e causar efeitos adversos a saúde humana (GRAHAM et al., 2002).

O COD, carbono orgânico dissolvido, é um componente essencial no entendimento da composição química na fase aquosa da atmosfera, é o maior componente da água da chuva, tanto nas regiões marinhas quanto nas continentais e está presente em concentrações maiores que os ácidos nítrico e sulfúrico combinados. Um dos aspectos mais importantes do processo biogeoquímico ligados ao COD é que o mesmo pode ser removido completamente da troposfera em uma forma parcialmente ionizada via deposição úmida sendo que este fato deve necessariamente ser considerado nos modelos de fluxo de carbono e de aquecimento global (WILLEY et al., 2000).

A contribuição relativa de compostos na acidez da precipitação depende do tipo de fase aquosa e local de coleta. A contribuição dos ácidos orgânicos pode dominar em regiões tropicais e equatoriais. Fontes naturais destes ácidos ou de seus precursores são as plantas; porém, atividades antropogênicas, incluindo emissão pelo tráfego, também contribuem para a formação destes (MARTINS et al., 2002).

Poluentes industriais e a queima de carvão e de combustíveis fósseis lançam dióxido de enxofre e de nitrogênio na atmosfera. Esses gases combinam-se com o hidrogênio presente na atmosfera sob a forma de vapor de água e o resultado são as chuvas ácidas. As águas da chuva, assim como a geada, neve e neblina ficam carregadas de ácido sulfúrico, ou ácido nítrico. Ao caírem na superfície, alteram a composição química dos solos e das águas, atingem as cadeias alimentares, destroem florestas e lavouras, causam danos às estruturas metálicas, monumentos e edificações. Outro grande problema das chuvas ácidas é o fato destas poderem ser transportadas através de grandes distâncias, podendo vir a cair em locais onde não há queima de combustíveis, liberando metais tóxicos que estavam no solo. Esses metais podem alcançar rios a serem utilizados pelo homem, causando sérios problemas de saúde.

Hoje em dia, a concentração de CO₂ no ar atmosférico tem se tornado cada vez maior devido a um grande aumento da queima desses combustíveis contendo carbono na sua constituição.(USP, 2009).

A queima de biomassa representa uma importante fonte de material particulado e gases para a atmosfera, especialmente nas áreas do planeta onde essa atividade é disseminada. É nos países em desenvolvimento que a maior parte da queima de biomassa tem sido realizada para o cultivo e limpeza da terra, para remover a matéria seca do solo e converter florestas em áreas agrícolas e pastos, melhorando a produtividade agrícola. A queima de resíduos agrícolas, tais como a palha da cana-de-açúcar é outra importante fonte de queima de biomassa (CRUTZEN; ANDREAE 1990; LARA, 2000), e esse material é o mais utilizado na região de Campos dos Goytacazes.

Anualmente, 7.500 a 8.600 ¹Tg de matéria seca são emitidos para a atmosfera em decorrência dessa prática. Cerca de 43% desse material são derivados da queima de savanas; 23%, da queima de resíduos agrícolas; 18%, da queima de florestas naturais e 16%, da queima de madeira utilizada para produção de energia (LEVINE *et al.*, 1995). As emissões atmosféricas anuais de carbono e de material particulado provenientes da queima de biomassa são estimadas em 2.000 a 4.500 Tg e de 36 a 154 Tg, respectivamente (CRUTZEN; ANDREAE, 1990).

Nesse contexto se insere o Brasil nas emissões atmosféricas pela queima da biomassa, durante o período da seca, nos meses de maio a outubro e, especificamente, o município de Campos dos Goytacazes, no ²período de abril a setembro. No Estado de São Paulo, segundo JÚNIOR (2004), poluentes considerados como ponto de referência para avaliação da qualidade do ar (partículas totais e inaláveis, fumaça, SO₂, NO, NO₂, CO e O₃), são monitorados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). No entanto, o mesmo não acontece com a precipitação, cujo conhecimento também é relevante, uma vez que a eficiência da remoção úmida de muitos poluentes resulta em impacto negativo nos mananciais, na biota e sobre os materiais expostos a essa deposição

¹ Megaton é unidade de massa equivalente a 1.000.000 de toneladas (10⁹ kg ou 1 teragrama=Tg).
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Megaton>

² Pesquisa de campo realizado pelos pesquisadores André Sueth Assumpção e Marcelo dos Santos Maciel, alunos da UENF, no período de 2006 a 2008.

2. JUSTIFICATIVA

Neste contexto apresentado, o estudo da composição química da precipitação pluviométrica é importante na quantificação dos processos biogeoquímicos nos ecossistemas naturais, visto que os fluxos hídricos no ambiente são dependentes da distribuição espaço-temporal das chuvas.

3. OBJETIVOS

- **GERAL**

Avaliar a possível influência antrópica sobre o espaço urbano e rural do município de Campos dos Goytacazes-RJ durante dois momentos da variação pluviométrica (períodos chuvoso e seco).

- **ESPECÍFICOS**

1. Caracterizar a deposição seca e total para os parâmetros físico-químicos, respectivamente: pH, condutividade e concentração de material particulado em suspensão (MPS);
2. Medir a concentração dos elementos (Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na e Zn) e COD (Carbono Orgânico Dissolvido) encontrados na análise das águas pluviais;
3. Analisar a óptica inerente nos comprimentos de onda do UV-B, UV-A e UV-Visível;
4. Avaliar a influência antrópica em águas pluviais sobre o espaço urbano e rural do município de Campos dos Goytacazes.

4. ÁREA DE ESTUDO

O município de Campos dos Goytacazes-RJ conta com uma área de 4030 km²; uma população de aproximadamente 450 mil habitantes e uma mancha urbana de ~2% da área total.

A taxa de urbanização da cidade dobrou ao longo dos últimos 50 anos e hoje 90% da população habita a área urbana. O uso da terra se caracteriza por plantações de cana de açúcar (~41%) seguida de grandes áreas de pastagem (~37%) sendo que as áreas de floresta e vegetação secundária ficam em torno de 12%.

Como as queimadas das plantações de cana-de-açúcar representam um importante aporte de material, na forma gasosa e particulada, para a atmosfera destacamos que entre 1970 e 2004 houve uma redução de 20% da área plantada, mas um aumento na produção por área (35 a 52 ton/ha, respectivamente). Isso implica no aumento do aporte atmosférico, pois, até a presente data, houve uma discreta mudança no perfil de manejo da produção, no que diz respeito à colheita, onde poucas fazendas e usinas trabalham com a colheita mecanizada. O fogo é amplamente utilizado no corte da cana-de-açúcar para queima das palhas e promoção da limpeza do canavial, facilitando para o trabalhador rural o corte da vegetação. Normalmente, essa prática ocorre ao entardecer por ser um horário em que a temperatura e a umidade do ar do canavial são menores, os ventos são mais fracos e mantém a direção constante. O fogo é intenso, porém, dura pouco tempo, especialmente se o clima estiver seco e com baixa umidade. A cana-de-açúcar é composta por Hidrogênio, Carbono e Oxigênio, além de grandes quantidades de Nitrogênio, Potássio, Cálcio, Magnésio, Fósforo e inúmeros outros elementos em pequenas quantidades.

Após serem extraídos o açúcar e o álcool, todos os componentes podem ser devolvidos a terra em forma de fertilizante de alto teor nutriente, rico em potássio e material orgânico, mas há a necessidade de um planejamento e boa vontade dos donos das usinas em reaproveitar toda esse material, a fim de compensar os prejuízos causados pela emissão de poluentes na atmosfera.

Ao longo dos últimos 30 anos, a população do município de Campos dos Goytacazes-RJ apresentou um crescimento próximo a 30%. Dessa forma,

visando atender ao objetivo traçado, foram instalados dois coletores de chuva na cidade, sendo um na UENF (Fonte Urbana) e outro na Lagoa de Cima (Fonte Rural). A UENF está mais próxima à área urbana da cidade, enquanto a Lagoa de Cima fica na área rural.

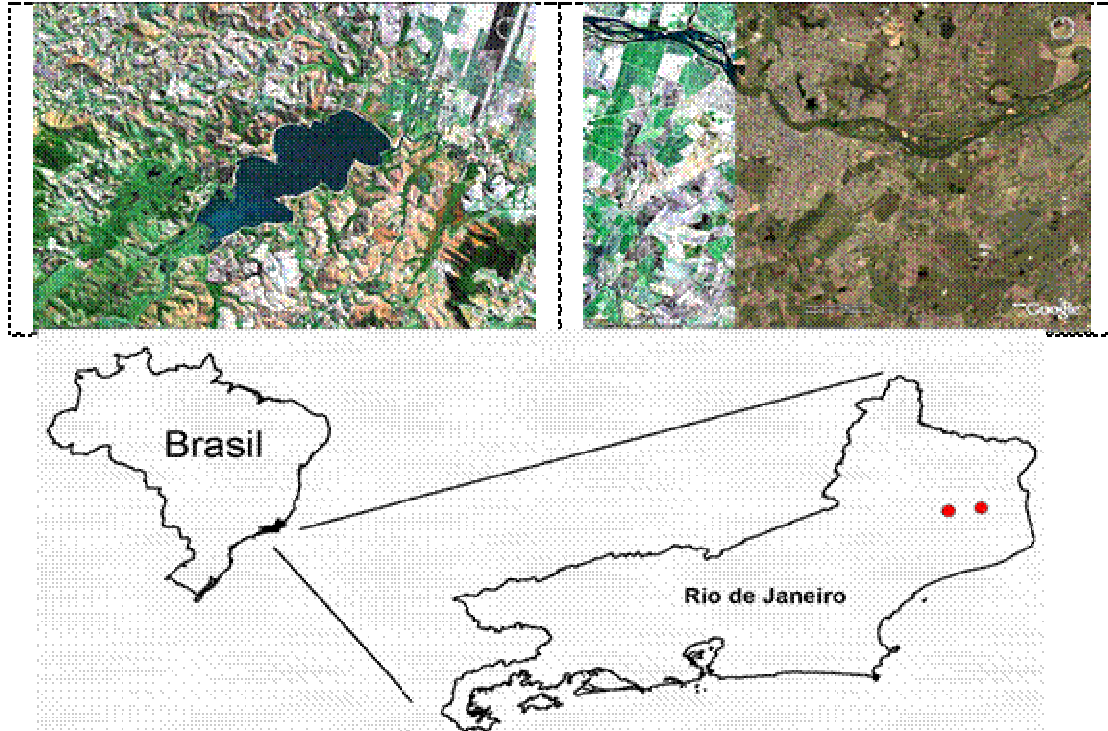


Figura 1: Vista da Lagoa de Cima (à Esquerda) e zona urbana de Campos dos Goytacazes (à Direita). Cenas extraídas de GoogleEarth. (Lagoa de Cima, cobertura Satélite Landsat5 e Campos, transição deste para Satélite Ikonos).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Os períodos de amostragem envolveram duas estações secas (Período Seco= julho a setembro de 2006, e abril a setembro de 2007) e duas estações chuvosas (Período Chuvoso= novembro de 2006 a março de 2007, outubro de 2007 até o final de fevereiro de 2008). Durante as estações foram realizadas coletas de água de chuva através de dois coletores de chuva de polietileno instalados na cidade, sendo um na zona urbana (UENF) e outro na zona rural (Lagoa de Cima) da cidade de Campos dos Goytacazes. Em fevereiro de 2007 foi instalado um novo coletor do lado do já existente na UENF para avaliar a variabilidade amostral, sendo os coletores denominados, respectivamente, UC1 e UC2. O coletor da Lagoa de Cima foi instalado no late Clube numa altura de aproximadamente 12 metros do chão enquanto os coletores da UENF foram instalados no terraço do prédio P5, aproximadamente 10 metros do chão.

No primeiro instante do estudo, foi proposto apenas o acompanhamento do volume, pH e condutividade das duas condições experimentais: deposição seca e deposição total. A deposição seca consiste de um período de sete dias sem ocorrência de chuvas e lavagem do coletor com aproximadamente 350 mL de H₂O MilliQ, no qual a água é recolhida ao final e analisada. A deposição total trata-se de pelo menos a ocorrência de um evento de chuvas no intervalo de sete dias, no qual a água após este intervalo de tempo era coletada.

Vale ressaltar, no primeiro semestre de estudo, a tentativa de se trabalhar também com a deposição úmida pelo menos na UENF, na qual após um período de 24 horas era coletada a água de chuva. Porém, em reuniões com a equipe de trabalho da pesquisa, concluiu-se que se tratava de uma deposição total, já que o coletor ficava em exposição ao ar antes de ocorrer o evento de chuva. Nesse momento, foi definido a manutenção de sete dias de intervalo para recolhimento das amostras de deposição seca ou total.

Na forma de agregar valor ao estudo, decidiu-se trabalhar com a determinação de mais alguns parâmetros: material particulado em suspensão (MPS) e óptica inerente (nos comprimentos de onda do UV-B, UV-A e UV-Visível) desde o final de julho de 2006; determinação dos elementos (Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na e Zn) desde novembro de 2006; e COD (Carbono Orgânico Dissolvido) desde o final de julho de 2007. As mesmas amostras que

foram trabalhadas pela UENF durante esse estudo foram enviadas, de forma geral, a cada 2 meses, para a UFF (Universidade Federal Fluminense), para as determinações de nitrato, nitrito, amônia e uréia.

A descrição da metodologia aplicada durante o estudo pode ser observada na sequência (Figura 2).

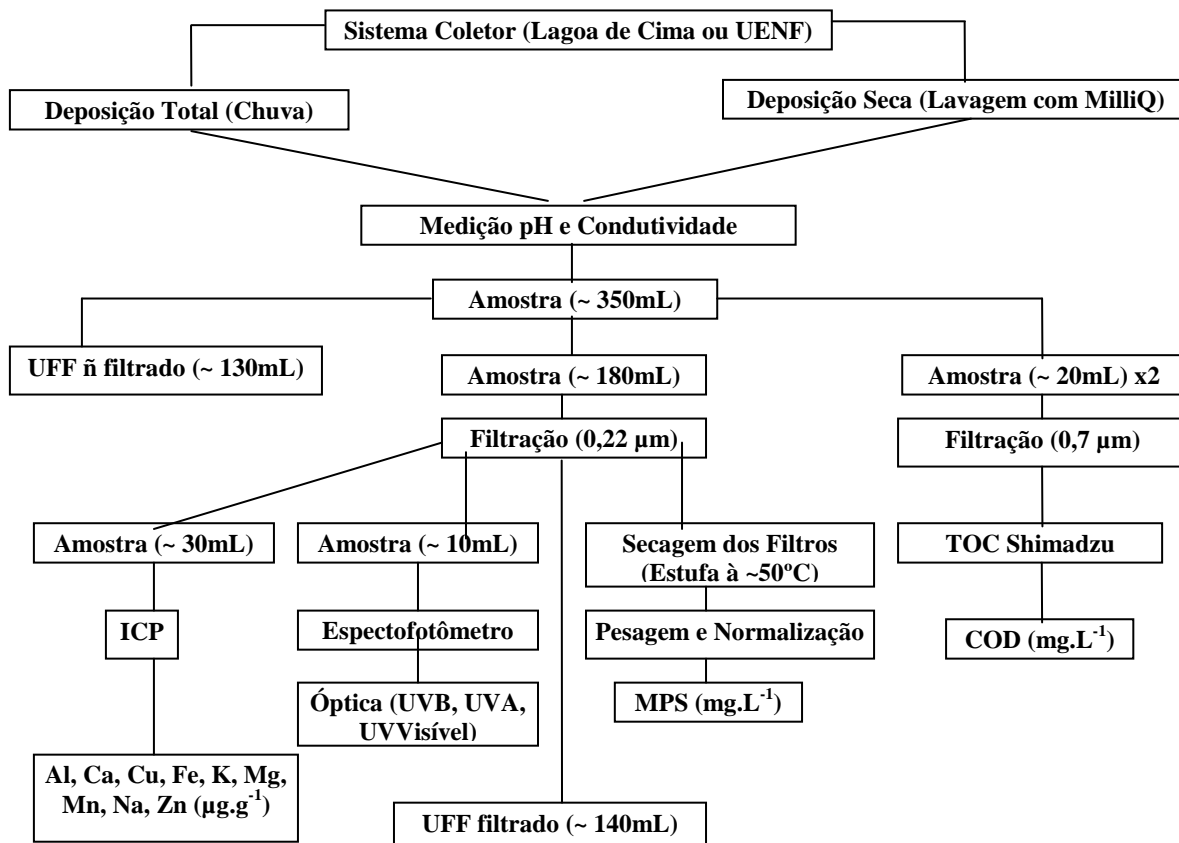


Figura 2: Uma breve descrição da metodologia adotada durante a execução do trabalho.

Após as coletas de amostras de água, as medições de volume, pH e condutividade eram realizadas no laboratório. Para as análises da UFF (amônia, nitrato e uréia) foram separados dois frascos de polietileno, um contendo 100 mL e outro 30 mL de material não filtrado. Do todo da amostra de água restante, duas alíquotas de 20 mL eram submetidas à filtração em GF/F (utilização de um kit com a bomba vácuo), filtro de fibra de vidro de porosidade 0,7 µm, no qual a fração dissolvida era acondicionada em frascos âmbar contendo, para a conservação, 1 mL de H₃PO₄ (10%) para a determinação de

COD (mg.L^{-1}) no TOC-Shimadzu 5000. A maior parte das amostras, aproximadamente 180 mL eram submetidas à filtração, filtro de acetato celulose com porosidade $0,22\mu\text{m}$, utilizando-se também um kit acoplado a uma bomba de vácuo. Após o processo, esses filtros foram levados a uma estufa e acondicionados a 50°C no qual secos foram pesados, normalizados pelo volume e a concentração de MPS (mg.L^{-1}) determinada gravimetricamente em balança de precisão ($\pm 0,1\text{mg}$). Da fração dissolvida, 30 mL eram separados para a determinação de elementos, acondicionados em frascos de polietileno contendo 0,3 mL de HNO_3 ultrapuro para a conservação da amostra, sendo submetidos à leitura no ICP; e 10 mL acondicionados em frascos de polietileno para a determinação óptica inerente no espectrofotômetro nos comprimentos de onda do UV-B que é 300 nm, UV-A que é 375 nm e UV-Visível que é 400 nm. O restante do material filtrado, pouco mais de 140 mL, era enviado para as análises da UFF (amônia, nitrato).

6. RESULTADOS

A variação pluviométrica na região de Campos dos Goytacazes é apresentada na Figura 3. Considerando-se os períodos secos (PS) e chuvosos (PC), as médias de precipitação observadas foram as seguintes: 1) PS= $8,56 \pm 12,2 \text{ mm.dia}^{-1}$ (variando de 0,1 a $59,5 \text{ mm.dia}^{-1}$) e 2) PC= $22,9 \pm 20,5 \text{ mm.dia}^{-1}$ (amplitude de 0,1 a $81,9 \text{ mm.dia}^{-1}$). De acordo com o regime de pluviosidade, o PS foi definido de julho (onde não ocorreu chuva) a setembro de 2006, além de abril a setembro de 2007. Com destaque para o dia 21 de maio de 2007, que apresentou um comportamento atípico para o PS com pluviosidade em torno de 60mm. O PC distribuiu-se entre novembro de 2006 a março de 2007. A segunda estação chuvosa começou em outubro de 2007, mas as avaliações dos resultados foram até setembro de 2007, não obtendo resultados da segunda etapa das chuvas, que começou em outubro de 2007.

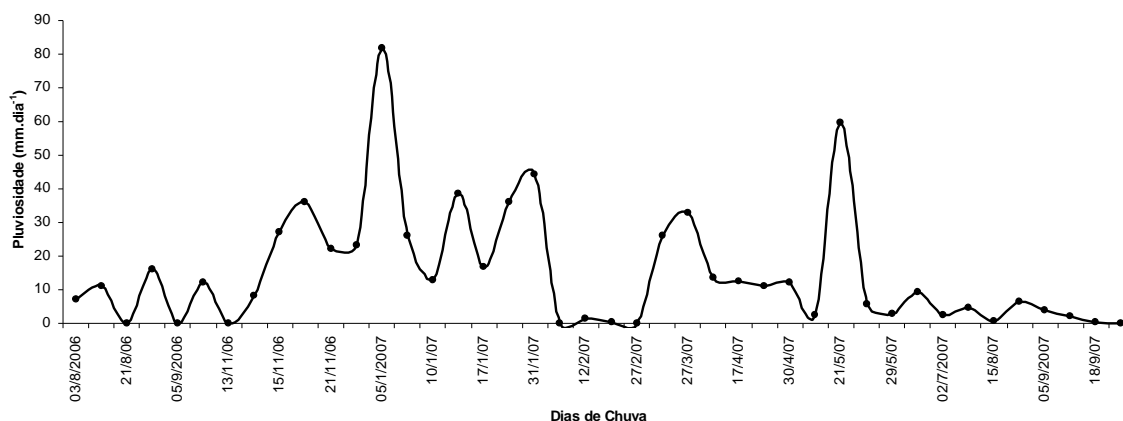


Figura 3: Regime de pluviosidade (mm.dia^{-1}) de Campos durante o estudo.

As amostras de deposição total proveniente da área urbana (UENF) no período seco mostraram valores médios de pH em torno de $5,91 \pm 0,79$ (3,87 a 7,26); a condutividade de $34,3 \pm 23,1 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (6,00 a $86,3 \mu\text{S.cm}^{-1}$); e MPS de $12,5 \pm 22,7 \text{ mg.L}^{-1}$ (0,40 a 111 mg.L^{-1}). No mesmo período, verificou-se na Lagoa de Cima (área rural) um pH de $7,24 \pm 1,29$ (4,76 a 9,18); a condutividade de $186 \pm 196 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (5,00 a $566 \mu\text{S.cm}^{-1}$); e MPS de $57,5 \pm 106 \text{ mg.L}^{-1}$ (1,94 a

391 mg.L⁻¹). Neste período, merecem destaque pela enorme variabilidade: o MPS da UENF (~181%) e Lagoa de Cima (~185%), como também a condutividade na Lagoa de Cima (~105%).

Já no período chuvoso, as amostras de deposição total proveniente da UENF apresentaram um pH de 5,98 ± 0,70 (4,89 a 7,64); a condutividade de 36,6 ± 48,9 μS.cm⁻¹ (2,90 a 226 μS.cm⁻¹); e MPS 7,21 ± 9,42 mg.L⁻¹ (0,71 a 47,6 mg.L⁻¹). Na Lagoa de Cima verificou-se um pH de 5,98 ± 1,04 (4,44 a 8,84); condutividade de 58,9 ± 113 μS.cm⁻¹ (4,00 a 492 μS.cm⁻¹); e MPS de 5,21 ± 6,47 mg.L⁻¹ (0,50 a 26,7 mg.L⁻¹), (Tab. 2).

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos da Deposição Total durante os períodos seco e chuvoso.

Período Seco (Deposição Total)							
UENF		Conductividade	MPS	Lagoa de Cima		Conductividade	MPS
n=40	pH	(μS.cm ⁻¹)	(mg.L ⁻¹)	n=16	pH	(μS.cm ⁻¹)	(mg.L ⁻¹)
Média	5,91	34,3	12,5	Média	7,24	186	57,5
Mediana	6,01	26,3	4,00	Mediana	7,09	93,3	14,7
DP	0,79	23,1	22,7	DP	1,29	196	106
CV	13,4	67,2	181	CV	17,9	105	185
Intervalo	3,87 - 7,26	6,00 - 86,3	0,40 - 111	Intervalo	4,76 - 9,18	5,00 - 566	1,94 - 391
Período Chuvoso (Deposição Total)							
UENF		Conductividade	MPS	Lagoa de Cima		Conductividade	MPS
n=34	pH	(μS.cm ⁻¹)	(mg.L ⁻¹)	n=19	pH	(μS.cm ⁻¹)	(mg.L ⁻¹)
Média	5,98	36,6	7,21	Média	5,98	58,9	5,21
Mediana	6,09	17,3	4,10	Mediana	5,73	21,2	2,50
DP	0,70	48,9	9,42	DP	1,04	113	6,47
CV	11,7	134	131	CV	17,4	191	124
Intervalo	4,89 - 7,64	2,90 - 226	0,71 - 47,6	Intervalo	4,44 - 8,84	4,00 - 492	0,50 - 26,7

As amostras provenientes da deposição seca atmosférica oriundas da UENF, no período seco, apresentaram pH de 5,77 ± 0,40 (5,07 a 6,49); com uma condutividade de 15,4 ± 13,1 μS.cm⁻¹ (3,00 a 58,0 μS.cm⁻¹); e MPS de 19,3 ± 31,6 mg.L⁻¹ (1,00 a 161 mg.L⁻¹). Nesse período, na Lagoa de Cima foram apresentados um pH de 5,75 ± 0,65 (4,15 a 7,08); uma condutividade de 63,9 ± 64,6 μS.cm⁻¹ (2,60 a 223 μS.cm⁻¹); e o MPS de 40,1 ± 57,5 mg.L⁻¹ (2,50 a 216 mg.L⁻¹).

No período chuvoso, as amostras de deposição seca atmosférica proveniente da UENF apresentaram pH 5,85 ± 0,51 variando de 5,12 a 6,71; a condutividade foi de 12,3 ± 5,06 μS.cm⁻¹ e um intervalo de 4,80 a 23,0 μS.cm⁻¹; enquanto o MPS foi de 20,7 ± 34,0 mg.L⁻¹ e uma amplitude de 0,50 a 114 mg.L⁻¹ (Tab. 3). Neste período, na Lagoa de Cima, foram verificados apenas dois

eventos de deposição seca, onde foram apresentados um pH de $5,66 \pm 0,77$ (5,11 a 6,20); uma condutividade de $69,6 \pm 90,0 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (5,90 a $133 \mu\text{S.cm}^{-1}$); e o MPS de $3,75 \pm 4,60 \text{ mg.L}^{-1}$ (0,50 a $7,00 \text{ mg.L}^{-1}$).

Tabela 3: Parâmetros físico-químicos da Deposição Seca Atmosférica durante os períodos seco e chuvoso.

Período Seco (Deposição Seca)							
UENF		Condutividade	MPS	Lagoa de Cima		Condutividade	MPS
n=27	pH	($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	(mg.L^{-1})	n=19	pH	($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	(mg.L^{-1})
Média	5,77	15,4	19,3	Média	5,75	63,9	40,1
Mediana	5,73	11,1	10,0	Mediana	5,69	39,4	11,0
DP	0,40	13,1	31,6	DP	0,65	64,6	57,5
CV	6,95	85,1	164	CV	11,2	101	143
Intervalo	5,07 - 6,49	3,00 - 58,0	1,00 - 161	Intervalo	4,15 - 7,08	2,60 - 223	2,50 - 216
Período Chuvoso (Deposição Seca)							
UENF		Condutividade	MPS	Lagoa de Cima		Condutividade	MPS
n=10	pH	($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	(mg.L^{-1})	n=2	pH	($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	(mg.L^{-1})
Média	5,85	12,3	20,7	Média	5,66	69,6	3,75
Mediana	5,77	11,9	8,58	Mediana	5,66	69,6	3,75
DP	0,51	5,06	34,0	DP	0,77	90,0	4,60
CV	8,72	41,1	164	CV	13,6	129	123
Intervalo	5,12 - 6,71	4,80 - 23,0	0,50 - 114	Intervalo	5,11 - 6,20	5,90 - 133	0,50 - 7,00

Tabela 4: Parâmetros fotométricos da Deposição Total durante os períodos seco e chuvoso nos diferentes comprimentos de onda (λ).

Período Seco (Deposição Total)							
UENF	UV-B	UV-A	UV-Visível	Lagoa de Cima	UV-B	UV-A	UV-Visível
n=27	300 nm	375 nm	440 nm	n=16	300 nm	375 nm	440 nm
Média	0,010	0,002	0,002	Média	0,024	0,009	0,006
Mediana	0,007	0,000	0,000	Mediana	0,023	0,010	0,005
DP	0,008	0,004	0,003	DP	0,011	0,005	0,004
CV	84	143	183	CV	44	57	75
Intervalo	0,000 - 0,030	0,000 - 0,010	0,000 - 0,009	Intervalo	0,003 - 0,046	0,000 - 0,015	0,000 - 0,013
Período Chuvoso (Deposição Total)							
UENF	UV-B	UV-A	UV-Visível	Lagoa de Cima	UV-B	UV-A	UV-Visível
n=24	300 nm	375 nm	440 nm	n=16	300 nm	375 nm	440 nm
Média	0,011	0,003	0,002	Média	0,010	0,001	0,000
Mediana	0,010	0,003	0,000	Mediana	0,008	0,000	0,000
DP	0,008	0,003	0,002	DP	0,008	0,002	0,001
CV	77	98	130	CV	80	181	400
Intervalo	0,000 - 0,032	0,000 - 0,010	0,000 - 0,006	Intervalo	0,002 - 0,028	0,000 - 0,006	0,000 - 0,002

Tabela 5: Parâmetros fotométricos da Deposição Seca durante os períodos seco e chuvoso nos diferentes comprimentos de onda (λ).

Período Seco (Deposição Seca)							
UENF n=23	UV-B 300 nm	UV-A 375 nm	UV-Visível 440 nm	Lagoa de Cima n=19	UV-B 300 nm	UV-A 375 nm	UV-Visível 440 nm
Média	0,008	0,001	0,000	Média	0,023	0,008	0,006
Mediana	0,007	0,000	0,000	Mediana	0,024	0,008	0,006
DP	0,005	0,001	0,001	DP	0,013	0,006	0,004
CV	62	210	295	CV	58	67	68
Intervalo	0,000 - 0,020	0,000 - 0,004	0,000 - 0,004	Intervalo	0,005 - 0,049	0,001 - 0,018	0,000 - 0,013
Período Chuvoso (Deposição Seca)							
UENF n=9	UV-B 300 nm	UV-A 375 nm	UV-Visível 440 nm	Lagoa de Cima n=2	UV-B 300 nm	UV-A 375 nm	UV-Visível 440 nm
Média	0,009	0,002	0,000	Média	0,015	0,002	0,003
Mediana	0,009	0,001	0,000	Mediana	0,015	0,002	0,003
DP	0,006	0,002	0,001	DP	0,018	0,003	0,004
CV	70	117	198	CV	123	141	141
Intervalo	0,000 - 0,020	0,000 - 0,006	0,000 - 0,002	Intervalo	0,002 - 0,028	0,000 - 0,004	0,000 - 0,006

Pode ser descrito na tabela 6, que no período seco as amostras de chuva da UENF tiveram concentrações médias de Na de $1,22 \pm 1,11 \mu\text{g.g}^{-1}$ com amplitude de 0,52 a $4,67 \mu\text{g.g}^{-1}$, de K $0,43 \pm 0,38 \mu\text{g.g}^{-1}$ com intervalo de 0,18 a $1,49 \mu\text{g.g}^{-1}$, de Ca $0,79 \pm 0,51 \mu\text{g.g}^{-1}$ variando de nd a $1,83 \mu\text{g.g}^{-1}$, de Mg $0,26 \pm 0,22 \mu\text{g.g}^{-1}$ oscilando de nd a $0,75 \mu\text{g.g}^{-1}$, de Al $0,09 \pm 0,04 \mu\text{g.g}^{-1}$ com intervalo de nd a $0,19 \mu\text{g.g}^{-1}$. Já em Lagoa de Cima as concentrações de Na foram $3,20 \pm 2,64 \mu\text{g.g}^{-1}$ ($0,56$ a $9,60 \mu\text{g.g}^{-1}$), de K $7,55 \pm 7,80 \mu\text{g.g}^{-1}$ ($1,42$ a $23,6 \mu\text{g.g}^{-1}$), de Ca $1,93 \pm 1,02 \mu\text{g.g}^{-1}$ ($0,57$ a $3,90 \mu\text{g.g}^{-1}$), de Mg $0,61 \pm 0,49 \mu\text{g.g}^{-1}$ ($0,08$ a $1,64 \mu\text{g.g}^{-1}$), de Al $0,14 \pm 0,04 \mu\text{g.g}^{-1}$ ($0,11$ a $0,22 \mu\text{g.g}^{-1}$).

Tabela 6: Concentração dos elementos Al, Ca, K, Mg e Na ($\mu\text{g.g}^{-1}$) na Deposição Total durante os períodos seco e chuvoso na UENF e Lagoa de Cima.

Período Seco (Deposição Total)											
UENF n=14	Al	Ca	K $\mu\text{g.g}^{-1}$	Mg	Na	Lagoa de Cima n=9	Al	Ca	K $\mu\text{g.g}^{-1}$	Mg	Na
Média	0,09	0,79	0,43	0,26	1,22	Média	0,14	1,93	7,55	0,61	3,20
Mediana	0,08	0,62	0,29	0,20	0,83	Mediana	0,13	1,72	3,68	0,55	2,67
DP	0,04	0,51	0,38	0,22	1,11	DP	0,04	1,02	7,80	0,49	2,64
CV	46,9	64,9	88,4	83,8	91,3	CV	26,0	52,9	103	79,6	82,3
Intervalo	nd - 0,19	nd - 1,83	0,18 - 1,49	nd - 0,75	0,52 - 4,67	Intervalo	0,11 - 0,22	0,57 - 3,90	1,42 - 23,6	0,08 - 1,64	0,56 - 9,60
Período Chuvoso (Deposição Total)											
UENF n=22	Al	Ca	K $\mu\text{g.g}^{-1}$	Mg	Na	Lagoa de Cima n=14	Al	Ca	K $\mu\text{g.g}^{-1}$	Mg	Na
Média	*	0,54	0,82	0,34	0,86	Média	0,18	0,39	0,64	0,38	1,52
Mediana	*	0,43	0,45	0,24	0,59	Mediana	0,15	0,24	0,31	0,26	0,78
DP	*	0,39	0,86	0,26	0,83	DP	0,09	0,49	0,93	0,34	2,07
CV	*	73,5	104	77,1	96,1	CV	46,4	124	146	91,1	136
Intervalo	*	nd - 1,38	0,09 - 3,02	nd - 0,81	0,15 - 3,12	Intervalo	0,10 - 0,45	nd - 1,86	nd - 3,52	nd - 1,05	nd - 7,06

No período chuvoso, as amostras de chuva da UENF tiveram concentrações médias de Na de $0,86 \pm 0,83 \mu\text{g.g}^{-1}$ com amplitude de 0,15 a $3,12 \mu\text{g.g}^{-1}$, de K $0,82 \pm 0,86 \mu\text{g.g}^{-1}$ com intervalo de 0,09 a $3,02 \mu\text{g.g}^{-1}$, de Ca $0,54 \pm 0,39 \mu\text{g.g}^{-1}$ variando de nd a $1,38 \mu\text{g.g}^{-1}$, de Mg $0,34 \pm 0,26 \mu\text{g.g}^{-1}$ oscilando de nd a $0,81 \mu\text{g.g}^{-1}$. Já em Lagoa de Cima as concentrações de Na foram $1,52 \pm 2,07 \mu\text{g.g}^{-1}$ (nd a $7,06 \mu\text{g.g}^{-1}$), de K $0,64 \pm 0,93 \mu\text{g.g}^{-1}$ (nd a $3,52 \mu\text{g.g}^{-1}$), de Ca $0,39 \pm 0,49 \mu\text{g.g}^{-1}$ (nd a $1,86 \mu\text{g.g}^{-1}$), de Mg $0,38 \pm 0,34 \mu\text{g.g}^{-1}$ (nd a $1,05 \mu\text{g.g}^{-1}$), de Al $0,18 \pm 0,09 \mu\text{g.g}^{-1}$ (0,10 a $0,45 \mu\text{g.g}^{-1}$).

Pode ser descrito na tabela 7, que no período seco as amostras de deposição atmosférica seca da UENF tiveram concentrações médias de Na de $0,82 \pm 0,59 \mu\text{g.g}^{-1}$ com amplitude de 0,34 a $1,95 \mu\text{g.g}^{-1}$, de K $0,25 \pm 0,05 \mu\text{g.g}^{-1}$ com intervalo de 0,17 a $0,33 \mu\text{g.g}^{-1}$, de Ca $0,37 \pm 0,20 \mu\text{g.g}^{-1}$ variando de nd a $0,70 \mu\text{g.g}^{-1}$, de Mg $0,20 \pm 0,10 \mu\text{g.g}^{-1}$ oscilando de nd a $0,30 \mu\text{g.g}^{-1}$, de Al $0,07 \pm 0,01 \mu\text{g.g}^{-1}$ com intervalo de nd a $0,08 \mu\text{g.g}^{-1}$. Já em Lagoa de Cima as concentrações de Na foram $2,18 \pm 1,45 \mu\text{g.g}^{-1}$ (0,56 a $4,44 \mu\text{g.g}^{-1}$), de K $9,48 \pm 8,57 \mu\text{g.g}^{-1}$ (0,27 a $21,8 \mu\text{g.g}^{-1}$), de Ca $3,35 \pm 1,76 \mu\text{g.g}^{-1}$ (1,04 a $5,87 \mu\text{g.g}^{-1}$), de Mg $0,96 \pm 0,73 \mu\text{g.g}^{-1}$ (0,13 a $1,92 \mu\text{g.g}^{-1}$), de Al $0,16 \pm 0,03 \mu\text{g.g}^{-1}$ (0,13 a $0,21 \mu\text{g.g}^{-1}$).

Tabela 7: Concentração dos elementos Al, Ca, K, Mg e Na ($\mu\text{g.g}^{-1}$) na Deposição Seca Atmosférica durante os períodos seco e chuvoso na UENF e Lagoa de Cima.

UENF n=10	Período Seco (Deposição Seca)										
	Al	Ca	K $\mu\text{g.g}^{-1}$	Mg	Na	Lagoa de Cima n=5	Al	Ca	K $\mu\text{g.g}^{-1}$	Mg	Na
Média	0,07	0,37	0,25	0,20	0,82	Média	0,16	3,35	9,48	0,96	2,18
Mediana	0,06	0,28	0,26	0,19	0,62	Mediana	0,16	3,06	7,38	1,14	1,83
DP	0,01	0,20	0,05	0,10	0,59	DP	0,03	1,76	8,57	0,73	1,45
CV	17,7	54,4	19,1	52,6	72,3	CV	20,8	52,4	90,4	75,2	66,3
Intervalo	nd - 0,08	nd - 0,70	0,17 - 0,33	nd - 0,30	0,34 - 1,95	Intervalo	0,13 - 0,21	1,04 - 5,87	0,27 - 21,8	0,13 - 1,92	0,56 - 4,44
UENF n=8	Período Chuvoso (Deposição Seca)										
	Al	Ca	K $\mu\text{g.g}^{-1}$	Mg	Na	Lagoa de Cima n=2	Al	Ca	K $\mu\text{g.g}^{-1}$	Mg	Na
Média	*	0,46	0,72	0,17	0,50	Média	0,13	-	5,79	-	1,40
Mediana	*	0,46	0,46	0,15	0,42	Mediana	0,13	-	5,79	-	1,40
DP	*	0,26	0,69	0,10	0,38	DP	0,01	-	7,98	-	1,50
CV	*	57,0	96,7	60,2	75,9	CV	5,79	-	138	-	107
Intervalo	*	nd - 0,75	0,13 - 2,30	nd - 0,33	0,14 - 1,38	Intervalo	0,12 - 0,13	nd - 0,86	0,15 - 11,4	nd - 0,35	0,34 - 2,46

No período chuvoso, as amostras de deposição atmosférica da UENF tiveram concentrações médias de Na de $0,50 \pm 0,38 \mu\text{g.g}^{-1}$ com amplitude de

0,14 a 1,38 $\mu\text{g.g}^{-1}$, de K $0,72 \pm 0,69 \mu\text{g.g}^{-1}$ com intervalo de 0,13 a 2,30 $\mu\text{g.g}^{-1}$, de Ca $0,46 \pm 0,26 \mu\text{g.g}^{-1}$ variando de nd a 0,75 $\mu\text{g.g}^{-1}$, de Mg $0,17 \pm 0,10 \mu\text{g.g}^{-1}$ oscilando de nd a 0,33 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Já em Lagoa de Cima (com apenas dois eventos de deposição seca) as concentrações de Na foram $1,40 \pm 1,50 \mu\text{g.g}^{-1}$ (0,34 a 2,46 $\mu\text{g.g}^{-1}$), de K $5,79 \pm 7,98 \mu\text{g.g}^{-1}$ (0,15 a 11,4 $\mu\text{g.g}^{-1}$), de Ca variou de nd a 0,86 $\mu\text{g.g}^{-1}$, de Mg variou de nd a 0,35 $\mu\text{g.g}^{-1}$, de Al $0,13 \pm 0,01 \mu\text{g.g}^{-1}$ (0,12 a 0,13 $\mu\text{g.g}^{-1}$).

As análises de COD passaram a ser realizadas apenas a partir do final de julho, portanto só serão apresentadas, neste estudo, a Deposição Total e Deposição Seca do período seco (Tabela 8).

Na UENF, a concentração de COD nas águas de chuva (deposição total) foi $6,96 \pm 5,71 \text{ mg.L}^{-1}$ com amplitude de 2,53 a 22,2 mg.L^{-1} , já na Lagoa de Cima $20,2 \pm 26,8 \text{ mg.L}^{-1}$ com intervalo de 2,30 a 60,1 mg.L^{-1} . As amostras de deposição seca apresentaram concentrações de COD $4,37 \pm 1,23 \text{ mg.L}^{-1}$ com amplitude de 2,91 a 6,06 mg.L^{-1} , já na Lagoa de Cima $7,95 \pm 3,26 \text{ mg.L}^{-1}$ com intervalo de 4,10 a 11,4 mg.L^{-1} . As concentrações de COD foram maiores na Lagoa de Cima tanto em relação às amostras de água de chuva como a de deposição atmosférica seca (Tabela 8).

Tabela 8: Concentração de COD (mg.L^{-1}) na Deposição Total e Deposição Seca Atmosférica durante o período seco de 2007 na UENF e Lagoa de Cima.

Período Seco (Deposição Total)			
UENF n=12	COD (mg.L^{-1})	Lagoa de Cima n=4	COD (mg.L^{-1})
Média	6,96	Média	20,2
Mediana	4,93	Mediana	9,16
DP	5,71	DP	26,8
CV	82,1	CV	133
Intervalo	2,53 - 22,2	Intervalo	2,30 - 60,1
Período Seco (Deposição Seca)			
UENF n=6	COD (mg.L^{-1})	Lagoa de Cima n=4	COD (mg.L^{-1})
Média	4,37	Média	7,95
Mediana	4,55	Mediana	8,14
DP	1,23	DP	3,26
CV	28,0	CV	41,0
Intervalo	2,91 - 6,06	Intervalo	4,10 - 11,4

7. DISCUSSÃO

A variabilidade de resultados na Lagoa de Cima, pode ser explicada pela incidência de ventos NE com grande intensidade que geram uma ressuspensão dos solos do entorno da Lagoa que são predominantemente cobertos por pastagens e cultura da cana-de-açúcar. Outro importante aspecto que não pode ser negligenciado é a ocorrência de um grande número de insetos e fezes de aves que foram observados nos coletores na Lagoa de Cima e em eventos menos freqüentes na UENF. Estes organismos promovem algumas alterações nas condições físico-químicas das águas amostradas tais como aumento no MPS, condutividade, pH e da matéria orgânica entre outras, o que pode justificar a variabilidade dos parâmetros físico-químicos na UENF e Lagoa de Cima.

Os diferentes períodos apresentaram alta variabilidade em relação às características físico-químicas das águas de chuva nas duas áreas estudadas. No período chuvoso, as amostras tendem a ser menos ácidas, mas esse comportamento não foi verificado neste estudo em Lagoa de Cima; talvez se o trabalho envolvesse as coletas de deposição úmida, essa relação seria melhor explicada. De forma geral, a condutividade e o MPS apresentaram reduções em relações aos períodos climáticos tanto na área urbana (com exceção da condutividade na UENF) como na rural. Na Lagoa de Cima, merece destaque o MPS que reduziu na ordem de aproximadamente 11 vezes. Esses resultados podem ser atribuídos à diluição promovida pelo aumento do volume de chuvas. O pH e a condutividade da chuva enquadraram-se nas faixas de estudos realizados na região de Ilha Grande-RJ (SOUZA *et al.*, 2006).

Mais uma vez, a alta variabilidade da condutividade e MPS na deposição seca chama a atenção, possivelmente ligados aos mesmos fatores mencionados anteriormente para a deposição total. A ligeira tendência à diminuição da condutividade e MPS no período chuvoso também se repete, o que pode ser explicado ao fator diluição que é mais presente no período chuvoso, pela maior freqüência de chuvas.

Durante todo o estudo, foi detectado que 12% das amostras de água de chuva são consideradas ácidas no espaço urbano e 7% no espaço rural, sendo que 67% das mesmas na UENF ocorrem no período seco contra 50% do

espaço rural. Essas inferências têm como base trabalhos anteriores (GALLOWAY *et al.*, 1982), que atribuíram o valor 5,0 como o limite inferior de pH para águas de chuva acidificadas por substâncias originárias de processos naturais. Desta forma, neste período, foram identificados alguns sinais antrópicos na composição da chuva (queimadas que são comuns neste período). Entretanto, para a estação chuvosa, 91% das amostras foram classificadas como não ácidas na UENF e 95% na Lagoa de Cima.

Os parâmetros fotométricos revelaram que a maior parte dos cromóforos das amostras de água de chuva (deposição total) e deposição seca atmosférica se concentram na faixa do UV-B (seguidos por UV-A e UV-Visível), e que a variabilidade sazonal das suas absorbâncias só foi detectada para Lagoa de Cima, com maiores valores durante o período seco. No período seco foram mais perceptíveis as diferenças entre o espaço urbano e rural, com maior concentração de cromóforos em amostras de deposição total e seca da Lagoa de Cima, o que pode estar associado a ressuspensão dos solos do entorno da lagoa (Tabela 4 e 5). Melhores inferências poderão ser descritas através do estudo de correlação estatística com os demais parâmetros físico-químicos, principalmente o COD, como foi verificado em estudos anteriores na Carolina do Norte, EUA (Kieber *et al.*, 2006).

Em relação aos elementos estudados, não foram detectados (nd) em amostras de chuva e deposição seca atmosférica, o Cu, Fe, Mn e Zn para nenhum dos períodos estudados. O Al durante o período chuvoso também não foi detectado em amostras de chuva e de deposição seca na UENF. Os elementos K e Na foram os que mereceram maior destaque pela sua maior variabilidade. O Na apresentou maiores concentrações nas águas de chuva e o K nas amostras de deposição seca atmosférica, este possivelmente associado ao aporte de cinzas provenientes das queimadas que ocorre principalmente no período seco. De forma geral, em todos os períodos (PC e PS) as amostras da Lagoa de Cima apresentaram maiores concentrações de elementos em comparação ao espaço urbano, possivelmente associado à dinâmica dos ventos na ressuspensão dos solos do entorno da Lagoa.

8. CONCLUSÃO

O período seco (PS) apresentou, de forma geral, valores de pH mais ácido e concentrações de MPS mais elevadas, possivelmente atribuído à influência das queimadas provenientes da cultura de cana-de-açúcar.

A variabilidade da condutividade e MPS foi bem significativa durante os dois períodos estudados associada à dinâmica de ventos (principalmente na Lagoa de Cima – zona rural do município de Campos dos Goytacazes/RJ) e à ocorrência de insetos e detritos de aves por alguns momentos da pesquisa

O uso de dois coletores na UENF, sobre o mesmo ponto, confirmaram a variabilidade eventual em determinados momentos, por exemplo, pela maior concentração de MPS em um coletor do que no outro.

A Lagoa de Cima apresentou maiores concentrações de cromóforos (no que diz respeito à óptica inerente, onde a faixa UV-B foi a que apresentou maior destaque), elementos Al, Ca, K, Mg, Na e COD do que a UENF durante a deposição total e seca nos períodos seco e chuvoso, possivelmente associado à dinâmica dos ventos Nordeste sobre a ressuspensão do solo no entorno da Lagoa. Os elementos Cu, Fe, Mn e Zn não foram detectados em nenhuma das condições deste estudo tanto para a UENF quanto para a Lagoa de Cima.

Dessa forma, torna-se necessária a continuidade desses estudos para melhores inferências quanto à dinâmica e qualidade atmosférica local.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREAE, M.O. ***Biomass burning: its history, use, distribution and its impact on environmental quality and global climate.*** In: LEVINE, J.S. ed. *Global Biomass Burning.* Cambridge, The MIT Press, cap 1, p. 3 –21, 1991.

CHEBBI, A.; CARLIER, P; ***Carboxylic acids in the troposphere, occurrence, sources, and sinks: a review.*** *Atmospheric Environmental*, Oxford, v. 24A, p 4233, 1996.

CRUTZEN, P.J.; ANDREAE, M. O. ***Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles.*** *Science*, v. 250, p. 1669–78, 1990.

DASTOOR, A. P.; LAROCQUE, Y. ***Global circulation of atmospheric mercury: a modelling study.*** *Atmospheric Environment*, Norwich, v. 38, n. 1, p. 147-161, 2004 .

DINGMAN, S. L. ***Physical hydrology: upper saddle river.*** New Jersey: Prentice-Hall, 1993. 575 p.

FINLAYSON-PITTS B. J. & PITTS J. N. 2000. ***Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere.*** *Academic Press: New York.*

GRAHAM, B., O. L. MAYOL-BRACERO, P. GUYON, G. C. ROBERTS, S. DECESARI, M.C. FACCHINI, P. ARTAXO, W. MAENHAUT, P. KO" LL, AND M. ANDREAE, ***Watersolubleorganic compounds in biomass burning aerosols over Amazonia,1, Characterization by NMR and GC-MS,*** *J. Geophys. Res.*, 107(0),10.1029/2001JD000336, in press, 2002.

GALLOWAY J. N., LIKENS G. E., KEENE, W. C., MILLER, J. M. 1982. ***Geophys.Res.***,. 87:87-71.

GOYER RA - Toxic effects of metal. In; Klaaser et al., Doull J. Ed. **Casarett and Doulls Toxicology**. 3rd edition. New York: MacMillan Publishing Company. 1986.

JUNIOR, Valdenor Nilo de Carvalho. **DEPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA DE CHUVA**. Artigo Científico 2004. <http://www.unifor.br/notitia/file/740.pdf>

KAUFMAN, Y. J.; TANRÉ, D.; BOUCHER, O. **A satellite view of aerosols in the climate system**. *Nature*, London, v. 419, n.6903, p. 215-223, 2002.

KIEBER, R. J.; WHITEHEAD, R. F.; REID, S. N.; WILLEY, J. D.; SEATON, P. J. 2006. **Chromophoric Dissolved Organic Matter (CDOM) In Rainwater, Southeastern North Carolina, USA**. *Journal of Atmospheric Chemistry* 54: 21–41.

LARA, B.L.S.L. **Caracterização Química da Precipitação na Bacia do Rio Piracicaba: Variabilidade Espacial e Temporal**. Piracicaba, 2000. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agronomia (CENA), Universidade de São Paulo.

LEVINE, J.S.; COFER, W.R.; CAHOON, D.R.; WINSTEAD, E.L. **Biomass burning: A driver for global change**. *Environmental Science & Technology*, v. 29, p. 120-125, 1995.

MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. **Química atmosférica do enxofre (IV): emissões, reações em fase aquosa e impacto ambiental**. *Quim. Nova*, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 259-272, 2002.

PENNA-FRANCA, E.; PFEIFFER, W. C.; FISZMAN, M.; LACERDA, L. D. (1982). **Aplicabilidade da análise pelos parâmetros críticos, usualmente empregada para instalações nucleares, no controle da poluição do ambiente marinho por metais**. *Ciência e Cultura*. 36 (2): 215-219 pp.

PERL, D. P. & GOOD, P. F., 1988. ***Aluminum, environmental and central nervous system disease***. Environmental Technology Letters, 9:901-906.

PETERSON, C.H. & ESTES, J.A. (2001). **Conservation and management of marine communities** (chapter 18, pag 481-482 – 469-507). In Eds: Bertness, M. D.; Gaines, S. D.; Hay, M. E. Marine Community Ecology - Sinauer Associates, Inc. 550p.

PETERSON, R. C. J. (1986). ***Population and guild analysis for interpretation of heavy metal pollution in streams***. In Eds: Cairns, J. Jr. Community Toxicity Testing – American Society for Testing and Materials, Spec Tech Publ. 920: 180-198.

SANHUESA, E.; FIGUEROA, L.; SANTANA, M; ***Atmospheric formic and acetic acids in Venezuela***. Atmosphere Environment , Oxford, v.30, p. 159-163, 1995.

SEINFELD J. H. 1986 ***Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution***. John Wiley & Sons: New York.

SOUZA P. A., MELLO W. Z., MALDONADO J., EVANGELISTA H. 2006. **Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ**. *Quim. Nova*, 29:471-476.

WILBY, R. L. ***Contemporary hydrology***. London: John Wiley & Sons, 1997. 360 p.

WILLEY J.D. et al. ***Rainwater dissolved organic carbon: concentrations and global flux***. Global Biogeochemical Cycles, Washington, v.14, p. 139-148, 2000.

Webgrafia:

<http://earth.google.com/intl/pt/> - Data de acesso:07/07/2008.

<http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2000/chuva/ChuvaAcida.htm>- Data de acesso:17/05/2009.

<http://www.unifor.br/notitia/file/740.pdf> - Data de acesso:02/06/2009.

http://pt.wikipedia.org/wiki/Metal_pesado - Data de acesso:02/06/2009.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Megaton>- Data de acesso: 27/05/2009