

ENTRADAS ATMOSFÉRICAS DE NUTRIENTES E POLUENTES EM TRECHO DE MATA ATLÂNTICA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Pedro Capella Goytacaz Sant'Anna¹
Rogério Ribeiro de Oliveira²

I – Introdução

Nos ecossistemas florestais existe uma tendência geral que aponta a disponibilidade de nutrientes como fator de natureza crítica, tanto para manutenção de ambientes naturais como para recomposição da vegetação em áreas degradadas. Dessa forma, a análise dos diversos padrões de ciclagem dos elementos biogênicos torna-se particularmente importante (Jordan, 1985).

As entradas e saídas dos elementos nos ecossistemas de floresta podem ser derivadas de três fontes principais: geológicas, meteorológicas e biológicas. As geológicas compõem-se de materiais particulados ou dissolvidos que podem ser conduzidos para dentro ou fora de um sistema através da movimentação das águas, da ação coluvial, ou de ambas. As meteorológicas são representadas pelas entradas e saídas provenientes da atmosfera, compostas pelos materiais gasosos particulados ou dissolvidos na precipitação, poeiras em suspensão e outros materiais transportados pelos ventos. Nessa categoria, é incluída a entrada de compostos químicos como o nitrogênio, cuja fixação se desenvolve a partir da atividade biológica. Os incrementos e as perdas biológicas são resultantes da atividade animal, inclusive a do homem, e ocorrem principalmente através da deposição de materiais (Varjabedian, 1994).

Durante as precipitações as gotículas d'água "lavam" a atmosfera, carreando as poeiras. Trata-se de uma importante fonte de entrada de nutrientes para os ecossistemas florestais, especialmente onde o intemperismo das rochas é lento ou quando essas se encontram fora do alcance do sistema radicular. A água constitui, portanto, o maior agente transportador de massa do sistema e os rios representam a sua saída.

Quando a chuva incide sobre a floresta, parte dela é interceptada pelas copas das árvores. Sua qualidade é alterada durante a breve interação da água com a superfície dos tecidos vegetais e duas situações opostas podem ocorrer: a água de lavagem do dossel pode sofrer um enriquecimento ou um empobrecimento de nutrientes.

¹ Aluno de graduação

² Orientador – Diretor do departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio

Varjabedian (1994), estudando a Mata Atlântica da Ilha do Cardoso, detectou um aumento substancial na concentração na água de lavagem do dossel de N, P, K, Ca, Mg e S. Em contrapartida, Jordan *et al.*, (1980), estudando o conteúdo da água de lavagem na floresta amazônica (bacia do Rio Negro), encontraram o resultado oposto: um empobrecimento desses nutrientes (Oliveira & Coelho Netto 2001).

A porção de chuva não interceptada pelo dossel arbóreo chega ao solo da floresta de duas maneiras: sob a forma de gotejamento ou precipitação interna e como fluxo que escoar pelo tronco das árvores. Esses dois fluxos hídricos, juntos, são denominados precipitação efetiva ou total (Arcova *et al.*, 2003).

A proximidade de fontes de poluição, como cidades e indústrias, pode alterar a qualidade da água por meio da deposição de poluentes atmosféricos, ocasionando a chamada chuva ácida. A precipitação ácida é um dos principais problemas ambientais atuais (Domingos *et al.*, 1995).

I – Materiais e Métodos

2.1 - Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Caçambe, na floresta do Camorim, localizada no Parque Estadual da Pedra Branca na cidade do Rio de Janeiro. A área está compreendida num maciço costeiro, com relevo bastante acidentado, apresentando diversos afloramentos rochosos, sendo o Pico da Pedra Branca, com 1.024 metros de altitude, o ponto culminante do Parque e também do município. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram escolhidas duas áreas de distintas posições topográficas: uma localizada, aproximadamente, a 200 metros no fundo do vale; outra, a 300 metros, no divisor de drenagem da referida bacia (ver figuras 1).

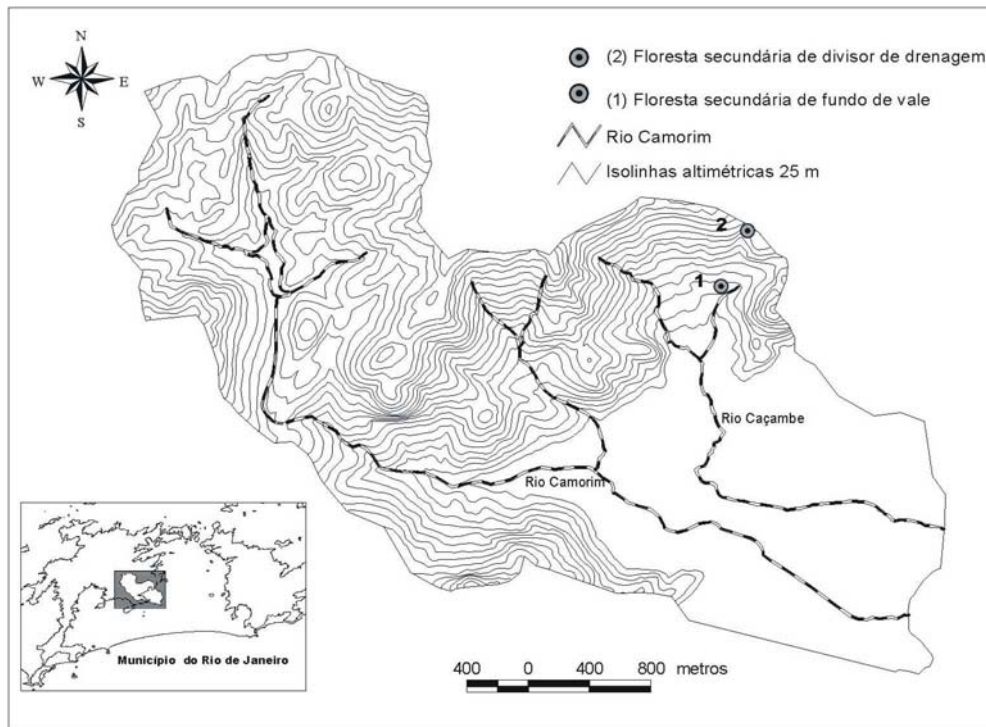


Figura 1 – Bacias hidrográficas dos rios Camorim e Caçambe evidenciando o local de estudos.

2.2 - Clima

O clima da região, segundo a divisão de Koeppen, é do tipo Af, ou seja, clima tropical úmido, sem uma estação seca, megatérmico, com 60 mm de precipitação no mês mais seco, que é agosto. A altura pluviométrica média da região é de 1.187 mm, ocorrendo deficiência hídrica episódica nos meses de julho a outubro. A temperatura média anual se encontra em torno de 26 °C, com o calor distribuído uniformemente por todo ano (Oliveira *et al.*, 1980).

2.3 - Vegetação

Atualmente, a área está recoberta por vegetação secundária, resultado da exploração madeireira para fabricação de carvão, que acabou há aproximadamente 50 anos. Após esse período, a floresta vem passando por um processo natural de regeneração sem intervenção antrópica.

A vegetação que recobre o Maciço da Pedra Branca, nos dois trechos estudados, é, segundo Veloso (1991), do tipo Floresta Ombrófila Densa Submontana. Esta floresta apresenta um componente arbóreo bem desenvolvido, com um dossel descontínuo, com mais ou menos 20 m de altura (Solórzano, 2003).

2.4 - Objetivos

São três os objetivos da pesquisa: monitorar o ciclo hidrológico na floresta, determinando os volumes de precipitação total e a porcentagem de chuvas interceptadas pelas copas das árvores; analisar a concentração de nutrientes na água de chuva e sua dinâmica de captura pela vegetação; monitorar as entradas de metais-traço pela via atmosférica úmida e seca, quantificando seus processos de incorporação ao ecossistema.

2.5 - Procedimentos metodológicos

Em ambas as áreas de pesquisa, no fundo de vale e no divisor de drenagem, foram instalados 15 pluviômetros. Na área recoberta, dentro da floresta, para se medir a precipitação interna, foram colocados 12 pluviômetros, distribuídos aleatoriamente num raio de aproximadamente 40 metros. Em área contígua, desprovida de vegetação arbórea num ângulo de 45°, foram colocados três pluviômetros, com o objetivo de mensurar a precipitação total.

Os pluviômetros foram confeccionados com garrafas plásticas descartáveis, de dois litros, de água gasosa Minalba. A 10 cm do gargalo, foi feito um corte que secciona a garrafa em duas partes, a fim de se formar um funil. A parte do gargalo foi colocada de forma invertida no interior da garrafa. No lugar da tampa do funil, foi feito um orifício e afixada uma tela plástica para evitar a entrada de insetos. Uma bola de *ping-pong* foi colocada na parte coletora do gargalo, para evitar a evaporação. Todos os pluviômetros foram colocados a uma altura de aproximadamente 60 cm, fixados por material resistente, com o intuito de evitar a entrada de respingos de chuva.

As coletas foram realizadas com o uso de uma proveta, no período de 21/11/02 a 07/11/03 numa frequência de 15 dias, podendo, portanto, corresponder a mais de uma precipitação ou, em casos extremos, a nenhuma. Os dados de interceptação foram obtidos a partir da diferença entre a precipitação total (efetiva) e a precipitação interna.

Em pesquisa semelhante numa floresta em Cubatão, São Paulo, Nalon & Vellardi (19992) obtiveram o valor de 91,1% para a precipitação interna e apenas 0,3% para o escoamento pelo tronco. Na “micro bacia experimental D” do Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, em Cunha, São Paulo, Cicco *et al.* (1986) encontraram o valor de 80,7% para precipitação interna e de 1,1% para o escoamento pelo tronco. Em termos genéricos, pode-se dizer que, em florestas tropicais, de 75% a 96% da precipitação transforma-se em precipitação interna e um valor entre 1% e 2% é convertido em escoamento pelo tronco (Arcova *et al.*, 2003). Assim, por se tratar de valores muito baixos, optou-se por não considerar o fluxo de tronco. As precipitações interna e total

corresponderam às médias aritméticas das quantidades de chuva nos seus respectivos pluviômetros.

Para as análises químicas dos nutrientes e o monitoramento do pH e da condutividade da precipitação, foram escolhidos cinco dos pluviômetros de cada área interna e dois pluviômetros da área aberta do fundo de vale. Parte dos seus conteúdos era despejada em frascos de 50 ml, destinados às análises químicas. Após o recolhimento das amostras, os respectivos pluviômetros eram substituídos por outros, previamente lavados em ácido nítrico e água deionizada. Para a medição de pH e condutividade, foram utilizados, respectivamente, aparelhos de marcas NT-PHM (Nova Técnica) e mod. 650 (Analyser). As análises químicas de metais-traço foram realizadas no Departamento de Química da PUC-Rio, sendo utilizadas as seguintes técnicas: Cromatografia de Íons para análise de ânions, Espectrometria de Massas com plasma indutivamente acoplado (ICPMS) e Espectrometria de Emissão Ótica (ICPOES) para análise multielementar.

Os valores de concentração obtidos nas análises químicas (valores em $\mu\text{g/L}$) foram posteriormente convertidos para valores de fluxo (expressos em kg/ha). Para tanto, os valores de concentração foram multiplicados pela massa de chuva precipitada sobre 1 m^2 . Para se verificar se estes cátions se enriqueceram ou empobreceram após a passagem da chuva pelo dossel arbóreo, foi subtraído do valor de cada cátion na precipitação total o valor do mesmo elemento na precipitação interna.

III – Resultados e discussão

3.1 - Precipitações

Analisando-se os dados das 24 coletas no período de 21/11/02 a 07/11/03, observou-se uma grande amplitude na precipitação quinzenal, variando esta de 0 mm a 370,4 mm. O total de chuvas no período foi de 1.838,2 mm.

No fundo de vale, a precipitação interna variou de 0 mm a 319,78 mm, totalizando, ao final das coletas, 1.786,8 mm. Da precipitação total, 81,4% chegaram ao solo e 18,6% corresponderam à interceptação pelas copas. Para o divisor de drenagem, a variação foi de 0 mm a 292,1 mm, totalizando 1.838,2 mm. Foram 81% de precipitação interna e 19% de interceptação pelas copas.

Tabela 1 – Valores de precipitação total, interna e interceptação de chuva encontrados por diversos autores (alt. = altitude; C.V. = coeficiente de variação da precipitação interna; n.i. = não informado). Valores de precipitação em mm.

Local	alt. (m)	ppt. total	ppt. interna	C.V .	% interc.	Autor
-------	-------------	---------------	--------------	----------	--------------	-------

Local	alt. (m)	ppt. total	ppt. interna	C.V .	% interc.	Autor
Paranapiacaba, SP (área poluída)	n.i.	3132	3027 ± 457	15,1	2,7	Domingos <i>et al.</i> , 1995
Paranapiacaba, SP (área pouco poluída)	n.i.	3132	2032 ± 935	46,0	35,6	Domingos <i>et al.</i> , 1995
Cubatão, SP (área preservada)	120	2686	1758	n.i.	34,5	Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993
Cubatão, SP (área perturbada)	n.i.	2686	1939	n.i.	27,8	Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993
São Paulo, SP	n.i.	1443	981	n.i.	32,0	Meguro <i>et al.</i> , 1979 ^b
Ilha do Cardoso, SP (mata atlântica)	120	2617	2214 ± 901	40,7	15,4	Varjabedian, 1994
Ilha do Cardoso, SP (mata de restinga)	5	1680	1460 ± 563	38,6	13,0	Varjabedian, 1994
Floresta da Tijuca, RJ	640	2148	1621±1063	65,6	24,5	Miranda, 1992
Ilha Grande (área de 5 anos)	80	1245	900 ± 351	39,0	27,7	Oliveira & Coelho Netto, 2001
Ilha Grande (área de 25 anos)	140	1478	1051 ± 296	28,2	28,9	Oliveira & Coelho Netto, 2001
Ilha Grande (área climática)	280	4531	1876 ± 452	24,1	58,6	Oliveira & Coelho Netto, 2001
Floresta do Camorim (fundo de vale)	300	1.838	1489±60	123	19,0	Este estudo
Floresta do Camorim (divisor de drenagem)	200	1.786	1454±69,6	115	18,6	Este estudo

Em duas coletas, foram detectados erros. Ao se totalizar a interceptação (precipitação total menos precipitação interna) foram encontrados valores negativos, o que significaria uma precipitação interna maior do que a precipitação total. Há, porém, uma hipótese para explicar tal anomalia: a insolação, no período dessas coletas, teria sido muito elevada, provocando uma evaporação acentuada nos pluviômetros das áreas abertas.

Contudo, para o resultado final dos cálculos de precipitação, os valores obtidos nessas coletas foram desconsiderados. Os valores medidos em cada coleta são apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 1 – Precipitação no divisor de drenagem

Divisor de drenagem				
coleta	Data de coleta	Ppt.* total (mm)	Ppt.* int.* ¹ (mm)	Interceptação (mm)
1	21 de Nov de 2002	40,9	33,30	7,6
2	06 de Dez de 2002	15,4	14,00	1,4
3	20 de Dez de 2002	115,7	93,25	22,5
4	07 de Jan de 2003	81,3	65,63	15,6
5	20 de Jan de 2003	59,1	86,60	-27,5
6	31 de Jan de 2003	370,4	292,10	78,3

7	13 de Fev de 2003	0,0	0,00	0,0
8	28 de Fev de 2003	0,0	0,00	0,0
9	14 de Mar de 2003	47,4	33,20	14,2
10	28 de Mar de 2003	244,8	193,02	51,8
11	11 de Abr de 2003	114,6	112,60	2,0
12	25 de Abr de 2003	7,3	5,30	2,0
13	09 de Mai de 2003	70,7	56,90	13,8
14	22 de Mai de 2003	30,8	25,70	5,1
15	06 de Jun de 2003	26,4	20,80	5,6
16	20 de Jun de 2003	6,6	4,90	1,7
17	04 de Jul de 2003	11,9	10,40	1,5
18	21 de Jul de 2003	35,3	29,90	5,4
19	01 de Ago de 2003	3,5	2,70	0,8
20	15 de Ago de 2003	12,3	7,50	4,8
21	29 de Ago de 2003	101,2	79,80	21,4
22	15 de Set de 2003	68,1	55,80	12,3
23	26 de Set de 2003	23,1	20,30	2,8
24	10 de Out de 2003	72,1	53,40	18,7
25	24 de Out de 2003	142,1	112,50	29,6
26	07 de Nov de 2003	196,3	166,51	29,8
Totais		1838,22	1489,50	348,72

(*)Precipitação (*¹)Interna

Tabela 2 – Precipitação no fundo de vale

Fundo de vale				
coleta	Data	Ppt.* total (mm)	Ppt.* int.*¹(mm)	Interceptação (mm)
1	21 de Nov de 2002	41,3	32,80	8,5
2	06 de Dez de 2002	15,40	12,90	2,5
3	20 de Dez de 2002	108,4	65,38	43,1
4	07 de Jan de 2003	76,5	47,11	29,4
5	20 de Jan de 2003	93,5	76,70	16,8
6	31 de Jan de 2003	370,4	319,78	50,6
7	13 de Fev de 2003	0,0	0,00	0,0
8	28 de Fev de 2003	0,0	0,00	0,0
9	14 de Mar de 2003	62,0	42,30	19,7
10	28 de Mar de 2003	244,8	210,70	34,1
11	11 de Abr de 2003	107,6	120,40	-12,8
12	25 de Abr de 2003	6,8	3,70	3,1
13	09 de Mai de 2003	60,4	46,40	14,0
14	22 de Mai de 2003	29,7	22,60	7,1
15	06 de Jun de 2003	26,4	21,10	5,3
16	20 de Jun de 2003	5,7	2,90	2,8
17	04 de Jul de 2003	15,3	11,70	3,6
18	21 de Jul de 2003	29,8	28,20	1,6
19	01 de Ago de 2003	2,4	2,10	0,3
20	15 de Ago de 2003	11,1	8,00	3,1
21	29 de Ago de 2003	101,2	86,00	15,2

22	15 de Set de 2003	64,0	62,89	1,1
23	26 de Set de 2003	19,4	17,80	1,6
24	10 de Out de 2003	74,3	56,40	17,9
25	24 de Out de 2003	131,7	118,90	12,8
26	07 de Nov de 2003	196,3	157,63	38,7
Totais		1786,8	1454,0	332,8

(*)Precipitação (*¹)Interna

3.2 - pH e Condutividade

As análises do pH para a precipitação efetiva mostraram uma variação entre 3,9 e 5,7. Segundo House *et al.*, (1999), valores inferiores a 5,6 são considerados como chuva ácida. Com uma média de 4,7, toda a precipitação sobre a área de estudo foi considerada ácida, ficando apenas um evento fora dessa classificação (pH=5,7).

A análise das precipitações internas, tanto no fundo de vale quanto no divisor de drenagem, mostrou que, ao atravessar as copas das árvores, a chuva tem seu pH alterado, ficando, na média, em 6,1 no fundo de vale e em 5,9 no divisor de drenagem. Provavelmente, a acidez das chuvas na região é resultado da contaminação atmosférica causada pelas atividades urbano-industriais na cidade do Rio de Janeiro.

No período estudado, a condutividade variou de 12,5 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ a 1.099,5 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ na área aberta, de 34,0 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ a 439,3 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ no divisor de drenagem e de 39,0 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ a 693,0 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ no fundo de vale. Os valores medidos em cada coleta são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 3 – pH e condutividade

coleta	Divisor de drenagem		Fundo de Vale		Área aberta	
	pH	cond.* ² ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	pH	cond.* ² ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	pH	cond.* ² ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
1	6,6	92,9	7,1	194,2	4,7	79,7
2	* ³	* ³	* ³	* ³	* ³	* ³
3	5,3	52,7	4,9	111,8	4,9	24,5
4	5,2	106,9	6,0	184,0	4,2	39,9
5	6,1	88,1	6,0	104,2	4,8	19,0
6	5,3	37,5	5,8	55,9	4,5	15,6
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	6,1	107,6	6,2	112,4	4,2	43,2
10	5,4	33,7	5,6	47,2	4,3	16,1
11	5,5	34,0	6,0	42,2	3,9	14,3
12	5,5	34,0	6,2	93,3	4,8	124,4
13	6,1	110,1	6,2	111,7	5,1	31,5
14	5,6	62,3	5,7	87,4	4,5	35,8
15	6,6	768,8	6,8	608,5	3,0	1099,5

16	6,1	439,3	6,7	693,0	4,1	88,3
17	6,1	165,9	6,3	236,8	5,2	37,2
18	6,8	112,0	6,7	143,7	5,2	55,3
19	6,3	239,6	6,6	377,2	5,7	70,5
20	6,5	180,6	6,5	190,4	5,5	77,0
21	5,7	36,4	6,0	39,0	5,3	12,5
22	6,4	134,4	6,3	100,0	4,7	45,5
23	5,9	52,6	5,6	59,8	4,2	53,0
24	6,0	63,6	6,1	78,8	4,9	29,5
25	6,1	75,0	6,2	73,2	5,3	53,0
26	5,3	73,4	5,5	72,2	4,2	37,2
Médias	5,9	134,8	6,1	166,0	4,7	45,6

(*²)Condutividade (-) Não chuevu (*³)Perda de dados

Não foi confirmada uma relação direta entre o pH e a condutividade. Em uma regressão linear foram obtidos os valores $R^2 = 0,3467$, $R^2 = 0,4927$ e $R^2 = 0,2339$ para área aberta, fundo de vale e divisor de drenagem, respectivamente.

3.3 – Análises químicas

As análises químicas feitas para metais-traço revelaram, em termos de fluxos de metais pesados na precipitação total, os seguintes resultados: boro, 54,17 g/ha/ano; cromo, 6,33 g/ha/ano; manganês, 211,55 g/ha/ano; ferro, 101,19 g/ha/ano; cobalto, 18,38 g/ha/ano; níquel, 14,04 g/ha/ano; zinco, 798,07 g/ha/ano; cádmio, 1,62 g/ha/ano; e chumbo, 17,32 g/ha/ano. Os valores medidos em cada coleta são apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 4 – Fluxo de metais-traço na precipitação total no vale do rio Caçambe. Valores em g/ha.

coleta	data	B	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Zn	Cd	Pb
1	21.11.02	9,12	0,22	42,14	5,62	0,28	0,16	8,99	0,08	0,255
2	06.12.02	< l.d.	0,55	105,14	14,01	0,70	0,40	22,44	0,21	0,64
3	20.12.02	< l.d.	0,49	1,68	7,72	0,03	1,42	13,11	0,07	0,31
4	07.01.03	< l.d.	0,29	1,68	3,10	0,03	0,27	9,43	0,07	0,24
5	20.01.03	< l.d.	0,34	3,46	7,82	0,08	1,41	9,66	0,10	0,68
6	31.01.03	< l.d.	1,83	5,57	16,89	0,16	2,69	111,49	0,21	7,63
7	13.02.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	28.02.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	14.03.03	< l.d.	0,08	4,45	4,16	0,06	0,41	97,48	0,08	0,71
10	28.03.03	< l.d.	< l.d.	2,68	< l.d.	< l.d.	2,76	134,76	0,18	0,74
11	11.04.03	< l.d.	0,33	2,20	0,31	0,02	0,51	50,43	0,08	0,09
12	25.04.03	< l.d.	0,07	1,48	0,45	0,01	0,27	7,99	0,02	0,04
13	09.05.03	< l.d.	0,30	2,58	0,58	0,02	0,32	111,34	0,03	< l.d.
14	22.05.03	2,33	0,11	1,02	0,98	0,01	0,13	8,43	0,01	0,01
15	06.06.03	1,25	0,09	3,14	9,92	0,02	0,20	82,80	0,03	0,56

16	20.06.03	1,70	0,04	1,13	0,56	0,01	0,09	4,08	0,01	0,02
17	04.07.03	1,17	0,05	1,15	0,69	0,01	0,06	3,94	0,02	0,04
18	21.07.03	3,29	0,24	2,24	2,06	0,02	0,31	8,46	0,04	0,26
19	01.08.03	0,15	0,02	0,72	0,12	0,01	0,71	0,91	0,01	0,01
20	15.08.03	0,95	0,06	1,30	0,80	0,01	0,08	16,68	0,01	0,16
21	29.08.03	9,91	< l.d.	2,43	< l.d.	0,04	< l.d.	12,05	0,02	0,15
22	15.09.03	< l.d.	0,33	2,66	5,36	0,03	0,53	21,76	0,02	2,32
23	26.09.03	< l.d.	0,08	0,87	3,19	0,01	0,13	15,02	0,05	0,09
24	10.10.03	< l.d.	0,18	5,61	8,19	16,70	< l.d.	5,90	0,04	1,35
25	24.10.03	< l.d.	0,11	0,90	< l.d.	0,02	0,33	7,58	< l.d.	0,27
26	07.11.03	< l.d.	0,33	6,37	< l.d.	0,03	0,63	15,07	0,04	0,42
Média		3,32	0,28	8,44	4,63	0,80	0,63	32,49	0,06	0,74
Totais		54,17	6,33	211,55	101,19	18,38	14,04	798,07	1,62	17,32

(-): Não choveu; (<l.d.): valor abaixo do limite de detecção empregado

Tabela 5 - Fluxo de metais-traço na precipitação interna na floresta do fundo do vale do rio Caçambe. Valores em g/ha.

coleta	data	B	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Zn	Cd	Pb
1	21.11.02	7,25	4,38	0,17	33,48	4,46	0,22	0,61	7,15	0,20
2	06.12.02	1,02	0,62	0,02	4,72	0,63	0,03	0,09	1,01	0,03
3	20.12.02	< l.d.	6,63	0,50	7,27	13,41	0,03	1,54	7,97	0,32
4	07.01.03	< l.d.	11,33	0,34	11,44	24,02	0,04	1,14	6,13	0,44
5	20.01.03	< l.d.	7,27	0,38	10,58	11,95	0,03	1,55	8,36	0,35
6	31.01.03	< l.d.	17,50	1,19	36,89	31,34	0,07	5,63	37,92	5,25
7	13.02.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	28.02.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	14.03.03	< l.d.	9,60	0,14	6,60	6,65	0,02	1,18	9,92	0,15
10	28.03.03	< l.d.	12,43	0,50	9,48	23,59	0,01	3,23	15,51	0,25
11	11.04.03	< l.d.	4,52	0,10	3,52	4,28	0,01	0,66	4,77	0,03
12	25.04.03	< l.d.	0,74	0,04	1,19	0,88	0,00	0,50	1,40	0,03
13	09.05.03	< l.d.	7,11	0,28	6,60	6,96	0,02	1,12	11,18	0,06
14	22.05.03	< l.d.	1,79	0,70	1,14	3,03	0,03	3,08	48,77	1,03
15	06.06.03	0,30	0,09	0,33	0,09	0,30	0,00	0,06	0,21	0,00
16	20.06.03	3,85	2,03	0,08	2,14	2,61	0,00	0,35	2,02	0,04
17	04.07.03	6,52	3,81	0,14	3,15	6,73	0,01	1,06	3,67	0,05
18	21.07.03	17,51	5,19	0,43	0,24	10,32	0,02	1,45	25,96	0,11
19	01.08.03	1,00	0,37	0,02	0,09	0,93	0,00	0,08	0,27	0,02
20	15.08.03	4,37	2,45	0,07	0,32	3,25	0,00	0,43	1,79	0,08
21	29.08.03	23,30	9,18	0,32	3,57	6,44	< l.d.	0,82	17,02	0,06
22	15.09.03	16,57	5,10	0,36	0,31	6,94	0,02	1,24	7,09	0,03
23	26.09.03	< l.d.	1,20	0,19	1,16	1,70	0,96	0,12	3,10	0,08
24	10.10.03	< l.d.	9,01	0,43	1,50	16,59	0,02	1,97	8,79	0,45
25	24.10.03	< l.d.	3,29	0,23	5,47	3,96	0,01	0,65	5,38	0,09

26	07.11.03	< l.d.	5,56	37,34	18,34	0,03	0,68	15,06	0,03	0,21
Média		8,17	5,47	1,85	7,05	7,96	0,10	1,82	9,81	0,39
Total		81,67	131,19	7,59	188,28	209,32	1,58	31,12	250,43	9,36

(-): Não choveu; (<l.d): valor abaixo do limite de detecção empregado

Tabela 6 – Fluxo de metais-traço na precipitação interna na floresta do divisor de drenagem do vale do rio Caçambe. Valores em g/ha.

coleta	data	B	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Zn	Cd	Pb
1	21.11.02	2,60	0,06	11,99	1,60	0,08	0,05	2,56	0,02	0,07
2	06.12.02	3,25	0,08	15,00	2,00	0,10	0,06	3,20	0,03	0,09
3	20.12.02	< l.d.	0,44	36,06	14,55	0,04	0,76	6,79	0,04	0,47
4	07.01.03	< l.d.	0,44	36,06	14,55	0,04	0,76	6,79	0,04	0,47
5	20.01.03	< l.d.	0,44	36,06	14,55	0,04	0,76	6,79	0,04	0,47
6	31.01.03	< l.d.	1,20	103,67	24,24	0,06	1,32	17,54	0,09	1,80
7	13.02.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	28.02.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	14.03.03	< l.d.	0,16	10,43	7,33	0,02	0,45	7,67	0,03	0,68
10	28.03.03	< l.d.	0,33	19,97	8,45	< l.d.	0,63	9,59	0,24	0,56
11	11.04.03	< l.d.	0,19	5,52	5,74	0,01	0,97	15,28	0,05	0,02
12	25.04.03	< l.d.	0,08	2,84	1,12	0,00	0,12	1,45	0,01	0,01
13	09.05.03	< l.d.	0,44	1,14	10,44	0,01	0,77	5,54	0,01	0,01
14	22.05.03	< l.d.	0,18	0,65	2,63	0,01	0,40	37,80	0,02	0,03
15	06.06.03	10,67	0,16	0,84	4,53	0,01	0,21	4,62	0,00	0,02
16	20.06.03	5,34	0,11	1,64	2,85	0,00	0,11	1,79	0,01	0,02
17	04.07.03	5,13	0,08	0,46	3,16	0,00	0,10	3,31	0,00	0,01
18	21.07.03	10,27	0,15	0,61	2,24	0,01	0,15	7,83	0,01	0,08
19	01.08.03	1,36	0,03	0,35	1,19	0,00	0,05	0,57	0,00	0,04
20	15.08.03	4,26	0,08	0,78	2,34	0,00	0,07	2,37	0,00	0,05
21	29.08.03	19,92	0,33	50,96	7,43	0,05	0,17	12,35	0,02	0,61
22	15.09.03	16,68	0,45	40,83	6,16	0,03	0,25	8,87	0,01	0,24
23	26.09.03	< l.d.	0,09	1,29	2,02	0,08	0,03	4,51	0,01	0,02
24	10.10.03	< l.d.	0,38	4,62	14,38	0,02	0,43	8,13	0,01	0,54
25	24.10.03	< l.d.	0,18	8,97	5,49	0,01	0,37	8,21	0,01	0,12
26	07.11.03	< l.d.	0,63	24,90	10,47	0,03	0,87	30,29	0,05	0,22
Média		7,95	0,28	17,32	7,06	0,03	0,41	8,91	0,03	0,28
Totais		73,63	6,57	388,64	165,85	0,48	9,74	208,05	0,71	6,50

(-): Não choveu; (<l.d): valor abaixo do limite de detecção empregado

Ao atravessar o dossel florestal do fundo de vale, a concentração dos metais-traço analisados se modificou, ocorrendo redução nos valores de cobalto, níquel, zinco, cádmio, manganês e chumbo. Contudo, no caso de boro, cromo e ferro, ocorreu o oposto: o seu enriquecimento na água da chuva. No divisor de drenagem o mesmo ocorre, com exceção do manganês, que, ao contrário do fundo de vale, enriquece ao atravessar as copas das

árvores. Os valores de enriquecimento e redução podem ser observados nas tabelas abaixo.

Tabela 7 – Enriquecimento do fluxo de cátions após passagem pelo dossel arbóreo.

Enriquecimento					
Divisor de drenagem			Fundo de vale		
Metais	g/ha	%	Metais	g/ha	%
B	19,46	35,92	B	27,51	50,78
Cr	0,24	3,72	Cr	1,25	119,820
Fe	64,66	63,9	Fe	108,14	106,87
Mn	177,09	83,71			

Tabela 8 – Empobrecimento do fluxo de cátions após passagem pelo dossel arbóreo.

Empobrecimento					
Divisor de drenagem			Fundo de vale		
Metais	g/ha	%	Metais	g/ha	%
Co	17,9	97,39	Co	16,79	91,38
Ni	4,30	30,37	Ni	5,10	36,3
Zn	590,01	73,93	Zn	547,64	68,62
Cd	0,91	56,39	Cd	0,58	35,52
Pb	10,82	62,47	Pb	7,96	45,96
			Mn	23,27	10,73

Isso pode indicar que um grupo de metais-traço está sofrendo uma absorção direta pelas copas das árvores. Dessa forma, a retirada de nutrientes da chuva pela copa das árvores pode ser feita diretamente por absorção foliar ou pela absorção de organismos epífilos (especialmente musgos, algas e líquens), que crescem nas lâminas foliares e são altamente efetivos na remoção de nutrientes da chuva que passa pelas folhas (Oliveira & Coelho Netto, 2001). No outro grupo, ao contrário, pode estar havendo um arraste do material particulado para o solo, ocasionado pelo contato da água da chuva com as copas, que geraria um processo de lavagem de folhas e galhos.

Assim, a precipitação atmosférica no Rio de Janeiro, em função de aportes de numerosos poluentes orgânicos e inorgânicos, está, predominantemente, ácida. Tal fato proporciona o aumento da perda de nutrientes pela lixiviação, e, ainda, tornaria a vegetação da área afetada mais susceptível a mudanças em sua ciclagem de nutrientes (Domingos *et al.*, 1995). Com relação aos poluentes inorgânicos, é de se destacar a presença de metais-traço, principalmente zinco, manganês e ferro, que alcançaram os maiores valores.

Contudo, os efeitos dos metais-traço nos ecossistemas florestais são ainda pouco conhecidos.

REFERÊNCIAS

- ARCOVA, F. C. S., CICCIO, V. de, ROCHA, P. A. B. Precipitação e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma bacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p257-262, 2003.
- CICCIO, V. Interceptação das chuvas por floresta natural de Mata Atlântica – São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo v.20, p.25-30, 1986.
- DOMINGOS, M., POGGIANI F., VUONO, Y. S., LOPES, M. I. M. S. Precipitação pluvial e fluxo de nutrientes na floresta da reserva biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. **Revista Brasil**. São Paulo, v.18, n.1, p119-131, 1995.
- HOUSE, T. G., PARK, S., ROAD, M. Pratical Environmental Analysis. In: V.N. BASHKIN & M. RADOJEVIC (Org.). **Rainwater Analysis**. The royal Society of chemistry: Cambridge, 1999. p.43-73.
- LEITÃO FILHO *et al.* **Ecologia da mata atlântica em Cubatão**. Campinas: Ed. UNESP. 184 p. 1993.
- MEGURO, M. VINUEZA, G.N. & DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária – São Paulo. II – O papel da precipitação na importação e transferência de potássio e fósforo. **Bol. Bot. Univ. S. Paulo**, 8: 7-20. 1979.
- NALON, M. A., VELLARDI, A. C. V. Interceptação na floresta secundária das encostas da serra do Mar, região de Cubatão, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo, SP, **Anais...** São Paulo, Revista do Instituto Florestal, v.4, p894-899. 1992.
- OLIVEIRA, R. R. de & COELHO NETTO A. L. Captura de nutrientes atmosféricos pela vegetação na Ilha grande, RJ. **Botânica**, Rio de Janeiro, n.51, p.31-49, 2001.
- OLIVEIRA, R.F., MAIA, A.A., PENNA, T.M.P.A. e CUNHA, Z.M.S. (1980). **Estudo sobre a flora e fauna da Represa do Camorim e áreas circunvizinhas**. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente/DIPEC. Relatório mimeografado. 43 p.
- JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in Tropical Ecosystems**. New York: John Wiley & Sons, 1985. 190 p.
- SOLÓRZANO, A. **Resultantes biogeográficas e da história ambiental na sucessão ecológica em um trecho de mata atlântica no maciço da Pedra Branca, RJ**. 2001. 21 f. Monografia (Bacharelado) – Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- VARJABEDIAN, R. **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais em mata Atlântica de encosta e em mata sobre Restinga, o Parque estadual da Ilha do Cardoso, SP**. 1994. 177 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994
- VELOSO, H.P. **Classificação da vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.