

CAPTURA DE NUTRIENTES ATMOSFÉRICOS PELA VEGETAÇÃO NA ILHA GRANDE, RJ*

Rogério Ribeiro de Oliveira**

Ana Luiza Coelho Netto***

Abstract

(Atmospheric nutrient capture by vegetation at Ilha Grande, RJ) We studied the processes of man's interaction with the forest and the relationship between forested land use by caiçara peoples and the resilience of the Atlantic forest as shown by mechanisms that interfere with sustainability. We examined a successional gradient of 5-yr and 25-yr-old slope forests, growing in areas once used for subsistence agriculture by the caiçara people in what is today the Praia do Sul State Biological Reserve on Ilha Grande, Rio de Janeiro state. These areas were compared to a near-climax forest tract located in Ilha Grande State Park. Functional aspects of each successional stage were examined in order to evaluate the efficiency of nutrient retention and conservation mechanisms, through the study of rain-water interception by the canopy.

Total rainfall for the 5-yr, 25-yr and climax forests for a 1-yr period (1 July 1997 to 30 June 1998) was 1245, 1478 and 4531mm, respectively. Rainfall intercepted by the canopy was 27.7%, 28.9% and 58.6% for these three areas. In the 5-yr forest, 19.8% of the area is made up of gaps in the canopy; in the 25-yr forest, this percentage falls to 17.7% and in the climax forest, 11.0%. Nutrient values were highest in the climax forest (Na: 151.3; Ca: 15.5; P: 6.6 e N: 6.6 kg/ha/yr). However, the ratio of nutrient content to throughfall and total rainfall (annual mean) was less than one for all nutrients in the three areas (except for Na and Ca in the 5-yr forest and N in the 25-yr forest) which represents an important strategy for capturing atmospheric nutrients.

Key words: Atlantic rain forest; rain interception, nutrients.

* Parte da tese de doutorado desenvolvida pelo primeiro autor sob a orientação da segunda autora no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ.

** Professor do Dept. de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio. Endereço: Rua Marquês de S. Vicente, 255. CEP 22453-900. Rio de Janeiro, RJ. email: nima-lab@igeo.puc-rio.br

*** Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ e coordenadora do Laboratório de Geo-Hidroecologia.

Pesquisas	Botânica	Nº 51	2001	p. 31-49
-----------	----------	-------	------	----------

Resumo

O presente trabalho apresenta os resultados do estudo dos processos interativos homem-floresta e especialmente a relação entre o uso do espaço florestado por populações caiçaras e a resiliência da Mata Atlântica, expressa através de mecanismos que interferem na sua sustentabilidade. Foi estudado um gradiente sucessional com idades de 5 e 25 anos de matas de encosta utilizadas anteriormente para cultivos de subsistência de populações caiçaras na Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Ilha Grande, RJ. Como forma de comparação, foi utilizado um trecho de floresta com características climáticas, situado no Parque Estadual da Ilha Grande. Foram avaliadas, em cada uma destas áreas, a eficácia de mecanismos de conservação e captura de nutrientes, por meio do estudo da água de chuva interceptada pelas copas em cada estágio.

A precipitação pluviométrica total nas áreas de 5 anos, 25 anos e climática no período de um ano (de 1/7/97 a 30/6/98) foi de 1.245; 1.478 e 4.531mm, respectivamente, sendo os valores de interceptação de chuva pela copa das árvores de 27,7%, 28,9% e 58,6%. Na área de 5 anos, 19,8% da área da mesma é formada por claros no dossel; na de 25 anos, 17,7% e na climática, apenas 11,0%. Quanto ao fluxo de nutrientes, as maiores massas ocorreram na área climática (Na: 151,3; Ca: 15,5; P: 6,6 e N: 6,6 kg/ha/ano). No entanto, a razão entre o fluxo de nutrientes na precipitação interna e precipitação total (média anual) foi menor do que zero para todos os nutrientes nas 3 áreas (exceto para Na e Ca na área de 5 anos e N na de 25 anos), o que representa uma estratégia de captura de nutrientes atmosféricos pela vegetação.

Palavras-chave: Mata Atlântica, interceptação de chuva, nutrientes.

Introdução

Em ambientes de florestas tropicais localizadas sobre solos pobres, a chuva pode ser considerada como uma significativa entrada de nutrientes para o ecossistema (Jordan, 1982). Por mecanismos evolutivos diversos, a comunidade florestal como um todo maximiza a eficiência da captura dos nutrientes nela contida. Neste processo, dois “filtros” superpostos representam um relevante papel: o primeiro é representado pela interceptação da chuva pelas copas das árvores, onde pode haver a captura de nutrientes atmosféricos por diversos organismos e processos. O segundo “filtro”, constituído pela malha de raízes e serapilheira sobre o solo, intercepta os nutrientes da água de lavagem do dossel e a chuva não interceptada (Jordan, 1991), constituindo a chamada precipitação interna. A importância conjugada destes processos pode se dar tanto em uma escala pontual como em nível de paisagem. Nesta última, é importante se verificar a resultante ecológica que o manejo das florestas exerce sobre a sua funcionalidade.

Quando a chuva incide sobre a floresta, sua qualidade é alterada durante a breve interação 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. 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 destes nutrientes. Segundo estes autores, a retirada de nutrientes pela copa das árvores é feita pela absorção de organismos como algas e líquens, que crescem nas lâminas foliares. No entanto, há que se destacar que tanto em um caso como no outro, as copas estão agindo como uma via de entrada para a captura de nutrientes atmosféricos. Aparentemente, no caso do Rio Negro, as copas das árvores agem como um filtro da água de chuva e, quando da queda das folhas, há a absorção pelas raízes dos nutrientes associados às mesmas. No exemplo da Mata Atlântica, estas estariam agindo mais como coletoras de aerossóis e partículas atmosféricas.

A Ilha Grande, local de realização deste trabalho, faz parte de um conjunto de ilhas e ilhotas que caracterizam uma baía de mesmo nome, na região de Angra dos Reis, no litoral sul do estado do Rio de Janeiro (figura 1). Trata-se de um fragmento do maciço litorâneo de cerca de 190 km², com um relevo bastante acidentado, sendo o Pico do Papagaio (959 m.s.m.) e a Serra do Retiro (1.031 m.s.m.) seus pontos de destaque. No que se refere ao impacto de diferentes culturas sobre a paisagem, é de se destacar a presença dos caíçaras na Ilha Grande. A cultura caíçara é característica do litoral dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná, e é baseada na pesca e em roças de subsistência.

O sistema de plantio utilizado pelos caíçaras, chamado de roça de toco ou coivara, é baseado na derrubada e queima da mata, plantio em sistema de policultura, seguindo-se um período de abandono ou pousio para restauração da fertilidade do solo, que pode variar de um mínimo de 4 até 50 anos (Adams, 2000). Com relação à sua sustentabilidade, Silva (1998) realizou uma roça caíçara experimental na Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande), onde evidenciou diversos aspectos positivos ligados à sua sustentabilidade ecológica. Quanto ao impacto deste tipo de cultura sobre a paisagem, Ewel (1976) destaca que a restauração da fertilidade que ocorre no período de pousio é feita pelo retorno da matéria orgânica e nutrientes para a superfície do solo, via produção e subsequente decomposição da serapilheira. Em função do espraçamento das roças de subsistência e, principalmente, das áreas de regeneração de roças abandonadas, o tipo de paisagem que se vê na Ilha Grande é formado por um grande mosaico de florestas secundárias com diferentes idades, de acordo com a época de abandono para pousio. Esta paisagem multifragmentada foi objeto de estudos com relação à sua funcionalidade, isto é dos mecanismos de sustentabilidade do sistema florestal ligados à captura e conservação de nutrientes (Oliveira, 1999).

Para o presente trabalho foram delimitadas na mata de encosta da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (RBEPS), com o auxílio de moradores mais antigos, duas formações com as idades de 5 e 25 anos. A primeira está localizada na Vila do Aventureiro, próxima a roças dos moradores. A área de 25 anos está situada a sudoeste do Aventureiro (a montante da Ponta dos Dragos), numa encosta conhecida por Simão Dias. Como forma de comparação, foi utilizado um trecho de floresta com características climáticas (ou seja, com alta biomassa e diversi-

dade de espécies), situado no Parque Estadual da Ilha Grande (PEIG) e corresponde à floresta com máximo desenvolvimento presente na ilha (Oliveira, 1999). O presente trabalho teve por objetivo quantificar as entradas e transferências atmosféricas de nutrientes via ciclo hidrológico nas três áreas supracitadas, verificando seu significado como um mecanismo de captura de nutrientes.

Materiais e métodos

A avaliação da interceptação da água de chuva pela vegetação (*through-fall*) foi feita nas três áreas supramencionadas com a utilização de 15 pluviômetros por área sucessional, confeccionados com garrafas plásticas descartáveis de refrigerante de 2 litros. Próximo ao gargalo foi feito um corte que secciona a garrafa em duas partes, sendo a referente ao mesmo colocada de forma invertida no interior da garrafa, formando assim um funil com diâmetro de 9,4cm. Na tampa original da garrafa foi feito um orifício de 1,5cm de diâmetro, onde foi afixada uma tela plástica com malha de 1mm, destinada a impedir a entrada de insetos ou resíduos. Uma bola de *ping-pong* foi colocada na parte coletora do gargalo, visando reduzir as perdas por evaporação. Em campo, os pluviômetros foram instalados de forma aleatória em cada formação sucessional e fixados ao piso florestal por meio de estacas dotadas de um suporte, sendo mantida a superfície coletora a 60cm do solo para se evitar a entrada de respingos de chuva do solo. A distribuição espacial da chuva que atravessa o dossel das florestas estudadas pôde ser aferida pelos valores dos coeficientes de variação calculados a partir das médias dos pluviômetros.

Para cálculo da porcentagem de interceptação da chuva pela vegetação (precipitação interna) foram obtidos os dados correspondentes de precipitação total. Para tanto, foi instalado um pluviômetro (na verdade um dispositivo para coleta de água de chuva) acima da copa das árvores, suspenso por uma vara de bambu de cerca de 6m e fixada com cordas ao tronco da árvore, de forma que o funil ficasse cerca de 2m acima de sua copa. Na sua extremidade foi fixado um funil plástico com 12,5cm de diâmetro, também dotado de tela. Na ponta do funil foi acoplada uma mangueira plástica com comprimento suficiente para chegar até o solo – e que chegou quase a 30m na área climática. Nesta extremidade, um reservatório plástico de 10 litros armazenou a precipitação incidente, referenciada neste estudo como precipitação total. A cada 15 dias foi feita a medida da chuva recolhida pelos dois dispositivos com proveta graduada, seguida de lavagem com água deionizada de cada coletor. O período de coleta foi de 1/7/97 a 30/6/98.

Preliminarmente à sua instalação, a margem de erro dos dispositivos utilizados foi aferida por meio de testes comparativos, ao ar livre, no Rio de Janeiro, com um pluviômetro convencional, utilizado em estações meteorológicas. Para tanto, foi instalada ao ar livre uma bateria de 4 pluviômetros feitos de garrafas plásticas e 4 funis fixados a reservatórios, deixados ao lado do pluviômetro convencional. Foram utilizados os dados obtidos em 8 eventos de chuva, de diferen-

tes magnitudes (de 5 a 35mm). Em média, os valores obtidos com os pluviômetros de plástico afastaram-se do pluviômetro convencional em 2,3% e os coletores de árvore em 3,1%.

Para se verificar a relação entre a porcentagem de interceptação e densidade das copas foi utilizado um densiômetro esférico, fabricado por Robert Lemon, Forest Densimeters, EUA. A medida de densidade de copas foi feita nos dias 1 e 2/7/98 nas três áreas de estudo. Seguindo as recomendações do fabricante, foram tomadas 4 medidas, sobre a exata projeção da boca de cada um dos 15 pluviômetros posicionados no solo. Assim, a média de densidade de copas de cada área foi feita a partir de 60 medidas.

Com o objetivo de se avaliar a capacidade da copa das árvores em absorver ou liberar nutrientes, foi tomada uma alíquota da água de chuva coletada pelos coletores das copas e uma amostra composta de cada pluviômetro localizado no solo em cada uma das três áreas, destinada à análise química em espectrofotometria de absorção atômica, sendo obtidos os valores das concentrações de N, P, Ca e Na. Multiplicando-se a concentração obtida para cada um destes íons pela quantidade de chuva e pela área correspondente aos funis, obteve-se a massa destes íons aportada pela precipitação atmosférica. As concentrações e o conteúdo da precipitação total e interna foram comparadas para se avaliar a eficiência da vegetação em interceptar íons da chuva.

Resultados e discussão

Precipitação total e interna

A interceptação da chuva pelo dossel de cada um dos ambientes de estudo foi relativamente elevada, principalmente na área climática. Na área de 5 anos, 27,7% da chuva anual foi interceptada pelas copas das árvores; na de 25 anos, o valor encontrado foi bastante próximo (28,9%) e na área climática, mais da metade da precipitação ficou retida na copa das árvores (58,6%) ou desviada para os troncos. Com relação à distribuição espacial da precipitação interna nos três ambientes de estudo, foi evidenciado um padrão decrescente do coeficiente de variação. A área com distribuição mais desigual foi a de 5 anos, com coeficiente de variação de 39,0% (média), seguida pela de 25 anos, com 28,2%, reduzindo para 24,1% na área climática. Este padrão decrescente pode ser creditado à arquitetura e densidade das copas nos ambientes de estudos. Enquanto que na área climática observa-se um dossel contínuo, multi-estratificado, na de 5 anos, claros no dossel se justapõem a trechos mais adensados, chegando raramente à sobreposição de duas ou mais copas. A este propósito, a medida de densidade de copas evidenciou este aspecto. Na área de 5 anos, 19,8% da área é formada por claros no dossel; na de 25 anos, 17,7% e na climática, apenas 11,0%.

Os valores de interceptação para as duas primeiras áreas (5 e 25 anos) estão dentro da faixa de variação encontrada na tabela 1, que apresenta valores de

precipitação e interceptação para diversas florestas tropicais. Para a área climática, o valor é elevado (58,6%), embora Nunes (1980, *apud* Varjabedian, 1994) afirme que as variações encontradas nas florestas tropicais estejam na faixa de 3 a 66%. Na região sudeste brasileira foi encontrado o valor de 66% (Freise, 1936 *apud* Golley *et al.*, 1978). A explicação para a alta taxa encontrada no Pico do Papagaio esbarra na ausência de dados que particularizem os eventos de chuva, já que as coletas eram feitas quinzenalmente, não se dispondo, portanto, de informações sobre a intensidade dos mesmos.

De acordo com a tabela 1, a precipitação total encontrada no Pico do Papagaio foi a mais elevada de todas as demais. Comparando-se as áreas de estudos da Ilha Grande, a variação foi baixa entre as áreas de altitude semelhante (as áreas de 5 e 25 anos) e alta em relação entre estas e a área climática (a 280 m.s.m.). Neste caso, o fator adiabático (resfriamento das massas de ar por elevação das mesmas) deve estar contribuindo de forma intensa para provocar esta diferença. As diferenças observadas parecem representar um padrão de variação da precipitação livre em resposta a fatores como situação topográfica, relevo, face de exposição das encostas aos ventos e massas polares e ao relevo continental. Em relação aos demais estudos citados, o valor de interceptação obtido no Pico do Papagaio foi o mais elevado. Com relação aos estudos feitos na região Sudeste, os trabalhos de caracterização fitossociológica disponíveis para as áreas de Cubatão (Leitão Filho, 1993) e Ilha do Cardoso (Melo, 1993) apontam, apesar de diferenças metodológicas, para diferenças estruturais marcantes entre estas áreas e o Pico do Papagaio, notadamente a área basal e densidade. Outro aspecto não mensurado em nenhum destes trabalhos é a carga de epífitos, que no Pico do Papagaio é alta e inexistente nas demais áreas de estudos da Ilha Grande. Chama também a atenção na referida tabela o fato de que, apesar da alta interceptação verificada na área climática, o resultado do coeficiente de variação obtido é um dos mais baixos, indicando menor variabilidade espacial da precipitação interna. Segundo Helvey & Patric (1965), existe uma tendência à diminuição do coeficiente da variação da água de gotejamento, em função do aumento da quantidade de chuva.

Tabela 1 – Valores de precipitação total, interna e interceptação de chuva encontrados por diversos autores (alt. = altitude; ppt. = precipitação; 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
Indonésia	100	2199	1918	n.i.	12,8	Asdak <i>et al.</i> , 1988
Costa Rica	1500	3191	2068	n.i.	35,2	Kenneth <i>et al.</i> , 1988
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
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	este estudo
Ilha Grande (área de 25 anos)	140	1478	1051 ± 296	28,2	28,9	este estudo
Ilha Grande (área climática)	280	4531	1876 ± 452	24,1	58,6	este estudo

Fluxo de nutrientes minerais pela chuva

No presente trabalho procurou-se determinar em que medida as concentrações encontradas na precipitação interna possam vir a constituir uma propriedade coletiva característica de cada estágio sucessional estudado. As concentrações mensais de sódio, cálcio, fósforo e nitrogênio na precipitação total e na interna dos três ambientes de estudos podem ser vistas nas tabelas 2, 3 e 4.

Assim como se encontrou grande variabilidade entre os totais de chuva ao longo de um ano nas três áreas de estudos, sua composição química também sofreu variações espaciais marcantes. No que se refere à média anual da concentração de nutrientes na precipitação total, o resultado obtido para sódio na área de 25 anos foi praticamente o dobro da verificada na área de 5 anos (8,38 e 4,62 mg/l, respectivamente), encontrando-se no Pico do Papagaio 3,46 mg/l. O cálcio apresentou maior concentração na área de 25 anos (1,06 mg/l); 0,70 mg/l na de 5 anos e 0,35 mg/l na climática. A maior concentração média de fósforo foi obtida na área de 5 anos (0,60 mg/l), seguida pela climática (0,27 mg/l) e pela de 25 anos

(0,12 mg/l). Finalmente, as concentrações médias de N foram 0,22; 0,17 e 0,15 mg/l, respectivamente nas áreas de 25 anos, 5 anos e climática. Visualiza-se melhor a localização espacial da média das concentrações anuais considerando-se as seguintes seqüências:

Na: 25 anos > 5 anos > climática.
 Ca: 25 anos > 5 anos > climática
 P: 5 anos > climática > 25 anos
 N: 25 anos > 5 anos > climática.

Portanto, dos 4 íons analisados, a área de 25 anos obteve valores mais elevados de concentração em 3 deles. Muito possivelmente isto se deve (pelo menos para Na e Ca) à sua posição geográfica, que é a mais a barlavento de todas as demais, estando, portanto, mais exposta aos ventos dominantes, que são leste, sudeste e sudoeste. Silva Filho (1985) encontrou na Floresta da Tijuca (RJ) forte correlação entre as massas de ar de origem marinha e os teores de Cl, Na, K, Ca e Mg, o que permite apontar o mar como fonte significativa destes íons. A área de 5 anos obteve maior concentração de P, o que em parte pode se dever à proximidade desta área a roças e outros pontos de queima de matéria orgânica.

Tabela 2 – Concentrações mensais (em mg/l) de sódio, cálcio, fósforo e nitrogênio na precipitação (ppt.) total e interna, na área de 5 anos (Vila do Aventureiro, RBEPS). Em negrito encontram-se os maiores e menores valores observados para cada elemento.

	Na		Ca		P		N	
	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.
julho	5,4	13,28	2,28	2,36	2,30	0,99	0,17	0,31
agosto	5,62	9,35	1,96	1,90	0,61	0,85	1,35	0,34
setembro	4,24	20,97	0,74	3,65	0,68	0,97	0,16	0,34
outubro	11,36	7,11	1,15	1,21	0,17	0,42	0,06	0,26
novembro	2,08	6,13	0,31	1,04	0,10	0,19	0,05	0,11
dezembro	7,38	4,92	0,33	1,43	0,18	0,52	0,10	0,18
janeiro	1,77	2,03	0,20	0,41	1,53	0,66	0,03	0,03
fevereiro	1,63	5,18	0,17	0,73	0,94	0,80	0,02	0,08
março	3,29	4,45	0,47	0,79	0,69	1,68	0,04	0,09
abril	4,34	7,15	0,47	0,93	0,02	0,10	0,01	0,01
maio	5,02	5,21	0,16	0,94	0,01	0,12	0,01	0,03
junho	4,13	7,15	0,15	1,28	0,01	0,12	0,00*	0,01
MÉDIA	4,62	7,74	0,70	1,39	0,60	0,62	0,17	0,15

*valor abaixo do limite de detecção.

Tabela 3 – Concentrações mensais (em mg/l) de sódio, cálcio, fósforo e nitrogênio na precipitação (ppt.) total e interna, na área de 25 anos (Simão Dias, RBEPS). Em negrito encontram-se os maiores e menores valores observados para cada elemento.

	Na		Ca		P		N	
	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.
julho	5,30	9,43	1,25	2,36	0,32	0,30	1,02	1,14
agosto	4,57	11,82	0,95	3,01	0,26	0,24	0,38	0,90
setembro	7,05	4,80	1,88	1,13	0,27	0,09	0,24	0,17
outubro	35,38	22,02	2,87	3,07	0,12	0,38	0,17	0,47
novembro	8,38	4,68	1,06	0,91	0,12	0,07	0,22	0,10
dezembro	4,13	3,71	0,38	0,97	0,05	0,07	0,07	0,09
janeiro	8,38	7,64	1,06	1,55	0,12	0,13	0,22	0,30
fevereiro	8,38	7,64	1,06	1,55	0,12	0,13	0,22	0,30
março	4,45	4,34	0,77	0,74	0,05	0,04	0,02	0,05
abril	3,91	4,13	0,51	0,90	0,02	0,12	0,05	0,01
maio	2,65	3,28	0,47	1,02	0,01	0,01	0,01	0,01
junho	8,01	8,23	0,45	1,43	0,01	0,01	0,01	0,01
MÉDIA	8,38	7,64	1,06	1,55	0,12	0,13	0,22	0,30

Tabela 4 – Concentrações mensais (em mg/l) de sódio, cálcio, fósforo e nitrogênio na precipitação (ppt.) total e interna, na área climática (Pico do Papagaio, PEIG). Em negrito encontram-se os maiores e menores valores observados para cada elemento.

	Na		Ca		P		N	
	ppt total	ppt. int.	ppt total	ppt. int.	ppt total	ppt. int.	ppt total	ppt. int.
julho	2,35	4,55	0,73	1,41	0,16	0,27	0,10	0,28
agosto	7,35	4,95	0,44	1,52	0,85	0,42	0,51	0,49
setembro	5,32	7,78	0,18	2,75	0,54	0,26	0,19	0,44
outubro	5,85	6,41	0,19	1,16	0,13	0,16	0,20	0,23
novembro	2,26	13,78	1,05	0,12	0,15	0,07	0,30	0,25
dezembro	1,48	6,05	0,07	0,72	0,06	0,15	0,14	0,23
janeiro	2,32	1,63	0,26	0,41	0,61	0,37	0,07	0,06
fevereiro	2,79	2,56	0,36	0,44	0,24	0,27	0,05	0,04
março	2,93	1,07	0,22	0,63	0,19	0,18	0,08	0,09
abril	3,46	5,03	0,35	1,00	0,27	0,20	0,15	0,19
maio	1,26	2,45	0,22	0,98	0,02	0,01	0,02	0,01
junho	4,13	4,13	0,15	0,85	0,01	0,01	0,01	0,01
MÉDIA	3,46	5,03	0,35	1,00	0,27	0,20	0,15	0,19

A composição química da água de precipitação interna vista nas tabelas 2, 3 e 4 apresentou igualmente variabilidade entre as áreas e entre os nutrientes. A tabela 5 apresenta os valores de concentração de nutrientes na água de chuva comparados com outros estudos. As concentrações encontram-se em faixas similares, levando-se em consideração a variabilidade de situações que cada localidade apresenta.

Tabela 5 – Valores médios anuais da concentração de nutrientes (mg/l) na precipitação total em diversos ecossistemas da costa sudeste brasileira. (altitudes em m.s.m.).

local	altit.	Na	Ca	P tot.	N tot.	autor
Cubatão , SP	120	3,0	2,0	0,1		Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993
Paranapiacaba* SP		0,87	0,55	0,12		Domingos <i>et al.</i> , 1995
Ilha do Cardoso, SP	120	2,86	0,43	0,1		Varjabedian, 1994
Floresta da Tijuca, RJ**	600	1,6	0,35	-	-	Silva Filho, 1985
Ilha Grande***	10	3,8	0,4	-	-	Silva Filho, 1998
Baía de Sepetiba, RJ	10	14,7	2,8	-	-	Pedlowisk, 1990
Ilha Grande, área de 5 anos	80	4,62	0,7	0,66	0,17	este estudo
Ilha Grande, área de 25 anos	140	8,38	1,06	0,12	0,22	este estudo
Ilha Grande, área climática	280	3,46	0,35	0,27	0,15	este estudo

* área menos afetada pela poluição; ** média de três pontos; *** sede da RBEPS.

A tabela 6 apresenta a razão entre a concentração na precipitação interna e na precipitação total. Valores maiores do que 1 significam que a precipitação interna, ou seja, a água de lavagem do dossel, está mais enriquecida em um determinado nutriente do que a água da chuva. Valores maiores que 1 podem indicar ainda o enriquecimento da água de gotejamento pela lavagem da deposição seca ou lixiviação dos componentes da vegetação. Valores iguais a um mostram que a concentração de um dado elemento é idêntica na precipitação interna e na água da precipitação total. Há ainda uma outra situação, em que valores iguais a um podem ocorrer, segundo Varjabedian (1994): quando há um aumento de concentração na precipitação interna após a interação com a vegetação, suficientemente exato para compensar a redução do volume de água devido à interceptação. Finalmente, no caso de valores menores que 1, a concentração de um dado elemento é menor na água da precipitação interna do que na água de precipitação livre, indicando a ocorrência de retenção e/ou absorção parcial de nutrientes pela vegetação. Este pode ser o caso em que por razões diversas – como absorção por epífitos (como algas, musgos e líquens) ou diretamente pela vegetação – os nutrientes da água de chuva estejam sendo seqüestrados no contato com a vegetação (Jordan, 1991).

Tabela 6 – Razão entre a concentração de nutrientes da precipitação interna e a precipitação total (média anual) e média das razões para cada área de estudo.

	Na	Ca	P	N	média
5 anos	1,67	1,46	1,03	1,13	1,32
25 anos	0,91	1,46	1,08	1,36	1,2
climática	1,45	2,85	0,74	1,26	1,57

A área de 5 anos foi a única dentre as demais que apresentou enriquecimento na água da precipitação interna para todos os íons estudados, embora em alguns casos, o enriquecimento tenha sido quase nulo, como para P (1,03) e em outros, mais elevado, como para Na (1,67). A tendência geral verificada neste estágio sucessional pode se dever, entre outros fatores, à virtual inexistência de epífilos na sua vegetação. 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 (Jordan *et al.*, 1980; Ineson, 1990). Geralmente este tipo de associação (líquens e musgos aderidos à lâmina foliar) é característica de ambientes mais maduros e estáveis. A grande expressão de espécies pioneiras na área de 5 anos (65,4%, segundo Oliveira, 1999) privilegia a existência de vegetais de ciclo de vida curto (Budowski, 1965), com produção contínua de folhas, altamente susceptíveis à herbivoria e quase sempre desprovidos de epífilos (Bazzas, 1991). Conforme visto na tabela 6, apenas para Ca a área climática apresentou razão entre a concentração de nutrientes da precipitação interna e a precipitação total bem superior às demais. A grande quantidade de cálcio estocada na biomassa epigea da vegetação da área climática deve favorecer o enriquecimento da sua concentração verificada na precipitação interna. Cleaveland (1996) constatou que 68% do cálcio da Floresta da Tijuca (RJ) está estocado em compartimentos epígeos (troncos, casca, folhas e vegetação herbácea) e os demais 32% encontram-se no solo, serapilheira e raízes. A última coluna da tabela 6 traz para cada área a média das razões entre a concentração de nutrientes analisados da precipitação interna e a precipitação total. A maior média foi na área climática (1,57) e a menor na de 25 anos (1,2). Estes resultados sugerem que este mecanismo de captura de nutrientes se recompõe bastante rapidamente, se compararmos os resultados obtidos entre as áreas de 5 anos e climática.

Ao se comparar estes números com a razão da concentração de nutrientes da precipitação interna e na precipitação total (média anual) em outras florestas tropicais (tabela 7), verifica-se que as razões encontradas para o presente estudo encontram-se em uma posição mediana ou inferior às razões obtidas para as demais. A grande variabilidade entre as precipitações totais nas três áreas de estu-

do, bem como das respectivas taxas de interceptação dificultam uma explicação genérica para este fato.

Tabela 7 – Razão entre a concentração de nutrientes da precipitação interna e a precipitação total (média anual) em ecossistemas tropicais.

local	Na	Ca	P tot.	N tot.	autor
Ilha do Cardoso, SP	1,63	2,25	2,86		Varjabedian, 1994
Floresta da Tijuca, RJ	1,56	4,3	-	-	Silva Filho, 1985
Floresta da Tijuca, RJ	3,9	3,0	-	-	Silveira, 1997
Paranapiacaba, SP*	-	3,97	2,25		Domingos <i>et al.</i> , 1995
Monteverde, Costa Rica	6,14	38,6	1,4		Clark <i>et al.</i> , 1998
média de diversas florestas tropicais	5,87	3,1	6,8	1,6	Parker, 1983**
Ilha Grande, área de 5 anos	1,67	1,46	1,03	1,13	este estudo
Ilha Grande, área de 25 anos	0,91	1,46	1,08	1,36	este estudo
Ilha Grande, área climática	1,45	2,85	0,74	1,26	este estudo

* área menos afetada pela poluição; ***apud* Dantas (1994)

Com relação às quantidades transferidas de nutrientes da chuva via lavagem das copas, os resultados encontram-se nas tabelas 8, 9 e 10. Em termos absolutos, a maior entrada obtida foi de sódio, na área climática, com 151,3 kg/ha/ano. Nesta área foram registrados os valores de cálcio, fósforo e nitrogênio de 15,5; 11,4 e 6,6 kg/ha/ano, respectivamente, estando as quantidades de nutrientes na seguinte ordem: Na > Ca > P > N. A área de 25 anos alcançou os maiores valores para Ca (17,1 kg/ha/ano), com os nutrientes mantendo a sequência Na > Ca > N > P. A área de 5 anos obteve o maior valor de P (6,2 kg/ha/ano) e a sequência dos fluxos dos nutrientes foi a mesma da área climática.

Tabela 8 – Fluxos mensais e totais (em kg/ha) de sódio, cálcio, fósforo e nitrogênio na precipitação (ppt.) total e interna na área de 5 anos (Vila do Aventureiro, RBEPS). Em negrito encontram-se os maiores e menores valores observados para cada elemento.

	Na		Ca		P		N	
	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.
julho	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0
agosto	5,6	5,7	2,0	1,2	0,6	0,5	1,3	0,2
setembro	3,3	10,8	0,6	1,9	0,5	0,5	0,1	0,2
outubro	8,6	3,3	0,9	0,6	0,1	0,2	0,0	0,1
novembro	2,6	7,2	0,4	1,2	0,1	0,2	0,1	0,1
dezembro	9,1	5,0	0,4	1,5	0,2	0,5	0,1	0,2
janeiro	2,7	1,8	0,3	0,4	2,3	0,6	0,0	0,0
fevereiro	2,5	6,7	0,3	0,9	1,5	1,0	0,0	0,1
março	5,6	6,3	0,8	1,1	1,2	2,4	0,1	0,1
abril	3,3	3,7	0,4	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0
maio	7,0	4,2	0,2	0,8	0,0	0,1	0,0	0,0
junho	1,8	2,2	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	52,4	57,0	6,4	10,4	6,8	6,2	1,9	1,1

Tabela 9 – Fluxos mensais e totais (em kg/ha) de sódio, cálcio, fósforo e nitrogênio na precipitação (ppt.) total e interna na área de 25 anos (Simão Dias, RBEPS). Em negrito encontram-se os maiores e menores valores observados para cada elemento.

	Na		Ca		P		N	
	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.	ppt. total	ppt. int.
julho	0,6	0,5	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1
agosto	4,1	8,9	0,8	2,3	0,2	0,2	0,3	0,7
setembro	10,7	3,4	2,9	0,8	0,4	0,1	0,4	0,1
outubro	62,2	13,4	5,1	1,9	0,2	0,2	0,3	0,3
novembro	13,4	5,9	1,7	1,1	0,2	0,1	0,3	0,1
dezembro	6,7	5,2	0,6	1,4	0,1	0,1	0,1	0,1
janeiro	12,4	8,6	1,6	1,7	0,2	0,2	0,3	0,3
fevereiro	13,6	11,7	1,7	2,4	0,2	0,2	0,4	0,5
março	10,7	7,2	1,8	1,2	0,1	0,1	0,0	0,1
abril	1,2	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
maio	2,8	3,2	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
junho	3,6	2,1	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	142,0	70,8	17,1	14,5	1,7	1,1	2,3	2,3

Tabela 10 – Fluxos mensais e totais (em kg/ha) de sódio, cálcio, fósforo e nitrogênio na precipitação (ppt.) total e interna na área climática (Pico do Papagaio, PEIG). Em negrito encontram-se os maiores e menores valores observados para cada elemento.

	Na		Ca		P		N	
	ppt total	ppt. int.	ppt total	ppt. int.	ppt total	ppt. int.	ppt total	ppt. int.
julho	0,6	0,6	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
agosto	13,1	7,4	0,8	2,3	1,5	0,6	0,9	0,7
setembro	18,6	4,9	0,6	1,7	1,9	0,2	0,7	0,3
outubro	32,7	7,8	1,1	1,4	0,7	0,2	1,1	0,3
novembro	13,7	34,2	6,4	0,3	0,9	0,2	1,8	0,6
dezembro	5,2	7,5	0,2	0,9	0,2	0,2	0,5	0,3
janeiro	11,8	4,5	1,3	1,1	3,1	1,0	0,3	0,2
fevereiro	10,6	3,0	1,4	0,5	0,9	0,3	0,2	0,0
março	22,1	4,8	1,7	2,8	1,4	0,8	0,6	0,4
abril	7,7	5,6	0,8	1,1	0,6	0,2	0,3	0,2
maio	4,3	3,2	0,8	1,3	0,1	0,0	0,1	0,0
junho	11,1	3,1	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	151,3	86,6	15,5	14,3	11,4	3,7	6,6	3,0

As razões entre os fluxos de nutrientes na precipitação interna/total são apresentadas na tabela 11. Praticamente para todos os nutrientes em todas as áreas, as razões assumiram valores menores do que as obtidas para as concentrações dos mesmos nutrientes mostradas na tabela 6, onde a média dos valores nas três áreas foi maior que 1. No caso atual, em que se leva em consideração os fluxos, isto significa uma efetiva absorção dos nutrientes na copa das árvores, reafirmando o papel de importante mecanismo de captura de nutrientes atmosféricos. Para a média das razões entre estes fluxos, foi observado um padrão de gradiente (decrecente em relação à idade sucessional), sendo que foram observados valores inferiores a 1 nas áreas de 25 anos e climática. Este fato sugere que quantidades maiores de nutrientes estão sendo interceptadas no contato da água da chuva com a vegetação nas florestas mais maduras, com eficiência crescente em relação à idade. Isto ainda sugere que estes mecanismos se tornam mais acentuados à medida em que a floresta avança na sucessão.

Tabela 11 – Razão entre os fluxos totais anuais de nutrientes da precipitação interna e a precipitação total (média anual) nos três ambientes de estudo.

	Na	Ca	P	N	média
5 anos	1,09	1,63	0,91	0,58	1,16
25 anos	0,50	0,85	0,65	1,00	0,86
climática	0,57	0,92	0,32	0,45	0,48

A comparação das quantidades de nutrientes importadas pela chuva com valores de outros ecossistemas da costa sudeste brasileira (tabela 12) mostra primeiramente que a precipitação total na área do Pico do Papagaio é muito superior à de todos os demais estudos, o que explica as quantidades elevadas de Na, Ca e N importadas pela chuva nesta área. Para sódio, foram encontradas concentrações altas (tabela 4), o que, associado à alta pluviosidade da área climática, explica a grande quantidade destes elementos na área. O cálcio apresentou valor mediano e o fósforo elevado em relação aos demais estudos.

Tabela 12 – Fluxo de nutrientes na precipitação total e na precipitação interna (valores em kg/ha/ano) em diversos ecossistemas da costa sudeste brasileira. Em cada célula, o primeiro número é o conteúdo na precipitação total e o número entre parênteses é o da precipitação interna.

local	ppt. mm	Na	Ca	P tot.	N tot.	autor
Paranapiacaba*, SP	3132	18,19 (23,17)	12,72 (35,33)	3,69 (4,59)	-	Domingos <i>et al.</i> , 1995
Ilha do Cardoso, SP	2617	64,9 (106,2)	10,26 (23,17)	0,23 (0,66)	-	Varjabedian, 1994
Floresta da Tijuca, RJ	2148	115,4 (180,4)	18,9 (81,8)	-	-	Silva Filho, 1985
São Paulo, SP	1443	-	-	1,1 (7,5)	-	Meguro <i>et al.</i> , 1979
Ilha Grande, área de 5 anos	1245	52,4 (57,0)	6,4 (10,4)	6,8 (6,2)	1,9 (1,1)	este estudo
Ilha Grande, área de 25 anos	1478	142,0 (70,8)	17,1 (14,5)	1,7 (1,1)	2,3 (2,3)	este estudo
Ilha Grande, área climática	4531	151,3 (86,6)	15,5 (14,3)	11,4 (3,7)	6,6 (3,0)	este estudo

* área menos afetada pela poluição

Curiosamente, apesar das elevadas quantidades dos íons importados via precipitação total, a razão entre o fluxo de precipitação interna e total encon-

trou-se em um patamar inferior às razões destes elementos verificadas em outros pontos da Mata Atlântica costeira, como pode ser visto na tabela 13. Entre outros fatores, este fato pode ser: a) uma consequência dos elevados valores de interceptação da chuva pelo dossel, especialmente na área climática ou b) uma adaptação evolutiva da comunidade. No caso das áreas de 5 e 25 anos, esta propriedade coletiva da comunidade vegetal pode ser uma resultante do manejo dos caixas, configurando-se como uma estratégia para sobreviver em solos pobres, particularmente em fósforo. Isto indica que a quantidade destes nutrientes, importada via precipitação total, está sendo em grande parte absorvida pela vegetação, por meio dos mecanismos de captura de nutrientes já referidos. A retirada destes nutrientes no contato da água da chuva com a vegetação sugere que a entrada de nutrientes via precipitação total pode assumir importância relevante em sistemas mais maduros, em relação a outras entradas, como o intemperismo. Por outro lado, o fluxo de escoamento pelo tronco (*stemflow*), aqui não contabilizado, pode representar uma importância maior do que geralmente é atribuída.

Tabela 13 – Razão entre o fluxo de nutrientes na precipitação interna e precipitação total (média anual) em diversos ecossistemas tropicais.

local	Na	Ca	P tot.	N tot.	autor
Monteverde, Costa Rica	2,01	4,0	9,6		Clark <i>et al.</i> , 1998
San Carlos de Rio Negro, Venezuela*	-	0,23	0,20	-	Jordan <i>et al.</i> , 1980
Cubatão, SP**	2,23	-	1,0	-	Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993
Paranapiacaba, SP	1,27	2,77	1,24	-	Domingos <i>et al.</i> , 1995
Ilha do Cardoso, SP	1,63	1,22	2,86	-	Varjabedian, 1994
Floresta da Tijuca, RJ*	1,56	4,32	-	-	Silva Filho, 1985
Ilha Grande, área de 5 anos	1,09	1,63	0,91	0,58	este estudo
Ilha Grande, área de 25 anos	0,50	0,85	0,65	1,00	este estudo
Ilha Grande, área climática	0,57	0,92	0,32	0,45	este estudo

* floresta de terra firme ** área menos afetada pela poluição

Com referência aos fluxos de nutrientes importados com a precipitação há que se destacar que, segundo Ineson (1990), o atravessamento de chuva (precipitação interna) e o fluxo de tronco constituem transferências e não verdadeiras entradas para o sistema, pois são constituídos de diversos componentes como deposição seca, deposição oculta e lixiviação da copa, ou seja, em grande parte é constituída por nutrientes já “pertencentes”, ou melhor, presentes ao sistema. Os nutrientes que chegam ao solo via precipitação interna podem ser perdidos por lixiviação, embora a camada superficial de raízes represente um segundo mecanismo de captura de nutrientes de grande eficiência (Jordan, 1992).

Do ponto de vista da importação e transferência de nutrientes pela vegetação, as evidências acima destacadas mostram que a razão entre o conteúdo de nutrientes na precipitação interna e na precipitação total pode ser considerada como um parâmetro de eficiência ecológica de utilização de nutrientes, que no caso em estudo, aumenta em função da maturidade do sistema. Considerando-se ainda os resultados obtidos para este parâmetro na área de 5 anos, é de se destacar que os mesmos tenham obtido valores inferiores a 1 para N e P. Para este último, o resultado obtido indica o desenvolvimento do mecanismo de captura destes nutrientes em espaço de tempo reduzido (5 anos), o que pode representar uma relevante estratégia da comunidade para seu estabelecimento em solos deficientes em fósforo, como é o caso desta área. Certamente contribuem ainda para a eficiência deste mecanismo de captura de nutrientes as elevadas taxas de interceptação da chuva pelas copas verificadas nas três áreas, particularmente na climáxia.

Com relação à eficiência apresentada pela área de 25 anos na captura de nutrientes atmosféricos, é de se supor que as vastas extensões de matas nesta idade e mais maduras encontradas na Ilha Grande apresentem comportamento semelhante. O clímax antrópico que é atribuído a estas florestas secundárias da Ilha Grande (Oliveira, 1999) é caracterizado por este importante aspecto, ligado à sua funcionalidade ecológica. Assim, o manejo florestal feito pelas populações caiçaras nas florestas da Ilha Grande parece preservar este importante aspecto funcional da Mata Atlântica.

Referências bibliográficas

- ADAMS, C. 2000. *Caiçaras na Mata Atlântica: pesquisa científica versus planejamento e gestão ambiental*. São Paulo, Ed. Amablume/ FAPESP. 337 p.
- ASDAK, C., JARVIS, P.G., GARDINGEN, P. & FRASER, A. 1998. Rainfall interception loss in unlogged and logged forest areas of Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Hydrology* 206: 237-244.
- BAZZAS, F.A. 1991. Regeneration of tropical forests: physiological responses of pioneer and secondary species. In: A. Gomes-Pompa, T.C. Whitmore and M. Hadley (eds.) Rain forest regeneration and management. *Man and the biosphere series* v. 6. Pub. London, UNESCO & The Parthenon Publ. Group. p: 159-180.
- BUDOWSKI, G. 1965. Distribution of tropical American Rain Forest trees in the light of successional process. *Turrialba* 15: 40-45.
- CLARK, L.C. et al. 1998. Atmospheric deposition and net retention of ions by the canopy in a tropical montane forest, Monteverde, Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 14: 27-45.
- CLEVELÁRIO Jr., J. 1996. *Distribuição de carbono e de elementos minerais em um ecossistema florestal tropical úmido baixo-montano*. Orientador: Nairam Félix de Barros. Viçosa: Dept. de Solos e Nutrição de Plantas/ UFV. 150 p. Tese (Doutorado em Agronomia).
- DANTAS, S.V. 1994. Precipitação e ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. *Floresta e Ambiente* 1: 117-122.
- DOMINGOS, M. et al. 1995. Precipitação pluvial e fluxo de nutrientes na floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. *Revta. Brasil. Bot.* 18(1): 119-131.

- EWEL, J.J. 1976. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. *J. Ecology* 64: 293-308.
- GOLLEY, F.B. et al. 1978. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. São Paulo, EPU: Ed. da Universidade de São Paulo. 256 p.
- HELVEY, J.D. & PATRIC, J.H. 1965. Design criteria for interception studies. *Inter. Assoc. Scientific. Hydroecology Bulletin*, 67: 131-137.
- INERSON, P. 1990. Field methods for estimation of nutrient inputs to terrestrial ecosystems. In: HARRISON, R.F., INERSON, P. & HEAD, O.W. *Nutrient cycling in terrestrial ecosystems*. London, Elsevier Applied Sciences. 198 p.
- JORDAN, C.F. 1991. Nutrient cycling processes and tropical forest management. In: A. Gomes-Pompa, T.C. Whitmore and M. Hadley (eds.) *Rain forest regeneration and management. Man and the biosphere series v. 6*. Pub. UNESCO & The Parthenon Publ. Group. p: 159-180.
- JORDAN, C.F. 1982. The nutrient balance of an Amazonian rain forest. *Ecology* 63 (3): 647-654.
- JORDAN, C.F. et al. 1980. Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an Amazonian rain forest. *Biotropica* 12 (1) 61-66.
- KENNETH, L.C. et al. 1998. Atmospheric deposition and net retention of ions by the canopy in a tropical montane forest, Monteverde, Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 14: 27-45.
- LEITÃO FILHO et al. 1993. *Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão*. Campinas, Ed. UNESP. 184 p.
- MEGURO, M. VINUEZA, G.N. & DELITTI, W.B.C. 1979. 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*, 7: 61-77.
- MELO, M.M. da R.F. 1993. *Composição florística e estrutura de trecho de Mata Atlântica de encosta, na Ilha do Cardoso (Cananéia, SP, Brasil)*. Orientador: Waldir Mantovani. São Paulo, 112 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências da USP).
- MIRANDA, J.C. 1992. *Intercepção das chuvas pela vegetação florestal e serapilheira nas encostas do Maciço da Tijuca: Parque Nacional da Tijuca, RJ*. Orientadora: Ana Luiza Coelho Netto. IG/UFRJ. 100 p. Dissertação (Mestrado em Geografia).
- OLIVEIRA, R.R. 1999. *O rastro do homem na floresta: sustentabilidade e funcionalidade da Mata Atlântica sob manejo caçara*. Rio de Janeiro/RJ: UFRJ/ Progr. Pós Graduação em Geografia. Orientadora: Ana Luiza Coelho Netto. 150 p. (Tese de doutorado).
- PEDLOWISK, M.A. 1990. *Entradas atmosféricas de nutrientes, metais pesados e acidez livre na Baía de Sepetiba, RJ*. Rio de Janeiro, 94p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- SILVA FILHO, E.V. 1985. *Estudos de chuva ácida e entradas atmosféricas de Na, K, Mg, Ca e Cl na Bacia do alto rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca, RJ*. Orientador: Irwing Foster Brown. Niterói, Dept. Geoquímica/ UFF. 89 p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica).
- SILVA FILHO, E.V. 1998. *Geoquímica da deposição atmosférica no litoral do Rio de Janeiro*. Orientador: Luiz Drude de Lacerda. Niterói, RJ: UFF, Dept. de Geoquímica. 157 p. Tese. (Doutorado em Geoquímica).
- SILVA, R.F. 1998. *Roça caçara: dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura*. Orientador: Eduardo Lima. Seropédica, RJ: UFRRJ, Dept. de Solos. 164 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).
- SILVEIRA, C.S. 1997. *Hidrogeoquímica em sistema de drenagem montanhoso-florestal: subsídio à compreensão do processo de intemperismo – Parque Nacional da Tijuca, RJ*. Rio de Janeiro, PPGG/UFRJ. 157 p. Orientadora: A. L. Coelho Netto. Dissertação (mestrado em Geografia).
- VARJABEDIAN, R. 1994. *Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais em Mata Atlântica de encosta e em uma mata sobre restinga, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP*. Orientador: W. B. C. Delliti. São Paulo, IB/USP. 177 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia).

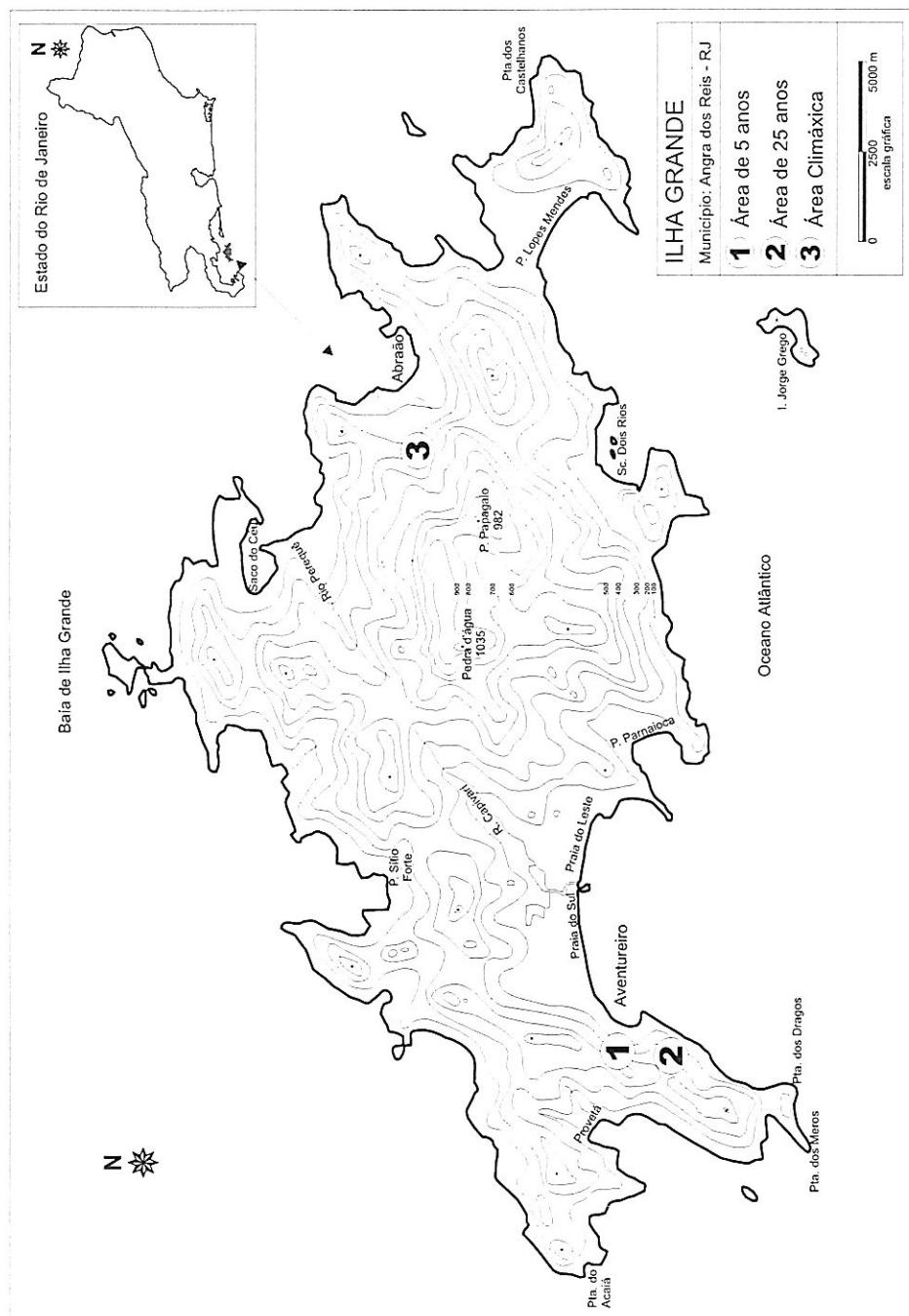


Figura 1 – Localização das áreas de estudo na Ilha Grande, Rio de Janeiro.