

# TRANSFERÊNCIA DE NUTRIENTES EM FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA SOB MANEJO DE POPULAÇÕES CAIÇARAS

Rogério Ribeiro de Oliveira\*

Rogério Ferreira da Silva\*\*

Eduardo Lima\*\*\*

## Abstract

*The transference of nutrients from the vegetation to the soil prior to leaf fall is one of the most effective mechanisms to allow the establishment of tropical forests on oligotrophic soils. This study aims to evaluate the effectiveness of that mechanism in an old-growth Atlantic Forest in Ilha Grande, Rio de Janeiro State, Brazil, where shifting cultivation was formerly performed. Litter production was monitored over one year, as litter samples were collected for chemical analyses. Total litter production was 9,200 kg/ha/year, corresponding to a contribution of 1.6, 32, 342, and 58 kg/ha of P, K, Ca and Mg, respectively. When litterfall is compared aboveground biomass, a decrease in nutrient concentrations is observed, 10.9 times for P, 5 times for K, 0.3 for Ca and 0.4 for Mg. The great decrease in P concentration in the recently formed litterfall suggests this nutrient is transferred before leaf fall, characterizing a mechanism for nutrient conservation. The development of such mechanism over a short-period (5 years) suggests a strategy for the establishment of secondary forests on P-deficient soils, contributing to the sustainability of crops under shifting cultivation.*

**Key-words:** Litterfall, nutrient transference, Atlantic Rain Forest.

---

\* Departamento de Geografia e NIMA/PUC – Rio, Rua Marquês de São Vicente, 255. Cep: 22453-900, Rio de Janeiro-RJ. E-mail: rro@geo.puc-rio.br

\*\* Doutorado, Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias.

\*\*\* Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

## Resumo

Dentre os mecanismos de conservação de nutrientes que permitem o estabelecimento de florestas tropicais em solos oligotróficos destaca-se a transferência de nutrientes antes da queda das folhas senescentes. O presente trabalho visa verificar a atuação deste mecanismo em uma formação secundária florestal na Ilha Grande (RJ), utilizada anteriormente como roça caiçara. Foi feito por um ano o monitoramento da produção de serapilheira e a análise química dos íons nela contidos. A produção total de serapilheira foi de 9.200 kg/ha/ano, correspondendo a um aporte de 1,6; 32; 342 e 58 kg/ha respectivamente de P, K, Ca e Mg. Comparando-se a sua concentração no material decíduo em relação ao material vivo, observou-se que para o fósforo a redução foi de 10,9 vezes; de 5,0 para K; de 0,3 para Ca e 0,4 para Mg. A elevada redução do teor de fósforo na serapilheira recém caída sugere que este elemento é transferido das folhas antes da sua abscisão, constituindo um mecanismo de conservação de nutrientes. O desenvolvimento deste em um espaço de tempo reduzido (5 anos) representa uma estratégia que favorece o estabelecimento desta formação secundária em solo deficiente em fósforo, contribuindo para a sustentabilidade das roças caiçaras.

**Palavras-chave:** Serapilheira, transferência de nutrientes, Floresta Pluvial Atlântica.

## Introdução

Embora não faça sentido se descrever uma “típica floresta tropical”, face às grandes variações que lhe são inerentes – notadamente na sua estrutura e composição – existe uma tendência geral que aponta a disponibilidade de nutrientes como um fator de natureza crítica para o funcionamento destes ecossistemas. A maioria dos solos das regiões tropicais encontra-se sob elevada intemperização, o que leva à dominância de colóides minerais de baixa capacidade de troca de cátions, acarretando uma baixa fertilidade natural, acentuada pela perda constante de bases durante o seu processo de formação. (Varjabedian, 1994). A pobreza de nutrientes estocados no solo de vastas áreas de florestas tropicais constitui um determinante que levou ao desenvolvimento, através da evolução, de mecanismos que possibilitam a sobrevivência da comunidade como um todo por meio da minimização de perdas por processos erosivos. Estes mecanismos de sustentabilidade funcional (Herrera *et al.*, 1978 e Jordan, 1991) constituem um conjunto de estratégias e estruturas de espécies individuais que, em conjunto, minimizam perdas e otimizam a captura das entradas de nutrientes.

Pode-se considerar que a eficiência no uso de nutrientes é uma propriedade coletiva dos indivíduos das inúmeras espécies que ocorrem em um local. Jordan (1991) apresenta uma relação destes mecanismos, que citamos resumidamente a seguir, reunindo-os em três grupos: a) *mecanismos de capturas de nutrientes*: constituídos de estruturas que promovem a captura de nutrientes de origem atmosférica ou oriundos da decomposição da matéria orgânica (como exemplos a presença de micorrizas, a absorção de nutrientes atmosféricos pelas fo-

lhas e a trama formada na superfície do solo pela malha de raízes com a serapilheira); b) *mecanismos de otimização do uso de nutrientes*: tratam-se de estratégias que minimizam as perdas por meio da eficiência no uso de nutrientes. Exemplos: as estratégias de reprodução com baixa quantidade de sementes, a habilidade de sobrevivência em solos com elementos tóxicos e a concentração baixa de nutrientes nos tecidos vegetais e c) *mecanismos de conservação de nutrientes*: representados por compartimentos de estoque de nutrientes ou estruturas que minimizam as perdas por lixiviação ou por predação de insetos. As defesas químicas e a transferência de nutrientes antes da abscisão e queda das folhas – objeto de estudo do presente trabalho – são alguns exemplos destes mecanismos.

Este último mecanismo é relevante em situações de solos pobres e está relacionado à transferência, para a planta, de nutrientes contidos na folha antes de sua abscisão e queda (Charley e Richards, 1983). Na bibliografia sobre o assunto são disponíveis diversas informações sobre a transferência de nutrientes anteriormente à queda das folhas em espécies individuais (como Golley *et al.*, 1978; Villela, 1997; Villela & Proctor, 1999). Segundo Montagnini & Jordan (2002), uma comparação do conteúdo de nutrientes entre as folhas verdes e a serapilheira não corresponde exatamente à quantidade transferida, já que existem perdas por lavagem e outros fatores, mas podem dar uma idéia da magnitude da transferência. Por outro lado, nos estudos de ciclagem de nutrientes em florestas é importante se ter em conta o impacto humano direto e indireto sobre os aspectos de funcionalidade dos ecossistemas (Clark, 2002). O presente trabalho objetiva detectar a presença deste mecanismo de conservação de nutrientes em uma formação secundária de Mata Atlântica na Ilha Grande, Rio de Janeiro, utilizada anteriormente para roças de populações caiçaras e encontrando-se em pousio para retorno da fertilidade ao solo.

## Materiais e métodos

O estudo foi realizado na parte sudoeste da Ilha Grande (litoral sul do Estado do Rio de Janeiro), onde está localizada a Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul. O clima é quente e úmido, com temperatura média anual de 24 °C, sem a ocorrência de estação seca definida, e a precipitação média é de 1.975 mm. A Mata Atlântica é a formação que empresta a principal fisionomia da Ilha Grande e, de acordo com Veloso *et al.* (1991), situa-se no domínio da Floresta Ombrófila Densa. As formações secundárias – geralmente em estágio avançado de regeneração – ocupam a maioria de suas encostas e constituem terras submetidas ao pousio após uso agrícola por populações locais e encontram-se com diferentes idades de abandono para a recuperação de fertilidade do solo. O presente trabalho foi realizado em uma formação florestal secundária com cinco anos de abandono, tendo sido utilizada anteriormente por caiçaras da Vila do Aventureiro para cultivos diversos. A vegetação é constituída por 26 espécies arbóreo-arbustivas,

sendo *Aegiphila sellowiana*, *Anadenanthera colubrina*, *Cecropia lyratiloba*, *Rapanea schwackeana* e *Vernonia polyanthes* as espécies que alcançaram maior valor de importância fitossociológica (Oliveira, 2002).

A serapilheira produzida foi monitorada no período de um ano (de 1/1/1997 a 31/12/1998), com o uso de coletores constituídos de 20 caixotes de madeira com 0,5m de lado, com fundo de tela de polietileno e afixados ao solo por meio de estacas de 70cm, de forma a se evitar a contaminação do material por salpicos de chuva (Proctor, 1993). O material decíduo foi coletado em intervalos quinzenais e, em laboratório, permaneceu em estufa a 80 °C até a obtenção de peso constante. Em seguida, foi feita a triagem do mesmo nas frações folhas, galhos, elementos reprodutivos e resíduos (fragmentos diversos, cascas, etc.). Após pesagem, foi separada uma alíquota proveniente do material completo referente ao conteúdo de 10 coletores, para análises de elementos solúveis (P, K, Na, Ca e Mg). Os dados de concentração de bioelementos nas folhas e galhos do material vivo foram obtidos a partir do trabalho de Silva (1998). Este autor implantou, da derrubada da floresta à colheita, uma roça caiçara, monitorando-a em aspectos ligados à sustentabilidade. Este estudo constou do cálculo da biomassa de uma área de 0,25 ha e, como foi feito no mesmo local do presente trabalho, foi possível comparar os dados de concentração de nutrientes nas folhas e galhos vivos com a concentração na serapilheira recém-caída, recolhida pelos coletores. Foram também realizadas coletas de amostras compostas de solo nas profundidades de 0-20 e 20-30 cm, as quais foram enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para a caracterização química, de acordo com a EMBRAPA/SNLCS (1997). Estes dados dizem respeito à fertilidade do solo da floresta cinco anos após o abandono da área.

## Resultados e discussão

As características químicas do solo (tabela 1) refletem a condição edáfica da roça caiçara a que foi submetido há cinco anos, configurando-se como moderadamente ácido, de fertilidade mediana para Al, Ca, Mg e K e muito baixa para P (Freire, 1998). A partir da queima da vegetação ocorrida quando da implantação da roça, é possível que tenha ocorrido uma liberação de nutrientes nela contidos – o que eleva o pH e provoca a precipitação do Al trocável. Com o tempo, ocorre a absorção e exportação de nutrientes pelos cultivos e as condições de fertilidade voltam a sofrer um decréscimo, tornando a melhorar à medida que o sistema se estabiliza com o pousio. Observa-se que os valores de pH, Ca e Mg foram similares nas duas camadas de solo, enquanto que o sódio e potássio apresentaram decréscimo de seus teores na camada 20-30 cm de profundidade. O teor de fósforo nas duas profundidades foi inferior à capacidade de detecção utilizada.

Tabela 1 – Caracterização química do solo, nas profundidades 0-20 e 20-30 cm, sob vegetação secundária.

amostras	pH	P	K	Ca	Mg	Na	Al
	H <sub>2</sub> O	mg.dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>		
0-20 cm	5,4	<1	0,30	2,1	1,1	0,10	0,2
20-30 cm	5,3	<1	0,28	2,2	1,0	0,06	0,5

Com relação à concentração destes elementos na serapilheira recém-produzida, os resultados encontram-se na tabela 2. O sódio apresentou a média de 1,63 mg/g, com valores mais elevados nos meses de abril e outubro. Potássio apresentou a maior variação de todos os demais elementos, com uma média de 3,43 mg/g e um coeficiente de variação de 40,5%. Para cálcio, a média foi mais elevada (33,5 mg/g), com um pico de concentração no mês de outubro. O magnésio apresentou a concentração mais elevada (7,47 mg/g) em janeiro, com igual valor em outubro. Fósforo apresentou a mais baixa concentração de todos os elementos analisados na área. Os valores obtidos por Cesar (1993) em mata mesófila decídua de São Paulo foram mais elevados para todos os elementos, exceto cálcio e magnésio. Já Mazurek (1998) obteve em Campos (RJ) concentrações superiores em fósforo e potássio. Com relação ao cálcio, a concentração encontrada na serapilheira da área estudada foi a mais elevada. Silva (1998), analisando a serapilheira estocada no solo na floresta secundária contígua à área deste estudo, encontrou para Ca também a mais alta concentração (26,0 mg/g) em relação aos demais nutrientes.

Tabela 2 – Concentração de nutrientes, média, desvio padrão e coeficiente de variação na serapilheira produzida na área de estudos.

meses	P	K	Na mg/g	Ca	Mg
janeiro	0,21	3,99	0,86	32,14	7,47
fevereiro	0,14	3,06	1,56	33,17	5,73
março	0,15	4,36	1,83	24,76	5,79
abril	0,13	5,88	2,27	27,00	4,67
maio	0,13	4,36	2,12	38,32	6,39
junho	0,15	2,43	1,33	35,13	5,87
julho	0,16	4,06	1,88	31,61	5,60
agosto	0,13	2,10	1,30	33,61	5,35
setembro	0,14	1,77	1,63	31,28	5,60
outubro	0,23	5,36	2,24	43,83	7,47
novembro	0,17	1,75	1,12	35,50	4,46
dezembro	0,25	2,42	1,40	35,70	4,68
<b>média</b>	0,17	3,46	1,63	33,50	5,76
<b>desvio padrão</b>	0,04	1,40	0,45	4,96	0,98
<b>CV %</b>	24,8	40,5	27,7	14,8	17,0

A tabela 3 apresenta o aporte destes elementos no solo, via produção de serapilheira, comparando-o com os valores encontrados em estudos feitos em diversas formações florestais do sudeste brasileiro. A massa total de serapilheira produzida pode ser considerada elevada, principalmente levando-se em consideração a idade sucessional (5 anos) da área estudada. Com respeito à composição das espécies, a área de 5 anos apresentou um percentual de 65% de espécies pioneiras (Oliveira, 2002), cujo papel para a produção de serapilheira é muito destacado. Estas espécies apresentam como características gerais um crescimento muito rápido e um lapso de vida curto, investindo pesadamente na produção de biomassa (Kageyama & Castro, 1989), o que permite gerar um grande aporte de serapilheira. Com relação aos aportes de elementos, apenas o valor de potássio encontra-se na mesma faixa reportada pelos demais estudos. Para Ca e Mg, os resultados foram bastante elevados, o que pode ser creditado à utilização do fogo quando da implantação da roça caiçara, que remobilizou estes elementos. Já para o fósforo, o resultado encontrado foi um dos mais baixos, relativamente aos demais trabalhos citados.

Tabela 3 – Massa total e fluxo (em kg/ ha/ano) de N, P, K, Ca e Mg na serapilheira produzida em diversas formações florestais do sudeste brasileiro.

local	massa	P	K	Ca	Mg	fonte
	total					
kg/ha/ano						
Ilha Grande, RJ (floresta climática)	10.000	1,7	38,0	205,0	46,0	Oliveira, 2002
S. Paulo, SP	9.400	9,4	38,0	104,0	18,2	Meguro <i>et al.</i> , 1979
Rio Claro, SP	9.400	6,8	48,3	149,0	27,3	Pagano, 1989
Campos, RJ (floresta a 50m de altitude)	9.400	5,7	40,8	38,7	25,5	Mazurek, 1998
Ilha Grande, RJ (floresta de 5 anos)	9.200	1,6	32,0	342,0	58,0	este estudo
Campos, RJ (floresta a 250m de altitude)	9.000	7,6	64,2	52,1	29,6	Mazurek, 1998
Anhembi, SP	8.800	6,0	43,0	109,0	24,0	Cesar, 1993
Ilha Grande, RJ (floresta de 25 anos)	8.700	1,3	29,0	289,0	50,0	Oliveira, 2002
Cubatão, SP	7.000	7,0	12,0	90,0	11,0	Domingos <i>et al.</i> , 1997
Cananéia, SP	6.300	4,0	21,0	60,0	19,0	Moraes <i>et al.</i> , 1993
Cubatão, SP	5.700	3,0	14,0	56,0	13,0	Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993

A tabela 4 apresenta a concentração de nutrientes nas folhas vivas e na serapilheira recém caída, estabelecendo uma razão de transferência entre ambas. O fósforo e o potássio apresentaram uma redução bastante significativa entre a sua concentração nas folhas vivas e na serapilheira recém caída. Observou-se uma redução de quase 11 vezes entre a concentração do fósforo na biomassa viva e na serapilheira recém-caída e para o potássio esta redução foi de cinco vezes. No caso do cálcio e magnésio, verificou-se o oposto – um enriqueci-

mento destes elementos na serapilheira recém caída. Esta razão foi de 0,3 e 0,4, o que corresponde, respectivamente, a um enriquecimento de 3,8 e 2,4 vezes. Dada a relativa imobilidade do cálcio (Villela & Proctor, 1999), diferenças amostrais na composição dos indivíduos e variações sazonais devem responder pela variação encontrada nos valores de cálcio observados entre a serapilheira recém caída e da biomassa viva. Para P, trata-se de valor bastante elevado, se comparados às taxas reportadas por Montagnini & Jordan (2002) em estudos semelhantes realizados na Colômbia e Venezuela, cuja razão de transferência situou-se entre 1,3 e 2,0. Vitousek & Sanford (1986) reportam que é esperada uma utilização mais eficiente deste elemento em situações de solos oligotróficos, o que é atribuído ao resultado de uma transferência do mesmo antes que a folha caia.

Tabela 4 – Concentração média de nutrientes nas folhas vivas e na serapilheira recém-caída na área de estudos. Valores das folhas vivas retirados de Silva (1998) para a mesma área.

material	P	K	Ca	Mg
	mg/g			
folhas e galhos vivos (a)	1,85	17,30	8,80	2,40
serapilheira recém-caída (b)	0,17	3,46	33,50	5,76
razão de transferência (a/b)	10,90	5,00	0,30	0,400

O fósforo representa o principal fator limitante ao funcionamento de muitas florestas tropicais, sendo acumulado principalmente na vegetação e na serapilheira (Vitousek, 1984). O aspecto crítico deste elemento na funcionalidade do ecossistema estudado e ainda, para o sistema de roças implantado na área, é também evidenciado pela pobreza do mesmo verificada na análise de solo. Na área de estudo, 88,8% do fósforo disponível no sistema encontra-se estocado nestes dois compartimentos, contra 11,2% no solo (Silva, 1998). É de se destacar também a eficiência das copas das árvores em absorvê-lo da chuva que se move pelas mesmas. Oliveira e Coelho Netto (2001), descrevendo o fluxo de nutrientes aportados pela precipitação pluviométrica na mesma área de estudos, encontraram para o fósforo uma razão entre a precipitação total e a precipitação interna inferior a zero, o que indica que a quantidade deste nutriente importada via precipitação total está sendo em grande parte absorvida pela vegetação, por meio dos mecanismos de captura de nutrientes anteriormente referidos.

A alta redução do teor de fósforo na serapilheira recém caída consubstancia a hipótese deste elemento ser transferido das folhas anteriormente à sua abscisão. Villela (1997) encontrou também maior taxa de transferência de P em algumas espécies na Ilha de Maracá (AM). Já para cálcio e magnésio, observou-se o oposto – como visto, um enriquecimento de 3,8 e 2,4 vezes – respectivamente.

Golley *et al.* (1978) também observaram um enriquecimento destes dois elementos (embora com valores mais baixos) entre a concentração nas folhas vivas e as recém caídas. Devido à baixa mobilidade do cálcio e do magnésio nos vegetais, estes elementos, além de não serem transferidos, por vezes são acumulados em folhas senescentes (Villela, 1997). Já o fósforo é um elemento altamente móvel, assim como o potássio, o que significa que estes estão sendo constantemente incorporados e liberados nos vários pontos da planta onde exercem suas funções (Malavolta, 1980). O desenvolvimento deste mecanismo de conservação de nutrientes em espaço de tempo reduzido (5 anos – a idade da floresta em estudos) representa, pois, uma relevante estratégia desta formação secundária para seu estabelecimento em solo deficiente em fósforo, como é o caso em tela.

Este mecanismo de conservação de nutrientes faz parte de um conjunto de estratégias de manejo que favorece as populações caíçaras no estabelecimento de seus cultivos de subsistência em solos de baixa fertilidade. O uso do fogo remobiliza e disponibiliza os nutrientes contidos na vegetação secundária que precede à roça (Silva, 1998). Estes são em parte acumulados no período de pousio por capturas atmosféricas pelas copas das árvores (Oliveira e Coelho Netto, 2001), cuja eficiência é otimizada pelo desenvolvimento de uma densa trama de serapilheira e raízes finas e pela rápida rebrota dos tocos na época de pousio. As espécies dominantes, por sua vez, são selecionadas pelo manejo na implantação das roças (Oliveira, 2002). Assim, agindo conjuntamente, estas estratégias de manejo e de práticas culturais permitem a sustentabilidade ecológica de suas roças, baseadas no sistema queima-pousio, nos níveis de produtividade obtidos, sem o aporte de insumos externos.

## Conclusões

A produção de serapilheira na área de estudo alcançou um valor elevado, se comparado aos encontrados em estudos feitos na região sudeste do Brasil, o que pode ser devido às características da vegetação secundária e à utilização do fogo feito pelos caíçaras na roça que precedeu a floresta secundária estudada.

O conteúdo de fósforo no solo é próximo a zero e muito baixo na serapilheira recém caída, encontrando-se o mesmo estocado em sua maior parte na biomassa viva.

Observou-se uma redução de quase 11 vezes entre a concentração do fósforo na biomassa viva e na serapilheira recém-caída; para o potássio esta redução foi de cinco vezes. No caso do cálcio e magnésio, verificou-se o oposto – um enriquecimento destes elementos na serapilheira recém caída. Esta elevada redução do teor de fósforo na serapilheira se deve provavelmente ao seu translocamento das folhas antes da sua abscisão.

Este mecanismo de conservação de nutrientes contribui para garantir a sustentabilidade ecológica das roças caiçaras implantadas em solos de baixa fertilidade, particularmente em fósforo.

## Agradecimentos

Os autores são gratos a Antonio Cardoso de Souza, morador da Vila do Aventureiro, pela inestimável ajuda nos trabalhos de campo e informações prestadas sobre a implantação de uma roça caiçara. E também a Dora Maria M. Vilella, da Universidade Estadual do Norte Fluminense, por sugestões nas análises dos dados.

## Referências bibliográficas:

- CESAR, O. 1993. Nutrientes minerais da serapilheira produzida na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, Município de Anhembi, SP. *Revista Brasileira de Biologia* 53(4): 659-669.
- CHARLEY, J.L. & RICHARDS, B.N. 1983. Nutrient allocation in plant communities: mineral cycling in terrestrial ecosystems. In: Lange, O.L (ed.). *Physiological Plant Ecology*, vol. IV: *Ecosystems Processes: Mineral Cycling, Productivity and Man's Influence*. Berlin, Springer-Verlag. p.: 5-45.
- CLARK, D.B. 2002. Los factores edáficos y la distribución de las plantas. In: GUARIGUATA, M.R. & KATTAN, G. H. (eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cartago: Ediciones LUR, p. 193-221.
- DOMINGOS, M., LOPES, M.I.M.S. & STRUFALDI-DE VUONO, Y. 1997. Nutrient cycling disturbance in Atlantic Forest sites affected by air pollution coming from the industrial complex of Cubatão, Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 23 (1): 77-85.
- EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. *Manual de métodos de análise de solo*, 2ª edição, Rio de Janeiro, Ed. EMBRAPA, 212 p.
- FREIRE,R.L., BLOISE, R.M., MOREIRA, G.N.C. & EIRA, P.A.1998. Análise química do solo. In: De-Polli, H. (cord.). *Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro*. Itaguaí: Ed. Universidade Rural. p. 24-37.
- GOLLEY, F.B., MCGINNES, J.T., CLEMENTS, R.G., CHILD, G.I. & DUEVER, M.J. 1978. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. São Paulo, EPU: Ed. da Universidade de São Paulo. 256 p.
- HERRERA, R., C.F. JORDAN, H. KLINGE & E. MEDINA 1978. Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia* 3 (4): 223-231.
- JORDAN, C.F. 1991. Nutrient cycling processes and tropical forest management. In: A. GÓMES-POMPA, T.C. WHITMOTE & HADLEY M. (eds.) *Rain forest regeneration and management*. Man and the biosphere series v. 6. London: Pub. UNESCO & The Parthen Publ. Group, p: 159-180.
- KAGEYAMA, P.Y. & CASTRO, C.F.A. 1989. Secessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. *Revista do IPEF* 41/42: 83-93,
- LEITÃO FILHO, H. 1993. *Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão*. Campinas: Ed. UNESP, 184 p.
- MALAVOLTA, E. 1980. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 294 p.

- MAZUREC, A.P. 1998. *Ciclagem de nutrientes em mata atlântica de encosta na Serra do Imbé, Norte Fluminense em duas altitudes*. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 188 p.
- MEGURO, M. VINUEZA, G.N. & DELITTI, W.B.C. 1979. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária – São Paulo. I – Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 7: 11-31.
- MONTAGNINI, F. & JORDAN, C.F. 2002. Reciclagem de nutrientes. In: GUARIGUATA, M.R. & KATTAN, G. H. (eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cartago: Ediciones LUR, p. 167-191.
- MORAES, R. M., DELLITI, W.B.C., RINALDI, M.C.S.R. & REBELO, C.F. 1998. Ciclagem mineral em mata atlântica de encosta e mata sobre restinga, Ilha do Cardoso, SP; nutrientes na serapilheira acumulada. In: IV SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, Águas de Lindóia, *Anais ...* São Paulo: ACIESP, p. 71-77.
- OLIVEIRA, R. R. & COELHO NETTO, A. L. 2001. Captura de nutrientes atmosféricos pela vegetação na Ilha Grande, RJ. *Pesquisas, Botânica* 51: 31-49.
- OLIVEIRA, R.R. 2002. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. *Rodriguésia* 53 (82): 33-58.
- PAGANO, S.N., 1989. Nutrientes minerais do folheto produzidos em mata mesófila do município de Rio Claro, SP. *Revista Brasileira de Biologia* 49 (3): 641-647.
- PROCTOR, J. 1983. Tropical forest litterfall. I: Problems of data comparison. In: SUTTON, S.L., WHITMORE, T.C. & CHADWICK, A.C. (eds.) *Tropical rain forest: ecology and management*. Oxford: Blackwell, Sci. Publications, p. 267-274.
- SILVA, R.F. 1998. *Roça caiçara: dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 164 p.
- VELOSO, H.P., RANGEL-FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 124 p.
- VILELLA, D.M. & PROCTOR, J. 1999. Litterfall mass, chemistry, and nutrient retranslocation in a monodominant Forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. *Biotropica* 31 (2): 198-211.
- VILELLA, D.M. 1997. Ciclagem de nutrientes em florestas de terra firme na Ilha de Maracá, Roraima. In: BARBOSA, R.I. & CASTELLÓN, E. (eds.): *Ocupação humana e ecologia em Roraima*. Manaus : Ed. INPA, p. 331 – 348.
- 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*. Dissertação (Mestrado em Ecologia). São Paulo, IB/USP. 177 p.
- VITOUSEK, P.M. & SANFORD, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematic* 17: 137-167.
- VITOUSEK, P.M. 1984. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology* 65: 285-298.