

---

## CONCENTRAÇÃO E REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE *Hevea brasiliensis* E *Pinus oocarpa*

MARIA DO ROSÁRIO LOBATO RODRIGUES<sup>1</sup>  
CARMEN SILVIA VIEIRA JANEIRO NEVES<sup>2</sup>  
ALEXANDRE C. SILVA<sup>3</sup>  
ANACLETO RANULFO DOS SANTOS<sup>4</sup>  
ARY VIEIRA DE PAIVA<sup>5</sup>  
SÉRGIO L. DE M. MELLO<sup>5</sup>

---

RODRIGUES, M. R. L.; NEVES, C. S. V. J.; SILVA, A. C.; SANTOS, A. R. dos; PAIVA, A. V. de; MELLO, S. L. M. Concentração e redistribuição de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* e *Pinus oocarpa*. *Semina: Ci. Agrárias*, Londrina, v. 21, n. 1, p. 61-66, mar. 2000.

**RESUMO:** Avaliou-se a concentração dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas de uma angiosperma (*Hevea brasiliensis*) e de uma gimnosperma (*Pinus oocarpa*), com 8 e 25 anos de idade, respectivamente, cultivadas sobre Terra Roxa Estruturada eutrófica (Alfissolo). Avaliou-se também a redistribuição de nutrientes. Foram coletadas amostras de folhas jovens, maduras, senescentes e do folheto. Os teores dos elementos analisados nas folhas da seringueira foram significativamente superiores aos das acículas do pinheiro, chegando a valores 3 a 4 vezes maiores para N, P, K e Ca, confirmando a elevada capacidade do pinheiro de produzir biomassa, com menor quantidade relativa de nutrientes. Para *Pinus oocarpa*, estimou-se que 43% de N, 65% de P e 75% de K foram redistribuídos das acículas recém-caídas para acículas jovens. Em *Hevea brasiliensis*, estimou-se que 59% de N, 65% de P e 60% de K foram redistribuídos das folhas recém-caídas para as folhas jovens.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pinheiro, seringueira, macronutrientes, nutrição, ciclagem bioquímica.

---

### INTRODUÇÃO

As plantações de *Pinus* spp. têm expressiva participação na produção do setor florestal brasileiro, suprimindo indústrias madeireiras e de celulose e papel, além de resina e derivados. A seringueira (*Hevea brasiliensis*) é a principal espécie explorada comercialmente para a produção de borracha natural e vem se destacando cada vez mais com sua introdução, no oeste do Estado de São Paulo.

Um fator importante na nutrição das plantas, particularmente das espécies florestais, é a redistribuição de nutrientes na árvore. A partir das folhas em processo de senescência, quando a estrutura das células se desintegra, a maioria dos nutrientes móveis são transportados dos tecidos senescentes para os tecidos novos (Switzer & Nelson, 1972). Com a queda de folhas e ramos, uma parte dos nutrientes retornam ao piso da floresta após a decomposição desses materiais;

outra parte torna-se disponível, podendo ser reabsorvido, completando o ciclo biogeoquímico.

A absorção anual de nutrientes pela maioria das espécies florestais é aproximadamente da mesma amplitude que das espécies agrícolas (Pritchett & Fischer, 1987). Entretanto, dependendo do estágio de desenvolvimento da floresta, a ciclagem biogeoquímica de nutrientes pode responder pelo atendimento da maior parte da demanda nutricional das árvores. Estudos realizados sobre a redistribuição de nutrientes em *Pinus* indicaram que para as folhas produzidas no verão, 48%, 86% e 39% do N, P, K, respectivamente, foram provenientes de folhas da estação anterior (Fife & Nambiar, 1982).

A redistribuição de nutrientes é importante na nutrição das árvores, pois, embora represente uma pequena parcela da biomassa total da planta, a biomassa da copa possui um elevado teor de elementos minerais, principalmente nas folhas. Poggiani *et al.* (1984) verificaram que, para

---

<sup>1</sup> Embrapa Amazônia Ocidental - C.P. 319 - 69.048-660 - Manaus - AM

<sup>2</sup> Departamento de Agronomia, UEL - C.P. 6001 - 86.051-990 - Londrina - PR

<sup>3</sup> Departamento de Ciência do Solo, UNIFENAS, Alfenas - MG

<sup>4</sup> Departamento de Química, UFBA, Cruz das Almas - BA

<sup>5</sup> Estudante de Pós-Graduação do Dep. de Ciências Florestais, ESALQ-USP, Piracicaba - SP

diferentes espécies de *Eucalyptus*, o lenho dos troncos, apesar de representar 50% a 67% da biomassa total, contém apenas 13% a 18% dos macroelementos, enquanto que as folhas, apesar de possuírem apenas 16% a 28% da biomassa total, contém uma quantidade de nutrientes que representa 50% a 65% do total. Segundo Bray & Gorham (1964), as serapilheiras das diferentes florestas, em geral, são compostas de 60% a 80% por folhas, de 1% a 15% por ramos e de 1% a 25% por cascas de árvores.

A taxa de redistribuição de nutrientes nas partes componentes da planta varia com a espécie, nutriente considerado, práticas de manejo, taxa de crescimento e idade da planta. De acordo com Switzer & Nelson (1972), para plantas de *Pinus taeda*, com 20 anos de idade, o suprimento pela redistribuição é de 39% das necessidades de N, 60% de P, 22% de K, 24% de Mg e 22% de S. Com relação à idade da planta, Miller (1984) observou que nas duas primeiras décadas de vida de *Pinus nigra* existe um desbalanço entre o número de folhas em formação e o número de folhas velhas sendo descartadas, pois a planta encontra-se em fase de formação da copa.

Este estudo teve como objetivo avaliar a concentração dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S em folhas jovens, maduras, senescentes e recém-caídas de *Hevea brasiliensis* e *Pinus oocarpa*

e estimar a redistribuição destes nutrientes das folhas recém-caídas para as folhas jovens.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em talhões de *Pinus oocarpa*, com 25 anos, e *Hevea brasiliensis* com 8 anos de idade, localizados no Campus da ESALQ/USP em Piracicaba - SP. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Cwa, com temperaturas médias de 18 e 22° C, respectivamente no mês mais frio e no mês mais quente. A precipitação média anual é de 1.250 mm. O relevo é suave ondulado e o material de origem do solo é constituído de sedimentos neoceno-zóicos com forte influência de um dique de rochas magmáticas alcalinas (diabásio). O solo foi descrito por Torrado & Sparoveck (1990) como Terra Roxa Estruturada, eutrófica, textura argilosa.

Para melhor caracterização edáfica dos talhões, foram coletadas quatro subamostras de solo na camada de 0-20 cm, na projeção da copa de cada árvore em estudo, perfazendo um total de 20 subamostras, que constituíram as amostras compostas. As determinações químicas e físicas destas amostras foram realizadas de acordo com a metodologia preconizada pela EMBRAPA (1979). Os resultados encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1** – Caracterização química de amostras de solo coletadas na camada de 0-20 cm do solo sob povoamento de *Pinus* e *Hevea*.

Espécie	pH <sup>1</sup>	P <sup>2</sup> mg dm <sup>-3</sup>	Ca	Mg	K	Al	H	SB <sup>3</sup>	T <sup>4</sup>	V <sup>5</sup>	m <sup>6</sup> %	MO <sup>7</sup>
<i>Pinus</i>	6,7	14,9	5,8	2,8	0,36	0,1	1,8	8,86	10,76	82,3	1,12	2,0
<i>Hevea</i>	6,6	4,4	3,0	2,7	0,56	0,1	3,5	6,36	9,96	63,8	1,55	2,0

(<sup>1</sup>) pH em água; (<sup>2</sup>) P – resina; (<sup>3</sup>) Soma de bases trocáveis (Ca+Mg+K); (<sup>4</sup>) Capacidade de troca de cátions (SB+H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>);

(<sup>5</sup>) Saturação de bases (SE/T.100); (<sup>6</sup>) Saturação de alumínio [Al<sup>3+</sup>/(SB+Al<sup>3+</sup>).100]; (<sup>7</sup>) Matéria orgânica.

**Tabela 2** – Resultado da análise granulométrica<sup>(1)</sup> de amostras de solo coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade, sob povoamento de *Pinus* e *Hevea*.

Espécie	Areia	Silte	Argila	Classe Textural <sup>(2)</sup>
<i>Pinus</i>	420	180	400	Argilosa
<i>Hevea</i>	480	160	360	Argilosa

(<sup>1</sup>) Classes de Diâmetro (mm): areia = 2-0,05; silte = 0,05-0,002; argila = <0,002

(<sup>2</sup>) Classe de Textura (g kg<sup>-1</sup>): <140 de argila e >700 de areia = arenosa; <350 de argila, <500 de areia = média; 350 a 590 = argilosa; > 600 = muito argilosa; >500 de silte, <350 de argila e <150 de areia = siltosa.

Em cada talhão foram escolhidas aleatoriamente cinco árvores. No início do outono de 1995, coletaram-se amostras de folhas jovens, maduras e senescentes em quatro pontos ortogonais da porção mediana da copa de cada árvore. O folheto (folhas recém-caídas) foi coletado na projeção da copa das árvores em estudo. A determinação dos estádios fenológicos das folhas foi feita com base na posição das mesmas nos ramos. Foram denominadas de folhas jovens aquelas dispostas na parte superior (terminal ou lateral) dos ramos, com 2 a 3 meses de idade. Folhas maduras, com aproximadamente um ano de idade, encontravam-se na parte mediana dos ramos e folhas senescentes (cloróticas no *Pinus* e avermelhadas na seringueira) situavam-se na parte inferior dos ramos.

O material vegetal, após identificação e lavagem, foi acondicionado em sacos de papel e colocado para secar em estufa com circulação de ar forçado, mantida a 60-70°C até peso constante. Posteriormente o material foi triturado e digerido para obtenção de extratos. A análise química das folhas seguiu a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1989).

Os resultados foram analisados estatisticamente, para cada espécie, segundo o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos

(folhas em diferentes estádios fenológicos) e cinco repetições (árvores), totalizando 20 parcelas.

A redistribuição dos elementos foi calculada comparando-se as concentrações de nutrientes no folheto com as concentrações das folhas maduras, com base em Attiwill *et al.* (1978):

Redistribuição (%) = concentração no folheto - concentração na folha madura / concentração na folha madura x 100.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições em que o estudo foi realizado, observou-se que, no caso do pinheiro (Tabela 3), as concentrações dos elementos nas acículas maduras foram inferiores às consideradas adequadas para essa espécie, em g kg<sup>-1</sup>, N: 12 - 13, P: 1,4 - 1,6, K: 10 - 11, Ca: 3,0 - 5,0, Mg: 1,5 - 2,0, S: 1,4 - 1,6, exceto para o cálcio (Malavolta *et al.*, 1989). Para a seringueira (Tabela 4), com exceção do N e do Mg, as concentrações foliares encontradas mostraram-se superiores aos dados de literatura, sendo, em g kg<sup>-1</sup>, N: 26 - 35, P: 1,6 - 2,3, K: 10 - 14, Ca: 7,6 - 8,2, Mg: 1,7 - 2,4, S: 1,8 - 2,6 (Shorrocks, 1979).

**Tabela 3** – Concentração média de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>) em folhas de diferentes estádios fenológicos em *Pinus oocarpa*.

Estádio fenológico	Nutrientes (g kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Folha nova	8,12 a *	1,06 a	13,86 a	2,04 b	1,32 a	1,00 a
Folha madura	7,76 a	0,86 b	9,36 b	3,80 a	1,48 a	1,26 a
Folha senescente	7,40 a	0,66 c	7,56 b	4,16 a	1,60 a	1,02 a
Folheto	4,40 b	0,30 d	2,26 c	3,36 a	0,88 b	0,72 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 4** – Concentração média de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>) em folhas de diferentes estádios fenológicos em *Hevea brasiliensis*.

Estádio fenológico	Nutrientes (g kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Folha nova	30,56 a *	3,96 a	35,96 a	7,74 b	2,58 a	2,06 a
Folha madura	24,16 b	3,26 a	33,78 a	15,36 a	1,58 b	1,92 a
Folha senescente	15,34 c	2,28 b	31,22 a	16,74 a	1,20 b	2,22 a
Folheto	12,48 c	1,32 c	14,28 b	17,52 a	1,74 ab	1,88 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

No caso específico da seringueira, observou-se que o equilíbrio relativo dos elementos nas folhas maduras da seringueira foi: N/P = 7,41; N/K = 0,72; K/P = 10,36; K/Mg = 21,38 e Mg/P = 0,48. Confrontando as relações dos teores foliares encontrados com aqueles apresentados por Gener & Serve (1984) em sua revisão sobre análise foliar e nutrição mineral da seringueira, verifica-se que as relações N/P e N/K estão desequilibradas, devido aos baixos teores foliares de nitrogênio, indicando uma deficiência nutricional com relação a este elemento. No caso do potássio, encontraram-se teores muito elevados deste elemento nas folhas da seringueira, provocando desequilíbrios nutricionais, principalmente na relação K/Mg. Assim, a carência em magnésio pode ser explicada pelo antagonismo clássico entre K e Mg, provocado pelos elevados teores de potássio nas folhas e no solo (Tabelas 1 e 4).

A dinâmica de nutrientes nas árvores varia em função da espécie, da idade, condições edafoclimáticas do sítio e práticas de manejo adotadas. Neste estudo observou-se que a concentração dos nutrientes nas folhas das duas espécies variou em função do estágio fenológico. A concentração de Ca nas folhas, por exemplo, aumentou com a idade das mesmas, enquanto a de outros elementos como o N, P e K decresceram significativamente, indicando, neste caso, uma redistribuição de nutrientes de órgãos senescentes para regiões de crescimento da árvore (Tabelas 3 e 4). Os elementos mais móveis (N, P, K e Mg) apresentaram-se em concentrações mais elevadas nas folhas jovens; enquanto no folheto, as concentrações desses elementos foram significativamente menores. Comportamento inverso foi verificado para o Ca, que possui baixa capacidade de redistribuição. Segundo Marschner (1986), a elevação dos teores de cálcio com a idade das folhas pode ser explicada, principalmente, pelo aumento na produção de material estrutural e compostos de reserva e pela

baixa mobilidade deste elemento na planta, provocando uma "concentração" deste nutriente. Pritchett & Fisher (1987), em seus estudos sobre ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, também chamam a atenção para o fato de que as folhas jovens são sempre mais ricas em nitrogênio, fósforo e potássio, e mais pobres em cálcio, do que as folhas maduras.

Para o *Pinus oocarpa*, a ordem relativa da concentração de macronutrientes nas acículas foi: K>N>Ca>P>Mg>S (Tabela 3). Para esta mesma espécie, Castro *et al.* (1980) encontraram a seqüência: N>K>Ca>P>Mg. No caso da seringueira, a ordem relativa da concentração de macronutrientes nas folhas foi: K>N>Ca>P>S>Mg (Tabela 4). Em seu trabalho sobre nutrição mineral da seringueira, Shorrocks (1979) encontrou a seguinte ordem: N>K>Ca>Mg>P>S. No presente estudo observou-se que o potássio foi o elemento encontrado em maior concentração nas folhas das duas espécies (Tabelas 3 e 4). Tal fato pode ser atribuído ao alto teor de K (0,56 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), observado no solo da área de cultivo (Tabela 1).

Na Tabela 5 são apresentadas as estimativas da redistribuição de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) antes da abscisão das folhas/acículas, comparando-se as concentrações de nutrientes encontradas no folheto com as concentrações das folhas maduras. Não foram consideradas as perdas de nutrientes em decorrência, por exemplo, da lixiviação.

Para o *Pinus*, estimou-se que 43% de N, 65% de P e 76% de K foram redistribuídos das acículas recém-caídas para as acículas jovens. Na seringueira, a taxa de redistribuição foi estimada em 48% de N, 59% de P e 58% de K. O Ca, entretanto, foi imobilizado, dando um acréscimo em Ca de 14 % na época da queda das folhas da seringueira. O Mg e o S não apresentaram um padrão de redistribuição bem definido em função do estágio fenológico das folhas. Estudando a acumulação e a ciclagem de nutrientes em pinheiros de 20 anos de idade, Switzer & Nelson

**Tabela 5** – Estimativa da redistribuição de nutrientes (%) para *Pinus oocarpa* e *Hevea brasiliensis* antes da queda das folhas.

Espécie	Redistribuição (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>Pinus oocarpa</i>	-43,3	-65,1	-75,8	-11,6	-40,5	-42,8
<i>Hevea brasiliensis</i>	-48,3	-59,5	-57,7	+14,1	+10,1	-2,1

(1972) verificaram que 60% das necessidades nutricionais das árvores em P, 39% em N, 22% em K, 24% em Mg e 22% em S poderiam ser supridas pelo ciclo bioquímico. No caso do cálcio, sendo um elemento imóvel nos tecidos vegetais, a contribuição no ciclo bioquímico seria praticamente nula. Resultados similares foram encontrados por Attiwill *et al.* (1979) em florestas de folhosas. Estudando a ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus obliqua*, o autor verificou que o ciclo bioquímico do fósforo supriu 46% da demanda anual de nutrientes, enquanto que o ciclo bioquímico do cálcio contribuiu apenas com 2%. Wells & Jorgensen (1975) encontraram um suprimento de um terço das necessidades de N e de metade das necessidades de K para a formação de acículas novas a partir da transferências destes elementos provenientes das acículas senescentes de *Pinus*. Todos estes resultados evidenciam a grande importância da ciclagem interna dos nutrientes para a manutenção do balanço nutricional das árvores.

Nas coníferas, as concentrações de NPK decrescem com a idade da folha, geralmente até 60% do teor inicial, à medida que a floresta envelhece, do primeiro ao quinto ano (Helmisaari, 1992). Segundo este mesmo autor, nos estágios iniciais de crescimento, a maior parte dos nutrientes está contida nas folhas jovens, mais ricas em nitrogênio, fósforo e potássio, porém pobres em cálcio, quando comparadas às folhas maduras. Para os nutrientes móveis, com o aumento da idade das folhas, há redução dos seus teores (redistribuição), entretanto, para aqueles imóveis ocorrem aumentos.

Com relação à influência da idade da planta sobre a taxa de redistribuição, sabe-se que, em plantas jovens, existe um desbalanço entre o número de folhas em formação e o número de folhas velhas sendo descartadas, com conseqüente limitação na proporção de nutrientes que podem ser fornecidos via redistribuição (Miller, 1984). No presente estudo, estas diferenças não foram observadas, provavelmente em

função de ambos os povoamentos se encontrarem já com as copas formadas.

A concentração dos nutrientes nas folhas apresentou diferenças marcante entre as espécies. Verificou-se que, para a seringueira com 8 anos de idade, os teores foliares dos elementos analisados foram 3 a 4 vezes maiores para N, P, K e Ca que aqueles encontrados nas acículas do pinheiro com 25 anos. Estes resultados estão de acordo com trabalhos que mostram que, comparativamente, as florestas de folhosas concentram mais nutrientes do que as florestas de coníferas (Wells *et al.*, 1972; Cole & Happ, 1981). Os resultados de pesquisa desenvolvidos por Poggiani (1980) também apontam para a menor exigência dos pinheiros em relação às folhosas. Segundo o autor, o pinheiro possui elevada capacidade de produzir biomassa, exigindo menor quantidade relativa de nutrientes. Da mesma forma, Switzer *et al.* (1968) concluíram que as necessidades nutricionais de *Populus tumuloides* foram duas vezes maiores que as necessidades de *Pinus taeda*.

## CONCLUSÕES

As concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas da seringueira foram superiores às concentrações nas acículas do pinheiro.

Os teores foliares de N, P, K e Mg diminuíram com o aumento da idade da folha, para as duas espécies estudadas, enquanto que os teores de Ca aumentaram com a idade da folha, apresentando teores significativamente inferiores nas folhas jovens.

A ordem relativa da concentração de macronutrientes nas folhas da seringueira foi: K>N>Ca>P>S>Mg, enquanto que no pinheiro foi: K>N>Ca>P>Mg>S.

A redistribuição de N, P e K desempenha um papel importante na nutrição da seringueira e do pinheiro.

**ABSTRACT:** The content of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, and S) and nutrient redistribution were evaluated in leaves of two species, an 8 years old angiosperm (*Hevea brasiliensis*) and a 25 years old a gymnosperm (*Pinus oocarpa*), both cultivated on an eutrophic Red Brown Earth (Alfissol). Leaves were collected at three different phenological states: young, mature, senescent and from the litterfall. The nutrient content of *Hevea* was higher, presenting 3 to 4 times higher concentrations of N, P, K and Ca suggesting that the pine had greater capacity of producing biomass with a relatively low amount of nutrients. In *Pinus oocarpa* 43% of N, 65% of P and 75% of K was transferred from old to young leaves while, for *Hevea*, the nutrient return was 59% for N, 65% for P and 60% for K.

**KEY WORDS:** Pine, rubber tree, macronutrients, nutrition, biochemical cycling.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Fabio Poggiani – ESALQ/USP, pela oportunidade da realização do trabalho e pelas sugestões.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTIWILL, P.M.; GUTHRIE, H.B.; LEUNING, R. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L'Hérit.) forest. I. Litter production and nutrient return. *Australian Journal of Botany*, v. 26, p. 79-91, 1978.
- BRAY, R. J.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, v.2, p.101-157, 1964.
- CASTRO, C.F. de; POGGIANI, F.; NICOLIELO, N. Distribuição da fitomassa e nutrientes em talhões de *Pinus oocarpa* com diferentes idades. *IPEF*, v. 20, p. 61-74, 1980.
- COLE, D.W.; HAPP, M. Elemental cycling in forest ecosystems. In: DYNAMIC properties of forest ecosystems. Cambridge: University Press, 1981. p. 341-409.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro: Serviço de Levantamento e Conservação do Solo, 1979.
- FIFE, D. N.; NAMBIAR, E. K. S. Accumulation and retranslocation of mineral nutrients in developing needles in relation to seasonal growth of young radiata pine tree. *Annals of Botany*, v.50, n.6, p. 817-829, 1982.
- GENER, P.; SERVE, M. de la. Hévéa. In: MARTIN-PREVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, G. *L'analyse dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales*. Paris: Lavoisier, 1984. p. 511-524.
- HELMISAARI, H. Nutrient retranslocation within the foliage of *Pinus sylvestris*. *Tree Physiology*, v.10, p.45-48, 1992.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de *Avaliação do Estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.
- MARSCHNER, H. Diagnosis of deficiency and toxicity of mineral nutrients. In: MARSCHNER, H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Academic Press, 1986. p. 391-407.
- MILLER, H.G. Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems. In: BOWEN, G.D.; NAMBIAR, E.K.S. *Nutrition of plantation forests*. London: Academic Press, 1984. p. 53-77.
- POGGIANI, F. Florestas para fins energéticos e ciclagem de nutrientes. *Série Técnica IPEF*, v. 1, n.2, p. 11-17, 1980.
- POGGIANI, F.; ZEN, S.; MENDES, F. S.; SPINA-FRANCA, F. Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. *IPEF*, v. 27, p. 17-30, 1984.
- PRITCHETT, W. L.; FISHER, R.F. Nutrient Cycling in Forest Ecosystems. In: PRITCHETT, W.L. *Properties and management of forest soils*. New York: John Wiley & Sons, 1987. Cap. 11, p. 181-204.
- SHORROCKS, V. M. *Deficiências minerais em Hevea e plantas de cobertura associadas*. Brasília: Superintendência da Borracha, 1979. 76p.
- SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation ecosystems: the first twenty years. *Soil Science Society of America Proceedings*, v. 36, p.143-147, 1972.
- SWITZER, G.; NELSON, L.E.; SMITH, W.H. The mineral cycle in forest stands. In: FERTILIZATION: theory and practice. Tennessee Valley: Authority, 1968. p. 1-9.
- TORRADO, P.V.; SPAROVECK, G. *Levantamento detalhado dos solos do Campus da ESALQ/CENA*. Piracicaba: ESALQ, 1990.
- WELLS, C.G.; JORGENSEN, J.R. Nutrient cycling in loblolly pine plantations. In: BERNIER, B.; WINGET, C.H. *Forest soil and land management*. Quebec: Université de Laval, 1975. p. 137-158.
- WELLS, C.G.; WHIGHAN, D.; LIETH, H. Investigation of mineral cycling in a upland Premond Forest. *The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, v. 88, n. 2, p. 66-78, 1972.