

ACÇÃO DAS CHUVAS NO CICLO BIOGEOQUIMICO DE NUTRIENTES EM PLANTAÇÕES DE PINHEIROS TROPICAIS E EM CERRADÃO

WALTER DE PAULA LIMA
ESALQ -USP, Depto. de Silvicultura
13400 - Piracicaba -SP

ABSTRACT - In the interaction with the vegetation, rainwater promotes the leaching of nutrients from the canopy, and this leaching is part of the cycling of nutrients in the ecosystem. For some nutrients the cycling through the leaching process is more significant than the cycling through litter fall. From June 1977 through June 1980 the concentrations of N, Ca, Mg, K and Na have been measured weekly both in rainwater and in through fall water in tropical pine plantations and In a nearby reserve of "cerrado" vegetation, in Agudos, State of São Paulo. The average results for the study period were as follows, in terms of nutrient inputs ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) in rainwater and in through fall water, in the plantations of **Pinus caribaea** and **Pinus oocarpa**, both 13-yr old, and in the "cerrado" vegetation, respectively: N: 7.3, 4.8, 3.9 and 7.0; Ca: 16.5, 22.3, 19.8 and 23.3; Mg: 5.2, 6.8, 6.9 and 12.3; K: 9.8, 28.4, 23.7 and 77.6; Na: 36.4, 37.2, 30.8 and 25.5.

RESUMO - Durante a interação com a vegetação a água da chuva desempenha importante processo na ciclagem de nutrientes, representada pela lixiviação de nutrientes das copas das árvores. Para alguns nutrientes esta lixiviação chega a exceder a quantidade normalmente retornada ao solo pela queda das folhas. Durante o período de junho de 1977 a junho de 1980, a entrada de N, Ca, Mg, K e Na pela chuva e pelo processo de lixiviação das copas foi medida semanalmente em florestas homogêneas de pinheiros tropicais e em área de cerradão no Município de Agudos, Estado de São Paulo. Coletivamente os resultados médios para os três anos foram os seguintes, em termos de kg ha/ano de nutrientes na água da chuva e na lixiviação de florestas de **Pinus caribaea** var. **hondurensis**, **Pinus oocarpa** e vegetação natural de cerradão, respectivamente: N: 7.3, 4.8, 3.9 e 7.0; Ca: 16.5, 22.3, 19.8 e 23.3; Mg: 5.2, 6.8, 6.9 e 12.3; K: 9.8, 28.4, 23.7 e 77.6. Na: 36.4, 37.2, 30.8 e 25.5.

INTRODUÇÃO

Os nutrientes existentes no solo, fator importante da chamada produtividade do sítio, são oriundos de duas fontes principais: o processo de intemperismo das rochas e a adição pelas chuvas.

A manutenção desta produtividade ao longo de sucessivas rotações florestais depende da velocidade de liberação de novos nutrientes pelo intemperismo e pela adição através das chuvas. A quantificação do primeiro processo é difícil. Em longo prazo é, sem dúvida, processo importante na renovação do estoque de nutrientes do solo. Em curto prazo, todavia, na escala de utilização do solo pelas plantações florestais, a dependência desta manutenção pela entrada de nutrientes via atmosfera passa a preponderar.

As chuvas, portanto, constituem importante fonte de nutrientes para os ecossistemas florestais (WETSELAAR & HUTTON, 1963), (ATTIWILL, 1966), (FLINN et alii, 1979) (LEWIS, 1981), (PEHL & RAY, 1983/84), (SWANK & HENOERSON, 1976).

Numa floresta, esta entrada normal de nutrientes é aumentada significativamente após a interação da água da chuva com as copas das árvores, através do mecanismo de lixiviação (EATON et alii, 1983), (LIMA, 1979). Esta lixiviação é, em geral, maior em espécies latifoliadas do que em coníferas (KAUL & BILLINGS, 1963), (WELLS et alii, 1972), (PEUL & RAY, 1983/84). Nem toda a quantidade de nutrientes resultante da lixiviação representa, todavia, adição nova ao solo. Parte é devida ao chamado ciclo biogeoquímico de nutrientes, ou seja resulta da retirada, pela água, de metabólitos lábeis de folhas das árvores, devolvendo - os ao solo. A outra parte resulta da lavagem das partículas secas captadas pelas copas das árvores, durante a estiagem e, neste sentido, representa uma contribuição extra de nutriente ao solo que é devida à presença da floresta (JOHNSON & SWANK, 1973).

A quantificação destes processos, ou seja da entrada de nutrientes pelas chuvas e da lixiviação de nutrientes das copas das árvores pela água da chuva, representa, portanto, importante aspecto da ciclagem de nutrientes em um dado ecossistema.

Para alguns nutrientes esta lixiviação é mais efetiva na ciclagem biogeoquímica do que a própria deposição anual das folhas, como é o caso do potássio (McCOLL, 1970). Geralmente os nutrientes associados a moléculas orgânicas (caso do nitrogênio e fósforo) são lixiviados menos, sendo mais reciclados através da queda das folhas. Já os nutrientes comumente encontrados na forma iônica (potássio, etc.) movem-se mais rapidamente pela lixiviação (EATON et alii, 1973).

Após a interação com as copas das árvores, pelo processo de interceptação, e água da chuva é redistribuída em dois processos: e precipitação interna e o escoamento pelo tronco. A concentração de nutrientes nos dois processos varia de espécie para espécie (KAUL & BILLINGS, 1965), (EATON et alii, 1973).

O presente trabalho tem por objetivo a quantificação da entrada de nutrientes pelas chuvas e da lixiviação de nutrientes das copas em plantações homogêneas de pinheiros tropicais e em vegetação natural de cerrado.

A ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido na área da Cia. Agro-Florestal Monte Alegre - CAFMA, localizada no Município de Agudos, Estado de São Paulo.

As parcelas experimentais foram instaladas em dois povoamentos de pinheiros tropicais: um de **Pinus caribaea** Mor. var. **hondurensis**, de 28,7 ha, plantado em 1966 no espaçamento de 2,5 x 2,0m; o segundo de **Pinus oocarpa** Schiede, de 53 ha, de mesma idade e idêntico espaçamento. Uma terceira parcela foi instalada em uma reserva de cerrado adjacente aos povoamentos florestais.

Durante o período experimental, de junho de 1977 a junho de 1980, a altura média e o DAP médio dos pinheiros foram de 20,1 m e 27,0 m para o **Pinus caribaea**, e 19,9 m e 20,1 m para o **Pinus oocarpa**.

O relevo da região é, em geral, suavemente ondulado e a altitude local é de 590m.

O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa. Trata-se de solo típico de cerrado, bastante profundo, bem drenado e de baixa fertilidade.

O clima é do tipo Cwa, segundo Koeppen, com temperatura média anual de 21,1°C e precipitação média anual de 1300 mm, sendo que cerca de 1000 mm deste total caem durante a estação chuvosa, que vai de outubro a março. A temperatura média de inverno gira ao redor de 18,6°C, e a do verão, de 23,3°C.

MÉTODOS

A precipitação foi medida através de três pluviômetros tipo "Ville de Paris" instalados em locais abertos próximos às parcelas experimentais. A leitura era feita semanalmente: a precipitação média semanal para a área experimental foi calculada pela média aritmética dos três pluviômetros.

Para a coleta de alíquotas da água da chuva para análise química foram utilizados pluviômetros de acrílico, também em número de três, e instalados ao lado dos pluviômetros comuns. Após cada coleta os aparelhos eram lavados.

Para a medição da precipitação interna foram utilizados interceptômetros de aço inoxidável, em número de 10 por parcela em cada um dos povoamentos florestais. Para a área de cerradão foram utilizados 16 interceptômetros de plástico constituídos de um recipiente e um funil dotado de tela de nylon. Em todos os casos a medição era semanal. Após a agitação dos interceptômetros era coletada uma alíquota de cada um deles, compondo uma amostra semanal por parcela para a análise qualitativa. Terminada a coleta os interceptômetros eram enxaguados e recolocados ao acaso na parcela experimental.

As amostras semanais eram armazenadas em geladeira até o final de cada mês, quando eram transportadas para Piracicaba, para a análise química. As análises foram feitas no setor de Hidrologia Florestal do Departamento de Silvicultura, através do método de espectrofotometria de absorção atômica para Ca, Mg, K e Na, e de destilação, para o nitrogênio. O pH foi lido em potenciômetro Micronal. A condutividade e a turbidez foram medidas por medidores da marca Hach. A côr foi determinada por colorimetria. A alcalinidade, foi determinada por titulação com ácido sulfúrico 0,02N, e a dureza foi determinada pelo método de cálculo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da precipitação média mensal e do pH e da condutividade das amostras de água da chuva e da precipitação interna nos povoamentos de pinheiros tropicais e na parcela de cerradão são mostrados na Figura 1.

O pH médio anual da água da chuva é 6.0. Nas parcelas de pinheiros tropicais o pH médio foi de 5.8, e na de cerradão foi de 5.9. Dentro das parcelas florestadas, ou seja na precipitação interna o valor médio mais baixo ocorreu no mês de julho, pico da estação seca e época normal de queimadas na região canavieira que circunda a área. Segundo FLINN et alii (1979) o acúmulo de óxidos de nitrogênio e de enxofre liberados na queima da vegetação e captados pelas copas das árvores podem ser responsáveis pelo abaixamento do pH da água da chuva interceptada pela vegetação.

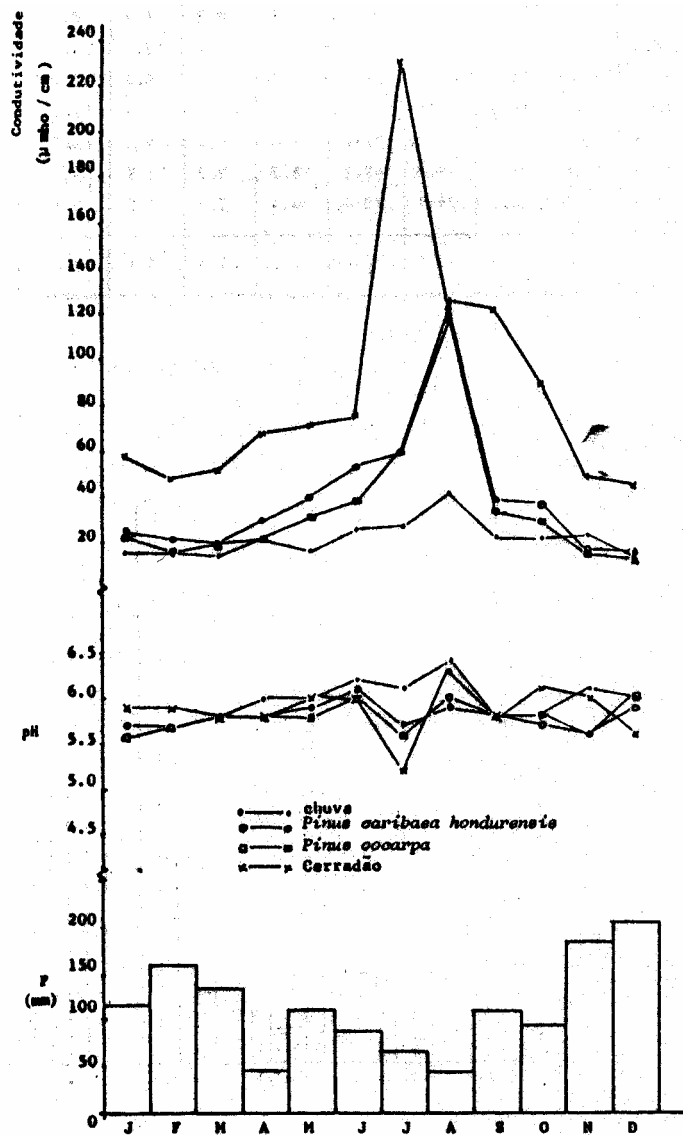


FIGURA 1: Precipitação média mensal e valores médios mensais do pH da água e da precipitação interna nas parcelas de pinheiros tropicais e de cerradão. Médias mensais são para o período de junho 1977 a junho de 1980.

Os valores da condutividade específica ilustram o enriquecimento da água da chuva em nutrientes após a interação com as copas das árvores, enriquecimento este maior para o cerradão do que para os pinheiros tropicais. Nota-se, também, o aumento deste efeito nos meses da estação seca do ano, resultado do acúmulo de partículas por deposição seca sobre a vegetação.

A Tabela 1 contém os valores médios mensais de turbidez, dureza, cor e alcalinidade para as amostras de chuva e da precipitação interna nas parcelas de pinheiros tropicais e de cerradão. Os resultados estão em concordância com os valores da concentração dos elementos estudados. Nota-se, no conjunto, a relativa participação de aerossóis na alteração da qualidade da água, tanto da chuva quanto da precipitação interna

nas parcelas florestadas, pelo aumento dos valores durante a estação seca do ano. A captação dessas partículas parece ser maior no cerrado do que nos pinheiros. A lixiviação das árvores do cerrado, ainda, arrasta uma proporção maior de substâncias orgânicas, conforme os valores bem maiores do parâmetro cor. Em todos os aspectos a diferença entre as duas espécies de pinheiros é pequena, mas ambas apresentam valores menores do que o cerrado.

A Figura 2 mostra os valores médios dos fluxos anuais médios de nutrientes na água das chuvas e na precipitação interna durante o período experimental. Resultados de estudos semelhantes conduzidos em diferentes tipos florestais são apresentados na Tabela 2. A não ser para o caso do potássio, que apresentou valor excessivamente alto na precipitação interna do cerrado, os dados obtidos no presente trabalho estão dentro da variação dos resultados encontrados em outras condições.

POGGIANI (1985) mediu a biomassa e o acúmulo de nutrientes na biomassa das plantações de pinheiros tropicais estudadas no presente trabalho, verificando, por exemplo, que as taxas anuais médias de absorção de nutrientes (em kg/ ha. ano) do **P. caribaea hondurensis** e do **P. oocarpa** foram, respectivamente, de 21.7 e 17.2 para N, 1.1 e 1.2 para P, 10.7 e 9.3 para K, 7.3 e 7.3 para Ca e 2.4 e 1.8 para Mg. A comparação destas demandas anuais de absorção com os dados da Figura 2, permite, desta forma, salientar a importância tanto do aporte de nutrientes ao sítio pelas chuvas, quanto da participação das chuvas na ciclagem biogeoquímica dos nutrientes nas condições do experimento.

TABELA 1 - Valores médios mensais da turbidez, dureza, cor e alcalinidade das amostras de água da chuva (P) e da precipitação interna em povoamentos de *Pinus caribaea hondurensis* (H), *Pinus oocarpa* (O) e cerrado (C). Médias são para o período junho de 1977 a junho de 1980.

MÊS	TURBIDEZ (FTU)				DUREZA (mg/1 CaCO ₃)				COR (unidade Platino-cobalto)				ALCALINIDADE (mg/1 CaCO ₃)			
	P	H	O	C	P	H	O	C	P	H	O	C	P	H	O	C
JANEIRO	1.1	2.5	2.6	11.0	5.4	8.4	7.2	20.8	11.1	28.3	30.1	97.1	3.7	3.4	3.3	6.8
FEVEREIRO	1.6	2.6	2.4	4.9	4.2	5.9	4.8	9.4	11.9	31.3	26.1	104.6	3.7	3.0	2.6	5.7
MARÇO	1.2	1.6	1.9	7.3	4.6	6.3	4.7	12.6	10.3	21.0	25.5	111.7	3.2	3.3	3.0	5.0
ABRIL	1.5	2.8	2.0	11.9	3.5	5.6	5.2	13.1	19.2	26.1	20.8	190.5	5.3	3.3	3.0	6.8
MAIO	1.7	3.6	2.5	6.4	5.6	7.4	8.0	13.2	18.5	43.2	49.7	148.2	3.7	4.6	3.7	7.1
JUNHO	2.0	12.6	5.6	6.6	4.8	10.5	9.9	15.7	27.8	54.2	42.0	121.6	6.9	8.0	6.3	8.0
JULHO	3.1	6.8	18.3	6.5	10.2	13.6	13.8	18.0	24.3	46.3	80.7	97.5	16.3	19.1	18.7	30.0
AGOSTO	4.8	7.7	11.8	9.3	13.8	31.6	33.4	30.0	58.5	118.8	155.1	193.3	3.5	4.3	6.2	12.0
SETEMBRO	3.8	5.8	5.5	23.7	5.9	9.0	7.7	16.4	27.7	56.2	46.9	128.5	4.1	4.9	5.0	11.9
OUTUBRO	2.5	2.9	2.6	7.8	5.2	8.9	7.2	13.6	20.1	34.6	29.3	132.7	4.5	4.9	4.4	12.7
NOVEMBRO	1.8	1.7	1.7	3.0	5.2	6.5	6.0	10.9	28.0	21.8	19.8	48.7	5.9	3.3	2.9	5.4
DEZEMBRO	1.1	2.0	1.6	7.5	6.0	6.0	5.1	11.0	10.3	20.2	29.1	98.4	4.4	2.7	2.4	5.1
MÉDIA	2.2	4.4	4.9	8.8	6.2	10.0	9.4	15.4	22.3	41.8	46.2	122.7	5.4	5.4	5.1	9.7

TABELA 2 - Fluxos de nutrientes na precipitação interna (T) e no escoamento pelo tronco (S) em alguns tipos florestais.

FLORESTA	PROCESSO	NUTRIENTES (kg.ha. ⁻¹ .ano. ⁻¹)						REF.
		M	F	K	Ca	Mg	Na	
<i>Pinus caribaea</i>	T	-	-	-	10.0	6.0	-	(1)
<i>Pinus taeda</i>	T	3.1	-	7.6	2.5	1.3	2.3	(2)
<i>Pseudotsuga sp</i>	T + S	3.2	1.0	13.2	7.0	2.0	-	(3)
<i>Pinus sp</i>	T	4.4	0.7	9.3	8.9	2.2	-	(4)
<i>Pinus sp</i>	T + S	16.0	0.4	25.2	13.9	5.2	-	(3)
<i>Pinus sp</i>	T + S	2.9	0.3	18.7	17.4	2.8	-	(3)
<i>Eucalípto</i>	T	25.0	-	5.1	10.8	1.3	-	(5)
<i>Tropical</i>	T	3.7	14.1	6.3	23.4	2.1	-	(6)
<i>Tropical</i>	T	-	-	34.1	23.3	6.2	74.9	(7)
<i>Fagus sp</i>	T	2.2	0.0	16.0	14.3	1.6	4.2	(8)
<i>Latifoliadas mistas</i>	T	8.8	0.6	26.5	6.1	1.8	0.3	(9)
<i>Latifoliadas mistas</i>	S	0.0	0.05	3.1	0.0	0.0	0.0	(9)
<i>Latifoliadas mistas</i>	T	3.8	0.8	7.4	8.5	5.5	-	(10)
<i>Latifoliadas mistas</i>	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	(10)
<i>Liriodendrom sp</i>	T	9.4	0.4	31.7	17.8	-	-	(3)
<i>Liriodendrom sp</i>	S	0.1	0.0	1.0	0.4	-	-	(3)
<i>Fagus sp</i>	T	19.6	0.7	15.9	22.0	-	-	(3)
<i>Carvalho + Bétula</i>	T	8.8	0.7	30.3	22.8	-	-	(3)
<i>Carvalho + Bétula</i>	S	0.4	4.8	5.2	0.03	-	-	(3)
<i>Pinus oocarpa</i>	T	0.0	-	13.9	3.3	1.7	0.0	(11)
<i>Pinus caribaea</i>	T	0.0	-	18.6	5.8	1.6	0.8	(11)
<i>Cerradão</i>	T	0.0	-	67.8	6.8	7.1	0.0	(11)

(1) LIMA, 1979.

(2) FEHL & RAY, 1983/1984.

(3) COLE & RAPP, 1981.

(4) WELLS et alii, 1972.

(5) WESTMAN, 1978.

(6) JORDAN et alii, 1980.

(7) TURVEY, 1974.

(8) BLUM, 1978.

(9) RATON et alii, 1973.

(10) BRINSON et alii, 1980

(11) PRESENTE ESTUDO.

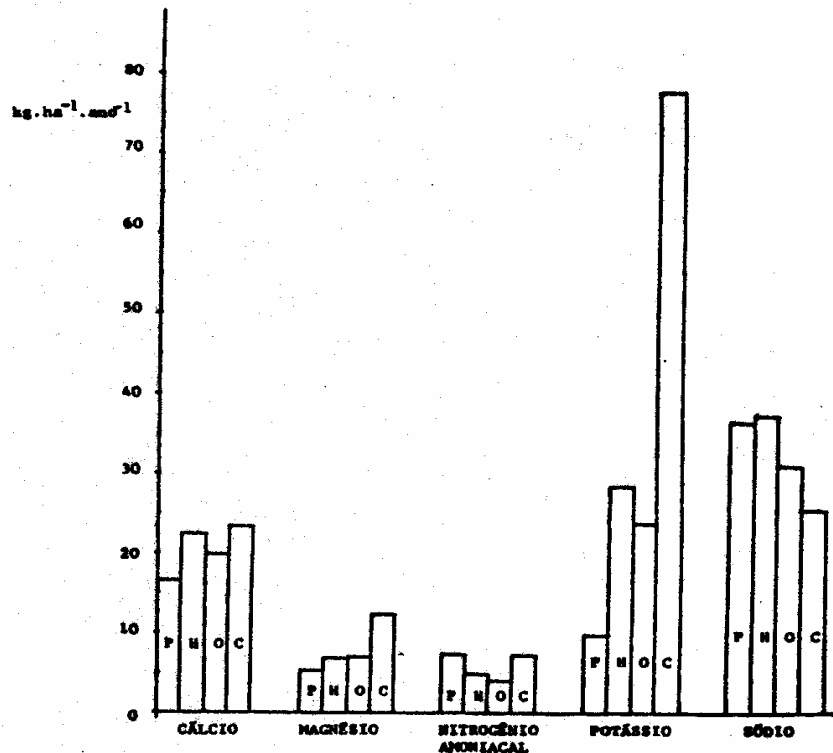


FIGURA 2 - Fluxos médios anuais de cálcio, magnésio, nitrogênio amoniacal, potássio e sódio, na água da chuva (P) e na precipitação interna em *Pinus caribaea hondurensis* (H), *Pinus oocarpa* (O) e na parcela do cerradão (C). Fluxos representam média de 3 anos de medições

AGRADECIMENTOS

Experimento realizado com o apoio financeiro do BNDEs, Projeto USP-BNDE/FUNTEC n° 306/76. A área experimental pertence à Cia. Agro-Florestal Monte Alegre, a quem agradecemos, na pessoa de seu Diretor, Dr. FRANCISCO BERTOLANI, o apoio irrestrito à instalação do trabalho e à coleta de dados de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTIWILL, P.M. The chemical composition of rain-water in relation to cycling of nutrients in mature Eucalyptus forest. **Plant and Soil** XXIV, n° 3: 390-406, 1966.
- BLUM, W.E.H. Alternativas e restrições ecológicas de um manejo racional da floresta amazônica. **Silvicultura**, 13-A: 77-84, 1978.
- BRINSON, M M.; BRADSHAW, H.D.; HOLMES, R.N. and ELKINS, Jr., J.B. Litterfall, stemflow, and throughfall nutrient fluxes in an alluvial swamp forest. **Ecology**, 61(4): 827-835, 1980.

- COLE, D.W. & RAPP, M. Elemental cycling in forest ecosystems. In: **Dynamic Properties of Forest Ecosystems**, D.E. Reichle (ed.). Cambridge University Press, London, 1980. p.341-409.
- EATON, J.S.; LIKENS, G.E. and BORMANN, .H. Throughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. **Journal of Ecology** , 61: 495-508, 1973.
- FLINN, E.W.; BREN, L.J. and HOPMANS, P. Soluble nutrient inputs from rain and outputs in stream water from small forested catchments. **Australian Forestry**, 42(1): 39-49, 1979.
- JOHNSON, P.L. and SWANK, W.T. Studies of cation budgets in the southern Appalachians on four experimental watersheds with contrasting vegetation. **Ecology**, 54: 70-80, 1973.
- JORDAN, C.; GOLLEY, F.; HALL, J. and HALL,J. Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an Amazonian rain forest. **Biotropica**, 12(1): 61-66, 1980.
- KAUL, O.N. and BILLINGS, W.D. Cation content of stemflow in some forest trees in North Carolina. **The Indian Forester**, 91(6): 367-370, 1965.
- LEWIS Jr., W.M. Precipitation chemistry and nutrient loading by precipitation in a tropical watershed **Water Resources Research**,17(1): 169-181, 1981.
- LIMA, W.P. Alteração do pH, da condutividade e das concentrações de Ca, Mg e P da água da chuva em floresta de **Pinus caribaea** Mor. var. **caribaea**. **IPEF**, Piracicaba (18): 37-54, 1979.
- MCCOLL, J.G. Properties of some natural waters in a tropical wet forest of Costa Rica. **Bioscience**, 20: 1096-1100, 1970.
- PEHL, C.E. and RAY, K.F. Atmospheric nutrient inputs to three forest types in east Texas. **Forest Ecology and Management**, 7:11-18, 1983/84.
- POGGIANI, F. Ciclagem de Nutrients em Ecossistemas de Plantações Florestais de **Eucalyptus** e **Pinus**. Implicações Silviculturais. ESALQ/USP, Piracicaba. Tese de Livre-Docência. 1985. 211p.
- SWANK, W.T. and HENDERSON, G.S. Atmospheric input of some cations and anions to forest ecosystems in North Carolina and Tennessee. **Water Resources Research**, 12(3): 541-546, 1976.
- TURVEY, N.D Water in the nutrient cycle of a Papuan rain forest. **Nature**, 251: 414-415, 1974.

WELLS, C.G; WHIGAM,D. and LIETH, H. Investigation of mineral nutrient cycling in a upland piedmont. forest. **The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society**, 88(2): 66-78, 1972.

WESTMAN, W.E. Inputs and cycling of mineral nutrients in a coastal sub-tropical eucalypt forest. **Journal of Ecology**, 66: 513-531, 1978.

WETSELAAR, R. and HUTTON, J.T. The ionic composition of rainwater at Katherine, NT, and its part in the cycling of plant nutrients. **Australian Journal of Agricultural Research**, 14(3): 319-329, 1963.

O produto mais difícil de fazer é um nome!



SEMENTES CHAMPION
(Eucalyptus e Pinus)
Qualidade, Tradição e Confiança!



Champion Papel e Celulose S.A.

Rodovia Campinas-Águas da Prata, km 60 Mogi Guaçu - São Paulo