

**CICLAGEM DE NUTRIENTES MINERAIS NA MATA MESÓFILA SECUNDÁRIA –  
SÃO PAULO. I – PRODUÇÃO E CONTEÚDO DE NUTRIENTES  
MINERAIS NO FOLHEDO.**

**CYCLING OF MINERAL NUTRIENTS IN A SECONDARY SEMIDECIDUOUS  
FOREST – SÃO PAULO. I – LITTER PRODUCTION AND MINERAL CONTENT.**

*Marico Meguro<sup>(1)</sup>, Gilberto Napoleón Vinueza<sup>(2)</sup> e Welington Braz Carvalho Delitti<sup>(1)</sup>.*

**SUMMARY** – The annual litter production, the mineral content and the rate of litter disappearance were studied in a secondary semideciduous forest, actually a reserve included in the metropolitan area of São Paulo – Brazil (23° 33' S, 46° 43' W; 735-756 m altitude). Yearly fall of litter was 9,4 t.ha<sup>-1</sup>, being the leaves the most important fraction (62,6%), followed by woody elements (28,6%), flowers + fruits + seeds (6,3%) and unidentified detritus (2,4%). Although some of the tree species of the higher strata change the leaves during the driest months (June, July and August), a sharp seasonality of litter fall was not observed, probably due to the homogenous rain distribution, without a typical dry period during the years that the experiment was carried out. The total organic nitrogen content of litter was 186 kg.ha<sup>-1</sup>. year<sup>-1</sup>, being 130 kg of the leaves, 34 kg of woody elements, 15 kg of flowers, fruits and seeds and 7,4 kg of unidentified detritus. The potassium content was 38 kg.ha<sup>-1</sup>. year<sup>-1</sup>, calcium 104 kg, magnesium 18 kg and phosphorus 9,4 kg. In all the cases, the leaf fraction was the major contributor. The rate of litter disappearance (k) was 0,8 – 0,9, and the half-life of decomposition, approximately 9 – 10 months.

**RESUMO** – A produção anual do folheto, o conteúdo de alguns nutrientes minerais e a razão de desaparecimento do folheto acumulado foram estudados em uma reserva de mata semidecídua secundária com cerca de 10 ha de área, situada na região metropolitana de São Paulo, SP. (23° 33' S, 46° 43' W; 735-765 m de altitude). A produção anual de folheto foi de 9,4 t.ha<sup>-1</sup>, sendo maior fração a de folhas, seguida em ordem decrescente, de elementos lenhosos (28,6%), flores + frutos + sementes (6,3%) e detritos não identificados (2,4%). Embora as espécies arbóreas do estrato superior sofram abscisão total ou parcial de folhas nos meses mais secos e frios (junho, julho e agosto), não foi observada uma sazonalidade marcante na queda do folheto total, provavelmente pelo fato de os experimentos terem sido desenvolvidos em anos cuja distribuição pluviométrica se mostrou bastante homogênea, mesmo no período normalmente menos chuvoso. O conteúdo de nitrogênio orgânico do folheto produzido no período de um ano foi da ordem de 186 kg.ha<sup>-1</sup>, tendo as folhas contribuído com 130 kg, os elementos lenhosos com 34 kg, flores, frutos e sementes com 15 kg e detritos não identificados com 7,4 kg. O conteúdo em potássio foi estimado em 38 kg.ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup>, cálcio 104 kg, magnésio 18 kg e fosfato 9,4 kg. Em todos os casos, as folhas contribuíram com a maior parcela. A razão de desaparecimento do folheto foi estimada em torno de 0,8 – 0,9 e o tempo necessário para a decomposição de 50%, em aproximadamente, 9 – 10 meses.

## **INTRODUÇÃO**

As relações quantitativas de ciclagem dos nutrientes minerais nos ecossistemas como parte integrante do ciclo biogeoquímico geral, são, na atualidade, objetos de numerosos estudos em todas as regiões do globo.

(1) Depto. de Ecologia Geral, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo – CP 11461 São Paulo.

(2) Equador – Quito. Bolsista do Ministério das Relações Exteriores. Bolsista do Depto. de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo no período de 1975 a 1977.

É sabido que tais estudos, ao lado daqueles referentes ao fluxo de energia, são fundamentais para o conhecimento das características funcionais dos ecossistemas e, por conseguinte, de sua resistência a diversos fatores de tensão, de correntes, principalmente, da atividade humana. Neste sentido, não só a vegetação primária, mas também a secundária em diversas fases sucessionais resultantes da exploração parcial, predatória, ou de campos de cultura abandonados, devem merecer atenção cada vez maior dos pesquisadores.

Na América tropical e sub-tropical, as pesquisas a respeito são, na maioria, bastante recentes e abordam aspectos parciais, sendo relativamente pouco freqüentes aqueles mais amplos que acompanham toda a trajetória dos polielementos biogênicos no sistema. Destacam-se, entre outros, os trabalhos de Jenny *et al.* (1949) efetuados na mata pluvial da Colômbia; de Klinge e Rodrigues (1968a, 1968b, 1971), Klinge (1973) e Klinge *et al.* (1975) na mata de "Terra Firme" da Amazônia sobre produção de folheto, análise da matéria orgânica, componentes minerais, estimativa da fitomassa aérea e subterrânea; de Stark (1971a, 1971b), sobre a distribuição dos nutrientes no solo e na vegetação da Amazônia; Jordan e Kline (1972) sobre a floresta pluvial tropical de Porto Rico; de Golley *et al.* (1975), um extenso estudo de determinação dos elementos minerais nos diversos compartimentos de um ecossistema florestal pluvial de Panamá e dinâmica de ciclagem; de Ewel (1976) sobre a produção e decomposição do folheto na floresta tropical madura e sucessional da Guatemala; de Poggiani (1976), sobre a produtividade e produção de folheto em uma plantação de *Eucalyptus saligna* em solo de mata, no Estado de São Paulo; de Kunkel-Westphal e Kunkel (1979), sobre a queda de folhas de espécies arbóreas mais comuns de uma floresta primária da Guatemala.

No âmbito do estudo da ciclagem dos nutrientes, a produção do folheto e o processo de decomposição constituem parte importante e mais acessível da trajetória dos elementos no setor biológico e seu ambiente imediato — compartimentos planta-folheto-solo (Figura 1). A ordem de grandeza da restituição e a velocidade com que ela se processa, estão relacionadas com a produtividade e, por conseguinte, com a capacidade de regeneração do ecossistema.

O presente trabalho focaliza este aspecto e faz parte de um estudo mais amplo de ciclagem dos nutrientes minerais em andamento.

### LOCAL DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido numa pequena Reserva Florestal, de cerca de 10 ha, situada no "Campus" da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira", na área metropolitana de São Paulo — SP., submetida à influência de intensa atividade antrópica em seu torno.

As coordenadas geográficas são: 46° e 43' W; 23° e 33' S (Joly 1950). Quanto à altitude, situa-se entre as cotas 765 e 735 m.

O tipo de clima, segundo Walter *et al.* (1975), é temperado-quente e úmido, com estação menos chuvosa de maio a setembro (Figura 2). A média da precipitação anual é de 1428 mm; a temperatura média de 17,6°C; umidade relativa de 80%. Os ventos predominantes são de origem marítima E-SE-S (primavera, verão e outono) e continentais N, NW- N-NE (verão e inverno) (França 1944).

A cobertura vegetal da Reserva parece ser remanescente da formação florestal que cobria em grande parte a antiga Fazenda Butantan, à margem esquerda do Rio Pinheiros, cujo desmatamento para fins de criação de cavalos ou áreas de cultura, conferiu uma fisionomia predominantemente campestre à região (Joly 1950).

A reconstituição da cobertura original em toda a sua extensão, assim como da idade das formações existentes, é tarefa difícil e de resultado discutível em virtude da insuficiência de dados a respeito. As mais antigas referências de botânicos que procederam ao levantamento da flora de região, registram a ocorrência de diversas formações vegetais como florestas, capoeiras, campos e vegetação de brejo (Löfgren 1898; Usteri 1906, 1911; Saint Hillaire 1822, 1851). Quanto ao tipo de floresta, Hueck (1956) a denominou floresta sub-tropical de planalto. Ab'Saber (1970) enquadra-a genericamente na província fitogeográfica das matas Atlânticas, englobando predominantemente, florestas tropicais perenifólias e semidecíduas, com diferenciações ecológicas regionais e locais apreciáveis.

Os componentes florísticos são muito semelhantes àqueles das matas Atlânticas presentes desde São Paulo até o Rio Grande do Sul (Klein 1978; Varanda 1977), embora requeira, ainda, um levantamento minucioso da flora atual e dos aspectos estruturais da vegetação.

Submetida no passado remoto ao lenhamento e nas décadas mais recentes à ação destruidora do homem, principalmente sobre os componentes do sub-bosque e eliminação da grande parte do estrato arbustivo-herbáceo, encontra-se, atualmente, em vias de regeneração, com inúmeras plantas jovens em desenvolvimento no seu interior. Embora declarada Reserva Florestal em 1972 e cercada em agosto de 1979, o processo de regeneração, em termos sucessionais, deve ser limitado em vista do total isolamento em que se encontra atualmente, encravada na área metropolitana de São Paulo. No entanto, abriga ainda, um número apreciável de espécies arbóreas em torno de 20 metros de altura, pertencentes ao estrato superior tais como, *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae), *Ficus* sp (Moraceae), *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. (Euphorbiaceae), *Nectandra* sp (Lauraceae), *Piptadenia communis* Benth e *Machaerium* sp (Leguminosae), *Soloanea* sp (Elaeocarpaceae) e outras. O estrato lenhoso secundário é constituído por arvoretas de 5 a 10 metros, entre as quais se destacam: *Actinostemon concolor* (Spreng) Müll Arg. e *Sebastiania brasiliensis* Spreng. (Euphorbiaceae), *Rudgea jasminoides* (Cham.) Müll Arg. (Rubiaceae), *Guarea tuberculata* Vell. (Meliaceae), *Sorocea bonplandii* (Baill.). Burger, Lanjow & Boer (Moraceae), *Endlicheria paniculata* (Spreng) MacBride (Lauraceae), *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March (Burceraceae), *Guatteria* sp (Annonaceae) e diversas espécies de Myrtaceae.

O estrato arbustivo-herbáceo é formado, principalmente, por diversas espécies de *Psychotria* (Rubiaceae), *Mollinedia* (Monimiaceae), *Olyra* (Gramineae) e *Dichorizandra thyrsiflora* Mikan. (Commelinaceae), diversas *Polypodiaceae* e jovens plantas, tanto das espécies do estrato superior como *Cedrela fissilis*, *Alchornea sidifolia* e *Piptadenia communis*, como das do secundário, entre as quais se destacam *Actinostemon concolor*, *Rudgea jasminoides* e *Sorocea bonplandii*.

As epífitas são bem mais pobres que na mata pluvial da encosta descrita por Coutinho (1962), sobressaindo-se uma Araceae do gênero *Philodendron* que lança numerosas e longas raízes do alto das árvores, ou recobre completamente o tronco de outras. De resto, encontram-se com certa frequência, algumas espécies de Bromeliaceae, Cactaceae do gênero *Rhipsalis*, Polypodiaceae e musgos poucos conspícuos.

No pequeno vale onde corre o riacho proveniente de uma nascente, o aspecto é diverso, destacando-se alí, arvoretas de *Bathysa australis* (St. Hill) Hook, Rubiaceae cujas folhas apresentam dimensões que podem ultrapassar 50 cm de comprimento por 30 cm de largura, pteridófitas arborescentes (Cyatheaceae) e herbáceas (Polypodiaceae), além da cobertura de *Calathea* sp (Maranthaceae) no fundo do vale e de *Philodendron* sp nos barrancos.

Nas áreas mais abertas ou clareiras e nas regiões marginais, ocorrem poucos exemplares de *Cecropia* sp (Moraceae) e espécies trepadeiras volúveis e escandentes.

Quanto ao aspecto funcional da comunidade, podem ser citadas apenas observações sobre o comportamento nitidamente sazonal das espécies do estrato superior, com perda total ou parcial de folhas nos meses menos chuvosos e mais frios, especialmente, de junho a agosto. Naquelas do estrato secundário ou inferior, tal deciduidade não é aparente.

Um único trabalho de natureza fisioecológica dos componentes desta mata foi até agora realizado. Trata-se de um estudo sobre o balanço hídrico e anatomia foliar de cinco espécies lenhosas feito por Varanda (1977).

A figura 3 mostra alguns aspectos gerais da vegetação da mata e a figura 4, sua cobertura na época chuvosa e menos chuvosa, focalizada com uma objetiva grande angular — 22 mm, da superfície do solo, no seu interior, perpendicularmente ao dossel.

## MATERIAL E MÉTODOS

*Produção do folheto* — A coleta foi efetuada mensalmente, no período de abril de 1976 a março de 1977, por meio de 24 coletores (60 x 60 cm) com tela de "nylon", distribuídos ao acaso no interior da mata. O material colhido foi separado em frações de folhas, elementos lenhosos, flores + frutos + sementes e detritos não identificados. Estas frações, após secas na estufa a 80°C, eram pesadas, pulverizadas e suas alíquotas destinadas às análises químicas (Chapman 1976).

*Folheto acumulado* — A estimativa do folheto acumulado na superfície do solo da mata foi efetuada em agosto de 1976, época menos chuvosa e em fevereiro de 1977, mais chuvosa, através de coleta do material de 20 quadrados de 60 x 60 cm e expresso em kg.ha<sup>-1</sup>.

*Rapidez do desaparecimento do folheto* — Embora no presente trabalho de curta duração, não tenha havido possibilidade de obtenção de dados suficientes para se verificar a relação de equilíbrio entre a produção do folheto e a decomposição, as seguintes relações foram utilizadas para a estimativa da rapidez do desaparecimento do material orgânico caído na superfície do solo:  $k' = \frac{A}{A + F}$ , sendo A = folheto produzido; F = folheto acumulado; k' = coeficiente de decomposição (Jenny *et al.* 1949), que expressa a fração do folheto total que desaparece em um ano, sendo a decomposição instantânea,  $k = -\ln(1 - k')$ . O tempo necessário para 50% de decomposição,  $t_{50\%} = \frac{-\ln 0,5}{k}$ .

*Elementos microclimáticos* — Para o conhecimento das condições microclimáticas, foram obtidos dados de andamento diário da intensidade luminosa, umidade relativa, evaporação, temperatura do ar, do solo a 2 cm, 10 cm e 20 cm de profundidade, fora e no interior da mata.

*Análises químicas* — A determinação do nitrogênio orgânico foi efetuada pelo método de Kjeldahl (Jackson 1967); a matéria orgânica e a cinza por meio de incineração a 550°C; o teor de potássio foi determinado através do fotômetro de chama da Evans Electroscelenium Ltd. Mark II; cálcio e magnésio pelo espectrofotômetro de absorção atômica, Perkin Elmer Mod. 403; fósforo pelo método colorimétrico de fosfomolibdato azul, com redutante cloro-estano (in Jackson 1967, Chapman 1976).

Todos os resultados de análises foram expressos em % do peso seco, kg.ha<sup>-1</sup>.mes<sup>-1</sup> ou kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS

*Condições microclimáticas na mata* – As figuras 5 e 6 representam o andamento anual das condições ambientes fora e dentro da mata. Embora os dados tenham sido obtidos, paralelamente, em apenas um dia de cada mês, as curvas resultantes permitem notar o efeito relativo da cobertura vegetal no microclima local.

A luminosidade relativa observada no período de estudo foi, em média, de 9–10%, com variações consideráveis em diferentes locais, decorrentes da penetração de feixes de luz nos interstícios da cobertura irregular da vegetação e, principalmente, na estação menos chuvosa, quando os componentes arbóreos do primeiro estrato apresentam caducidade foliar.

A temperatura diurna do ar no interior da mata foi, em média, bastante próxima (90%) daquela observada fora, mas com amplitude de variação cerca de 30% inferior (6–7°C).

A umidade relativa, sempre superior sob a cobertura vegetal, apresentou maior estabilidade e a média dos valores mínimos observada no período de estudo (56%), cerca de 20% superior a de fora.

A média dos valores de evaporação diurna dentro da mata foi em torno de 70% em relação a de fora.

Quanto à temperatura diurna da camada superficial do solo (2 cm de profundidade) sob a mata, atingiu 80% daquela sob gramado. Nas camadas mais profundas, de 10 cm a 20 cm, as diferenças nos 2 ambientes não foram grandes, embora a amplitude de variação térmica no decorrer do dia tenha sido maior fora da mata: 5–11°C a 2 cm; 1,5–5,5°C a 10 cm; 0,5–3,0°C a 20 cm. Sob a mata, as variações foram: 2,0–3,0°C a 2 cm; 1,0–2,0°C a 10 cm e 0,5–1,0°C a 20 cm. Nos meses mais frios (junho, julho, agosto), as variações foram 2 vezes superiores fora da mata e nos meses mais quentes (dezembro, janeiro, fevereiro), 4 vezes (Figura 7).

*Produção do folheto* – A produção do folheto foi da ordem de  $9\,400\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , sendo a fração de folhas predominante, seguida de elementos lenhosos (Tabela 1).

No decorrer do período em que os estudos foram realizados, não foi notada uma sazonalidade marcante na queda do folheto total, embora a caducidade foliar nas espécies do estrato superior seja freqüente nos meses menos chuvosos e mais frios. Tal fato pode ser atribuído à ocorrência, no ano do experimento, de precipitação superior a 100 mm em julho e agosto, meses normalmente menos chuvosos (inferior a 50 mm). Assim, mesmo na fração das folhas, a variação estacional é pouco aparente (Figura 8). Por outro lado, novembro e dezembro foram os meses em que se observou aumento na contribuição da fração de flores, frutos e sementes.

*Matéria orgânica e cinza do folheto* – A matéria orgânica perfaz, em média, 92,5% do peso seco do folheto, o que corresponde a cerca de 8 700 kg por ha de material transferido anualmente do compartimento da planta (parte epigéia, no caso) para a superfície do solo. O exame do teor de cinza (% peso seco) das diferentes frações do folheto mostrou que os elementos lenhosos são mais pobres que as folhas e flores + frutos + sementes. O valor mais elevado foi obtido para detritos não identificados, mas contaminações com partículas inorgânicas devem ser consideradas (Tabela 1). Quanto às variações nas frações mensais, novamente os detritos apresentaram maiores oscilações (Figura 9). A figura 10 representa a transferência mensal do material contido na cinza em diversas frações do folheto em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

*Nitrogênio orgânico do folheto* – O nitrogênio orgânico contido no folheto total produzido no ano do experimento atingiu cerca de  $186 \text{ kg.ha}^{-1}$ , sendo a fração das folhas a maior contribuinte. Os elementos lenhosos, além de produção menor, são relativamente pobres em nitrogênio (Figuras 11 e 12). As frações compostas por flores + frutos + sementes e por detritos, embora com produção total pequena, apresentaram alto teor por unidade de peso seco. Os detritos, cujos componentes não puderam ser discriminados, continham certamente, elementos de diversas origens, inclusive excrementos de pequenos animais (Tabela 1).

*Potássio do folheto* – A quantidade do elemento potássio transportada no período de um ano pelo folheto foi da ordem de  $38 \text{ kg.ha}^{-1}$  e as contribuições das diversas frações, encabeçadas pelas folhas, se assemelham às do nitrogênio, em termos relativos (Figuras 13 e 14). A fração dos elementos lenhosos foi, novamente, a mais pobre por unidade de peso seco e a mais rica a de flores + frutos + sementes (Tabela 1).

*Cálcio do folheto* – Cerca de  $104 \text{ kg.ha}^{-1}$  de cálcio foi encontrado no folheto total produzido no período de um ano, tendo se destacado as frações de folhas e caules (Tabela 1, Figura 15). O teor desse elemento por unidade de peso seco pouco variou nas diversas frações no decorrer do ano, com excessão dos detritos (Figura 16).

*Magnésio do folheto* – Em relação aos elementos anteriores, a quantidade de magnésio foi pequena ( $18 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ), sendo as folhas, novamente as maiores contribuintes, embora em termos de unidade de peso seco, os teores sejam semelhantes, com exceção dos elementos lenhosos, mais pobres (Tabela 1, Figuras 17 e 18).

*Fósforo no folheto* – Embora inferior a todos os elementos estudados, uma quantidade apreciável de fósforo foi conduzida pelo folheto no período de um ano ( $9,4 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ). As folhas foram, novamente, as maiores contribuintes nos totais mensais (Tabela 1, Figura 20). Em unidades de peso seco, os elementos lenhosos foram os mais pobres e os detritos não identificados, apresentaram o dobro do teor das folhas (Figura 19).

*Folheto acumulado e rapidez do desaparecimento* – Além da produção anual do folheto, foram feitas determinações do material acumulado (produto em pé) na superfície do solo em duas épocas do ano. A coleta de agosto mostrou maior acúmulo, com  $7\,785 \text{ kg.ha}^{-1}$  e a de fevereiro,  $5\,441 \text{ kg.ha}^{-1}$ , sendo a relação simples entre o folheto produzido e acumulado, 1,19–1,72, consideradas as duas épocas. Os valores de  $k'$  obtidos a partir do folheto produzido e acumulado nas duas épocas do ano foram 0,54 e 0,63 e os de  $k$ , 0,78 e 0,99, respectivamente. O tempo médio necessário para o desaparecimento de 50% do folheto produzido foi estimado em torno de 9–10 meses.

TABELA 1. Produção e conteúdo de nutrientes minerais nas frações de folheto

Frações do Folheto	kg.ha <sup>-1</sup> Produção anual	% do Peso seco						kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>					
		Cinza	N	K	Ca	Mg	P	Cinza	N	K	Ca	Mg	P
Folhas	5.895,20	7,45	2,20	0,48	1,10	0,24	0,11	439,19	129,69	28,30	68,38	14,24	6,93
Elementos lenhosos	2.699,40	4,23	1,27	0,18	1,04	0,09	0,05	113,91	34,28	4,86	28,07	2,38	1,46
Flores + Frutos + Sementes	595,13	6,26	2,50	0,66	0,85	0,20	0,08	37,25	14,87	3,93	5,06	1,19	0,50
Detritos não identificados	227,33	11,94	3,29	0,47	1,35	0,20	0,23	27,14	7,47	1,07	3,07	0,45	0,52

TABELA 2. Produção e conteúdo de nutrientes minerais do folheto nas florestas tropicais e sub-tropicais. (u = estação chuvosa, s = estação seca).

	Folheto total produzido (a) kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	Fração de folhas kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	Folheto acumulado (b) kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	Relação a/b	Nutrientes minerais do folheto					Autor
					N	K	Ca	Mg	P	
Floresta Pluvial, Colômbia	8.520	-	5.040	1,69	-	-	-	-	-	Jenny <i>et al.</i> , 1949
Flor.Baixo-montana, Colômbia	10.100	-	16.480	0,61	-	-	-	-	-	Jenny <i>et al.</i> , 1949
Flor."Terra firme", Amazônia-Brasil	7.300	5.300	-	-	106	12,6	14,8	12,6	2,14	Klings & Rodrigues, 1968
Flor.Tropical Úmida, Panamá	11.350	-	2.910 <sup>u</sup> 6.780 <sup>s</sup>	3,90 1,65	-	128,7	239,7	22,2	8,6	Golley <i>et al.</i> , 1975
Flor.Baixo-montana Úmida, Panamá	10.480	-	4.820	2,17	-	90,6	97,7	32,9	2,6	
Flor.Ciliar, Panamá	11.610	-	14.150	0,82	-	-	-	-	-	
Flor. Sazonal Úmida madura, Guatemala	9.000	-	-	-	169	20	88	64	5,8	Bwel, 1976
Idem-sucessional, 14 anos	10.000	-	-	-	144	24	212	35	6,6	
9 anos	8.000	-	-	-	144	12	55	94	4,8	
6 anos	8.000	-	-	-	142	20	151	35	5,9	
5 anos	6.500	-	-	-	89	12	56	55	3,0	
4 anos	6.100	-	-	-	103	11	40	50	4,1	
3 anos	5.800	-	-	-	97	17	81	53	3,7	
1 ano	4.600	-	-	-	74	11	71	40	3,2	
Flor.Baixo-montana Úmida primária, Guatemala	9.700	7.000	-	-	-	-	-	-	-	Kunkel-Westphal & Kunkel, 1979
Flor. Semidecídua, 40 anos, Gana	10.500	7.000	2.264	4,65	199	68	206,0	45,0	7,3	Nye, 1961
Flor.Úmida de Banco, Costa de Marfim - "Plateau"	7.200	-	-	-	157	28	61,0	51,0	8,0	Bernhard, 1970
Idem - "talweg"	13.400	-	-	-	170	81	85,0	36,0	13,5	
Flor.Semidecídua-Úmida, Nigéria	4.625	-	1.715	2,70	-	-	-	-	-	Hopkins, 1966
Flor.Sempre-verde, Nigéria	7.170	-	3.040	2,30	-	-	-	-	-	
Flor.Semidecídua secundária velha, Costa de Marfim	5.600	-	9.800	0,56	-	-	-	-	-	Devineau, 1976
Flor.Galeria, Costa de Marfim	8.500	-	13.800	0,61	-	-	-	-	-	
Flor.Seca sempre-verde, Mbulu-Africa	9.140	4.094	6.090 <sup>u</sup> 7.913	1,50 1,15	-	-	-	-	-	Malaissie, <i>et al.</i> , 1975
Flor.Baixo-montana Úmida, New Guinéa	7.550	6.350	6.400	1,10	-	-	-	-	-	Edwards, 1977
Flor.Nesófila secundária, São Paulo-Brasil	9.410	5.890	5.410 <sup>u</sup> 7.870 <sup>s</sup>	1,72 1,19	186	38	104,5	18,2	9,4	Este trabalho

## DISCUSSÃO

A fase do folheto constitui um elo importante no ciclo de nutrientes minerais e da matéria orgânica no interior dos ecossistemas florestais. A massa da matéria orgânica armazenada, a velocidade de decomposição e o conteúdo dos elementos minerais em circulação exercem papel de relevância na pedogênese, no potencial de fertilidade e na dinâmica do ecossistema (Lemée & Bichaut 1973).

Na mata em estudo, situada no limiar da faixa tropical, a quantidade do folheto acumulado, amostrado em agosto de 1976, época normalmente menos chuvosa e mais fria do ano, foi superior a de fevereiro de 1977, de maior precipitação e de temperatura mais elevada. Tal diferença pode ser constatada em maior ou menor grau em estudos realizados em quase todas as florestas, sejam as do tipo tropical pluvial sempreverde, sazonal úmida ou semidecídua, denotando influências estacionais de pluviosidade, mesmo em regiões em que não ocorra uma estação propriamente seca (Golley *et al* 1975, Malaisse *et al* 1975, Edwards 1977, Kunkel-Westphal & Kunkel 1979). É de se esperar que, nos meses menos úmidos, além da possibilidade de produção maior de folheto (Klinge & Rodridruges 1968a, Golley *et al* 1975), a decomposição seja mais lenta, segundo a dinâmica populacional dos microorganismos do solo (Witkamp 1966), no caso, acentuada pela temperatura.

Quanto à produção anual do folheto por unidade de área, embora resultado de apenas um ano de observação, situa-se dentro da faixa de valores obtidos nas formações florestais tropicais (cf. Tabela 2). Em termos absolutos, no entanto, variações anuais são esperadas em estudos mais prolongados.

A queda do folheto nas florestas tropicais é, de modo geral, contínua mas variável, apresentando um pico máximo na estação menos chuvosa ou seca. Tal sazonalidade não se mostrou clara no presente estudo, a não ser uma tendência na fração das folhas.

Kunkel-Westphal e Kunkel (1979) chamam a atenção para o fato de que as comparações dos valores do folheto total são pouco elucidativas em virtude da diferença existente no método de determinação do material lenhoso na maioria dos trabalhos. A única semelhança ou ponto em comum seria, na opinião daqueles autores, a falta de acuidade na obtenção desses dados. A fração foliar, ao contrário, é determinada, via de regra, por métodos semelhantes pela maioria dos pesquisadores em diferentes localidades, e os resultados se mostram bastante homogêneos nas diversas florestas tropicais úmidas, de planícies ou baixo-montanhas (Edwards 1977, Bernhard 1975), embora, em alguns casos ultrapassem os extremos da faixa ( $6\,000$  a  $9\,000\text{ kg.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$ ), devido, principalmente, às flutuações dos elementos climáticos.

A relação simples entre o folheto produzido e o acumulado na superfície do solo (1,19-1,72), denominada constante de decomposição anual (Edwards 1977, Meentmeyer 1978), não é das mais altas, se comparada com a maioria das florestas tropicais úmidas. Aproxima-se apenas, dos valores obtidos por Golley e colaboradores (1975) nas florestas de Panamá, quando se considera o dado de coleta do folheto acumulado na época seca, ou das florestas baixo-montanhas úmidas estudadas por Edwards (1977), onde, o efeito da temperatura se faz notar, ou ainda, da floresta densa seca da África (Malaisse *et al* 1975). É preciso lembrar, no entanto, que tal comparação deve ser encarada com cautela, pois, não podemos precisar neste primeiro trabalho de curta duração, se a produção do folheto na mata considerada está em equilíbrio.

Ewel (1976) observou que nas florestas sucessionais dos trópicos úmidos, a produção do folheto pode alcançar valores mais altos que nas maduras, pois ali ocorre maior número de espécies decíduas, além das mudanças na composição, com queda de ele-



mentos velhos. De fato, aquele autor verificou um valor de queda de folheto em floresta secundária com cerca de 14 anos, superior à floresta madura.

A mineralomassa transferida do compartimento de rápida ciclagem para superfície do solo via-queda-do-folheto, apresenta diferenças sensíveis de elemento para elemento. Tais diferenças resultam das características funcionais de cada elemento no metabolismo da planta, da diversidade do controle de fluxo e refluxo nos compartimentos de rápida ciclagem e lenta ciclagem, antes da abscisão dos órgãos em cada espécie e, mesmo das características do compartimento solo. Assim, elementos como o nitrogênio e fósforo podem ser translocados, em maior ou menor grau, das folhas senescentes às jovens ou a outros órgãos, antes de sofrerem abscisão (Hewitt & Smith 1975).

A quantidade de nitrogênio contido no folheto produzido anualmente na mata em estudo, está na faixa superior dos valores mencionados para as formações florestais tropicais relacionadas na tabela 2 e deve contribuir positivamente no potencial de fertilidade do solo.

Os cátions alcalinos, Ca, Mg e K, assim como o P não se destacam pela riqueza, mas têm participação importante em se considerando o potencial do solo, ácido e pobre nestes elementos, com excessão apenas da camada superficial (0-10 cm), com teor médio (Varanda 1977).

O retorno efetivo destes elementos contidos no folheto ao compartimento das plantas, dependerá, essencialmente, da razão da decomposição, liberação e eficiência na absorção, principalmente, através do sistema radicular superficial, ou ainda, sob ação mediadora dos organismos como micorrizas (Stark & Jordan 1978). A estimativa de 9-10 meses para o desaparecimento de 50% ( $t_{50\%}$ ) do folheto produzido mostra que o processo de decomposição é mais lento que na maioria das florestas pluviais estudadas (Hopkins 1966).

*Agradecimentos* – Ao Prof. Dr. Paschoal E. Américo Senise que nos possibilitou a utilização do espectrofotômetro de absorção atômica do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química e ao Dr. Roberto Tocoço pela inestimável assistência durante as análises; ao Departamento de Nutrição Animal da Escola de Medicina Veterinária da U.S.P. pelo uso do moinho; à Dra. Ana Maria Giulietti do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da U.S.P. e à Lic. Lucia Rossi pela identificação de algumas espécies.

#### REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. 1970. As "ilhas" de Cerrados das Bacias de Taubaté, São Paulo e Atibaia. In *1º Simpósio de Ecologia Intertropical*, SBPC – Bahia, 6º Caderno de Ciências da Terra – Resumo: 20-24.
- BERNHARD, F. 1970. Étude de la litière et de sa contribution au cycle des éléments minéraux en forêt ombrophile de Côte-d'Ivoire. *Oecologia Plantarum*. 5: 247-266.
- CHAPMAN, S.B. (ed.) 1976. *Methods in Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publications. London.
- COUTINHO, L.M. 1962. Contribuição ao conhecimento da Ecologia da Mata Pluvial Tropical. *Bolm Fac. Filos. Ciên. Letr. Univ. São Paulo*. 257, Bot. 18: 11-219.
- DEVINEAU, J.L. 1976. Données préliminaires sur la litière et la chute des feuilles dans quelques formations forestières semi-décidues de moyenne Côte d'Ivoire. *Oecologia Plantarum*. 11: 275-395.
- EDWARDS, P.J. 1977. Studies of mineral cycling in a Montane Rain Forest in New Guinea. II – The production and disappearance of litter. *Journal of Ecology*. 65: 971-992.
- EWEL, J.J. 1976. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in Eastern Guatemala. *Journal of Ecology*. 64: 293-308.
- FRANÇA, A. 1944. Notas sobre a frequência dos ventos na cidade de São Paulo. *Boletim Assoc. Geogr. Bras.* 5: 29-34.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I. & DUVER, M.J. 1975. *Mineral Cycling in a Tropical Moist Forest Ecosystem*. University of Georgia Press. Athens.
- HEWITT, E.J. & SMITH, T.A. 1975. *Plant mineral nutrition*. The English Universities Press.
- HOPKINS, B. 1966. Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve Nigeria. IV – The litter and soil with special reference to their seasonal changes. *Journal of Ecology*. 54: 678-703.
- HUECK, K. 1956. Mapa fitogeográfico do Estado de São Paulo. *Boletim Paul. Geogr.* 22: 17-25.

- JACKSON, M.L. 1967. *Soil Chemical analysis*. Prentice Hall. New Delhi.
- JENNY, H.; GESSEL, S.P. & BINGHAM, F.T. 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Science*. 68: 419-432.
- JOLY, A.B. 1950. Estudo fitogeográfico dos Campos de Butantã (São Paulo). *Bolm Fac. Filos. Ciên. Univ. S. Paulo* 109 Bot. 8: 10-84.
- JORDAN, C.F. & KLINE, J.R. 1972. Mineral cycling: some basic concepts and their applications in a Tropical rain Forest. *A. Rev. Ecol. Syst.* 3: 33-50.
- KLEIN, R.M. 1978. *Contribuição ao conhecimento da flora e da vegetação do Vale do Itajaí - Santa Catarina*. Tese de Doutorado, Departamento de Botânica da USP, São Paulo.
- KLINGE, H. 1973. Root mass estimation in lowland Tropical rain Forest of Central Amazonia, Brazil. I - Fine root mass of a pale yellow latosol and a giant humus podzol. *Tropical Ecology*. 14: 29-38.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W.A. 1968a. Litter production in an area of Amazonian Terra Firme Forest. Part I - Litter-fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. *Amazoniana*. 1: 287-302.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W.A. 1968b. Litter production in an area of Amazonian Terra Firme Forest. Part II - Mineral nutrient content of the litter. *Amazoniana*. 1: 303-310.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W.A. 1971. Matéria orgânica e nutrientes na Mata de Terra Firme perto de Manaus. *Acta Amazonica*. 1: 69-72.
- KLINGE, H., RODRIGUES, W.A., BRUNIG, E. & FITTKAU, E.J. 1975. Biomass and Structure in a central Amazonian Rain Forest. In *Tropical Ecological Systems* p. 115-122. (F.B. Golley & E. Medina, eds). Springer Verlag. New York.
- KUNKEL-WESTPHAL, I. & KUNKEL, P. 1979. Litter fall in a Guatemalan Primary Forest, with details of leaf-shedding by some common tree species. *Journal of Ecology*. 67: 665-686.
- LEMÉE, G. & BICHAUT, N. 1973. Recherches sur les Ecosystèmes des Réserves Biologiques de la Forêt de Fontainebleau. II-Décomposition de la litière de feuilles des arbres et libération des bioéléments. *Oecologia Plantarum*. 8: 153-174.
- LOFGREN, A. 1898. Ensaio para uma distribuição dos vegetais nos diversos grupos florísticos no Estado de São Paulo. *Boletim Com. Geogr. Geolog.* São Paulo. 11: 1-50.
- MALAISSÉ, F., FRESON, R., GOFFINET, G. & MALAISSÉ-MOUSSET, M. 1975. Litter fall and litter breakdown in Miombo. In *Tropical Ecological Systems* p. 137-152 (F.B. Golley & E. Medina, eds). Springer Verlag. New York.
- MEENTEMEYER, V. 1978. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology*. 59: 465-472.
- POGGIANI, F. 1976. Ciclo de nutrientes e produtividade da floresta implantada. *Silvicultura*. 1: 45-48.
- SAINT HILLAIRE, A. 1822. *Segunda viagem de Rio de Janeiro a Minas Gerais e a São Paulo*. Trad. V. Moreira (1974). Ed. Itatiaia e Ed. U.S.P. São Paulo.
- SAINT HILLAIRE, A. 1851. *Viagem a província de São Paulo*. Trad. R.R. Junqueira (1976). Reimpressão, 1976, Ed. U.S.P. e Liv. Itatiaia Ed. Ltda. São Paulo.
- STARK, N.M. 1971a. Nutrient cycling. I - Nutrient distribution in some Amazonian soils. *Tropical Ecology*. 12: 24-50.
- STARK, N.M. 1971b. Nutrient cycling. II - Nutrient distribution in Amazonian vegetation. *Tropical Ecology*. 12: 177-201.
- STARK, N.M. & JORDAN, C.F. 1978. Nutrient retention by the root mat of an Amazonian rain Forest. *Ecology*. 59: 434-437.
- USTERI, A. 1906. Contribuição para o conhecimento da flora dos arredores da cidade de São Paulo. *Anais da Escola Politécnica*. São Paulo.
- USTERI, A. 1911. *Flora der Umgebung der Stadt São Paulo in Brasilien*. Jena.
- VARANDA, E.M. 1977. *Balanco hídrico de espécies da Mata do Butantã*. Dissertação de Mestrado, Depto. de Botânica da USP, São Paulo.
- WALTER, H.; HARNICKEL, E. & MUELLER-DOMBOIS, D. 1975. *Climate-diagram Maps of the individual Continents and the Ecological Climatic regions of the Earth*. Supplement to the Vegetation Monographs. Springer Verlag. New York.
- WITKAMP, M. 1966. Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora and microbial respiration. *Ecology* 47: 194-201.

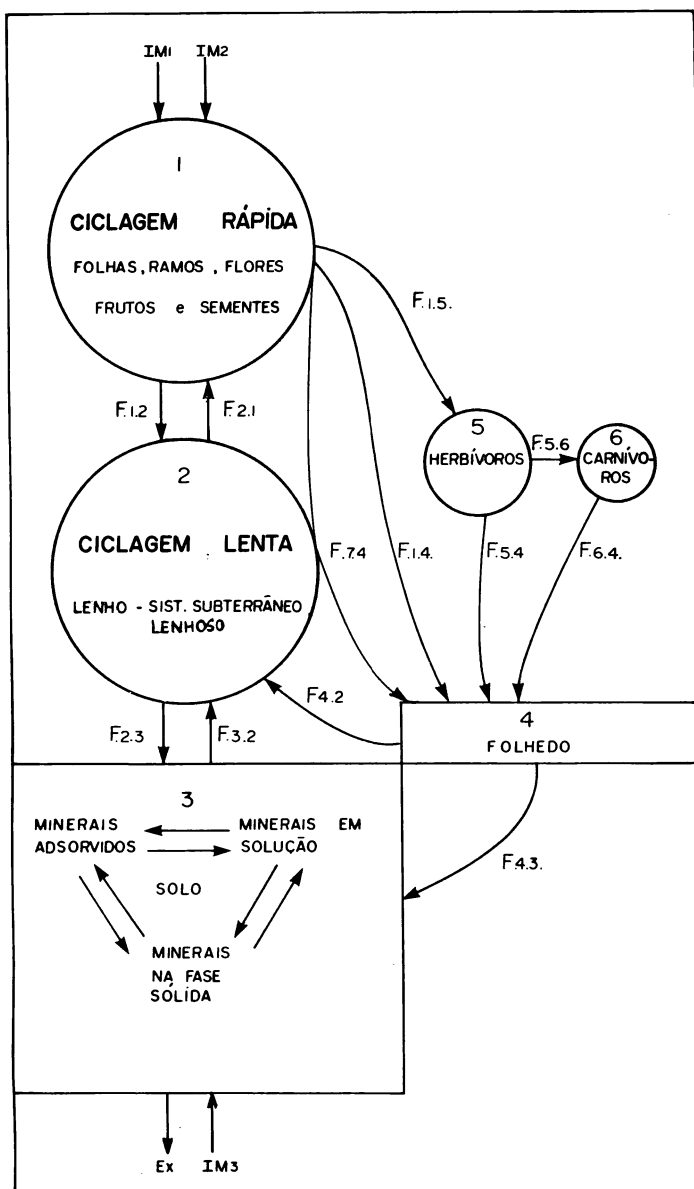


Fig. 1 - Modelo compartimental de um ecossistema florestal ( $IM_1$  - importação através de água de precipitação;  $IM_2$  - importação através de poeiras, aerossóis;  $IM_3$  - importação dos minerais da rocha;  $F$  - fluxo entre os compartimentos;  $F_{7,4}$  - fluxo através da água de gotejamento e escorrimento;  $Ex$  - exportação).

Fig. 1 - Compartmental model of a Forest ecosystem ( $IM_1$  - input by rainfall;  $IM_2$  - input by dust, airsprays;  $IM_3$  - input by parental rock minerals; 1 - Rapid cycling compartment (leaves, twigs, branches, flowers, fruits and seeds); 2 - Slow cycling compartment (wood, woody subterranean system); 3 - Soil compartment; 4 - Litter compartment; 5 - Herbivorous; 6 - Carnivorous;  $F$  - fluxes;  $F_{7,4}$  - throughfall and stemflow;  $Ex$  - output).

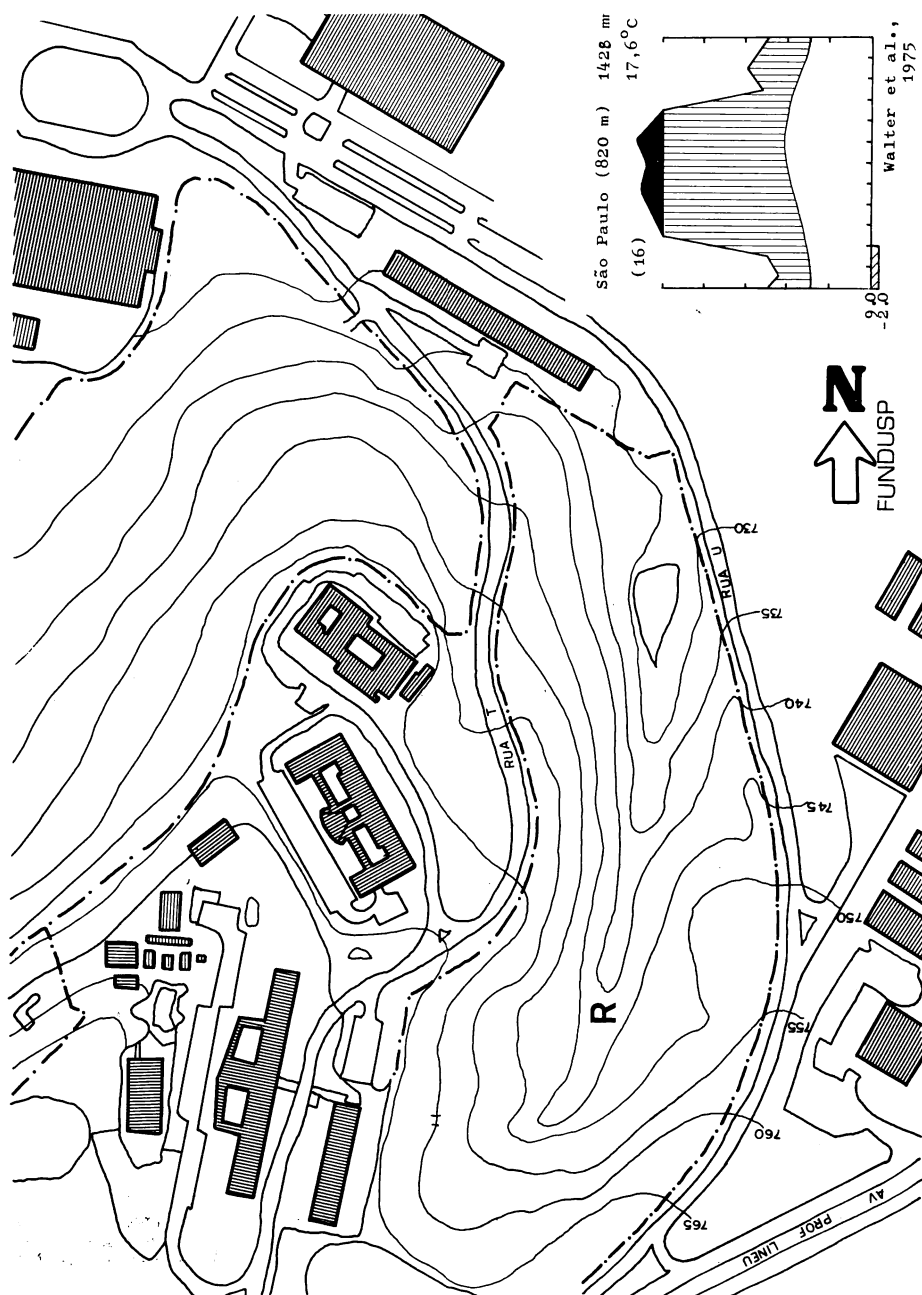


Fig. 2 – Mapa da Reserva Florestal (R) (São Paulo, SP) e Climadiagrama de São Paulo segundo Walter et al. 1975.

Fig. 2 – Forest Reserve (R) map (São Paulo, SP) and Climate-diagram of São Paulo (Walter et al. 1975).

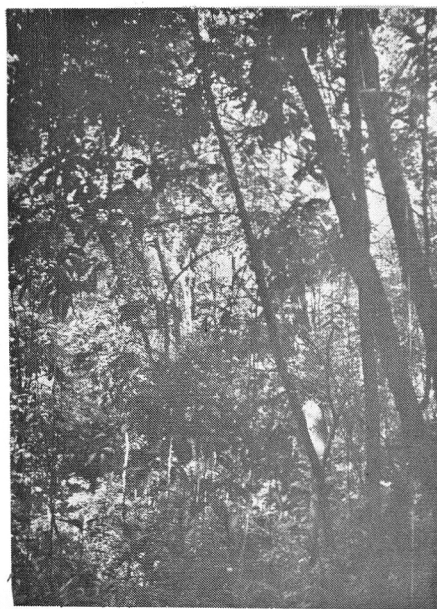


Fig. 3 – Reserva Florestal: aspectos gerais do interior da mata.

Fig. 3 – *General aspects of Reserve Forest.*

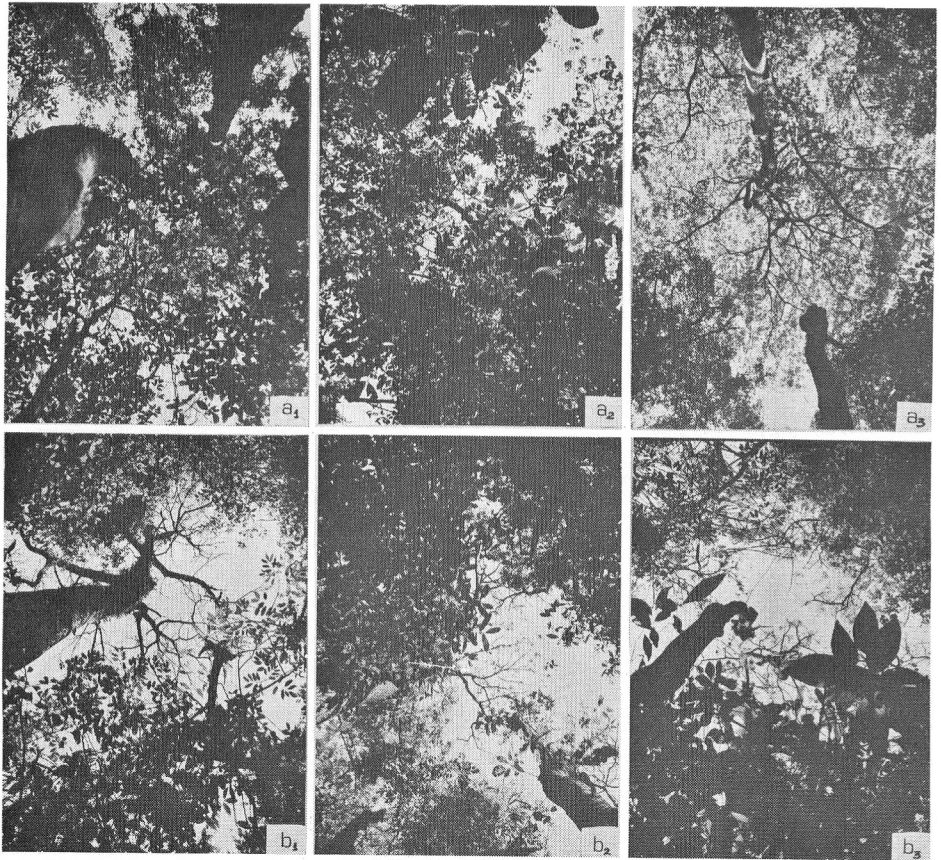


Fig. 4 – Aspectos da cobertura vegetal na estação chuvosa ( $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ) e seca ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ).

*Fig. 4 – Aspects of canopy in a rainy season (February, 1977 –  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ) and dry season (August, 1976 –  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ).*

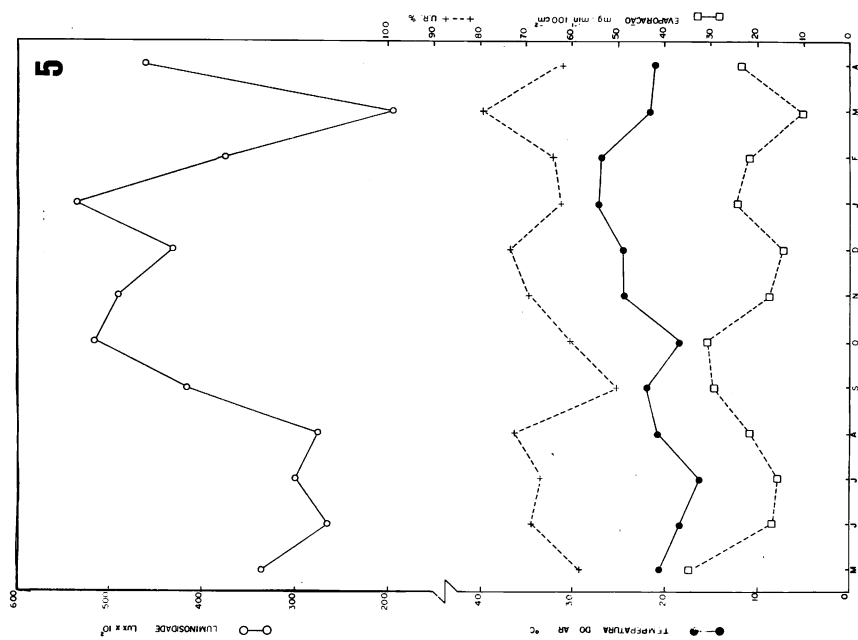


Fig. 5 — Andamento anual dos elementos microclimáticos fora da mata.

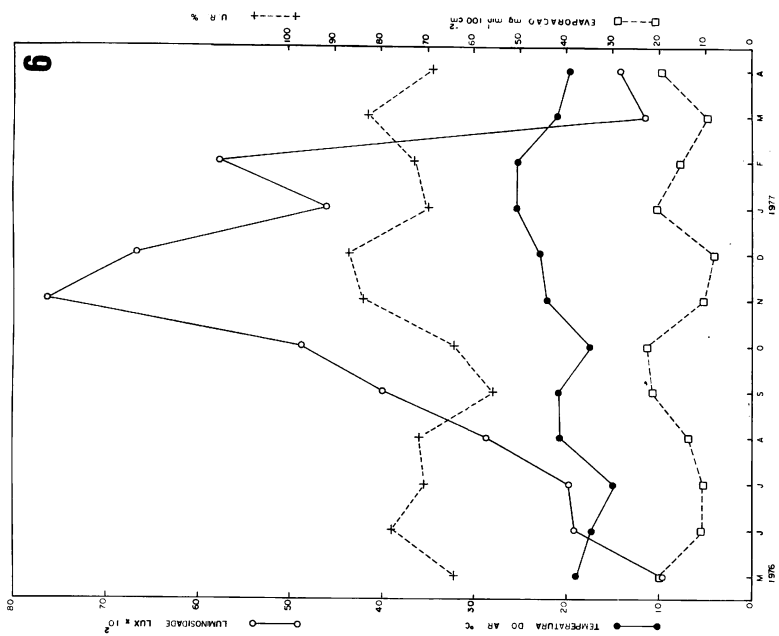


Fig. 6 — Andamento anual dos elementos microclimáticos no interior

da mata.

Fig. 5 — Annual trend of microclimatic elements out of forest cover.

Fig. 6 — Annual trend of microclimatic elements under the forest cover.

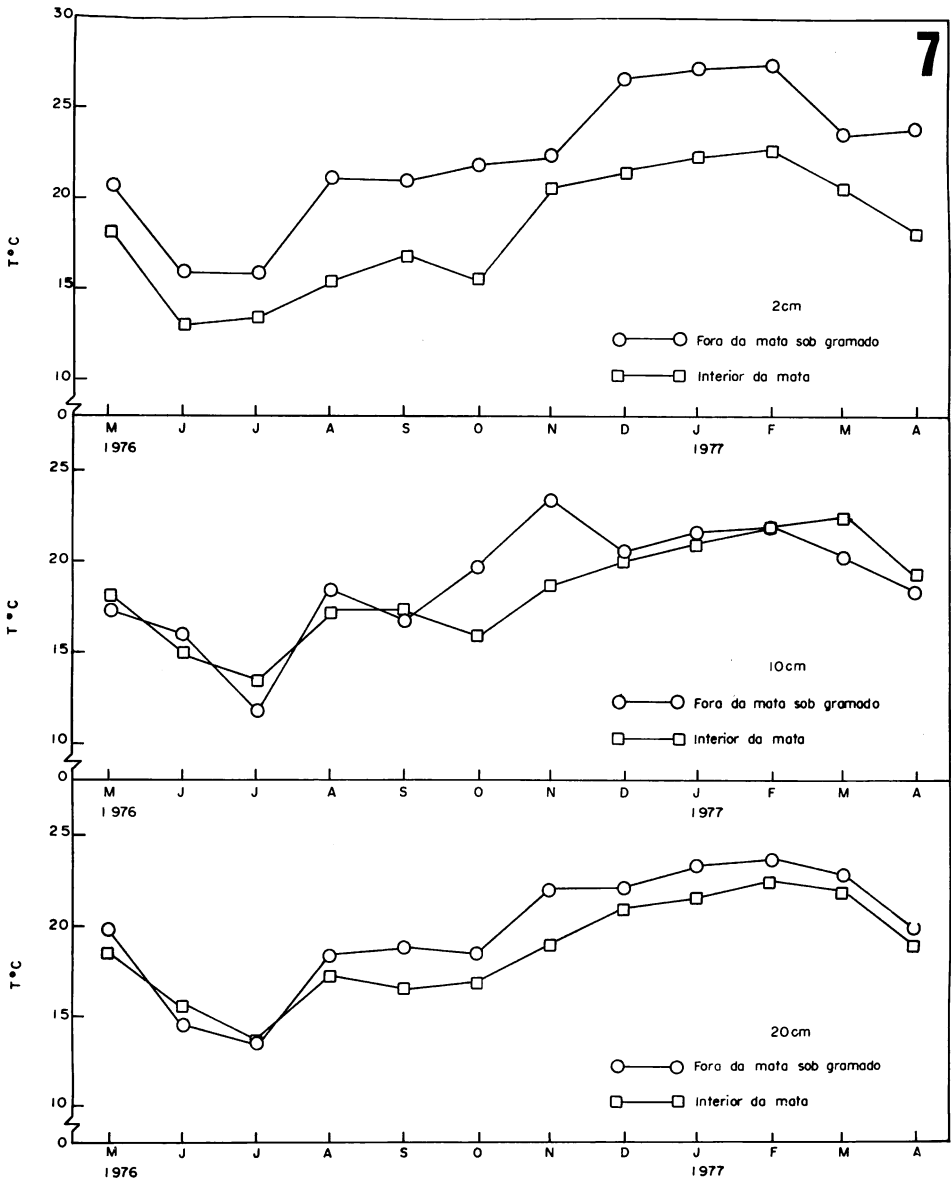


Fig. 7 – Andamento anual da temperatura do solo fora e dentro da mata, a 2 cm, 10 cm e 20 cm de profundidade.

Fig. 7 – Annual trend of soil temperature out and under the forest cover, at 2 cm, 10 cm and 20 cm.



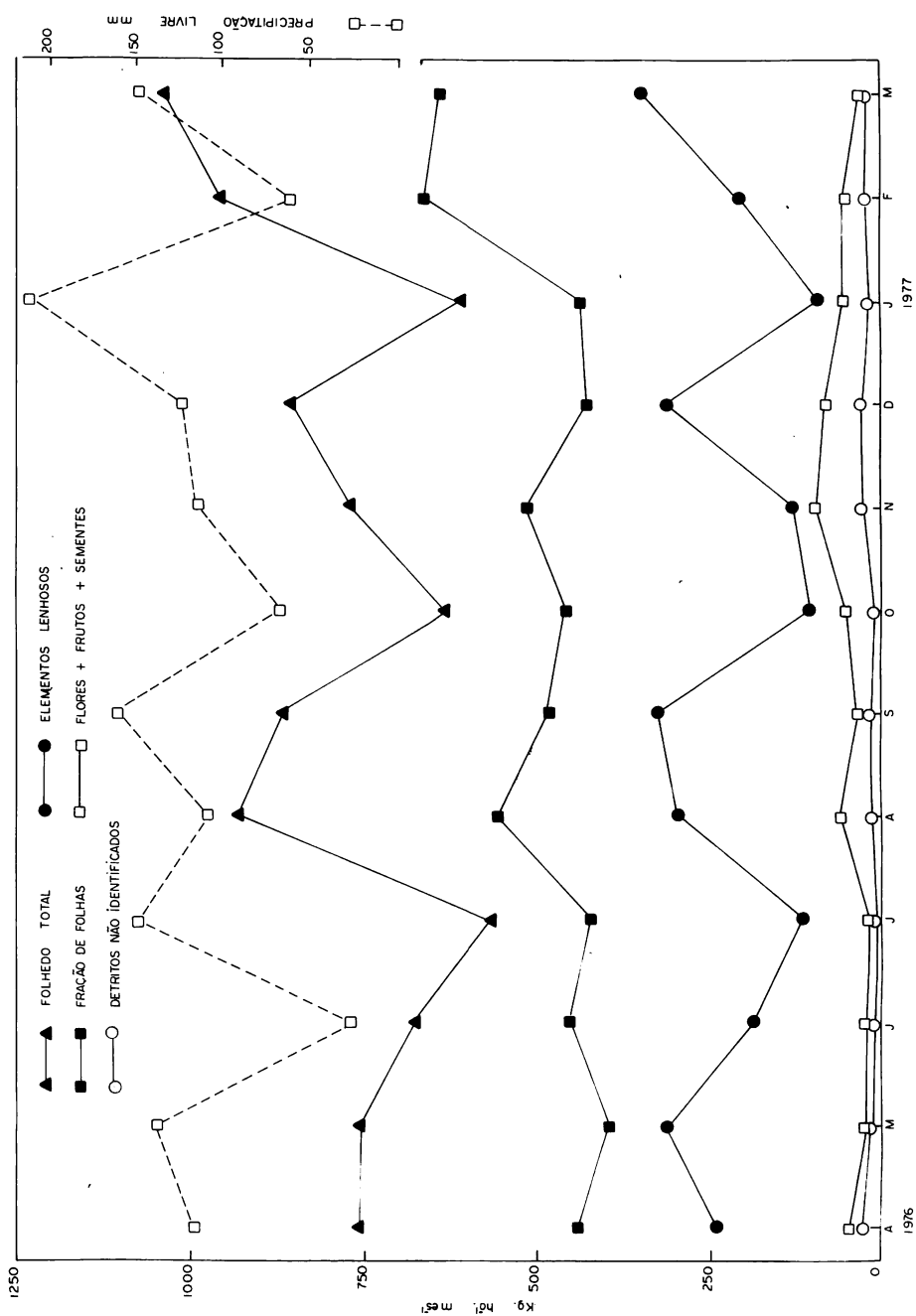


Fig. 8 – Produção anual do folheto total, frações de folhas, elementos lenhosos, flores + frutos + sementes e detritos não identificados.

Fig. 8 – Annual production of total litter and fractions of leaves, woody elements, flowers + fruits + seeds and unidentified detritus.

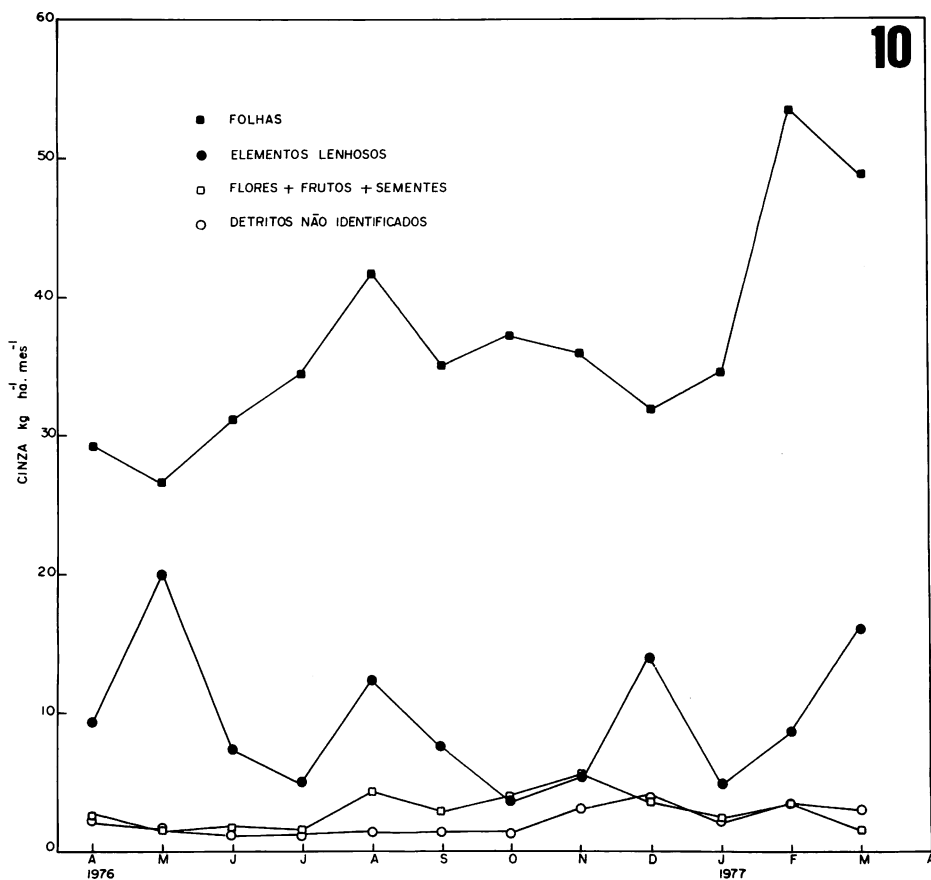
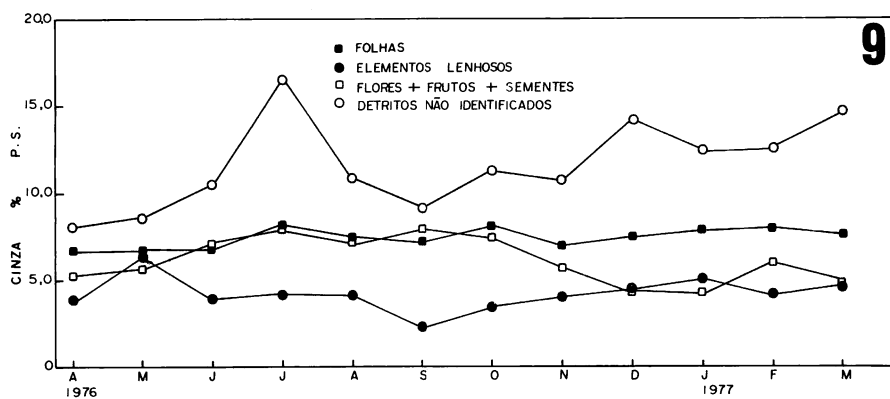


Fig. 9 – Teor de cinza nas frações mensais do folheto. Fig. 10 – Conteúdo total de cinza nas frações mensais do folheto.

Fig. 9 – Ash content (% dry weight) in monthly collected litter fractions. Fig. 10 – Total ash content in monthly collected litter fractions.

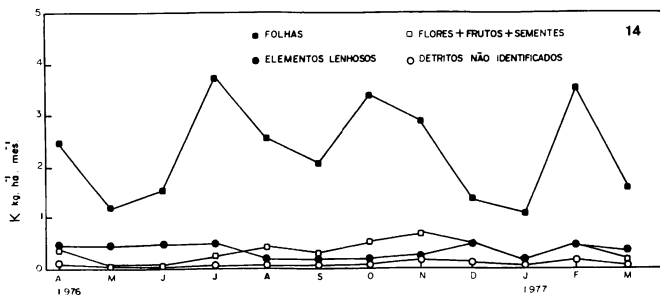
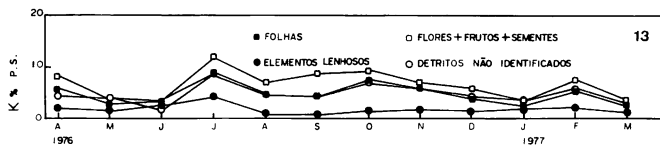
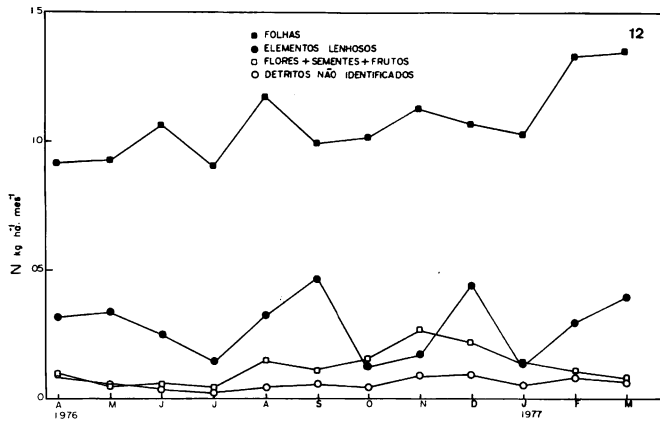
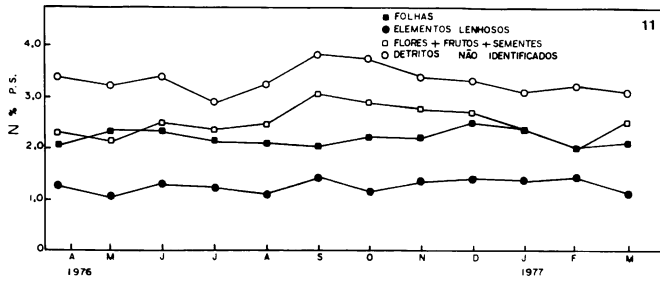


Fig. 11 – Teor de nitrogênio orgânico nas frações mensais do folheto. Fig. 12 – Conteúdo total de nitrogênio orgânico nas frações mensais do folheto. Fig. 13 – Teor de potássio nas frações mensais do folheto. Fig. 14 – Conteúdo total de potássio nas frações mensais do folheto.

Fig. 11 – Organic nitrogen content (% dry weight) in monthly collected litter fractions. Fig. 12 – Total organic nitrogen in monthly collected litter fractions. Fig. 13 – Potassium concentration (% dry weight) in monthly collected litter fractions. Fig. 14 – Total potassium content in monthly collected litter fractions.

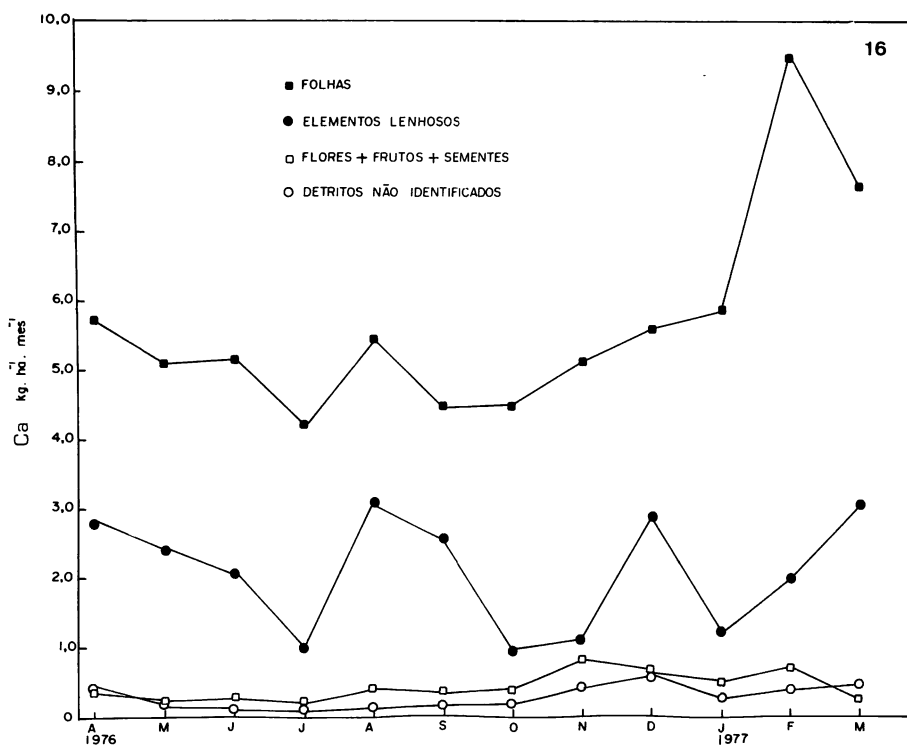
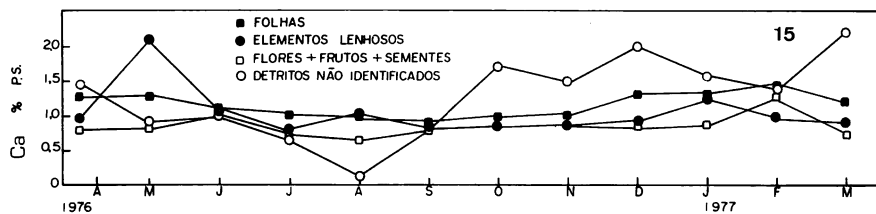


Fig. 15 – Teor de cálcio nas frações mensais do folheto. Fig. 16 – Conteúdo total de cálcio nas frações mensais do folheto.

Fig. 15 – Calcium concentration (% dry weight) in monthly collected litter fractions. Fig. 16 – Total calcium content in monthly collected litter fractions.

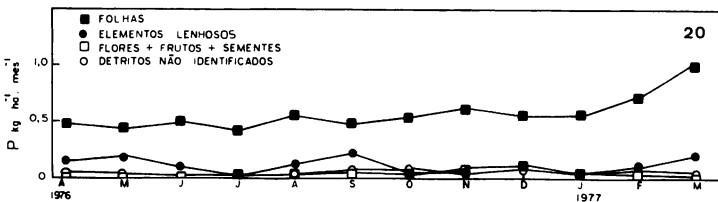
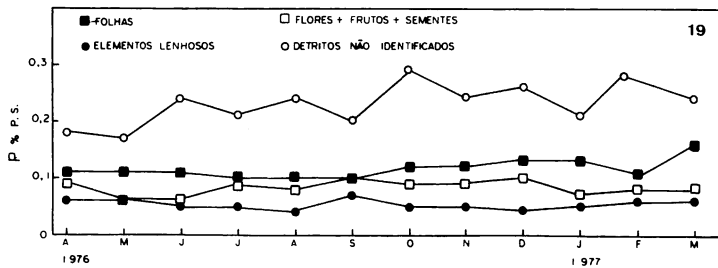
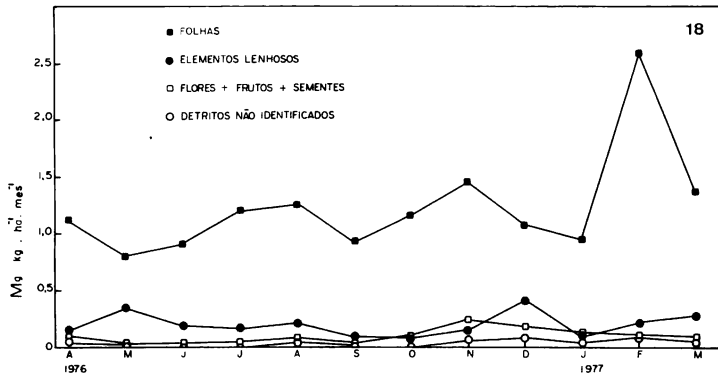
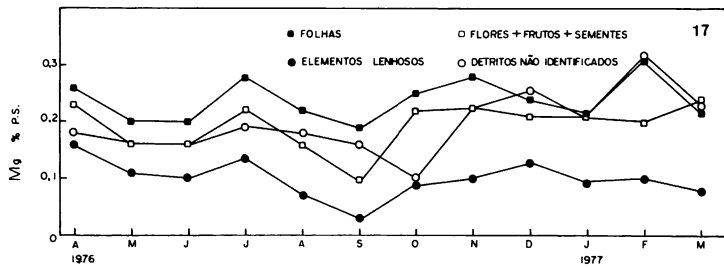


Fig. 17 – Teor de magnésio nas frações mensais do folheto. Fig. 18 – Conteúdo total de magnésio nas frações mensais do folheto. Fig. 19 – Teor de fósforo nas frações mensais do folheto. Fig. 20 – Conteúdo total de fósforo nas frações mensais do folheto.

Fig. 17 – Magnesium concentration (% dry weight) in monthly collected litter fractions. Fig. 18 – Total magnesium content in monthly collected litter fractions. Fig. 19 – Phosphorus concentration (% dry weight) in monthly collected litter fractions. Fig. 20 – Total phosphorus content in monthly collected litter fractions.