

CICLAGEM DE NUTRIENTES MINERAIS NA MATA MESÓFILA SECUNDÁRIA
- SÃO PAULO. III - DECOMPOSIÇÃO DO MATERIAL FOLIAR E
LIBERAÇÃO DOS NUTRIENTES MINERAIS

CYCLING OF MINERAL NUTRIENTS IN A SECONDARY SEMIDECIDUOUS
FOREST - SÃO PAULO. III - LEAF DECOMPOSITION AND RELEASE OF
MINERAL NUTRIENTS.

Marico Meguro⁽¹⁾, Gilberto Napoleón Vinueza⁽²⁾ e Wellington Braz Carvalho Delitti⁽¹⁾

SUMMARY - This paper studies the rate of leaf-litter decomposition of four tree species of an evergreen sazonal forest (23° 33'S, 46° 43'W, 765-735 m Alt., State of São Paulo - Brazil) : *Cedrella fissilis* Vell. (Meliaceae) and *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. (Euphorbiaceae) of the upper stratum; *Guarea tuberculata* Vell. (Meliaceae) and *Rudgea jasminoides* (Cham.) Müll. Arg. (Rubiaceae) of the secondary stratum. Samples of freshly fallen leaves of each species and mixed sample contained in meshed nylon bags were left to decay on the forest floor during 6 months (experiment started at the beginning of the drier and cooler season) and 12 months (start at the onset of the rainy season). In the first lot of the experiment, the loss of dry matter after 4 driest months was around 10-20% and after 6 months, 35-50%. In the second lot of experiment, the weight loss after the 3 rainy months attained 30-50%, being 40-60% after 6 months. At the end of experiment, 12 months later, the remaining organic material was between 45-25%. Carbon content of leaf samples declined more consistently at the beginning of decay process but nitrogen and phosphorus contents remained quite constant and the liberation of these elements followed the loss of dry matter. Potassium, calcium and magnesium contents showed more accentuated decline during the first six months decomposition. Two widely used expressions for decomposition rate were used: the exponential decay rate k and half-decomposition time, $t_{50\%}$. The highest k value was found for the leaves of *Alchornea* and *Rudgea*, followed by *Guarea* and *Cedrela*. The mixed sample showed an intermediate value. The half-decomposition time was estimated around 5-6 months for *Alchornea* and *Rudgea* species and 8 months for *Guarea* and *Cedrela*.

RESUMO - O presente trabalho trata da decomposição do material foliar recém-caído de 4 espécies arbóreas de uma mata mesófila secundária (23° 33'S, 46° 43'W., altitude entre 765-735 m, São Paulo - S.P.): *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae), *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. (Euphorbiaceae), ambas do estrato superior; *Guarea tuberculata* Vell. (Meliaceae) e *Rudgea jasminoides* (Cham.) Müll. Arg. (Rubiaceae) do estrato secundário. Amostras de fo-

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

(2) Equador-Quito - Bolsista do Ministério das Relações Exteriores - Estagiário do Depto. de Botânica, Instituto de Biociências, USP, no período 1975-1977.

lhas recém-caídas de cada uma das espécies e lotes mistos de 4 espécies foram colocados em bolsas de rede de "nylon" e expostos junto ao folheto existente no interior da mata. Uma série de experimentos foi iniciada no fim da estação chuvosa e teve duração de 6 meses. Uma outra teve início no começo da estação chuvosa, com duração de 12 meses. Na primeira série foi verificado um declínio no peso seco da ordem de 10-20% após 4 meses e de 35-50% após 6 meses de decomposição. Na segunda série, a perda do material orgânico após 3 meses chuvosos atingiu 30-50%, e 40-60% após 6 meses. No fim do período do experimento, 12 meses mais tarde, o material orgânico remanescente no folheto era da ordem de 45-25%. O conteúdo de carbono das amostras apresentou uma diminuição mais acentuada no início do processo de decomposição, mas os teores de nitrogênio e fósforo permaneceram mais ou menos constantes. A liberação destes elementos seguiu, portanto, a razão da perda do peso seco das amostras. Por outro lado, os teores de potássio, cálcio e magnésio mostraram, de modo geral, maior queda nos primeiros 6 meses de decomposição. A razão da decomposição exponencial k foi mais elevada para as folhas de *Alchornea* e *Rudgea* do que nas de *Guarea* e *Cedrela*, similares neste aspecto. O lote misto apresentou valor intermediário. O tempo requerido para o desaparecimento de 50% do material, $t_{50\%}$, foi estimado em torno de 5-6 meses para folhas de *Alchornea* e *Rudgea* e 8 meses para *Guarea* e *Cedrela*.

INTRODUÇÃO

A maior parte da matéria orgânica acumulada na superfície do solo de uma floresta é constituída de material vegetal, transferida via queda-do-folheto, embora excrementos e restos de animais mortos estejam aí presentes. Dentre os componentes do folheto, as folhas perfazem, por sua vez, a fração mais significativa, não só pela massa, como pelo conteúdo de nutrientes orgânicos e inorgânicos (Nye, 1961; Klinge & Rodrigues, 1968a, 1968b; Edwards, 1977; Kunkel-Westphal & Kunkel, 1979; Meguro *et al.*, 1979a).

A reciclagem destes nutrientes originários da fitomassa, dependerá da rapidez da mineralização do material, regulada por uma série de variáveis tais como a ação dos elementos climáticos (precipitação, temperatura, evapotranspiração), tipos de solo, atividades biológicas e características próprias das frações do folheto (Jenny *et al.*, 1949; Olson, 1963; Witkamp, 1966; Heath & Arnold, 1966; Lemée & Bichaut, 1973; Van Cleve, *apud* Meentemeyer, 1974; Meentemeyer, 1978).

Dos numerosos processos físicos e químicos que têm lugar durante a desintegração e a decomposição da matéria orgânica, destacam-se os trabalhos promovidos pela fauna dos invertebrados do solo e a ação enzimática da microflora - oxidações, reduções, hidrólise e alguma ressíntese, sendo parte do material utilizada como substrato respiratório e parte como matéria-prima para a síntese de compostos estruturais desses organismos. Destes processos, a oxidação é a reação mais característica, e a quantidade de O_2 consumido e CO_2 liberado pode ser tomada como medida da atividade da biota do solo e, consequentemente, como parâmetro indicativo da velocidade de decomposição e liberação dos nutrientes contidos no folheto (Witkamp, 1966).

O presente trabalho analisa o processo de decomposição e liberação dos nutrientes minerais do material foliar recém-caído de algumas espécies lenhosas de uma mata mesófila secundária.

Os experimentos foram conduzidos na Reserva Florestal da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" - São Paulo, S.P. (23°33'lat. S e 46°43'long. W, altitude 735-765 m), já descrita em trabalho anterior (Meguro *et al.*, 1979a).

MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado para o experimento de decomposição foi restrito à fração de folhas recém-caídas de 4 espécies arbóreas da mata, 2 do estrato superior, *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. (Euphorbiaceae) e *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) e 2 do estrato secundário, *Guarea tuberculata* Vell. (Meliaceae) e *Rudgea jasminoides* (Cham.) Müll. Arg. (Rubiaceae).

Os experimentos foram iniciados em duas épocas diferentes do ano, sendo a primeira série realizada no período de 04/76 a 10/76, cobrindo a estação menos chuvosa e mais fria; a segunda no período de 10/76 a 10/77, abrangendo, inicialmente, a estação chuvosa e, posteriormente, a estação menos chuvosa.

As folhas, previamente secas a 80°C, foram pesadas e colocadas em bolsas decompositoras de rede de "nylon" (Bocock & Gilbert, 1957), com malha de 2 x 2 mm e dimensões de 10 x 20 cm. Foram preparados 4 lotes correspondentes a cada espécie, com 16 bolsas, além de um lote com material misto, num total de 80.

As preparações foram expostas às condições naturais do interior da mata, junto ao folheto existente.

Amostras de cada lote eram colhidas a intervalos de 2 meses (período 04/76 a 10/76) ou de 3 meses (período 10/76 a 10/77) e submetidas, imediatamente ao teste de atividade respiratória dos organismos presentes no material. Para isso, as bolsas intactas eram colocadas em frascos com capacidade de 2000 ml, hermeticamente fechados, contendo um recipiente de boca larga com 10 ml de KOH 0,5N. Após 5 horas de incubação a 25°C, a quantidade de CO₂ era determinada por titulação com HCl 0,1N padronizado e expresso em mg CO₂.h⁻¹.g⁻¹ de peso seco. Este era determinado após secagem do material a 80°C, sendo posteriormente recalculado em porcentagem do peso inicial.

A razão exponencial da decomposição k , assim como o tempo necessário para o desaparecimento de 50% do material, $t_{50\%} = \frac{-\ln 0,5}{k}$, foram determinados (cf. Olson, 1963).

Aliquotas do material seco e pulverizado de cada lote colhido no período de 10/76 a 10/77, foram submetidas às análises químicas. Para a determinação do nitrogênio orgânico foi utilizado o método de Kjeldahl; o carbono foi determinado pelo método de oxidação ácida e titulação; o potássio por fotômetro de chama Evans Electro Selenium Mark II; o cálcio e o magnésio por espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer Mod. 403; o fosfato pelo método colorimétrico de fosfomolibdato azul, utilizando-se o redutante cloroestano (Jackson, 1967; Chapman, 1972). Os resultados das análises foram expressos em % do peso seco e em % do conteúdo total inicial da amostra.

Determinações mensais de respiração edáfica diurna no

interior da mata, foram realizadas no início de cada mês, no período de 04/76 a 03/77, utilizando-se o método de Haber (in Steubing, 1965). Os resultados foram expressos em $\text{mg CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2$. Paralelamente, foram obtidos os dados de temperatura do solo a 2 cm de profundidade, além daqueles da água de gotejamento, isto é, quantidade de precipitação mensal que atravessa o dossel e atinge efetivamente a superfície do solo no interior da mata (Meguro *et al.*, 1979b).

RESULTADOS

Respiração edáfica - Os experimentos realizados mostraram que, de maio a outubro, período normalmente correspondente ao período menos chuvoso e mais frio, o valor médio da respiração edáfica foi de $42 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2$, com o mínimo de 23 mg no início de julho. No período de novembro a abril, estação mais chuvosa e quente, esta média se elevou para $116 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2$, atingindo um máximo de 159 mg no fim de janeiro, mês mais chuvoso de 1977 (Figura 1). No entanto, como mostra a tabela 1, a distribuição da precipitação se apresentou bastante irregular em 1976, com altos índices pluviométricos em julho, agosto e setembro, e quantidades superiores a 100 mm de água de gotejamento atingiram efetivamente a superfície do solo.

A figura 1 mostra que, nos meses mais frios, mas com precipitação acima de 100 mm, com exceção de junho, a temperatura parece ter sido o fator moderador da atividade respiratória dos organismos do solo e, nos meses mais quentes, a quantidade da precipitação que chega ao solo, atravessando o dossel da mata.

Decomposição do material foliar do folheto - A figura 2 representa as curvas de perda do peso seco do material foliar contido em bolsas decompositoras, de 3 espécies arbóreas, em lotes separados e expostos às condições naturais da mata, no período de abril a outubro de 1976. Nesta série, o lote misto e o de uma das espécies, *Rudgea*, foram prejudicados durante o experimento. Nos 2 primeiros meses, as perdas de peso observadas foram apenas de 10 a 20%, denotando os efeitos da temperatura em declínio (Tabela 1). Nos 2 meses subsequentes, a decomposição foi menor ainda, insignificante. Além da baixa temperatura, o mês de junho foi o mais seco, durante o qual o solo recebeu menos de 30 mm de água de precipitação. Após 6 meses de exposição, com 2 últimos meses mais favoráveis, as folhas de *Alchornea sidifolia* perderam cerca de 50% do peso seco inicial; *Cedrela fissilis* e *Guarea tuberculata*, em torno de 35%. Por outro lado, as curvas representativas da liberação de CO_2 do material contido nas bolsas, mostraram uma estreita relação entre os valores de perda de peso e a atividade respiratória dos organismos ali presentes (Figura 2b).

No experimento iniciado no começo da estação chuvosa (Figura 3), foi verificada uma rápida diminuição no peso seco das amostras, já nos 3 primeiros meses de exposição (30-48% do valor inicial). Após 6 meses de período favorável, as folhas de *Alchornea sidifolia* perderam cerca de 60% do peso seco inicial; de *Cedrela fissilis* e *Guarea tuberculata*, em torno de 40%; de *Rudgea jasminoides* e do lote misto, 50%. Decorridos 12 meses, abrangendo agora o período mais seco (maio a agosto, com menos

de 30 mm) (Tabela 1), as perdas atingiram 75% em folhas de *Alchornea*, 65% no lote misto, 60% em *Rudgea* e *Guarea*, sendo a *Cedrela* mais resistente, com 55%. Nota-se que a temperatura média neste período foi mais elevada que no ano anterior. Nos 3 últimos meses do experimento, com temperatura em ascensão, mas ainda secos, as perdas foram praticamente nulas. As curvas da liberação do CO₂ das amostras acompanharam tais variações (Figura 3b).

Os valores de k calculados segundo a função exponencial, considerando-se isoladamente cada período de exposição e coleta (3, 6, 9 e 12 meses), mostraram-se mais elevados nos primeiros 3 meses, permanecendo mais ou menos constantes nos períodos subsequentes. As folhas de *Alchornea* apresentaram, de modo global, valores de k superiores às demais espécies, embora *Rudgea*, de textura mais delicada, tenha se sobressaído nos 3 primeiros meses (Tabela 2). No material misto, como era de se esperar, a razão de decomposição apresentou-se, aproximadamente, intermediária.

Tomando-se os valores de k obtidos após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição, foram feitas as seguintes estimativas de t_{50%}: *Alchornea*, aproximadamente 5 meses; *Rudgea*, 6 meses; material misto, 6 meses; *Cedrela*, 8 meses; *Guarea*, 8 meses.

Liberação do carbono do material foliar - A figura 4 mostra que o declínio no conteúdo de carbono por unidade de peso seco é mais acentuado nos primeiros 6 meses de decomposição, após o qual se torna mais lento. Tal declínio inicial reflete-se na grande inclinação da curva de perda de carbono total do material foliar em decomposição. Após 6 meses, cerca de 55-65% do valor inicial foram liberados (Figura 5).

Liberação do nitrogênio orgânico do material foliar - No material foliar submetido à decomposição nas bolsas, a quantidade de nitrogênio orgânico por unidade de peso seco não apresentou variações sensíveis no decorrer do experimento, mantendo-se em torno de 2,0% e a aparente tendência ao aumento observada nos primeiros meses não foi significativa (Figura 6).

No experimento iniciado no começo da estação chuvosa, os materiais foliares das espécies estudadas, *Alchornea*, *Guarea*, *Rudgea* e material misto, com exceção de *Cedrela*, perderam cerca de 40-50% do nitrogênio orgânico total, no período de 6 meses. A *Cedrela* perdeu apenas 25%. Nos 3 últimos meses, as perdas foram insignificantes (Figura 7), como o foram as de peso seco total.

Liberação do potássio, cálcio e magnésio do material foliar - Ao contrário do nitrogênio, o teor de potássio por unidade de peso seco, sofreu uma diminuição acentuada nos 3 primeiros meses, após o que houve uma tendência à estabilização nos 6 meses seguintes. Embora os teores iniciais deste elemento fossem diferentes de espécie para a espécie, a concentração média nos materiais, após 12 meses de decomposição, era de 0,1 a 0,2% do peso seco. A única exceção foi o material de *Cedrela*, de baixo teor inicial que se manteve praticamente constante nos primeiros meses e com tendência ao aumento no fim do período do experimento (Figura 8). Estas tendências refletem na curva de liberação do potássio total, apresentada na figura 9, em que apro-

ximadamente 90% do conteúdo total foram liberados em 6 meses nas folhas de *Alchornea*, *Guarea* e *Rudgea*, após uma rápida queda nos primeiros 3 meses. O material misto apresentou comportamento intermediário entre as 3 espécies acima e *Cedrela*, inclusive a tendência ao aumento no fim do experimento, o que afasta a suposição de possível desvio experimental no resultado obtido para esta espécie. Atividades de microorganismos sobre o folheto, ou ainda, a adsorção de potássio conduzido pela água de gotejamento no material em decomposição podem ter contribuído para o fato.

O teor de cálcio nas folhas das espécies estudadas variou em torno de 1,5% do peso seco, com exceção de *Rudgea*, com apenas 0,5%. A liberação desse elemento por unidade de peso seco, com exceção de *Cedrela*, tornou-se mais acentuada após 3 meses de exposição das bolsas decompositoras nas condições da mata, estabilizando-se em torno de 9 meses. *Cedrela* apresentou maior resistência à perda, como pode ser notada na figura 10. A variação do conteúdo total de cálcio em % do valor inicial, está representada na figura 11.

O elemento magnésio, com teor inicial entre 0,1-0,5%, apresentou maior variação por unidade de peso seco nos primeiros 6 meses. As folhas de *Cedrela*, de baixo teor inicial, mantiveram-no praticamente inalterado, mesmo após 12 meses de exposição (Figura 12). O conteúdo total de magnésio nos materiais expostos à decomposição diminuiu cerca de 80% em 12 meses (Figura 13).

Liberação do fósforo - O fósforo, com teor inferior a 0,1% do peso seco nas folhas de 4 espécies, não apresentou também variações perceptíveis no decorrer do processo de decomposição, com exceção de *Rudgea* com tendência irregular ao aumento (Figura 14). Após 12 meses, *Cedrela* e *Guarea* liberaram cerca de 50% do conteúdo total da amostra; *Alchornea*, 80% e o material misto em torno de 60%. As folhas de *Rudgea*, após uma perda da ordem de 30% após 9 meses, apresentou um aumento já mencionado após 12 meses, podendo ser lembrada a mesma explicação apresentada para o caso do potássio nas folhas de *Cedrela* (Figura 15).

* DISCUSSÃO

Diversos fatores influem no processo de decomposição do material foliar, dentre os quais as características físicas estruturais e químicas próprias de cada espécie. Folhas de espécies heliófilas, com textura rígida, apresentam, de modo geral, maior dificuldade no umedecimento quando mortas, o que desfavorece a atividade da microflora e fauna, ao contrário das folhas de sombra, mais delicadas (Health & Arnold, 1966).

Teores de diversos constituintes químicos como P, Ca, lignina, tanino, carboidratos inclusive a celulose, apresentam correlação significativa com a razão da decomposição. As folhas, quando sofrem abscisão, contêm, geralmente, poucos açúcares e amido, sendo a maior parte composta por celulose e lignina (Meentemeyer, 1978). Por outro lado, aquelas mais ricas em nitrogênio ou com razão C/N baixa, são tidas como mais facilmente decomponíveis (Witkamp, 1966). A presença de substâncias inibidoras liberadas pelo folheto ou sintetizadas por microorganismos pioneiros na sua colonização, associada à natureza do

solo, pode ter papel relevante em muitos casos (Beck *et al.*, 1969).

Das espécies estudadas, pertencentes ao estrato superior, as folhas de *Cedrella fissilis*, de textura mais rígida, apresentaram maior resistência à decomposição que as de *Alchornea sidifolia*, embora o teor de nitrogênio fosse em torno de 1,7% do peso seco em ambas. As folhas de *Rudgea jasminoides* e *Guarea tuberculata*, espécies do estrato secundário, apresentaram também, conteúdo semelhante de nitrogênio (1,9% do peso seco), mas a primeira, de textura mais delicada, sofreu maiores perdas de peso seco, especialmente nos 3 primeiros meses de exposição, no início da estação chuvosa. No entretanto, após este período, a perda se tornou lenta, devido, provavelmente, às estruturas residuais mais resistentes como nervuras e pecíolo. Ewel (1976), observou fato semelhante na espécie *Cochlospermum vitifolium* (Cochlospermaceae) da mata de Guatemala, cujas folhas, embora com alto teor de nitrogênio, eram providas de pecíolos muito resistentes à decomposição.

Diversos autores mencionam o fato de que a decomposição das folhas nas florestas pluviais é mais lenta no início e mais rápida no fim, embora outros afirmem o inverso (cf. Golley *et al.*, 1975).

Em todas as espécies estudadas, as perdas de peso seco se mostraram mais rápidas no início da exposição, especialmente no experimento montado no começo da estação chuvosa e com elevação da temperatura, denotando o papel decisivo dos elementos climáticos. Os baixos valores de temperatura e menor pluviosidade, com reflexos no conteúdo de umidade do solo, são fatores limitantes da atividade dos organismos decompositores. Altas temperaturas, por sua vez, são favoráveis às atividades biológicas, mas aumentam, por outro lado, o dessecamento do solo e do material, principalmente folhas consistentes e difíceis de serem umedecidas (Witkamp, 1966).

No que concerne ainda à sazonalidade do processo, deve ser ressaltada a necessidade de se pesquisar a atividade diferencial das espécies da fauna dos invertebrados e da microflora do solo. Segundo Malaisse *et al.* (1975), a digestão aeróbica da celulose é pouco eficiente na época chuvosa, mas se torna importante na estação mais seca. A digestão proteolítica, a amonificação e o ataque ao amido, ao contrário, têm o máximo de rendimento na época chuvosa, estando altamente correlacionados com o teor de umidade do solo.

O tempo médio para a decomposição de 50% do material foliar foi estimado em torno de 5-6 meses para as de textura mais delicada, *Rudgea* e *Alchornea*; cerca de 8 meses para *Cedrela* e *Guarea*. Estas estimativas são superiores àquelas encontradas na literatura para folhas de espécies tropicais, as quais desaparecem quase totalmente em período de tempo equivalente (cf. Golley *et al.*, 1975). Por outro lado, são obviamente inferiores ao tempo de meia decomposição estabelecido por Meguro *et al.* (1981a) para o folheto total da mesma mata (9-10 meses) que contem, além da fração de folhas, material lenhoso, flores, frutos, sementes e detritos de lenta decomposição.

A liberação dos nutrientes segue, de modo geral, o desaparecimento da matéria orgânica, embora alguns elementos como o potássio, apresentem maior tendência à lixiviação. Em certos casos, pode ser observado um aparente acúmulo do elemento durante a decomposição, especialmente nitrogênio, como consequência da atividade dos microorganismos presentes no mate-

resp
dal

ocho
staf
I
M.O.*
Rudgea
Cedrela

rial, ou ainda, como nos casos de potássio, fósforo e cálcio a través da adição pela água de gotejamento no material depositado na superfície do solo (Lemée & Bichaut, 1973).

Portanto, como menciona Witkamp (1966), a interdependência entre a temperatura, umidade, estação do ano, composição do substrato e a população dos microorganismos do solo, torna bastante complexa a avaliação global do processo de decomposição em ambientes naturais.

Agradecimentos - Agradecemos ao Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da USP pelo uso do espectrofotômetro de absorção atômica e em especial ao Dr. Roberto Tocoro pela inestimável assistência durante as análises.

REFERÊNCIAS

- BECK, O., DOMMERSUES, Y. & VAN DEN DRIESSCHE, R. 1969. L'effect litière. II - Étude expérimentale du pouvoir inhibiteur de composés hydrosolubles des feuilles et litières forestières vis-à-vis de la microflore tellurique. *Oecologia Plantarum*, 4(3): 237-266.
- BOCOCK, K.L. & GILBERT, O.J. 1957. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. *Plant and Soil*, 9: 179-185.
- CHAPMAN, S.B. (ed.), 1976. *Methods in Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publications, London.
- 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.
- GOLLEY, F.B., MCGINNIS, J.T., CLEMENTS, R.G., CHILD, G.I. & DUEVER, M.J. 1975. *Mineral Cycling in a Tropical Moist Forest Ecosystem* - University of Georgia Press, Athens, Georgia.
- HEATH, G.W. & ARNOLD, M.K. 1966. Studies in leaf-litter breakdown. II - Breakdown of "sun" and "shade" leaves. *Pedobiologia*, 6: 238-243. *Apud* Ewel, 1976.
- 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 temperature and tropical regions. *Soil Science*, 68: 419-432.
- 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(4): 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(4): 303-310.

- 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.
- MALAISSSE, F., FRESON, R., GOFFINET, G. & MALAISSSE-MOUSSET, M. 1975. Litter fall and litter breakdown in Miombo. In *Tropical Ecological Systems* (Golley, F.B. & Medina, E. eds.) Springer Verlag, p. 137-152.
- MEGURO, M., VINUEZA, G.N. & DELITTI, W.B.C. 1979a. Ciclagem de nutrientes minerais na Mata mesófila secundária - São Paulo. I - Produção e conteúdo de nutrientes minerais do folheto. *Bol. Botânica Univ. S. Paulo* ?
- MEGURO, M., VINUEZA, G.N. & DELITTI, W.B.C. 1979b. II - O papel da precipitação na importação e transferência de K. e P. *Bol. Botânica Univ. S. Paulo*, 7
- MEENTEMEYER, V. 1978. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology*, 56: 465-472.
- NYE, P.H. 1961. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant and Soil*, 12: 333-346.
- OLSON, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44: 322-331.
- STEUBING, L. 1965. *Pflanzenökologisches Praktikum*. Verlag Paul Parey.
- WITKAMP, M. 1966. Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora and microbial respiration. *Ecology*, 47: 194-201.

TABELA 1 - Dados mensais de temperatura do ar e de precipitação. Estação: Cidade Universitária; Altitude: 795 m; Latitude: 23° 34'S; Longitude: 46°44'W. Dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) - Centro Tecnológico de Hidráulica - Divisão de Hidrologia - São Paulo.

Ano	Mês	Temperatura do ar (°C)			Precipitações mm
		Média	Média das máximas	Média das mínimas	
1976	Janeiro	22,7	27,4	17,1	120,8
	Fevereiro	20,8	23,4	18,4	350,4
	Março	21,3	23,8	17,1	168,9
	Abril	19,5	23,8	15,0	149,2
	Maió	16,6	19,6	13,2	144,2
	Junho	16,2	20,1	10,6	73,7
	Julho	15,2	21,0	7,7	159,9
	Agosto	16,2	21,6	9,2	118,2
	Setembro	16,4	20,7	12,2	171,3
	Outubro	17,7	23,2	13,0	89,6
	Novembro	19,9	24,7	16,2	130,9
	Dezembro	21,0	24,8	16,2	137,9
1977	Janeiro	21,9	23,7	19,1	279,2
	Fevereiro	24,1	26,6	22,4	68,5
	Março	22,7	26,1	19,6	164,3
	Abril	19,3	24,9	16,4	101,3
	Maió	17,9	21,2	9,8	29,7
	Junho	17,2	20,9	13,6	24,3
	Julho	19,1	22,2	13,6	16,7
	Agosto	18,5	25,1	12,6	15,0
	Setembro	18,7	24,0	12,2	77,6
	Outubro	20,1	25,6	16,4	101,0
	Novembro	20,4	24,3	16,3	177,9
	Dezembro	19,8	24,0	17,0	189,7

TABELA 2 - Razão da decomposição k do material foliar de 4 espécies arbóreas em amostras separadas e mistras, após 3, 6, 9 e 12 meses de exposição no interior da mata.

Meses de exposição	k				
	<i>Alchornea</i>	<i>Cedrela</i>	<i>Guarea</i>	<i>Rudgea</i>	Material misto
3	1,91	1,30	1,63	2,15	1,65
6	1,53	0,93	0,97	1,24	1,31
9	1,82	1,00	1,00	1,09	1,36
12	1,46	0,80	1,04	0,90	1,08

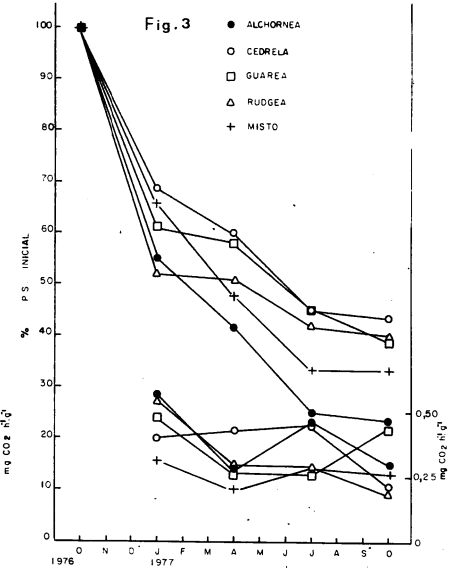
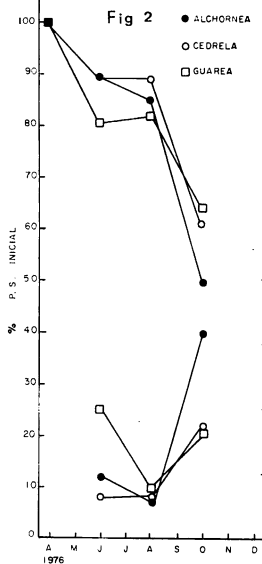
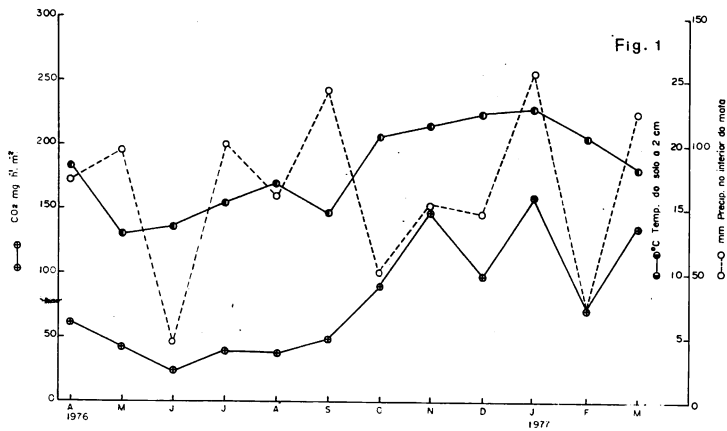


Fig. 1 - Andamento anual da respiração edáfica, precipitação e temperatura. Fig. 2 - Variação no peso seco (a) e liberação de CO₂ (b) do folhedo foliar após 2, 4 e 6 meses de decomposição. Experimento iniciado no fim da estação chuvosa. Fig. 3 - Variação no peso seco (a) e liberação de CO₂ (b) do folhedo foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição. Experimento iniciado no fim da estação chuvosa.

Fig. 1 - Annual trend of soil respiration, throughfall and temperature. Fig. 2 - Dry matter variation (a) and CO₂ liberation (b) in leaf litter after 2, 4 and 6 months decomposition on the forest floor. Experiment started at the end of rainy season. Fig. 3 - Dry matter variation (a) and CO₂ liberation (b) in leaf litter after 3, 6, 9 and 12 months decomposition on the forest floor. Experiment started at the beginning of rainy season.

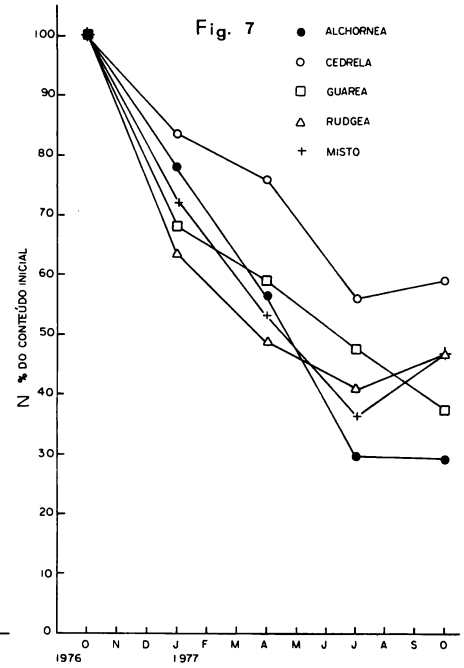
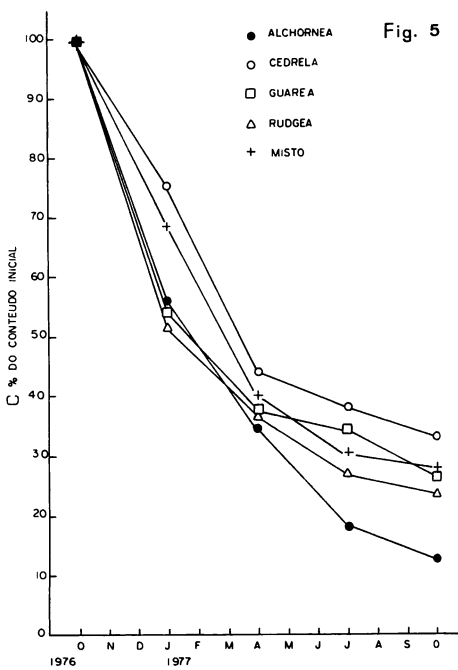
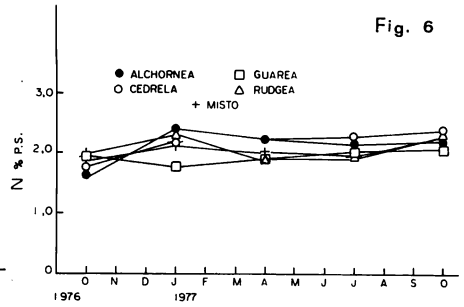
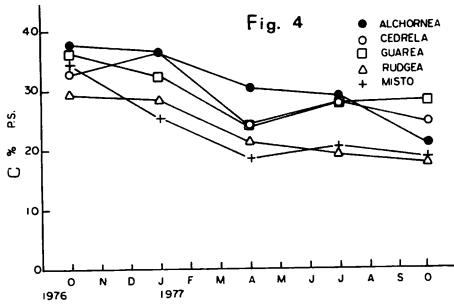


Fig. 4 - Variação no teor de carbono do folheto foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição. Fig. 5 - Carbono total remanescente nas amostras do folheto foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição. Fig. 6 - Variação no teor de nitrogênio orgânico do folheto foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição. Fig. 7 - Nitrogênio orgânico remanescente nas amostras do folheto foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição.

Fig. 4 - Carbon content variation (% dry weight) in leaf litter after 3, 6, 9 and 12 months decomposition on the forest floor. Fig. 5 - Remaining total Carbon content in leaf litter samples after 3, 6, 9 and 12 months decomposition. Fig. 6 - Organic nitrogen content (% dry weight) in leaf litter after 3, 6, 9 and 12 months decomposition. Fig. 7 - Remaining organic nitrogen in leaf litter samples after 3, 6, 9 and 12 months decomposition.

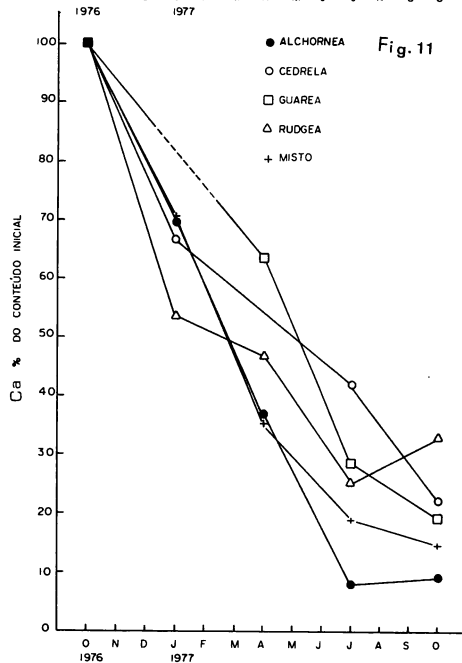
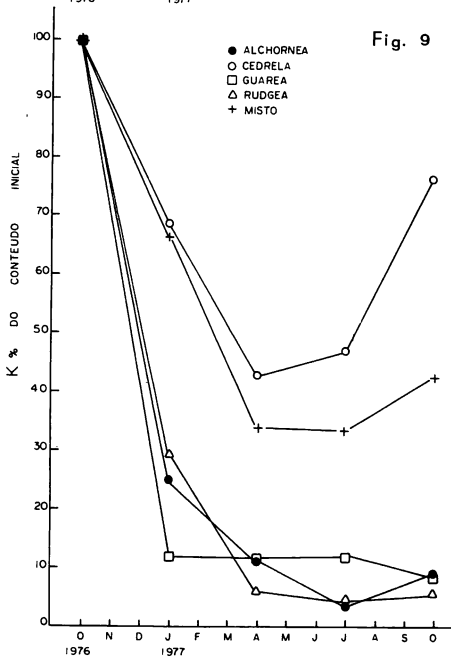
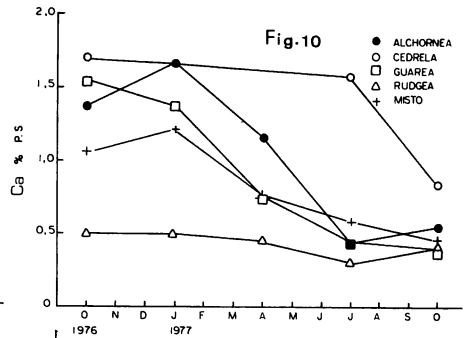
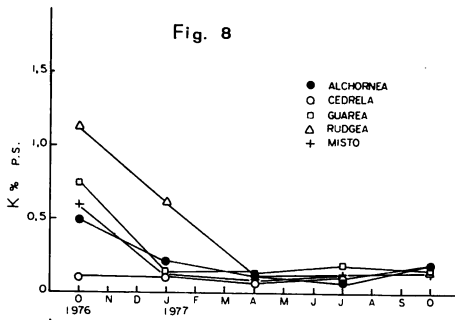


Fig. 8 - Variação no teor de potássio do folheto foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição. Fig. 9 - Conteúdo total de potássio remanescente nas amostras do folheto foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição. Fig. 10 - Variação no teor de cálcio do folheto foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição. Fig. 11 - Conteúdo total de cálcio remanescente nas amostras do folheto foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição.

Fig. 8 - Potassium concentration (% dry weight) in leaf litter after 3, 6, 9 and 12 months decomposition. Fig. 9 - Remaining content of Potassium in leaf litter samples after 3, 6, 9 and 12 months decomposition. Fig. 10 - Calcium concentration (% dry weight) in leaf litter after 3, 6, 9 and 12 months decomposition. Fig. 11 - Remaining content of Calcium in leaf litter samples after 3, 6, 9 and 12 months decomposition.

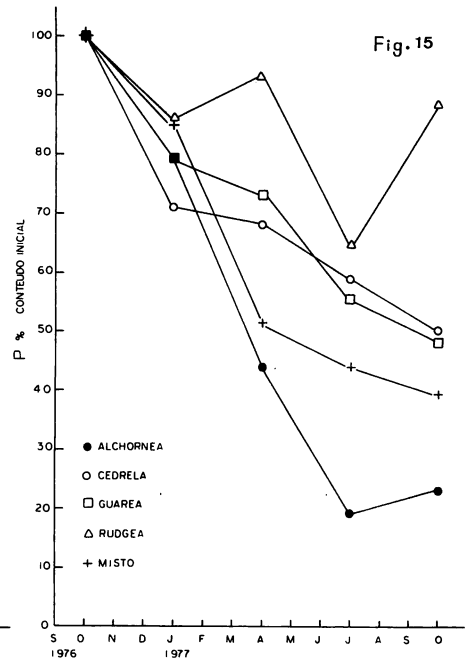
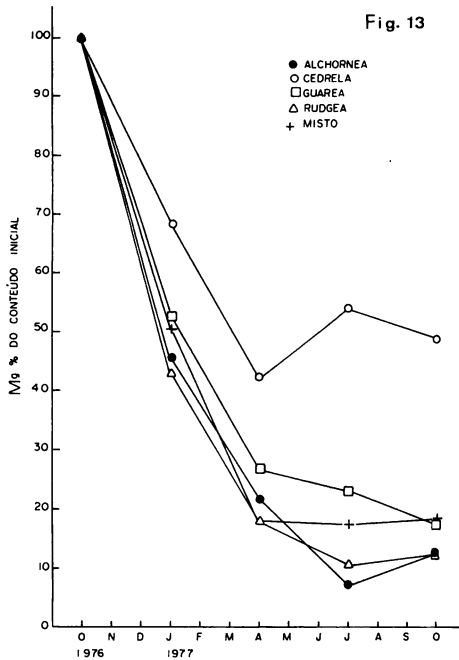
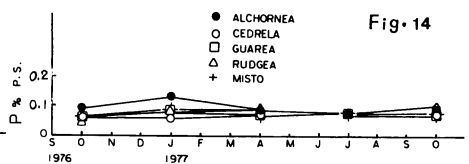
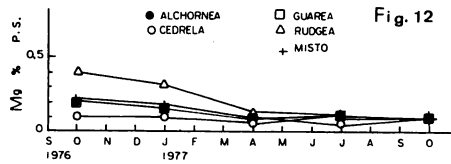


Fig. 12 - Variação no teor de magnésio do folhede foliar apos 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição. Fig. 13 - Conteúdo total de magnésio remanescente nas amostras do folhede foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição. Fig. 14 - Variação no teor de fósforo do folhede foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição. Fig. 15 - Conteúdo total de fósforo remanescente nas amostras do folhede foliar após 3, 6, 9 e 12 meses de decomposição.

Fig. 12 - Magnesium concentration (% dry weight) in leaf litter after 3, 6, 9 and 12 months decomposition. Fig. 13 - Remaining content of Magnesium in leaf litter samples after 3, 6, 9 and 12 months decomposition. Fig. 14 - Phosphorus concentration (% dry weight) in leaf litter after 3, 6, 9 and 12 months decomposition. Fig. 15 - Remaining content of Phosphorus in leaf litter samples after 3, 6, 9 and 12 months decomposition.