

Produção anual de serrapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme. Tucuui-Pa. (*)

Manoela F. F. da Silva
Museu Paraense Emilio Goeldi

Resumo: Estudou-se a deposição de material orgânico e respectiva concentração de nutrientes em mata de terra firme, na Amazônia oriental, região a ser inundada pela represa da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará. Para coleta do material de campo, foi empregada a metodologia convencional do uso de bandejas, e a análise química foi realizada nos laboratórios do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba - SP. Estimaram-se em 6.656 kg/ha/ano os resíduos vegetais depositados com uma marcada variação mensal. As folhas contribuíram com 71,5% do total; graveto com 21,1% e flor + fruto com 7,4%. A fração foliar demonstrou uma tendência à estacionalidade com um pico máximo de queda no mês de maio sem nenhuma correlação com a precipitação pluviométrica; um segundo período de marcada deposição foliar foi de agosto a outubro, época mais seca na região. Enquanto nas outras 2 frações (graveto e flor + fruto) não ficou bem clara esta tendência. O retorno anual de nutrientes ao solo pelo material orgânico decíduo foi de 126,34 N — 3,43 P — 26,28 K — 49,53 Ca — 14,41 Mg — 12,61 S — 1,38 Fe — 0,08 Cu — 4,16 Mn — 0,11 Zn — 0,23 B — 3,29 Na e 2,79 Al Kg/ha; valores estes mais elevados que os normalmente reportados para a região. Os elementos minerais analisados encontram-se na seguinte ordem: N > Ca > K > Mg > S > P, para os macronutrientes e Mn > Na > Al > Fe > B > Zn > Cu para os micronutrientes. A somatória das taxas de N, P, K, Ca, Mg e S, é maior em flor + fruto que nas outras duas frações; Ca encontra-se mais concentrado em graveto. A seqüência de concentração de nutrientes nas frações consideradas é: flor + fruto > folha > graveto.

(*) — Com ligeiras alterações o presente trabalho foi apresentado ao Curso de Pós-Graduação INPA/FUA, para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Biológicas, área de Botânica.

INTRODUÇÃO

O estabelecimento de padrões de ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais é feito mediante estudos minuciosos de quantificação e qualificação dos materiais que compõem os compartimentos envolvidos e o uso de parâmetros de ordem temporal. Para este último, Duvigneaud & Denaeyer De Smet (1970), diz que o ciclo anual é a unidade básica que pode ser usada para comparações e estudos de ciclos mais longos.

A "serrapilheira" também conhecida em ecologia como "liteira" ou "manta", é um dos componentes de maior importância no ciclo de nutrientes. É formada pelo material vegetal decíduo ou detritos vegetais que são depositados na superfície do solo florestal, tais como: folhas, gravetos, flores, frutos, sementes, casca, galhos, troncos e fragmentos vegetais não identificáveis. É através deste material que se processa o modo mais relevante de transferência de nutrientes da vegetação ao solo.

Segundo Gosz *et al.* (1972), para as florestas tropicais pluviais, ainda é muito pouco conhecida a dinâmica dos nutrientes na superfície do solo, não obstante, encontramos resultados de investigações sobre ciclagem de nutrientes em Laudelout & Meyer (1954), Greenland & Kowal (1960) Nye (1961), Rosanov & Rosanova (1964), Rodin & Bazilevich (1967), Odum & Pigeon (1970), Bazilevich & Rodin (1971) Stark (1971 a, b) Golley *et al.* (1978). No caso da Amazônia, particularmente, há um programa de estudos conduzidos pelo INPA, o **Projeto Bacia Modelo**; neste, várias pesquisas estão em andamento visando a estudar a dinâmica do ecossistema florestal (Luizão, 1982); e o **Projeto San Carlos**, na Amazônia Venezuelana, do qual vários trabalhos já foram publicados (Brunig, 1977, Jordan & Medina, 1977, Jordan & Klinge, 1977, Medina *et al.*, 1977, Golley, 1978, Herrera, 1978, Herrera *et al.* 1978, Jordan, 1978, Jordan & Stark, 1978, Jordan & Uhl, 1978,

Klinge, 1978, Herrera, 1979, Herrera & Jordan, 1979, Jordan *et al.*, 1979, Jordan & Heuveldop, 1981, Montagnini, 1980, entre outros).

Dados sobre a deposição de material orgânico em condições tropicais foram reportados por Jenny *et al.* (1949), Laudelout & Meyer (1954), Nye (1961), Dommergues (1963), Madge (1965), Klinge & Rodrigues (1968a), Cornforth (1970), Woods & Gallegos (1970), Bernhard (1970), Egunjobi (1974), Bernhard-Reversat (1975), Ewel (1976), Edwards (1977), Klinge (1977a, 1977b), Golley *et al.*, (1978) Puig (1979), Franken *et al.* (1979), Fassbender & Grimm (1981), Luizão (1982) e Silva & Lobo (1982).

No Brasil, as pesquisas nesta área são ainda muito limitadas. Rizzo *et al.* (1971) estudaram cerrado e mata próximos entre si, nas vizinhanças de Goiânia (Go). Homem (1959) e Barros & Brandi (1975), demonstraram a importância da matéria orgânica de plantações florestais sobre as características do solo degradado, mas não forneceram dados de taxa do material decíduo. Na região amazônica, dispomos dos resultados obtidos por Klinge & Rodrigues (1968a, 1968b), em floresta de terra firme na Amazônia Central; Klinge (1977a), Franken *et al.* (1979) e Silva & Lobo (1982) estudaram a deposição de material orgânico comparativamente em florestas de terra firme, várzea e igapó. Jackson (1978) estudou floresta subtropical, no Estado do Espírito Santo, no Brasil.

Para outros ecossistemas florestais em clima extratropical, as principais informações são dadas por Hopkins (1966), Nigéria, Sykes & Bunce (1970), Inglaterra; Duvigneaud & Denaeyer-De Smet (1970), Europa Ocidental; Hurd (1971), Alaska; Zavitkovski & Newton (1971), Estados Unidos da América; Gosz *et al.* (1972), Estados Unidos da América; Nihlgard (1972) Suécia; Gessel & Turner (1974), Estados Unidos da América; Lang (1974), Estados Unidos da América; Poli *et al.* (1974), Grécia; Malaisse *et al.* (1975), África.

A folha é a fração mais bem estudada e tem sido utilizada para comparações entre resultados das diversas pesquisas desta natureza. Segundo Bray & Gorham (1964) que reuniram informações de todo o mundo sobre queda de matéria orgânica, a taxa de disposição de folhas situa-se em 58-79%. Para as outras frações vegetais, não há investigações específicas e a metodologia necessita de aperfeiçoamento. Normalmente estas frações são divididas e avaliadas de acordo com a finalidade de cada estudo.

De uma maneira generalizada, pode-se dizer que na Amazônia os estudos sobre ciclagem de nutrientes são muito reduzidos e na Amazônia oriental, então, as investigações são praticamente inexistentes. A nossa proposta é de contribuir com dados sobre o assunto através da estimativa da deposição do material vegetal: folha, graveto, flor e fruto, num ciclo anual e quantificar o conteúdo mineral no material decíduo.

MATERIAL E MÉTODO

Características gerais da região

Os trabalhos de campo foram conduzidos no município de Tucuruí, Estado do Pará, Brasil, na área a ser inundada pela represa da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Fig. 1).

A área estimada do grande lago é de 2.100km², abrangendo terras dos *Municípios de Tucuruí e Marabá*. Situa-se entre as latitudes 3°43' e 5°40'S e longitudes 49°00' e 50°00'W.G.

A vegetação primitiva e dominante na região é mata tropical de terra firme de estrutura aparentemente uniforme, composta de árvores grossas e muito altas, com raras palmeiras e epífitas, presença freqüente de lianas que envolvem os troncos das árvores e vão emaranhar-se nos galhos. Possui muitas árvores emergentes, caracterizadas

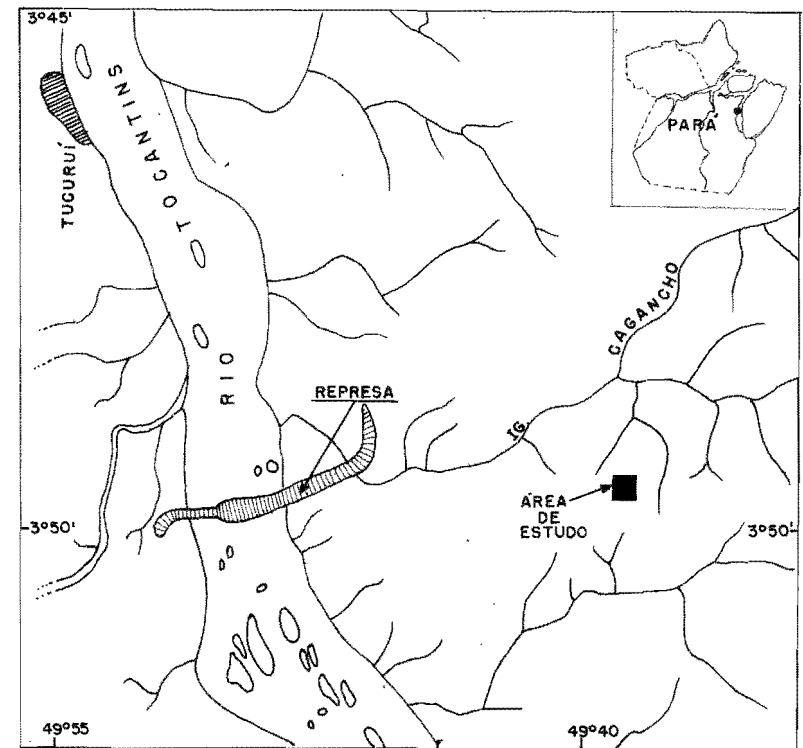


Fig. 1 — Localização da área de estudo.

sempre por uma ou duas espécies. Não tem estrato arbustivo e as plantas de baixo porte aí encontradas são em sua maior parte árvores jovens em crescimento, resultantes de matrizes próximas (Projeto Radam-Brasil, 1973-1978).

O clima regional, de acordo com a classificação de Köppen, é "Ab", ou seja, clima tropical chuvoso sem estação fria. A temperatura média do mês mais frio é maior ou igual a 18°C. Constantemente úmido. Chuvas todos os meses e precipitação do mês mais seco maior que 30mm.

Os dados climatológicos da Tabela 1 foram coletados pela Estação Climatológica Principal da rede do Instituto

Nacional de Meteorologia e analisados no Departamento de Climatologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA (Salati, s.d.). De acordo com o balanço hídrico da Figura 3, ficou caracterizado um período de seca bem pronunciado que se estende de junho a novembro, com deficiência de água variando entre 169 e 289mm, podendo o mês de setembro ser considerado árido. O período chuvoso apresenta excesso de água de até 1227mm em 5 meses, coincidindo com a época de maior umidade relativa do ar. A temperatura média apresenta pequenas variações mensais, as mínimas absolutas raramente atingem valores inferiores a 16°C e a máxima absoluta nunca ultrapassa a 38°C, condições essas de quase isoterma. Os meses mais quentes coincidem com o período mais seco.

Localização e descrição da área estudada

Para as coletas de campo, inicialmente foi feito um reconhecimento da vegetação através de excursões pelas

TABELA 1 — Dados climatológicos da região de Tucuruí-Pa; fornecidos pela Estação Climatológica Principal da rede do Instituto Nacional de Meteorologia. Média do período de 1971-1979.

P.P. = Precipitação Pluviométrica, mm de chuva.

E.R. = Evapotranspiração real em mm de água.

T. = Temperatura °C.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total
P.P.	374	391	460	441	243	113	66	35	33	59	99	178	2492
E.R.	122	109	140	122	126	122	119	98	83	91	110	143	1385
T.	26	26	26	26	26	25	26	26	26	27	27	26	—

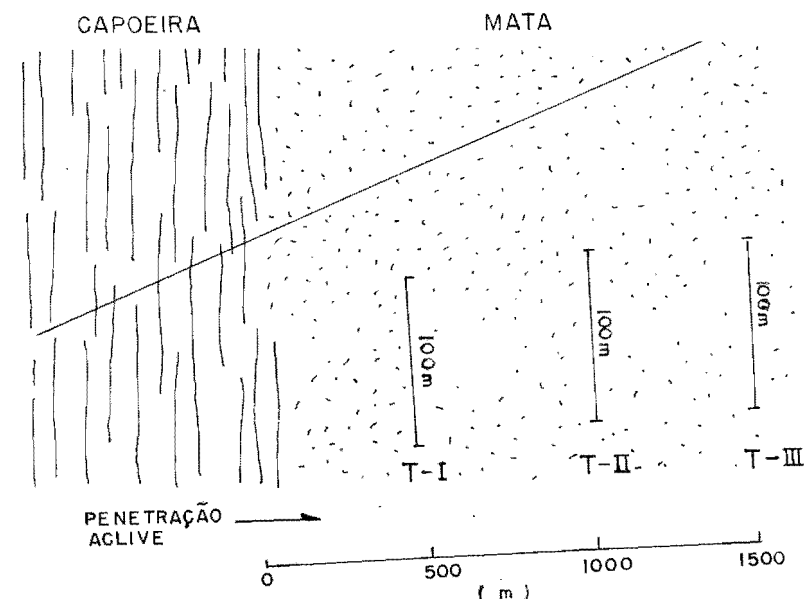


Fig. 2 — Localização esquemática dos transectos na área estudada. T-I = Transecto I; T-II = Transecto II; T-III = Transecto III.

rodovias principais e vicinais, excursões pelo rio, sobrevôo e consultas a fotos aéreas, após o que selecionou-se uma área que pareceu ser bem representativa do tipo de mata predominante na região, localizada na margem direita do rio Tocantins, em frente à cidade de Tucuruí, nas imediações do igarapé Cagancho (Fig. 1). Trata-se de uma floresta de terra firme com árvores de porte alto sem indícios de perturbações anteriores como extrativismo de madeira, derrubadas, queimadas etc. O terreno apresenta um pequeno desnível mas que na realidade não caracteriza posições topográficas diferentes (Relatório do Projeto Tucuruí-INPA/ELETRONORTE, 1982). O estrato superior da mata é formado por indivíduos que medem normalmente entre 20 e 30m de altura, podendo alcançar até 50m, que sobressaem no

estrato arbóreo uniforme, de fisionomia densa e uniforme com presença esparsa de epífitas. No início da mata, há grande abundância de cipós, porém não podemos afirmar que se trata de "mata de cipó" típica, dado o fato que, à proporção que se avança para o seu interior, a presença de lianas vai rarefazendo-se.

O solo, segundo o Dr. Guido Ranzani (comunicação pessoal), é do tipo latossolo vermelho amarelo, solo profundo, com fertilidade natural baixa e saturação de bases também baixa.

Para dar uma idéia de composição e diversidade florística da mata, efetuou-se levantamento das plantas que apresentavam circunferência acima de 5cm, à altura do peito, em um quadrado de 50x50 m localizado na parte mediana da área escolhida para estudo.

A área basal média da vegetação é de 35,09m²/há, considerando-se indivíduos a partir de 5cm de circunferência à altura do peito (Relatório Projeto Tucuruí-INPA/ELETRO-NORTE, 1982).

Técnicas de amostragem do material orgânico

O material decíduo foi coletado usando-se bandejas convencionais de formato quadrado com área receptora de 0,90m², construídas com as laterais de madeira e o fundo de tela de nylon, suspensas do chão 20cm por suporte de madeira.

A área de estudo foi subdividida em 3 subáreas, obedecendo a linha de aclive do terreno e distantes 500m entre si, localizando-se a 1^a delas a 100m do início da mata. Em cada subárea foi feito um transecto de 100m no sentido perpendicular à penetração, o transecto I (T-I) localizado na parte mais baixa do terreno, o transecto II (T-II) na parte mediana e o transecto III (T-III) no topo do terreno (Fig. 2).

Em cada transecto foram sorteados 15 pontos onde localizaram-se as bandejas coletoras.

As coletas foram feitas continuamente de outubro/80 a setembro/81. As bandejas eram esvaziadas quinzenalmente, no meio e fim de cada mês para evitar os possíveis ataques dos detritívoros. O conteúdo era recolhido em sacos de papel contendo a identificação da bandeja.

Processamento do material coletado

O material coletado foi submetido a uma secagem preliminar em estufa rústica de madeira para perder o excesso de umidade, posteriormente separadas as frações: folha, graveto, (material lenhoso) e flor+fruto, secados a 105°C até obter peso constante e pesada a amostra de cada coletor. De posse do peso seco, calcularam-se os valores mensais médios e respectivos desvios-padrões.

Procedeu-se, a seguir, à homogeneização das frações de cada mês, separadamente por quadra; estas foram trituradas em moinho tipo Willey e retiradas subamostras para análise química.

Análise química

As subamostras foram remetidas ao laboratório do Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA, Piracicaba-SP, para análise química dos elementos: Nitrogênio total, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Ferro, Cobre, Manganês, Zinco, Boro, Sódio e Alumínio.

A determinação do N foi por titulação ácida após passagem por microdestilador de Kjeldah.

Os demais elementos foram determinados por digestão nitroperclórica, segundo o método descrito por Krug *et al.* (1977).

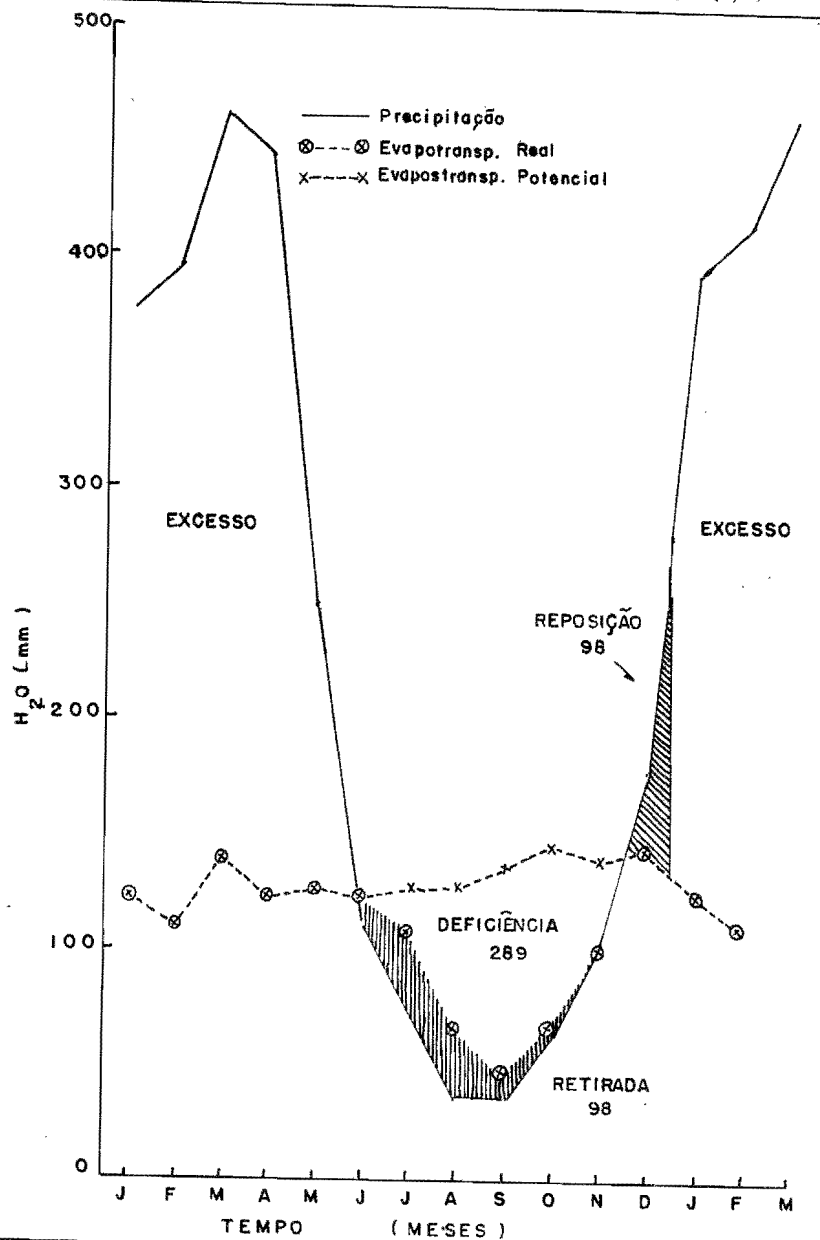


Fig. 3 — Balanço hídrico (Thornthwaite), Tucuruí-Pa. Período 1971-1979. Base 100 mm. (Reproduzido de Salati, s.d.).

RESULTADOS

Os dados climatológicos da região, onde se procedeu às coletas de campo, estão apresentados na Tabela 1 e Figuras 3 e 4. As informações sobre precipitação pluviométrica, temperatura mensal e evapotranspiração real são fornecidas pelos valores médios de 9 anos de observações (Tab. 1 e Fig. 3). Na Figura 4, é mostrado o comportamento das chuvas e temperatura mensal média no período dos trabalhos de campo, outubro/1980 a setembro/1981.

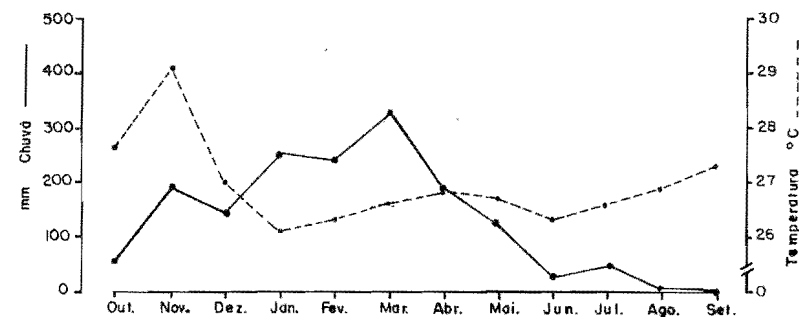


Fig. 4 — Precipitação pluviométrica e temperatura mensal média da região de Tucuruí-Pa. Período: outubro/1980 a setembro/1981.

Na Tabela 2, encontram-se os resultados do levantamento florístico feito em 250m² da floresta estudada. Foram identificados 969 indivíduos arbóreos acima de 5cm de circunferência (à altura do peito), distribuídos em 31 famílias botânicas e 156 diferentes espécies. A família que apresentou o maior número de espécies foi a Leguminosae, com 24 espécies distintas e 71 indivíduos, contribuindo sozinha com 15,38% do total das espécies caracterizadas, porém a família que apresentou maior abundância de indivíduos foi a Annonaceae com 202 indivíduos, correspondendo a 28,85% do total, distribuídos em 10 espécies. A grande

maioria das espécies está concentrada em poucas famílias e das 31 famílias reconhecidas, 7 contribuem com 58,32% do total. As famílias botânicas que mais se destacaram pela

TABELA 2 — Composição florística de 1/4 ha em mata de terra firme. Tucuruí-Pa. Indivíduos arbóreos acima de 5cm de circunferência à altura do peito:

Família Botânica	N.º sp.	N.º indiv.	N.º ind./sp. (±desv. padrão)	% do total	
				sp	indiv.
Leguminosae	24	71	2,84± 4,45	15,38	7,33
Meliaceae	13	140	10,77±16,47	8,33	14,45
Sapindaceae	13	107	8,23± 9,90	8,33	11,04
Burseraceae	11	46	4,18± 3,54	7,05	4,75
Annonaceae	10	202	20,20±56,88	6,41	20,85
Chrysobalanaceae	10	72	7,20±10,24	6,41	4,43
Moraceae	10	20	2,00± 1,05	6,41	2,06
Violaceae	9	92	10,22±20,14	5,77	9,49
Lecythidaceae	8	32	4,00± 3,84	5,12	3,30
Lauraceae	6	27	4,50± 3,94	3,85	2,79
Myrtaceae	6	20	3,3 ± 4,30	3,85	2,06
Sapotaceae	3	46	15,33±24,83	1,92	4,75
Euphorbiaceae	3	30	10,00±13,89	1,92	3,09
Quinaceae	3	13	4,33± 2,08	1,92	1,34
Apocynaceae	3	10	3,33± 2,31	1,92	1,03
Myristicaceae	3	6	2,00± 1,00	1,92	0,62
Sterculiaceae	2	7	3,50± 3,54	1,28	0,72
Bignoniaceae	2	3	1,50± 0,71	1,28	0,31
Myrsinaceae	2	3	1,50± 0,70	1,28	0,31
Hippocrateaceae	2	3	1,50± 0,71	1,28	0,31
Rubiaceae	2	3	1,50± 0,71	1,28	0,31
Simaroubaceae	2	2	1,00 —	1,28	0,21
Olaceae	1	4	4,00 —	0,64	0,41
Anacardiaceae	1	2	2,00 —	0,64	0,21
Ochnaceae	1	1	1,00 —	0,64	0,10
Erythroxylaceae	1	1	1,00 —	0,64	0,10
Monimiaceae	1	1	1,00 —	0,64	0,10
Elaeocarpaceae	1	1	1,00 —	0,64	0,10
Bombacaceae	1	1	1,00 —	0,64	0,10
Humiriaceae	1	1	2,00 —	0,64	0,10

riqueza de indivíduos foram, em ordem decrescente, Annonaceae (202), Meliaceae (140), Sapindaceae (107), e Violaceae (92); estas 4 famílias contribuíram com 55,83% do total.

A estimativa de produção anual de detritos vegetais, encontra-se na Tabela 3. Não houve diferença significativa pelo teste "F" a nível de 1% e 5% entre os 3 transectos estudados para o material orgânico total e para as frações folha e graveto. A variação deu-se entre os totais da fração flor+fruto.

No decorrer do ano, ficou caracterizada a variação temporal e espacial na queda de matéria orgânica como pode ser observado nas Figuras 5, 6 e 7, para as frações folha, graveto e flor+fruto, separadamente. A Figura 5 mostra a presença de dois picos distintos de queda de folha durante o ano, um entre agosto e outubro e outro de abril a maio, com valores diferentes nos 3 transectos. No transecto II, o pico do mês de maio é bem significativo, enquanto que o de agosto e outubro e pouco pronunciado. No transecto I e transecto III, acontece o inverso, a fração foliar foi depositada com maior intensidade, no período de agosto a outubro e com um segundo pico em abril e maio.

A deposição de gravetos, como mostra a Figura 6, tem um pico de queda nos 3 transectos durante o mês de fevereiro e somente o transecto I apresenta um segundo pico bem acentuado no mês de maio; nos outros transectos, há praticamente uma regularidade na deposição desta fração durante o ano.

Para a fração flor+fruto, na Figura 7, é mostrada uma produção irregular nos 3 transectos, que na realidade é maior, dada a escala do desenho. No transecto I, houve um único mês com aumento na queda desta fração, que foi o mês de fevereiro; nos transectos II e III, a maior concentração deu-se nos meses de setembro e outubro, sendo que no transecto III, no período de abril a julho, a queda de

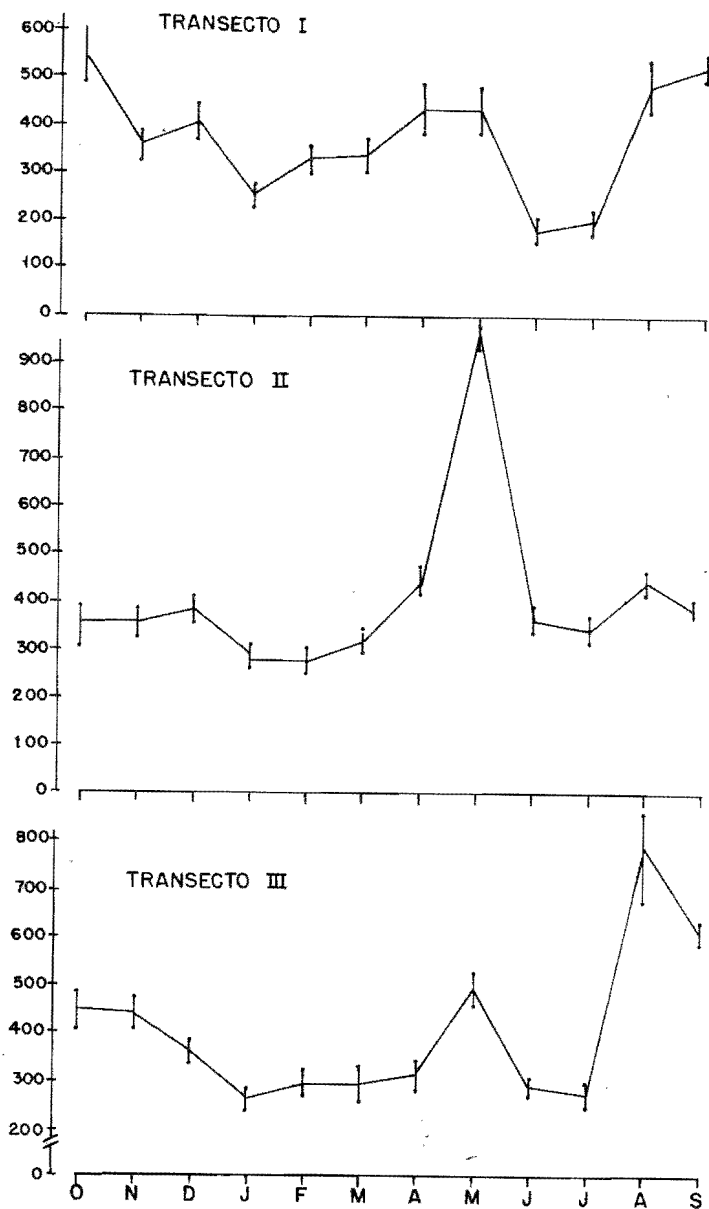


Fig. 5 — Queda de folhas em 3 locais estudados na mata de terra firme. Tucuruí-Pa. (média \pm desvio padrão da média). Período: outubro de 1980 a setembro de 1981.

flor+fruto foi muito baixa, comparável com a do transecto I neste mesmo período.

O total médio dos 3 transectos, para cada fração separadamente, é mostrado na Tabela 4 e Figura 8. Há uma certa discordância temporal entre os picos de deposição de cada fração; as folhas caíram mais intensamente durante o mês de maio e no período de agosto a dezembro. A queda de gravetos teve seu máximo em fevereiro com um segundo pico pouco pronunciado em maio. A fração flor+fruto foi depositada sem alterações sensíveis durante todo o ano.

TABELA 3 — Produção de matéria orgânica nos 3 transectos estudados em mata de terra firme. Tucuruí-Pa. Período: outubro/1980 a setembro/1981.

FRAÇÃO	TRANSECTOS		
	I	II	III
folha	4465,68	4922,89	4882,78
graveto	1788,67	1133,11	1296,25
flor+fruto	238,72*	763,53*	478,59*

(*) — Diferentes estatisticamente com um risco de 10% e 5%.

Considerando-se o total de material decíduo em cada um dos 3 transectos, a Figura 9 evidencia uma certa periodicidade, o que não significa que as taxas depositadas foram semelhantes. Por exemplo, no mês de maio houve um pico de queda nos 3 transectos, mas com taxas que variaram entre 585,79 kg/ha no transecto III 732,87 kg/ha no transecto I e 1119,59 kg/ha no transecto II (Tabela 5).

Na Tabela 6, é apresentada a composição percentual das frações formadoras do material orgânico decíduo. A maior contribuição foi dada pela fração foliar com 71,46%

do total. Durante o ano, houve oscilações de 44,83% no mês de fevereiro a 85,12% no mês de agosto. A fração graveto contribuiu com 21,12% e flor+fruto com 7,42% do total.

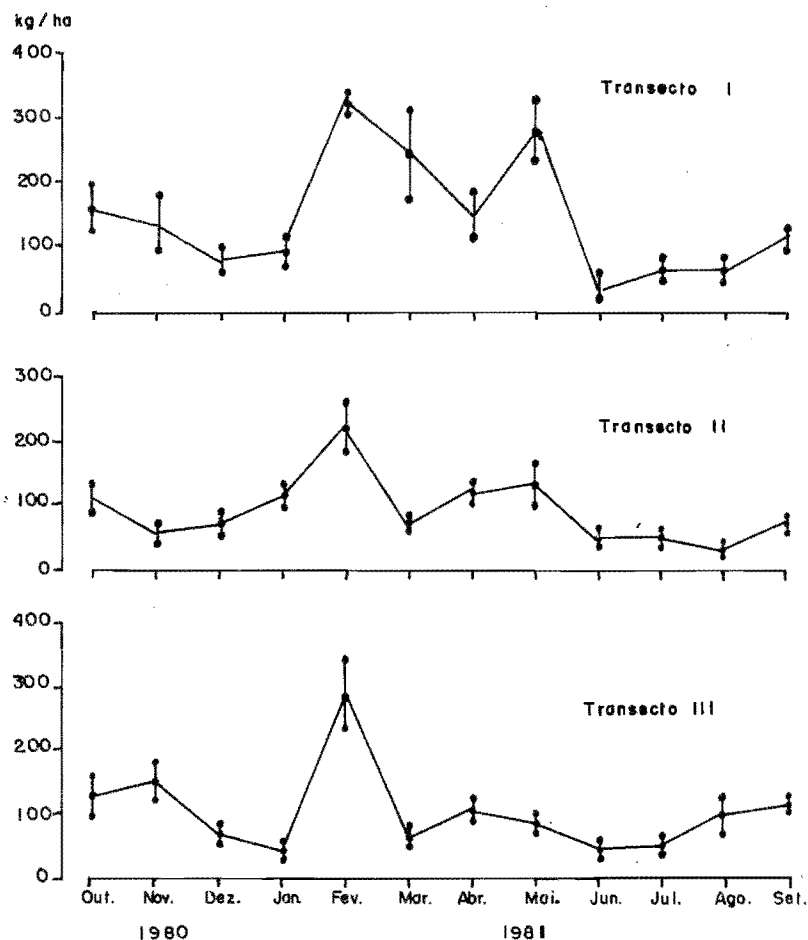


Fig. 6 — Queda de gravetos em 3 locais estudados na mata de terra firme, Tucuruí-Pa. (média \pm desvio-padrão da média). Período: outubro de 1980 a setembro de 1981.

TABELA 4 — Material orgânico decíduo em mata de terra firme. Tucuruí Pa. Peso seco médio de 3 transectos \pm desvio-padrão da média. Período de outubro/1980 a setembro/1981 (kg/ha).

MESES	folha	graveto	flor \pm fruto	total
out	444,72 \pm 61,33	137,59 \pm 14,95	86,67 \pm 38,43	668,98
nov	386,52 \pm 28,42	120,59 \pm 29,59	49,59 \pm 23,02	556,37
dez	385,27 \pm 10,57	75,59 \pm 2,89	40,33 \pm 18,12	501,19
jan	269,79 \pm 10,28	85,67 \pm 20,96	40,54 \pm 18,96	396,13
fev	297,79 \pm 10,72	280,92 \pm 29,79	85,42 \pm 25,84	664,13
mar	318,51 \pm 10,95	130,19 \pm 60,39	27,84 \pm 8,35	476,54
abr	397,88 \pm 43,75	127,89 \pm 11,24	21,88 \pm 14,18	547,65
mai	628,40 \pm 165,06	169,76 \pm 59,00	14,59 \pm 6,32	812,75
jun	280,90 \pm 53,36	48,40 \pm 3,73	18,56 \pm 16,24	347,87
jul	271,67 \pm 42,14	58,05 \pm 4,45	18,64 \pm 16,26	348,36
ago	568,78 \pm 106,54	68,37 \pm 19,85	31,04 \pm 14,74	668,18
set	506,75 \pm 65,55	105,99 \pm 14,49	58,85 \pm 26,37	668,59
Total	4757,11	1406,01	493,62	6656,74

Na Tabela 7, é feita a comparação dos nossos resultados com os de outras investigações em florestas tropicais úmidas de diversas regiões do mundo, onde os valores encontrados são muito variáveis, a maioria mais elevada que os estimados no presente estudo.

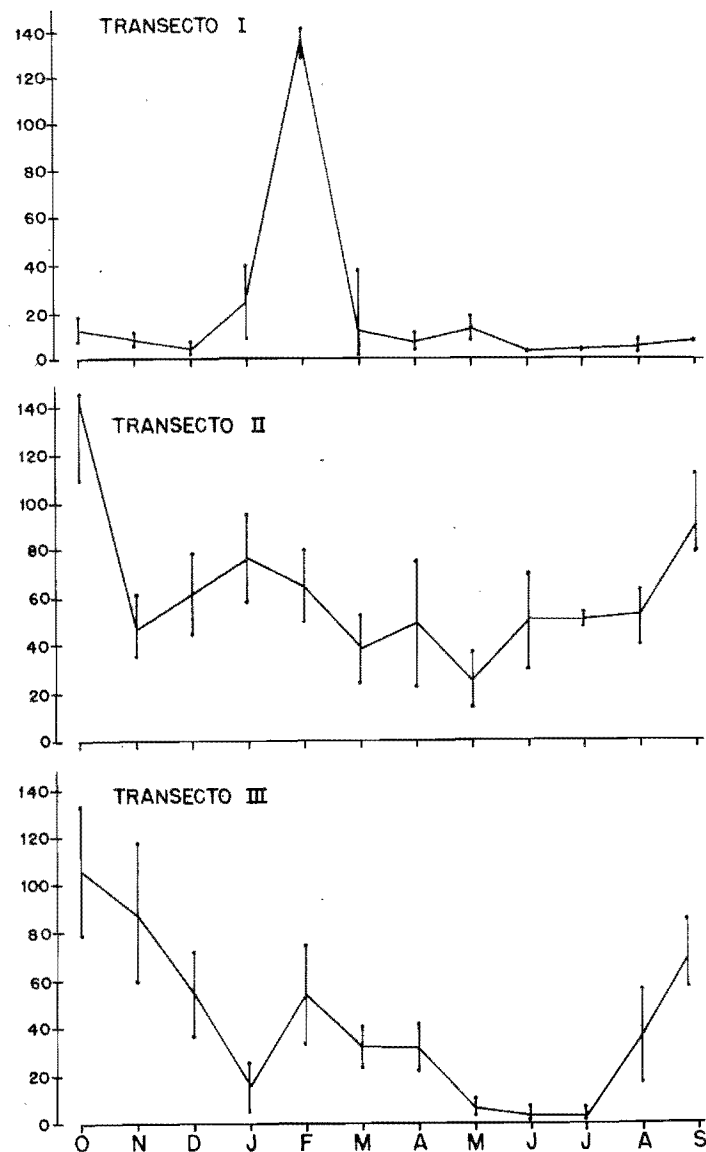
Nas Figuras 10a, 10b, 11a, 11b, 12a e 12b, os dados da concentração de macroelementos são mostrados graficamente. O N varia sensivelmente em flor+fruto enquanto que em folha e graveto a oscilação é pouco pronunciada; esta mesma tendência é observada no P, sendo que nas frações: folha e graveto, pode até ser dito que foi depositado sem alterações, durante o ano. O K demonstra um comportamento de deposição similar entre as frações: folha e graveto, e um pouco diferente na fração flor+fruto. Dentre Ca, Mg e S, o Ca foi o que denotou maior variação na deposição anual.

TABELA 5 — Dados comparativos da deposição de material orgânico entre 3 transectos estudados em mata de terra firme Tucuçu-Pa. Período: outubro/1980 a setembro/1981. (kg/ha).

TRANSECTOS	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	total
I	725,39	507,01	487,99	378,76	780,83	596,75	592,94	732,87	226,40	267,61	555,89	640,63	6493,07
II	590,68	471,89	521,13	481,41	571,40	436,20	619,83	1119,59	470,73	448,49	528,55	559,63	6819,53
III	690,83	690,22	494,46	328,21	640,16	396,66	430,18	585,79	346,47	328,96	920,11	805,51	6657,62

TABELA 6 — Composição percentual das frações em folha, graveto e flor + fruto formadoras da serrapilheira depositada por mata tropical de terra firme, Tucuçu-Pa. % sobre o peso seco médio dos transectos estudados. Período: outubro/1980 a setembro/1981.

FRAÇÃO	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	total
folha	66,48	69,47	76,87	68,14	44,83	66,83	72,65	77,32	80,75	77,99	85,12	75,79	17,46
graveto	20,57	21,68	15,08	21,63	42,30	27,32	23,35	20,89	13,91	16,66	10,23	15,40	21,12
fl + fr.	12,96	8,86	8,85	10,23	12,86	5,84	4,00	1,80	5,34	5,35	4,65	8,80	7,42

Fig. 7 — Queda de flor + fruto em 3 locais estudados na mata de terra firme, Tucuçu-Pa. (média \pm desvio padrão da média). Período: outubro de 1980 a setembro de 1981.

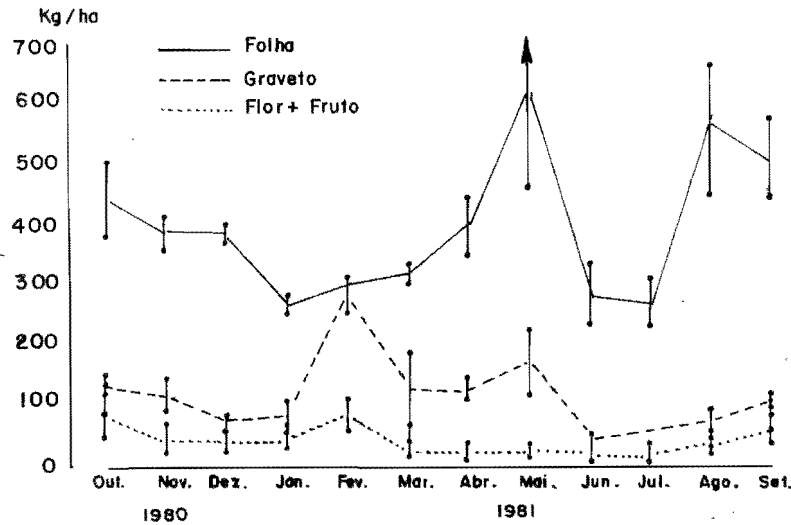


Fig. 8 — Deposição de matéria orgânica em mata de terra firme. Tucuruí-Pa. Média de 3 transectos \pm desvio-padrão da média.

A Tabela 8 mostra as taxas percentuais de concentração de nutrientes no ciclo anual em cada fração do material decíduo, por transecto separadamente.

Na Tabela 9, pode ser observado que P e K estão mais concentrados em flor+fruto que em folha e graveto; estas 2, por sua vez, apresentam taxas de concentração similares. N, Mg e S estão aproximadamente em proporções semelhantes em todas as frações. Ca apresenta-se mais abundante em folha e graveto que em flor+fruto. A seqüência de concentração de elementos minerais no material decíduo é: $N > Ca > K > Mg > S > P$, tanto no geral como se considerarmos as frações separadamente.

Entre os microelementos apresentados, a ordem de concentração é: $Mn > Na > Al > Fe > Zn > Cu$.

O retorno de nutrientes ao solo pela queda de material vegetal, em kg/ha/ano (macroelementos e micrelementos) é mostrado na tabela 7.

TABELA 7 — Dados comparativos da queda de material orgânico e componentes minerais em diferentes florestas tropicais. Peso seco em kg/ha/ano.

LOCAL	fonte de informação														
	folha	ramo	outros	total	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Na	
Colômbia	—	—	—	8.500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Gana	7.000	—	—	10.500	199	7	68	206	45	45	—	—	—	Jenny et al., 1949	
Panamá	10.500	1.647	3.528	12.147	—	9	129	139	22	0,5	0,10	0,4	0,3	2,3	Nye, 1961
Nigéria	—	—	—	5.600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Golley et al., 1978
Congo	—	—	—	12.300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Madge, 1965
Guiana Franc.	5.784	1.924	950	8.644	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Cit. Madge, 1965
C. Marfim	8.150	2.200	980	11.330	170	8	28	61	51	—	—	—	—	—	Puig, 1979
C. Marfim	7.850	1.400	390	9.640	158	14	81	85	36	—	—	—	—	—	Bernhard-Reversat, 1975
C. Marfim	5.720	1.880	660	8.260	113	4	26	105	23	—	—	—	—	—	Bernhard-Reversat, 1975
Venezuela	3.380	2.270	132	6.970	69	4	33	43	14	0,8	—	3,7	—	—	Fassbender & Grimm, 1981
Brasil	6.400	1.300	200	7.900	114	2	13	18	14	1,2	0,02	0,7	0,1	5,8	Klinge & Rodrigues, 1968
Brasil	4.800	1.400	500	6.700	97	2	12	19	11	—	—	—	—	—	Klinge & Rodrigues, 1968
Brasil	4.288	1.088	960	6.400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Franken et al., 1979
Brasil	5.239	1.005	469	6.700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Franken et al., 1979
Brasil	6.399	1.027	474	7.900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Franken et al., 1979
Brasil	6.106	884	305	7.296	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Franken et al., 1979
Brasil	6.530	1.020	1.027	8.587	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Silva & Lobo, 1982
Brasil	6.197	1.081	367	7.646	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Silva & Lobo, 1982
Brasil	4.302	1.267	514	6.656	126	3	26	49	14	1,4	0,08	4,2	0,1	3,3	Silva & Lobo, 1982
															presente estudo

Dados comparativos sobre concentração de nutrientes em detritos vegetais de diversos estudos em floresta tropicais, encontram-se na Tabela 7,

DISCUSSÃO

Deposição anual de material orgânico

O total de material orgânico depositado pela floresta, num ciclo anual, não diferiu estatisticamente entre os transectos estudados, o que é bem compreensível, visto esta-

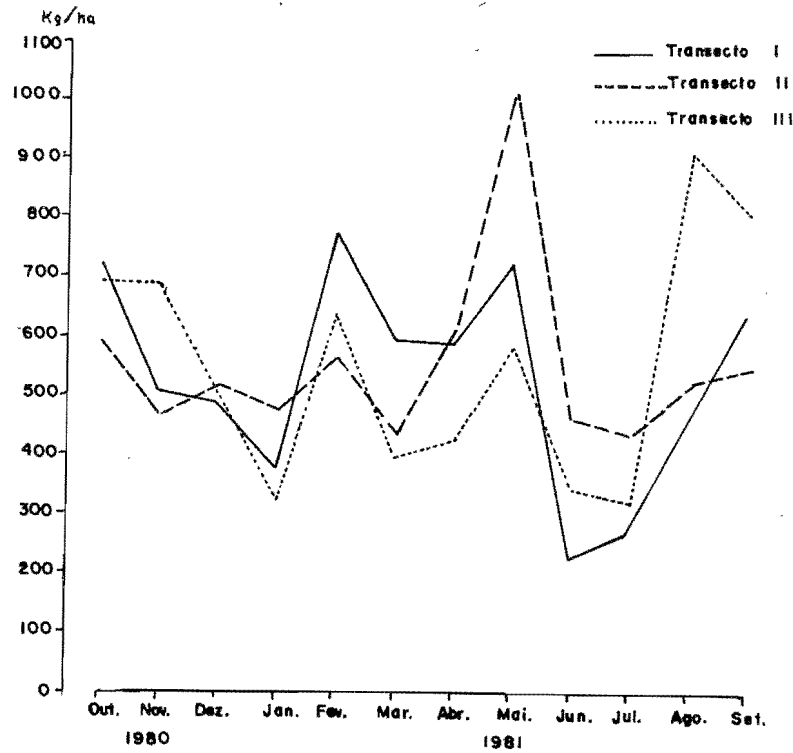


Fig. 9 — Comparação da queda do material orgânico entre 3 transectos em mata de terra firme, Tucuruí.

TABELA 8 — Concentração de nutrientes no material vegetal decíduo num ciclo anual, em mata de terra firme, Tucuruí-Pa. % e Ppm do peso seco da matéria orgânica. (média de 12 meses).

FRAÇÃO	%											Ppm						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Na	Al					
TRANSECTO I																		
folha	2,35	0,05	0,43	0,98	0,25	0,20	257	11,1	976	16	39	304	697					
graveto	1,73	0,04	0,28	1,15	0,18	0,12	221	14,0	792	24	21	293	493					
flor + fruto	2,50	0,17	0,93	0,62	0,21	0,23	233	19,5	376	29	48	396	367					
TRANSECTO II																		
folha	1,70	0,05	0,36	0,56	0,23	0,21	204	11,7	439	13	43	744	256					
graveto	1,50	0,04	0,34	0,75	0,19	0,15	139	15,6	562	20	26	644	212					
flor + fruto	1,71	0,14	0,94	0,30	0,17	0,25	133	16,8	184	18	32	313	209					
TRANSECTO III																		
folha	1,85	0,04	0,33	0,67	0,22	0,20	196	10,2	576	15	37	483	403					
graveto	1,54	0,03	0,32	0,74	0,15	0,12	187	14,9	580	23	19	606	401					
flor + fruto	1,92	0,13	0,71	0,44	0,19	0,19	179	17,7	220	25	41	252	305					

rem localizados dentro de um único tipo de comunidade vegetal, possuindo as mesmas características específicas com os transectos distando pouco entre si, estando todas, portanto, sujeitas às mesmas condições climáticas e sobre o mesmo tipo de solo. A pouca diferença de relevo entre elas e a presença de lianas no transecto I não influenciaram no total de material decíduo.

Ficou caracterizada uma grande variação mensal na queda de material orgânico, tanto dentro de um mesmo transecto como entre eles. A diferença entre o mínimo e o máximo depositado foi de 244,89% no transecto I, 156,67% no transecto II e 180,34% no transecto III, taxas estas inferiores à verificada por Franken *et al.* (1979), 441% em floresta de terra firme na Amazônia Central.

Os resultados obtidos são mais baixos comparativamente aos normalmente reportados por outros estudos em regiões tropicais, aproximando-se dos dados fornecidos por Klinge & Rodrigues (1968a), para mata de terra firme, cujas coletas foram efetuadas em 1963, e Franken *et al.* (1979), para matas de terra firme, várzea e igapó, ambos na Amazônia Central. No estudo realizado por Madge (1965), em floresta da Nigéria, foi constatada uma queda de material orgânico inferior à da presente investigação. A variação, tanto temporal como espacial, na deposição de material orgânico é patente na maioria dos estudos desta natureza. Müller & Nielsen (1965), citados por Klinge & Rodrigues (1968a), estimaram em 4 toneladas a produção de detritos vegetais em floresta tropical de Angnédédou, na Costa do Marfim, valor muito abaixo dos reportados por Bernhard (1970) para o mesmo tipo de comunidade vegetal naquele país, cujos valores estimados variaram de 7,2 a 13,4 t/ha/ano, variação esta verificada entre dois locais estudados e dentro de um mesmo local, de um ano para o outro. Talvez a grande diferença entre os resultados dos dois autores seja devida ao fato de que Müller & Nielsen (1965) estudaram

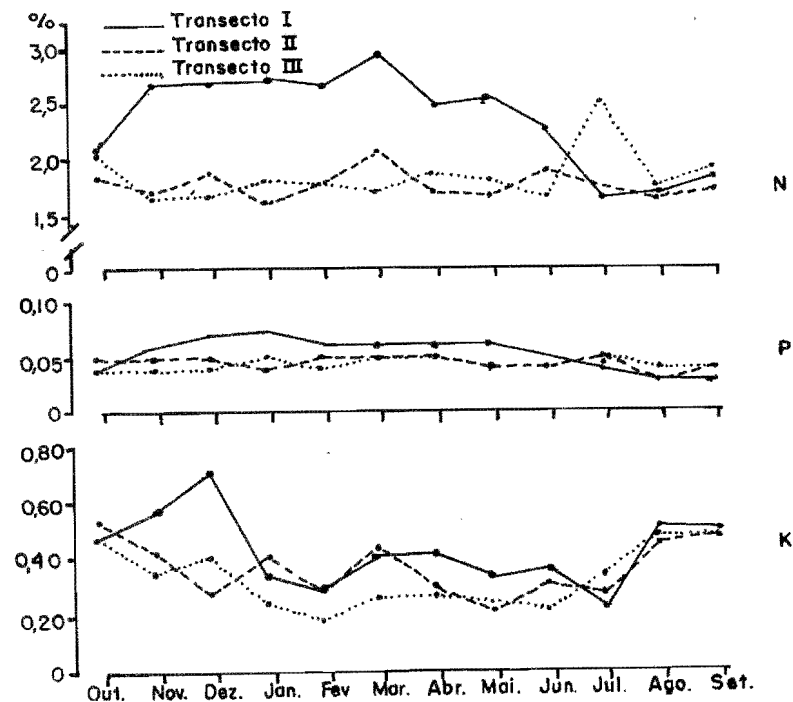


Fig. 10a — Concentração de nutrientes na fração foliar depositada em mata de terra firme, num ciclo anual. Outubro/1980 a setembro/1981. % do peso seco do material orgânico.

mata secundária, enquanto que Bernhard (1970) tratou de mata virgem (Dr. Jean Louis Guillaumet, comunicação pessoal). Franken *et al.* (1979) demonstraram resultados de queda de matéria orgânica com padrões semelhantes aos verificados por Klinge (1977a), em 3 estações: terra firme, várzea e igapó, para as matas da região de Manaus e Belém, respectivamente, e os dois por sua vez com padrão diferente, embora com os totais anuais semelhantes aos encontrados por Silva & Lobo (1982), nas mesmas estações que Klinge (1977a), usando a mesma metodologia, inclusive,

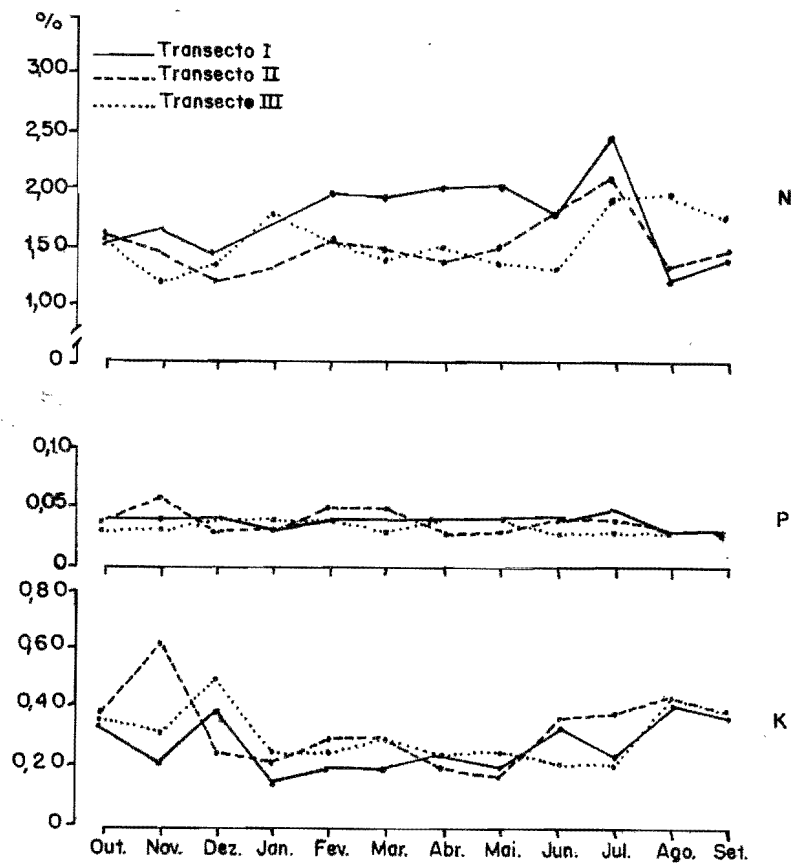


Fig. 11a — Concentração de nutrientes na fração graveto depositada em mata de terra firme, num ciclo anual. Outubro/1980 a setembro/1981. % do peso seco do material orgânico.

os resultados deste estudo encontram-se bem inferiores à média geral para as florestas tropicais. A baixa produção de material orgânico vegetal nas matas amazônicas tem sido atribuída à sua baixa produtividade primária comparativamente às outras florestas tropicais reportadas por Bray & Gorham (1964) Klinge & Rodrigues (1968a), Klinge (1977a) Franken *et al.* (1979) e conseqüentemente, a baixa fertilidade dos solos da região. Os solos da área onde se procedeu

TABELA 10 — Quantidade de nutrientes que retorna ao solo anualmente pela deposição de material orgânico em mata de terra firme. Tucuruí-Pa. (Macroelementos: kg/ha/ano; microelementos: g/ha/ano).

FRAÇÃO	Kg/ha/ano												
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Na	Al
TRANSECTO I													
folha	104,94	2,23	19,20	43,76	11,16	8,93	1,15	0,05	4,36	0,07	0,17	1,36	3,11
graveto	30,94	0,72	5,01	10,57	3,22	2,15	0,39	0,02	1,42	0,04	0,04	0,52	0,88
flor+fruto	5,97	0,41	2,22	1,48	0,50	0,55	0,06	0,004	0,09	0,01	0,01	0,09	0,09
total	141,85	3,36	26,43	65,81	14,88	11,63	1,60	0,07	5,87	0,12	0,22	1,97	4,03
TRANSECTO II													
folha	87,63	2,46	17,72	27,57	11,32	10,34	1,00	0,06	2,16	0,06	0,21	3,66	1,26
graveto	17,00	0,45	3,85	8,50	2,15	1,70	0,16	0,02	0,64	0,02	0,03	0,75	0,24
flor+fruto	13,06	1,07	7,18	2,29	1,30	1,91	0,10	0,01	0,14	0,01	0,02	0,24	0,16
total	117,69	3,98	28,75	38,36	14,77	13,95	1,26	0,09	2,94	0,09	0,26	4,65	1,66
TRANSECTO III													
folha	90,33	1,95	16,11	32,71	10,74	9,77	0,96	0,05	2,81	0,07	0,18	2,36	1,97
graveto	19,36	0,39	4,15	9,39	1,94	1,56	0,24	0,02	0,75	0,03	0,02	0,78	0,52
flor+fruto	9,19	0,62	3,40	2,11	0,91	0,91	0,08	0,01	0,11	0,01	0,02	0,12	0,15
total	119,48	2,96	23,66	44,41	13,59	12,24	1,28	0,08	3,67	0,11	0,22	2,36	2,64

ao presente estudo é latossolo vermelho amarelo, cujas características químicas são presumivelmente superiores à dos solos da região de Manaus, o que poderia contribuir para uma maior quantidade de material decíduo que as normalmente verificadas na Amazônia Central, mas, na realidade, é todo um conjunto de fatores ambientais que controlam a produtividade primária. Há fatores, como os climáticos, por exemplo, variáveis de ano para ano, como pode ser observado na Tabela 1 e Figura 4; a precipitação do ano em que foram feitas as coletas de campo foi de 1658mm de chuva, enquanto que a precipitação média dos nove anos antecedentes foi de 2492mm; daí a necessidade de se prolongarem as investigações por mais tempo, seguindo a recomendação de Medwecka-Kornas (1971), de que a deposição de material orgânico em um ecossistema florestal qualquer deve ser medido por um período mínimo de 3 anos.

Os nossos resultados demonstram uma queda de detritos vegetais equivalente a 189,7 kg/m² de área basal, superiores, portanto aos dados fornecidos por Bray & Gorham (1964), que foram de 70-75 kg/m² de área basal, porém aqueles autores não citam exemplos para mata tropical. Puig (1979), embora não faça comentários a este respeito, refere, em seu trabalho, que a área basal da vegetação estudada na Guiana Francesa é de 38,3m²/ha, muito próxima das taxas verificadas no presente estudo, mas a produção de detritos vegetais naquela região é mais alta que a estimada aqui.

A taxa de deposição foliar corresponde a 71,5% do material orgânico decíduo total, equiparando-se aos dados fornecidos na literatura, de 60-80% para a maioria dos trabalhos desta natureza. Durante todo o ano, a fração foliar contribuiu predominantemente sobre as demais frações. A percentagem de folhas depositada é superior à verificada por Fassbender & Grimm (1981), para as florestas dos Andes ocidentais da Venezuela, que foi de 3,4 ton/ha/ano. Embora

as duas investigações tenham sido conduzidas na faixa equatorial, situam-se em diferentes altitudes; os Andes venezuelanos estão aproximadamente a 2.300m acima do nível do mar, o que é suficiente para acarretar diferentes pressões ambientais das verificadas nas comunidades florestais amazônicas, cuja a altitude é significativamente mais baixa.

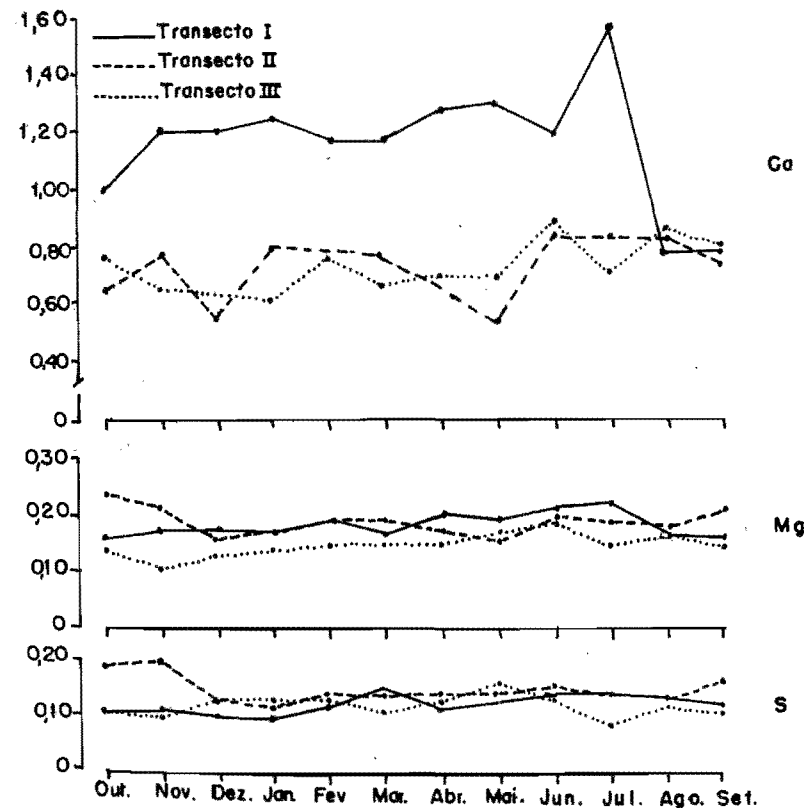


Fig. 11b — Concentração de nutrientes na fração graveto depositada em mata de terra firme, num ciclo anual. Outubro/1980 a setembro/1981. % do peso seco do material orgânico.

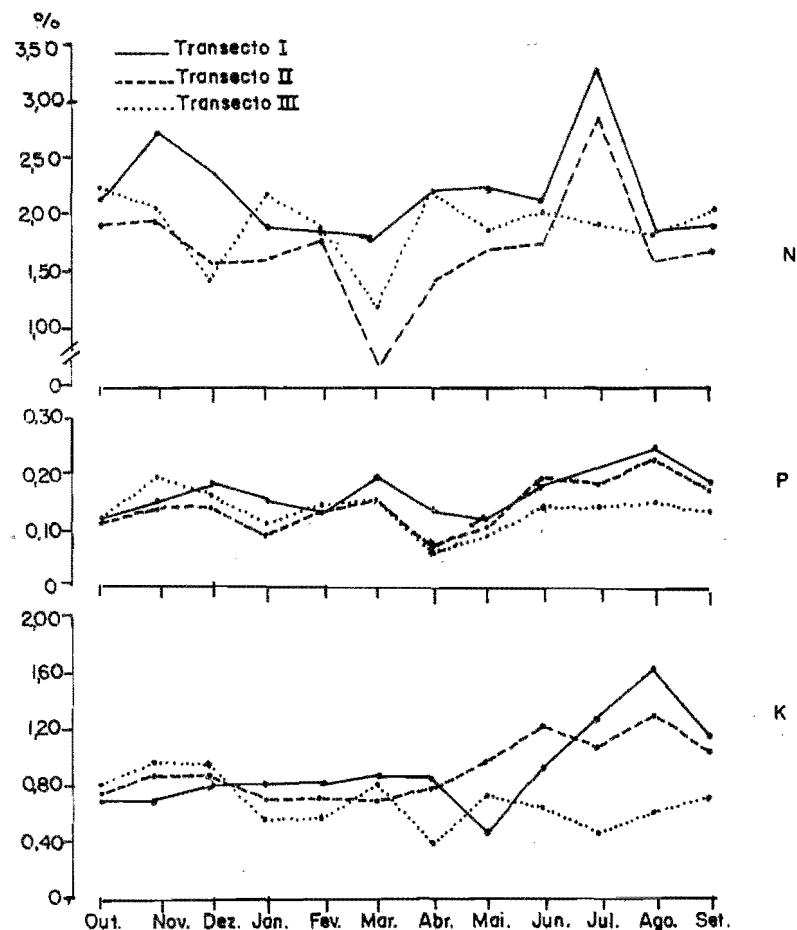


Fig. 12a — Concentração de nutrientes na fração flor + fruto depositada em mata de terra firme, num ciclo anual. Outubro/1980 a setembro/1981. % do peso seco do material orgânico.

A fração gravetos contribuiu com 21,1% do total, enquanto que os valores citados na literatura, evidenciados nas investigações em que foi usada metodologia semelhante à nossa, situam-se entre 5-33%.

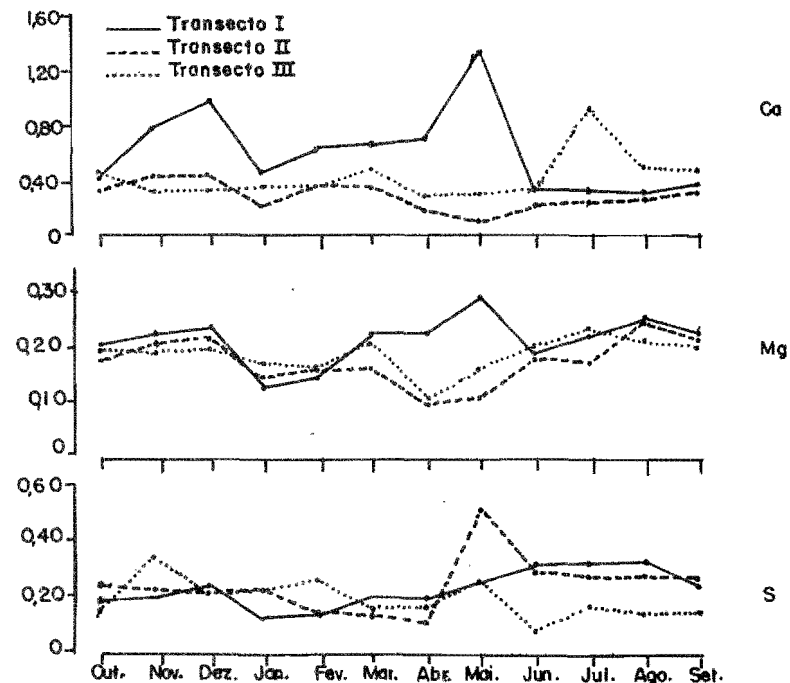


Fig. 12b — Concentração de nutrientes na fração flor + fruto depositada em mata de terra firme, num ciclo anual. Outubro/1980 a setembro/1981. % do peso seco do material orgânico.

A percentagem de flores+frutos foi de 7,4%, comparável aos resultados da maioria dos autores.

Como pode ser verificado, pela análise da figura 9, o padrão estacional da deposição de material orgânico não ficou tão perfeitamente estabelecido, coincidindo com o período de menor precipitação pluviométrica como nos estudos de Madge (1965), Klinge & Rodrigues (1968a), Araújo (1970), Fournier & Camacho de Castro (1973), Egunjobi

(1974), Golley *et al.* (1978), Klinge (1977a) e Franken *et al.* (1979). Houve um pouco de variação entre transectos, concordando com Puig (1979), que detectou variação na queda de matéria orgânica entre parcelas dentro de uma mesma comunidade. No entanto, analisando-se a Figura 8, percebe-se uma tendência à estacionalidade na queda de folhas no período de agosto a outubro, inserindo-se ao período de seca pronunciada do ano em questão. Durante o mês de maio, ficou caracterizado o maior pico de deposição foliar, mas este comportamento foi grandemente determinado por uma acentuada queda de folhas no transecto II, (Fig. 5); nos outros dois transectos, não foi verificada tal ocorrência em tais proporções, fato este comparável ao abordado por Fassbender & Grimm (1981) e Silva & Lobo (1982), que detectaram marcada deposição de detritos vegetais no mês de maio.

A figura 8 nos leva a deduzir que as diversas frações apresetam picos distintos de deposição e estacionalidade demonstrada anteriormente. Na realidade, o padrão foi estabelecido pela fração foliar que é a mais demonstrativa e que contribuiu com a maior porção do material decíduo total no ciclo anual. Na verdade as folhas são depositadas em grande quantidade durante todo o ano com picos pronunciados em certos períodos. Segundo Dommergues (1963), em regiões tropicais úmidas, a queda de folhas é contínua, no decorrer do ano com um pico no fim da estação seca. Araújo (1970) e Alencar *et al.* (1979) evidenciaram que muitas espécies que compõem a mata amazônica, realmente soltam as folhas com maior intensidade no período em que o solo apresenta déficit hídrico. Segundo Alencar *et al.* (1979), 70,37% das vinte e sete espécies estudadas em mata de terra firme na Amazônia Central, próxima a Manaus, apresentaram-se com tal característica na estação seca, havendo, no entanto aquelas que não dependem de estação climática para mudança das folhas ou as que simplesmente

não são caducifólias, como por exemplo *Osteophloeum platyspermum*, que as perdem continuamente durante todo o ano. Em face destas evidências, a constatação de falta de um período único de queda foliar, no presente estudo, re-trata com muita fidelidade o comportamento da floresta neste aspecto.

Quanto à floração e à frutificação, os autores acima citados detectaram espécies, cuja fenologia é quase regular cada ano, como por exemplo: *Virola michelii*, *Osteophloeum platyspermum*; outras com intervalos de dois (2) anos, como *Vouacapoua pallidior*, *Nectandra rubra*; outras, duas vezes ao ano, exemplo: *Dipteryx odorata*; *Tabebuia cf. incana*; ou ainda a *Tachigalia paniculata* que, em 12 anos de observações, só floresceu e frutificou duas vezes.

Como nos referimos anteriormente, as observações fenológicas citadas acima foram efetuadas em matas da Amazônia Central; infelizmente não dispomos de resultados de estudos desta natureza nas comunidades florestais onde se procedeu ao presente estudo.

Nos trabalhos consultados, parece ter havido uma certa tendência em correlacionar deposição de material orgânico com pluviosidade, quase que exclusivamente, enquanto que os demais fatores têm sido pouco explorados. Bernhard-Reversat *et al.* (1972) observaram uma alta correlação entre periodicidade de deposição de matéria orgânica e incidência de radiação. Longman & Jenik (1974), citados por Alencar *et al.* (1979), acham que os principais fatores que podem influenciar na queda de folhas são: baixa intensidade de luz, mudança de temperatura, prolongamento do dia, deficiência mineral, redução no tecido fotossintético e de transpiração, tensão de água e danos causados por agentes mecânicos ou pragas.

A grande variabilidade espacial e temporal apresentada pelo material orgânico decíduo em floresta tropical é explicável pelo fato de ser um tipo de comunidade vegetal

com uma diversidade florística muito grande. A heterogeneidade de espécies ficou bem caracterizada no levantamento florístico que realizamos em 1/4 ha, conforme pode ser observado na Tabela 2. Muito embora os estudos fenológicos na região sejam ainda em número muito reduzido, é óbvio que espécies diferentes possuam necessidades diferentes. Como exemplos demonstrativos da diversidade fenológica, em mata amazônica, temos os resultados das investigações realizadas por Araújo (1970), Franken *et al.* (1979) e Alencar *et al.* (1979).

Deve ser considerado ainda o fato de as condições ambientais favorecerem a ação muito rápida dos organismos decompositores, como foi demonstrado por Stak (1971b), em matas próximas a Manaus, o que propicia perda de peso em poucos dias das frações mais susceptíveis à decomposição, necessitando de um intervalo pequeno entre as coletas para contornar este problema, assim como também para evitar perdas por arraste pelas chuvas pesadas e constantes na região.

Concentração de nutrientes no material vegetal decíduo

As figuras 10a, 10b, 11a, 11b, 12a e 12b indicam que as taxas de retorno de nutrientes ao solo é semelhante entre os transectos para a maioria dos elementos; como exceção temos o N e o Ca, que sem indícios de algo que possa servir de justificativa apresentam-se mais concentrados no material decíduo do transecto I.

Como foi comentado no item anterior, a fração foliar foi a que demonstrou maiores evidências de periodicidade na deposição anual do material orgânico e a única com precisão satisfatória de método de amostragem; então, só naquela fração pode ser analisada com maior fidelidade a periodicidade de concentração de nutrientes. Pela análise da Figura 10, pode ser deduzido que entre os macroelemen-

tos não houve um período de marcada concentração; houve sim, uma tendência sutil de o K ter sido depositado em maiores proporções, no período de menor pluviosidade; este fato nos faz supor ter havido lavagem do elemento em questão na estação chuvosa, visto tratar-se de um elemento altamente móvel na água, (Golley *et al.* 1978). O Ca denotou pequenas oscilações em sua deposição, mas, na realidade, não caracterizaram ciclos.

Nossos dados mostram que a concentração de nutrientes nas diversas frações do material decíduo obedecem à seguinte ordem: flor+fruto > folha > graveto, concordando com os resultados assinalados por Curlin (1970). A sequência em que se apresentam na fração foliar e no material orgânico total, assemelham-se à de outros estudos como Nye (1961), Klinge & Rodrigues (1968b), Cornforth (1970), Bernhard-Reversat (1975) entre outros.

A somatória das concentrações percentuais dos elementos N, P, K, Ca, Mg, e S é maior em flor+fruto que nas demais frações consideradas, corroborando os dados reportados por Klinge & Rodrigues (1968b).

A maior abundância de Ca na fração lenhosa e nas folhas que nas estruturas reprodutivas é justificada pelo fato de este elemento ser um componente do material estrutural das árvores.

Os microelementos encontram-se em maiores concentrações nos resultados desta pesquisa que os verificados por Klinge & Rodrigues (1968b), e Fassbender & Grimm (1981); como exceção, temos o Al, cujos dados reportados por estes últimos autores, assinalam taxas muito altas comparativamente ao presente resultado, levando-nos a presumir uma superioridade dos solos da região de Tucuruí sobre os solos venezuelanos, visto o Al ser um elemento altamente tóxico. Fe, Mn e Na apresentam taxas mais elevadas que os dados fornecidos por Golley *et al.* (1978) para as florestas panamenhas que, em contrapartida, são mais ricas em macroelementos que as matas amazônicas.

O retorno anual de nutrientes ao solo pela deposição de material vegetal, estimada aqui, como pode ser observado na Tabela 7, é mais alto que os assinalados por Klinge & Rodrigues (1968b) e Franken *et al.* (1979), muito embora as investigações daqueles autores tenham sido conduzidas em ecossistemas florestais, também amazônicos, mas em matas da região de Manaus, cujos solos são reconhecidamente muito pobres, enquanto que o presente trabalho foi conduzido em matas sobre latossolo vermelho amarelo, presumivelmente com características químicas superiores, o que nos leva a supor ser o responsável pela elevada concentração de nutrientes comparativamente àqueles estudos. Não obstante tal fato, os valores aqui reportados são às vezes, mais baixos, ou bem próximos e até se igualando aos de outras investigações em matas tropicais extrabrasileiras, como pode ser observado na Tabela 7, o N, P e K se aproximam de dados mencionados por Bernhard-Reversat (1975), e N, Ca, Mg, são mais altos que os assinalados por Fassbender & Grimm (1981).

O microelemento B não está citado na literatura consultada, tornando-se difícil sua avaliação aqui.

Segundo Stak (1971b), a maior concentração de nutrientes no material vegetal das florestas amazônicas, encontra-se na biomassa que é um verdadeiro depósito das reservas nutricionais do ecossistema; somente uma pequena fração dos elementos minerais retorna ao solo pela queda de detritos. Como exceção, temos o N e P, em que cerca de 70% está concentrado no solo (Klinge, 1975). A mineralização e conseqüente liberação destes nutrientes são feitas em quantidades que podem perfeitamente ser reabsorvíveis num pequeno intervalo de tempo pelas plantas, evitando perdas por arraste pela lixiviação, percolação ou outros meios, sendo, portanto, a floresta extremamente adaptada para reciclar rapidamente tais nutrientes.

Tendo em vista as condições nutricionais do solo e da vegetação onde se procedeu ao presente estudo apresenta-

rem padrões diferentes dos demais, torna-se inconveniente aqui uma análise mais profunda de ciclagem de nutrientes para as florestas da região de Tucuruí, pois ainda não dispomos de dados sobre o conteúdo mineralógico nos outros compartimentos do ecossistema como: biomassa vegetal e animal, produto em pé da serrapilheira e velocidade de decomposição, lavagem foliar, escoamento pelos troncos, água das chuvas e rios da região etc., conhecimentos estes necessários para tal avaliação.

CONCLUSÕES

Com base na análise dos resultados e sua discussão, pode-se concluir que:

1. A deposição anual de material orgânico foi muito irregular. A grande variação pode ser causada por fatores climáticos, comportamentos diferenciais na queda das diversas frações, composição estrutural da vegetação, entre outros;
2. Dentre as porções consideradas, a fração foliar foi a que mostrou maiores evidências de estacionalidade na queda anual, seguida da fração graveto; flor+fruto foi depositada regularmente durante todo o ano;
3. Não houve diferença significativa no total de material orgânico depositado durante um ano, entre os transectos situados num gradiente topográfico do terreno;
4. As taxas percentuais de queda de folhas (71,5%), graveto (21,1%) e flor+fruto (7,4%) enquadram-se na faixa reportada por outros estudos em ecossistemas florestais de zona tropical;
5. O total de material orgânico decíduo, 6.656 kg/ha/ano, está aquém da maioria encontrada em outros estudos, necessitando um prolongamento nas investigações para se chegar a resultados mais seguros;

6. As taxas de concentração de nutrientes são condizentes com o tipo de solo da região e mais altas que as assinaladas para ecossistemas de florestas amazônicas sobre solos mais pobres;
7. Não foi evidenciado periodicidade na concentração de nutrientes do material decíduo;
8. A amostragem utilizada revelou-se eficiente para mensuração da queda de folha e inadequada para graveto e flor+fruto.

AGRADECIMENTOS

Meus profundos agradecimentos ao: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, Instituto Nacional de Desenvolvimento da Amazônia-INPA, Museu Paraense Emílio Goeldi na pessoa de seus diretores Luiz Miguel Scaff, José Seixas Lourenço e Paulo Bezerra Cavalcante, aos mestres e colegas: Jean-Louis Guillaumet, João Murça Pires, João Batista Fernandes, Herbert Schubart, Norman Penny, William Overal, Marlene Freitas, Ma. Lúcia Absy, Nunes de Melo, Carlos Rosário, Milton Gonçalves, Raimundo Procópio, João Chrysostomo, Algenir Ferraz, Flávio Luizão, Luiz Magalhães, Ricardo Secco, Suely Marques, José Aguiar e todos os colegas de curso e da Divisão de Botânica do MPEG pela oportunidade, orientação, sugestões, apoio, amizade e incentivo durante a realização do presente trabalho.

SUMMARY

The litter fall and respective concentration of nutrients in terra firme tropical rain forest was studied in eastern Amazonia, a region to be inundated by the Tucuruí Hydroelectric Dam on the Tocantins River, Para State.

To collect material in the field, the conventional methodology utilizing pans with 0,90m² receptive areas were

employed. An analysis to determine mineral elements N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B, Na and Al was realized at the laboratories of Agricultural Nuclear Energy Center (CENA) Piracicaba - SP.

A deposited vegetative residue of 6,656 kg/hectare/yr was estimated, with marked monthly variation. The difference between minimum and maximum was 244,89% in transect I, 156,67% in transect II, and 180,34% in transect III. The fraction that contributes the largest quantity was the leaves, with 71,5% of the total; twigs contributes 21.1% and flowers and fruit together 7.4%.

No seasonal pattern of detritus fall was clearly discerned, although there was a tendency towards distinct seasonality for the fractions of leaves and twigs. The leaves were deposited with a maximum peak in May, without a correlation with pluviometric precipitation; a second period of marked leaf-fall was from August to October, the driest time in the region.

The woody fraction fell most intensely in the three transect in February, with a second peak in May, only in the first transect.

Flower and fruit material had regular deposition throughout the year, without evidence of characteristic seasonality. The annual return of nutrients to the soil from deciduous organic material was: 126.34kg N, 3.43kg P, 26.28kg K, 49.53kg Ca, 14.41kg Mg and 12.61kg S per hectare for macronutrients and 138g Fe, 8g Cu, 416g Mn, 11g Zn, 23g B, 329g Na, and 279g Al per hectare for micronutrients. These values are higher than normally reported in other studies of the Amazon Region.

The mineral elements analyzed were encountered in descending order: N > Ca > K > Mg > S > P for macronutrients and Mn > Na > Al > Fe > B > Zn > Cu for micronutrients.

No evidence of marked periodicity in concentration of nutrients was detected, except for K, whose rates of depo-

sition were a little lower during the rainy season; all others were deposited at regular throughout the year.

The sum of rates of N, P, K, Ca, Mg and S is greater in flowers and fruits than in the two fractions; Ca is more concentrated in twig. The descending sequence of nutrient concentrations in the fractions considered is flower and fruit > leaves > twigs.

The sampling method was efficient for measurement of the leaf fraction creating standard deviations of less than 10% of the average value. For the twig and flower and fruit fractions and adjustment of the number and size of parcels was necessary, creating an insatisfactory precision of sampling methods for these two fractions, and this raising and destabilizing the standard deviation values to levels in the majority above 10% of the average value.

Data are lacking on concentration of nutrients in other parts of the ecosystem, delaying a more in depth analysis of the dynamics of mineral cycling in eastern Amazonian forest.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, J.C.; ALMEIDA, R.A.; FERNANDES, N.P.
1979 — Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta. Amazon.*, Manaus, 9 (1): 163-198.
- ARAÚJO, V.C. DE
1970 — Fenologia de essências florestais Amazônicas. I. *Bol. INPA. Ser. Pesqui. Forest.*, Manaus, (4): 1-25.
- BARROS, N.P. & BRANDI, R.M.
1975 — Influência de três espécies florestais sobre a fertilidade do solo de pastagem em Viçosa, MG. *Bras. Forest.*, Rio de Janeiro, 6 (21): 24-29.
- BAZILEVICH, N.I. & ROBIN, L.E.
1917 — Geographical regularities in productivity and circulation of chemical elements in the earth's main vegetation types. New York, American Geographical Society. p. 24-53.

BERNHARD, F.

- 1970 — Etude de la litière et de sa contribution au cycle des éléments minéraux en forêt ombrophile de Côte-d'Ivoire. *Ecol. Plant.*, (5): 247-266.

BERNHARD-REVERSAT, F.

- 1975 — Recherches sur L'écosystème de la forêt sub-équatoriale de basse Côte-d'Ivoire. VI. Les cycles des macroéléments. *Terre vie*, Paris, (29): 229-254.

BRAY, J.R. & GORHAM, E.

- 1964 — Litter production in forest of the World. *Adv. Ecol. Rest.*, 2: 101-157.

BRUNIG, E.F.

- 1977 — The Tropical rain forest — A wasted asset or essential biospheric resource. *AMBIO*, 6(4): 187-191.

CONFORTH, I.S.

- 1970 — Leaf fall in a tropical rain forest *J. Appl. Ecol.*, 7: 603-608.

CURLIN, J.W.

- 1970 — Nutrient cycling as factor in site productivity and forest utilization. In: YOUNBERG, G.T. & DAVEY, C.B., Ed. *The Growth an forest soils*. Corvallis, Oregon State University Press, p. 313-325.

DOMMERGUES, Y.

- 1963 — Les cycles biogéochimiques des éléments minéraux dans les formations tropicales. *Bois Forêts. Trop.*, Paris, (87): 9-25.

DUVIGNEAUD, P. & DENAEYER . DE SMET

- 1970 — Biological cycling of minerals in temperate deciduous forest. In: REICHELE, D.E. Ed. *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*. New York, Springer - Verlag. p. 199-225.

EDWARD, P.J.

- 1977 — Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. *J. Ecol.*, London, 65 (3): 971-992.

EGUNJOBI, J.K.

- 1974 — Litter fall and mineralization in a Teak (*Tectona grandis*) stand. *Oikos*, Copenhagen, 25 (2): 222-226.

EWEL, J.J.

- 1976 — Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in easter Guatemala. *J. Ecol.*, London, 64 (1): 293-308.

FASSBENDER, H.W. & GRIMM, U.

- 1981 — Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. II Producción y decomposición de los residuos vegetales. *Turrialba*, Costa Rica, Costa Rica, 31 (1) : 39-47.

FOURNIER, L.A. & CAMACHO DE CASTRO, L.

- 1973 — Producción y decomposición del mantillo em un bosque secundario húmedo de promontano. *Rev. Biol. Trop.*, San José, 21 (1) : 59-67.

FRANKEN, M. IRMLER & U. KLINGE, H.

- 1979 — Litterfall in inundation riverine and terra firme forest of Central Amazonia. *Bull. Inf. Soc. Trop. Ecol.*, Poona, 20 (2) : 225-235.

GESSEL, S.P. & TURNER, J.

- 1974 — Litter production by red alder (*Alnus rubra*) in Western Washington *For. Sci.*, Peking, 20 (4) : 235-330.

GOLLEY, F.B.

- 1978 — Insects as regulators of forest nutrient cycling. *Bull. Inf. Soc. Trop. Ecol.*, Poona, 18 : 116-123.

GOLLEY, F.B. et al.

- 1978 — *Ciclagem de minerais em um ecosistema de floresta tropical úmida*. São Paulo, E.P.U. & EDUSP.

GOSZ, J. LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H.

- 1972 — Nutrient content of litter fall on the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire, *Ecology, Brooklym*, 53 (5) : 769-784.

GREELAND, D.J. & KOWAL, J.M.L.

- 1960 — Nutrient content of the moist tropical forest of Ghana. *Pl. Soil.*, The Hague, 12 (2) : 154-174.

HERRERA, R.

- 1978 — Direct Phosphorus Transfer from litter to roots. *Naturwissenschaften*, Berlin, 65 : 208.

- 1979 — *Nutrient distribution and cycling in an Amazon caatinga forest on spodosols in southern Venezuela*. Dept. of Soil Science, Univ. of Reading Ph., D. Thesis.

HERRERA, R. et alii

- 1978 — Amazon ecosystems their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia*, Caracas, 3 : 223-231.

HERRERA, R. & JORDAN, C.

- 1979 — Nitrogen cycle in a tropical rain forest of Amazonia. In: *PROCEEDINGS of the international SCOPE wor-*

kshop on Territorial Nitrogen Cycles held of Gysinge Wardshus. Osterfarnebo, Sweden, September 1979 (in press).

HOMEM, V.P.

- 1959 — A cultura do eucalipto, sua importância no melhoramento dos solos. *Anu. Bras. Econ. Florest.*, Rio de Janeiro, 11 : 146-154.

HOPKINS, B.

- 1966 — Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve, Nigeria. IV. The litter and soil with special reference to their seasonal changes. *J. Ecol.*, London, 54 : 687-704.

HURD, R.M.

- 1971 — Annual tree-litter production by successional forest stands, Juneau, Alasca. *Ecology Brooklym*, 52 (5) : 881-884.

JACKSON, J.F.

- 1978 — Seasonality of flowering and leaf-fall in a Brazilian Subtropical lower montane moist forest. *Biotropica*, Washington D.C. 10 (38) : 42.

JENNY, H.; GESSEL, S.P.; BINGHAM, F.T.

- 1949 — Comparative study of the decomposition rate of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Sci.*, Beltimore, 68 : 419-432.

JORDAN, C.F.

- 1978 — Stem flow and nutrient transfer in a tropical rain forest. *Oikos*, Copenhagen, 31 : 257-263.

JORDAN, C.F. & ESCALANTE, G.

- 1980 — Root productivity in an Amazonian rain forest. *Ecology, Brooklym*, 61 : 14-18.

JORDAN, C.F. & HEUVELDOP, J.

- 1981 — The water budget of an Amazonian rain forest, *Acta Amazon.*, Manaus, 11 (1) : 87-92.

JORDAN, C.F. & KLINGE, J.R.

1977. — Transpiration of trees in a tropical rain forest. *J. Appl. Ecol.*, 14 : 853-860.

JORDAN, C.F. & MEDINA, E.

- 1977 — Ecosystem research in the tropics. *Ann. Mo. Bot. Gdn*, St. Louis, 64 (4) : 737-745.

JORDAN, C.F. & STARK, K.N.

- 1978 — Retención de nutrientes en la estera de raíces de un bosque pluvial Amazónico. *Acta Cient. Venez.*, Caracas, 29 : 263-267.

- JORDAN, C.F.; TODD, R.L.; ESCALANTE, G.
1979 — Nitrogen conservation in a tropical rain forest. *Oecologia*, 39: 123-128.
- JORDAN, C.F. & UHL, C.
1978 — Biomass of a "tierra firme" forest of the Amazon Basin. *Oecologia Plantarum*, 13: 387-400.
- KLINGE, H.
1975 — Bilanzierung von hauptnährstoffen in Ökosystem tropischer regenwald (Manaus) — Korläufige Daten. *Biogeographica*, Tokyo, 7: 59-99.
1977a — Fine litter production and nutrient return to the soil in three natural forest stands in eastern Amazonia. *Geo-Eco-Trop.* 1: 159-167.
1977b — Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in a neotropical rain forest. *Amazoniana*, Kiel 6 (2): 193-202.
1978 — Studies on the ecology of Amazon Caatinga forest in Southern Venezuela. *Acta Cient. Venez.*, Caracas, 29 (4): 258-267.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W. A.
1968a — Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. I. Litter-fall, Organic carbon and total Nitrogen Contents of Litter. *Amazoniana*, Kiel, 1: 287-302.
1968b — Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. II. Mineral Nutrient Content on the Litter. *Amazoniana*, Kiel, 1: 303-310.
- LANG, G.E.
1974 — Litter dynamics in a mixed oak forest on the New Jersey Piedmont. *Bull. Torrey Bot. Club.*, New York, 101 (5): 277-286.
- LAUDELOUT, H. & MEYER, J.
1954 — Les cycles d'éléments minéraux et de matière organique en forêt équatoriale congolaise. In: CONGRESSO INT. SCI. SOL, 5. v. 2 p. 267-272.
- LONGMAN & JENIK
1974 — Tropical forest and its environment. *Tropical Ecology Series*, London, 196 p.
- LUIZAO, F.J.
1982 — *Produção e decomposição da liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central*. Aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção dos nutrientes da liteira. Manaus, INPA.
- MADGE, D.S.
1965 — Leaf fall litter disappearance in a tropical forest. *Pedobiologia*. Jena, 5 (4): 273-288.
- MALAISSÉ, F. *et al.*
1975 — Litter fall and litter breakdown in Miombo. In: GOLLEY, F.B. & MEDINA, E. Eds. *Tropical Ecological Systems. Trends in Terrestrial and Aquatic Research*. New York, Springer-Verlag. p. 137-152.
- MEDINA, E. *et al.*
1977 — The Amazon project of the Venezuelan Institute for Scientific Research. *Nature and Resources*, 13 (3): 4-6.
- MEDWECKA-KORNAS, A.
1971 — Plant litter. In: PHILLIPSON, J. Ed. *Methods of Study in Quantitative Soil Ecology: Population, production and energy flow*. Oxford, Blakwell Scientific Publication. p. 24-33. (IBP Handbook, 18).
- MONTAGNINI, G.
1980 — *Influencia de los insectos sobre al ciclo de nutrientes y Productividad en los ecosistemas de conucos de San Carlos de Rio Negro, Território Federal Amazonas*. Caracas, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Master's thesis.
- MULLER & NIELSEN
1965 — Production brute, pertes par respiration et production nette dans la forêt ombrophile tropicale. *Det Forstlige, Forsgsvalsen i Danmark*, 29: 69-160.
- NIHLGARD, H.
1972 — Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in a beech and a planted Spruce in south Sweden. *Oikos*, Copenhagen, 28: 69-81.
- NYE, P.H.
1961 — Organic matter and nutrients cycles under moist tropical forest. *Pl. Soil.*, The Hague, 13: 333-346.
- ODUM, H.T. & PIGEON, R.F.
1970 — *A tropical rain forest; a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico*. Washington, D.C. U.S. Atomic Energy Commission. 3 v.
- POLI, E.; LEONARDI, S.; BELA, S.
1974 — Litter production in the *Quercus ilex* forest on Mount Minardo (Etna) from Sept. 1970 to June, 1974. *Arch. Bot.*, 50: 87-107.
- PROJETO RADAMBRASIL — Programa de Integração Nacional
1973-1978 — Levantamento de Recursos Naturais. DNPM. 5, 8.

PUIG, H.

- 1979 — Production de litière en forêt Guyanaise: Resultats préliminaires. *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 115 (3-4): 338-346.

RELATÓRIO DO PROJETO TUCURUI. INPA/ELETRONORTE

- 1982 — *Sub-Projeto Botânico, Relatório Semestral.*

RIZZO, J.A. *et al.*

- 1971 — Levantamento de Dados em áreas de cerrados e da floresta caducifolia tropical do planalto centro-oeste. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda. e Editora da Universidade de Brasília. p. 103-109.

RODIN, L.E. & BAZLEVICH, N.I.

- 1967 — *Productivity and mineral cycling in terrestrial vegetation.* Edinburg; London, Oliver and Boyde. 288 p.

RIZANOV, B.G. & ROZANOVA, I.M.

- 1964 — Biological cycle of bamboo (*Bambusa* spp.) nutrients in the tropical forest of Burma. *Bot. Zh.*, Kyiv, 49: 348-357.

SALATI, E.

- s.d. — *Projeto Tucuruí, Sub-Projeto Estudos Meteorológicos, INPA/ELETRONORTE.*

SILVA, M.F.F. & LOBO, M.G.A.

- 1982 — *Nota sobre deposição de matéria orgânica em floresta de terra firme, várzea e igapó, Belém-Pa., (no prelo).*

STARK, N.M.

- 1971 — Nutrient cycling: II. Nutrient distribution in Amazonian vegetation. *Bull. Inf. Soc. Trop. Ecol.*, Poona, 12 (2): 177-201.

SYKES, J.M. & BUNCE, R.G.H.

- 1970 — Fluctuations in litter fall in a mixed de decidous Woodland over a three-year period in 1966-68. *Oikos*, Copenhagen, 21 (2): 326-329.

WOODS, F.W. & GALLEGOS, C.M.

- 1970 — Litter accumulation in selected forest of the Republic of Panamá. *Biotropica*, Washington D.C., 2: 46-50.

ZAVITKOVSKI, J. & NEWTON, M.

- 1971 — Litter fall and litter accumulation in red alder stands in western Oregon. *Pl. Soil*, The Hague, 35: 257-268.

(Aceito para publicação em 12/06/84)