DENSIDADE E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE MACROINVERTEBRADOS EM SOLOS ARGILOSOS E ARENOSOS NA AMAZÔNIA CENTRAL.

Adelmar G. BANDEIRA[1], Ana Y. HARADA[2]

RESUMO — A densidade e a distribuição vertical da macrofauna do solo foram estudadas nas estações chuvosa e seca na região de Manaus, Estado do Amazonas, Brasil, sob três tipos de cobertura vegetal, em áreas de solo arenoso e de solo argiloso, durante dois anos. Os animais foram coletados manualmente de amostras de solo de 20 x 20 x 30 cm (=12 litros), divididas em subamostras de 5 cm de espessura. O método mostrou-se pouco eficiente, principalmente para coleta de animais menores que 2 mm, por serem pouco visíveis a olho nu. Encontrou-se maior número de animais no solo arenoso que no solo argiloso. Os grupos mais bem representados foram cupins, formigas e minhocas. Fez-se comparação entre o número de indivíduos coletados na estação chuvosa e na estação seca, tendo sido encontrado mais macroinvertebrados nos estratos superiores (0-15 cm) na estação chuvosa que na estação seca, e em profundidades maiores (15-30 cm), eles foram mais abundantes na estação seca, principalmente cupins. Isto foi interpretado como evidência de migração vertical da macrofauna para os estratos superiores do solo na estação chuvosa e para o solo mineral na estação seca.

Palavras-chave: Macrofauna do solo, migração vertical, densidade, distribuição vertical.

Density and Vertical Distribution of the Soil Macroinvertebrates in Clay and Sandy Soils in Central Amazonia.

ABSTRACT — The density and vertical distribution of the soil macrofauna were studied in the Manaus region, Amazonas State, Brazil, in the wet and dry seasons, under three vegetation covers, in sandy and clay soils, during two years. The macroinvertebrates were hand sorted from soil cores of 20 x 20 x 30 cm (= 12 liters), divided in subsamples 5 cm thick. The method showed to be of low efficiency, mainly for collecting animals less than 2 mm length, difficult see with the naked eye. There were more animals in the sandy than in the clay soil. The most abundant groups were termites, ants and earthworms. Comparison between wet and dry seasons data showed that on the superficial strata (0-15 cm), more animals were found during the wet than in the dry season, and deeper in the soil (15-30 cm), they were more abundant during the dry season. This was interpreted as evidence of vertical migration of the soil macrofauna to the surface in the wet season and to the mineral soil in the dry season.

Key-words: Soil macrofauna, vertical migration, density, vertical distribution.

INTRODUÇÃO

Em regiões temperadas, e mesmo em ecossistemas tropicais em que as estações chuvosa e seca são bem definidas, a fauna edáfica migra da superfície orgânica do solo, quando este apresenta deficiência de umidade, para a camada mineral mais profunda, retornando para a superfície, quando a umidade é restabelecida (Belfield, 1956 *apud* Adis *et al.*, 1989a; 1989b; Willis, 1976).

[1] Departamento de Sistemática e Ecologia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, CEP 58059-900, João Pessoa - PB, Brasil.

[2] Departamento de Zoologia, Museu Paraense 'Emílio Goeldi", Caixa Postal 399, CEP 66.040-170, Belém - PA, Brasil.

Na região amazônica, onde não há uma estação verdadeiramente seca, a migração vertical de invertebrados do solo nunca foi detectada ao nível de ordem ou outros grandes grupos, entre as estações mais chuvosa e menos chuvosa (Adis *et al.*, 1989a; 1989b; Ribeiro, 1994).

Este trabalho objetiva mostrar a distribuição vertical da macrofauna do solo até a profundidade de 30 cm, durante a estação chuvosa, bem como comparar estes dados com outros obtidos durante a estação seca (ou menos chuvosa), nas mesmas áreas (Harada & Bandeira, 1994a; 1994b), para verificar se há migração vertical de macroinvertebrados do solo na Amazônia Central, ao nível de grandes grupos, durante essas duas estações. A principal diferença entre este estudo e outros já realizados na região é que neste a fauna foi coletada até 30 cm de profundidade, enquanto nos demais estudos as coletas foram feitas no máximo até 15 cm.

ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada na Amazônia Central, Estação Experimental de Silvicultura Tropical (do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA), km 44 da BR 174 (2°35'S; 60°WG), que liga Manaus (AM) a Boa Vista (RR).

Na região de Manaus, a precipitação média anual é de 2.105 mm, com duas estações não bem definidas, sendo que na mais chuvosa (dezembro a maio), ocorre 75% da precipitação anual, com média mensal entre 211 e 300 mm; na estação menos chuvosa (junho a novembro), a média mensal varia de 42 a 162 mm (Ribeiro & Santos, 1975; Ribeiro & Adis, 1984).

Com finalidade prática, daqui para a frente a expressão "estação menos chuvosa" será substituída por "estação seca", mesmo sabendo-se que na Amazônia não há estação seca verdadeira.

Foram escolhidas duas áreas de estudo, uma de solo arenoso (S1) e outra de solo argiloso (S2), distantes aproximadamente 2 km uma da outra, situadas em platôs. Em cada área, foram selecionadas três coberturas vegetais diferentes: floresta primária e plantios arbóreos de cumaru [*Dipteryx odorata* (Aubl.) Wild - Leguminosae] e de marupá (*Simaruba amara* Aubl.-Simarubaceae). As descrições das áreas S1 e S2 são dadas por Harada & Bandeira (1994a; 1994b), incluindo a granulometria e a classificação dos solos (sumário na Tabela 1). Chauvel *et al.*

Tabela 1. Granulometria da camada do solo até 30 cm de profundidade e sua classificação (Área S1, segundo Harada & Bandeira, 1994b; Área S2, segundo Harada & Bandeira, 1994a).

Coberturas	Área S1 (%)			Área S2 (%)		
Vegetais	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia
Floresta	18,0	6,0	75,0	34,3	15,8	49,9
		Franco arenoso			Franco argiloso	
Cumaru	5,0	3,0	92,0	45,0	21,3	33,8
		Arenoso			Argiloso	
Marupá	5,0	16,0	79,0	48,2	20,0	31,8
		Areia franca			Argiloso	

(1987) forneceram informações detalhadas sobre solos de uma área próxima às duas estudadas.

Em cada tipo de cobertura vegetal, foi demarcada uma parcela de 10 m x 30 m (seis parcelas ao todo), tendo-se estabelecido uma grade de 30 pontos em cada uma. Nas parcelas dos plantios de cumaru e de marupá, os pontos foram marcados sempre no cruzamento entre quatro árvores. Em abril de 1991 e em março de 1992, no pico das estações chuvosas, foram retiradas cinco amostras (monolitos) de solo, em pontos escolhidos ao acaso, entre os 30 pontos da grade, em cada uma das seis parcelas (total de 10 amostras por parcela, sendo que os pontos sorteados em 1991 foram excluídos em 1992). Cada amostra media 400 cm^2 de superfície por 30 cm de profundidade (20 x 20 x 30 cm = 12 litros) e foi seccionada em estratos de 5 cm (cada amostra resultando em seis sub-amostras de 20 x 20 x 5 cm). Anderson & Ingran (1989) recomendam amostras de 25 x 25 x 30 cm, subdivididas em três estratos de 10 cm; porém, neste trabalho, optou-se por estratos de 5 cm, que poderiam oferecer mais informações sobre a distribuição vertical da fauna.

Ainda no campo, os animais visíveis a olho nu foram separados manualmente com pinças e fixados em álcool 75%. O material foi posteriormente triado e identificado, em sua maioria no nível de ordem. Devido à baixa densidade e freqüência de certos grupos (em parte porque o método de extração manual não é eficiente para coleta de animais com tamanho inferior a 2 mm), vários deles, como Collembola, Dermaptera, Diplura, Diptera, Embioptera, Hemiptera, Homoptera, Hymenoptera (Vespoidea), Lepidoptera (imaturos), Neuroptera, Orthoptera/Blattodea, Thysanoptera e Zoraptera foram agrupados como "Outros Insecta"; Acarina, Opiliones, Palpigradi, Pseudoscorpionida e Ricinulei, como "Outros Arachnida"; e Isopoda, Pauropoda e Symphyla, como "Outros Arthropoda".

A densidade média por m^2 foi calculada tomando-se a área de uma amostra (400 cm^2), multiplicando-se esta por 10 (número de amostras por parcela) e por 2,5. A densidade foi calculada também em função do volume do solo (por litro).

Foram feitas medidas de umidade e pH do solo em cada estrato de 5 cm de espessura, até 30 cm de profundidade; cada amostra teve três repetições, nas seis parcelas. A umidade foi obtida pelo método gravimétrico (Allen, 1974) e o pH foi determinado em água, na proporção de 1:2,5 (Camargo *et al.*, 1986) (Tab. 2).

Para analisar a distribuição vertical da fauna em relação à umidade e ao pH do solo nas seis parcelas, foi feito teste de correlação linear. Antes das análises, os dados originais foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$, para dar maior uniformidade (Zar, 1974).

Os dados referentes à estação seca mostrados em tabelas e gráficos deste trabalho não são inéditos. Os da área S1 já foram apresentados por Harada & Bandeira (1994b) e os da área S2, por Harada & Bandeira (1994a). No entanto, esses dados são utilizados para comparação com os da estação chuvosa, mostrados aqui pela primeira vez.

Tabela 2: Umidade e pH do solo (médias, n = 3) no pico das estações seca (S) e chuvosa (C) em solo arenoso (*Área S1*) e em solo argiloso (*Área S2*), *sob três coberturas vegetais. Estes dados foram utilizados* em testes de correlação (ver Tabela 6).

Cobertura Vegetal	Profundidade (cm)	Umidade				pH			
		Área S1		Área S2		Área S1		Área S2	
		S	C	S	C	S	C	S	C
Floresta	0-5	31,5	23,4	16,4	27,3	3,1	4,2	3,3	3,8
	5-1	13,3	16,2	14,6	22,0	3,2	4,0	3,2	3,7
	10-15	14,6	15,0	14,2	21,5	3,7	4,0	3,7	3,7
	15-20	12,6	16,7	14,6	21,2	3,4	4,1	3,4	3,8
	20-25	14,1	18,2	17,6	20,9	3,5	4,2	3,5	3,8
	25-30	15,0	18,3	21,2	21,2	3,5	4,3	4,0	4,0
	Média	16,8	18,0	16,4	22,3	3,4	4,1	3,5	3,8
Cumaru	0-5	14,1	25,9	14,5	24,5	3,8	3,8	4,0	3,7
	5-10	7,7	13,4	14,8	22,8	4,1	4,3	3,9	3,7
	10-15	8,3	8,4	16,5	22,5	4,2	3,9	3,9	3,6
	15-20	8,5	8,1	14,9	22,4	4,2	4,0	3,9	3,8
	20-25	6,7	8,5	15,7	21,8	4,3	4,0	4,0	3,8
	25-30	8,3	9,5	15,8	22,3	4,3	4,1	4,1	3,9
	Média	8,9	12,3	15,4	22,7	4,1	4,0	4,0	3,7
Marupá	0-5	22,0	17,6	30,7	31,5	3,2	3,6	3,5	3,7
	5-10	13,5	13,6	19,2	25,3	3,5	3,6	3,7	3,6
	10-15	14,6	14,4	20,9	23,6	3,6	3,7	3,8	3,7
	15-20	13,1	12,5	19,8	22,1	3,6	3,9	3,9	3,7
	20-25	12,9	13,6	16,3	22,5	3,9	4,0	4,0	3,9
	25-30	15,4	14,5	16,7	22,9	3,8	3,9	4,1	4,0
	Média	15,2	14,4	20,6	24,6	3,6	3,8	3,8	3,8

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 4.951 macroinvertebrados, sendo 2.906 indivíduos (59%) nas três parcelas de solo arenoso (S1) juntas (floresta, cumaru e marupá) e 2.045 indivíduos (41%) nas três parcelas de solo argiloso (S2). Foi mais difícil ver os animais muito pequenos em amostras de solo argiloso que naquelas de solo arenoso, o que pode justificar o maior número de indivíduos coletados nas parcelas de solo arenoso. Os números acima são mostrados em forma de densidade, considerando-se cada parcela separadamente (Tab. 3). Tanto em número de animais como em relação à composição em grupos, estes dados da estação chuvosa são semelhantes aos encontrados por Harada & Bandeira (1994a; 1994b) durante a estação seca nas mesmas duas áreas.

No geral, os cupins representaram em média 49% do total de animais coletados, mas nas duas parcelas de marupá estes insetos chegaram a 79% e 86% do total de indivíduos encontrados na estação chuvosa, respectivamente em solo arenoso e argiloso. Na parcela de cumaru da S1, onde o solo continha maior teor de areia (92%, segundo Harada & Bandeira, 1994b), encontrou-se a mais baixa densidade de cupins (Tab. 3). Segundo Lee & Wood (1971), cupins tendem a ser mais abundantes em solos argilosos que em solos arenosos, porque a

Tabela 3. Densidade (indivíduos/m²; média de 10 amostras) de macroinvertebrados do solo até 30 cm de profundidade em duas áreas (S1 e S2) sob diferentes coberturas vegetais, nas estações seca e chuvosa. Os percentuais da estação chuvosa são variações em relação aos da estação seca, tomados como 100% (Total = todos os grupos, inclusive cupins).

Cobertura Vegetal	Estação Seca		Estação Chuvosa	
	Total	Cupins	Total	Cupins
Área S1				
Floresta	2905	1837	1405	565
	(100%)	(100%)	(48%)	(31%)
Cumaru	1429	234	987	55
	(100%)	(100%)	(69%)	(23%)
Marupá	1495	262	4862	3862
	(100%)	(100%)	(325%)	(1471%)
Área S2				
Floresta	2290	1445	1127	340
	(100%)	(100%)	(49%)	(24%)
Cumaru	1482	887	1400	760
	(100%)	(100%)	(94%)	(86%)
Marupá	1967	1180	2585	2222
	(100%)	(100%)	(131%)	(188%)

argila é fundamental para dar estabilidade aos túneis das espécies subterrâneas.

Dois motivos podem explicar, pelo menos em parte, o grande número de cupins em plantios de marupá: o primeiro é que esta madeira, branca e relativamente mole, pareceu muito palatável para cupins; o segundo é que havia maior incidência de raios solares atingindo o solo nesta cultura (as copas não eram muito fechadas) que nas outras coberturas vegetais, e sabe-se que cupins normalmente são mais abundantes em solos não muito protegidos por vegetação, desde que haja alimento em abundância (Lee & Wood, 1971; Bandeira, 1979). Na parcela S1, nem mesmo os 79% de areia (Harada & Bandeira, 1994b) foram suficientes para impedir a proliferação de cupins.

Diversos trabalhos sobre fauna do solo na Amazônia têm demonstrado densidades entre 20.000 e 100.000 indivíduos/m², com coletas no máximo até 15 cm de profundidade, sendo que ácaros e colêmbolos têm representado entre 80% e 90% dos indivíduos (Dantas, 1979; Bandeira & Torres, 1985; 1988; Adis *et al.*, 1989a; 1989b; Ribeiro, 1994). Estes trabalhos foram feitos com os métodos de extração de Berlese-Tullgren (Southwood, 1978) e de Kempson modificado (Adis, 1987), que capturam invertebrados de todos os tamanhos.

A densidade da fauna em geral, nesta pesquisa (até 30 cm de profundidade), foi de apenas 2.061 indivíduos/m², equivalente a sete indivíduos por litro. Apesar de Anderson & Ingram (1989) terem recomendado este método de separação manual para macroinvertebrados do solo, especialmente para minhocas e cupins, neste trabalho não foi constatada

grande eficiência do método; mas ainda assim cupins, formigas e minhocas foram os três grupos mais abundantes, juntos representando 79% dos animais coletados.

Para comparação com outros trabalhos realizados na Amazônia brasileira, em que se utilizaram outros métodos de extração da fauna, com amostragens até 14 ou 15 cm de profundidade, foram considerados na presente pesquisa os animais coletados até 15 cm. Em termos percentuais, as minhocas foram as mais abundantes, em média 92% da quantidade coletada por Bandeira & Torres (1985); os cupins atingiram o segundo lugar, em média 37% do coletado por Adis *et al.* (1989a; 1989b), Bandeira & Torres (1985) e Ribeiro (1994); e as formigas atingiram apenas 6% do encontrado por Bandeira & Torres (1985) e Ribeiro (1994). Os demais grupos atingiram percentuais ainda menores, sendo que ácaros e colêmbolos (a maioria com menos de 1 mm de comprimento) ficaram com percentuais inferiores a 1%. Os autores citados acima empregaram o método de Kempson modificado (Adis, 1987) para extrair a fauna do solo, exceto Bandeira & Torres (1985), que empregaram o método de Berlese-Tullgren (Southwood, 1978).

O percentual que cada grupo da fauna representou em relação ao total de indivíduos dos grupos coletados, por camada de 5 cm de profundidade, nas duas estações, é mostrado na Tabela 4 (área S1) e na Tabela 5 (área S2). Vê-se que os grupos dominantes em todas as parcelas foram Isoptera e Formicidae. Outros grupos que também tiveram um certo destaque na maioria das parcelas foram Oligochaeta e Coleoptera (principalmente imaturos). A alta densidade de Isoptera e Formicidae em algumas amostras ocorreu em razão da existência de colônias desses animais nos pontos de amostragem, caracterizadas pela presença das diversas castas e até de indivíduos imaturos.

A distribuição vertical da fauna, comparando-se estação seca com estação chuvosa, para cada uma das seis parcelas, é mostrada também na Figura 1. Os gráficos apresentam formas variadas de distribuição, tanto entre as estações como entre as parcelas. Vê-se, no entanto, que a densidade diminuiu da superfície até 20 ou 25 cm de profundidade, em ambas as estações, e no verão houve aumento do número de animais em uma ou duas das camadas (de 5 cm) mais profundas, que sempre apresentaram mais indivíduos na estação seca.

Foram feitos gráficos agrupando-se todas as parcelas (das áreas S1 e S2), para se visualizar todo o conjunto, comparando-se estação chuvosa e estação seca (Fig. 2). A Figura 2-T mostra a tendência de distribuição de todos os grupos juntos e os demais mostram a dos grupos mais abundantes, Isoptera (Fig. 2-I), Formicidae (Fig. 2-F) e Oligochaeta (Fig. 2-O). Em todos eles, verifica-se que houve maior concentração de indivíduos na camada superficial do solo na estação chuvosa. Durante a estação seca, houve diminuição do número de indivíduos nas camadas superficiais e acréscimo nas

Tabela 4. Densidade (indivíduos/m²; média de 10 amostras) de macroinvertebrados em seis estratos (até 30 cm de profundidade) em solo arenoso (S1), seguidos do total e do respectivo percentual em relação a todos os grupos juntos. Para cada grupo da fauna, os dados da linha superior são relativos à estação seca (S) e os da linha inferior, à estação chuvosa (C).

Grupos da Fauna		0-5 cm	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	Total	%
				Parcela de floresta					
Todos os Grupos	S	747,5	285,0	132,5	125,0	1117,5	497,5	2905,0	100,0
	C	617,5	215,0	332,5	122,5	97,5	20,0	1405,0	100,0
Isoptera	S	20,0	150,0	77,5	72,5	1085,0	432,5	1832,5	63,1
	C	27,5	100,0	302,5	105,0	30,0	0,0	565,0	40,2
Formicidae	S	262,5	62,5	47,5	40,0	25,0	50,0	487,5	16,8
	C	142,5	25,0	0,0	0,0	0,0	15,0	182,5	13,0
Coleoptera	S	57,5	7,5	0,0	2,5	2,5	0,0	70,0	2,4
(adultos + larvas)	C	50,0	2,5	5,0	2,5	0,0	2,5	62,5	4,4
Outros Insecta	S	117,5	17,5	2,5	2,5	0,0	0,0	140,0	4,8
	C	82,5	47,5	5,0	5,0	55,0	0,0	195,0	13,9
Araneae	S	97,5	10,0	0,0	5,0	0,0	2,5	115,0	4,0
	C	92,5	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,5	6,9
Outros Arachnida	S	52,5	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	2,1
	C	35,0	5,0	5,0	2,5	0,0	0,0	47,5	3,4
Chilopoda	S	22,5	10,0	0,0	0,0	0,0	2,5	35,0	1,2
	C	37,5	5,0	0,0	0,0	7,5	0,0	52,0	3,7
Diplopoda	S	27,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	1,0
	C	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,5	2,3
Outros Arthropoda	S	55,0	5,0	0,0	2,5	2,5	10,0	70,0	2,4
	C	50,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	52,5	3,7
Oligochaeta	S	35,0	7,5	5,0	0,0	0,0	0,0	47,5	1,6
	C	67,5	22,5	15,0	7,5	5,0	2,5	120,0	8,5
				Plantio de marupá					
Todos os Grupos	S	983,0	13	325,0	7,5	30,0	20,0	1495,5	100,0
	C	1290,0	0,0	747,5	245,0	287,5	25,0	4862,5	100,0
			2267,5						
Isoptera	S	0,0	2,5	247,5	2,5	5,0	5,0	262,5	17,6
	C	580,0	2145,0	697,5	175,0	265,0	0,0	3862,5	79,4
Formicidae	S	282,5	75,0	65,0	5,0	25,0	7,5	460,0	30,8
	C	170,0	42,5	25,0	15,0	15,0	10,0	277,5	5,7
Coleoptera	S	108,0	2,5	0,0	0,0	0,0	2,5	113,0	7,6
(adultos + larvas)	C	92,5	7,5	10,0	12,5	7,5	7,5	137,5	2,8
Outros Insecta	S	127,5	7,5	5,0	0,0	0,0	2,5	142,5	9,5
	C	110,0	17,5	0,0	15,0	0,0	7,5	150,0	3,1
Araneae	S	120,0	5,0	2,5	0,0	0,0	2,5	130,0	8,7
	C	77,5	15,0	2,5	2,5	0,0	0,0	97,5	2,0
Outros Arachnida	S	107,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	107,5	7,2
	C	50,0	5,0	2,5	2,5	0,0	0,0	60,0	1,2
Chilopoda	S	42,5	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	55,0	3,7
	C	32,5	20,0	2,5	12,5	0,0	0,0	67,5	1,4
Diplopoda	S	87,5	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	92,5	6,2
	C	22,5	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	27,5	0,6
Outros Arthropoda	S	90,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	92,5	6,2
	C	85,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,0	1,9
Oligochaeta	S	17,5	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	2,7
	C	70,0	5,0	7,5	5,0	0,0	0,0	87,5	1,8
				Plantio de cumaru					
Todos os Grupos	S	930,0	140,0	72,5	25,0	60,0	202,0	1429,5	100,0
	C	742,5	50,0	35,0	47,5	45,0	67,5	987,5	100,0
Isoptera	S	12,5	17,5	32,5	2,5	12,5	157,0	234,5	16,4
	C	7,5	0,0	5,0	12,5	0,0	30,0	55,0	5,6
Formicidae	S	297,5	95,0	30,0	15,0	37,5	35,0	510,0	35,7
	C	127,5	17,5	20,0	17,5	35,0	37,5	255,0	25,8
Coleoptera	S	42,5	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	47,5	3,3
(adultos + larvas)	C	50,0	2,5	2,5	0,0	2,5	0,0	57,5	5,8
Outros Insecta	S	152,5	12,5	2,5	2,5	5,0	0,0	175,0	12,2
	C	185,0	2,5	2,5	5,0	0,0	0,0	195,0	19,7
Araneae	S	142,5	0,0	2,5	0,0	0,0	2,5	147,5	10,3
	C	70,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,0	7,6
Outros Archnida	S	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	2,8
	C	55,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	57,5	5,8
Chilopoda	S	35,0	5,0	0,0	0,0	2,5	0,0	42,5	3,0
	C	20,0	7,5	0,0	2,5	0,0	0,0	30,0	3,0
Diplopoda	S	57,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	4,2
	C	37,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	4,1
Outros Arthropoda	S	120,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	125,0	8,7
	C	95,0	0,0	0,0	2,5	2,5	0,0	100,0	10,1
Oligochaeta	S	30,0	7,5	5,0	5,0	0,0	0,0	47,5	3,3
	C	95,0	12,5	5,0	7,5	2,5	0,0	122,5	12,4

Tabela 5. Densidade (indivíduos/m²; média de 10 amostras) de macroinvertebrados em seis estratos (até 30 cm de profundidade) em solo argiloso (S2), seguidos do total e do respectivo percentual em relação a todos os grupos juntos. Para cada grupo da fauna, os dados da linha superior são relativos à estação seca (S) e os da linha inferior, à estação chuvosa (C).

Grupos da Fauna		0-5 cm	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	Total	%
				Parcela de floresta					
Todos os Grupos	S	982,5	442,5	392,5	235,0	107,5	130,0	2290,0	100,0
	C	535,0	205,0	117,5	225,0	25,0	20,0	1127,5	100,0
Isoptera	S	345,0	332,5	367,5	185,0	92,5	122,5	1445,0	63,1
	C	12,5	62,5	87,5	175,0	2,5	0,0	340,0	30,2
Formicidae	S	272,5	65,0	15,0	40,0	10,0	5,0	407,5	17,8
	C	237,5	22,5	2,5	17,5	7,5	15,0	302,5	26,8
Coleoptera S 60,0		0,0	2,5	5,0	0,0	2,5	70,0	3,1	
(adultos + larvas) C 47,5		15,0	10,0	2,5	0,0	2,5	77,5	6,9	
Outros Insecta S 42,5		0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	45,0	2,0	
	C	32,5	12,5	7,5	5,0	0,0	0,0	57,5	5,1
Araneae	S	65,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,0	2,8
	C	25,0	2,5	2,5	0,0	2,5	0,0	32,5	2,9
Ooutros Arachnida	S	57,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,5	2,5
	C	22,5	30,0	0,0	2,5	0,0	0,0	55,0	4,9
Chilopoda	S	37,5	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	2,2
	C	25,0	15,0	0,0	2,5	2,5	0,0	45,0	4,0
Diplopoda	S	10,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,5
	C	15,0	7,5	2,5	0,0	0,0	0,0	25,0	2,2
Outros Arthropoda	S	40,0	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	67,5	2,9
	C	70,0	12,5	0,0	5,0	0,0	0,0	87,5	7,8
Oligochaeta	S	47,5	2,5	7,5	5,0	2,5	0,0	65,0	2,8
	C	45,0	25,0	5,0	15,0	10,0	2,5	102,5	9,1
				Plantio de marupá					
Todos os Grupos	S	1235,0	287,5	107,5	117,5	62,5	157,5	1967,5	100,0
	C	510,0	1082,5	642,5	267,5	32,5	50,0	2585,0	100,0
Isoptera	S	685,0	200,0	70,0	55,0	35,0	135,0	1180,0	60,0
	C	297,5	1060,0	542,5	250,0	30,0	42,5	2222,5	86,0
Formicidae	S	220,0	27,5	2,5	42,5	2,5	7,5	302,5	15,4
	C	52,5	10,0	17,5	7,5	0,0	5,0	92,5	3,6
Coleoptera	S	45,0	10,0	2,5	5,0	2,5	2,5	67,5	3,4
(adultos + larvas)	C	7,5	0,0	12,5	2,5	0,0	2,5	25,0	1,0
Outros Insecta	S	45,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	55,0	2,8
	C	20,0	0,0	17,5	2,5	0,0	0,0	40,0	1,5
Araneae	S	65,0	2,5	2,5	5,0	0,0	0,0	75,0	3,8
	C	15,0	2,5	2,5	0,0	0,0	0,0	20,0	0,8
Outros Arachnida	S	20,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	22,5	1,1
	C	27,5	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	32,5	1,3
Chilopoda	S	47,5	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	50,0	2,5
	C	15,0	2,5	5,0	0,0	0,0	0,0	22,5	0,9
Diplopoda	S	22,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	1,3
	C	17,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	0,7
Outros Arthropoda	S	50,0	0,0	7,5	0,0	15,0	7,5	80,0	4,1
	C	42,5	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	55,0	2,1
Oligochaeta	S	32,5	42,5	7,5	10,0	7,5	5,0	105,0	5,3
	C	15,0	7,5	27,5	5,0	2,5	0,0	57,5	2,2
				Plantio de cumaru					
Todos os Grupos S 662,5		255,0	460,0	60,0	10,0	35,0	1482,5	100,0	
	C	862,5	182,5	87,5	225,0	27,5	15,0	1400,0	100,0
Isoptera	S	305,0	197,5	365,0	20,0	0,0	0,0	887,5	60,0
	C	495,0	37,5	22,5	202,5	0,0	2,5	760,0	54,3
Formicidae	S	170,0	32,5	90,0	27,5	10,0	30,0	360,0	24,3
	C	130,0	92,5	35,0	10,0	25,0	7,5	300,0	21,4
Coleoptera	S	7,5	7,5	2,5	2,5	0,0	0,0	20,0	1,3
(adultos + larvas)	C	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,5	1,6
Outros Insecta	S	25,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5	1,9
	C	45,0	7,5	20,0	2,5	0,0	2,5	77,5	5,5
Araneae	S	42,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,5	2,9
	C	42,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,5	3,0
Outros Archnida	S	30,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	32,5	2,2
	C	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,4
Chilopoda	S	17,5	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	1,7
	C	22,5	17,5	0,0	2,5	0,0	0,0	42,5	3,0
Diplopoda	S	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,2
	C	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	1,1
Outros Arthropoda	S	37,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	2,5
	C	20,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	22,5	1,6
Oligochaeta	S	22,5	5,0	2,5	10,0	0,0	5,0	45,0	3,0
	C	60,0	25,0	10,0	7,5	2,5	2,5	107,5	7,7

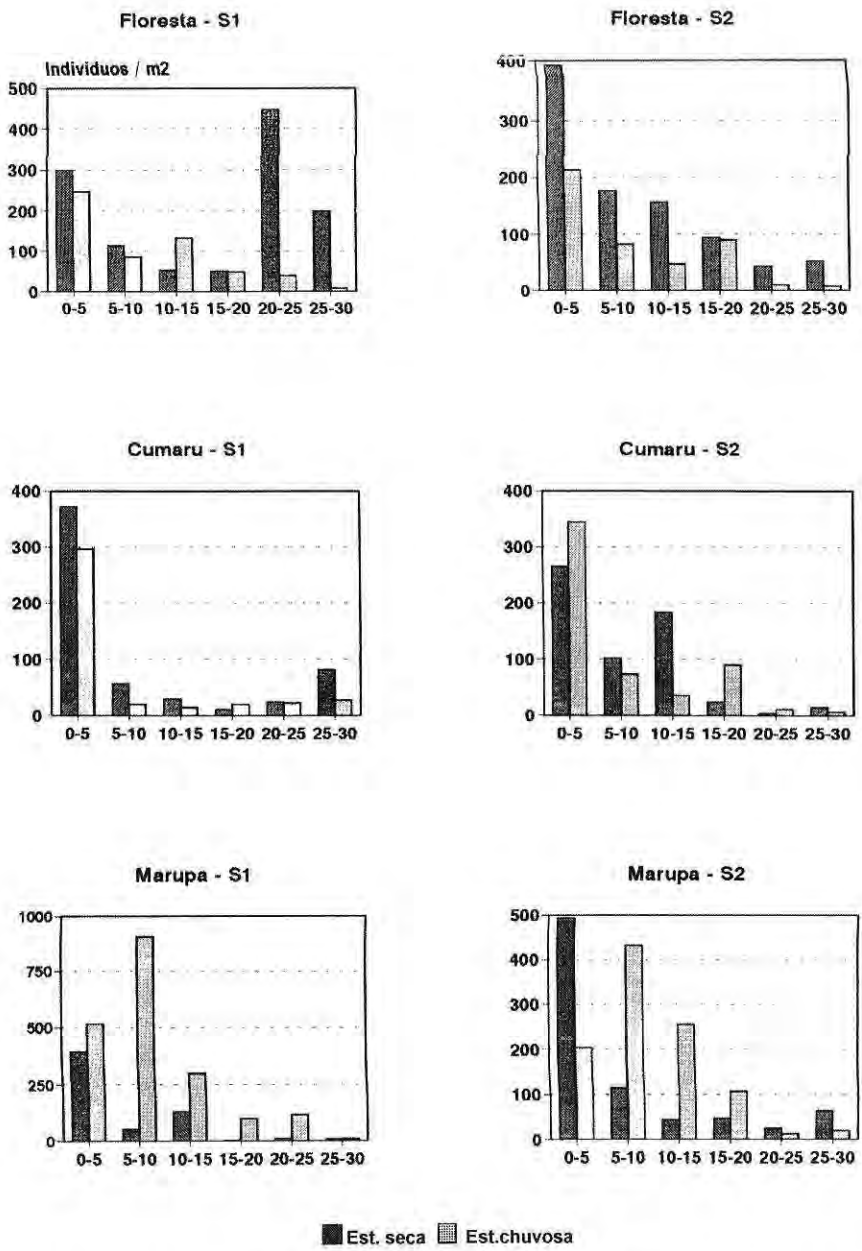

Figura 1. Densidade (indivíduos/m²) de macroinvertebrados do solo, distribuídos por estratos de 5 cm em seis parcelas, durante as estações seca e chuvosa, na Amazônia Central. (Dados da estação seca foram tirados de Harada & Bandeira, 1994a ; 1994b).

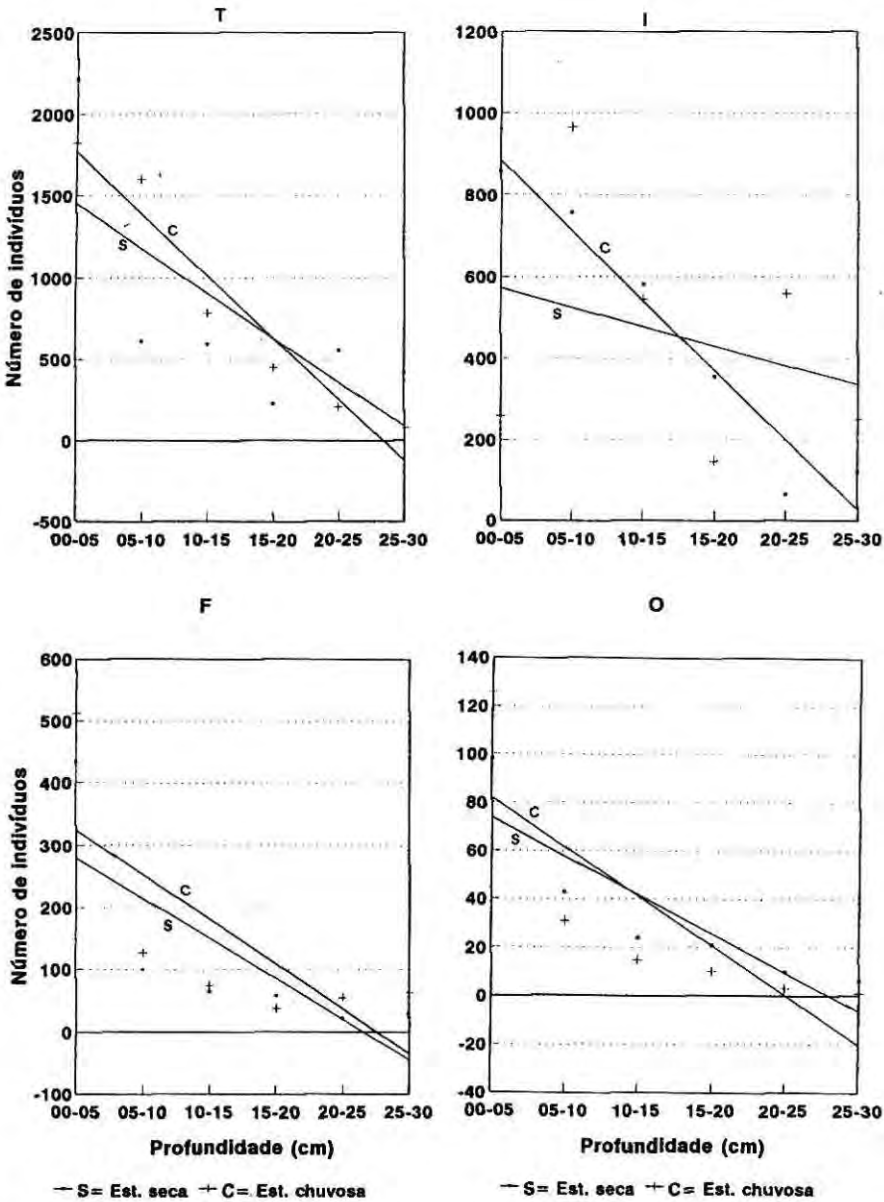

Figura 2. Retas de tendência de distribuição vertical de macroinvertebrados do solo até 30 cm de profundidade, na Amazônia Central: T) todos os grupos juntos; I) somente Isoptera; F) somente Formicidae; e O) somente Oligochaeta. (Dados da estação seca tirados de Harada & Bandeira, 1994a ; 1994b).

camadas mais profundas, sendo que essa tendência foi mais acentuada nos cupins e quase imperceptível nas formigas.

Vários trabalhos já haviam mostrado maior número (Dantas, 1979; Bandeira & Torres, 1985; Adis *et al.*, 1989a; 1989b; Ribeiro, 1994) ou atividade (Luizão & Schubart, 1987) dos animais do solo na estação chuvosa que na estação seca na Amazônia. Como todos eles foram feitos com a fauna coletada no máximo até 15 cm de profundidade, nenhum pôde mostrar que esse aumento da fauna na superfície poderia ser resultado de deslocamento dos animais de camadas mais profundas para a superfície, ao invés de um aumento real do número de indivíduos. No entanto, Adis & Mahnert (1993) encontraram determinadas espécies de Pseudoscorpionida no subsolo mineral somente durante a estação seca (estudo feito até 14 cm de profundidade), mas sem correlação com a umidade do solo. Isto poderia estar também ocorrendo com espécies de outros grupos da fauna do solo.

Os níveis de correlação dos principais grupos da fauna com valores de umidade e pH do solo são mostrados na Tabela 6. A maioria dos grupos mostrou correlação positiva com umidade, o que poderia, a princípio, ser interpretado como migração vertical dos invertebrados em decorrência deste fator. No entanto, Isoptera e Oligochaeta só apresentaram correlação positiva e significativa com umidade na estação chuvosa. Houve também correlações negativas (apesar de não serem estatisticamente significativas) de cupins e minhocas com umidade exatamente na estação seca, quando mais se esperava que as correlações fossem fortemente positivas. Isto demonstra que parece haver outros fatores com forte influência na distribuição vertical destes animais, ou que a umidade do solo não se torna tão baixa na estação seca, para representar um fator que, por si mesmo, determine o padrão de distribuição vertical de cupins e minhocas (ver Tab. 2).

Quanto ao pH, a maioria das correlações foi negativa, com predominância de valores estatisticamente significativos na estação seca, com exceção de Isoptera (Tab. 6). Os valores de pH registrados, com média inferior a 4 (Tab. 2), foram considerados muito baixos. Então, o que levaria a fauna a dirigir-se preferencialmente para pontos com pH tão baixo (correlação negativa)? Uma provável explicação é que os indivíduos procuram, na realidade, maiores concentrações de matéria orgânica, o que implica, como se sabe, em valores mais baixos de pH.

As formigas e os cupins objeto deste trabalho estão sendo estudados ao nível de espécies. Com eles espera-se obter maiores informações sobre a migração vertical dos dois grupos de maior biomassa na Amazônia Central (Fittkau & Klinge, 1973) .

CONCLUSÕES

O método de coleta da fauna do solo através de catação manual não demonstrou ser muito eficiente. Ele só funcionou relativamente bem para minhocas, que são os invertebrados

Tabela 6. Níveis de correlação entre o número de indivíduos dos sete grupos mais abundantes de macroinvertebrados do solo com umidade e pH do solo, em floresta primária e em plantios de marupá e cumaru, nas áreas S1 (solo arenoso) e S2 (solo argiloso), durante as estações seca (S) e chuvosa (C). (* = p< 5%; ** = p< 1%; *** = p< 0,1%; --- = sem registro).

		Parcelas					
Grupos da Fauna		Floresta		Marupá		Cumaru	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2
		Correlação da fauna com umidade do solo					
soptera	S	-0,49	-0,80	-0,16	-0,70	-0,13	0,43
	C	-0,65	0,20	0,04	0,30	0,94**	0,88*
Formicidae	S	0,96**	-0,40	0,84*	0,91**	0,85*	-0,19
	C	-0,78	0,98**	0,85*	0,94**	0,86*	0,89*
Coleoptera	S	0,97**	-0,20	0,97**	0,93***	0,92**	-0,38
(ad. + larvas)	C	0,86*	0,95**	---	0,58	0,94**	0,93**
Araneae	S	0,94**	-0,19	0,97**	0,97***	0,97***	-0,55
	C	0,72	0,97***	0,75	0,98**	0,99***	0,93**
Chilopoda	S	0,87*	-0,29	0,83*	0,95***	0,89*	-0,71
	C	0,87*	0,82*	0,44	0,93**	0,93**	0,85*
Diplopoda	S	0,97**	-0,27	0,97**	0,92***	0,95**	0,55
	C	0,89*	0,88*	0,71	0,90*	0,98***	0,93**
Oligochaeta	S	0,42	-0,27	0,33	-0,56	0,26	-0,72
	C	0,45	0,82*	0,84*	0,43	0,95**	0,98***
		Correlação da fauna com pH do solo					
Isoptera	S	-0,30	-0,43	0,11	0,86*	-0,23	-0,67
	C	-0,85*	-0,52	0,83*	0,86*	-0,51	-0,16
Formicidae	S	-0,73	-0,66	-0,89*	-0,80	-0,96**	-0,23
	C	-0,09	-0,05	-0,64	-0,66	-0,52	-0,51
Coleoptera	S	-0,73	-0,34	-0,86*	-0,86*	-0,91**	-0,59
(ad. + larvas)	C	-0,04	-0,20	---	-0,31	-0,51	-0,08
Araneae	S	-0,84*	-0,35	-0,89*	-0,86*	-0,96**	0,22
	C	-0,16	-0,20	-0,74	-0,61	-0,33	-0,08
Chilopoda	S	-0,87*	-0,68	-0,92**	-0,82*	-0,96**	-0,23
	C	0,05	-0,29	-0,72	-0,66	-0,07	-0,29
Diplopoda	S	-0,80*	-0,60	-0,86*	-0,86*	-0,99***	0,22
	C	0,11	-0,31	-0,28	-0,50	-0,35	-0,08
Oligochaeta	S	-0,86**	-0,29	-0,81*	-0,77	-0,80*	0,05
	C	-0,45	-0,29	-0,51	-0,81*	-0,38	-0,44

maiores. Mesmo para cupins, um dos grupos para os quais o método foi recomendado por Aanderson & Ingram (1989), ele foi ineficiente, pois há muitos indivíduos com 1-2 mm de comprimento (os imaturos podem ter menos de 1 mm), com pouca motilidade, dificilmente visíveis a olho nu entre as partículas do solo. Para animais ainda menores, como ácaros e colêmbolos, o método é impraticável.

Cupins, formigas e minhocas foram os grupos mais representativos nos três tipos de vegetação estudados (das duas áreas), destacando-se os cupins em plantios de marupá, cuja madeira (branca e macia) pareceu muito palatável e deve ter funcionado como atrativo para estes insetos.

Esta pesquisa demonstrou que, na Amazônia Central, pelo menos alguns grupos de invertebrados do solo,

como cupins e minhocas, concentraram-se mais na camada orgânica superficial na estação chuvosa e tenderam a descer para a camada mineral do solo na estação seca, apesar de isto não ter sido demonstrado pelos testes de correlação com umidade do solo.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Banco do Brasil (processo nº 1591), pelo financiamento parcial desta pesquisa; ao CNPq, pela concessão de bolsas de pesquisa - processos nº 30.0704/89-5 e 501889/91-4; ao Noeli P. Fernandes e aos servidores de apoio da EEST, pelas facilidades para os trabalhos de campo; aos técnicos José Edvaldo Chaves, Eliana Tamar Ribeiro, Alice dos Santos, Edson Palheta e Cláudio Sena, pelo apoio no campo e no laboratório; aos dois consultores anônimos da *Acta Amazonica*, pelas valiosas sugestões apresentadas.

Bibliografia citada

Adis, J. 1987. Extraction of arthropods from neotropical soils with a modified Kempson apparatus. *Journal of Tropical Ecology, 3*:131-138.

Adis, J.; Morais, J.W.; Ribeiro, E.F.; Ribeiro, J.C.. 1989a. Vertical distribution and abundance of arthropods from white sand soil of a Neotropical Campinarana forest during the rainy season. *Studies on Neotropical Fauna and Environment, 24*: 193-200.

Adis, J.; Ribeiro, E.F.; Morais, J.W.; Cavalcante, E.T.S.. 1989b. Vertical distribution and abundance of arthropods from white sand soil of a Neotropical Campinarana forest during the dry season. *Studies on Neotropical Fauna and Environment, 24*: 201-211.

Adis, J.; Mahnert, V. 1993. Vertical distribution and abundance of Pseudoscorpions (Arachnida) in the soil of two different Neotropical primary forests during the dry and rainy seasons. *Memories of the Queensland Museum, 33*: 431-440.

Allen, S.E. 1974. *Chemical analysis of ecological materials*. Oxford, Blackwell Sci. Publ., Seção 1, p: 21-22.

Anderson, J.M.; Ingram, J.S.I.. 1989. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. Oxon, C. A. B. International, 171 p.

Bandeira, A.G. 1979. Ecologia de cupins (Insecta: Isoptera) da Amazônia Central: efeitos do desmatamento sobre as populações. *Acta Amazonica 9*: 481-499.

Bandeira, A.G.; Torres, M.F.P. 1985. Abundância e distribuição de invertebrados do solo em ecossistemas da Amazônia Oriental. O papel ecológico dos cupins. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia 2*: 13-38.

Banderia, A.G.; Torres, M.F.P.. 1988. Considerações sobre densidade, abundância e variedades de invertebrados terrestres em áreas florestais de Carajás, sudeste da Amazônia. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia 4*: 191-199.

Camargo, O.A.; Muniz, A.C.; Jorge, J.A.; Valadares, J.M.A.S. 1986. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. *Boletim Técnico do Instituto Agronômico 106*: 1-94.

Chauvel, A.; Lucas, Y.; Boulet, R.. 1987. The dinamics of the Amazonian forest: On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. *Experientia 43*: 234-241.

Dantas, M. 1979. Pastagens da Amazônia Central: Ecologia e fauna do solo. *Acta Amazonica 9*: 1-54. (Suplemento).

Fittkau, E.J.; Klinge, H. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica, 5*: 2-14.

Harada, A.Y.; Bandeira, A.G. 1994a. Abundância e estratificação de invertebrados em solo argiloso Msob floresta e plantios arbóreos na Amazônia Central durante a estação seca. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia, 10*: 241-258.

Harada, A.Y.; Bandeira, A.G. 1994b. Estratificação e densidade de invertebrados em solo arenoso

sob floresta primária e plantios arbóreos na Amazônia Central durante a estação seca. *Acta Amazonica, 24*: 103-118.

Lee, K.E.; Wood, T.G. 1971. *Termites and soils*. London, Academic Press, 251p.

Luizão, F.J.; Schubart, H.O.R. 1987. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. *Experientia 43*: 259-265.

Ribeiro, M.N.G.; Santos, A. 1975. Observações microclimáticas no ecossistema Campina Amazônica. *Acta Amazonica, 5*:183-189.

Ribeiro, M.N.G.; Adis, J. 1984. Local rainfall variability - a potencial bias for bioecological studies in the Central Amazon. *Acta Amazonica 14*: 159-174.

Ribeiro, M.O.A. 1994. *Abundância, distribuição vertical e biomassa de artrópodos do solo em uma capoeira na Amazônia Central*. Manaus, INPA/ Universidade do Amazonas, XXI + 120p. (Dissertação de Mestrado, não publicada).

Southwood, T.R.E. 1984. *Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations*. 2ª ed. London, Chapman and Hall, 524p.

Willis, E.O. 1976. Seasonal changes in the invertebrate litter fauna on Barro Colorado Island, Panamá. *Revista Brasileira de Biologia, 36*: 643-657.

Zar, J.H. 1974. *Biostatistical Analysis*. London, Printice-Hall, Inc., 620 p.

Aceito para publicação em 18.02.98