

Grupos funcionais da macrofauna e macroporos do solo em sistemas agroflorestais da Amazônia central

Relationships between functional groups of macro-fauna and soil macro-pores in central amazonian agro-ecosystems

Ivan L. C. Tarrá¹, Flávio de J. Luizão², Elisa V. Wandelli³, Wenceslau G. Teixeira⁴
Wellington J. Moraes⁵, Erick C.M. Fernandes⁶, Kaleb Villalobos Brochel⁷ Neftali Varón Pérez⁸

¹MSc en Ecología/UFAM-INPA, Asesor Grupo Mokaná, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma del Caribe, e-mail: cortestarra@hotmail.com

²PhD en Ecología - Programa LBA/INPA, Profesor Investigador Instituto Nacional de Investigaciones Científicas, Manaus, Amazonas, Brasil, e-mail: fluizao@inpa.gov.br

³PhD en Ecología - Embrapa CPAA, rod. ma 010.

⁴PhD en Física de Suelos. Embrapa Solos Av. Jardim Botânico 1024 - Rio de Janeiro - Brazil.

⁵PhD en Entomología - Profesor Investigador Departamento de Entomología/INPA,

⁶PhD en Agricultura Tropical - Profesor Investigador Universidad de Cornell/INPA/Nueva York - Asesor del Banco Mundial,

⁷MSc en Gestión Ambiental, Profesor de Tiempo Completo, Departamento de Ingeniería Industrial.

⁸I.A. Especialista en Gestión Ambiental, Asesor Grupo Mokaná, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma del Caribe.

Recibido 24/04/11, Aceptado 07/02/2012

RESUMO

As relações entre a macrofauna por grupo funcional sobre as propriedades e processos do solo, são essenciais, para o manejo da fertilidade biológica do solo sob os agroecossistemas tropicais. Neste estudo foram avaliadas: a relação entre a biomassa dos principais grupos funcionais da macrofauna e o volume dos macroporos do solo ao redor do caule da área de influência das árvores componentes de dois Sistemas Agroflorestais e Capoeiras adjacentes. Os métodos empregados foram: (i) macrofauna monólito TSBF; (ii) macroporos amostras com estrutura indeformada de solo. Os resultados: (i) A biomassa dos decompositores foi positivamente correlacionada com o volume dos macroporos do solo de 0-15 cm; (iii) A biomassa total da macrofauna foi o segundo melhor grupo correlacionado com o volume dos macroporos do solo, principalmente com a primeira camada (0-5 cm); (iv) A biomassa dos engenheiros-do-solo não foi apresentou correlação significativa com o volume dos macroporos das três profundidades; porém, seus níveis mantiveram a mesma tendência positiva de correlação registrada pelos grupos decompositores e a da macrofauna total. Contudo, a macrofauna total e há dois grupos funcionais avaliados foram positivas, e em alguns casos, significativamente correlacionadas com o volume dos macroporos do solo de 0-15 cm de profundidade ao redor destas.

Palavras-chave: Solo, Macrofauna, Macroporos, Relações não-tróficas, Degradação, Recuperação, Fertilidade do solo.

ABSTRACT

Understanding the relationships between groups of macro-fauna and soil properties and processes is essential for the management of the biological fertility of the soils in tropical agro-ecosystems. In this study we evaluated the relationship between biomass of the main functional groups of macrofauna and the volume of the macropores of the soil around the stem from the influence of two components of trees in an agroforestry system and a secondary adjacent forest. The methods used included: (i) TSBF macrofauna monolith; (ii) for evaluating the macropores samples of the undisturbed soil structure. The results were: (i) The biomass of decomposers was positively and significantly correlated with macropore volume in depths from 0-15 cm; (iii) total macrofauna biomass was the second best group correlated with soil macro-pores, principally in the first soil layer (0-5 cm); (iv) the biomass of soil engineers was not significantly correlated with soil macro-pores in the three depth ranges analyzed. However their levels maintained the same positive tendency observed in the decomposers and total macro-faunal. In general, the presence of total macro-fauna and the functional groups considered around stems were positively and in some cases significantly correlated with soil macro-pore volume from 0-15 cm depth around these.

Keywords: Soil, Macrofauna, Macropores, Non-tropic relations, Degradation, Recuperation, Soil fertility.

1. INTRODUÇÃO

A biota do solo participa ativamente da gênese do hábitat a onde esta vive (raízes, micro-, meso-, e macrofauna), e no conjunto de outros fatores, como o clima, topografia, material parental, tempo e a vegetação contribui para a formação deste [1]. Na Amazônia, a fertilidade do solo está baseada principalmente na ciclagem dos nutrientes [2,3]; sendo a biota do solo importante para a mineralização e umificação da matéria orgânica [4] e nas propriedades físicas e químicas do solo [5].

As inter-relações tróficas e não-tróficas no funcionamento do solo têm chamado a atenção para a sua fertilidade biológica [6,4], principalmente, quando for levado em conta à intensificação e a sustentabilidade da agricultura nos trópicos [7]. Esta intensificação vem sendo relacionada a diferentes impactos adversos sobre a biodiversidade e a estrutura da comunidade do solo, principalmente quando foram comparados com os ecossistemas naturais [8], visionando sistemas agrícolas mais sustentáveis [9]. O número e a complexidade deste tipo de inter-relações no solo levam a criar alternativas de avaliação que permitam esclarecer o nível das suas contribuições para com o funcionamento do solo sob as condições tropicais. No entanto, para abordar este tipo de inter-relações no interior solo, cria a necessidade de procurar novos enfoques sensíveis e consistentes entre eles; que expliquem melhor estas inter-relações ao interior e as suas mudanças no funcionamento do solo.

Alguns pesquisadores utilizam umas unidades básicas de observação denominadas “guildas” [10] ou “grupos funcionais” [11]. Estes métodos estão baseados na classificação dos organismos pelo hábito alimentar [12], taxa reprodutiva, defesa contra predadores, distribuição no perfil [11], ou pela exploração da mesma classe de recurso no ambiente [10]. Outros têm nomeado aos oligoquetas e insetos sociais (isoptera e formicidae) de “engenheiros-do-ecossistema” [12, 13]; pela capacidade para cavar eficientemente o solo, e produzir grande variedade de poros e estruturas organominerais. Por ser esta denominação “engenheiros do ecossistema”, muito abrangente “o ecossistema” neste trabalho, este grupo de macro-invertebrados passaram a ser chamados de “engenheiros-do-solo”. Enquanto alguns táxons da macrofauna (oligoqueta, isopoda, myriapoda e larvas de coleoptera) conjuntamente com outros da mesofauna (acarí e enquitreídos) têm sido nomeados de “transformadores da liteira”.

Na Amazônia, diversos trabalhos têm relacionado à fauna do solo a diferentes tipos de ambientes: áreas inundáveis [14, 15]; floresta de terra firme [16]; capoeiras [17]; sistemas agrofloretais [18]; floresta e pastagens [4]. Outros autores têm relacionado à fauna do solo a processos da decomposição [19], agregação [18], migração adaptação á

períodos de inundação [20], e qualidade e quantidade da serrapilhera [21].

Em relação aos macroporos, a sua densidade e continuidade no perfil são umas das suas características mais importantes, por facilitar a exploração do solo por parte das raízes [22], o intercâmbio dos gases entre o solo e atmosfera [23], afetando a infiltração da água e o transporte dos solutos no solo.

O objetivo deste estudo foi avaliar as interrelações entre a biomassa dos principais grupos funcionais da macrofauna (decompositores e engenheiros do solo) e o volume dos macroporos do solo de 0-15 cm de profundidade ao redor das árvores (a 45 cm de distância ao redor do caule) das espécies perenes selecionadas em SAF's e Capoeiras adjacentes a estes mesmos sistemas (Tabela 1).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: O trabalho foi realizado em dois sistemas agrofloretais implantados pela Embrapa Amazônia Ocidental, em 1992 para recuperar uma área de pastagens degradada e abandonada e nas áreas Controle (Capoeiras) adjacente destes mesmos sistemas. As áreas estão localizadas no km 53 da rodovia BR-174 que liga a Manaus (AM) a Boa Vista (RR) (2°31' a 2°32' S e 60°02' W). O clima da região de tipo Ami pela classificação de Köppen [24], com precipitação média anual entre 1998-2000 foi de 2.940 mm e a temperatura média de 27.4 °C. O solo é classificado como Latossolo Amarelo álico de textura muito argilosa [25], com limitações de fertilidade por alta acidez, baixa capacidade de troca de cátions, deficiência de fósforo, nitrogênio, cálcio, e magnésio [3, 26, 27], e alta saturação com alumínio [28].

Tratamentos avaliados: No Sistema Agrosilvicultural (AS1) foram selecionadas quatro espécies componentes (*Theobroma grandiflorum*, *Euterpe oleracea*, *Colubrina grandulosa* e *Bactris gassipaes*, para fruto e palmito). No sistema Agrosilvicultural (AS2), foram selecionadas quatro espécies componentes (*Theobroma grandiflorum*, *Bertholletia excelsa*, *Eugenia stipitata* e *Inga edulis*). A espécie *Theobroma grandiflorum* foi estudada em ambos os sistemas, AS1 e AS2; incluindo-se a *Vismia cayennensis* espécie dominante nas capoeiras adjacentes aos sistemas estudados, dando um total de dez tratamentos (Tabela 1).

Variáveis estudadas:

Macroporos do solo: O volume dos macroporos ao redor das árvores dos tratamentos selecionados foi estudado com um esforço amostral de nove árvores no total por cada tratamento. Para esta variável amostrada, cada árvore teve ao seu redor dois locais de coleta amostrados a três pro-

Tabela 1. Tratamentos avaliados no sistema Agrossilvicultural AS1, AS2 e as Capoeiras adjacentes nas áreas estudadas (distribuição, ano de plantio, idade das árvores e/ou palmeiras).

Sistema	Especie	Nome común	Época do Plantio	Idade (anos)	No de filas*	Plantas fila	Total x Sistema
AS1	B. gasipaes (F)	Pupunha	Marco/92	9	8	10	80
AS1	B. gasipaes (P)	Pupunha	Marco/92	9	8	20	160
AS1	T. grandiflorum (AS1)	Cupuaçu	Marco/92	9	9	11	99
AS1	E. oleácea	Açaí	Dez./93	8	9	20	180
AS1	C. glandulosa	Colubrina	Jan./95	6	4	10	40
Plantas totais do AS1							559
AS2	T. grandiflorum (AS2)	Cupuaçu	Mai/92	9	2	11	22
AS2	I. edulis	Inga	Dez./92	9	5	10	50
AS2	B. excelsa	Castanha	Marco/93	8	4	6	24
AS2	E. stipitata	Araçá-boi	Marco/94	7	2	10	20
Plantas totais do AS2							282
Capoeira	V. cayennensis	Lacre	Regeneração	9	-	-	Capoeira

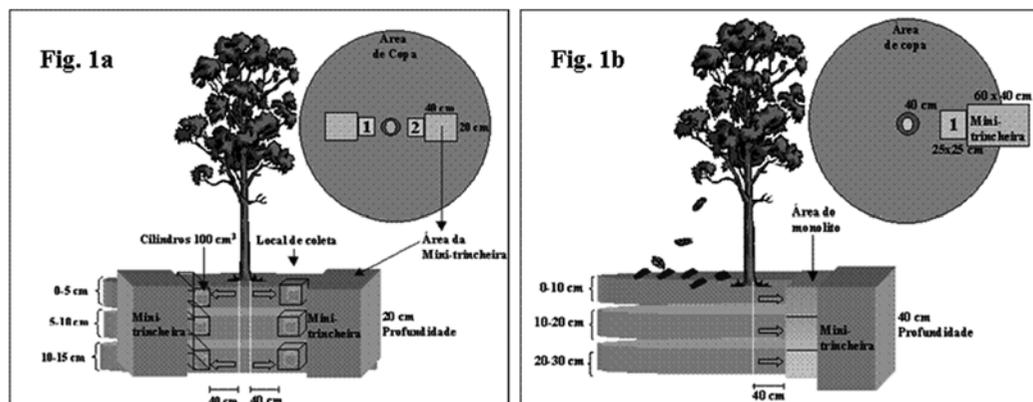
Nesta tabela os tratamentos avaliados foram organizados por sistema e crono-seqüência de plantio. **Símbolos:** (F): fruto; (P): palmito; (AS1): do sistema AS1; (AS2): do sistema AS2; *: número de filas das quais participa a espécie.

Fonte: Histórico do plantio (Wandelli, comunicação pessoal 2002). Cada tratamento foi definido pelo micro-ambiente edáfico de 0-30 cm de profundidade e a 40 cm de distância ao redor do caule das árvores das espécies perenes selecionadas no AS1, no AS2 e as Capoeiras adjacentes a estes sistemas (Fig. 1). Para as correlações estudadas foram excluídos os macro-invertebrados coletados na liteira, pois a presença destes, na maioria dos casos é ocasional, como foi verificado nos testes preliminares “com” e “sem” esses indivíduos.

fundidades (0-5, 5-10, 10-15 cm), ou seja, duas amostras de solo por árvore (Fig. 1a). O tipo de amostra coletada de solo foi a de estrutura indeformada em cilindros de aço com 100 cm³ e bordas cortantes. As respectivas análises de laboratório foram feitas no Laboratório de Solos e Plantas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Para o tamanho dos poros foi usada a fórmula de capilaridade de [29]; calculando-se assim, o raio limite desta categoria de poros avaliados ($r = 0,0248$). A água contida no intervalo desta categoria de poros ($\geq 50 \mu\text{m}$) nas amostras de solo estudado pode ser calculada ao submeter estas amostras a uma sucção de 60 cm na coluna da água na me-

Figura 1. (a) Ilustração dos locais de coleta para macroporos do solo na área de influência dos tratamentos avaliados (espécies perenes); (b) Ilustração dos locais de coleta para macroporos do solo na área de influência dos tratamentos avaliados.



sa-de-tensão. O cálculo do volume total desta categoria de macroporos nas amostras de solo foi realizado diretamente através da quantidade de água em gramas esvaziada de cada amostra de solo submetida a este nível de sucção (60 cm na coluna de água) na mesa-de-tensão, devido à perfeita relação que existe entre a massa e o volume da água (Densidade = 1 g.cm⁻³).

Macrofauna do solo: A densidade e a biomassa da macrofauna por grupo funcional ao redor das árvores dos tratamentos avaliados foram estudadas com um esforço amostral de três árvores por cada tratamento no total. Cada árvore teve um local de coleta ao seu redor amostrado (Fig. 1b); onde foram coletadas à liteira e três profundidades de solo (0-10, 10-20, 20-30 cm) aplicando o método TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) [30] monólito de 25x25x30cm. A coleta dos macro-invertebrados foi realizada na época de maior precipitação local (Março-Maio do 2001). No campo, os macro-invertebrados foram fixados em álcool 75%. No laboratório, estes foram triados duas vezes: A primeira, para a identificação taxonômica por Ordem [31, 32] e medição do comprimento corporal "limite" (<2 mm) dos indivíduos coletados, e incluídos nesta avaliação [33]; a segunda foi para a pesagem dos indivíduos por cima deste comprimento corporal "limite" (<2 mm) e organização por grupo funcional seguindo o procedimento descrito por [34] com algumas modificações; onde foi incluída a ordem Oligochaeta também ao grupo dos engenheiros-do-solo (Tab. 2). Para realizar a pesagem dos organismos, estes foram extraídos dos vidros e enxugados por 15 minutos sobre papel absorvente; depois foram pesados numa balança eletrônica [35]. As análises de laboratório foram feitas no Laboratório de Sistemática, Biologia e Ecologia de Invertebrados do Solo da Coordenação de Pesquisas em Entomologia (CPEN) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Analises estatística:

A comparação da profundidade com relação ao volume dos macroporos do solo foi feita mediante o uso da ANO-

VA One Way ($\alpha=0,05$ de probabilidade). A densidade da macrofauna por grupo funcional foi testada mediante o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$ de probabilidade) [36]. Para avaliar as correlações entre a biomassa dos principais grupos funcionais da macrofauna e o volume dos macroporos do solo (0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm de profundidade) foram feitas correlações lineares simples de Spearman [37], utilizando o programa estatístico SIGMA STAT 2.0 e SIGMA PLOT 2.0.

3. RESULTADOS

Macroporos do solo: O volume dos macroporos diminuiu com a profundidade sob cada um dos tratamentos avaliados (Tabela 3). Na primeira profundidade (0-5 cm) próxima das arvores de *B. gasipaes* para palmito (Bg P) foi registrado um significativo volume de macroporos do solo (12,6 cm³), não diferente de *B. gasipaes* (Bg F) e *E. oleacea* (Eo). Mas com diferenças significativas de *T. grandiflorum* do AS1 (Tg AS1), *C. glandulosa* (Cg) e *V. cayennensis* (Vc). ($p<0,05$). Nesta profundidade (0-5 cm) sob a Vc e Cg foram registrados os menores volumes de macroporos do solo (Tab. 3).

Na segunda profundidade (5-10 cm), próximo das arvores de *I. edulis* (Ie), *B. excelsa* (Be) e *B. gasipaes* para palmito (Bg P), foi registrado um volume de macroporos significativamente maior do registrado próximo de *E. stipitata* (Es) e *T. grandiflorum* do sistema AS2 (Tg do AS2), ($p<0,05$). Nesta profundidade (5-10 cm), próximo da Vc, Es e Tg do AS2, foram registrados os menores volumes de macroporos (Tab. 3).

Na terceira profundidade (10-15 cm), próximo das arvores de Es foi registrado um volume de macroporos significativamente menor do registrado próximo de Be e Bg P ($p<0,05$). Nesta profundidade (10-15 cm), próximo das arvores de Es, *B. gasipaes* para fruto (Bg F), e Tg do AS2, foram registrados os menores volumes de macroporos (Tab. 3).

Tabela 2. Organização por grupo funcional (modificado de [34]).

Decompositores (d)	Engenheiros-do-solo (eg)	Predadores (p)	Herbívoros (hv)	Outros grupos (og)
Isopoda Diplopoda	Hymenoptera (F) Isoptera	Araneae Chilopoda	Thysanoptera Hemiptera	Blattodea Coleoptera
Diptera imaturos	Oligochaeta *	Dermaptera	Orthoptera	Diptera
Oligochaeta * Coleoptera imaturos		Onicophora Palpigradi Phalangida Pseudoscorpionida	Homoptera Homoptera imaturos	Hymenoptera (não-F) Gastropoda Neuroptera Thysanoura

*: Ordem arranjada em dois grupos funcionais; (F): Formicidae; (não-F): não Formicidae.

Tabela 3. Soma (m³) do volume total de macroporos de 0-15 cm de profundidade registrados na área de influência dos tratamentos. Os valores representam à média e o desvio-padrão por profundidade (n=9).

Prof.(cm)	n	Be	Bg(F)	Bg(P)	Cg	Eo	Es	Ie	Tg1	Tg2	Vc
0-5	9	12,1 ± 3,0	10,2 ± 4,1	12,6 ± 2,6	9,1 ± 1,7	9,8 ± 2,3	9,4 ± 2,7	12,1 ± 3,0	9,5 ± 2,5	8,1 ± 2,8	9,1 ± 2,6
5-10	9	6,4 ± 2,7	5,2 ± 3,3	6,6 ± 3,1	4,8 ± 1,4	5,3 ± 1,9	3,2 ± 1,4	5,9 ± 1,3	4,9 ± 1,7	3,3 ± 1,6	4,3 ± 1,8
10-15	9	4,0 ± 2,4	2,9 ± 2,6	4,1 ± 3,0	2,1 ± 0,8	2,4 ± 1,6	1,3 ± 1,0	3,1 ± 1,1	2,0 ± 1,2	1,6 ± 1,1	2,1 ± 1,0
Total		22,6 bc*	18,2 abcd	23,3 b*	16,1 ad	17,5 abcd	13,9 a	21,1 bd	16,4 acd	13,0 a*	15,7 ad

Totais seguidos pela mesma letra dentro da linha, não diferem significativamente entre os tratamentos pelo teste de Tukey (P<0,001)* e (P<0,05). Be: *Bertholletia excelsa*; BgF: *Bactris gasipaes* para fruto; BgP: *Bactris gasipaes* para palmito; Cg: *Colubrina glandulosa*; Eo: *Euterpe oleracea*; Es: *Eugenia stipitata*; Ie: *Inga edulis*; Tg1: *Theobroma grandiflorum* do AS1; Tg2: *Theobroma grandiflorum* do AS2; Vc: *Vismia cayennensis*.

Macrofauna do solo

Densidade da macrofauna por grupo funcional: A densidade foi dominada pelos engenheiros-do-solo (14757 Ind.m²) seguido dos decompositores da macrofauna (3654 Ind/m²) (Tab. 4). Sob Bg F foi registrada a maior densidade de decompositores (608 ind.m²) e engenheiros-do-solo (2581 ind.m²). A densidade total da macrofauna também

foi maior sob Bg F (3296 ind.m²). A menor densidade de decompositores, engenheiros-do-solo e macrofauna total foi registrada sob a Vc (693 ind.m²). Neste nível de amostragem (n=3) não foram registradas diferenças significativas nos decompositores (p=0,192) e engenheiros-do-solo (p=0,276) entre os tratamentos avaliados (Tab. 4).

Tabela 4. Densidade da macrofauna (Ind.m²) por grupo funcional na área de influência dos tratamentos avaliados. Os valores representam à média e o desvio-padrão (n=3).

Sistema	Espécie	d Ind/m ²	eg-s Ind/m ²	p Ind/m ²	hv Ind/m ²	og Ind/m ²	Total* Ind/m ²
AS1	<i>B. gasipaes</i> (F)	608 ± 499	2581 ± 2465	96 ± 73	11 ± 18	176 ± 142	3296 ± 2650
AS1	<i>B. gasipaes</i> (P)	411 ± 273	2347 ± 1892	112 ± 58	0 ± 0	245 ± 260	2869 ± 1617
AS1	<i>C. glandulosa</i>	165 ± 91	960 ± 694	91 ± 40	5 ± 9	21 ± 24	1221 ± 828
AS1	<i>E. oleracea</i>	432 ± 421	501 ± 333	85 ± 40	5 ± 9	117 ± 109	1024 ± 797
AS1	<i>T. grandiflorum</i> (AS1)	208 ± 83	789 ± 467	32 ± 16	16 ± 0	64 ± 58	1045 ± 370
AS2	<i>B. excelsa</i>	421 ± 303	843 ± 657	96 ± 42	32 ± 28	117 ± 82	1392 ± 966
AS2	<i>E. stipitata</i>	427 ± 143	2565 ± 1918	37 ± 24	11 ± 9	139 ± 122	3040 ± 2021
AS2	<i>I. edulis</i>	576 ± 131	2635 ± 1798	91 ± 24	112 ± 73	165 ± 109	3413 ± 1977
AS2	<i>T. grandiflorum</i> (AS2)	299 ± 171	1152 ± 139	16 ± 16	32 ± 32	75 ± 46	1499 ± 136
Capoeira	<i>V. cayennensis</i>	107 ± 24	384 ± 167	37 ± 24	11 ± 18	693 ± 1159	539 ± 185
	Total	3654	14757	693	235	1813	19339

Símbolos: d: densidade decompositores; eg-s: densidade engenheiros-do-solo; p: densidade predadores; hv: densidade herbívoros; og: densidade outros grupos; Total*: somatório dos grupos funcionais (d + eg + p + hv).

Biomassa da macrofauna por grupo funcional: Excluindo-se a biomassa das ninfas de cigarra da Ordem: homóptera registrada unicamente sob Ie (89,8 g.m⁻²), a biomassa total pasa a ser de 59,5 g/total; dominando esta biomassa os decompositores (29,2 g.m⁻²) e engenheiros-do-solo da macrofauna (27,1 g.m⁻²), sem as ninfas de cigarra (Tab. 5). Estas biomassas correspondem a 48 e 44% respectivamente, da biomassa total restante. Os predadores, herbívoros e os outros grupos (não classificados funcionalmente) representaram o 8% restante desta biomassa (Tab. 5).

Tabela 5. Biomassa da macrofauna por grupo funcional de 0-30 cm de profundidade na área de influência dos tratamentos avaliados. Os valores representam à média e o desvio-padrão (n=3).

Sistema	Espécie	d g/m ²	eg-s g/m ²	p g/m ²	hv g/m ²	og g/m ²	Total* g/m ²
AS1	<i>B. gasipaes</i> (F)	3,9 ± 1,0	3,1 ± 2,4	0,3 ± 0,4	0,1 ± 1,6	0,4 ± 0,1	8,3 ± 2,7
AS1	<i>B. gasipaes</i> (P)	3,7 ± 1,7	5,2 ± 5,9	0,4 ± 0,2	0 ± 0	0,4 ± 0,6	9,4 ± 5,2
AS1	<i>C. glandulosa</i>	1,1 ± 0,4	2,4 ± 2,0	0,5 ± 0,6	0 ± 0	0,1 ± 0,1	4,0 ± 1,5
AS1	<i>E. oleracea</i>	3,1 ± 3,5	0,7 ± 0,9	0,4 ± 0,1	0 ± 0	0,3 ± 0,4	4,3 ± 3,5
AS1	<i>T. grandiflorum</i> (AS1)	1,1 ± 0,4	1,1 ± 1,2	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,5 ± 0,6	2,4 ± 0,6
AS2	<i>B. excelsa</i>	2,7 ± 1,0	1,6 ± 1,0	0,3 ± 0,2	0 ± 0	0,1 ± 0,1	4,7 ± 1,3
AS2	<i>E. stipitata</i>	1,7 ± 0,6	3,1 ± 1,8	0,5 ± 0,3	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,2	5,4 ± 1,8
AS2	<i>I. edulis</i>	8,8 ± 3,1	6,8 ± 2,7	0,3 ± 0,2	89,8 ± 29,3	0,3 ± 0,2	106 ± 28,5
AS2	<i>T. grandiflorum</i> (AS2)	1,6 ± 0,3	1,4 ± 0,8	0 ± 0	0 ± 0	0,2 ± 0,2	3,0 ± 0,9
Capoeira	<i>V. cayennensis</i>	1,8 ± 2,0	1,7 ± 2,2	1,1 ± 1,7	0 ± 0	0,2 ± 0,3	4,7 ± 2,8
	Total	29,5	27,1	3,9	90,1	2,6	152

Símbolos: d: decompositores; eg-s engenheiros-do-solo; p: predadores; hv: herbívoros; og: outros grupos; **Total*:** somatório dos grupos funcionais (d + eg + p + hv).

Abundância ao interior dos grupos (por táxons): Nos decompositores a abundância foi dominada pelos isópoda (35%), seguido dos oligoqueta (31%), diplopoda (24%) e coleoptera imaturos (8%). Nos engenheiros-do-solo esta foi dominada pelos formicidae (49%); seguido dos isoptera (45%), e oligochaeta (6%).

Biomassa ao interior dos grupos (por táxons): Nos decompositores a biomassa foi dominada pelos oligoqueta (41%), seguido dos isópoda (25%), coleoptera imaturos (19%) e diplopoda (15%) (Tab. 6). Nos engenheiros-do-solo esta foi dominada pelos oligochaeta isoptera (44%); seguido dos (39%), e formicidae (16%) (Tab. 7).

Relações não-tróficas estudadas

A biomassa dos decompositores da macrofauna coletados ao redor do caule da área de influência das árvores dos tratamentos avaliados foi positiva e significativamente correlacionada com o volume dos macroporos do solo da primeira (0-5 cm) ($r_s=0,742$; $p<0,05$; $n=10$); segunda (5-10 cm) ($r_s=0,644$; $p<0,05$) e terceira profundidade (10-15 cm) ($r_s=0,711$; $p<0,05$) (Fig. 2).

Enquanto, a biomassa dos engenheiros-do-solo **não foi significativamente correlacionada com nenhuma destas três profundidades estudadas.**

4. DISCUSSÃO

Nos resultados deste estudo o volume dos macroporos do solo sob os tratamentos avaliados registrou uma distribuição característica no perfil ao relatado por [4], avaliando a porosidade do solo em secções de solos de flo-

restas e ainda, em blocos de solo de floresta implantados sob pastagens [38]. O tipo de distribuição registrado nestes macroporos no perfil do solo tem sido mais relacionado com solos sob ambientes não-perturbados, do que com solos sob ambientes perturbados [4]; evidenciando-se assim, o papel das árvores através do tempo para reestabelecer o padrão natural de distribuição destes macroporos no perfil. No momento desta avaliação (ano 2002), estas árvores tinham em média oito anos de idade.

A alta macroporosidade registrada sob *B. gassipaes* para palmito (23,3 cm³) pode estar relacionada, principalmente, com o manejo cultural (o corte para o palmito), praticado uma vez por ano, sobre duas de cada três palmeiras do sistema. Neste caso, a mortalidade das raízes após o corte, ano a ano, mais os resíduos produzidos pela biomassa aérea (caules e folhas) de boa qualidade [21] e rápida decomposição deixada na superfície do solo, favorece a colonização destes micro-ambientes por parte da

macrofauna e indiretamente a biogênese dos macroporos do solo sob os locais avaliados. No momento desta avaliação, as palmeiras de *B. gassipaes* para palmito tinham sete cortes aplicados a partir do terceiro ano do plantio com nove anos de idade. Os resultados sob *B. gassipaes* para palmito diferem dos registrados por [39], onde este autor registrou uma concentração de poros de raio reduzido (nos intervalos dos microporos), próximo das palmeiras de *B. gassipaes* para palmito. Deste contraste vale destacar que o fator tempo (idade do plantio), e o número de cortes efetuados até o momento destes dois trabalhos, além do histórico das áreas, podem ter sido os fatores que estejam gerando estas discrepâncias.

[21] estudando a macrofauna da liteira nos mesmos sistemas (deste estudo), registrou um menor número de grupos taxonômicos (15 taxa) aos registrados por este estudo de 0-30 cm de profundidade (18 taxa). Esses resultados podem estar relacionados a processos biológicos mais intensos na matriz do solo; já que segundo [40], a maior população destes macro-invertebrados no solo (77-90%) estão na camada de 0-5 cm de profundidade.

A alta densidade e biomassa da macrofauna sob *Bg* para F e P, aumentaram a densidade e biomassa dos decompositores e engenheiros-do-solo e da macrofauna total (Tab 4 e 5). No entanto, sob *Tg* do AS1 e AS2 e a *Vc* foram registrados os menores valores da macrofauna. Este fato pode estar relacionado com a qualidade da liteira e rizosfera de *Bg*; a qual pode ser muito mais atrativa do que a das outras espécies de árvores para estes organismos do solo. Tais resultados corroboram a baixa diversidade de grupos taxonômicos da macrofauna na liteira de *Tg* registrados por [41]. No entanto divergem dos relatados por [42], onde foram registrados os maiores valores de densidade e biomassa da macrofauna sob a liteira das árvores desta espécie.

Uma maior atenção tem sido dada para as inter-relações tróficas, do que para as inter-relações não-tróficas do solo. Existindo assim, estudos na decomposição de liteiras simples [43,44] e compostas ou em mesclas [45]; embora, a maioria dos resíduos ao interior dos ecossistemas naturais sejam de diferentes espécies de plantas simultaneamente. Em quanto às inter-relações tróficas do solo, [46] avaliando taxas de decomposição de folhas e frutos de 16 espécies agroflorestais desenvolveram o Índice de Qualidade de Resíduos de Plantas (PRQI), baseados na relação entre a composição química (C/N, conteúdo de lignina e polifenóis) e a suas respectivas taxas de decomposição.

Os seus resultados mostraram que a densidade dos isópteros foi negativamente correlacionada com o PRQI, e positivamente correlacionada com os formicídeos [46]. No entanto, a população dos oligochaeta **não foi correlacionada significativamente com o PRQI neste estudo. Estes**

resultados evidenciam ainda mais a necessidade de testar novos enfoques de avaliação (por grupo funcional), mais eficientes e consistentes, na hora de explicar este tipo de inter-relações tróficas e não-tróficas ao interior do funcionamento do solo.

No entanto, o Programa de "Estudos dos impactos humanos sobre as áreas de florestas e áreas de várzeas na Amazônia Brasileira", denominado Projeto SHIFT-ENV-52 [47], avaliando inter-relações entre a macrofauna e alguns componentes do solo sob a floresta primária e secundária e dois tipos de sistemas agroflorestais, registraram baixos níveis de correlação entre a abundância da macrofauna da liteira e o estoque total da liteira acima do solo; registrando correlações ainda menores, entre a abundância total da macrofauna e o estoque total da liteira.

A significativa correlação entre a biomassa dos decompositores da macrofauna e o volume dos macroporos do solo registrada para as camadas de 0-15 cm profundidade; pode indicar uma estreita relação possível, entre os taxa componentes deste grupo funcional e a biogênese dos macroporos do solo ao redor das árvores dos tratamentos avaliados. Principalmente nas camadas mais superficiais do solo por estarem estas verticalmente mais próximas da liteira. Fato que não diminui o papel dos engenheiros-do-solo (isópteros, formicídeos e oligochaeta) sobre a estruturação física do solo; mais nos sugere pensar, que outros taxa da macrofauna na ausência destes taxa dos engenheiros-do-solo (Tab. 2), ao longo prazo, também podem fazer as mesmas contribuições sob a estruturação física do solo, principalmente nas camadas mais superficiais.

Estas afirmações modificam o diagrama conceitual de [48]; onde em termos gerais se segure que ao redor das plantas, estas recebem benefícios sobre a estruturação física do solo, unicamente pela via dos engenheiros-do-solo, e não pela via dos decompositores da macrofauna, fato sugerido pelos resultados deste estudo. Destacando-se em termos gerais, o papel dos decompositores da macrofauna no processo de estruturação física do solo ao redor das árvores. Este é o caso das larvas de coleoptera, dos isópoda [21] e os diplopoda da macrofauna [49]. A importância deste fato, é que outros taxa da macrofauna importantes em biomassa (isópoda, diplopoda, e larvas de coleoptera), relacionados tradicionalmente aos processos da decomposição; também podem estar contribuindo ao longo prazo, na biogênese dos macroporos do solo ao redor das árvores dos SAF's, principalmente nas camadas mais superficiais.

No entanto, a biomassa da macrofauna avaliada por grupo funcional ao redor das árvores dos tratamentos selecionados foi um bom indicador para explicar este tipo de inter-relação não-trófica ao interior do solo.

Tabela 6. Distribuição da biomassa (g/m^2) da macrofauna nos taxa do grupo dos decompositores coletados sob cada tratamento (espécie), o total de todos os tratamentos juntos, e a porcentagem em relação ao total geral.

Taxa Decompositores	Ie g/m^2	Bg (F) g/m^2	Bg (P) g/m^2	Eo g/m^2	Be g/m^2	Vc g/m^2	Es g/m^2	Tg (2) g/m^2	Cg g/m^2	Tg (1) g/m^2	Total por Táxon e (%) do Total
Diplopoda	0,76 ± 1,31	0,38 ± 0,33	1,27 ± 1,82	0,52 ± 0,74	0,60 ± 0,78	0,001 ± 0,0	0,15 ± 0,26	0,05 ± 0,04	0,15 ± 0,19	0,49 ± 0,58	4,37 (15 %)
Díptera imaturo	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,02 ± 0,03	0 ± 0	0,001 ± 0,00	0 ± 0	0,02 (0,07 %)
Isopoda	0,90 ± 1,05	1,33 ± 1,11	0,43 ± 0,46	1,45 ± 2,21	0,95 ± 1,36	0 ± 0	0,88 ± 0,63	0,57 ± 0,53	0,50 ± 0,83	0,19 ± 0,20	7,20 (25 %)
Oligochaeta	3,53 ± 4,37	1,83 ± 1,48	1,97 ± 1,95	0,50 ± 0,84	1,18 ± 1,22	1,55 ± 2,18	0,43 ± 0,66	0,84 ± 0,89	0,08 ± 0,12	0,16 ± 0,15	12,1 (41 %)
Coleóptera imaturo	3,57 ± 4,03	0,32 ± 0,37	0,05 ± 0,02	0,57 ± 0,88	0 ± 0	0,25 ± 0,41	0,20 ± 0,35	0,07 ± 0,13	0,31 ± 0,31	0,19 ± 0,34	5,54 (19 %)
Total dos Taxa por Tratamento e (%) do Total	8,76 (30%)	3,86 (13%)	3,72 (13%)	3,04 (10%)	2,73 (9%)	1,80 (6%)	1,68 (6%)	1,53 (5%)	1,04 (3%)	1,03 (3%)	29,2 (100%)

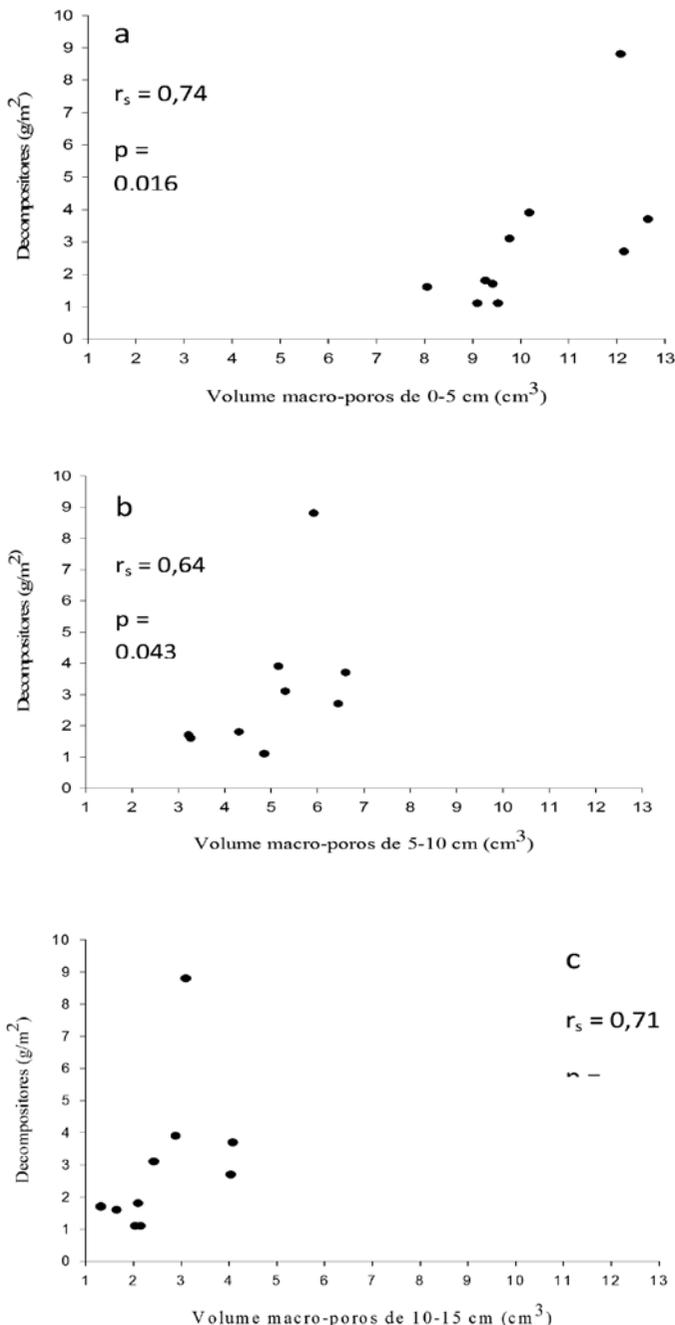
Os valores representam à média e o desvio-padrão da biomassa dos indivíduos coletados de cada ordem e sob cada um dos tratamentos nas três áreas (n=3). Símbolos: Es: *E. stipitata*; Be: *B. excelsa*; Ie: *I. edulis*; Tg (2): *T. grandiflorum* do AS2; Tg (1): *T. grandiflorum* do AS1; Bg (F): *B. gasipaes* para fruto; Bg (P): *B. gasipaes* para palmito; Eo: *E. oleracea*; Cg: *C. glandulosa*; Vc: *V. cayennenses*.

Tabela 7. Distribuição da biomassa (g/m^2) da macrofauna nos taxa do grupo dos engenheiros-do-solo coletados sob cada tratamento (espécie), o total de todos os tratamentos juntos, e a porcentagem em relação ao total geral.

Taxa Engenheiros-do-solo	Ie g/m^2	Bg (P) g/m^2	Bg (F) g/m^2	Es g/m^2	Cg g/m^2	Vc g/m^2	Be g/m^2	Tg (2) g/m^2	Tg (1) g/m^2	Eo g/m^2	Total por Táxon e (%) do Total
Oligochaeta	3,53 ± 4,37	1,97 ± 1,95	1,83 ± 1,48	0,43 ± 0,66	0,08 ± 0,12	1,55 ± 2,18	1,18 ± 1,22	0,84 ± 0,89	0,16 ± 0,15	0,50 ± 0,84	12,1 (44 %)
Hymenoptera formicidae	0,90 ± 0,55	0,14 ± 0,12	1,10 ± 1,10	0,85 ± 1,04	0,12 ± 0,09	0,14 ± 0,06	0,37 ± 0,32	0,34 ± 0,23	0,40 ± 0,45	0,12 ± 0,11	4,5 (16 %)
Isoptera	2,32 ± 3,62	3,12 ± 4,16	0,22 ± 0,28	1,81 ± 1,42	2,20 ± 1,95	0,03 ± 0,04	0,09 ± 0,07	0,19 ± 0,09	0,56 ± 0,74	0,12 ± 0,15	10,7 (39 %)
Total dos Taxa por Tratamento e (%) do Total	6,75 (25%)	5,23 (19%)	3,15 (11%)	3,10 (11%)	2,41 (9%)	1,71 (6%)	1,64 (6%)	1,36 (5%)	1,12 (5%)	0,74 (3%)	27,2(100%)

Os valores representam à média e o desvio-padrão da biomassa dos indivíduos coletados de cada ordem e sob cada um dos tratamentos nas três áreas (n=3). Símbolos: Es: *E. stipitata*; Be: *B. excelsa*; Ie: *I. edulis*; Tg (2): *T. grandiflorum* do AS2; Tg (1): *T. grandiflorum* do AS1; Bg (F): *B. gasipaes* para fruto; Bg (P): *B. gasipaes* para palmito; Eo: *E. oleracea*; Cg: *C. glandulosa*; Vc: *V. cayennenses*.

Figura 2. Correlação entre a biomassa dos decompositores de 0-30 cm e o volume de macro-poros do solo de 0-5 cm (a), 5-10 cm (b) e 10-15 cm (c) de profundidade no micro-ambiente edáfico da área de influência das espécies avaliadas (Spearman, n= 10) [37].



(a biogêneses). Por tanto, este enfoque de avaliação utilizado (grupo funcional) mostrou ser um bom indicador, mais consistente na hora de explicar este tipo de inter-relações ao redor das árvores dos tratamentos selecionados. Este tipo de inter-relações ao longo prazo são muito importantes para o funcionamento do solo sob diferentes tipos

de ambientes [4]. Contudo, e na tentativa de melhorar ou recuperar os processos funcionais do solo ao interior dos agro-ecossistemas propostos para Amazônia e tropico em geral; exigem do conhecimento e manejo das espécies de árvores que melhorem diretamente a atividade biológica do solo é indiretamente as inter-relações tróficas e não-tróficas ao interior do funcionamento do solo no longo prazo.

No entanto, abordar o tema da biogênese dos macroporos do solo precisa da ajuda de estratégias ou enfoques coerentes e consistentes, que permitam isolar diversos fatores interferentes sob este tipo de avaliação. A continuação o listado deste tipo de fatores interferentes:

(i) *Fatores biogênicos da porosidade do solo:* existem diversos fatores geradores da biogênese dos poros do solo, os quais interferem direta ou indiretamente nos resultados deste tipo avaliação. Por exemplo, a dinâmica das raízes finas e a M.O. do solo;

(ii) *Métodos adequados e consistentes:* os métodos para medir fiel e consistentemente o comportamento de mais de uma variável simultaneamente no ambiente e no laboratório é uma das limitantes a ser considerada; dado que estas devem guardar rigorosamente algum nível de consistência entre as mesmas. Para isto sugerimos bem em repensar qual é o nosso objetivo de pesquisa (inter-relações não-tróficas), e qual é o nosso objeto de pesquisa (variáveis a estudar);

(iii) *Uso vertical do solo pela fauna:* o uso do solo pela fauna ocorre sobre duas dimensões físicas bem diferentes: (i) acima do solo: a liteira e (ii) sob do solo: matriz do solo (interior). Isto sugere pensar que incluir indivíduos coletados na liteira, pode nos levar á erros metodológicos em trabalhos desta natureza; por considerar, que a presença de alguns destes indivíduos são ocasionais (ou de passo), os quais podem utilizar a liteira para forragear (alimentar-se), sem ter nenhuma relação sob a matriz do solo do local estudado;

(iv) *Nível de agregação (distribuição) social de alguns táxons da macrofauna:* o hábito de organização social em alguns táxons da macrofauna pode interferir no comportamento das variáveis estudadas (abundância, densidade e biomassa); isso pode ocorrer quando, o ponto de coleta cai sobre alguma colônia destes organismos no solo, afetando assim o seu nível de expressão;

(vi) *As dinâmicas sazonais:* condições de seca e chuvosa também podem interferir no nível de expressão das variáveis biológicas (abundância, densidade e biomassa);

(vii) *O histórico das áreas:* este fator também pode afetar direta ou indiretamente os resultados. Dependendo do tipo, tempo, magnitude da sua influência e a distribuição na área.

5. CONCLUSÕES

- Sob *B. gassipaes* para fruto e palmito foram registradas as maiores contribuições sobre a densidade e a biomassa da macrofauna e os macroporos do solo; no entanto sob a *V. cayenensis*, *E. oleácea*, *C. grandulosa*, e *T. grandiflorum* foram registradas as menores contribuições.
- A biomassa dos decompositores e a macrofauna total foram positiva e significativamente correlacionadas com o volume dos macroporos do solo das profundidades avaliadas ao redor das árvores dos tratamentos selecionados.
- No grupo dos decompositores correlacionados significativamente com o volume dos macroporos do solo, os isópoda, as larvas de coleoptera e os diplopoda foram responsáveis pelo 59% da biomassa total deste grupo; sendo estes grupos taxonômicos, regularmente mais associados aos processos da decomposição, do que aos processos da biogênese dos poros no solo.
- Pelos resultados das correlações avaliadas podemos sugerir que os taxa catalogados como decompositores da macrofauna, no longo prazo, também podem contribuir para com os processos da biogênese dos poros no solo, principalmente nas camadas mais superficiais.
- A biomassa da macrofauna por grupo funcional foi um enfoque coerente (um indicador consistente) na hora de avaliar indiretamente no laboratório, a relação entre a macrofauna e a porosidade do solo ao redor das árvores dos tratamentos selecionados.

AGRADECIMENTOS

Ao INPA, ao Projeto LBA/ECO/ND-04, ao CPAA/EMBRAPA-Manaus, e a UFAM, pelo importante apoio institucional, logístico e financeiro prestado. À equipe do campo do Distrito Agropecuário da Suframa (D.A.S.), pelo valioso apoio.

REFERÊNCIAS

- [1] Jenny, H., Factors of Soil Formation: A system of Quantitative Pedology. New York: Dover Publications, 281 p, 1994.
- [2] Luizão, F.J. Limitações para a produção agrícola na Amazônia. Ver. Amaz. Desenv., v. 9, n.14, p. 41-46, 1985.
- [3] Teixeira, L.B. & Bastos, J.B.. Nutrientes nos Solos de Floresta Primária e Pastagem de *Brachiaria humidicola* na Amazônia Central. Boletim de Pesquisa, Embrapa/Cpatu, n.98, 311 p, 1989.
- [4] Barros, E.; Curmi, P.; Hallaire, V.; Chauvel, A.; Lavelle, P. The Role of Macrofauna in the Transformation and Reversibility of Soil Structure of an Oxisol in the Process of Forest to Pasture Conversion. Geoderma, 100: 193-213, 2001.
- [5] Vargas, M.A.T.; Hungria, M. Biologia dos solos do Cerrado. Planaltina,: Embrapa, 524 p, 1997.
- [6] Lavelle, P. Les Vers de Terre de la Savane de Lamto (Côte d'Ivoire): Peuplements, populations et Fonctions dans l'Écosystème. Paris :Publication Laboratoire Zoologie E.N.S., v. 12, 310 p, 1978.
- [7] Siqueira, J.O.; Moreira, F. M. S. de. Microbiologia do solo e a sustentabilidade agrícola: enfoque em fertilidade do solo e nutrição vegetal. In: Silva, A.F.S.da (ed.). Amazônia: agricultura sustentável. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 1-42, 1997.
- [8] Crossley, Jr. D.A.; Mueller, B.R. e Perdue, J.C. Biodiversity of Microarthropods in Agricultural Soil: Relations to Processes. Agric. Ecosyst. Environ., 40: 37-46, 1992.
- [9] Bentes-Gama, M. M. de; Silva, M.L. da; Vilcahuamán, L.J.M.; Locatelli, M. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho d'Oeste-RO. Ver. Rev. Árvore, v. 29, n.3, 2005.
- [10] Root, R.B. The Niche Exploitation Patterns of the Blues-gray Gnatcatcher. Ecol. Mon. v. 37: 317-350, 1967.
- [11] Moore, J.C.; W.; D.E.; Hunt, H.W. Arthropod regulation of micro and mesobiota in bellow-ground detrital food webs. Annu. Ver. Entomol, v. 33: 419-439, 1988.
- [12] Stork, N.E. e Eggleton P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. Am.Jor. Altern. Agric., v. 7, 38-55, 1992.
- [13] Jones, C.J.; Lawton, J.H.; Shachak, M. Organisms as Ecosystem Engineers. Oikos 69: 373-386, 1994.
- [14] Beck, L. Bodenzoologische Gliederung und Charakterisierung des Amazonischen Regenwaldes. Amazoniana, 3(1): 69-132, 1971.
- [15] Irmiler, U. Abundance Fluctuations and Habitat Changes of Soil Beetles in Central Amazonian Inundation Forests (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae). Studies on Neotropical Fauna and Environment, 14: 1-16, 1979.
- [16] Morais, J.W. Abundância e distribuição vertical de *Arthropoda* do solo numa floresta primária não inundada. Manaus. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Universidade Federal do Amazonas. 92 p, 1985.

- [17] Rodrigues, J.M.G. 1986. Abundância e distribuição vertical de Arthropoda do solo em capoeira de terra firme. Manaus. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Universidade Federal do Amazonas. 90 p, 1986.
- [18] Barros, E.; Neves, A.; Fernandes, E. C. M.; Wandelli, E.; Lavelle, P. Soil macrofauna community of amazonian agroforestry systems. In: Jiménez F.; Beer J. (compilers). International Symposium: Multi-strata agroforestry systems with perennial crops. Turrialba, Costa Rica, Catie / Danida / Gtz / Icrat / Iufro, 166-170, 1999.
- [19] Höfer, H.; Hannagarth, W.; Garcia, M.; Martius, C.; Franklin, E.N.; Römbke, J.; Beck, L. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian antropogenic and natural ecosystems. Eur. J. Soil Biol, 37: 1-7, 2001.
- [20] Adis, J. "Seasonal Igapo" – Forest of Central Amazonian Black-Water Rivers and Their Terrestrial Arthropod Fauna. In: Sioli, H. (ed). The Amazon-Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and Its Basin. Monographiae Biologicae, Junk, Dordrecht, 1984. p. 245 -268.
- [21] Tapia-Coral, S.C. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais implantados em áreas de pastagens abandonadas na Amazônia Central. Manaus Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Universidade Federal do Amazonas. 98 p, 1998.
- [22] Scott, G.J.T.; Webster, R.; Nortcliff, S. The topology of pore structure in cracking clay soil: I. The estimation or numerical density. J. Soil Sci. v. 39, p.303-314, 1988.
- [23] Sutton, R.F. Soil properties and root development in forest trees: A review. Sault Ste.Marie,O.N. Inf. Rep.O-X-413. Can.For.Serv. 1991.
- [24] Ribeiro, M.N.G. e Adis, J. Local Rainfall Variability a Potencial bias for Bioecological studies in the Central Amazon. Acta Amazonica, v. 14, n. ½. 159-174, 1984.
- [25] Chauvel, A. Os Latossolos Amarelos, Álicos, Argilosos dentro dos Ecossistemas das Bacias Experimentais do INPA e da Região Vizinha. Acta Amazonica. 12: 47-60, 1982.
- [26] Mackerrow, A.J. Nutrient Stocks in Abandoned Pastures of the Central Amazon Basin Prior to and Following Cutting and Burning. Raleigh, USA:Msc-North Carolina State University, 116 p, 1992.
- [27] Fernandes, E.C.M. e Mattos, J.C. S. Agroforestry strategy for alleviating soil chemical constraints to food and fibre production in Amazon. In: Seidll, P.R., Gottlieb, O.R., Kaplan, M.A.C. (Eds). Chemistry of the Amazon. American Chemical Society, Series No. 588 ACS Books Dept., Washinton, DC. 1995.
- [28] Embrapa/Cpaa, Relatório Anual. Sub-projeto 1: Dinâmica do solo, da Vegetação e efeitos ambientais sob Sistemas Agroflorestais em Pastagens Degradadas 19 p, 1997.
- [29] Kutilek, M. e Nielsen, D.R. Soil hydrology. Catena Verlag, Cremlingen- Destedt, Germany. p. 49-55, 1994.
- [30] Anderson, J.M.; Ingram, J. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. Oxford: CAB Internrtional, 221p, 1993.
- [31] Borrór, D.J. e Delong, D.M. Introdução ao Estudo dos Insetos. São Paulo. 653 p, 1969.
- [32] Barnes, D.R. Zoologia dos Invertebrados. Pennsylvania: Roca, 1179 p, 1984.
- [33] Lavelle, P. The soil fauna of tropical savannas I. The community structure. In: F. Bourlière ed :Tropical Savannas. London: Elsevier, 477- 484, 1983.
- [34] Beck, L. e Gasparotto, L. Soil Fauna and Litter Decomposition in Primary and Secondary Forests and a Mixed Culture System in Amazonia. Shift Project ENV 052. Final Report 1996-1999. Karlsruhe/EMBRAPA/CPAA-Manaus, 291p. 2000.
- [35] Dindal, D.L. (Ed). Soil Biology Guide. Jhon Wiley e Sons. New York. 1349 p. 1990.
- [36] Zar, J.H. Biostatistical analysis. London: Prentice Hall International Editions, 3. ed. 345 p, 1996.
- [37] Reis, J.C. Estatística aplicada à pesquisa em ciência veterinária. Olinda:JRC, 2003.
- [38] Embrapa, Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Centro nacional de pesquisa de solos. Rio de Janeiro. p. 25, 1997.
- [39] Teixeira, W.G. Land Use Effects on Soil Physical and Hydraulic Properties of a Clayey Ferralsol in the Central Amazon. Bayreuth. Thesis PhD. Bodenkundliche Berichte v. 72: 255 p, 2001.
- [40] Adis, J.; Moraes, J.W. de e Mesquita, H.G. Vertical distribution and abundance of arthropods in soil of a neotropical secondary forest during the dry season. Tropical Ecology, 28 (1): 174-181, 1987.
- [41] Vohland, K. e Schroth, G. Litter Macrofauna in Tropical Land Use Systems of Differing Plant Diversity and

Input Levels: Single-tree patterns and management implications. In: Abstracts of presentations and Posters. Third Shift Workshop, March 15-19. Manaus, AM. C42. 1998.

[42] Tapia-Coral, S.C.; Luizão, F.J.; Wandelli E.V. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, v. 29 n. 3, 477-495, 1999.

[43] Swift, M.J; Heal, O.W. e Anderson, J.M. Decomposition in Terrestrial Ecosystems, *Studies in Ecology*, v. 5. Oxford: Blackwell, 372 p, 1979.

[44] Melillo, J.M.; Aber, J.D. e Muratore, J.F. Nitrogen and Lignin Control of Hardwood Leaf Litter Decomposition Dynamics. *Ecology*, v. 63, 621-626, 1982.

[45] Blair, J.M.; Parmelee, R.W.; e Beare, M.H. Decay Rates, Nitrogen Fluxes and Decomposer Communities of Single - and Mixed Species Foliar Litter. *Ecology*, 71:1976-1985, 1990.

[46] Tian, G.; Brussaard, L. e Kang, B.T. An Index for Assessing the Quality of Plant Residues and Evaluating their Effects on Soil and Crop in the (Sub-) Humid Tropics. *Appl. Soil. Ecol.*, v. 2, 25-32, 1995.

[47] Shift Project ENV-52: Soil Fauna and Litter Decomposition: German-Brazilian SHIFT Program "Studies on Human Impact on Forests and Floodplains" in the Brazilian Amazonian. Manaus, Final Report (1996-1999), 88-127, 1999.

[48] Brussaard, L. Soil Fauna, Guilds, Functional Groups and Ecosystem Processes. *Applied Soil Ecology*. 9:123-135, 1988.

[49] Lavelle, P. Assessing the Abundance and Role of Invertebrate Communities in Tropical Soil: Aims and Methods. In: Ghabbour, S.I.; DAVIS, R.C. (Eds). *Proceedings of the Seminar on Resources of Soil Fauna in Egypt and Africa*. Cairo, 16-17 abril 1986. *Revue Zool. Afr.-J.AF: Zool.*, 102: 275-283, 1986.