

CONSERVAÇÃO DA  
**BIODIVERSIDADE**  
EM PAISAGENS ANTROPIZADAS DO BRASIL

A decorative horizontal line of various botanical illustrations, including ferns, dandelions, and other plants, positioned below the word 'BIODIVERSIDADE' and above the subtitle.



**Reitor**

Zaki Akel Sobrinho

**Vice-Reitor**

Rogério Andrade Mulinari

**Diretor da Editora UFPR**

Gilberto de Castro

**Conselho Editorial**

Andre de Macedo Duarte

Anna Beatriz da Silveira Paula

Cristina Gonçalves de Mendonça

Edison Luiz Almeida Tizzot

Elsi do Rocio Cardoso Alano

Everton Passos

Ida Chapaval Pimentel

Lauro Brito de Almeida

Marcia Santos de Menezes

Maria Auxiliadora M. dos Santos Schmidt

Maria Cristina Borba Braga

Naotake Fukushima

Sergio Luiz Meister Berleze

Sergio Said Staut Junior

# CONSERVAÇÃO DA **BIODIVERSIDADE** EM PAISAGENS ANTROPIZADAS DO BRASIL

Carlos A. Peres, Jos Barlow, Toby A. Gardner  
e Ima Célia Guimarães Vieira (Orgs.)

*Editora*  
UFPR

© Carlos Peres, Jos Barlow, Toby Gardner e Ima Célia Guimarães Vieira (Orgs.)

**CONSERVAÇÃO DA  
BIODIVERSIDADE**  
EM PAISAGENS ANTROPIZADAS DO BRASIL

**Coordenação editorial**

Daniele Soares Carneiro

**Revisão**

Maria Cristina Périgo

**Projeto gráfico, capa e editoração eletrônica**

Rachel Cristina Pavim

Série Pesquisa, n. 220

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - SISTEMA DE BIBLIOTECAS  
BIBLIOTECA CENTRAL – COORDENAÇÃO DE PROCESSOS TÉCNICOS

---

ISBN 978-85-65888-21-9  
Ref. 697

**Direitos desta edição reservados à  
Editora UFPR**

Rua João Negrão, 280 - Centro  
Caixa Postal 17309  
Tel.: (41) 3360-7489 / Fax: (41) 3360-7486  
80010-200 - Curitiba - Paraná - Brasil  
[www.editora.ufpr.br](http://www.editora.ufpr.br)  
[editora@ufpr.br](mailto:editora@ufpr.br)

**2013**

# Capítulo 14

## Biodiversidade do solo em sistemas de uso da terra na Amazônia ocidental

**Fatima Maria de Souza Moreira.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG). [fmoreira@dcs.ufla.br](mailto:fmoreira@dcs.ufla.br); **Adriana S. Lima.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG), Universidade Federal de Campina Grande; **Agno N. S. Acioli.** Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM; **Alcides Moino Junior.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Alexandra Priscila Tregue.** Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM; **Alexandre Barberi.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Ayrton Luiz Urizzi Martins.** Centro Universitário Luterano de Manaus (CEULB/ULBRA, Manaus, AM), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM; **Carla Luciane Bentes Nogueira.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Carlos Roberto Grippa.** Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, SC; **Daniel Vidal Perez, Danilo Fernandes da Silva Filho.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Diego Cunha de Albuquerque.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Ederson da Conceição Jesus.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Ednalva P. Andrade.** Universidade de Brasília (UNB), Brasília, DF; **Elaine Cristina Cardoso Fidalgo.** Embrapa Solos, Rio de Janeiro; **Fabiano de Oliveira Araújo.** Embrapa Solos, Rio de Janeiro; **Fernanda Tunes Villani.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Francisco Manoares Machado.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Frederico Vasconcelos Ribeiro.** Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM; **Giovanni Ribeiro.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Glaucia Alves e Silva.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Gustavo Schiffler.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Henrique Pereira.** Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM; **Hiroshi Noda.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Humberto Gonçalves dos Santos.** Embrapa Solos, Rio de Janeiro; **Ieda Leão do Amaral.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Jacques Delabie,** CEPEC/CEPLAC, Caixa Postal 7, 45600-000, Itabuna, Bahia; **José Oswaldo Siqueira.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **José Wellington Moraes.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **João Paulo R. Pereira.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Jucélia de Oliveira Vidal.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Julio Louzada.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Juvenil Cares.** Universidade de Brasília (UNB), Brasília, DF; **Katell Uguen.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Krisle da Silva.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Ligiane Aparecida Florentino.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Lucas Magalhães de Abreu.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Ludwig H. Pfenning.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Marcelo Silva de Oliveira.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Márcia Lídia Gomide.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Maria da Glória Bastos de Freitas Mesquita.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Maria de Lourdes Mendonça S. Brefin.** Embrapa Solos, Rio de Janeiro; **Maria Isabel Dantas Rodrigues.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Maurício Rizzato Coelho.** Embrapa Solos, Rio de Janeiro; **Michele A. Silva.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Mônica Silva Santos.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Neliton Marques da Silva.** Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM; **Nívia Dias.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Rafaela S. A. Nóbrega.** Universidade Federal do Piauí; Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Reginaldo Constantino.** Universidade de Brasília (UNB), Brasília, DF; **Ricardo Souza Cavalcanti.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Rina Fátima Maranhão de Oliveira.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Patricia Lopes Leal.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Paulo A. Ferreira.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Paulo Henrique Silva.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Ronald Zanetti.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Sandra Celia Tapia-Coral.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Sidney Luiz Stürmer.** Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, SC; **Sonia Sena Alfaia.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM; **Vanessa Andaló.** Universidade Federal de Lavras (UFLA, Lavras, MG); **Viviane dos Santos Oliveira.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM

### Introdução

As florestas tropicais têm a maior megadiversidade do mundo. Estima-se que elas contenham pelo menos 50% de todas as espécies do planeta. Dos cerca de 140 filos existentes nos 5 reinos que englobam os milhões de espécies do planeta (Margulis e Schwartz, 1998), parte significativa compreende organismos do solo. Processos biológicos imprescindíveis para a vida no planeta como a degradação da matéria orgânica,

ciclagem de nutrientes, controle biológico e manutenção da estrutura do solo são mediados por vários grupos filogenéticos de organismos micro e macroscópicos do solo, garantindo a resiliência destes processos nos ecossistemas.

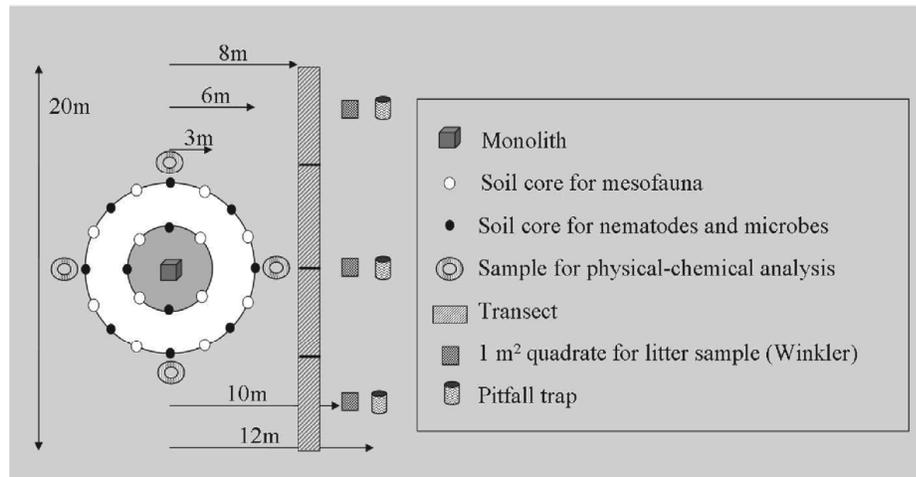
Existem vários métodos disponíveis para avaliar a biodiversidade do solo. Os principais deles serão mencionados nos próximos tópicos. Os organismos eucariotos são geralmente classificados com base em características morfológicas, embora nos últimos anos as características moleculares estejam tornando-se ferramentas relevantes neste sentido. No caso dos microrganismos, a principal limitação é que, a maioria deles não cresce em meios de cultura, onde podem ser isolados das comunidades nas quais se encontram e serem estudados com relação às características que permitam classificá-los. Métodos moleculares independentes de cultivo têm sido aperfeiçoados e estão contribuindo significativamente para revelar a enorme biodiversidade do mundo microbiano. Mesmo para os organismos cultivados, características morfológicas, especialmente no caso dos Prokaryotae, não são adequadas para sua classificação. Para eles características moleculares são as recomendadas.

O projeto "Conservation and sustainable management of below ground biodiversity" (<[http://www.ciat.cgiar.org/tsbf\\_institute/csm\\_bgbd.htm#partners](http://www.ciat.cgiar.org/tsbf_institute/csm_bgbd.htm#partners)>; <<http://www.bgbd.net/>>; <<http://www.biosbrasil.ufla.br>>) tem como principal objetivo: aumentar a consciência, conhecimento e compreensão sobre a diversidade biológica do solo, importante para a produção agrícola sustentada em paisagens tropicais, pela demonstração de métodos para conservação e manejo sustentado. O projeto explora a hipótese que, por manejo apropriado da biota acima e no solo, a conservação otimizada da biodiversidade para benefícios globais e nacionais pode ser alcançada em mosaicos de usos da terra com diferentes intensidades de manejo e, além disso, resultar em ganhos simultâneos para a produção agrícola sustentada. Dentre os resultados esperados do projeto dois são apresentados neste capítulo: (1) métodos padronizados aceitos internacionalmente para caracterização e avaliação da BGBD, incluindo um conjunto de indicadores para a perda de BGBD e (2) o inventário e avaliação da BGBD em áreas selecionadas no Brasil que representam ecossistemas e sistemas de uso da terra globalmente significativos.

## **Inventário ambiental e da biota do solo com métodos padronizados**

Neste capítulo serão abordados sucintamente os resultados obtidos no inventário da biota após padronização dos métodos de sua avaliação. O inventário ocorreu no final da estação chuvosa, durante os meses de março e abril de 2004, relativos à primeira fase do projeto. Além do inventário dos organismos do solo, também realizou-se o inventário ambiental (solos e vegetação), cuja caracterização é importante não só para encontrar relações ecológicas da biota do solo, mas também para obter subsídios que permitam a comparação de dados com os outros países. Os grupos funcionais da biota do solo estudados no Brasil compreendem: macrofauna, incluindo minhocas, formigas, besouros e cupins; pragas (moscas-das-frutas); mesofauna; nematoides, incluindo os entomopatogênicos; fungos antagonistas, saprófitas, patógenos vegetais e micorrízicos

arbusculares; bactérias totais e bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam Leguminosae. O “estado da arte” no Brasil em relação à maioria destes grupos de organismos, antes do início do projeto, foi descrito por vários autores, a maioria participante do projeto BiosBrasil, além de convidados, nos livros “Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems” (Moreira, Siqueira e Brussaard, 2006) e Biodiversidade do Solo em ecossistemas brasileiros (Moreira, Siqueira e Brussaard, 2008). O esquema amostral (Figura 1) e o inventario de todos os grupos seguiu métodos padronizados e utilizados em todos os países publicados nos livros “A handbook of tropical soil biology” (Moreira, Huising e Bignell, 2008) e Manual de métodos (Moreira, Huising e Bignell, 2010).

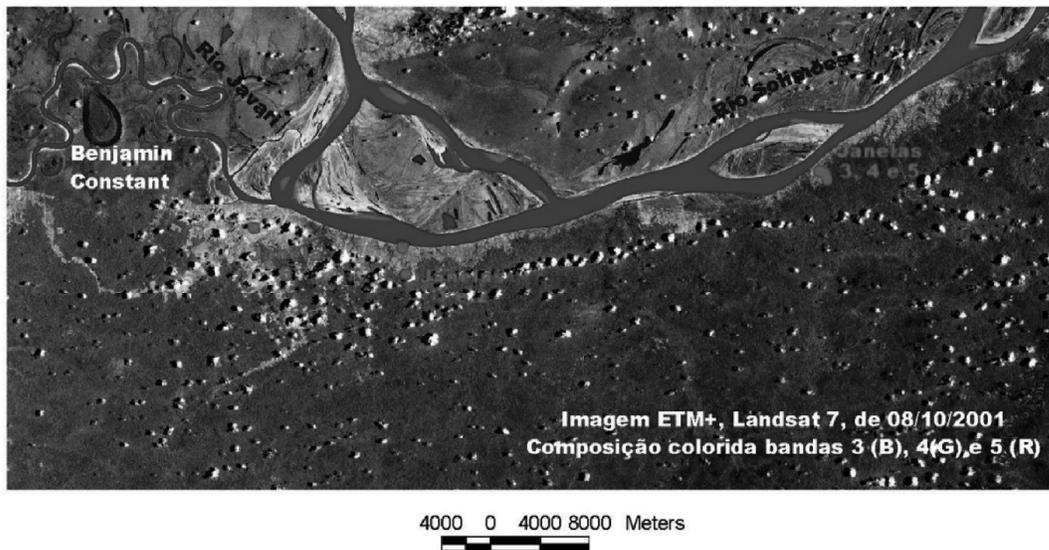


## Inventario ambiental

### Caracterização da área de estudo

A área de estudo do projeto se situa no Município de Benjamin Constant, região do Alto Solimões, Estado do Amazonas, próxima a tríplice fronteira Brasil, Peru e Colômbia. Por seu difícil acesso, essa região permanece como uma das mais conservadas da Amazônia. A bacia do Alto Solimões é terra de remanescentes de povos indígenas da Amazônia e um dos mais importantes “hotspots” em termos de agrobiodiversidade. As comunidades indígenas das etnias Cocama e Ticuna participaram das coletas de amostras do projeto e têm sido constantemente informadas sobre os procedimentos de coleta e a importância dos organismos estudados.

A área de estudo é formada por seis áreas amostrais (denominadas janelas 1 a 6) de extensão aproximada de 8,4 hectares, em média, situadas entre as coordenadas geográficas 4°21' e 4°26' Sul e 69°36' e 70°1' Oeste (Figura 2). O clima da região, segundo Köppen, é tropical úmido ou super-úmido, sem estação seca, com temperatura média anual de 25,7°C e precipitação média anual de 2.562 mm. O total das chuvas do mês mais seco é superior a 100 mm, com as maiores precipitações concentradas nos meses de dezembro a abril. A vegetação da região é formada pela Floresta Ombrófila Aberta Aluvial e a Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas (BRASIL, 1977).



**Figura 2** - Localização da área de estudo. Fonte: Fidalgo et al. (2005)

Nas seis janelas foram selecionados 101 pontos amostrais de forma a representar os principais usos e cobertura da terra na região (Figura 2), totalizando 20 pontos em floresta (também denominada floresta primária), 10 pontos em floresta secundária em estágio avançado de regeneração (também denominada capoeira velha), 30 pontos em floresta secundária em estágio inicial de regeneração (também denominada capoeira nova), 18 pontos em áreas agrícolas (também denominada roça ou agricultura), 10 pontos em sistemas agroflorestais (também denominados pomar, sítio ou quintal) e 13 pontos em pastagem.

Para a caracterização do uso nos pontos amostrais foi realizado um trabalho de campo visando à localização dos pontos através de coordenadas GPS, à descrição das práticas culturais empregadas e do histórico do uso das áreas. O mapeamento do uso e cobertura em toda a área das seis janelas amostrais foi realizado utilizando imagens multiespectrais do satélite Ikonos, com resolução de 4 metros (Fidalgo et al., 2005). A região é predominantemente coberta por florestas, sendo que a ocupação antrópica restringe-se às áreas próximas aos principais rios. Neste estudo, foram amostradas apenas as florestas de terra firme. As florestas secundárias, com tempo de regeneração entre 1 a 12 anos, em sua maioria são áreas em descanso de sistemas de cultivo itinerante, em que as principais culturas são a mandioca e a banana, geralmente cultivadas simultaneamente em pequenas áreas, menores que 1 hectare. Esse sistema é desenvolvido na região por comunidades indígenas e de ribeirinhos. Outro sistema de produção comumente desenvolvido por essas populações são os sistemas agroflorestais, denominados localmente por sítios, em que se cultivam principalmente espécies frutíferas arbóreas em pequenas glebas. Em ambos os casos, as práticas culturais são similares, não há uso de insumos e o desmatamento e a capina são realizados manualmente. Após o desmatamento a vegetação cortada fica no campo até secar, quando é queimada. Se parte da vegetação não queimar, esse material é cortado e reunido para nova queima (coivara). As áreas de pastagem, embora extensas, não predominam na paisagem local.

A área amostrada de pastagem pertence a um produtor de gado de corte no município, o qual mantém um total de 350 ha de pastagens formadas principalmente por capim imperial (*Axonopus scoparius*). Nessas áreas também não são utilizados insumos e o preparo da terra e a capina são realizados manualmente.

### Classificação dos solos e seus principais atributos

Em termos gerais, os solos do Alto Solimões apresentam várias peculiaridades em relação às demais áreas de terra firme, como aquelas situadas mais a leste da região amazônica e derivadas de sedimentos terciários/cretáceos da Formação Alter do Chão (Lima et al., 2006). Dos fatores de formação de solos, provavelmente o material de origem, o menor tempo de sua exposição aos agentes intempéricos são os principais responsáveis por tais peculiaridades.

Os Cambissolos constituem os solos predominantes nas áreas estudadas. Suas variações de relevo (declividade), de drenagem interna dos perfis e de classe textural, bem como sua íntima associação com outras classes foram os principais critérios identificados por Coelho et al. (2005a; b) na espacialização e mapeamento dos solos estudados. Em termos gerais, os Cambissolos da região são poucos profundos e bem estruturados.

Juntamente aos Cambissolos, outras classes como Gleissolos e Argissolos também foram identificadas nas áreas de estudo, embora menos expressivas em extensão. Em comum e de maneira peculiar, tais solos podem manifestar elevados e anormais teores de alumínio extraível por KCl 1M, com valores que variam de 0,0 a 14,6  $\text{cmol}_c/\text{kg}$  de solo em superfície e de 0,0 a 25,2  $\text{cmol}_c/\text{kg}$  de solo em profundidade, podendo ou não apresentar elevados conteúdos de Ca e Mg, com valores médios em superfície de, respectivamente, 4,6 e 1,4  $\text{cmol}_c/\text{kg}$  de solo.

### Fracionamento químico da matéria orgânica e estoque de carbono e nitrogênio

Os resultados indicam que: a pastagem estocou significativamente mais carbono que a floresta primária e que não houve diferença significativa no estoque de nitrogênio, entre os sistemas estudados e que houve predomínio da fração Humina, fração mais resistente a decomposição, independente da profundidade estudada com maior teor na FP.

### Fertilidade dos solos

A fertilidade teve influência dos SUT, sendo a pastagem o SUT mais dissimilar considerando o conjunto de 22 atributos físicos e químicos. Florestas primárias e secundárias foram mais similares entre si, assim como a agricultura e sistemas agro-florestais. A acidez variou de muito elevada (floresta) a média (agricultura), como era esperado considerando, que para cultivo se utiliza, o sistema de derrubada e queima que incorpora cinzas no solo que atuam neutralizando a acidez e os teores de Al. Os teores de K variaram de baixos a bons e de Ca e Mg, S de médios a muito bons. Fósforo e Boro foram os elementos mais limitantes em todos os SUT, com valores baixos ou

muito baixos, por outro lado outros micronutrientes como Zn, Fe, e Cu apresentaram valores muito elevados (Moreira et al., 2009).

## Inventário florístico

Em cada ponto fez-se uma classificação da vegetação local por estrato, sendo estabelecidos dois estratos. O estrato I abordou-se todas as formas de vida vegetal, com diâmetro à altura do peito (DAP)  $\geq 5$  cm, estabelecendo-se uma altura de 1,30 m acima do solo. No estrato II todas as formas de vida vegetal, foram classificadas em categoria de tamanho: Classe I – Indivíduos com altura 0 a 0,5 m; Classe II – Indivíduos com altura de 0,5 m à 1,50 m; Classe III – Indivíduos com altura 1,51 m à 3,0 m; Classe IV – Indivíduos com altura  $\geq 3,0$  m e DAP  $< 5$  cm, propostas por (Higuchi, 1985; Lima Filho et al., 2002).

Na classificação ao nível de famílias, gêneros e espécies, adotou-se o sistema de classificação do **APG II** [= Angiosperm Phylogeny Group] (2003). As não identificadas ao nível específico receberam códigos de morfotipo. Os nomes dos táxons foram confirmados na WEB do Missouri Botanical Garden (<<http://mobot.bobot.org/W3T/Search/vas.html>>) e por literaturas especializada (Ribeiro, 1999) (Tabela 1). O material fértil coletado foi incorporado ao acervo do herbário do INPA.

As unidades de produção dos agricultores familiares do Alto Solimões apresentam um sistema complexo que envolve a aplicação de diversas atividades de exploração dos recursos naturais disponíveis, constituído por diferentes paisagens do ambiente explorado: áreas com vegetação agrícola permanente (sítios), áreas com vegetação temporária (roça), áreas usadas em vários estádios de pousio (capoeiras), áreas com vegetação destinada a pecuária (pasto) e as áreas destinadas para o extrativismo vegetal (floresta). As áreas dos sistemas de produção dos agricultores tradicionais de Benjamin Constant apresentam uma composição florística diversificada, contendo muitas espécies com importância socioeconômica, predominado por árvores e plantas herbáceas. Quanto aos usos das espécies é predominantemente alimentício, madeireiro e medicinal, principalmente os recursos da floresta, sítio e roça. Nos quais conservam os recursos vegetais para as futuras gerações.

**Tabela 1** - Número de indivíduos coletados e identificados em espécies e gêneros nos sistemas de uso da terra (SUT) do Alto Solimões, Benjamin Constant-AM. As 3 famílias com maior importância familiar em cada SUT estão indicadas.

SUT	Número de Indivíduos Coletados	Número de espécies	Número de gêneros	Famílias com maior Importância Familiar
Floresta	3.678	599	293	Fabaceae (33,13%), Lecythidaceae (32,38%), Myristicaceae (26,54%)
Capoeira	10.363	395	257	Musaceae (53,8%), Fabaceae (40,7%), Urticaceae (31,1%)
Roça	10.678	59	49	Musaceae (148,69%), Arecaceae (33,95%), Fabaceae (25,04%)
Sítio	1.789	59	49	Arecaceae (61,98%), Musaceae (34,88%), Urticaceae (32,30%)
Pasto	5.273	69	58	-

## Inventário da biota do solo com métodos padronizados

### Comunidades de macroinvertebrados

A diversidade e a abundância das comunidades de macrofauna do solo podem ser usadas como indicadores da sua qualidade e funcionamento (Stork e Eggleton, 1992; Tapia-Coral et al., 1999; Velásquez, 2004), uma vez que, essas comunidades, em geral influenciam a dinâmica dos processos químicos e físicos do solo (Lavelle et al., 1997), exercendo importante papel na reciclagem da matéria orgânica e dos nutrientes nos agroecossistemas (Höfer et al., 2001). Isto é particularmente importante em áreas cultivadas de solos inférteis com baixa aplicação de insumos (Vohland e Schroth, 1999). O objetivo deste estudo foi determinar a composição das comunidades da macrofauna do solo em diferentes sistemas de uso da terra (SUT). Foram escolhidos os seguintes SUT: floresta primária (21 pontos), floresta secundária (36 pontos), roça (19 pontos), sítio (11 pontos) e pastagem (13 pontos).

As amostras de solo foram coletadas pelo método do programa "Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF)" (Anderson e Ingram, 1993) e a macrofauna identificada em grandes grupos taxonômicos (classes, ordens, famílias) e por espécies (Oligochaeta). Em cada SUT, foram amostrados blocos de solo de 25 x 25 x 30 cm de profundidade, e subdivididos em quatro estratos: serrapilheira; 0-10 cm; 10-20 cm e 20-30 cm. A macrofauna > 2 mm de diâmetro (Swift et al., 1979) foi extraída e armazenada em frascos com álcool 70 %. As minhocas (Oligochaeta) foram fixadas em formol e posteriormente armazenadas em álcool 80%.

A diversidade dos grupos taxonômicos (n) foi mais alta na floresta primária e floresta secundária (n = 20) e menor em pastagem (n = 15) e a densidade média não apresentou diferenças significativas entre os SUT, mas foi superior em floresta secundária, seguida do sítio, pastagem, roça e floresta primária (Tabela 2). Isoptera e Formicidae foram dominantes em todos os SUT, sendo que os Isoptera dominaram a densidade total da macrofauna principalmente na pastagem (1054 ind.m<sup>-2</sup>) e floresta secundária (1206 ind.m<sup>-2</sup>) (Tabela 2). As formigas foram estatisticamente diferentes entre os SUT (F=2,92; p<0,5%), sendo mais abundantes no sítio (1116 ind.m<sup>-2</sup>) e na floresta secundária (964 ind.m<sup>-2</sup>) do que nos demais SUT (Tabela 2).

A distribuição vertical foi maior na camada da 0-10 cm, em todos os sistemas de uso da terra, com 66% dos indivíduos na floresta primária, 56% na floresta secundária, 67% no sítio, 55 % na roça e 89% na pastagem.

As minhocas influenciam na distribuição da matéria orgânica e na estrutura física do solo e têm uma biomassa importante na Amazônia central (Barros, 1999; Römcke et al., 1999) e na Amazônia peruana (Lavelle e Pashanasi, 1989). Dentre as duas espécies de Oligochaeta identificadas, *Pontoscolex corethrus* foi registrada com mais alta densidade na pastagem (203 ind.m<sup>-2</sup>) e no sítio (131 ind.m<sup>-2</sup>), enquanto que *Rhigioidrilus tico*, apresentou diferença entre os SUT (F=5,28; p<0,05%), sendo maiores no sítio (108 ind.m<sup>-2</sup>) e roça (34 ind.m<sup>-2</sup>)(Tabela 2). A biomassa de *P. corethrus* foi predominante,

em área de pastagem, quando comparada com os outros grupos da macrofauna, mas na floresta e não roça a biomassa das minhocas foi relativamente baixa.

Os resultados mostraram densidades e biomassas relativamente baixas nos diversos SUT, na região do Alto Rio Solimões, porém com predominância dos cupins e formigas na floresta secundária e no sítio e das minhocas na pastagem. Isso demonstra a importância das comunidades da macrofauna na composição da biota edáfica, já mencionada em estudos anteriores (Tian et al., 1997; Barros et al., 2003).

**Tabela 2** - Composição da macrofauna do solo nos diferentes SUT. Os valores são de densidade média (ind.m<sup>-2</sup>), seguida do erro padrão entre parêntesis. As letras diferentes nas linhas indicam as diferenças significativas entre os sistemas ao nível de 0,5 %.

<b>Grupos Taxonômicos</b>	<b>Floresta primária</b>	<b>Floresta secundária</b>	<b>Sítio</b>	<b>Roça</b>	<b>Pastagem</b>
Araneae	45 (13) a	62 (10) a	49 (15) a	29 (8) a	15 (8) b
Blattaria	7 (3)	12 (3)	3 (2)	3 (2)	5 (3)
Coleoptera	98 (15) a	85 (11) a	140 (37) a	67 (19) a	34 (10) b
Chilopoda	33 (10) a	36 (7) a	33 (17) a	19 (8) a	2 (1) b
Diplopoda	31 (6)	54 (16)	38 (17)	39 (19)	12 (4)
Diptera	6 (2)	5 (1)	7 (3)	4 (2)	4 (4)
Enchytreidae	2 (2)	2 (0)	6 (4)	4 (2)	0 (0)
Formicidae	546 (133)b	964 (274)a	1116 (409)a	354 (85)b	388 (143)b
Gastropoda	6 (3)	14 (6)	15 (6)	11 (4)	4 (3)
Hemiptera	4 (2)	13 (6)	6 (3)	8 (3)	1 (0)
Isopoda	20 (5)	52 (9)	54 (23)	51 (28)	2 (1)
Isoptera	386 (133)	1206 (449)	385 (215)	611 (339)	1054 (466)
Imaturos	53 (10)	55 (7)	31 (9)	31 (9)	39 (14)
Opiliones	2 (1)	6 (3)	6 (3)	1 (0)	0 (0)
Orthoptera	18 (4)	7 (2)	6 (3)	1 (0)	0 (0)
Pseudoscorpionida	13 (4)	8 (3)	7 (3)	2 (1)	0 (0)
Thysanoptera	1 (0)	2 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)
Oligochaeta					
Pontoscolex corethrurus	72 (14)	116 (19)	131 (39)	113 (25)	203 (85)
Rhigidrilus tico	14 (11)a	98 (32)b	108 (23)b	34 (17)a	53 (24)a
Outros	16 (4)	27 (6)	34 (11)	24 (10)	3 (1)
<b>Total (ind.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>1373 (194)</b>	<b>2824 (500)</b>	<b>2175 (580)</b>	<b>1407 (336)</b>	<b>1819 (588)</b>

## Comunidades de formigas como indicadores de sistemas de uso do solo

As formigas são animais dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres, tanto em número de espécies quanto em biomassa, chegando a ter quatro vezes mais biomassa do que todos os vertebrados, incluindo pássaros, mamíferos, anfíbios e répteis juntos. Além disso, elas podem desempenhar importantes funções nos processos ecológicos, como dispersão de sementes, predação, herbivoria, ciclagem de nutrientes, estruturação física e química do solo, proteção de plantas contra herbívoros, além da sua interação com diversos grupos de organismos. Nesse sentido, as formigas têm sido utilizadas por muitos anos como potenciais indicadores ecológicos com o objetivo de monitorar e avaliar a biodiversidade associada ao uso da terra (SUT) pelo homem (Andersen, 1990; Lobry de Bruyn, 1999; Zanetti et al., 2005; Lacau et al., 2008; Silva et al., 2007), a recuperação do meio ambiente em áreas antropizadas (Majer, 1983; Majer, 1992; Majer, 1996), determinar os efeitos da fragmentação e isolamento da floresta nativa (Vasconcelos, 1999; Carvalho e Vasconcelos, 1999; Vasconcelos et al., 2001; Marinho et al., 2002; Santos et al., 2006; Dias et al., 2008; Braga et al., 2008) entre outros.

As razões pelas quais as formigas são comparativamente mais apropriadas como bioindicadores são: apresentam abundância e riqueza de espécies locais e globais, possuem muitos táxons especializados, têm ampla distribuição geográfica, são facilmente amostradas e, em geral, facilmente separadas em morfo-espécies, além de serem sensíveis a mudanças ambientais (Alonso, 2000). Por isso, a comunidade de formigas foi utilizada para verificar o efeito de diferentes intensidades de uso da terra da Amazônia Ocidental, buscando propor técnicas de manejo agroflorestal que permita manter ou aumentar a capacidade produtiva local, minimizando perdas da biodiversidade.

A hipótese testada foi a de que a diversidade de formigas diminui com a redução da complexidade estrutural da vegetação. A coleta dos formicídeos foi feita de acordo com o protocolo internacional de Winkler (Bignell et al., 2008), nos cinco diferentes sistemas de uso da terra. Em cada ponto foram coletadas três amostras de 1 m<sup>2</sup> da serapilheira, distantes 10 m uma da outra (Huisling et al., 2008). O material coletado foi transferido para os extratores e mantidos por 72 h para a extração das formigas e outros artrópodes. Todas as formigas foram triadas e identificadas e guardadas no Laboratório de Mirmecologia da UFLA e no Laboratório de Mirmecologia do CEPEC, sob a orientação do Dr. Jacques Delabie.

Foram coletadas 239 espécies de formigas das 11.000 descritas mundialmente, sendo registradas 166 espécies na capoeira, 143 na floresta primária, 85 nas áreas de cultivo agrícola, 82 no sistema agroflorestal e 65 na pastagem, de um total estimado de 200, 186, 136, 138 e 99, respectivamente. Entretanto, quando se considerou um mesmo esforço amostral, verificou-se que o sistema mais rico em espécies foi a floresta primária, que diferiu estatisticamente dos demais. A floresta secundária, o sistema agroflorestal e as áreas de cultivo agrícola foram igualmente diversos, com menor número de espécies que a floresta primária e maior que a pastagem. O mesmo comportamento da riqueza ocorreu com a abundância relativa e com a composição de espécies. Concluiu-se que

a perda de diversidade acima do solo leva também a perda de diversidade de formigas. Assim, os sistemas de uso da terra com vegetação mais complexa são mais diversos em espécies de formigas, portanto devem ser recomendados.

### Estrutura de comunidades de Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera)

Os insetos apresentam-se como uma excelente ferramenta de avaliação dos efeitos das mudanças no uso da paisagem sobre a biodiversidade em função de sua diversidade de espécies, funções ecológicas e especializações de habitat. Esses organismos ocupam praticamente todos os nichos ecológicos disponíveis em um ecossistema florestal, sendo inúmeras as adaptações ao uso dos diferentes recursos alimentares. Muitas espécies de coleóptera são detritívoras e, primariamente, copro-necrófagas como os Scarabaeidae, Aphodiidae, Hybosoridae e Trogidae. Várias famílias são predadoras e compõem, juntamente com as detritívoras, grande parte da diversidade de espécies de Coleoptera associadas ao solo. Essas espécies são importantes para o funcionamento de vários aspectos do ecossistema do solo, como a ciclagem de nutrientes, a incorporação da matéria orgânica no solo, controle biológico, etc.

Com a modificação da cobertura vegetal original da paisagem, e seu uso posterior para agricultura ou pecuária, espera-se a ocorrência de modificações significativas na diversidade de organismos do solo, entre eles os coleópteros. Estas modificações podem causar perdas na qualidade do solo, no seu funcionamento e por fim diminuir a sustentabilidade produtiva em médio e longo prazo da área como um todo.

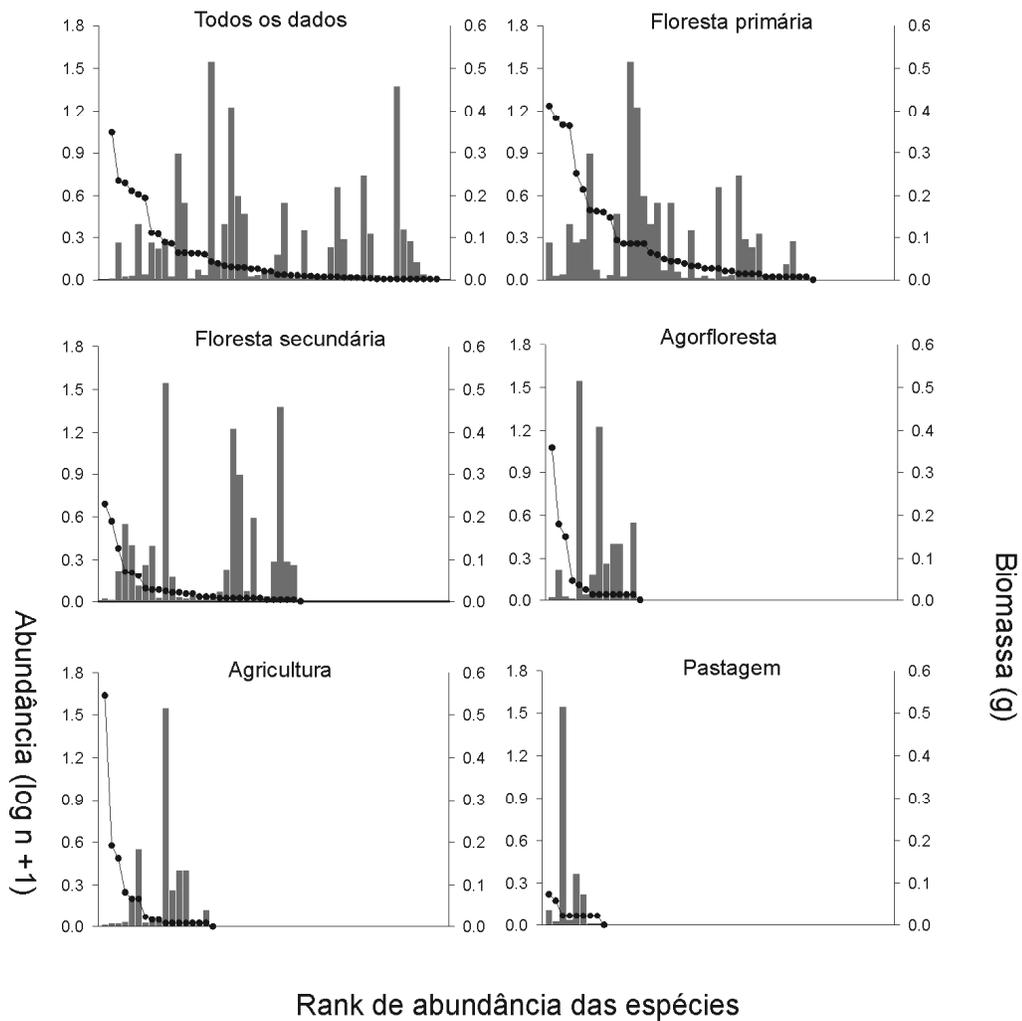
O papel da biodiversidade em sistemas agrícolas tropicais ainda é pouco estudado. No entanto, o conhecimento de tais sistemas é fundamental para a classificação dos sistemas de uso da terra que podem ao menos em teoria incrementar a capacidade produtiva das populações locais sem, contudo, alterar demasiadamente a biodiversidade associada ao solo. Na busca por esse conhecimento focamos nosso estudo nos coleópteros escarabeíneos (Coleoptera, Scarabaeidae), por se tratarem de insetos intimamente ligados a processos de incorporação de detritos, revolvimento do solo e dispersão secundária de sementes.

A hipótese levantada foi a de que a diversidade de escarabeíneos diminui com a redução da complexidade estrutural da vegetação. A coleta dos insetos foi realizada com armadilhas do tipo pitfall, iscadas com fezes humanas nos postos de amostragem do projeto BiosBrasil. Foram coletados 3.048 indivíduos, distribuídos em 50 espécies, 15 gêneros e 6 tribos. Foi avaliada a abundância, riqueza, similaridade e composição de espécies. Os sistemas de uso do solo mostraram diferença significativa quanto à distribuição de abundâncias das comunidades. A floresta primária (PF) foi a que apresentou o padrão de distribuição mais equitativo e manutenção de espécies de grande tamanho corpóreo em todo o espectro de abundâncias (Figura 3). À medida que o sistema se torna mais antropizado observam-se alterações significativas na estrutura de abundâncias e biomassa das espécies presentes. No gradiente entre floresta secundária (SF), agrofloresta (AF) e agricultura (AG) observa-se um nítido aumento na dominância de poucas espécies de pequeno tamanho corpóreo e diminuição na

diversidade total (Figura 3). Na pastagem (PA) ocorre praticamente uma ruptura com a tendência anterior e mesmo espécies de tamanho corpório pequeno são raras, quando comparadas aos outros sistemas de uso.

Quanto à similaridade das espécies, floresta primária (FP) e floresta secundária (FS) apresentaram um índice de 70%, e a agrofloresta (AF) e a agricultura (AG) alcançaram 80% de similaridade na composição específica. Os sistemas de AF e AG apresentam riqueza de espécies de escarabeíneos semelhante, porém em patamares inferiores a da FP e FS, confirmando a associação entre a estrutura vegetal, intensidade de uso e riqueza da comunidade de escarabeíneos detritívoros.

O sistema Pasto foi o que apresentou o maior impacto negativo na comunidade de escarabeíneos entre os sistemas de uso avaliados. Pôde-se concluir que sistemas de uso da terra com maior complexidade de vegetação favorecem o aumento da diversidade este grupo animal e provavelmente funções ambientais a estes associados.



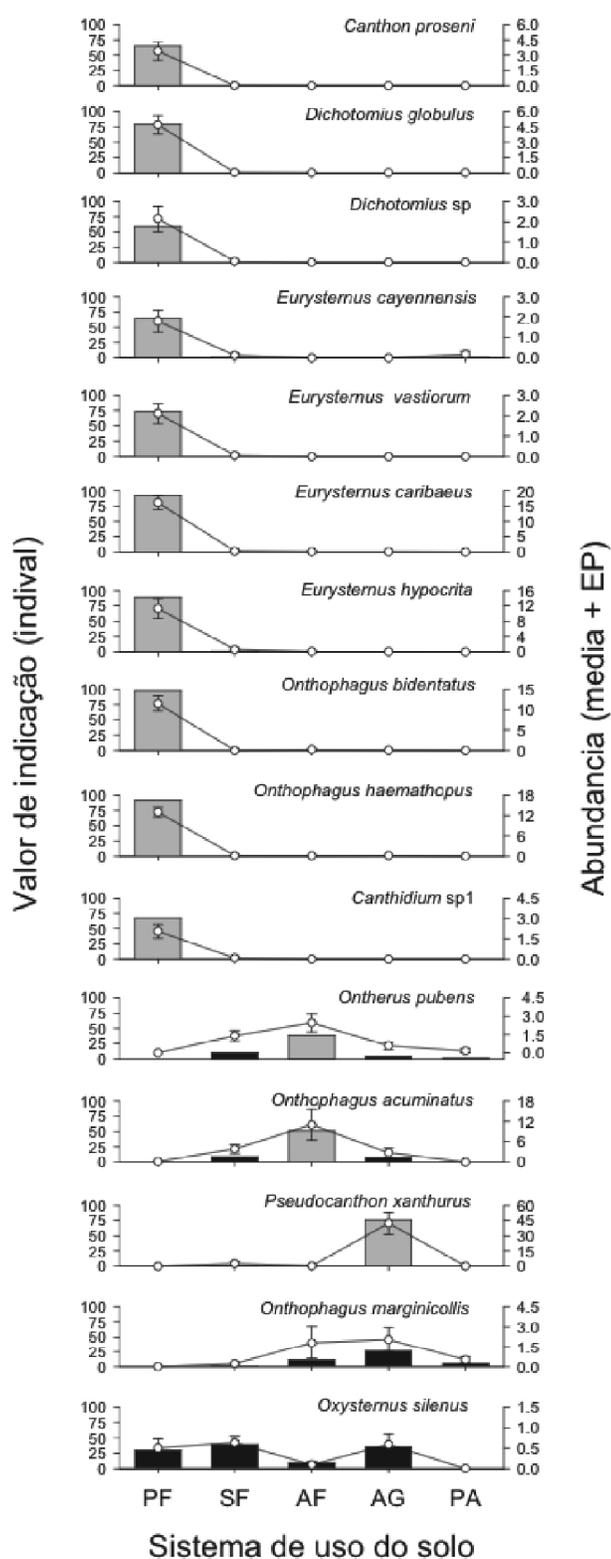
**Figura 3** - Rank de abundância das comunidades de escarabeíneos em cinco sistemas de uso da terra na Amazônia Brasileira. As espécies foram organizadas da mais abundante para a mais rara (curva) em cada padrão de uso e a biomassa média dos indivíduos de cada espécie (indicada no eixo x) é representada pela barra de valores.

As avaliações em nível de comunidade apresentam um padrão bastante claro de simplificação em relação ao gradiente de uso do solo, com alterações na composição e estrutura das comunidades. Entretanto, nem sempre estas alterações são nítidas em nível de espécies. Em função disso, realizamos uma análise do valor de indicação das 15 espécies mais abundantes na região de estudo objetivando avaliar suas respostas individuais ao gradiente de uso.

Nossos resultados mostram que das quinze espécies mais abundantes dez apresentam associação à floresta primária e valores significativos do índice de indicação (INDVAL) (Figura 4), duas espécies apresentaram associação significativa ao sistema agroflorestal e uma espécie ao sistema agrícola.

Notável a inexistência de espécies associadas ao sistema de floresta secundária, evidenciando uma possível ocorrência neste sistema de espécies comuns em outros sistemas de uso da região.

As espécies com valores de indicação significativos em um determinado sistema são também abundantes neste sistema (Figura 4). Logo, podemos concluir que, para este gradiente de uso, a abundância de parte significativa da comunidade está associada a floresta primária e, mesmo que mantenham parte significativa da diversidade de espécies da região, o gradiente de uso induz a alterações significativas na abundância das espécies presentes, sendo a floresta primária aquela que mantém as maiores densidades para as espécies mais frequentes na região.



**Figura 4** - Valores de indicação e abundância para as quinze espécies mais abundantes na área de estudo. Barras de valores em cor cinza indicam valores significativos a 5% de probabilidade em um teste de randomização.

## Cupins (Insecta: Isoptera)

Cupins são insetos sociais que estão entre os detritívoros mais abundantes em florestas e savanas tropicais, desempenhando um papel importante na decomposição do material vegetal e na reciclagem de nutrientes minerais. Eles fazem túneis, cimentam partículas de solo e movimentam material verticalmente, melhorando a estrutura. Os cupinzeiros são elementos estruturais importantes em muitos ambientes, e criam heterogeneidade espacial que pode ser importante na manutenção da biodiversidade. Devido à sua capacidade de modificar a estrutura do seu hábitat, os cupins são considerados engenheiros do ecossistema (Lavelle et al., 1997).

Os cupins foram amostrados em 100 transectos de 20 x 2 m (um transecto por ponto de amostragem) divididos em 4 seções de 5 x 2 m. O protocolo adotado foi o proposto por Jones e Eggleton (2000) e detalhado em Bignell et al. (2008). O material está depositado nas coleções da Universidade de Brasília e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Foram registradas 75 espécies de cupins na área. Existem cerca de 2800 espécies conhecidas no Mundo e 300 no Brasil. Na Amazônia brasileira foram registradas até o momento 238 espécies.

Os resultados estão resumidos na Tabela 3. Como esperado, a diversidade maior foi encontrada na Floresta primária, com 52 espécies. O Sistema capoeira – roça mantém uma parte considerável da diversidade original. A proporção dos grupos funcionais é pouco alterada, indicando que os serviços dos cupins no ecossistema são mantidos. Por outro lado, a fauna da pastagem é completamente distinta, com baixa diversidade e forte alteração em termos de grupos funcionais. O sítio é o pomar próximo das habitações, que sofre forte perturbação tanto pela atividade humana como pela presença de animais domésticos. Embora a diversidade seja baixa, a estrutura da fauna é semelhante à da capoeira e da roça, mas distinta da encontrada na pastagem.

Um gênero novo e duas espécies novas foram encontrados e descritos: *Nhauratermes arue* gen.nov., sp.nov (Constantino e Acioli, 2009); *Labiotermes guasu* (Constantino et al., 2006) e *Ruptitermes* sp. Nov. (Acioli, 2007, Acioli et al., em preparação).

**Tabela 3** - Número de transectos e amostras analisadas em diferentes sistemas de uso da terra (SUT) no Alto Solimões, Amazonas e respectivos número de espécies e índices de diversidade encontrados.

SUT	transectos	amostras	Espécies	Shannon	Simpson	rarefação (100)	Chão	Jackknife 1
Floresta	20	259	52	3.41	0.96	34.4	86.7	74.8
Capoeira	39	471	50	2.91	0.9	26.6	81.8	72.4
Roça	18	229	35	2.8	0.9	25.3	52.3	50.1
Sítio	10	119	15	2.04	0.81	14.3	17.2	18.6
Pastagem	13	203	18	2.01	0.8	14.1	25.3	25.4

## Biodiversidade de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) de importância econômica em plantas hospedeiras

Organismos do solo podem ser considerados aqueles que vivem todo seu ciclo de vida neste ambiente ou somente parte de seu ciclo como é o caso das moscas-das-frutas. A importância deste grupo está relacionada às significativas perdas anuais na produção de várias espécies vegetais, sobretudo frutíferas. Foram analisadas as ocorrências, distribuição geográfica, medida de fauna, delimitações das comunidades e dos diferentes sistemas de uso de solo e a associação das espécies de plantas hospedeiras, estabelecidas na área, com as espécies de *Anastrepha* no período de fevereiro a maio de 2004, utilizando-se armadilha McPhail e coleta de frutos. Foram coletados 371 espécimes de *Anastrepha*, distribuídos em 12 espécies e 9 morfotipos pertencentes a 7 grupos infragenéricos com razão sexual de (rs) 0,55. Foram registrados valores relativamente altos para o número de riqueza ( $S=23$ ), índice de Margalef (3,43), índice de Simpson (0,73) e índice de Shannon (2,5) para região do Alto Rio Solimões. Registrou-se pela primeira vez as espécies *A. belenensis* e *A. dissimilis* para o estado do Amazonas ampliando para 54 o número de espécies assinaladas para a Amazônia brasileira e 36 para o Amazonas. *A. obliqua* e *A. striata* foram as espécies mais frequentes, constantes e dominantes na região do Alto rio Solimões. De acordo com a análise de correspondência a diversidade de plantas hospedeiras está diretamente relacionada com a diversidade de espécies de *Anastrepha* para região do Alto rio Solimões.

## Comunidades de mesoinvertebrados

A mesofauna do solo tem um importante papel na decomposição da matéria orgânica e é constituída por invertebrados menores que 2 mm de comprimento, presentes em todo tipo de solo (Petersen e Luxton, 1982). O objetivo deste trabalho foi estudar a densidade e diversidade desses organismos em diferentes sistemas de uso da terra (SUT) na região do Alto Rio Solimões. Em cada ponto de amostragem coletou-se 3 amostras compostas por 4 subamostras, a 5 cm de profundidade, com uma sonda metálica de 3,5 x 3,5 x 10cm conforme método padronizado do projeto (Karyanto et al., 2008). A mesofauna foi extraída através do método de Berlese-Tullgren (Morais e Franklin, 2008), acondicionada em álcool 70%. A maior densidade foi registrada em floresta secundária (29.776 ind.m<sup>-2</sup>), seguida por pastagem (11.232 ind.m<sup>-2</sup>) (Tabela 4). Os grupos dominantes foram: Formicidae (27.874 ind.m<sup>-2</sup>), Acari Oribatida (18.480 ind.m<sup>-2</sup>) e Collembola (9.360 ind.m<sup>-2</sup>). Acari Oribatida foi dominante em pastagem (7.072 ind.m<sup>-2</sup>) ( $F = 10,788$ ;  $p < 0,001$ ) e as formigas em todos os outros sistemas, mas sem diferença significativa. A densidade de Collembola foi maior na floresta secundária (5.632 ind.m<sup>-2</sup>) ( $F = 7,64$ ;  $p < 0,001$ ). A alta densidade de Acari Oribatida em pastagem, provavelmente foi devido à capacidade de algumas espécies se adaptarem mais facilmente a ambientes alterados. Na Amazônia foi registrada alta concentração de Acari Oribatida (*Archeozetes* e *Allonothus*) em áreas com condições climáticas adversas (Ribeiro e Schubart, 1989, Franklin et al., 1997) e, populações de hábito gregário já foram relatadas, em pastagem de Manaus (Dantas, 1979, Oliveira, 1993). Além disso, fêmeas de *Archeozetes* sp. tendem a produzir alto

número de ovos (Woas, 2002) contribuindo assim para um aumento na sua densidade. Quanto à diversidade foi registrada 21 grupos para floresta secundária, 18 para roça, 15 em pastagem, 14 em sistema agroflorestal e 13 em floresta primária.

Ambientes naturais fornecem muitos serviços ecológicos importantes, como controle de doenças, controle de pragas e manutenção do clima. As diferentes formas de uso da terra acarretam mudanças em diversos organismos. Assim, o uso da terra deve estar associado à manutenção de condições semelhantes às naturais. Neste estudo, foi observado que sistemas agroflorestais podem manter condições que se assemelham às pastagens para alguns grupos. De maneira semelhante, a roça é um ambiente que mantém as condições favoráveis para organismos que habitam a floresta primária.

**Tabela 4** - Densidade (ind.m<sup>-2</sup>), erro padrão (entre parêntesis) e porcentagem (%) da mesofauna do solo nos diferentes sistemas de uso da terra na região do Alto rio Solimões, Amazonas. F. = floresta; Sist. Agr. = Sistema Agroflorestal. As letras diferentes nas colunas indicam as diferenças entre os tratamentos.

Grupos taxonômicos	F. Secundária	Pastagem	Roça	Sist. Agr.	F. Primária	Total	%
1-Acari Oribatida	6464 (26,31)abc	7072 (119,13)ab	2464 (62,33)b	1968 (57,11)a	512 (7,02)b	18480	28,1
2- Acari Não Oribatida	176 (1,90)	16 (1,23)	224 (11,65)	64 (4,83)	48 (1,33)	528	0,8
3-Collembola	5632 (27,69)a	784 (14,53)b	528 (7,76)b	2272 (60,63)a	144 (3,00)b	9360	14,2
4- Isopoda	96 (1,08)	16 (1,23)	32 (1,23)	0,0 (-)	0,0 (-)	144	0,2
5- Symphyla	752 (3,92)a	16 (1,23)b	128 (3,26)c	128 (8,10)c	0,0 (-)b	1024	1,6
6- Araneida	176 (1,40)	80 (2,25)	16 (0,90)	80 (3,53)	32 (1,12)	384	0,6
7- Diplura	464 (4,37)	0 (-)	208 (5,51)	0,0 (-)	32 (1,12)	704	1,1
8-Neuroptera imaturos	48 (1,20)	0 (-)	16 (0,90)	0,0 (-)	0,0 (-)	64	0,1
9- Palpigradi	16 (0,40)	0,0 (-)	0,0 (-)	0,0 (-)	0,0 (-)	16	0,1
10-Pseudoscorpionida	80 (1,64)	0,0 (-)	0,0 (-)	0,0 (-)	16 (0,81)	96	0,1
11-Hemiptera adultos	464 (2,50)	64 (2,80)	48 (1,46)	80 (3,53)	144 (2,75)	800	1,2
12-Hemiptera imaturos	16 (0,40)	0,0 (-)	32 (1,23)	0,0 (-)	0,0 (-)	48	0,1
13-Thysanoptera	32 (0,53)	32 (1,67)	32 (1,79)	0,0 (-)	0,0 (-)	96	0,1
14-Coleoptera adultos	1040 (5,28)b	64 (2,80)a	320 (5,83)c	144 (4,98)c	288 (3,52)c	1856	2,8
15-Coleoptera imaturos	416 (2,90)	16 (1,23)	48 (1,46)	64 (4,83)	16 (0,81)	560	0,9
16-Diptera adultos	464 (2,43)	48 (2,66)	352 (6,98)	384 (13,75)	160 (2,5)	1408	2,1
17-Hymenoptera	64 (1,26)	0,0 (-)	64 (2,09)	96 (6,38)	0,0 (-)	224	0,3
18-Microlepidoptera	464 (3,19)	80 (2,25)	256 (4,83)	240 (7,17)	144 (3,00)	1184	1,8
19-Ephemeroptera	32 (0,80)	16 (1,23)	0,0 (-)	16 (1,58)	0,0 (-)	64	0,1
20-Formicidae	12336 (41,37)	2656 (51,13)	4560 (46,64)	2656 (95,86)	5616 (27,76)	27824	42,2
21-Isoptera	544 (7,15)	272 (13,74)	80 (2,55)	80 (7,90)	16(0,81)	992	1,5
<b>TOTAL</b>	<b>29776</b>	11232	9408	8272	7168	65856	100

## Nematoides

Os nematoides constituem o grupo de animais mais abundantes e um dos mais diversificados da terra, podendo ser encontrados em qualquer ambiente onde haja fonte de carbono orgânico, incluindo regiões polares, oceanos, água doce, solo, superfície de rochas, no corpo de animais e tecidos vegetais. As estimativas do número de espécies variam de 100 mil a um milhão, sendo que até o momento menos de 30 mil são conhecidas pela ciência. No solo destacam-se, os parasitas de plantas, os bacteriófagos, os micófitos, os predadores e os onívoros (Cares e Huang, 2008a). Mesmo sendo microscópicos na sua maioria, os nematoides contribuem para a manutenção da fertilidade do solo, por meio da mobilização e ciclagem de nutrientes (Procter, 1990) e por apresentar funções tróficas diferenciadas, estão representados em todos os elos da cadeia alimentar do solo.

Por ocorrerem em comunidades poliespecíficas com estrutura trófica diversificada, em que cada espécie responde de maneira diferenciada a distúrbios do ambiente, por apresentarem ciclo de vida relativamente curto e por sua onipresença, os nematoides podem ser tomados como bioindicadores das condições ambientais em praticamente qualquer ecossistema do planeta.

A amostragem e demais procedimentos para extração e preparo de espécimes seguiram o protocolo estabelecido por Huising et al. (2008) e Cares e Huang (2008b). Foram coletadas 97 amostras compostas de solo em (16 em floresta primária, 06 em floresta secundária, 34 em capoeira recente, 09 em pomares mistos de frutíferas perenes, 19 em culturas como mandioca, banana e milho e 13 em pastagem de gramíneas tropicais). A diversidade foi avaliada pelo número de gêneros; índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Shannon e Wiener, 1949) e índice de diversidade de Simpson ( $D_s$ ) (Simpson, 1949). Avaliou-se também a abundância total dos nematoides e a abundância relativa dos grupos tróficos (Yeates et al., 1993).

Foram identificados 82 gêneros de 36 famílias pertencentes aos cinco grupos tróficos de nematoides de solo, sendo que os parasitas de plantas foram dominantes em todos os sistemas de uso da terra. Tomando a floresta primária como referência, os sistemas de uso da terra afetaram a comunidade de nematoides. Porém, os impactos mais marcantes foram observados na pastagem, onde a redução na diversidade contrastou com o aumento na abundância total. A diversidade trófica foi mais reduzida principalmente nos sítios de frutíferas, capoeiras recentes e nas pastagens, onde os parasitas de plantas dominaram a comunidade.

## Nematoides e fungos entomopatogênicos

Nematoides entomopatogênicos: após insucesso numa primeira coleta realizada nos meses de março e abril de 2004, devido provavelmente à consistência muito dura das amostras, o que tornou impossível o isolamento dos nematoides, foi realizada uma segunda coleta no mês de outubro do mesmo ano. As amostras foram coletadas

na profundidade de 0-20 cm, consistindo de amostras compostas de 6 subamostras coletadas ao redor de cada ponto de amostragem num total de 96 pontos. Para o isolamento dos nematoides entomopatogênicos, as amostras foram colocadas imediatamente após a coleta em caixas de plástico contendo larvas de *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae), hospedeiro comumente utilizado em estudos desta natureza (Moino Jr e Cavalcanti, 2008). A mortalidade das larvas foi verificada do quinto até o sétimo dia de armazenamento. As larvas mortas foram colocadas em dispositivos para coleta de nematoides (armadilhas de White), para coletar juvenis infectantes do cadáver. Os nematoides coletados foram lavados com água esterilizada e solução de Ringer passando através de peneiras com malha de 200 e 500 mesh, onde foram retidos. Os nematoides foram armazenados na concentração de 10.000/mL em solução de Ringer em recipientes fechados de 50 mL, à temperatura de aproximadamente 11°C. Foi possível isolar cinco populações de nematoides entomopatogênicos do gênero *Heterorhabditis* (Nematoda: Heterorhabditidae) das amostras 5, 41 e 61 (de floresta de Guanabara II janela 1, e de Nova Aliança janelas 3 e 4, respectivamente), 64 (capoeira jovem de Nova Aliança, janela 4) e 71 (capoeira jovem de Nova Aliança, janela 5). As amostras isoladas destes nematoides foram identificadas ao nível de espécie durante o segundo semestre de 2005, na Universidade da Flórida/USA, com a ajuda do Dr. Kuong Nguyen, orientando a então estudante de doutorado da UFLA Vanessa Andaló, participante do projeto. De acordo com estudos morfológicos e moleculares este nematoide foi descrito como uma nova espécie: *Heterorhabditis amazonensis* n. sp. (Andaló et al., 2006). Esta foi uma importante descoberta, por se tratar de um caso raro de nematoide entomopatogênico isolado no Brasil, oriundo da região Amazônica, e que parece, em função de estudos posteriores ainda não publicados, prevalecer numa grande área do território nacional e também em direção à América Central.

Para os fungos entomopatogênicos trabalhou-se com aliquotas de 1 g de cada amostra originalmente coletada para o isolamento de nematoides, armazenadas a 4-8 °C, em diluições sucessivas de até 10.000 vezes ( $10^{-4}$ ) em água destilada esterilizada. Aliquotas de 0,1 mL das diluições  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  de cada amostra foram repicadas para meio seletivo BDA (batata-dextrose-ágar) com fungicida Dodine. Esta metodologia é uma modificação do método aplicado aos fungos saprofíticos e patogênicos. Os fungos identificados com base em chaves taxonômicas e características culturais, principalmente *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* e algumas espécies de *Isaria* (= *Paecilomyces*) através de microscopia óptica foram armazenados na forma de conídios em tubos Eppendorf em condições de "freezer" e também em água destilada esterilizada (método Castalani). Os fungos entomopatogênicos oriundos das larvas de *G. mellonella* utilizadas para o isolamento de nematoides, mas naturalmente infectadas por esses microrganismos, também foram isolados pela mesma metodologia.

## Microfungos

Microfungos do solo representam um dos principais grupos funcionais, sendo responsáveis por doenças de plantas, decomposição de material orgânica e ciclagem de nutrientes, além de interagir em uma rede complexa com vários organismos, incluindo bactérias, actinomicetos e pequenos invertebrados. O conhecimento sobre a estrutura e composição das comunidades fungicas, sobre a identidade e frequência de fungos patogênicos e seus antagonistas é crucial na agricultura e no manejo de doenças. A avaliação de conjuntos preditores, que incluem fitopatógenos e seus antagonistas, são indicados como uma alternativa razoável para estimar a diversidade de microfungos do solo se um estudo de longo prazo não for viável. No momento, não há pesquisas sobre microfungos do solo com a precisa identificação de espécies que permitiria um quadro confiável das comunidades presentes em sistemas florestais e em solos agrícolas nos trópicos. O objetivo deste trabalho foi elaborar e testar metodologias para avaliação de microfungos do solo e realizar o inventário de sítios com um gradiente de utilização de usos da terra. Uma técnica avançada de lavagem de partículas, combinada com o uso de meios de cultura específicos contendo antibióticos e inibidores de crescimento, foi desenvolvida para avaliar ascometozos anamorficos como *Cylindrocarpon*, *Cylindrocladium*, *Fusarium*, *Lasiodiplodia*, *Verticillium*, *Clonostachys*, *Paecilomyces*, *Trichoderma* e outros (Pfenning e Abreu, 2008). Gêneros alvo como *Pythium* e *Rhizoctonia*, representando outros grandes grupos filogenéticos, foram avaliados pelo uso de técnica com isca. A metodologia proposta permite um inventário rápido da diversidade dos principais patógenos do solo além de avaliar mudanças na dinâmica de populações devido à influência de diferentes sistemas de uso da terra.

Em 3313 partículas do solo, 2140 UFC (Unidades Formadoras de Colônia) foram discriminadas e, até o momento, aproximadamente 120 espécies de fungos identificadas, pertencentes a mais de 70 gêneros. Os cinco gêneros mais frequentes foram *Trichoderma*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Clonostachys* e *Acremonium*. *Trichoderma* e *Clonostachys*, conhecidos como bons antagonistas a patógenos de plantas, tiveram as mais altas de colonização em solos de floresta em comparação com sítios mais perturbados. O gênero potencialmente patogênico *Fusarium* apresentou a mais alta frequência de colonização em solos cultivados com mandioca, banana e sistemas agroflorestais. Áreas sob pastagem tiveram as mais baixas frequências de colonização fúngica quando comparada aos outros sistemas de uso da terra. O gênero *Pythium* apresentou ampla distribuição em todos os tipos de solos investigados, com 25 a 81 % das iscas colonizadas. Até o momento, quatro espécies foram identificadas. Os sítios estudados ainda não sofreram profundas intervenções antrópicas. No entanto, os resultados mostraram que a intensificação do uso da terra levou a diferenças nas populações de fungos, com aumento de colonização de gêneros potencialmente patogênicos como *Fusarium* e um efeito oposto em gêneros comumente antagonistas. O solo sob pastagem se revelou o ambiente mais perturbado. Culturas representativas de

todos os gêneros isolados estão depositadas como material de referência na Coleção Micológica de Lavras – CML na Universidade Federal de Lavras. Na segunda fase do projeto, os resultados obtidos pelo método dependente de cultivo, serão comparados aos obtidos por técnicas moleculares independentes de cultivo, baseadas na extração de DNA metagenômico e subsequente análise de fragmentos de genes.

## Fungos micorrízicos arbusculares

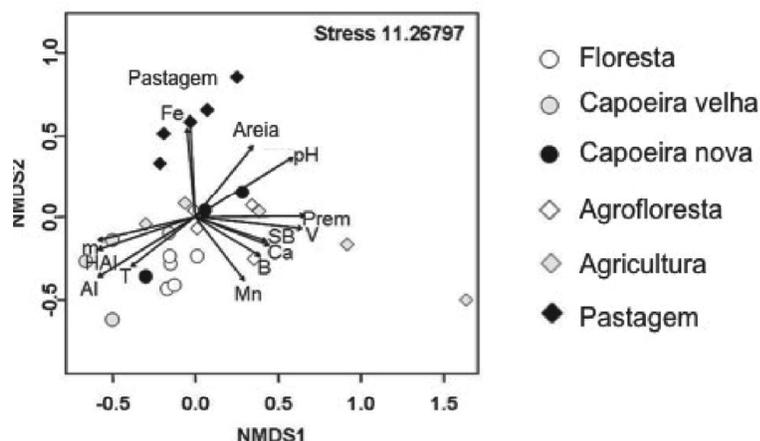
Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (Filo Glomeromycota) são importantes componentes da biota do solo estabelecendo simbiose endomicorrízica com 90% das famílias de plantas e participando ativamente de diversos serviços nos ecossistemas. Os FMAs desempenham papel crucial na absorção de nutrientes, principalmente fósforo, por parte das plantas hospedeiras, na mediação das relações competitivas entre as plantas e na agregação do solo. De cada amostra composta obtida em cada ponto amostral, 100 ml de solo foi submetido a peneiragem úmida e gradiente de sacarose para extração dos esporos, os quais foram montados em lâminas com PVLG e Melzer para identificação. Além disso, dois tipos de culturas armadilhas foram estabelecidas. No primeiro o solo nativo foi mistura com areia estéril (1:1) o qual foi colocado em potes plásticos de 1.5 Kg e semeados com sorgo (*Sorghum sudanense*) e feijão caupi (*Vigna unguiculata*). No segundo o solo nativo não foi misturado junto à areia, com cerca de 200 g do solo nativo puro disposto como uma camada, sobre a areia, em cada vaso e as plantas iscas foram braquiária (*Brachiaria decumbens*) e soja perene (*Neonotonia wightii*). Após 4 meses, os esporos foram extraídos e identificados. Detalhes dos métodos aplicados neste estudo podem ser verificados em Bagyaraj e Stürmer (2008). A diversidade taxonômica de FMA formalmente descrita indica a existência de ca. 230 espécies em dezoito gêneros e oito famílias. No Brasil, os dados publicados de ocorrência de espécies de FMA em ecossistemas naturais e agrícolas indicam 80 espécies de FMA registradas, correspondendo a aproximadamente 35% da diversidade taxonômica total (Stürmer e Siqueira, 2008). A diversidade de FMAs foi avaliada também através da contagem direta e identificação dos esporos recuperados de 98 amostras de campo. Um total de 63 morfotipos foram identificados, dos quais 37 pertenceram ao gênero *Glomus* e 16 ao gênero *Acaulospora* (Stürmer e Siqueira, 2011). Neste estudo, 15.973 esporos foram recuperados e abundância média de esporos por amostra foi de 255 em Pastagem, 233 em Roça, 149 em Agrofloresta, 157 em Capoeira Jovem, 153 em Capoeira Velha e 51 em Floresta. Entre as espécies encontradas, *Acaulospora gedanensis*, *A. foveata*, *A. spinosa*, *A. tuberculata*, *Glomus corymbiforme*, *Glomus sp15*, *Scutellospora pellucida* e *Archaeospora trappei* foram detectadas em todos os sistemas de uso. De maneira geral, os sistemas de uso afetaram as comunidades de FMAs em termos de frequência de ocorrência das espécies fúngicas, na diversidade específica média e na abundância relativa das espécies mais abundantes, mas não afetaram a abundância total de esporos. Nas culturas armadilhas houve uma grande variação na riqueza de espécies independente do sistema de uso (Leal et al., 2009). A menor riqueza foi observada na floresta

(5 espécies), enquanto os demais SUT apresentaram respectivamente: 7 (capoeira velha e agrofloresta), 10 (pastagem), 13 (agricultura) e 14 (capoeira nova). Nestas culturas, 24 espécies foram recuperadas, das quais *Acaulospora delicata*, *A. foveata*, *A. colombiana* (syn. *Entrophospora colombiana*), *Glomus* sp.1 e *Glomus* sp.2 foram as espécies mais abundantes e frequentes. As culturas armadilhas estabelecidas com solos provenientes de sistemas de uso que sofreram interferência antrópica produziram um maior número de esporos do que aquelas estabelecidas com solo de Floresta nativa. Essas culturas armadilhas foram posteriormente utilizadas para testar a eficiência das comunidades fúngicas em promover o crescimento vegetal de feijão caupi (Silva et al., 2009). De todas as comunidades fúngicas testadas, 95% delas aumentaram os teores de fósforo no feijão caupi, embora apenas 39% foram considerados eficientes em termos de aumento da biomassa vegetal. As comunidades mais eficientes foram aquelas originadas de sistemas de Roça e Pastagem enquanto que nenhuma comunidade originada de Agrofloresta foi eficiente.

### Bactérias totais

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do uso da terra sobre a estrutura e diversidade de bactérias do solo. Como a maioria das bactérias existentes no ambiente ainda não pode ser cultivada, técnicas independentes de cultivo foram utilizadas para determinar a composição das comunidades bacterianas. Solo foi amostrado em Benjamin Constant, AM, em seis diferentes sistemas de uso da terra (SUT's): floresta primária, capoeira velha, capoeira nova, agrofloresta, agricultura e pastagem. DNA foi extraído diretamente do solo e utilizado para amplificação do gene 16S rRNA. Cópias desse gene foram submetidas à análise de polimorfismo de fragmentos de restrição terminal (T-RFLP), clonagem e sequenciamento. Os dados foram analisados com técnicas multivariadas e índices de diversidade foram calculados.

Diferenças na estrutura e composição das comunidades de bactérias foram observadas entre os SUT's e puderam ser relacionadas a mudanças nos atributos do solo, especialmente saturação de bases,  $[Al^{+3}]$  e pH, em função do uso da terra (Figura 5). Acidobacteria e Proteobacteria foram os filos mais abundantes e grupos dentro desses filos se distribuíram diferencialmente entre os SUT's. Outros filos também foram distribuídos diferencialmente. Maior número de sequências de Bacteroidetes foi encontrado em áreas de agricultura, enquanto maior número de sequências de Firmicutes e Actinobacteria foi encontrado nas áreas de floresta e capoeira velha. Áreas de pastagem e agricultura estão entre as mais diversas, mostrando que a diversidade de bactérias não foi reduzida nesses SUT's. Conclui-se que o uso da terra foi um fator importante na diferenciação das comunidades e que estas mudanças estão ligadas a alterações nos atributos do solo.



**Figura 5** - Ordenação por análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS) dos perfis de T-RFLP de bactérias do solo sob diferentes sistemas de uso da terra da Amazônia Ocidental. Círculos e losangos representam os pontos de amostragem em diferentes sistemas de uso e os vetores representam as variáveis ambientais. Um vetor aponta na direção de aumento de uma dada variável e seu comprimento representa a força da correlação entre a variável e os escores de ordenação. m, saturação por alumínio; V, saturação por bases; Prem, fósforo remanescente; SB, saturação por bases; HAI, acidez potencial; T, capacidade potencial de troca de cátions (Jesus et al., 2009).

### Bactérias que nodulam Leguminosae (BNL)

A fixação biológica de nitrogênio atmosférico é um dos mais importantes processos biológicos para a manutenção da vida na Terra, pois ela contribui com cerca de 70% do nitrogênio total requerido por sistemas agrícolas e naturais (Burns e Hardy, 1975). A substituição de fertilizantes nitrogenados pela inoculação com estirpes de BNL, selecionadas para alta eficiência e adaptação a condições ambientais, é uma biotecnologia aplicada em alguns países para algumas culturas. No Brasil, a inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*, selecionadas por sua alta eficiência, substituiu totalmente os fertilizantes químicos em soja que é a principal cultura de grãos em termos de área plantada. Devido a utilização desta biotecnologia a produção brasileira de 57 milhões de toneladas em 2004 representou uma economia de cerca de US\$ 2 bilhões. Infelizmente, só a soja se beneficia, em ampla escala deste processo biológico no Brasil, pois cerca de 99% dos inoculantes produzidos são para esta espécie introduzida, apesar de existirem cerca de 2.000 espécies nativas (cerca de 10% do total de espécies existentes no mundo) que ocorrem em diversos ecossistemas brasileiros onde elas representam o principal componente da Flora em termos de diversidade.

As comunidades de BNL no solo são uma importante fonte de estirpes inoculantes para as espécies de leguminosas, principalmente para aquelas que ainda não tem estirpes inoculantes selecionadas. Considerando a importância econômica de espécies da família Leguminosae como: produtoras de grãos, madeira, produtos fitoquímicos e gomas entre outras e ainda, a possibilidade de seu uso como adubação verde para outras culturas não leguminosas, este mercado representa um valor inestimável,

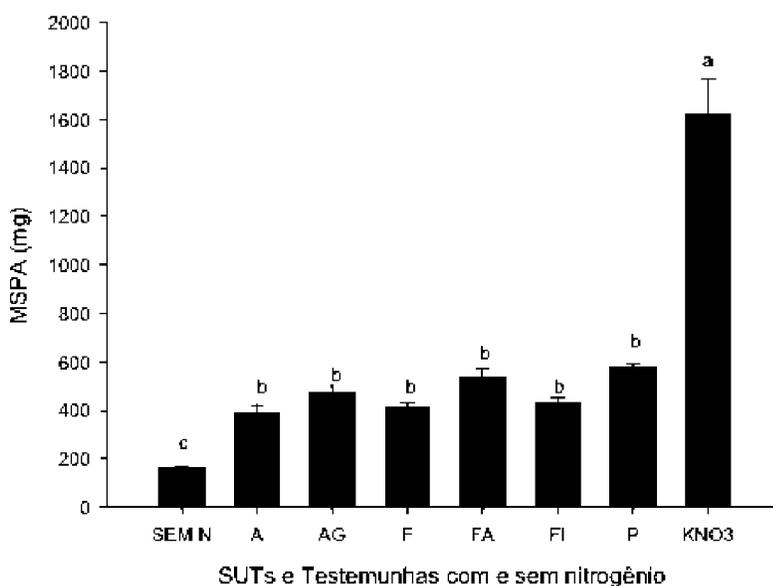
mas, certamente maior que os US\$ 2 bilhões economizados anualmente no Brasil somente com uma das 20.000 espécies. Além disso, a diversidade de BNL nos solos está provavelmente diretamente relacionada com a redundância da FBN que garante sua resiliência quando mudanças nas condições ambientais ocorrem, tais como o aumento na intensidade de uso da terra. Atualmente cerca de 60 espécies de BNL são conhecidas e sabe-se que a diversidade intraespecífica é elevada e que se reflete também na eficiência do processo simbiótico.

Num estudo preliminar objetivou-se verificar o número de isolados necessários para avaliar a diversidade de LNB, estimada através da curva de acumulação e baseando os em várias características culturais se situou entre 60 e 110 por tratamento (Jesus et al., 2005).

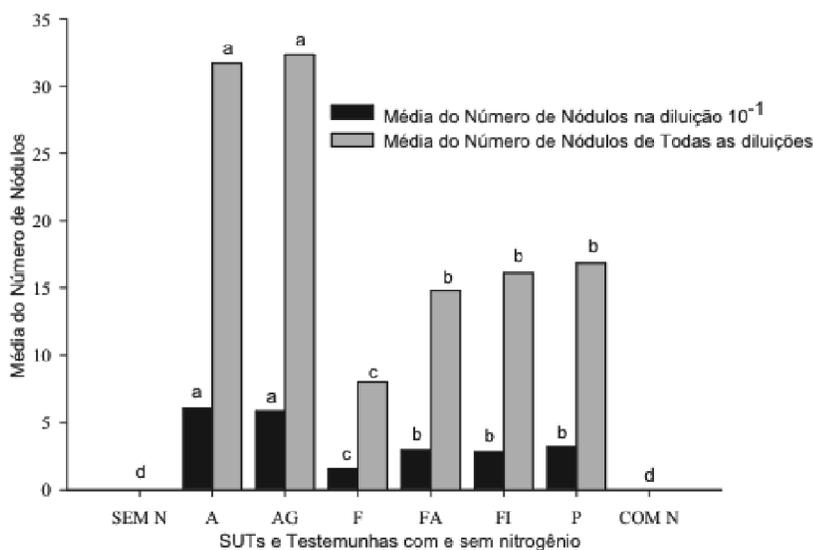
Em março de 2004 foram coletadas amostras de solo de 98 pontos de amostragem compreendendo seis diferentes sistemas de uso da terra distribuídos nas comunidades de Nova Aliança, Guanabara II e cidade de Benjamin Constant. As amostras foram mantidas em câmara fria a 4° C até análise. Foram utilizadas como espécies iscas de LNB as leguminosas promíscuas: siratro (*Macroptilium atropurpureum*), feijão caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação no Laboratório de Microbiologia de Solo da UFLA para avaliar a densidade, eficiência e diversidade das populações e isolados de LNB de acordo com a metodologia descrita em Moreira (2008). Apesar do feijão caupi ter capturado a maior diversidade de tipos culturais em relação a siratro e feijão, o siratro também capturou uma diversidade elevada e foi a única espécie a capturar LNB em todos os pontos de amostragem.

Siratro foi cultivado em sacos plásticos com as amostras de solo para determinação do Número Mais Provável (Most Probable Number Enumeration System – MPNES) e para captura de LNB que nodulam o siratro. O experimento constituiu de 2100 sacos plásticos com solução nutritiva isenta de nitrogênio na forma combinada (Lima et al, 2009). Populações de bactéria fixadoras de nitrogênio nodulíferas de siratro estão presentes em solos sob todos os SUT, e independentemente desses, foram eficientes na promoção do crescimento das plantas de siratro (Figura 6).

Os valores de NMP encontrados variaram de  $3,6 \times 10^0$  células a  $4 \times 10^4$  células por grama de solo e encontraram-se dentro do limite de confiança do programa Most Probable Number Enumeration System – MPNES (Bennett et al., 1990). Estes números se encontram na faixa encontrada obtida outros trabalhos também usando siratro como planta isca (Bonetti et al., 1984; Pereira, 2000; Jesus et al., 2005). Devido à grande variabilidade entre os dados, não houve diferença entre as áreas estudadas pelo teste de Scott-Knott o que é indicado também pela sobreposição do intervalo de confiança. As médias de número de nódulos da diluição  $10^{-1}$  (NN) e do número de nódulos total (em todas as diluições) diferiram entre os SUT e com a mesma tendência nos dois casos, ou seja, menores valores na floresta e maiores para agro-floresta e agricultura (Figura 7).



**Figura 6** - Matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de siratro induzidas por populações de BNL em amostras diluídas ( $10^{-1}$ ) dos solos sob diferentes sistemas de uso da terra (SUT) Agrofloresta (AF), Agricultura (AG), Floresta Tropical (F), Floresta Secundária Estágio Avançado de Regeneração (FA), Floresta Secundária Estágio Inicial de Regeneração (FI) e Pastagem (P) na Região do Alto Solimões – AM. Testemunha sem N e sem inoculação (testemunha absoluta) (SEM N) testemunha com nitrogênio mineral, 70 mg de nitrogênio N-  $KNO_3$  (COM N). Letras iguais indicam que não houve diferença pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade (Lima et al., 2009).



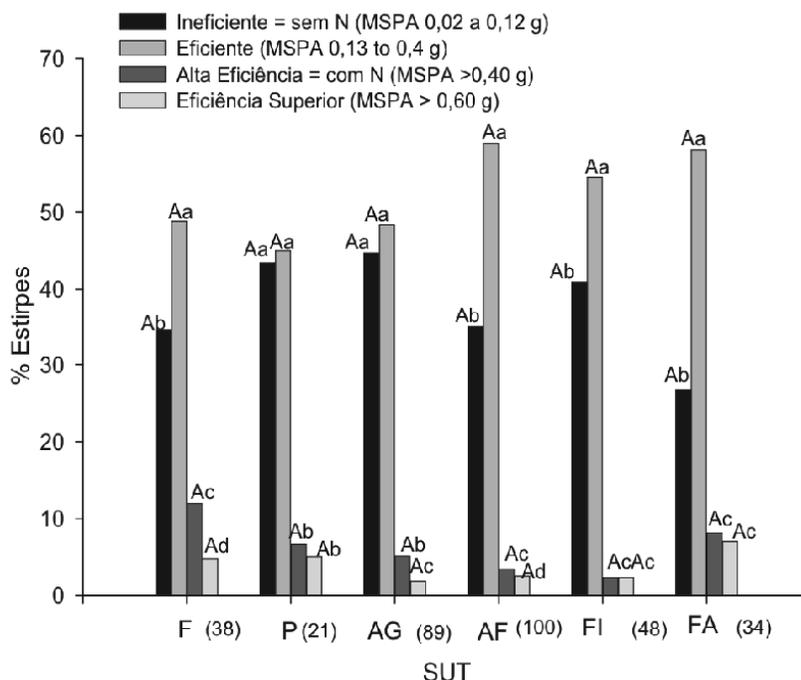
**Figura 7** - Média do número de nódulos das plantas de siratro induzidas por populações de BNL em amostras da diluição  $10^{-1}$  e de todas as diluições –  $10^{-1}$  a  $10^{-7}$  dos solos sob diferentes sistemas de uso da terra (SUT): Agrofloresta (AF), Agricultura (AG), Floresta Tropical (F), Floresta Secundária Estágio Avançado de Regeneração (FA), Floresta Secundária Estágio Inicial de Regeneração (FI) e Pastagem (P) na Região do Alto Solimões – AM. Testemunha sem N e sem inoculação (testemunha absoluta) (SEM N) testemunha com nitrogênio mineral, 70 mg de nitrogênio N-  $KNO_3$  (COM N). Letras iguais indicam que não houve diferença pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade (Lima et al., 2009).

Foram obtidos 1.890 isolados em cultura pura, combinando as características de pH e tempo de aparecimento das colônias, foram encontrados 5 tipos culturais principais nos diferentes sistemas de uso da terra, que possuem características semelhantes aos gêneros dos rizóbios, podendo ser um indicativo da presença destes gêneros nos diferentes SUT's estudados. A combinação de outras características culturais indicou uma riqueza de 12 tipos na floresta, 46 na agricultura, 48 na agrofloresta, 24 na capoeira velha, 28 na capoeira nova e 29 na pastagem.

O maior número de isolados foi obtido na agricultura e o menor número de isolados, na floresta primária. Como todos os nódulos do siratro foram utilizados para o isolamento, e de cada nódulo obteve-se apenas um isolado, então pode relacionar o baixo número de isolados à baixa densidade, e conseqüentemente a uma baixa frequência de nodulação, o que foi observado notadamente na Floresta.

Com o objetivo de avaliar a eficiência de isolados de BNL capazes de estabelecer simbiose com siratro (*Macroptilium atropurpureum*), como planta isca, nos diferentes sistemas de uso, também na casa-de-vegetação do Laboratório de Microbiologia do Solo – DCS – UFLA foram montados 3 experimentos: de janeiro a fevereiro de 2006, em garrafas “long neck” (350 mL) escuras e recicladas.

Um total de 340 estirpes BNL foram capazes de estabelecer simbiose com o siratro, sendo que foram autenticadas, no primeiro experimento com 52 isolados; 49 isolados nodularam e três não nodularam siratro. No segundo, 163 isolados com; 153 isolados nodularam e nove não nodularam siratro. E finalmente, no terceiro dos 145 isolados inoculados, 137 isolados nodularam e oito isolados não nodularam o siratro. Também não foi verificada a presença de nódulos nas testemunhas com e sem nitrogênio, comprovando que não houve contaminação dos experimentos. As MSPA das testemunhas sem inoculação e com e sem nitrogênio nos três experimentos foram semelhantes, e as estirpes tipo e de referência também não variaram entre os experimentos, indicando que os experimentos, apesar de terem sido conduzidos em épocas diferentes, tiveram um desempenho semelhante. A maioria das estirpes estudadas mostrou-se promissora para a produção de inoculantes, independentemente dos sistemas de uso da terra, podendo contribuir para aumentar a produção de grãos e reduzir os custos com fertilizantes nitrogenados no Brasil, pois proporcionou boa nodulação, com aumento no rendimento de matéria seca da parte aérea (MSPA) (Figura 8).



**Figura 8** - Porcentagem (%) de estirpes de BNL capazes de nodular o siratro sob condições axênicas por categoria de eficiência (ineficiente = igual ao controle sem nitrogênio mineral; eficiente = maior que o controle sem nitrogênio mineral e menor que o controle com nitrogênio mineral; alta eficiência = igual ao controle com nitrogênio mineral; superior = maior que o controle com nitrogênio mineral) em cada Sistema de Uso da Terra (SUT): Floresta Tropical (F), Floresta Secundária Estágio Avançado de Regeneração (FA), Floresta Secundária Estágio Inicial de Regeneração (FI) e Pastagem (P) na Região do Alto Solimões – AM. Entre parênteses são o número total de estirpes em cada SUT em um total de 340 estirpes para todos os SUT. Letras Maiúsculas comparação entre SUT na mesma categoria de eficiência e letras minúsculas diferença de categoria de eficiência no mesmo SUT (Lima et al., 2009).

As análises filogenéticas por meio do sequenciamento parcial do 16S rDNA dos 101 isolados BNL que nodularam o siratro representantes dos 112 grupos culturais e que foram eficientes, mostraram que o siratro foi capaz de capturar bactérias de vários gêneros, verificando-se uma grande diversidade entre os isolados (Lima et al., 2009).

A alta diversidade de isolados encontrada confirmou a promiscuidade da espécie *Macrotillium atropurpureum* L. em estabelecer simbiose com diferentes espécies de bactérias que nodulam leguminosas. Salienta-se a ocorrência de diversos gêneros de bactérias que ainda não foram relatados como sendo formadores de nódulos em leguminosas.

## Considerações finais

Apesar de fatores edáficos físicos e químicos limitantes, todos os grupos biológicos estudados apresentaram alta diversidade na área estudada e foram bons indicadores de mudanças associadas ao uso da terra. A Pastagem foi o sistema de uso com atributos físicos e químicos mais dissimilares em relação aos demais e que refletiram

degradação física e química acentuada. A diversidade de espécies vegetais neste SUT foi menor que a da floresta e capoeiras, mas quase similar a agrofloresta e agricultura. Provavelmente a atuação conjunta da biodiversidade acima do solo e dos atributos químicos e físicos contribui para a menor diversidade dos grupos de macrofauna em geral, e especificamente de formigas, cupins e coleópteros assim como nematoides em geral nas pastagens. Interessante notar que nematoides entomo patogênicos só foram isolados de floresta e de capoeiras indicando erosão genética deste importante grupo de controle biológico nos sistemas manejados agrosilvipastoris. Por outro lado, isto indica um janela de oportunidade para sua introdução via manejo apropriado nestes sistemas visando o controle de importantes pragas como as moscas de frutos, entre outras, que ocasionam perdas significativas na produção de várias espécies locais e que ocorrem em grande diversidade relacionada diretamente com seus hospedeiros. De modo geral, para os organismos macroscópicos, maior diversidade foi encontrada na Floresta e capoeiras em relação aos demais evidenciando que o manejo indígena conserva a biodiversidade e que a introdução da pastagem na região tem efeitos deletérios. Este manejo também se reflete na fertilidade do solo. A diversidade de grupos de mesofauna também foi significativamente alterada pelos SUT, mas o menor número de grupos ocorreu na floresta. Dos 21 grupos de mesofauna os mais responsivos a mudanças do uso da terra foram Acari, Collembola, Symphylla e Coleoptera, sendo este último também o mais responsivo da macrofauna. Já, microrganismos como bactérias totais e os microssimbiontes (fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de N<sub>2</sub>) apresentaram resposta diferente apresentando de modo geral maior diversidade nos sistemas manejados, inclusive em pastagens. Isto pode refletir uma maior resiliência e/ou facilidade de dispersão destes grupos, ou ainda no caso dos microsimbiontes uma resposta a maior demanda dos sistemas de uso por nitrogênio e fósforo que é reconhecidamente um fator que estimula estas populações. No entanto não houve relação dos teores de P disponível (Mehlich) e de N total com a diversidade destes grupos, indicando que outros atributos também devem estar relacionados. Um atributo com alta correlação com a estrutura das comunidades de bactérias totais (incluindo as não cultiváveis) com a densidade e eficiência das populações fixadoras de N<sub>2</sub> foi o pH, que apresentou diferenças significativas entre os SUT.

Em todos os grupos foram encontradas espécies novas ou potencialmente novas, algumas das quais já foram e outras estão sendo descritas. Mas ainda restam muitos espécimes que aguardam identificação de especialistas que até o momento não foram encontrados e vários outros aguardam disponibilidade de tempo dos poucos especialistas disponíveis para que sejam identificados. Por outro lado, os resultados apresentados neste capítulo representam apenas uma pequena amostra de conclusões mais relevantes do que já foi publicado e analisado, mas outros resultados do projeto ainda estão sendo analisados e continuarão a ser publicados mesmo após seu término oficial em dezembro de 2009. Ressalta se também que o projeto BiosBrasil contribuiu significativamente para o aumento de importantes coleções de organismos no Brasil não só na Amazônia com em outras regiões do país.

Outra produção importante do projeto foi a formação de recursos humanos em diversos níveis: iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado. Durante os 7 anos de execução do projeto vários alunos participaram galgando diferentes níveis e alguns que começaram como estudantes hoje são professores de universidades, inclusive na Amazônia. Apesar de ser um grande projeto com volume de recursos razoável e envolvimento de relativamente muitos pesquisadores e estudantes, ainda representou pouco considerando a vasta biodiversidade brasileira em seus vários biomas.

## Agradecimentos

Agradecemos às Comunidades de Nova Aliança e Guanabara II da região do Alto Solimões pelo auxílio nos trabalhos de coleta e triagem de material no campo; a Elson Gomes de Souza, Andson Abreu Magalhães, Marlene Aparecida de Souza<sup>(1)</sup> e Manoel Aparecido da Silva<sup>(1)</sup> pelo suporte técnico; ao CNPq, CAPES, FAPEMIG e FAPEAM pelas bolsas dos alunos envolvidos no projeto; ao CNPq pelas bolsas de produtividade de pesquisadores; ao Global Environment Facility (GEF) pelo suporte financeiro e ao United Nations Environment Programme (UNEP) pelo suporte na implementação do projeto. Ao TSBF/CIAT pela coordenação global do projeto.

## Referências

- Acioli, A. N. S. 2007. Revisão Taxonômica e Relações Filogenéticas do Gênero Neotropical *Ruptitermes* Mathews, 1977 (Isoptera: Termitidae: Apicotermitinae). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA/Universidade Federal do Amazonas – UFAM. INPA, Manaus-Am. 136 p.
- Alonso, L. E. Ants indicators of diversity. In: Agosti, D., J. D. Majer, L. F. Alonso & T. R. Schultz. 2000. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution Press, 280 p.
- Andaló, V., K. Nguyen & A. Moino Junior. 2006. *Heterorhabditis amazonensis* n. sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) from Amazonas, Brazil. *Nematology (Leiden)*, v. 8, p. 853-867.
- Andersen, A. N. 1990. The use of communities change in Australian terrestrial ecosystems: a review and a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia, Victoria* 16: 347-357.
- Anderson, J. M. & J. S. Ingram. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. 2 ed., CAB International, Wallingford, UK., 256 p.
- APG [Angiosperm Phylogeny Group] II. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Bot. J. Linnean Soc.* 141: 399-436.
- Bagyaraj, J. D. & S. L. Sturmer. 2008. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF). In: Moreira, F. M. S., E. J. Huising & D. E. Bignell. (eds.) *A handbook of tropical soil biology*. 1. ed. London, UK: Earthscan, p. 131-147.

- Barros, E. 1999. Effet de la Macrofaune Sur la Structure et les Processus Physiques du Sol de Paturages Degradés D'Amazonie. 127 p. Thèse de Doctorat de L'Université Paris VI. France.
- Barros, E., A. Neves, E. Blanchart, E. C. M. Fernandes, E. Wandelli & P. Lavelle. 2003. Soil macrofauna community of Amazonian Agroforestry Systems. *Pedobiologia* 47(3): 267-274.
- Bennett, J. E., P. L. Wooster & R. S. Yost. 1990. User manual for MPNES most-probable-number enumeration system ver. 1. 0. NifTAL project and University of Hawaii.
- Bignell, D. E., R. Constantino, C. Csuzdi, A. Karyanto, S. Konaté, J. Louzada, F. X. Susilo, E. Tondoh, J. E. Zanetti & R. Macrofauna. In: Moreira, F. M. S., E. J. Huising & D. E. Bignell (eds.) 2008. A handbook of tropical soil biology: sampling and characterization of below-ground biodiversity ed. London: Earthscan, p. 43-84.
- Bonetti, R., L. A. Oliveira & F. M. M. Magalhães. 1984. Rhizobium spp. Populations and mycorrhizal associations in some plantations of Forest tree species. *Pesquisa Agropecuária brasileira* 19: 137-142.
- Braga, D., R. Zanetti, J. N. C. Louzada, T. Silva & R. G. Faetti. 2008. Respostas da comunidade de formigas (Hymenoptera: formicidae) ao ecótono eucalipto – floresta em três paisagens de minas gerais In: XXII Congresso Brasileiro de Entomologia, 2008, Uberlândia. *Anais do XXII Congresso Brasileiro de Entomologia*.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. 1977. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB. 19 – Juruá; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 436 p (Levantamento de Recursos Minerais, 15).
- Burns, R. C. & R. W. F. Hardy. 1975. Nitrogen fixation in bacteria and higher plants. Springer-Verlag, New York.
- Cares, J. E. & S. P. Huang. 2008a. Comunidades de Nematoides de Solo sob Diferentes Sistemas na Amazônia e Cerrados Brasileiros. In: Moreira, F. M. S., J. O. Siqueira & L. Brussaard (org.) Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. 1. ed. Lavras, MG: UFLA, v. 1, p. 409-444.
- Cares, J. E. & S. P. Huang. 2008b. Soil nematodes. In: Moreira, F. M. S., E. J. Huising & D. E. Bignell (org.) A handbook of tropical soil biology. 1. ed. London, UK: Earthscan, v. 1, p. 97-106.
- Carvalho, K. S. & H. L. 1999. Vasconcelos. Forest fragmentation in Central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. *Biological Conservation*, Oxford 91(2/3): 151-157.
- Coelho, M. R., E. C. C. Fidalgo, F. O. Araújo, H. G. Dos Santos, M. L. M. Santos, D. Vidal-Pérez, F. M. S. Moreira. 2005a. Levantamento pedológico de uma área-piloto relacionada ao Projeto BiosBrasil (Conservation and Sustainable Management of Below-Ground. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 68).
- Coelho, M. R., E. C. C. Fidalgo, F. O. Araújo, H. G. Dos Santos, M. L. M. Santos, D. Vidal-Pérez, F. M. S. Moreira. 2005b. Solos das áreas-piloto do Projeto BiosBrasil (Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity: Phase I), município de Benjamin Constant, Estado do Amazonas. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67).

- Constantino, R., A. N. S. Acioli, K. Schmidt, C. Cuezco, S. H. C. Carvalho & A. Vasconcellos. 2006. A Taxonomic revision of the Neotropical termite genera *Labiotermes* Holmgren and *Paracornitermes* Emerson (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae). *Zootaxa* 1340: 1-44.
- Constantino, R. & A. N. S. Acioli. 2009. *Ngauratermes arue*, new genus and species of nasute termite (Isoptera: Termitidae) from the Amazon. *Zootaxa* 2239: 22-30.
- Dantas, M. 1979. Pastagens da Amazônia Central: Ecologia e Fauna de Solo. *Acta Amazonica*, Suplemento 9. 54 p.
- Dias, N. S., R. Zanetti, M. S. Santos, J. N. C. Louzada & J. H. C. Delabie. 2008. Interação de fragmentos florestais com agroecossistemas adjacentes de café e pastagem: respostas das comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae). *Iheringia. Série Zoologia* 98: 136-142.
- Fidalgo, E. C. C., M. R. Coelho, F. O. Araújo, F. M. S. Moreira, H. G. dos Santos, M. L. M. Santos & J. Huising. 2005. Levantamento do uso e cobertura da terra de seis áreas amostrais relacionadas ao projeto BiosBrasil (Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity: Phase I), município de Benjamin Constant (AM). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, ISSN 1678-0892; 71).
- Franklin, E. N., J. Adis & S. Woas. The Oribatid Mites. In: Junk, J. (ed.) 1997. *Central Amazon River Floodplains: ecology of a pulsing systems*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag. p. 331-349.
- Higuchi, N., F. C. S. Jardim, J. Santos & J. C. Alencar. 1985. Bacia 3 – Inventário Diagnóstico da Regeneração Natural. *Acta Amazonica* 15: 199-233
- Höfer, H., W. Hanagarth, M. Garcia, C. Martius, E. Franklin, J. Rombke & L. Beck. 2001. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. *European Journal Soil Biology* 37: 1-7.
- Huising, J., R. Coe, J. E. Cares, J. Louzada, R. Zanetti, M. F. S. Moreira, F. Susilo, S. Konate, M. Van Noordwijk & S. P. Huang. Sampling strategy and design to evaluate below-ground diversity. In: Moreira, F. M. S., E. J. Huising & D. E. Bignell (org.) 2008. *A handbook of tropical soil biology*. 1. ed. London, UK.: Earthscan, v. 1, p. 17-42.
- Jesus, E. C., L. A. Florentino, M. I. D. Rodrigues, M. Oliveira & F. M. S. Moreira. 2005. Diversity of leguminosae nodulating bacteria from three different land use systems in Brazilian Western Amazon. *Pesquisa agropecuária brasileira* 40(8): 769-776.
- Jesus, E. C., T. L. Marsh, J. M. Tiedje & F. M. S. Moreira. 2009. Changes in land use alter the structure of bacterial communities in Western Amazon soils. *The ISME Journal* 3: 1004-1011.
- Jones, D. T. & P. Eggleton. 2000. Sampling termite assemblages in tropical forests: Testing a rapid biodiversity assessment protocol. *Journal of Applied Ecology* 37: 191-203.
- Karyanto, A., C. Rahmadi, E. Franklin, F. X. Susilo & J. H. Morais. Soil Collembola, Acari and Other Mesofauna The Berlese Method. In: Moreira, F. M. S., E. J. Huising & D. E. Bignell. (eds.) 2008. *A handbook of tropical soil biology*. 1. ed. London, UK.: Earthscan, p.85-95.
- Lacau, L. S. R., R. Zanetti, J. H. C. Delabie, C. G. S. Marinho & S. Lacau. 2008. Respostas das guildas de formigas (Hymenoptera: Formicidae) às práticas silviculturais. *Agrotropica* 20: 61-72.

- Lavelle, P., D. Bignell, M. Lepage, V. Wolters, P. Roger, P. Ineson, O. Heal & S. Dhillion. 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* 33: 159-193.
- Lavelle, P. & B. Pashanasi. 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia* 33: 283-291.
- Leal, P. L., S. L. Stürmer & J. O. Siqueira. 2009. Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land use systems in the Amazon, Brasil. *Brazilian Journal of Microbiology* 40: 1-11.
- Lima, A. S., R. S. A. Nóbrega, A. Barberi, K. Silva, D. F. Ferreira & F. M. S. Moreira. 2009. Nitrogen-fixing bacteria communities occurring in soils under different uses in the Western Amazon Region as indicated by nodulation of siratro (*Macroptilium atropurpureum*). *Plant and Soil* 319: 127-145.
- Lima, N. H., J. W. B. Mello, C. E. Schaefer, J. C. Ker & A. M. N. Lima. 2006. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30: 59-68.
- Lima-Filho, D. A., J. Revilla, L. S. Coêlho, J. F. Ramos, J. L. Santos & J. G. Oliveira. 2002. Regeneração natural de três hectares de floresta ombrófila densa de terra firme na região do rio Urucú, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 32: 555-570.
- Lobry De Bruyn, L. A. 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agriculture Ecosystems & Environment*, Amsterdam 74: 425-441.
- Majer, J. D. 1983. Ants: bioindicators of mine site rehabilitation, land use and land conservation. *Environmental Management*, New York 7(4): 375-383.
- Majer, J. D. 1992. Ant recolonization of rehabilitation bauxite mines of Poços de Caldas, Brasil. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge 8(1): 97-108.
- Majer, J. D. 1996. Ant recolonization of rehabilitation bauxite mines at Trombetas, Pará, Brasil. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge 12(2): 257-273.
- Margulis, L. & K. V. Schwartz. 1998. *Five Kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*, W.H. Freeman and Company, New York, 497 p.
- Marinho, C. G. S., R. Zanetti, J. H. C. Delabie, M. N. Schlindwein & L. S. Ramos. 2002. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology* 31: 187-195.
- Moino-Jr, A. & R. S. Cavalcanti. Entomopathogenic Fungi and Nematodes. In: Moreira, F. M. S., E. J. Huising & D. E. Bignell (eds.) 2008. *A handbook of tropical soil biology*. 1. ed. London, UK.: Earthscan, p. 179-184.
- Morais, J. W. de, Franklin. Mesofauna do Solo na Amazônia Central Amazon, p 372-408. In: Moreira, F. M. S., J. Q. Siqueira & L. Brussaard (eds.) 2008. *Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros*, Editora UFLA, 768 p.
- Moreira, F. M. S., J. O. Siqueira & L. Brussaard. *Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems*, Wallingford, CABI, 2006. 280 p.

Moreira, F. M. S. & J. O. Siqueira. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 2002. 625 p.

Moreira, F. M. S., J. N. C. Louzada & R. Zanetti (eds.) 2009. Curumim e Cunhantã ajudando a biodiversidade do solo. Editora UFLA, 38 p.

Moreira, F. M. S., J. O. Siqueira & L. Brussaard (eds.) Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros. Editora UFLA, Lavras, 768 p.

Moreira, F. M. S., E. J. Huising & D. E. Bignell (eds.) 2008. A handbook of tropical soil biology. 1. ed. London, UK.: Earthscan, 279 p.

Moreira, F. M. S., E. J. Huising, D. E. Bignell (eds.) 2010. Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade. 1. ed. Lavras, UK.: Editora UFLA, 367 p.

Moreira, F. M. S. Nitrogen-fixing Leguminosae nodulating bacteria. In: Moreira, F. M. S., E. J. Huising & D. E. Bignell (eds.) 2008. A handbook of tropical soil biology. 1. ed. London, UK.: Earthscan, p. 107-128.

Moreira, F. M. S., R. S. A. Nóbrega, E. C. Jesus, D. F. Ferreira, D. V. Pérez. 2010 (2009). Differentiation in the fertility of Inceptisols as related to land use in the upper Solimões river region, western Amazon. Science of total environment 408: 349-355.

Oliveira, E. P. 1993. Influência de diferentes sistemas de cultivos na densidade populacional de invertebrados terrestres em solo de várzea da Amazônia Central. Amazoniana XII: p. 495-508.

Pereira, E. G. 2000. Diversity of rhizobia isolated from different land use systems in Amazon region. PhD Thesis, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil.

Petersen, H. & M. Luxton. 1982. A survey of the main animal taxa of detritus food web. Oikos 39: 293-294.

Pfenning, L. H. & L. M. Abreu. Saprophytic and Plant Pathogenic Soil-fungi. In: Moreira, F. M. S., E. J. Huising & D. E. Bignell (eds.) 2008. A Handbook of Tropical Soil Biology: Sampling and Characterization of Below-ground Biodiversity". Earthscan, London. ISBN 978-1-84407-593-5., p. 149-157.

Procter, D. L. C. 1990. Global overview of the functional roles of soil-living nematodes in terrestrial communities and ecosystems. Journal of Nematology 22: 1-7.

Ribeiro, E. F. & H. O. R. Schubart. 1989. Oribatídeos (Acari: Oribatida) colonizadores de folhas em decomposição sobre o solo de três sítios florestais da Amazônia Central. Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Ser. Zool. 5: 243-276.

Ribeiro, J. E. L. S., M. J. G. Hopkins, A. Vicentini, C. A. Sothers, M. A. S. Costa, J. M. Brito, M. A. D. Souza, L. H. P. Martins, L. G. Lohmann, P. A. C. L. Assunção, E. C. Pereira, C. F. Silva, M. R. Mesquita & L. C. Procópio. 1999. Flora da Reserva Ducke. Guia de Identificação das Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra-firme na Amazônia Central, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 793 p.

Römbke, J., M. Meller & M. Garcia. 1999. Earthworm densities in central Amazonian primary and secondary forest and a polyculture forestry plantation. Pedobiologia 43: 518-522.

- Santos, M. S., J. N. C. Louzada, N. S. Dias, R. Zanetti, J. H. C. Delabie, I. C. Nascimento. 2006. Riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da mata atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia* 96: 95-102.
- Shannon, C. E. & W. Wiener. 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana, University of Illinois. 117 p.
- Silva, G. A., J. O. Siqueira & S. L. Stürmer. 2009. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos sob diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões na Amazônia. *Acta Amazônica* 39(3): 477-488.
- Silva, T. G. M., R. Zanetti, J. N. C. Louzada, S. Lacau & L. S. R. Lacau. 2007. Efeitos de práticas silviculturais sobre a composição da comunidade de formigas de serapilheira de eucaliptais, numa região de Mata Atlântica, MG. In: XVIII Simpósio de Mirmecologia, 2007, São Paulo. Resumos do XVIII Simpósio de Mirmecologia. p. s/n.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163, p. 688.
- Stork, N. E. & P. Eggleton. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal Alternatives Agriculture* 7: 38-47.
- Stürmer, S. L.; Siqueira, J. O. Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Ecossistemas Brasileiros. In: Moreira, F. M. S., J. O. Siqueira & L. Brussaard (eds.) 2008. Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros. Editora UFLA, Lavras, 768 p.
- Stürmer, S. L. & J. O. Siqueira. 2011. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. *Mycorrhiza* 21: 255-267.
- Swift, M. J., O. W. Heal & J. M. Anderson. 1979. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Studies in Ecology 5. University of California Press, Berkeley.
- Tapia-Coral S. C., F. Luizão & E. Wandelli. 1999. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia Central. *Acta Amazônica* 29: 477-495.
- Tian, G., L. Brussaard, B. T. Kang & M. J. Swift. Soil Fauna-mediated decomposition of plant residues under constrained environmental and residue quality conditions. In: Cadish, G. & K. E. Giller (eds.) 1997. *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*. CAB International, UK, p. 125-134.
- Vasconcelos, H. L. 1999. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in Central Amazonia. *Biodiversity and Conservation*, Dordrecht 8(3): 409-420.
- Vasconcelos, H. L., K. S. Carvalho & J. H. C. Delabie. Landscape modifications and ant communities. In: Bierregard Júnior, R. O., C. Gascon, T. E. Lovejoy & R. Mesquita (eds.) 2001. *Lessons from Amazonia: The ecology and conservation of a fragmented forest*. New Haven: Yale University Press, 478 p.
- Velásquez, I. E. 2004. Bioindicadores de calidad de suelo basados en las poblaciones de macrofauna y su relación con características funcionales del suelo. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colômbia, Sede Palmira. 186 p.

Volhland, K. & G. Schroth. 1999. Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in Central Amazonia as affected by plant species and management. *Applied Soil Ecology* 13: 57-68.

Woas, S. 2002. Acari, p. 21-291. In: Adis, J. (ed.) 2002. *Amazonian Arachnida and Myriapoda*. Sofia-Moscow, Pensoft Publishing, 590 p.

Yeates, G. W., T. Bongers, R. G. M. de Goede, D. W. Freckman & S. S. Georgieva. 1993. Feeding habits in soil nematodes families and genera – an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology* 25: 315-331.

Zanetti, R., N. S. Dias, M. S. Santos, M. L. Gomide & J. H. C. Delabie. 2005. Structure of ants communities in different land use systems in Alto Solimões, AM. In: *I Workshop CSM-BGBD Annual Meeting, 2005, Manaus. Annual of I Workshop CSM-BGBD Annual Meeting. v. 1. p. s/n.*