



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA DE INVERTEBRADOS DO
SOLO EM ÁREA DE EMPRÉSTIMO EM RECUPERAÇÃO NA
ILHA DA MADEIRA, ITAGUAÍ, BRASIL**

EMILSON MACIEL DINIZ FILHO

Sob orientação do Professor:
JARBAS MARÇAL DE QUEIROZ

Seropédica – RJ

Janeiro, 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**Caracterização da fauna de invertebrados do solo em área de empréstimo
em recuperação na Ilha da Madeira, Itaguaí, Brasil**

EMILSON MACIEL DINIZ FILHO

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Sob orientação do Professor:

Jarbas Marçal de Queiroz

Seropédica - RJ

Janeiro de 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA DE INVERTEBRADOS DO SOLO EM ÁREA DE
EMPRÉSTIMO EM RECUPERAÇÃO NA ILHA DA MADEIRA, ITAGUAÍ, BRASIL**

MONOGRAFIA APROVADA EM 05/01/2010.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Jarbas Marçal de Queiroz
DCA/IF/UFRRJ
(Orientador)

Doutorando André Barbosa Vargas
DCA/IF/UFRRJ

Prof. Dr. André Felipe Nunes-Freitas
DCA/IF/UFRRJ

Aos meus antepassados, que já se foram e com quem um dia eu voltarei a me encontrar, que deixaram seu legado e exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe e ao meu pai, pela dedicação e esforço com que me criaram fazendo com que eu me tornasse uma pessoa honesta e de bom caráter e por acreditarem em mim;

À minha tia Maria Eliza e ao meu tio Luiz Antônio, por igualmente acreditarem em mim e contribuírem na minha formação pessoal;

À Maíra Morokawa, minha namorada e companheira, pelo amor que sempre me dedicou e pelo companheirismo nos momentos mais difíceis;

Aos meus irmãos, Eduardo e Enrique, pela compreensão nos momentos em que eu possa ter sido injusto e ausente e pela amizade;

Ao meu primo Jairo, pelo incentivo e confiança, e pelo exemplo que sempre foi para mim;

A todos os meus amigos na Universidade Rural que de algum modo contribuíram acrescentando algo a mais na minha caminhada e pela amizade, em especial aqueles com quem convivi durante grande parte da vida acadêmica, Andrezinho, Rafael, Agostinho, Carlos, Bruno, Paulinha, Kleber, Vivian, Carlos Fernando, Ângelo, Marcos Turbay e Mauro;

Ao meu orientador Jarbas Marçal de Queiroz, pela oportunidade de estágio e compreensão;

Aos meus ex-orientadores Francisco Racca Filho e Mariângela Guajará, pela oportunidade e apoio que me deram ao iniciar na entomologia;

Ao meu amigo Pascoal Coelho Grossi, pelo incentivo e apoio quando eu iniciava na entomologia;

Ao laboratório de manejo de bacias hidrográficas pelo apoio oferecido;

A todos que passaram pela minha vida e de algum modo contribuíram para que eu me tornasse um pouco melhor.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a fauna edáfica em uma área degradada em recuperação e avaliar como estes organismos são influenciados por diferentes combinações de espécies vegetais arbóreas que variavam em número e proporção de mudas. Também foi avaliado o potencial da fauna edáfica como bioindicadora e ferramenta de monitoramento de habitats. O trabalho foi desenvolvido no ano de 2005 em uma área com 10,81ha que sofreu remoção de 1.400.000 m³ de substrato em 1979 para construção do Porto de Sepetiba. Foram usadas diferentes combinações de espécies vegetais como tentativa para a reabilitação dos processos ecológicos do ecossistema. Para a captura dos invertebrados do solo foram distribuídos dentro de cada tratamento armadilhas de solo do tipo "pitfall-trap", tendo sido capturados um total de 2708 indivíduos distribuídos em um total de 20 grupos taxonômicos. Em todas as medidas biológicas o grupo mais abundante foi o das formigas com 50,5% do total. Os Colêmbolos formam o segundo grupo mais abundante (19,8%) seguido de Coleoptera (8,2%) e Diptera (7,3%). A comunidade de invertebrados do solo mostrou-se um ótimo bioindicador, notadamente as formigas e os colêmbolos, com grande potencial para ser usado como instrumento de avaliação da qualidade ambiental de determinado ecossistema e para monitorar áreas em processo de recuperação.

Palavras-chave: Fauna edáfica, áreas degradadas, bioindicadores, serapilheira.

ABSTRACT

This study aimed to characterize the soil fauna in a degraded area in reclamation process and to evaluate how these organisms are influenced by different combination of tree species that varied in number and proportion of seedlings, and the potential of soil fauna as a bioindicator and monitoring tool of habitats in rehabilitation process. The study was conducted in an area of 10.81 ha which suffered removal of 1,400,000 m³ of soil profile in 1979 for construction of a large Port. Different combinations of tree species were used in attempt to rehabilitate the ecological processes of the ecosystem. For the capture of soil invertebrates were distributed pitfall traps within each treatment. A total of 2708 individuals were captured in a total of 20 taxa. In all treatments ants were the most abundant group (50,5%). The springtails were the second most abundant group followed by Coleoptera (8,2%) and Diptera (7,3%). The community of soil invertebrates proved to be a good bioindicator, especially ants and springtails, with great potential for use as a tool for evaluating the environmental quality of a particular ecosystem and to monitor reclamation process in degraded areas.

Keywords: Soil fauna, degraded areas, bioindicators, litter.

SUMÁRIO

Lista de figuras	ix
Lista de tabelas	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Recuperação de Áreas Degradadas	2
2.2 Serapilheira	2
2.3 Fauna de Invertebrados do Solo	3
2.3.1 Grupos funcionais	4
2.3.2 Fauna de invertebrados do solo como bioindicadores	4
3. OBJETIVOS	5
4. MATERIAL E MÉTODOS	5
4.1 Caracterização do Local do Estudo	5
4.2 Amostragem da Fauna do Solo	9
4.3 Análise dos Dados	9
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
5.1 Curva do Coletor	10
5.2 Abundância, Diversidade e Estrutura da Comunidade da Fauna do Solo	11
5.3 Grupos Funcionais	13
6. CONCLUSÃO	15
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista aérea da Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. Fonte: Google, 2008.	6
Figura 2. Vista aérea do local de estudo na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. Fonte: Google, 2004.....	6
Figura 3. Croqui da área com a localização das medidas físicas e biológicas. Fonte: RENÓ, 2008.	7
Figura 4. Armadilha de solo tipo “pitfall”.....	9
Figura 5. Disposição das armadilhas de solo dentro de cada tratamento.....	9
Figura 6. Curva do coletor.....	10
Figura 7. Abundância de grupos da fauna do solo nas diferentes medidas biológicas de recuperação na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ	13
Figura 8. Abundância dos grupos funcionais da fauna de solo nas diferentes medidas biológicas de recuperação na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ.	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das espécies vegetais utilizadas nas medidas biológicas segundo VALCARCEL e D`ALTÉRIO, 1998.....	8
Tabela 2. Número de indivíduos que compõem atualmente cada tratamento segundo RENÓ, 2008	8
Tabela 3. Abundância e frequência dos organismos da fauna do solo nas áreas em processo de reabilitação na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ.....	11
Tabela 4. Índice de diversidade de Shannon-Wiener.....	12

1. INTRODUÇÃO

Segundo Noffs (2000), áreas degradadas referem-se a toda área que por ação natural ou antrópica teve suas características originais alteradas além do limite de recuperação natural dos solos, exigindo, assim, a intervenção do homem para sua recuperação. Já o Decreto Federal 97.632/89 define o conceito de degradação ambiental como sendo os “processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade produtiva dos recursos naturais.”

Segundo Oldeman (1994), os principais processos causadores da degradação do solo no mundo são o desmatamento ou remoção da vegetação nativa, o superpastejo das espécies forrageiras, atividades agrícolas com uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, a exploração intensiva da vegetação para fins domésticos e atividade de mineração, sendo que o superpastejo e o desmatamento são os dois processos que mais contribuem para a degradação dos solos no mundo.

Estima-se que hoje no Brasil, 28% dos seus solos estejam degradados ou em processo de degradação, aproximadamente cento e oitenta milhões de hectares, devido ao desmatamento associado ao manejo inadequado do solo (FAO 2008). A mineração não representa grande parcela em extensão, se comparada aos demais agentes degradadores. Sua ocorrência é pontual, limitando-se a pequenas áreas, se comparada à agricultura, por exemplo. Porém causa grande impacto, devido à movimentação profunda das camadas do solo, retirada da vegetação e alteração do regime de escoamento da água (KOBAYAMA *et al*, 2001).

Os principais problemas edáficos encontrados em áreas de empréstimo ou mineradas são a compactação do material exposto, as baixas taxas de infiltração e capacidade de armazenamento de água, a deficiência de oxigênio, a alta resistência à penetração de raízes, o aumento da densidade do solo e a falta de matéria orgânica (MOREIRA, 2004).

No Brasil, a maioria das técnicas empregadas na recuperação de áreas degradadas utiliza espécies vegetais como facilitadoras do processo de recuperação e estabilizadoras de processos erosivos, sendo menos comum a adoção apenas de medidas físicas, e mais comum a utilização de medidas físicas associadas a medidas biológicas ou somente medidas biológicas (FRANCÊS & VALCARCEL, 1995). As medidas biológicas de recuperação de áreas degradadas consistem na recuperação da forma e das funções do ecossistema, onde o papel da vegetação é crucial para a retomada dos processos ecológicos (TIENNE, 2002).

Após o estabelecimento da vegetação é necessário realizar o monitoramento das áreas revegetadas, visando avaliar o avanço no processo de recuperação ambiental e identificar possíveis limitadores. Straalen (1998) enfatiza a importância do uso de bioindicadores (ou indicadores biológicos) e afirma que seu uso repetido em programas de monitoramento pode ser útil para detectar mudanças ambientais num estágio mais cedo ou para avaliar a eficácia de medidas tomadas para melhorar a qualidade do meio ambiente.

A perspectiva de utilização da fauna edáfica como indicador em processos de recuperação ambiental, é decorrente de sua intrínseca relação com as características químicas e teor de matéria orgânica do solo, além de ser citada com capaz de regular toda a biologia do solo. Correia (1997), afirma que a fauna, além de ser agente de condicionamento do solo, sofre efeito e reflete características do *habitat* tanto a nível macro (clima, tipo de solo e fitofisionomia) quanto a nível micro (quantidade/qualidade da serapilheira ou matéria orgânica e tipos de manejo), despontando-se, assim como importante indicador biológico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Recuperação de Áreas Degradadas

A reabilitação de áreas degradadas deve envolver um conjunto de fatores ambientais, cujo objetivo é propiciar condições para que os processos ambientais sejam similares ao da vegetação secundária da região, tanto nos aspectos hidrológicos, fitossociológico, ciclagem de nutrientes, “construção do solo”, filtragem de radiação solar, umidade, microclima e mesofauna dos compartimentos do ecossistema: parte área, serrapilheira e substrato (VALCARCEL & SILVA, 2003).

Os empreendimentos que removem o solo e deixam o substrato litólico exposto provocam profundas modificações no equilíbrio ambiental dos ecossistemas, ocasionando uma demanda de várias dezenas de anos para que o local degradado adquira níveis de equilíbrio homeostático incipiente, pois os substratos remanescentes estão desprovidos de atributos físicos e químicos que permitam a colonização vegetal espontânea. Logo, tais áreas apresentam-se suscetíveis a ação dos processos erosivos (VALCARCEL & D’ALTÉRIO, 1998).

2.2 Serapilheira

O conjunto solo-serapilheira não representa somente alimento para os organismos do solo, mas também o habitat onde estes organismos sobrevivem e se reproduzem (CORREIA & ANDRADE, 1999). Os organismos do solo têm como principais atividades a decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e energia, produção de complexos que causam agregação do solo, abertura de galerias, entre outros.

A diversidade da fauna edáfica está relacionada com a grande variedade de recursos e microhabitats que o sistema solo-serapilheira oferece, uma mistura de fases aquáticas e aéreas altamente compartimentalizadas, gerando um mosaico de condições microclimáticas e favorecendo, portanto, grande número de grupos funcionais associados (LAVELLE *et al* 1992; LAVELLE, 1996 *apud* MOÇO, 2005).

A decomposição da serapilheira é controlada por três principais fatores: o clima, a qualidade da serapilheira e a natureza e abundância dos organismos decompositores (COTEAUX, 2005). A fauna do solo está intimamente associada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, que são de fundamental importância para a manutenção da produtividade do ecossistema (CORREIA, 2002).

A decomposição da serapilheira produzida pela comunidade vegetal é o principal meio de transferência de nutrientes para o solo, possibilitando a reabsorção destes nutrientes posteriormente pelos vegetais vivos. Segundo Merlin (2005), a passagem do material vegetal em decomposição pelo trato digestivo de alguns invertebrados do solo provoca o aumento na concentração de nutrientes nos coprólitos em relação ao recurso inicial, encontrando-se algumas vezes cerca de 40 vezes mais disponíveis nas fezes do que no recurso.

2.3 Fauna de Invertebrados do Solo

Os organismos do solo podem ser classificados com base nas dimensões corporais ou de acordo com sua funcionalidade no ambiente. A maioria dos trabalhos envolvendo fauna do solo tem utilizado os dois parâmetros de classificação.

A microfauna do solo é composta por protozoários, nematóides, rotíferos, pequenos indivíduos do grupo Collembola, Acari e outros, com diâmetro variando de 4 a 100 μm . Estes animais atuam, de maneira indireta, na ciclagem de nutrientes, regulando as populações de bactérias e fungos (WARDLE & LAVELLE, 1997).

Já a mesofauna, é composta por indivíduos dos grupos Araneida, Acari, Collembola, Hymenoptera, Diptera, Protura, Diplura, Symphyla, Enchytraeidae, Isoptera, Chilopoda, Diplopoda e Mollusca, podendo também incluir pequenos indivíduos do grupo Coleoptera (MOÇO *et al.*, 2005). São extremamente dependentes de umidade, movimentando-se nos poros do solo e na interface entre a serapilheira e o solo e atuando na regulação da população microbiana. Neste grupo, Acari e Collembola geralmente dominam em abundância e diversidade. Os colêmbolos são pouco conhecidos e estudados no Brasil, mas exercem importante função detritívora, contribuindo para a decomposição da matéria orgânica e o controle das populações de microrganismos, especialmente dos fungos. Estes organismos constituem um recurso alimentar fundamental para diversos grupos de artrópodes, como também para anfíbios, répteis e aves, além de servir como hospedeiros de bactérias, fungos, microsporídios, coccídeos e nematódeos. Já os ácaros agem principalmente como predadores, controlando as populações de outros organismos no solo, especialmente a microbiota (VAZ DE MELO *et al.*, 2009)

A macrofauna do solo apresenta diâmetro corporal entre 2 e 20 mm e podem pertencer a quase todas as ordens encontradas na mesofauna, excetuando-se Acari, Collembola, Protura e Diplura e incluindo Annelida e Coleoptera. São animais de grande mobilidade e que exercem importante papel no transporte de materiais, tanto para confecção de ninhos e tocas, quanto para construção de galerias que alcançam profundidades variáveis no solo (MOÇO *et al.*, 2005). Estes organismos têm como principais funções a fragmentação do resíduo vegetal e sua redistribuição, a predação de outros invertebrados e a contribuição direta na estruturação do solo (SWIFT *et al.*, 1979, *apud* MOÇO *et al.*, 2005). Entre a macrofauna, os cupins, as formigas, as minhocas e os besouros se destacam, pois atuam não somente como detritívoros, quebrando o material vegetal em frações menores e facilitando a ação decompositora dos microrganismos, mas também agem na formação e estruturação do solo, constituindo um grupo funcional chamado de “engenheiros- do-solo” (VAZ DE MELO *et al.*, 2009).

Em uma área de empréstimo onde ocorre a retirada de toda a camada superficial do solo, há uma recolonização lenta e gradativa pela fauna edáfica conforme a vegetação vai se desenvolvendo e propiciando condições adequadas para que esta fauna se estabeleça. A velocidade desta recolonização e a composição desta comunidade dependerão inicialmente das espécies vegetais utilizadas e os efeitos que essas espécies irão produzir no local.

A fauna do solo melhora significativamente as propriedades físicas e químicas do solo em áreas submetidas a processos de recuperação, porém, a intensidade desta melhoria depende de como a fauna do solo coloniza o substrato, sua taxa de sobrevivência e sua capacidade de manter altas densidades no solo.

A meso e a macrofauna do solo desenvolvem principalmente funções detritívoras e predatórias nas teias tróficas de detritos da serapilheira e do interior do solo. Essas funções ecológicas podem ser associadas a diversos processos como a ciclagem de nutrientes, o

revolvimento do solo, a incorporação de matéria orgânica e o controle biológico de pragas do solo.

2.3.1 Grupos funcionais

Devido aos poucos estudos com a fauna do solo, os estudos realizados com estes organismos têm utilizado uma abordagem voltada para a classificação dos mesmos em grandes grupos (classe, ordem e família) permitindo assim que se analise a funcionalidade destes no solo. A meso e a macrofauna do solo desenvolvem principalmente funções detritívoras e predatórias nas teias tróficas de detritos da serapilheira e do interior do solo. Essas funções ecológicas podem ser associadas a diversos processos como a ciclagem de nutrientes, o revolvimento do solo, a incorporação de matéria orgânica e o controle biológico de pragas do solo.

Segundo Lewinsohn *et al* (2005), a literatura brasileira contém três tipos de estudos de conservação de invertebrados terrestres: (1) avaliação do status e das ameaças para as espécies (listas vermelhas); (2) descrições de ecologia, comportamento e demografia (história natural) de espécies ameaçadas, e (3) discussões sobre o uso de bioindicadores para avaliação e monitoramento de habitats. Nesta terceira categoria este autor destaca que estudos sobre diferentes grupos funcionais e/ou taxonômicos fornecem informações importantes para a conservação efetiva e o uso sustentável dos recursos naturais. Além de atuarem como reguladores da atividade microbiana, os invertebrados do solo agem como fragmentadores do material vegetal e engenheiros do ecossistema, modificando-o estruturalmente (LAVELLE, 1996). De acordo com Lavelle *et al.*(1992), a interação da fauna de solo com microrganismos e plantas é capaz de modificar funcionalmente e estruturalmente o sistema de solo, exercendo uma regulação sobre os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes.

2.3.2 Fauna de invertebrados do solo como bioindicadores

Estudos têm sido feitos visando avaliar o comportamento dos organismos do solo em ambientes degradados e como estes organismos respondem a diferentes medidas de recuperação destes ambientes, servindo como ferramenta de monitoramento (SAUTTER & SANTOS, 1994; CORREIA, 2002; PEREIRA *et al*, 2007; ROVEDDER *et al*, 2009).

Devido à sua grande diversidade, facilidade de coleta e importância ecológica, os organismos do solo, principalmente os artrópodes, tem sido comumente usados para avaliar a qualidade ecológica de determinados ambientes e os impactos causados sobre eles, seja por ações antrópicas ou eventos naturais. Segundo Correia (2002), a utilização de bioindicadores é uma abordagem inovadora que permite avaliar vários tipos de impactos, como a poluição, deposição de detritos e contaminantes, preparo do solo e desmatamento.

O manejo de áreas degradadas pode, claramente, levar ao aumento da densidade populacional da fauna do solo, com a intenção de auxiliar na recuperação de solos degradados, aumentando o crescimento das plantas com uso mínimo de fertilizantes (HUTSON, 1989).

Desta forma é esperado que locais com maior diversidade de espécies vegetais produzam uma serapilheira mais rica e heterogênea, propiciando um recurso alimentar de melhor qualidade e nichos diferenciados para o estabelecimento da fauna de solo, decorrendo disso a ocorrência de um maior número de grupos funcionais e taxonômicos, e maior riqueza de espécies (LAVELLE, 1996; CORREIA, 2002; VAZ DE MELO *et al*, 2009).

3. OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo caracterizar a fauna de invertebrados do solo capturada com armadilha de solo em uma área degradada em recuperação e avaliar como estes organismos são influenciados por diferentes medidas de recuperação utilizadas na restauração desta área, além de avaliar o potencial dos mesmos para serem utilizados como ferramentas de monitoramento em áreas degradadas em recuperação.

Este trabalho teve como objetivos específicos: (i): verificar como a diversidade vegetal influencia a diversidade de organismos da fauna do solo e a composição da comunidade destes organismos; (ii): identificar quais grupos de organismos da fauna de solo respondem mais sensivelmente às diferentes medidas de recuperação propostas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em uma área com 10,81 ha no Distrito da Ilha da Madeira, Município de Itaguaí, RJ (23° 55' 07" S e 43° 50' 35" W), em região de domínio ecológico da Mata Atlântica. A região de estudo encontra-se aos fundos da Baía de Sepetiba (Figuras 1 e 2), em uma elevação cujo ponto mais alto apresenta 225 metros, distribuídos equidistantemente em todas as orientações, com as vertentes de declividade média de 30%. A região é cercada pelo mar com a Baía de Sepetiba e a Enseada da Restinga da Marambaia, em 90% do seu perímetro.

O clima é classificado como "Aw" tropical quente e úmido (verão chuvoso com inverno seco), com temperatura máxima média anual em fevereiro (25,7°C) e mínima média anual em julho (19,6°C) (FIDERJ, 1978).

Este ambiente sofreu remoção de 1.400.000 m³ de substrato (decapeamento médio de 13 metros) em 1979 para construção do Porto de Sepetiba, sendo posteriormente abandonado sem receber qualquer tratamento conservacionista (VALCARCEL E D'ALTÉRIO, 1998).



Figura 1. Vista aérea da Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. Fonte: Google, 2008.



Figura 2. Vista aérea do local de estudo na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. Fonte: Google, 2004.

Em 1994, foi realizada uma reabilitação do local envolvendo o uso de medidas físicas, biológicas e físico-biológicas (Figura3). Diferentes combinações de espécies vegetais foram utilizadas como tentativa para a reabilitação dos processos ecológicos do ecossistema (Tabela 1 e 2). Alguns tratamentos em parcelas, com tamanho médio de 300 m², foram estabelecidos com diferentes combinações de espécies vegetais que variavam em número e proporção de mudas das espécies arbóreas utilizadas, com apenas pioneiras, em sua maioria nativas (MB-5), nativas e exóticas, pioneiras e secundárias (MB-2 e MB-4), pioneira exótica (MB-1) e também uma área testemunha (TEST), sem qualquer tipo de intervenção desde 1980.

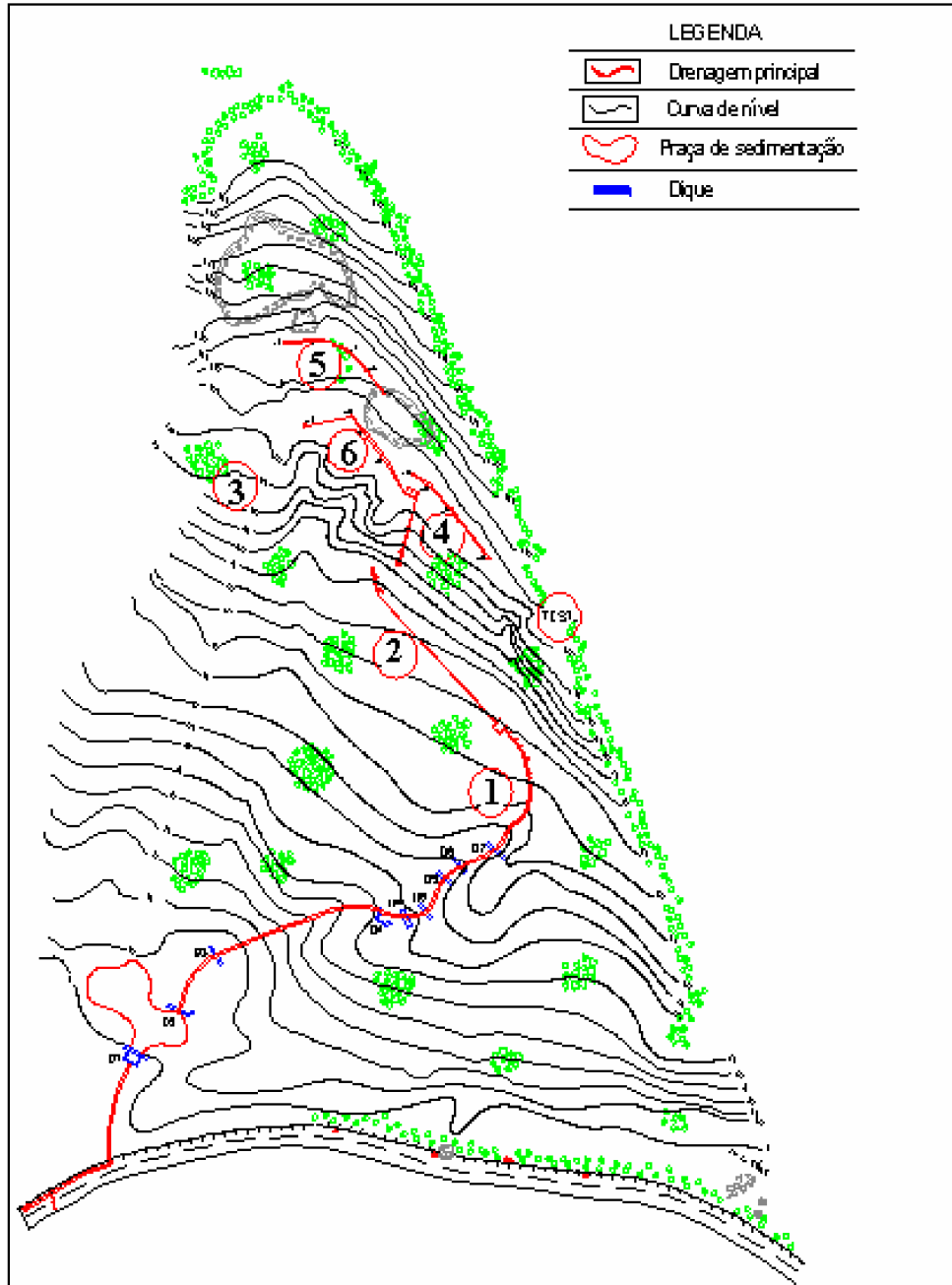


Figura 3. Croqui da área com a localização das medidas físicas e biológica. Fonte: RENÓ, 2008.

Tabela 1. Composição das espécies vegetais utilizadas nas medidas biológicas segundo VALCARCEL e D'ALTÉRIO, 1998.

Espécie	Estágio Sucessional	MB1	MB2	MB4	MB5
<i>Acacia auriculiformis</i>	PE	100,0%	25,0%	22,0%	
<i>Acacia mangium</i> Wild.	PE			16,0%	
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.)	PN		15,0%	10,0%	5,0%
<i>Caesalpinia ferrea</i> (Mart.)	SN		13,0%		
<i>Albizia lebbech</i> (L.) Benth.	PE		7,0%		
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.	PN		10,0%		21,0%
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.)	PN				13,5%
<i>Tabebuia umbellata</i> (Sonder) Landwith	SN		5,0%		
<i>Psidium guajava</i> L.	SN		5,0%	11,0%	
<i>Clitoria fairchildiana</i> R. A. Howard	PN			20,0%	17,0%
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Wild.	PN			19,0%	15,0%
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	PE		20,0%		15,0%
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	PN				6,0%
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	PN				7,5%
Total de espécies		1	8	6	8

PE – Pioneira exótica; PN – Pioneira nativa; SN – Secundária nativa

Tabela 2. Número de indivíduos que compõem atualmente cada tratamento segundo RENÓ, 20088.

Espécie	Estágio Sucessional	MB1	MB2	MB4	MB5
<i>Acacia auriculiformis</i>	PE	4	10	8	
<i>Acacia mangium</i> Wild.	PE			6	
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.)	PN		6	1	1
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.	PN		3	1	17
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.)	PN				10
<i>Tabebuia umbellata</i> (Sonder) Landwith	SN		1		
<i>Psidium guajava</i> L.	SN		1		
<i>Clitoria fairchildiana</i> R. A. Howard	PN			3	10
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Wild.	PN			10	8
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	PE				17
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	PN				1
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	PN				1
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi				1	1
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.				2	
Total de espécies		1	5	8	9
Total de indivíduos		4	21	32	66

PE – Pioneira exótica; PN – Pioneira nativa; SN – Secundária nativa

4.2 Amostragem da Fauna do Solo

Foram distribuídos dentro de cada tratamento dez armadilhas de solo do tipo "pitfall-trap" (Figura 4) dispostas sistematicamente a cada dez metros umas das outras (Figura 5). As armadilhas continham solução de formalina 3% e permaneceram no campo por 48 horas sendo a solução então transferida para potes plásticos e levada ao Laboratório de Ecologia e Conservação (LEC) no Departamento de Ciências Ambientais do Instituto de Florestas, UFRRJ, onde os organismos foram triados e identificados a nível de ordem.

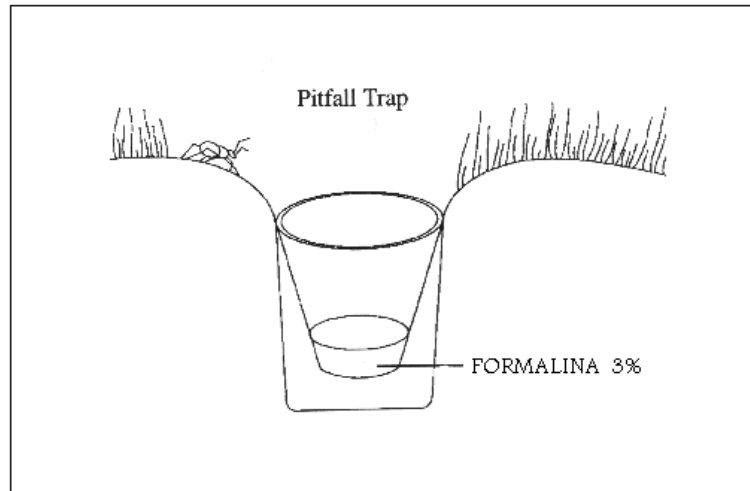


Figura 4. Armadilha de solo tipo "pitfall".

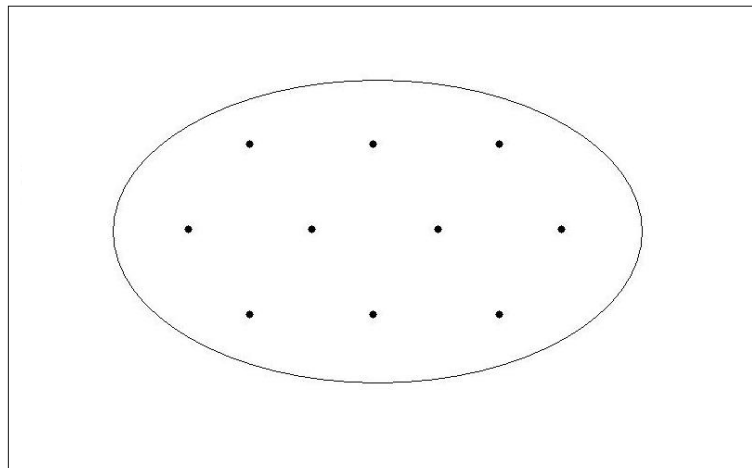


Figura 5. Disposição das armadilhas de solo dentro dos tratamentos.

4.3 Análise dos Dados

Foram analisados os dados quanto a abundância dos grupos taxonômicos e grupos funcionais dos organismos da fauna edáfica, além da composição da comunidade nas diferentes áreas amostradas. A riqueza de grupos taxonômicos foi calculada através do índice de Shannon-Wiener. Também foi feita uma curva do coletor com auxílio do programa EstimateS.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Curva do Coletor

A definição de um tamanho ótimo de amostra está baseada na idéia de que quanto maior o tamanho da amostra, maior o número de espécies que será encontrado, mas a uma taxa decrescente, até o ponto em que a curva estabiliza e torna-se horizontal. Esse ponto seria a área mínima necessária para representar a comunidade (SCHILLING, 2008).

O tempo de permanência e o número de armadilhas no campo pode variar de acordo com o objetivo, as características da área a ser amostrada e o grupo taxonômico focado no estudo (AQUINO, 2006). Poucos trabalhos tem sido feitos com o objetivo de se determinar o tamanho amostral satisfatório para estudos com invertebrados do solo, principalmente em estudos de monitoramento de áreas em recuperação.

As medidas biológicas MB1 e MB4, que apresentaram os menores índices de diversidade estabilizaram a partir da oitava amostra, seguida pela testemunha que estabilizou a partir da oitava amostra, demonstrando ser suficiente o número de amostras. As medidas biológicas MB5 e MB2 não estabilizaram, justamente aquelas que obtiveram uma maior diversidade de grupos de organismos do solo, indicando que estas áreas possuem uma diversidade crescente sendo esta possivelmente superior à observada (Figura 6).

Uma possibilidade seria a instalação de um número maior de armadilhas ou um maior tempo de permanência das armadilhas no campo, superior à 48 horas utilizadas.

A utilização de métodos complementares de coleta, específicos para determinados grupos como formigas, besouros scarabeídeos e outros grupos bioindicadores, podem ser valiosos para a obtenção de dados mais precisos quanto à diversidade de grupos e espécies.

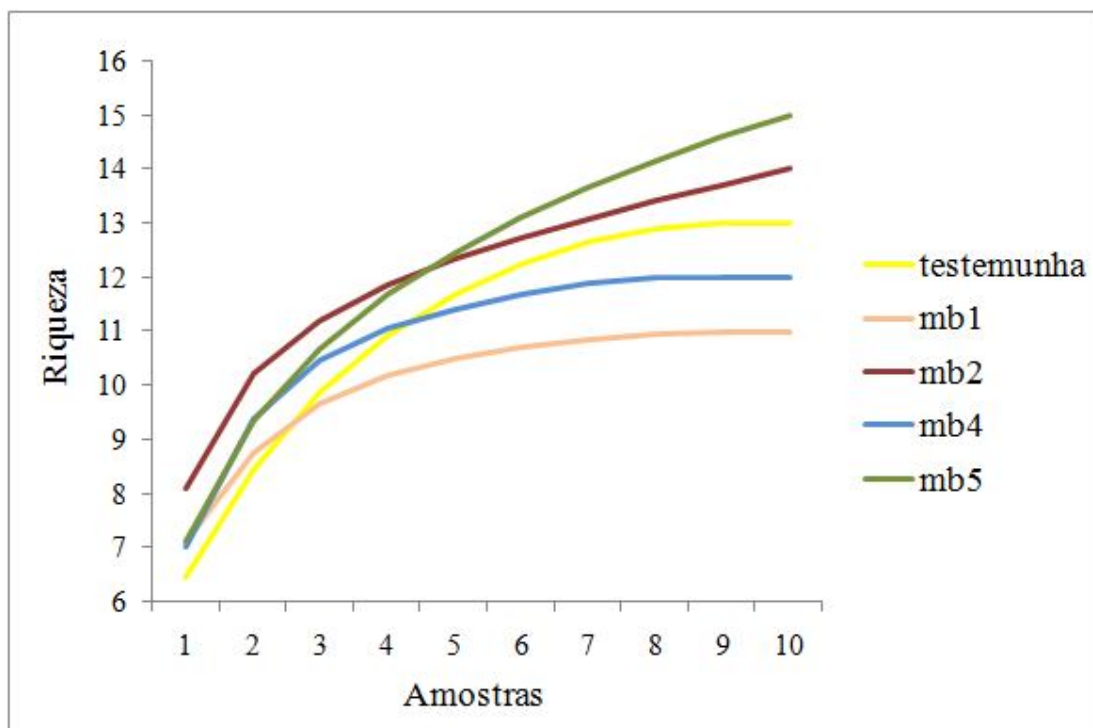


Figura 6. Curva do coletor.

5.2 Abundância, Diversidade e Estrutura da Comunidade da Fauna do Solo.

Foram capturados um total de 2708 indivíduos distribuídos em um total de 20 grupos taxonômicos (Tabela 3).

Em todas as medidas biológicas o grupo mais abundante foi o das formigas (50,5%). Os colêmbolos (19,8%) formam o segundo grupo mais abundante seguido de Coleoptera (8,2%) e Diptera (7,3%). Os demais grupos foram menos expressivos em todas as medidas biológicas, a não ser na MB2, onde Acarina e Isopoda se destacaram com frequência de 6,5% e 7 %, estando mais próximos de Collembola, segundo mais abundante com 13,8%, Diptera com 10,6% e Coleoptera, com 9,7%.

Tabela 3. Abundância e frequência dos organismos da fauna do solo nas áreas em processo de reabilitação na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ.

Grupo	MB1		MB2		MB4		MB5		TEST	
Formicidae	357	61,8%	259	41,0%	315	69,4%	133	33,2%	304	47,3%
Coleoptera	42	7,3%	61	9,7%	41	9,0%	73	18,2%	5	0,8%
Diptera	34	5,9%	67	10,6%	20	4,4%	48	12,0%	28	4,4%
Orthoptera	18	3,1%	12	1,9%	10	2,2%	7	1,7%		
Hemiptera - Heterop.	8	1,4%	1	0,2%	10	2,2%	10	2,5%	3	0,5%
Hemiptera - Auch.	3	0,5%	5	0,8%	6	1,3%	4	1,0%	4	0,6%
Hymenoptera	6	1,0%	11	1,7%	7	1,5%	9	2,2%	4	0,6%
Larvas Lepidoptera			16	2,5%	1	0,2%	1	0,2%		
Isoptera			11	1,7%					2	0,3%
Thysanoptera			1	0,2%			1	0,2%		
Thysanura			1	0,2%					1	0,2%
Psocoptera							8	2,0%		
Mantodea							1	0,2%		
Dermaptera									2	0,3%
Collembola	80	13,8%	87	13,8%	21	4,6%	94	23,4%	255	39,7%
Araneae	6	1,0%	15	2,4%	10	2,2%	5	1,2%	23	3,6%
Acarina	14	2,4%	41	6,5%	3	0,7%	2	0,5%	10	1,6%
Opilionida							4	1,0%		
Isopoda	10	1,7%	44	7,0%	10	2,2%			2	0,3%
Diplopoda							1	0,2%		
TOTAL	578	100,0%	632	100,0%	454	100,0%	401	100,0%	643	100,0%
TOTAL GRUPOS	11		15		12		16		13	

Na MB1 e MB4 houve presença de 11 e 12 grupos de organismos do solo, além de clara dominância das formigas em relação aos outros grupos, representando 61,8% e 69,4% respectivamente, do total de organismos coletados em cada um destes tratamentos. A menor diversidade de organismos e menor abundância, excetuando-se as formigas, nestas áreas em comparação às outras medidas biológicas podem ser atribuídas à baixa diversidade de espécies utilizadas nestas medidas de recuperação, o que não favorece a diversificação de nichos e não fornece as condições necessárias para que outros grupos de organismos se estabeleçam.

Na MB2 e MB5, houve uma menor dominância de formigas e maior diversidade de outros grupos. Foram encontrados 15 diferentes grupos na MB2 e 16 na MB5, sendo que na MB5 foram encontrados cinco grupos exclusivos. Estas medidas biológicas foram as que tiveram valores mais altos de diversidade (tabela 4). Isto pode estar associado ao número de espécies vegetais utilizadas, indicando que as medidas biológicas com maior número de espécies propiciam um ambiente mais favorável ao estabelecimento da fauna do solo, permitindo uma recolonização rápida e bem sucedida.

Tabela 4. Índice de diversidade de Shannon-Wiener.

	TEST	MB1	MB2	MB 4	MB5
H'	1,55	1,79	2,31	1,50	2,20

Pereira *et al.* (2007) estudando as mesmas áreas amostradas neste estudo relacionaram uma maior riqueza de espécies de formigas na MB5 a uma maior complexidade estrutural da serapilheira, advinda da estratégia de reabilitação, que utilizou na sua maioria pioneiras nativas neste tratamento. Segundo Fowler (1998), as práticas de reabilitação de ecossistemas promovem um rápido enriquecimento da comunidade de formigas, o que pode ser constatado no local de estudo.

Renó (2008) aponta a medida adotada na MB5 como aquela que apresenta as menores perdas por interceptação pela Serrapilheira, favorecendo os mecanismos de infiltração através da entrada de água no subsolo. Ela também apresentou alta capacidade de retenção de umidade do material aportado, contribuindo mais com as melhorias das condições de entrada e armazenamento de água no sistema subsolo - planta, aumentando a oferta de atributos ambientais e favorecendo o estabelecimento da vegetação, criando um mecanismo adicional de reabilitação de área de empréstimo.

Segundo Valente (2005) a MB 5, medida com maior diversidade vegetal, mostrou melhor potencial para a degradação do material decíduo, do que medidas que levaram as espécies *A. mangium* e *A. auriculiformis* em sua composição, devido às altas taxas de mineralização do folheto da espécie *M. caesalpinifolia*, predominante em sua composição, oferecendo menor tempo de residência e maior velocidade de decomposição.

A diversidade de organismos edáficos aliado a condições de umidade favoráveis e diversidade de recursos nutricionais e estruturais da serapilheira neste tratamento, formou um conjunto de fatores que permitiu que esta área apresentasse este ótimo potencial de degradação do material decíduo, desempenhando assim a fauna edáfica um papel fundamental neste processo.

O uso de espécies vegetais exóticas e de espécies secundárias na MB2, ao contrário da MB5 que utilizou em sua grande maioria pioneiras nativas, pode ter influenciado o restabelecimento da fauna de solo de alguma maneira, impossibilitando o estabelecimento de certos grupos de organismos, o que resultou numa comunidade da fauna de solo menos equilibrada em relação a MB5, porém mais equilibrada em relação às demais medidas biológicas. O rápido estabelecimento e crescimento das espécies pioneiras, proporcionando um ambiente com menos luminosidade e mais umidade, pode ter criado um ambiente mais favorável à formação de um sub-bosque diversificado e maior produção de serapilheira, o que poderia gerar ainda mais nichos funcionais para os organismos edáficos.

A testemunha e a MB1 foram as áreas com menor diversidade de organismos, 13 e 11 grupos respectivamente, possivelmente devido a baixa heterogeneidade e qualidade nutricional da serapilheira. Renó (2008) destaca que na MB1 (monocultivo de *Acacia auriculiformes*) o material aportado se constitui principalmente de serrapilheira produzida

pelo extrato herbáceo formado essencialmente por gramíneas, estando grande parte da superfície do subsolo exposto, evidenciando a ineficiência do monocultivo utilizado para reabilitação de áreas de empréstimo.

Os tratamentos que possuem grande quantidade de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformes* acumularam uma Serrapilheira que possui baixa capacidade de retenção de umidade provavelmente devido às características fibrosa da serrapilheira, o que não favorece de maneira alguma a colonização deste ambiente pela fauna do solo.

A alta abundância de colêmbolos e formigas e a baixa diversidade e abundância de outros organismos evidencia a baixa capacidade da área testemunha em abrigar uma fauna de solo diversificada e bem equilibrada (figura 7).

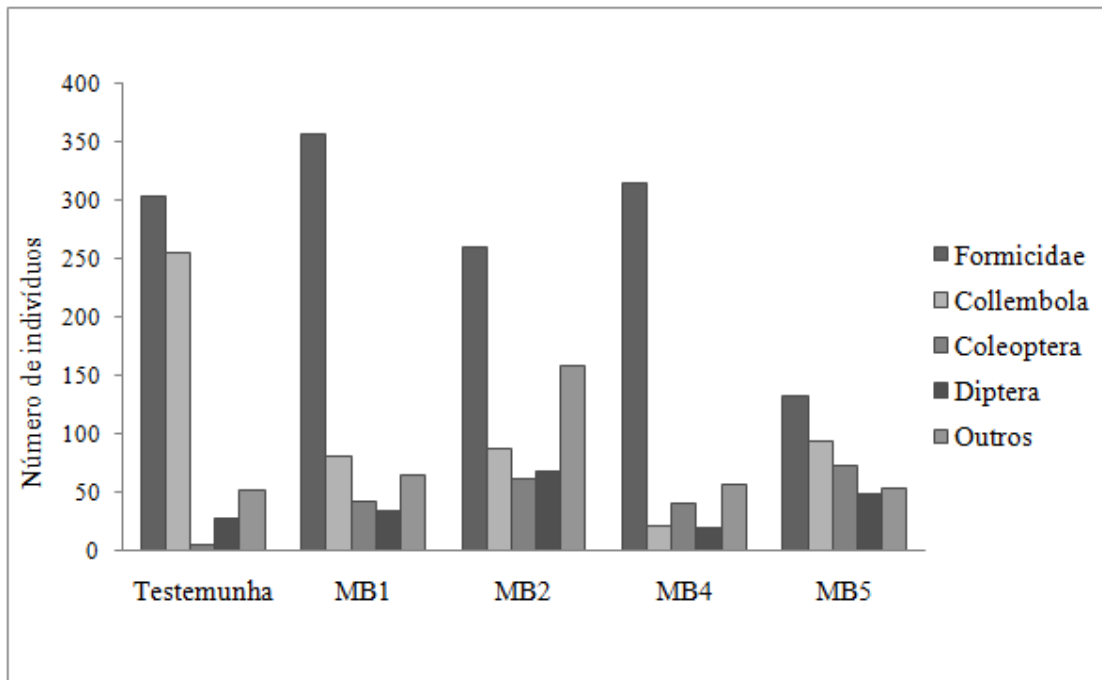


Figura 7. Abundância de grupos da fauna do solo nas diferentes medidas biológicas de recuperação na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ.

5.3 Grupos funcionais

A idéia de que algumas espécies (ou grupos de espécies) são mais importantes para a comunidade do que outras têm sido cada vez mais aceita. Estas espécies ou grupos chave apresentam elevadas densidades ou desempenham um papel crítico na cadeia alimentar (Stork & Eggleton, 1992). Por definição, a remoção de espécies chave promovem grandes mudanças na composição de espécies e outros atributos do ecossistema (Jones et al, 1994).

A classificação trófica da fauna do solo é um dos atributos da comunidade que podem ser utilizados como bioindicadores (Stork & Eggleton, 1992). É comum que após algum impacto no ecossistema, a oferta de alimento seja alterada tanto em quantidade quanto na sua origem. Isto faz com que a proporção entre grupos tróficos, tais como saprófagos, predadores e herbívoros (alguns dos quais pragas) seja também modificada. Esta proporção é um bioindicador interessante porque associa uma propriedade funcional, indicando que via energética é priorizada após uma perturbação (Correia, 2002).

O resultado dos grupos funcionais segue a mesma tendência encontrada para a abundância de grupos taxonômicos. A medida biológica MB5, com maior número de indivíduos e de espécies vegetais, apresentou maior diversidade de grupos funcionais sendo caracterizada por possuir organismos de hábitos alimentares e nichos ecológicos variados, com maior abundância nesta medida biológica de recuperação (figura 8). Neste tratamento também foram encontrados cinco grupos taxonômicos exclusivos, que não ocorreram em nenhuma das outras áreas, o que evidencia a capacidade da área de abrigar organismos com diferentes funções ecológicas.

Por outro lado, a área testemunha, com predominância de gramíneas e grande parte da superfície do subsolo exposto, foi a que apresentou menor abundância de grupos funcionais excetuando-se formigas e colêmbolos.

A menor abundância de formigas na MB5 em comparação às outras medidas de recuperação demonstram o potencial bioindicador destes organismos, sugerindo que em locais com maior diversidade vegetal e maior número de nichos ecológicos estes organismos possuam uma menor abundância e maior riqueza de espécies.

Outro aspecto relevante foi a alta abundância de organismos micrófagos na área testemunha, representado pelos colêmbolos. De acordo com Sautter & Santos (1994), os colêmbolos são dominantes no estágio inicial da recuperação de áreas degradadas, após a produção primária de plantas herbáceas e arbustivas ter se iniciado, contribuindo com cerca de um terço da abundância e metade da biomassa da população da mesofauna edáfica nesse estágio.

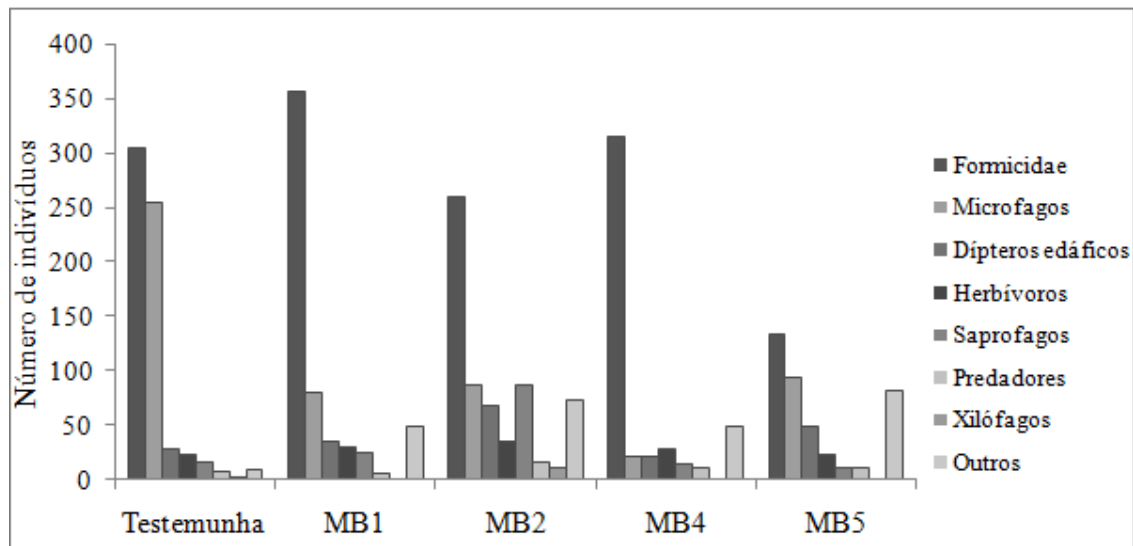


Figura 8. Abundância dos grupos funcionais da fauna de solo nas diferentes medidas biológicas de recuperação na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ.

6. CONCLUSÕES

A ocorrência de um maior número de grupos da fauna edáfica e de grupos funcionais esteve diretamente ligado à maior complexidade estrutural e diversidade de recursos nutricionais da serapilheira nos tratamentos MB2 e MB5, proporcionado pela maior diversidade vegetal presente nestes tratamentos.

A utilização de medidas biológicas para recuperação de áreas degradadas, com a escolha de um maior número de espécies vegetais nativas, pioneiras e secundárias, se mostrou a mais favorável ao estabelecimento de uma comunidade da fauna edáfica diversificada e equilibrada, mais similar à encontrada em ambientes conservados.

A comunidade de invertebrados do solo mostrou-se um ótimo bioindicador, notadamente as formigas e os colêmbolos, com grande potencial para ser usado como instrumento de avaliação da qualidade ambiental de determinado ecossistema e para monitorar áreas em processo de recuperação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, A. M.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; QUEIROZ, J. M. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda “*pitfall-traps*”. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**. (Circular técnica 18) dez, 2006.

BARETTA, D.; SOUSA, J.P.; FERREIRA, C.S.; CARDOSO, E.J.B.N.; Colêmbolos (hexapoda: collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 2693-2699, 2008. Número Especial.

CALLISTO, M.; GONÇALVES JR, J.F; MORENO, P. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In: **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. Cap.1, p.1-12.

CORREIA, M. E. F. Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. **Seropédica: Embrapa Agroecologia**. 18p. (Documento 156), 1997.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, p. 197- 226, 1999.

CORREIA, M. E. F. Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, dez. 2002, 23 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 157).

COÛTEAUX, M-M; BOTTNER, P.; BERG, B. Litter decomposition, climate and litter quality. **Tree**. V.10, n. 2 February, 1995.

- CRAGG, R. G.; D. BARDGETT, R.D.** How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. **Soil Biology and Biochemistry**, V. 33, n. 15, p 2073-2081. 2001.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B.** Defining and assessing soil quality, in defining soil quality for a sustainable environment. **SSSA**. New York, p. 3-21, 1994.
- DUCATTI, F.** Fauna edáfica em fragmentos florestais e em áreas reflorestadas com espécies da Mata Atlântica. **Dissertação de Mestrado**. USP. São Paulo, 2002.
- FRANCÊS, H. J. S. & VALCARCEL, R.** Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: almofadas. **Relatório final do CNPq**, impresso, Seropédica: UFRRJ, 1995.
- FOWLER, H. G.** Provas de melhoria ambiental. **Ciência Hoje**. V. 24, n. 142, p.69-71. 1998.
- HUTSON, B.R.** The role of fauna in nutrient turnover. *In*: MAJER, J.D. (Ed.) **Animals in Primary Succession. The role of Fauna in Reclaimed Lands**. Cambridge University Press: New York, p. 51-70, 1989.
- JONES, C. G.; LAWTON, J. H. & SHACHAK, M.** Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**. n. 69, p. 373-386, 1994.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V. et al.** The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. *In*: WOOMER, P.L.; SWIFT, M.J., eds. **The Biological Management of Tropical Soil Fertility**. New York: Wiley-Sayce Publication. p.137-169. 1994.
- LAVELLE, P.** Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, Paris, v.33, p.3-16, 1996.
- LEIVAS, F. W. T., FISCHER, M. L.** Avaliação da composição de invertebrados terrestres em uma área rural localizada no município de Campina Grande do Sul, Paraná, Brasil. **Revista Biotemas**. n. 21, v. 1, p. 65-73, 2008.
- LEWINSOHN, T. M.; FREITAS, A. V. L.; PRADO, P. I.** Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. **Megadiversidade**, n 1, v. 1, p. 62-69, 2005. Conservação Internacional, Belo Horizonte, MG.
- MELO, L. A. S.** Recomendações para amostragem e extração de microartrópodes de solo. **EMBRAPA**. n. 3, p.1-5 (Circular Técnica). 2002.
- MERLIM, A. O.** Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP. **Dissertação de Mestrado em Ecologia de agroecossistemas** – 89 p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2005.
- MOÇO, M. K.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. F.** Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.555-564, 2005.

MOREIRA, P. R. Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, . **Tese Doutorado**. Poços de Caldas, MG. Rio Claro: UNESP, 2004. 139 p.

NOFFS, P. DA S.; GALLI, L. F.; GONÇALVES, J. C. **Recuperação de áreas degradadas da Mata Atlântica**. São Paulo: UNESCO/CNRBMA. 2000. 48 p.

OLDEMAN, L. R. The global extend of soil degradation. *In*: GREENLAND, D. J. & SZABOCLS, I. (Eds.). **Soil Resilience and Sustainable Land Use**. **Cab. International**, Wallinford, UK, P. 99-118. 1994.

PAOLETTI, M. G.; SCHWEIGL, U.; FAVRETTO, M. R. Soil macroinvertebrates, heavy metals and organochlorines in low and high input apple orchards and a coppiced woodland. **Pedobiologia**, Jena, v. 39, p.20-33, 1995.

PEREIRA, M. P. S.; QUEIROZ, J. M.; VALCARCEL, R.; MAYHÉ-NUNES, A. J. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 197-204, 2007.

RENÓ, P. A influência da Interceptação pela Serrapilheira no Processo de reabilitação de áreas de empréstimo na mata atlântica. (**Monografia apresentada para obtenção do título de Engenheiro Florestal**), UFRRJ, Seropédica, 29p. Dezembro, 2008.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A.M.R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.73–80, 2007.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F.; DRESCHER, M. S.; SCHENATO, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p. 1061-1068, 2009.

RUSEK, J. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, 7, p.1207-1219, 1998.

SAUTTER, K. D.; SANTOS, H. R. dos. Avaliação da estrutura da população da mesfauna edáfica, em diferentes regimes de reabilitação de um solo degradado pela mineração de xisto. **Rev. Set. Ciências Agrárias**. n. 13 ,v.1-2, p. 31-34, 1994.

SCHILLING, A. C. ; BATISTA, J. L. F. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, p. 179-187, 2008.

STORK, N.E. & EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal Alternative Agriculture**, v. 7, p. 38-47, 1992.

STRAALEN, N. M. van. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, v. 9, p. 429 -437, 1998.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Oxford: Blackwell, 1979. 372p.

TIENNE, L.; NEVES, L. G.; VALCARCEL, R. Produção de serapilheira em diferentes medidas biológicas para a recuperação de área de empréstimo na ilha da Madeira, Itaguaí-RJ. **Revista da Universidade Rural, Série Ciência Da Vida**, V.22 n. 2, p. 169-173. 2002.

VALCARCEL, R.; D'ALTÉRIO, C. F. Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: avaliação das modificações edáficas e fitossociológicas. **Floresta e Ambiente**, UFRRJ, v. 5, n. 1, p. 68-88, 1998.

VALCARCEL, R.; VALENTE, F. D. W.; MOROKAWA, M. J.; NETO, F.V.; PEREIRA, C. R. Avaliação da biomassa de raízes finas em áreas de empréstimo submetida a diferentes composições de espécies. **Revista Árvore**, v. 31, p. 923-930, 2007.

VALENTE, F. D. W. ; NEVES, L. G. ; TIENNE, L. ; MARQUES, O. ; CORTINES, E. ; VALCARCEL, R. Produção e decomposição de serrapilheira em medidas biológicas de reabilitação de áreas de empréstimo na Mata Atlântica. **Revista Universidade Rural. Série Ciências da Vida**, Seropédica, RJ, v. 25, n. 1, p. 18-25, 2005.

VAZ DE MELO, F; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; J. N. C., LOUZADA; LUIZÃO, F. J.; WELLINGTON DE MORAIS, J.; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, janeiro – abril, 2009.

WARDLE, D.A. & LAVELLE, P. Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition. *In*: CADISCH, G. & GILLER, K.E., eds. **Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition**. Cambridge: CAB International, p.107-124, 1997.

WINK, C; GUEDES, J.V.C.; FAGUNDES, C.K.; ROVEDDER, A.P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p. 60-71, 2005.

WWW. FAO.org.br (acessado em 15/12/2010).